



การสกัดสารต่อต้านอนุมูลอิสระและเยื่อใยอาหารจากรากและเมล็ดบัวหลวง

นางสาวศิริพร ง้าวสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2555

การศึกษาค้นคว้าด้านอนุมูลอิสระและเชื้อใยอาหารจากรากและเมล็ดบัวหลวง

นางสาวศิริพร จ้าวสุวรรณ วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... (ผศ. ดร.วิมลศิริ พรทวิวัฒน์)	ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
..... (รศ. ดร.สายพิน ไชยน์นันทน์)	กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
..... (ผศ. ดร.สิทธิพันธุ์ ไชยน์นันทน์)	กรรมการ
..... (คุณสารภี ขวดยง)	กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดสารต่อต้านอนุมูลอิสระและเชื้อไฮอาหารจากรากและเมล็ดบัวหลวง
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวศิริพร ง้าวสุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สายพิน ไชยนันท์
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	จุลชีววิทยาประยุกต์
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

เมล็ดและรากของบัวหลวง (*Nelumbo nucifera*) เป็นส่วนของบัวที่ใช้รับประทานได้ในการประกอบอาหารของคนเอเชียเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรค เมล็ดและรากบัวประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่สามารถลดปริมาณโคเรสเตอรอลในกระแสเลือดได้ ชาวจีนนิยมทำเครื่องดื่มจากรากบัว งานวิจัยนี้ศึกษาหาวิธีเตรียมสารละลายสกัดของเมล็ดและรากของบัวหลวงที่สามารถรักษาปริมาณและคุณภาพของสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด จากการศึกษาพบว่าสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่ได้จากวิธีแช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH) สูงกว่าวิธีการสกัดที่ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเวลานาน 2 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สารสกัดเมล็ดบัวที่ได้มีสารประกอบฟีนอลิก เทียบเท่ากับกรดแกลลิก 111.17 ± 2.14 มิลลิกรัม/ลิตรสารละลาย ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ $80.39 \pm 0.84\%$ pH 7.1 ± 0.10 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 0.46 ± 0.05 อนุภาคบrikซ์ ไฮอาหาร 0.08 ± 0.02 กรัม /100 มิลลิลิตรสารละลาย และโปรตีนที่ละลายน้ำได้ 2.85 ± 0.12 มิลลิกรัม / มิลลิลิตรสารละลาย ในการเตรียมสารละลายสกัดจากรากบัวได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการเตรียมที่ผ่านและไม่ผ่านการลวก (100 องศาเซลเซียส 1 นาที) และแช่หรือไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกก่อนทำการสกัด พบว่าสารละลายสกัดจากรากบัวที่ไม่ผ่านการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% ก่อนทำการสกัดได้ผลดีที่สุด ได้สารละลายสกัดที่มีสารประกอบฟีนอลิก เทียบเท่ากับกรดแกลลิก 123.33 ± 3.30 มิลลิกรัม/ลิตรสารละลาย ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ $62.30 \pm 1.79\%$ pH 6.30 ± 0.04 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ $1.40 \pm$

0.03 องศาบริกซ์ ไยอาหาร 0.14 ± 0.05 กรัม /100 มิลลิลิตร สารละลาย และ โปรตีนที่ละลายน้ำ 0.40 ± 0.11 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารละลาย ในการศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดเมล็ดและรากบัวหลวงที่ อุณหภูมิ 4 14 และ 24 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และ ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดของทั้งเมล็ดและรากบัวไม่เปลี่ยนแปลง แต่ค่า pH ค่าความคงตัวและค่าสีของทั้งสองสารละลายสกัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตาม อุณหภูมิที่สูงขึ้นและอายุการเก็บที่นานขึ้น สารละลายสกัดของทั้งเมล็ดและรากบัวหลวงสามารถนำไปใช้ ในการเพิ่มคุณค่าให้กับอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: เมล็ดบัว/ รากบัว/คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ/ใยอาหาร

Thesis Title	The optimization of the process for antioxidant and fiber extraction from lotus rhizome and seed
Thesis Credits	12
Candidate	Miss Siriporn Ngawsuwan
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Saipin Chaiyanan
Program	Master of Science
Field of Study	Applied Microbiology
Department	Microbiology
Faculty	Science
B.E.	2555

Abstract

Rhizome and Lotus seed (*Nelumbo nucifera*) are edible parts consumed by Asean people for their nutritional and medicinal values. Antioxidants especially phenolic compounds in lotus seed and rhizome are active ingredients that can lower blood cholesterol. Aqueous extract of lotus rhizome is a popular drink for Chinese people. In this research, the best methods for extraction of antioxidants from lotus seed and rhizome were studied. It was found that soaking lotus seed in the cold water (4°C) for 3 hours before extraction gave significantly higher yield of phenolic compounds as well as higher antioxidant activity (DPPH method) than the extraction with hot water (100°C) for 2 min ($p < 0.05$). The seed aqueous extract has phenolic compounds (Gallic acid equivalent)/l at 111.2 ± 2.14 mg GAE/l, antioxidant activity $80.4 \pm 0.84\%$, pH 7.1 ± 0.10 , total soluble solid $0.46 \pm 0.05^\circ\text{Bx}$, crude fiber 0.08 ± 0.02 g / 100 ml and soluble protein 2.9 ± 0.12 mg/ml. The preparation process of the rhizome prior to the extraction was compared between blanching and non-blanching with and without citric acid treatment. The non-blanching with 0.1% citric acid treatment gave the best result. The aqueous extract of lotus rhizome has phenolic compounds (Gallic acid equivalent)/l at 123.33 ± 3.30 mg GAE/l, antioxidant activity $62.30 \pm 1.79\%$, pH 6.30 ± 0.04 , total soluble solid $1.40 \pm 0.03^\circ\text{Bx}$, crude fiber, 0.14 ± 0.05 g / 100 ml and soluble protein 0.40 ± 0.11 mg/ml. The shelf life of the aqueous extract of seed and rhizome after storage at 4, 14 and 24 °C was determined. The amount of phenolic compounds and antioxidant activity did not significantly changed, while pH, cloud stability, and color significantly decreased

($p < 0.05$). The lotus seed and rhizome extracts can be added to increase nutritional value in healthy foods and drinks.

Keywords: Lotus seed/ Lotus rhizome/ Antioxidant/ Dietary fiber

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามความมุ่งหมายได้นั้น อันเนื่องมาจากความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่าย ซึ่งข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สายพิน ไซชนันท์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยในทุกๆด้านเป็นอย่างดี ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นด้วยความเต็มใจ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. วิมลศิริพรทวีวัฒน์ และ อาจารย์สารภี ขวดยง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ยิ่ง

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้มอบความรู้ให้ข้าพเจ้าได้นำมาใช้ และแนะนำระหว่างศึกษาให้นักศึกษามีความรู้ในการทำงานวิจัย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตการทำงานในอนาคตได้ ขอคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานตลอดมา และให้ความสะดวกสบายในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือ ขอขอบคุณเพื่อนๆและน้องๆทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ และขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่และครอบครัวที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	๗
รายการตาราง	ฎ
รายการรูปประกอบ	ณ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	น

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ตรวจเอกสาร	4
2.1 บัวหลวง	4
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของบัวหลวง	4
2.1.2 การปลูกบัวหลวงในประเทศไทย	5
2.1.3 ประโยชน์จากส่วนต่างๆของบัวหลวง	5
2.1.4 ส่วนประกอบของบัวหลวงที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารที่สำคัญ	6
2.1.4.1 เมล็ดบัว	6
2.1.4.2 รากบัว	11
2.2 การผลิตเครื่องดื่มประเภทถั่ว	19
2.2.1 การแช่ (Soaking)	19
2.2.2 การบด (Grinding)	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 การให้ความร้อน (Heat treatment)	20
3. วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย	21
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	21
3.1.1 วัตถุดิบ	21
3.1.2 อุปกรณ์ในการทำสารละลายสกัดจากรากบัวและเมล็ดบัว	21
3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ	21
3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี	22
3.1.5 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์	22
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	23
3.2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ	23
3.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสด และเมล็ดบัวแห้ง	23
3.2.3 ศึกษาการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของรากบัวสด	24
3.2.4 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว	25
3.2.5 คัดเลือกวิธีการทำสารละลายสกัดจากรากบัว	27
3.2.5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ	27
3.2.5.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี	27
3.2.6 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	31
3.2.7 การคัดเลือกวิธีการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัว	33
3.2.8 วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว	33
3.2.9 ศึกษาความคงตัวของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว	33
3.2.10 ศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	35
4.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ	35
4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดและเมล็ดบัวแห้ง	36
4.3 ศึกษาการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของรากบัวสด	38
4.4 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว	40
4.4.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดจากรากบัว	41
4.4.2 วิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดจากรากบัว	42
4.4.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ ในสารละลายสกัดจากรากบัว	44
4.4.4 วิเคราะห์ค่า pH ในสารละลายสกัดจากรากบัว	45
4.4.5 วิเคราะห์ห้องصابริกซ์ในสารละลายสกัดจากรากบัว	46
4.4.6 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในสารละลายสกัดจากรากบัว	47
4.4.7 วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสารละลายสกัดจากรากบัว	48
4.4.8 วิเคราะห์ค่าสี ในสารละลายสกัดจากรากบัว	52
4.5 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	55
4.5.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	55
4.5.2 วิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดจากน้ำเมล็ดบัว	56
4.5.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	57
4.5.4 วิเคราะห์ค่า pH ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	57
4.5.5 วิเคราะห์ค่าห้องصابริกซ์ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	58
4.5.6 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	59
4.5.7 วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	59
4.5.8 วิเคราะห์ค่าสี ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว	60
4.6 วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว	61
4.7 ศึกษาความคงตัวของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว	62
4.8 ศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	87
5.1 สรุปผลการทดลอง	87
5.2 ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารอ้างอิง	91
ภาคผนวก	96
ก. แบบทดสอบสารละลายสกัดจากรากและเมล็ดของบัวหลวง	96
ข. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี	98
ประวัติผู้วิจัย	102

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดบัว (กรัม / 100 กรัมของน้ำหนักเมล็ดบัวแห้ง)	6
2.2 แสดงกรดอะมิโนของเมล็ดบัวและถั่วเหลือง (มิลลิกรัมกรัม/100 มิลลิกรัมกรัมโปรตีน)	7
2.3 แสดงกรดไขมันของเมล็ดบัว (มิลลิกรัมกรัม / 1กรัมของไขมัน)	8
2.4 แสดงแร่ธาตุของเมล็ดบัว (มิลลิกรัมกรัม / 100กรัมของน้ำหนักแห้ง)	9
2.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของรากบัว (กรัม / 100 กรัมของรากบัว)	11
2.6 แสดงเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ของรากบัว (กรัม / 100 กรัมของรากบัว)	11
2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยไม่ละลายน้ำ	14
2.8 แสดงแหล่งของเส้นใยในอาหารประเภทต่างๆ	15
2.9 แสดงแร่ธาตุของรากบัว (มิลลิกรัมกรัม / 100กรัมของรากบัว)	16
2.10 แสดงผลของสารสกัดแอลกอฮอล์ จากรากบัวที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่มีสถานะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemic) จากการให้กลูโคส	17
2.11 แสดงผลของสารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัวที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ได้รับอินซูลิน และหนูปกติ	18
4.1 แสดงค่าความชื้นของเมล็ดบัวแห้งและรากบัวสด	36
4.2 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของรากบัวสด ชั่วเถา, คุณหมิง และเมล็ดบัวแห้ง	37
4.3 แสดงค่าสีของรากบัวสดชั่วเถา และ คุณหมิง	39
4.4 แสดงค่าสีของรากบัวสดชั่วเถา ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่ 100 °C เวลา 1 นาที	39
4.5 แสดงค่าสีของรากบัวสด คุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่ 100 °C 1 นาที	40
4.6 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารละลายสกัดจากรากบัวชั่วเถา และ คุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	42

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.7 แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (% Antioxidant activity) ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และ คุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	44
4.8 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และ คุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	45
4.9 แสดงค่า pH ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	46
4.10 แสดงค่าองค์ประกอบของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	47
4.11 แสดงปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	48
4.12 แสดงปริมาณคออปเปอร์ ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	48
4.13 แสดงปริมาณ โพแทสเซียม ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	49
4.14 แสดงปริมาณซิงค์ ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	49

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.15 แสดงปริมาณเหล็ก ของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถา และคุณหมิงที่แช่ ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	50
4.16 แสดงปริมาณ แมงกานีส ของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถา และคุณหมิงที่แช่ ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	50
4.17 แสดงปริมาณ แคลเซียม ของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถา และคุณหมิงที่แช่ ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	51
4.18 แสดงค่าสีของของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถา ที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	53
4.19 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	54
4.20 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดย วิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	56
4.21 แสดงค่าคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดย วิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	56
4.22 ปริมาณ โปรตีนที่ละลายได้ ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดย วิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	57
4.23 แสดงค่า pH ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	58

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.24 แสดงค่าองค์ประกอบของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	58
4.25 แสดงปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	59
4.26 แสดงปริมาณแร่ธาตุ คอปเปอร์ โพแทสเซียม และ ซิงค์ ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	60
4.27 แสดงปริมาณแร่ธาตุ เหล็ก แมงกานีส และแคลเซียม ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	60
4.28 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	61
4.29 แสดง องค์ประกอบทางเคมีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว (กรัม / 100 มิลลิลิตรของสารละลายสกัด)	62
4.30 แสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากรากบัวสดหั่นเต๋า และคูนหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที	63
4.31 แสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	64

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า	
2.1	แสดงลักษณะทั่วไปของบัวหลวง	4
2.2	แสดงปริมาณของสารสกัดแอลกอฮอล์ จากรากบัวต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนู	17
2.3	แสดงปริมาณของสารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัว ต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ ให้ที่ถูกรับประทานให้เป็นเบาหวาน โดยสารสเตรปโตโซโทซิน	18
3.1	แสดงขั้นตอนกระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว	26
3.2	แสดงขั้นตอนกระบวนการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัว	32
4.1	แสดงลักษณะของรากบัวชั้วเถา (บน) และคุณหมิง (ล่าง)	35
4.2	แสดงสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากรากบัวสดเมื่อปอกเปลือกทิ้งไว้	36
4.3	แสดงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	38
4.4	แสดงสีของสารละลายสกัดรากบัวชั้วเถา	52
4.5	แสดงสีของสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิง	53
4.6	แสดงสีของสารละลายสกัดที่เกิดจากการลวกรากบัวชั้วเถา (ภาพซ้าย) และรากบัวคุณหมิง (ภาพขวา)	55
4.7	แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที	61
4.8	กราฟแสดง pH ของสารละลายสกัดเมล็ดบัวโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	65
4.9	กราฟแสดง pH ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่าน กระบวนการลวก และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	65
4.10	กราฟแสดง pH ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่าน กระบวนการลวก และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	66
4.11	กราฟแสดงองศาบริกซ์ ของสารละลายสกัดเมล็ดบัวโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	67

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 กราฟแสดงองค์ประกอบของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวก และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	67
4.13 กราฟแสดงองค์ประกอบของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวก และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	68
4.14 กราฟแสดง % Antioxidant activity ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว โดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	69
4.15 กราฟแสดง % Antioxidant activity ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	69
4.16 กราฟแสดง % Antioxidant activity ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	70
4.17 กราฟแสดงสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว โดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	71
4.18 กราฟแสดงสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	71

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 กราฟแสดงสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	72
4.20 กราฟแสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว โดยแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	73
4.21 กราฟแสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	73
4.22 กราฟแสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C	74
4.23 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C วันที่ 0	75
4.24 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่อุณหภูมิ 24 °C วันที่ 4	75

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
<p>4.25 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง</p> <p>สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวก</p> <p>และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยผ่านกระบวนการลวก</p> <p>อุณหภูมิ 14 °C วันที่ 10</p>	76
<p>4.26 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง</p> <p>สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวก</p> <p>และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยผ่านกระบวนการลวก</p> <p>อุณหภูมิ 4 °C วันที่ 14</p>	76
<p>4.27 กราฟ ค่า L * ของสารละลายสกัดเมล็ดบัวที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง</p> <p>โดยเก็บไว้ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C</p>	77
<p>4.28 กราฟ ค่า a * ของสารละลายสกัดเมล็ดบัวที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง</p> <p>โดยเก็บไว้ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C</p>	77
<p>4.29 กราฟ ค่า b * ของสารละลายสกัดเมล็ดบัวที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง</p> <p>โดยเก็บไว้ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C</p>	77
<p>4.30 กราฟ ค่า L * ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดย</p> <p>ไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C</p> <p>และ ▲อุณหภูมิ 24°C</p>	79
<p>4.31 กราฟ ค่า a * ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดย</p> <p>ไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C</p> <p>และ ▲อุณหภูมิ 24°C</p>	79
<p>4.32 กราฟค่า b * ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดย</p> <p>ไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C</p> <p>และ ▲อุณหภูมิ 24°C</p>	79

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 กราฟค่า L^* ของสารละลายสักรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C	80
4.34 กราฟค่า a^* ของสารละลายสักรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C	80
4.35 กราฟค่า b^* ของสารละลายสักรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C	80
4.36 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน	81
4.37 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 14 วัน	82
4.38 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 14 วัน	82
4.39 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน	83
4.40 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 14 วัน	84

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.41 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 14 วัน	84
4.42 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน	85
4.43 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 14 วัน	86
4.44 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 14 วัน	86

ประมวลศัพท์และคำย่อ

PET	โพลีเอทธิลีน
GAE	เทียบเท่าปริมาณกรดแกลลิก
°C	องศาเซลเซียส
%	ร้อยละ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในธรรมชาติมีพืชผักสมุนไพรหลายชนิดที่นอกจากให้คุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีสารอาหารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เทียบเท่ากับยารักษาโรคได้ โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ในกลุ่มสุขภาพ ได้นำสารเหล่านี้มาใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดปริมาณการเติมสารสังเคราะห์ ผักและผลไม้เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติที่แท้จริง เช่น สารประกอบฟีนอลิกที่สามารถป้องกันสารอนุมูลอิสระ (Free radical) ในการทำลายเซลล์ DNA จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และ คลอเรสเตอรอล เนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของเซลล์อันเนื่องมาจากอายุที่เพิ่มขึ้น หรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษ และทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ ฯลฯ (Bendini et al., 2006)

บัวหลวง เป็นพืชน้ำ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Nelumbo nucifera* family Nelumbonaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียและออสเตรเลีย ในประเทศไทยนิยมนำกลีบดอก เกสร เมล็ด ก้านดอกหรือสายบัว และราก (Root or Rhizome) ของบัวหลวงมารับประทานคล้ายกับพืชผักทั่วไป ในประเทศจีนและเวียดนามนิยมนำเมล็ดบัวและรากบัวมาเป็นส่วนประกอบของอาหารทั้งอาหารคาว และอาหารหวาน โดยเหตุผลที่ว่านอกจากมีคุณค่าทางอาหารแล้วส่วนประกอบบางอย่างของบัวหลวงมีคุณสมบัติเป็นยา เมล็ดของบัวหลวงอุดมไปด้วยกรดอะมิโนและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย (Bhat และ Sridhar, 2008) ในส่วนรากของบัวหลวงมีสารประกอบฟีนอลิก ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดทั้งภาวะร่างกายที่เป็นปกติ และภาวะที่มีน้ำตาลในเลือดสูง (Mukherjee et al., 1997) และรากบัวยังมีใยอาหาร (Dietary fiber) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคติน สามารถช่วยปรับปรุงระบบการทำงานของลำไส้ในการย่อย การดูดซึม การขับถ่าย ป้องกันอาการท้องผูก ควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน (Chiang et al., 2007) เป็นต้น

การปลูกบัวหลวงในประเทศไทยมุ่งที่จะจำหน่ายดอกบัวเพื่อใช้ในกิจกรรมทางศาสนาหรือใช้สำหรับตกแต่ง ถ้ามีการศึกษาใช้ประโยชน์จากส่วนประกอบอื่นของบัวเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรที่ปลูกบัวหลวง จะทำให้มีการขยายขยายให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากการทำนาบัว โดยที่เมล็ดและรากบัวนอกจากมีคุณค่าทางอาหารแล้วยังมีสารที่มีคุณประโยชน์แก่สุขภาพดังที่กล่าวมาข้างต้น

การจำหน่ายเมล็ดบัวมักจำหน่ายในลักษณะเมล็ดบัวแห้ง เมื่อนำมาทดลองจะต้องแช่น้ำก่อนการผ่านวิธีการสกัดสารละลาย ส่วนรากบัวมีจำหน่ายโดยทั่วไปในลักษณะของรากสดต้องมีการเก็บรักษาในที่เย็นเนื่องจากรากบัวสด เมื่อเจอความร้อนและออกซิเจนจะมีปัญหาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Enzymatic-browning) เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เป็นเอนไซม์ที่พบในธรรมชาติ เมื่อเอนไซม์ชนิดนี้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะเปลี่ยนสารตั้งต้นของสารประกอบฟีนอลิก โดยเปลี่ยนสาร โมโนฟีนอล ไปเป็นสารประกอบควิโนน ที่เกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำตาล ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระลดน้อยลง ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำรากบัวสด มาเป็นวัตถุดิบจึงต้องหาวิธีการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลซึ่งจะส่งผลต่อสารอาหารที่สำคัญลดน้อยลงในผลิตภัณฑ์ จึงใช้วิธีการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยผ่านกระบวนการลวก และใช้สารรีดิวซ์ซิงเอนเจนท์ เพื่อควบคุมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ในการรักษาคุณค่าทางอาหารและสารสำคัญไว้ได้มากที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาวิธีการที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดและรากของบัวหลวงโดยรักษาสารที่ประโยชน์ ได้แก่ สารต่อต้านอนุมูลอิสระกลุ่มฟีนอลิก และเชื้อใยอาหารที่มีประโยชน์ ให้คงอยู่ในสารสกัดให้มากที่สุดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร โดยลดปริมาณหรือหลีกเลี่ยงการเติมสารสังเคราะห์เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพที่แท้จริงของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับสกัดสารต่อต้านอนุมูลอิสระและเชื้อโอยอาหารที่เป็นประโยชน์จากรากและเมล็ดของบัวหลวง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความคงตัว คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ และอายุการเก็บรักษาของสารละลายสกัดที่ได้จากรากและเมล็ดของบัวหลวง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษากระบวนการเหมาะสมที่จะผลิตสารละลายสกัดจากรากของบัวหลวงโดยสามารถรักษาคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ในรากบัวหลวงไว้ให้ได้มากที่สุด ได้แก่ สารต่อต้านอนุมูลอิสระ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเชื้อโอยอาหารที่เป็นประโยชน์ เป็นต้น
- 1.3.2 ศึกษากระบวนการเหมาะสมที่จะผลิตสารละลายสกัดจากเมล็ดของบัวหลวงโดยสามารถรักษาคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ในเมล็ดบัวหลวงไว้ให้ได้มากที่สุด ได้แก่ สารต่อต้านอนุมูลอิสระ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเชื้อโอยอาหารที่เป็นประโยชน์ เป็นต้น
- 1.3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และอายุการเก็บรักษาของสารละลายสกัดจากรากและเมล็ดของบัวหลวง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้วิธีการสกัดสารที่มีประโยชน์จากรากและเมล็ดของบัวหลวงซึ่งจะอยู่ในรูปของสารละลายพร้อมใช้ที่สามารถนำไปเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่ม เบเกอรี่ สารเสริมสุขภาพ เป็นต้น
- 1.4.2 เป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากบัวหลวง อาจส่งผลให้เกษตรกรไทยปลูกบัวหลวงมากขึ้นเพื่อจำหน่ายเมล็ดและรากบัว เป็นการกระจายรายได้สู่เกษตรกรและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 บัวหลวง

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของบัวหลวง



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะทั่วไปของบัวหลวง

ที่มา : <http://www.wellgrowhorti.com>

บัวหลวงเป็นพืชน้ำล้มลุก ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Nelumbo nucifera* อยู่ในวงศ์ Nelumbonaceae มีชื่อสามัญคือ โคลัส และชื่อไทยคือ บัวหลวง หรือ บัวปทุมชาติ บัวหลวงมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชีย เช่นประเทศจีน อินเดีย และไทย (Bown, 1995 และ Gruenwald et al., 1998) บัวหลวงมีลำต้นใต้ดินแบบเหง้า ส่วนไหลบัว (หลอดบัว) เป็นหน่อของบัว หรือส่วนที่งอกขึ้นมาและจะเจริญเป็นลำต้นใหม่ต่อไป ส่วน ใบบัวใบที่แก่จะโผล่พ้นน้ำ ลักษณะของใบมีรูปร่างเกือบกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-50 เซนติเมตร ก้านใบจะแข็ง และมีตุ่มเล็กๆอยู่ทั่วไป ภายในก้านมีน้ำขาวเมื่อหักออกจะเห็นเป็นสายใย ก้านดอกมีหนาม ดอกเป็นดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ชูสูงพ้นผิวน้ำ มีเวลาออกดอกจะเป็นดอกเดี่ยวๆและชูขึ้นเหนือน้ำ และดอกบัวจะมีหลายสี หลายทรง ส่วนของกลีบดอกในแต่ละดอกจะมีจำนวนมาก และเรียงซ้อนหลายชั้น เมื่อบานเต็มที่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-25 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้จำนวนมาก ปลายอับเรณูมีระยางค์คล้ายกระบองเล็ก ๆ ผลรูปกลมรี มีจำนวนมาก อยู่ในฝักรูปกรวย (ชยันต์ และ แม้นมาส, 2544) ในทุกๆส่วนของพืชบัวสามารถรับประทานได้คล้ายกับผักทั่วไป และยังสามารถใช้เป็นยาพื้นบ้านได้อีกด้วย

2.1.2 การปลูกบัวหลวงในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกบัวหลวงประมาณ 5,000 ไร่ กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ เช่น จังหวัดนนทบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี อุบลราชธานี ขอนแก่น พิจิตร พะเยา นครสวรรค์ พิษณุโลก พัทลุง และ ประเทศที่นำเข้ามาบัวหลวงจากประเทศไทยได้แก่ เนเธอร์แลนด์ ญี่ปุ่น สวิตเซอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา ฯลฯ บัวหลวงในประเทศไทยจนถึงปี 2547 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกนั้นมีค่าน้อยลง การปลูกบัวถือเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่เกษตรกรที่ทำการผลิตจะได้ผลตอบแทนสูงกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งเกษตรกรที่ทำการผลิตแบบนาบัว จะมีผลกำไรโดยเฉลี่ย 16,699.94 บาทต่อไร่ ส่วนการปลูกบัวโดยใช้แหล่งน้ำธรรมชาติ มีกำไร 1,181.18 บาทต่อไร่ ดังนั้นการผลิตบัวแบบนาบัวจะมีผลตอบแทนสูงกว่าการผลิตพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรในการเปลี่ยนพื้นที่การผลิตของตน ดังนั้นการส่งเสริมการผลิตบัวแบบนาบัวจึงเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่ภาครัฐควรให้การส่งเสริมเพื่อยกระดับรายได้ให้กับเกษตรกร ผลจากการสำรวจพบว่าเกษตรกรที่ผลิตบัวเกือบทั้งหมด ได้จำหน่ายผลผลิตในรูปดอกและฝัก ทั้งๆ ที่ส่วนต่างๆ ของบัวสามารถนำมาใช้ประโยชน์และก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรนำผลผลิตจากส่วนต่างๆ ของบัวไปจำหน่ายยังเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ผลิต เช่นการผลิตเมล็ดบัวเพื่อทดแทนการนำเข้า (ฤดี และคณะ, 2546)

2.1.3 ประโยชน์จากส่วนต่างๆของบัวหลวง

ดอกบัว นิยมนำมาใช้บูชาพระ ใช้ในการจัดตกแต่งสถานที่

ฝักบัวสด (ฝักแก่) นิยมใช้บริโภคเมล็ดที่ยังมีสีเขียวสดอยู่

ฝักบัวสด (ฝักอ่อน) เริ่มมีการใช้ฝักอ่อนในการจัดดอกไม้เพิ่มขึ้นและในต่างประเทศมีการสั่งซื้อฝักบัวอ่อนและใบบัว เพื่อนำไปใช้ในรูปของลักษณะตัดใบ

เมล็ดแห้ง มีการนำมาแปรรูปในผลิตภัณฑ์อาหาร

ไหลบัว (หลอดบัว) ไหลบัวอ่อนใช้ในการทำอาหาร

เหง้าบัว (รากบัว) เป็นส่วนที่สะสมอาหารของบัวก่อนมีการพักตัว ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก นิยมนำมารับประทาน

ใบบัว มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำข้าวห่อใบบัว และนำไปจัดตกแต่งสถานที่ซึ่งเป็นที่นิยมมากในต่างประเทศ

2.1.4 ส่วนประกอบของบัวหลวงที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารที่สำคัญ

2.1.4.1 เมล็ดบัว

เมล็ดบัวคือส่วนที่ฝังอยู่ในฝักบัว โดยเมื่อดอกบัวที่แก่จัดจนกลีบดอกร่วงหมดแล้ว จะเหลือแต่ฝักกลม และมีเมล็ดบัวฝังอยู่ข้างใน จากงานวิจัยพบว่าเมล็ดบัวมีโปรตีนในปริมาณสูงและมีจำนวนของแร่ธาตุที่จำเป็นในปริมาณที่เพียงพอต่อร่างกาย (Ibrahim และ Eleraqy, 1996) และเมล็ดบัวยังเป็นที่รู้จักในด้านของอาหารเพื่อสุขภาพ และสารแอลคาลอยด์ ที่สกัดได้จากเมล็ดบัวมีผลทางด้านยา โดยรักษาโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Ling และ Yang, 2005) นอกจากนี้เมล็ดบัวยังใช้เป็นยาพื้นบ้านโดยช่วยรักษาแผล อากาโรคอักเสบ มะเร็ง การขับปัสสาวะ และโรคเกี่ยวกับผิวหนัง (Liu et al., 2004)

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดบัว (กรัม / 100 กรัมของน้ำหนักเมล็ดบัวแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (กรัม)
โปรตีน	24.40
ไขมัน	3.68
ปริมาณกากใย	3.15
คาร์โบไฮเดรต	64.60
เถ้า	4.03
ความชื้น	8.25

ที่มา: Bhat และ Sridhar, 2008

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดบัว จากตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของเมล็ดบัวส่วนใหญ่คือแป้งซึ่งมีปริมาณมากถึง 64.60% แสดงให้เห็นว่าแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของเมล็ดบัว รองลงมาคือโปรตีนซึ่งในเมล็ดบัวมีปริมาณโปรตีน 24.40% จากงานวิจัยการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและความเป็นไปได้ของการใช้เป็นส่วนประกอบอาหารของเมล็ดบัวไทย (*Nelumbo nucifera*) พบปริมาณเส้นใยของเมล็ดบัวมากถึง 18% (ดารุณี, 2009)

จากตารางที่ 2.2 ในเมล็ดบัวมีทั้งกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นเป็นกรดอะมิโน ที่ร่างกายสร้างขึ้นเองได้ หากได้รับจากอาหารเพียงพอ และกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารให้เพียงพอ ทั้งกรดอะมิโนจำเป็น และกรดอะมิโนไม่จำเป็นมีความสำคัญต่อร่างกาย

หากร่างกายเกิดภาวะขาดกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง จะทำให้เกิดสภาวะที่ก่อให้เกิดโรค อย่างไรก็ตาม โอกาสที่จะพบการขาดกรดอะมิโนจำเป็นมีมากกว่า กรดอะมิโนไม่จำเป็นเนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ และเมื่อเปรียบเทียบกรดอะมิโนทั้งจำเป็นและไม่จำเป็นของเมล็ดบัวกับของถั่วเหลืองจะเห็นว่าในเมล็ดบัวมีกรดอะมิโนที่สูงใกล้เคียงกับถั่วเหลือง

ตารางที่ 2.2 แสดงกรดอะมิโนของเมล็ดบัวและถั่วเหลือง (มิลลิกรัม / 100 มิลลิกรัมของโปรตีน)

กรดอะมิโน	เมล็ดบัว (มิลลิกรัม/100มิลลิกรัม โปรตีน)	ถั่วเหลือง (มิลลิกรัม/100มิลลิกรัม โปรตีน)
Glutamic acid	20.30	16.9
Aspartic acid	9.89	11.3
Serine	5.78	5.67
Threonine	3.26	3.76
Proline	3.00	4.86
Alanine	4.14	4.23
Glycine	4.52	4.01
Valine	4.43	4.59
Cystine	1.03	1.70
Methionine	1.35	1.22
Isoleucine	3.60	4.62
Leucine	6.09	7.72
Tyrosine	3.33	1.24
Phenylalanine	3.94	4.84
Tryptophan	ND	3.39
Lysine	5.33	6.08
Histidine	2.76	2.50
Arginine	8.69	7.13

ND, not detected

ที่มา: Bhat และ Sridhar, 2008

ตารางที่ 2.3 แสดงกรดไขมันของเมล็ดบัว (มิลลิกรัมกรัม / 1 กรัมของไขมัน)

กรดไขมัน	เมล็ดบัว (มิลลิกรัมกรัม / 1 กรัมของไขมัน)
<i>Saturated fatty acids</i>	
Myristic acid (C14: 0)	0.10
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.01
Palmitic acid (C16:0)	4.20
Henricosanoic acid (C21:0)	0.10
Behenic acid (C22:0)	0.64
Lignoceric acid (C24:0)	-
<i>Polyunsaturated fatty acids</i>	
Myristoleic acid (C14:0)	0.01
Elaidic acid (C18:1)	2.16
Oleic acid (C18:1)	7.04
Linoleic acid (C18:2)	-
Linolelaidic acid (C18:2)	6.00
Linolenic acid (C18:3)	1.43
<i>Sum of saturated fatty acids</i>	5.05
<i>Sum of polyunsaturated fatty acids</i>	19.50
<i>PLS ratio</i> ^a	3.86

ND, not detected

^a Ratio of polyunsaturated/ saturated fatty acids

ที่มา: Bhat และ Sridhar, 2008

จากตารางที่ 2.3 พบว่าในเมล็ดบัวมีทั้งกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว รวมทั้งหมด 19.50 มิลลิกรัม / 1 กรัมของไขมัน และมีกรดไขมันที่อิ่มตัว รวมทั้งหมด 5.05 มิลลิกรัม / 1 กรัมของไขมัน จะเห็นได้ว่าในเมล็ดบัวมีปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว มากกว่าซึ่งกรดไขมันชนิดนี้ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง และเป็นไขมันที่ช่วยลดโคเลสเตอรอลในเลือดได้ดี ป้องกันการสะสมไขมันบนผนังหลอดเลือด ป้องกันภาวะหลอดเลือดแข็ง และตีบ

ตารางที่ 2.4 แสดงแร่ธาตุของเมล็ดบัว (มิลลิกรัม / 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)

ชนิดของแร่ธาตุ	ปริมาณแร่ธาตุ
โซเดียม	7.86
โพแทสเซียม	48.5
แคลเซียม	313
ฟอสฟอรัส	6.25
แมกนีเซียม	43.9
เหล็ก	16.4
คอปเปอร์	2.51
ซิงค์	7.72
แมงกานีส	16.6
ซิลิเนียม	1.04

ที่มา : Bhat และ Sridhar, 2008

จากตารางที่ 2.4 พบว่าเมล็ดบัวมีแร่ธาตุหลายชนิด โดยมี โพแทสเซียม ในปริมาณที่สูงถึง 48.5 มิลลิกรัม / 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง จากงานวิจัยพบว่า โพแทสเซียม ช่วยลดความดันโลหิตสูง และยังคงควบคุมปริมาณของเหลวภายในเซลล์ (Siddhuraju และ Becker, 2001) เหล็ก และ ซิลิเนียม เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Talwar et al., 1989) และช่วยในการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ขณะที่แมงกานีส และซิงค์ ช่วยป้องกันโรคที่เกิดกับกล้ามเนื้อหัวใจ ความเสื่อมของกล้ามเนื้อ ผมร่วง โรคผิวหนัง ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การเสื่อมของฮอร์โมนเพศ และภาวะเลือดออกผิดปกติ (Chaturvedi et al., 2004)

ในเมล็ดบัวสารอาหารที่สำคัญคือ มีสารประกอบฟีนอลิก 4.00 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิกรัมของน้ำหนักแห้ง (Bhat และ Sridhar, 2008) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิก มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด และป้องกันโรคมะเร็ง และในเมล็ดบัวยังพบสารแทนนิน 3.91 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิกรัมของน้ำหนักแห้ง และ ไฟติก 0.37 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิกรัมของน้ำหนักแห้ง การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแอลกอฮอล์ ที่สกัดได้จากเมล็ดบัวหลวง โดยการศึกษาทั้งที่เกิดภายนอกสิ่งมีชีวิต และภายในสิ่งมีชีวิต โดยใช้หนูทดลอง (Wistar rats) ขนาด 180-220 กรัม และหนูทดลอง (Swiss albino mice) ขนาด 18-22 กรัม สำหรับการศึกษาภายในสิ่งมีชีวิต โดยในสารสกัดจากแอลกอฮอล์ ที่สกัดได้จากเมล็ดบัวหลวง มี สารประกอบฟีนอลิก 7.61% โดยน้ำหนัก เมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าสาร สารสกัดแอลกอฮอล์ ที่สกัดได้จากเมล็ดบัว สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีโดยค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ต้านการเกิดอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 6.12 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และสารมาตรฐานรูทีนซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.95 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และวิธีไนตริกออกไซด์ มีค่า IC_{50} มีค่าเท่ากับ 84.86 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และสารมาตรฐานรูทีน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 152.17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากทั้งสองวิธีจะเห็นว่า ค่า IC_{50} ทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่าสารรูทีน ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นตัวควบคุม และเมื่อให้สารสกัดเมล็ดบัวหลวง สารสกัดแอลกอฮอล์ ขนาด 100 และ 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัวนาน 4 วัน กับ หนู (Wistar rats) ก่อนที่จะให้สารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ พบว่าสารสกัดเมล็ดบัวหลวงสามารถเพิ่มระดับเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ไดมิเวต (SOD) และแคตตาลาส และลดระดับของสาร Thiobarbituric acid reactive (TBARS) ในตับและไตเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับคาร์บอนเตตระคลอไรด์เพียงอย่างเดียว ซึ่งแสดงว่าสารสกัดเมล็ดบัวหลวงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งขนาด 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัวเทียบได้กับวิตามินอีขนาด 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักและเมื่อทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดเมล็ดบัวหลวง ในหนู (Swiss Albino mice) ไม่พบความผิดปกติหรือความเป็นพิษเมื่อให้หนูกินสารสกัดขนาด 1,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว (Rai et al., 2006)

2.1.4.2 รากบัว

รากบัว หรือ เหง้าบัว คือส่วนของต้นบัวหลวงที่อยู่ใต้ดิน เป็นส่วนที่สะสมอาหารของบัวก่อนมีการพักตัว ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก รากบัวช่วยในเรื่องการขับปัสสาวะ ใช้ในการรักษาโรคริดสีดวงทวาร อารอาหารไม่ย่อย และโรคอุจจาระร่วง (Kirtikar และ Basu, 1975) นอกจากนี้รากบัวยังช่วยลดไข้ และต้านเชื้อแบคทีเรีย (Mukherjee et al., 1995)

ตารางที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของรากบัว (กรัม / 100 กรัมของรากบัว)

องค์ประกอบทางเคมี	รากบัว
โปรตีน	2.6
ไขมัน	0.1
กากใย	4.9
คาร์โบไฮเดรต	17.23
เถ้า	0.97
ความชื้น	79

ที่มา: www.tititodorancea.com/z/nutrition_facts_nelumbo_nucifera_lotus_root_raw.htm

องค์ประกอบทางเคมีของรากบัว จากตารางที่ 2.5 คุณค่าทางอาหารของรากบัวส่วนใหญ่คือแป้ง ซึ่งมี 17.23% รองลงมาคือเส้นใย ซึ่งในรากบัวมีปริมาณเส้นใย 4.9%

ตารางที่ 2.6 แสดงเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ของรากบัว (กรัม / 100 กรัมของรากบัว)

เส้นใยอาหาร	กรัม
Hemi-cellulose	13.30
Cellulose	10.40
Lignin	1.30
Pectin	0.016 mg/ml

จากตารางที่ 2.6 พบว่าในรากบัวมีเส้นใยอาหาร 4 ชนิด ซึ่งเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) เป็นส่วนประกอบของพืชที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากใยอาหารเป็นสารประกอบของน้ำตาลเชิงซ้อนที่มีโมเลกุลใหญ่ มีโครงสร้างซับซ้อนยิ่งขึ้น บางครั้งมีลักษณะแข็งคล้ายเนื้อไม้จนย่อยไม่ได้ ส่วนประกอบประเภทน้ำตาลในใยอาหารได้แก่ กลูคโคส กาแลคโตส ไซโลส แมนโนส มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ และส่วนประกอบอื่นๆอีก เช่น คิวมาไรล และกรดกาแลคทูโรนิก เป็นต้น ใยอาหารได้รับความสนใจมากขึ้น จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่าใยอาหารแม้ไม่ถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย แต่เมื่อผ่านสู่ลำไส้ใหญ่จะดูดน้ำช่วยเพิ่มปริมาตรอุจจาระกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่บีบตัวเพื่อขับถ่ายอุจจาระ ป้องกันอาการท้องผูก และป้องกันมะเร็งในลำไส้ใหญ่นอกจากนี้อาหารที่มีใยอาหารมาก สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดอีกด้วย เนื่องจากใยอาหารจะจับคอเลสเตอรอลและเกลือแร่ไว้ ทำให้ไม่สามารถถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ทางเดินอาหาร การที่เกลือแร่ไม่สามารถดูดกลับทำให้ต้องมีการสร้างน้ำดีขึ้นใหม่โดยใช้คอเลสเตอรอลในร่างกาย ซึ่งมีผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง

ประโยชน์ของเส้นใยอาหารต่อร่างกาย (ไพโรจน์และเบญจวรรณ, 2539)

1. สร้างเสริมและปรับปรุงระบบการทำงานของลำไส้ในการย่อย การดูดซึม และการขับถ่าย
2. ป้องกันและบำบัดรักษาอาการโรคท้องผูก (Constipation)
3. ปรับสภาพการทำงานของระบบลำไส้ เพื่อให้เหมาะกับการเจริญ และการดำรงสภาพจุลินทรีย์ในลำไส้ (Inter microflora)
4. ยับยั้งการดูดซึมความเป็นพิษของสารต่างๆ ในระบบการย่อยและการดูดซึม
5. ต่อด้านพิษ (Antitoxin agent) ของสารพิษประเภทไม่ดูดซึม (Non-absorbed toxic agents) เช่น สีผสมอาหารจำพวก Organic Synthetic Color
6. ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Immunoactivation)
7. ควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด
8. ยับยั้งการขับฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin)
9. ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน (Diabetes mellitus)
10. ควบคุมระดับไขมันในกระแสเลือด
11. ป้องกันการเกิดก้อนนิ่ว (Gallstone)
12. ป้องกันการเกิดโรคอ้วน และภาวะโภชนาการผิดปกติ
13. ควบคุมความดันโลหิต

ใยอาหารเป็นส่วนที่ได้มาจากพืช เนื่องจากใยอาหารก็คือผนังเซลล์ซึ่งเป็นน้ำตาลเชิงซ้อน ที่เรียกว่า โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) เนื่องจากโมเลกุลของใยอาหารซับซ้อนมาก ร่างกายของคนไม่สามารถผลิตน้ำย่อยในการย่อยใยอาหารได้ ใยอาหารจะผ่านไปในกระเพาะลำไส้ไปโดยไม่ถูกเปลี่ยนแปลง โครงสร้าง แต่พบว่าแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่บางชนิดที่สามารถย่อยใยอาหารได้ โดยเส้นใยสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดคือ เส้นใยไม่ละลายน้ำและเส้นใยละลายน้ำ

เส้นใยไม่ละลายน้ำ เป็นโครงสร้างของพืชชนิดที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนมากจะเป็นเส้นใยที่ได้จากเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวสาลี เส้นใยนี้จะอุ้มน้ำและไม่ถูกย่อย เวลากินจะผ่านไปตามลำไส้ เส้นใยชนิดนี้มีประโยชน์ป้องกันมะเร็ง และปกป้องลำไส้ให้มีสุขภาพดี เส้นใยไม่ละลายน้ำส่วนมากเป็นส่วนที่เป็นผนังเซลล์ของพืชผักมี 3 ลักษณะที่แตกต่างกันไป ได้แก่ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส, และลิกนิน

เซลลูโลส เป็นส่วนของผนังเซลล์พืช แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลกลูโคสมากกว่า 3000 หน่วยเกาะกันอยู่ แต่ส่วนที่เชื่อมของแต่ละโมเลกุลแตกต่างกันไปจากแป้ง ทำให้น้ำย่อยเอนไซม์ที่ย่อยแป้งไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ เส้นใยของเซลลูโลสจับตัวหนาที่บีบเป็นเส้นใยหยาบมีทั้งโมเลกุลที่เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันและสวนทางกันทำให้เส้นใยแข็งแรงไม่แตกเปราะง่าย แต่มีบางตอนที่โมเลกุลเรียงตัวไม่เป็นระเบียบจับกันไม่แน่น ส่วนนี้เองที่สามารถดูดซับน้ำได้ ทำให้เกิดการพองตัวเวลาเซลลูโลสเข้าไปในร่างกาย จะซับน้ำเอาไว้จำนวนหนึ่งทำให้กากอาหารมีลักษณะนิ่ม เส้นใยชนิดนี้พบได้ในพืชทุกชนิด ผักจะมีเซลลูโลสมากกว่าเมล็ดธัญพืชและผลไม้

เฮมิเซลลูโลส เป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ของพืชเช่นเดียวกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสจะอยู่บนกับเซลลูโลสจนแยกออกจากกันยาก เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดแต่มีจำนวนน้อยกว่าเซลลูโลส ข้อแตกต่างของเฮมิเซลลูโลสจากเซลลูโลสคือมีโมเลกุลน้ำตาลมาเกาะด้านข้าง พบเฮมิเซลลูโลสที่มีโมเลกุลด้านข้างเป็นไซโลไกลแคนในผักผลไม้ และพบเฮมิเซลลูโลสที่มีโมเลกุลด้านข้างเป็นไซโลสและอราบินโนสในเมล็ดธัญพืช สำหรับแบคทีเรียจะย่อยเฮมิเซลลูโลสได้ง่ายกว่าเซลลูโลส

ลิกนิน เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตแต่เป็นส่วนที่ใกล้มีลักษณะคล้ายเนื้อไม้ ลิกนินเป็นโพลีเมอร์ของแอลกอฮอล์คือฟีนาย โพรเบน ลิกนินจะถูกพืชสร้างขึ้นแทรกอยู่ในชั้นของ

เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส และจะเกิดขึ้นต่อเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น เนื่องจากลิกนินมีลักษณะใกล้เคียงกับเนื้อไม้ มีความแข็งแรงพิเศษทำให้แบคทีเรียในลำไส้ไม่สามารถย่อยลิกนินได้ พบลิกนินมากในต้นพืชที่ค่อนข้างแก่ ผลไม้ที่กินสุกจะมีลิกนินมากกว่า ถ้าหากกินได้ทั้งเมล็ดอ่อนด้วยอย่างสตรเบอร์รี่จะยังมีลิกนินมากที่สุด (ปาริชาติ, 2541)

ตารางที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยไม่ละลายน้ำ

ชนิด	โครงสร้างหลัก	โมเลกุลด้านข้าง (Side chain)
เซลลูโลส	กลูโคส	ไม่มี
เฮมิเซลลูโลส	ไซโลส แมนโนส กลูโคส ไซนาพิลแอลกอฮอล์	อะราบิโนส กาแลคโตส กรดกลูคูโรนิก
ลิกนิน	โคนิเฟอร์ิลแอลกอฮอล์ พี-คูมาริลแอลกอฮอล์	เป็นโครงสร้าง 3 มิติ

ที่มา: ปาริชาติ, 2541

เส้นใยละลายน้ำ เส้นใยชนิดนี้มักจะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืชจึงละลายน้ำได้ ได้แก่ เปกติน กัม และมิวซิเลจ พบในผลไม้ ผัก และเป็นเส้นใยของข้าวบาร์เลย์และข้าวโอ๊ต เส้นใยชนิดนี้สามารถลดไขมันในเลือด และลดน้ำตาลในเลือดในรายที่เป็นเบาหวาน เส้นใยละลายน้ำมี 3 ลักษณะได้แก่ เปกติน กัม และมิวซิเลจ

เปกติน เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่อยู่ส่วนกลางของผนังเซลล์ ปกติทำหน้าที่ยึดเซลล์ให้ติดกัน โครงสร้างของเปกตินไม่ได้เรียงตัวเป็นเส้นใย แต่เรียงกันแบบไม่เป็นระเบียบ โครงสร้างส่วนกลางจะเป็นกรดแลกทูโรนิก มีโมเลกุลด้านข้างเป็นน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น แรมโนส อะราบิโนส เป็นต้น เปกตินละลายในน้ำร้อน และถ้าทิ้งให้เย็นลงจะกลายเป็นวุ้น ในทางอุตสาหกรรมอาหารใช้วุ้นจากเปกตินเป็นตัวทำอาหารให้ข้นขึ้น หรือทำให้ผลไม้หรือผักกรอบขึ้น ในพืชที่ยังอ่อนหรือในผลไม้ดิบจะมีโปรโตเปกตินที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อพืชแก่จัดหรือผลไม้สุกเนื้อเยื่อของพืชจะแยกจากกันมีลักษณะนิ่มต่อนี้เองที่โปรโตเปกตินจะกลายเป็นเปกตินและสามารถละลายน้ำได้ เรายังสามารถเปลี่ยนโปรโตเปกตินให้เป็นเส้นใยละลายน้ำโดย

การทำให้สุกโดยความร้อนได้เหมือนกัน เนื่องจากเปกตินมีลักษณะเป็นวุ้นห่อหุ้มแบคทีเรียไว้ได้ หากกินอาหารที่มีเปกตินสูงจะสามารถกำจัดแบคทีเรียออกจากลำไส้ใหญ่ได้ เหมาะสำหรับคนที่มีอาการท้องผูกสลับท้องเสีย ความสามารถในการอุ้มน้ำจนกระทั่งตัวของมันเองเป็นวุ้นของเปกตินจะช่วยขัดขวางการดูดซึมของน้ำตาลในระดับลำไส้เล็ก เปกตินจึงสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ด้วย

กัม เป็นส่วนผนังเซลล์พืชที่มีลักษณะเหนียวหรือยางของต้นพืช จะเห็นกัมเมื่อต้นพืชเกิดบาดแผล ยางไม้จะอุ้มน้ำเอาไว้และเกิดความชื้นเหนียว

มิวซิเลจ เป็นโพลีแซคคาไรด์เช่นเดียวกัน พบในส่วนของเมล็ดพืชและสาหร่ายทะเล มีความเหนียวหนืดจะอุ้มน้ำได้มากเป็นพิเศษทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดพืชขาดน้ำ มิวซิเลจจึงมักถูกใช้เมื่อต้องการเพิ่มเนื้อของอุจจาระหรือใช้เป็นยาระบาย

ตารางที่ 2.8 แสดงแหล่งของเส้นใยในอาหารประเภทต่างๆ

ชนิดของเส้นใย	แหล่งที่มา
เซลลูโลส	รำข้าว รำข้าวสารี ขนมปังโฮลวีท ข้าวกล้อง บีทรูท ถั่วเมล็ดแห้ง ถั่วประเภทหนัก
เฮมิเซลลูโลส	รำข้าว ขนมปังโฮลวีท บีทรูท แรคดิช เมล็ดข้าวชนิดต่างๆ ผัก
ลิกนิน	รำข้าว ผัก ถั่วประเภทหนัก
เปกติน	รำข้าว ส้มและผลไม้ประเภทส้ม แอปเปิล องุ่น ผลไม้ประเภทเบอร์รี่
กัม	ถั่วฝัก ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์
มิวซิเลจ	เมล็ดพืช เช่น เมล็ดแมงลัก สาหร่ายทะเล

ที่มา : ปารีชาติ, 2541

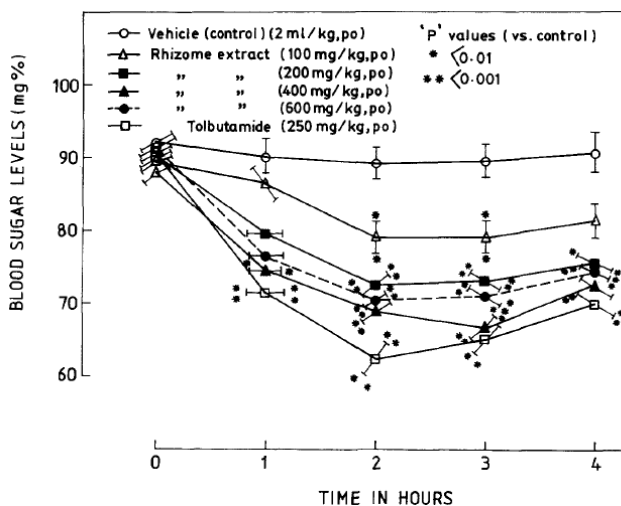
ตารางที่ 2.9 แสดงแร่ธาตุของรากบัว (มิลลิกรัม / 100 กรัมของรากบัว)

ชนิดของแร่ธาตุ	ปริมาณแร่ธาตุ
Sodium	40
Potassium	556
Calcium	45
Phosphorus	100
Magnesium	23
Iron	1.16
Copper	0.257
Zinc	0.39
Manganese	0.261
Selenium	0.7

ที่มา : www.titidorangea.com/z/nutrition_facts_nelumbo_nucifera_lotus_root_raw.htm

จากตารางที่ 2.9 พบว่ารากบัวมีแร่ธาตุหลายชนิด โดยมีโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงถึง 556 มิลลิกรัม / 100 กรัมของรากบัว รองลงมาคือ ฟอสฟอรัส และ แคลเซียม

ในรากบัวซึ่งในรากบัวพบสารสกัดแอลกอฮอล์ เท่ากับ 9.25% โดยน้ำหนัก และได้นำมาศึกษาของระดับน้ำตาลในเลือดโดยใช้หนูในการทดลอง (Mukherjee et al., 1997) จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเมื่อให้สารสกัดแอลกอฮอล์กับหนูที่มีร่างกายปกติ ทุกปริมาณของสารสกัดแอลกอฮอล์ จากรากบัวส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดของหนูลดลง กว่าหนูที่ไม่ได้รับสารสกัดแอลกอฮอล์แสดงให้เห็นว่าหนูที่มีสภาพร่างกายปกติ ไม่ได้เป็นโรค เมื่อได้รับสารสกัดแอลกอฮอล์นี้เข้าไปในร่างกาย สารนี้ช่วยให้ระดับน้ำตาลในร่างกายลดลง



รูปที่ 2.2 แสดงปริมาณของสารสกัดแอลกอฮอล์ จากรากบัวต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนู

ที่มา : (Mukherjee et al., 1997)

ตารางที่ 2.10 แสดงผลของสารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัวที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่มีสถานะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemic) จากการให้กลูโคส

Type of treatment	Blood sugar level (mg %)				
	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h
Glucose load (control) (10g/kg. p.o.)	86.2	192.5	154.2	120.5	111.0
Rhizome extract (400 mg/ kg. p.o.)	88.3	146.6	108.0	86.2	19.0
Tolbutamide (250 mg/ kg. p.o.)	90.4	132.2	102.2	81.4	77.0

ที่มา : (Mukherjee และคณะ, 1997)

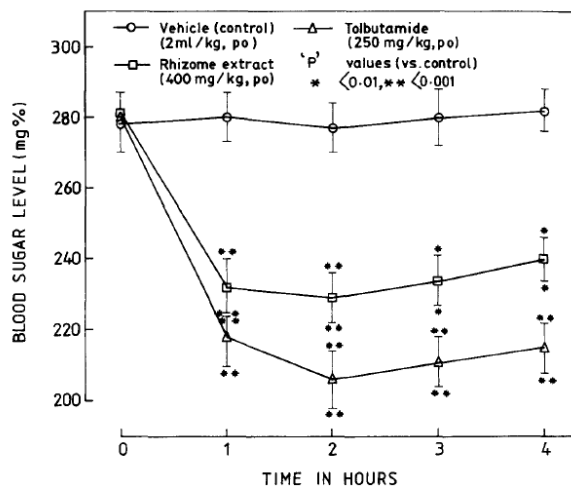
จากตารางที่ 2.10 จะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปหนูที่ได้รับน้ำตาลกลูโคสและให้สารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัว ที่ 400 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ระดับน้ำตาลในเลือดมีค่าลดลง และเมื่อผ่านไป สองชั่วโมง Tolbutamide ลดระดับน้ำตาลในเลือดลง 34% และ สารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัวลดระดับน้ำตาลในเลือดลง 30% เมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่มีสถานะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemic) จากการให้กลูโคส

ตารางที่ 2.11 แสดงผลของสารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัวที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ได้รับ อินซูลิน และหนูปกติ

Type of treatment	Blood sugar level (mg %)				
	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h
Vehicle (control) (2 ml/kg, p.o.)	92	94.4	96.4	95	94
Rhizome extract (400 mg/ kg, p.o.)	93.2	75.6	70.5	68.2	74
Insulin (I U/ kg, i.p.)	92.3	67.5	49.3	46.5	45.2
Insulin (I U/ kg, i.p.) + rhizome extract (400 mg/ kg, p.o.)	90	54.5	42.5	41.6	38.3

ที่มา : (Mukherjee et al., 1997)

จากตารางที่ 2.11 ภายหลังจาก 3 ชั่วโมงที่ให้สารสกัดแอลกอฮอล์ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดของหนูลดลง 28% และจากการให้ อินซูลิน ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง 51% และเมื่อให้ทั้งสารสกัดแอลกอฮอล์ และ อินซูลิน ร่วมกัน ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงถึง 56% เมื่อเปรียบเทียบกับหนูปกติ



รูปที่ 2.3 แสดงปริมาณของสารสกัดแอลกอฮอล์จากรากบัว ต่อระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ให้ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน โดยสารสเตรปโตโทซิน

ที่มา : (Mukherjee et al., 1997)

จากรูปที่ 2.4 เมื่อให้สารสกัดแอลกอฮอล์ จากรากบัวปริมาณ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเวลาผ่านไป ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยสาร สเตรปโตโทซินมีค่าลดลง และสารสกัดแอลกอฮอล์ จากรากบัว และสาร Tolbutamide ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูได้สูงสุด 17% และ 24% ตามลำดับเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับหนูควบคุม

2.2 การผลิตเครื่องดื่มน้ำประเภถั่ว

ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มน้ำประเภถั่วทำโดยนำถั่วมาแช่น้ำตามด้วยการบด (Wet grinding) แล้วนำไปกรอง และต้มได้เป็นน้ำถั่วที่มีกลิ่นเฉพาะตัวหรือกลิ่นถั่ว (Beany) ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้น ขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตต้องสามารถลดและกำจัดกลิ่นถั่วได้ สำหรับรายละเอียดขั้นตอนการผลิตน้ำจืดถั่วเป็นดังนี้

2.2.1 การแช่ (Soaking)

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนในการแช่ถั่วคือ ทำให้เปลือกของเมล็ดถั่วนิ่มพองตัวออกและสามารถลอกออก จากเมล็ดได้ง่าย นอกจากนี้ยังทำให้เนื้อถั่วอ่อนตัวลงเนื่องจากน้ำที่ดูดซึมเข้าไปส่งผลให้สะดวกในการตี ปั่นและกรอง แต่อย่างไรก็ตามในการแช่ถั่วเป็นเวลานานจะมีผลต่อการสูญเสียของแข็งที่ละลายได้ เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และแร่ธาตุ นอกจากนี้ขั้นตอนการแช่ถั่วยังมีผลต่อกลิ่นถั่วอีกด้วย ซึ่งเป็นผลมา จากการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเจเนสในเมล็ดถั่ว โดยสถานะที่มีน้ำและความชื้นอยู่ด้วย ซึ่งเป็นผล จากการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเจเนสในถั่ว โดยสถานะที่มีน้ำและความชื้นอยู่ด้วย เอนไซม์ดังกล่าว จะไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วทำให้เกิดสารประกอบพวกอัลดีไฮด์ คีโตน และ แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วขึ้น ดังนั้นจึงมีผู้วิจัยที่ทำการ การศึกษาหาวิธี ในการลดกลิ่นที่เกิดจากขั้นตอนการแช่โดย Nelson, 1967 ได้นำถั่วมาแช่ในน้ำเดือด ประมาณ 10 นาที ขณะที่ประภาศรี ภูเสถียรและคณะ, 2545 ใช้ถั่วถั่วในน้ำเดือดประมาณ 2 นาที ซึ่งผล การทดลองจากทั้งสองกรณี บ่งชี้ว่าความร้อนที่ใช้สามารถหยุดการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเจเนสได้ และช่วยลดระยะเวลาในการแช่ถั่วด้วย นอกจากนี้การใช้ความร้อนแล้วยังมีการใช้วิธีอื่นร่วมด้วย เช่น การ ปรับความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดถั่ว การปรับความเป็นกรดต่าง (pH) และ การใช้สารละลายแอลกอฮอล์ (Aqueous alcohol) มีการใช้เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 10-15 แช่ถั่วที่อุณหภูมิประมาณ 45 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเจเนสได้

2.2.2 การบด (Grinding)

เป็นการลดขนาดของถั่วเพื่อสกัดสารอาหารประเภทโปรตีน ไขมัน และโอเลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้จากเมล็ดถั่ว ซึ่งน้ำที่ใช้ในการสกัดอาจใช้น้ำร้อนหรือน้ำเย็นก็ได้ ในการบดถั่วจะทำให้ส่วนใบเลี้ยงแตกออก ส่งผลต่อการเกิดกลิ่นเหม็นเขียวและรสขม ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ไลพอกซิจีเนสที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดไขมันลิโนเลอิก โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้เกิดการเติมออกซิเจนในโมเลกุลของ กรดไขมันลิโนเลอิก ได้เป็น ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ในรูป 13-hydroperoxide-cis-11-octadecadienoic acid (13-HPOD) เป็นผลให้เกิดกลิ่นถั่ว (Beany หรือ Painty) ที่ไม่ยอมรับ ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับปริมาณความชื้นในเมล็ดถั่ว ถ้าน้อยกว่า 13% จะเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันลดลง ตามปกติแล้วถั่วที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ นิยมใช้น้ำร้อนในการบดเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นถั่วแต่ถั่วผ่านการแช่น้ำร้อนด้วยน้ำร้อนมาแล้วไม่ต้องใช้น้ำร้อนในการบด

2.2.3 การให้ความร้อน (Heat treatment)

การให้ความร้อนมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและยังช่วยยืดอายุของน้ำถั่วแดง ความร้อนจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพทางสีและรสชาติ เนื่องจากความร้อนและอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการควบคุมเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อาจทำได้โดยนำถั่วมาแช่น้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 80-100 °C นาน 10 นาที หรืออาจแช่ในสารละลายกรดที่ pH อยู่ในช่วง 3.8 หรือต่ำกว่าซึ่งขั้นตอนการแช่หรือให้ความร้อน เช่น การต้มเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของพวกไขมันไม่อิ่มตัว นอกจากนี้การให้ความร้อนยังมีผลในการหยุดการทำงานของสารยับยั้งการได้รับสารอาหาร (Antinutrition) เช่น สารยับยั้งทริปซิน ซึ่งสารดังกล่าวมีผลกระทบต่อระบบการย่อยและการดูดซึมโปรตีน ทำให้คุณภาพของโปรตีนที่ร่างกายได้รับต่ำลง การใช้ความร้อนที่สูงเกินไปอาจทำลายกรดอะมิโนที่จำเป็นเช่นไลซีน และ ซิสเตอีน รวมถึงวิตามินที่ละลายตัวได้ง่าย นอกจากนี้ยังอาจเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องหรือปฏิกิริยามอลดาร์ด์ ซึ่งแสดงถึงระดับการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่ถูกทำลาย เกิดกลิ่นไหม้จากความร้อนจะนำไปสู่การรวมตัว และการเกิด โพลีเมอไรเซชันได้เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ใช้ในการผลิตส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน

บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1.1 รากบัวสด (ตลาดเขาวราช)
- 3.1.1.2 เมล็ดบัวแห้ง (ตลาดเขาวราช)
- 3.1.1.3 น้ำผึ้ง (สวนจิตรดา)

3.1.2 อุปกรณ์ในการทำสารละลายสกัดจากรากบัวและเมล็ดบัว

- 3.1.2.1 เครื่องปั่นผสมอาหาร (Electrolux EBR 2500)
- 3.1.2.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Model GF 3000, Japan)
- 3.1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัว ได้แก่ หม้อ, กะละมัง และทัพพี
- 3.1.2.4 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 3.1.2.5 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.1.2.6 ตะแกรงกรองขนาด 140 mesh (Retsch)
- 3.1.2.7 บรรจุภัณฑ์ขวด PET ขนาด 360 มิลลิลิตร

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

- 3.1.3.1 เครื่องวัดคุณสมบัติทางรีโอโลยี (เครื่องรีโอมิเตอร์ รุ่น Physica)
- 3.1.3.2 เครื่องวัดสี (Color meter Hunterlab รุ่น Ultrascan XE/X7)
- 3.1.3.2 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
- 3.1.3.3 เครื่องเซนตริฟิวส์ (Centrifuge)
- 3.1.3.4 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (Metrohm รุ่น 713 Switzerland)

3.1.3.5 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer)

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

3.1.4.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo Model AB 204- S, Switzerland)

3.1.4.2 เครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ประกอบด้วยเครื่องย่อยโปรตีน (Buchi รุ่น K-424, Switzerland) และเครื่องกลั่นโปรตีน (Gerhardt รุ่น Ki-21, Germany)

3.1.4.3 เครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Buchi รุ่น B-810, U.S.A.)

3.1.4.4 เครื่องเตาเผา (Carbolite รุ่น CWF1200, United Kingdom)

3.1.4.5 เครื่องวิเคราะห์แร่ธาตุ (Atomic absorption spectroscopy)

3.1.5 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.5.1 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical

3.1.5.2 Foline - Ciocalteu reagent

3.1.5.3 Methanol

3.1.5.4 Sodium Hydroxide (NaOH)

3.1.5.5 Petroleum ether

3.1.5.6 Phenolphthaleine

3.1.5.7 Sulfuric acid (H_2SO_4)

3.1.5.8 Sodium carbonate

3.1.5.9 Gallic acid

3.1.5.10 Copper sulphate

3.1.5.11 Sodium potassium tartrate

3.1.5.12 Bovine serum albumin

3.1.5.13 Citric acid (Food grade)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของวัตถุดิบทั้ง เมล็ดบัวอบแห้ง และรากบัวสด โดยวิธี (AOAC, 1995)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม (W) ใส่ใน Moisture Can ที่ผ่านการอบไล่ความชื้น และทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (W_1)
2. นำ Moisture Can ที่บรรจุตัวอย่าง อบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 3 ชั่วโมง
3. นำภาชนะออกจากตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง
4. ชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าสู่ตู้อบไฟฟ้าอีกครั้ง
5. นำภาชนะออกจากตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง
6. ชั่งน้ำหนักอีกครั้งจนน้ำหนักคงที่ (W_2)

การคำนวณปริมาณความชื้นตามสมการที่ 3.1

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{W - (W_2 - W_1) \times 100}{W} \quad (3.1)$$

3.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดและเมล็ดบัวแห้ง

ในงานวิจัยทำการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดและเมล็ดบัวแห้ง ก่อนทำสารละลายสกัด เพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเริ่มต้นในวัตถุดิบ และในรากบัวสดมีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่สูง แต่ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกก็สามารถลดลงได้ จากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Enzymatic browning) เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเมื่อปอกเปลือกรากบัว และผิวของรากบัวสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ดังนั้นในการทดลองจึงต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณเริ่มต้นของสารประกอบฟีนอลิกในวัตถุดิบโดยวิธีของ (Singleton, 1965 และ Tsai, 2005)

วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid

1. Anhydrous gallic acid ($M_w = 170.1$) ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง รอให้เย็นตัวในโถดูดความชื้น

2. ชั่งกรดแกลลิก ปริมาณ 0.1000 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายด้วยสารละลายเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบจะได้สารมาตรฐานความเข้มข้น 1,000 ppm
3. เตรียมความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, และ 100 ppm โดยปิเปตสารละลายกรดแกลลิก จากสารมาตรฐานความเข้มข้น 1,000 ppm ปริมาตร 2, 4, 6, 8, และ 10 มิลลิลิตร ลงใน 100 มิลลิลิตร ของขวดปรับปริมาตรแต่ละอันและปรับปริมาตรจนครบด้วยน้ำกลั่น

วิธีการเตรียมสารละลาย Anhydrous sodium carbonate 7.5% (น้ำหนัก/ปริมาตร)

1. ชั่ง Anhydrous sodium carbonate 37.50 กรัม ลงใน ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นอุ่นๆจนผสมกันจนละลายหมดแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างรากบัวสด และเมล็ดบัวแห้ง (นำดีบัวออก) 1 กรัม
2. สกัดตัวอย่างด้วยสารละลายเมทานอล 80% ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร
3. ทำการเขย่าตัวอย่างที่อยู่ในสารละลายเมทานอลด้วยเครื่อง shaker เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างมาทำการเซนตริฟิวส์ ที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที
5. สารละลายใส กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1
6. สารละลายจากการกรองปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย Foline - Ciocalteu reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (เจือจางในน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:1) และตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 นาที
7. สารละลายที่ได้นำมาผสมกับ 7.5% Anhydrous sodium carbonate ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง
8. นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ 765 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
9. คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเทียบกับสารมาตรฐานแกลลิก (มิลลิกรัม GAE /100 มิลลิลิตร สารละลายสกัดจากรากบัว)

3.2.3 ศึกษาการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของรากบัวสด

รากบัวสด เมื่อถูกปอกเปลือกแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศโดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่พบในธรรมชาติของรากบัวสดซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อสารละลายสกัด

จากรากบัว ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดมีค่าลดลง รวมถึงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงด้วย ดังนั้นในการทดลองจึงควบคุมโดยการแช่รากบัวสดในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และผ่านกระบวนการลวกกับไม่ลวกก่อนทำการสกัดสารละลายจากรากบัว

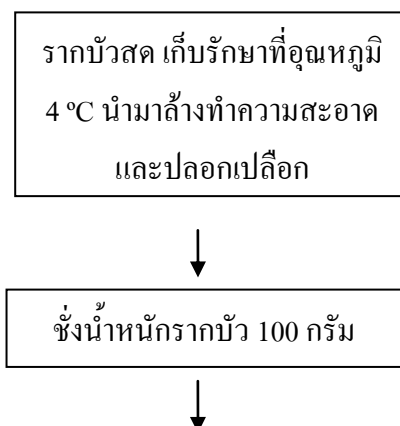
วิธีวิเคราะห์

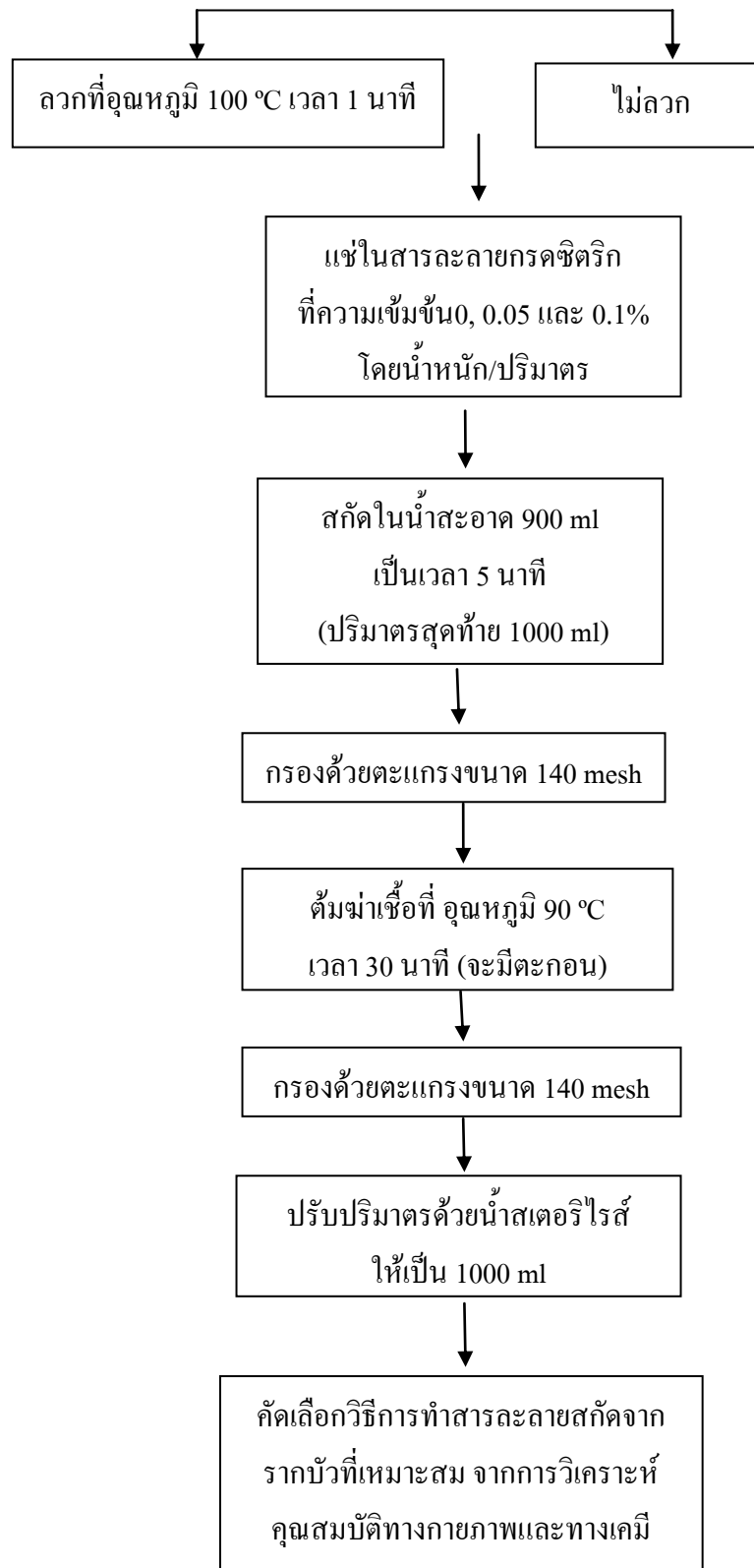
1. รากบัวสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และหั่นชิ้นชั่งน้ำหนัก 20 กรัม
2. นำรากบัวมาผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และไม่ผ่านกระบวนการลวก
3. นำรากบัวจากข้อที่ 2 มาแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร
4. วัดค่าสีของรากบัวด้วยเครื่อง Color meter โดยเปรียบเทียบกับไม่แช่ในกรดซิตริกและไม่ผ่านกระบวนการลวก

3.2.4 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว

ในการศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัวโดยทำต่อจากขั้นตอนที่ 3.2.3 และ ทดสอบว่าการใช้กรดซิตริก และกระบวนการลวกรากบัวสดก่อนทำการสกัดสารละลายจากรากบัว จะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารละลายสกัดจากรากบัวอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก รวมถึงเป็นการหาวิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวที่เหมาะสมต่อคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารที่สำคัญในสารละลายสกัดรากบัว

ขั้นตอนกระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว





รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนกระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว

3.2.5 คัดเลือกวิธีการทำสารละลายสกัดจากรากบัว

การคัดเลือกวิธีการทำสารละลายสกัดจากรากบัว สามารถคัดเลือกจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและสารสำคัญต่างๆในสารละลายสกัด

3.2.5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสี

การวิเคราะห์การเปลี่ยนค่าสีทดสอบ โดยใช้เครื่อง Color meter (Hunterlab รุ่น Ultrascan XE/X7)

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดสวิทช์ จากนั้นรอรเครื่องเป็นเวลาประมาณ 30 นาที
2. เมื่อเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว จะเข้าไปที่โปรแกรมเมนูหลัก และเข้าไปที่โปรแกรม Hunter lab measurement
3. ทำการ Calibrate standard โดยใช้แผ่น Standard แล้วกด Enter
4. วิเคราะห์ตัวอย่างโดย ใส่ตัวอย่างลงใน Cuvette วางลงช่องที่แสงผ่าน แล้วกดที่ Read sample จากนั้นใส่รหัสตัวอย่าง กด Enter หน้าจอจะแสดงค่าสีที่วัดได้

3.2.5.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

วิเคราะห์ค่า pH

การวิเคราะห์การเปลี่ยนค่า pH ทดสอบ โดยใช้เครื่อง pH meter

วิธีวิเคราะห์

1. Calibrate เครื่อง pH-meter และ Glass electrode ด้วย Buffer Solution ที่ทราบค่า pH ที่แน่นอน
2. เทตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ให้ได้ความสูงประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของบีกเกอร์
3. ล้าง Glass electrode ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด เช็ดให้แห้ง จุ่มลงในตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดค่าอ่านค่า pH ที่ได้

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ Hand refractometer

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร

2. ใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างหยดลงบน Prism ของเครื่อง Hand refractometer
3. ปิดกระจกบน Prism ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที
4. อ่านค่าที่วัดได้ในระดับสายตาในหน่วยของสารริกซ์บันทึกผล

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลาย (Phenolic compound)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลาย โดย Tsai, 2005

วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

1. Anhydrous gallic acid ($M_w = 170.1$) ผ่านการอบที่อุณหภูมิ $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ เวลา 5 ชั่วโมง รอให้เย็นตัวในโถดูดความชื้น
2. ชั่งกรดแกลลิก ปริมาณ 0.1000 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายด้วยสารละลายเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบจะได้ สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 1,000 ppm
3. เตรียมความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, และ 100 ppm โดยปีเปิดสารละลายกรดแกลลิก จากสารละลายมาตรฐาน 1,000 ppm ปริมาตร 2, 4, 6, 8, และ 10 มิลลิลิตร ลงใน 100 มิลลิลิตร ของขวดปรับปริมาตรแต่ละอันและปรับปริมาตรจนครบด้วยน้ำกลั่น

วิธีการเตรียมสารละลาย 7.5% Anhydrous sodium carbonate (น้ำหนัก/ปริมาตร)

1. ชั่ง Anhydrous sodium carbonate 37.50 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรปริมาตร 500 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นอุ่นๆจนผสมกันจนละลายหมดแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. นำสารละลายสกัดปริมาตร 5 ml เซนทรีฟิวส์ ที่ $12,000 \times g$ เป็นเวลา 20 นาที
 2. สารละลายใสที่ได้จากข้อ 1 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu 5 มิลลิลิตร (เจือจางในน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:1) และตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 นาที
 3. สารละลายจากข้อที่ 2 ผสมกับ 7.5% Anhydrous sodium carbonate 2 มิลลิลิตร และตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง
 4. วัดค่าดูดกลืนแสง ที่ 765 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
3. คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัม GAE / ลิตร สารละลายสกัด)

วิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัด

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายโดยวิธีของ Zhang, 2004

วิธีวิเคราะห์

1. นำสารละลายสกัดปริมาตร 5 ml เซนตริฟิวส์ ที่ 12,000 x g เป็นเวลา 20 นาที
 2. สารละลายสีที่ได้จากข้อ 1 ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.1 mM DPPH ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร ที่ละลายในสารละลายเมทานอล
 3. ทำการผสมโดยใช้ทำการผสมโดยใช้เครื่อง Vortex และตั้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
 4. วัดค่าดูดกลืนแสง ที่ 517 นานโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
 5. ใช้ เมทานอลบริสุทธิ์ ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับ 1.5 มิลลิลิตร DPPH เพื่อใช้เป็นตัวควบคุม
- การคำนวณ % Antioxidant activity จากสมการที่ 3.2

$$\% \text{ Antioxidant activity} = \frac{\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}} \times 100 \quad (3.2)$$

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (Total soluble protein)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้โดยวิธี Lowry method

วิธีการเตรียมสารละลาย

1. 2 % ของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 50 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.1 N ของ สารละลาย NaOH 50 มิลลิลิตร (0.4 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร)
2. 1.56 % ของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 10 มิลลิลิตร ผสมกับ 2.37% ของสารละลายโซเดียมโพแทสเซียมทาร์ทเรต 10 มิลลิลิตร
3. ผสมสารละลายในข้อ 2 จำนวน 2 มิลลิลิตร กับข้อ 1 จำนวน 100 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน BSA

1. เตรียมสารละลาย BSA จำนวน 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายมาตรฐาน BSA ที่ความเข้มข้น 0.05, 1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร
3. นำสารละลาย BSA แต่ละความเข้มข้น ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับ Alkaline copper sulphate reagent (analytical reagent) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
3. สารละลายจากข้อ 3 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu 0.2 มิลลิลิตร (เจือจางในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:1) ตั้งไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

4. วัดค่าดูดกลืนแสง ที่ 660 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

วิธีวิเคราะห์

1. นำสารละลายสกัดปริมาตร 5 มิลลิลิตร เซนทรีฟิวส์ ที่ 12,000 x g เป็นเวลา 20 นาที
2. สารละลายที่ได้จากข้อ 1 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับ สารละลายต่างคอปเปอร์ซัลเฟต ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
3. สารละลายจากข้อ 2 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu 0.2 มิลลิลิตร (เจือจางในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:1) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
4. วัดค่าดูดกลืนแสง ที่ 660 นาโนเมตร โดยเครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
5. กำหนดปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน BSA (มิลลิกรัม GAE /100 มิลลิลิตรสารละลายสกัด)

วิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (Crude fiber)

วิเคราะห์หาปริมาณใยโดยวิธี (AOAC, 1995)

วิธีวิเคราะห์

1. สารละลายสกัดปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมกรด 0.225 N H₂SO₄ 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้ม 30 วินาที
2. กรองตัวอย่างผ่านกระดาษ What Man ล้าง ด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนหมดกรด
3. นำตัวอย่างบนกระดาษกรองไปต้มใน 0.313 N ของสารละลายโซเดียวไฮดรอกไซด์ 200 มิลลิลิตร นาน 30 วินาที กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด ตามด้วยเอทานอลและได-เอทิลอีเทอร์ 95% 100 มิลลิลิตร
4. นำกระดาษกรองที่มีตัวอย่างอยู่บนตู้อบลมร้อน ที่ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
5. ใส่ตัวอย่างในครุชชีเบล แล้วนำไปเผาบนเตาให้ความร้อน จนหมดควัน นำมาเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมงจนได้เถ้าสีขาว หรือสีเทา
6. ทิ้งไว้ให้ได้อุณหภูมิประมาณ 10 °C ปิดฝา นำออกไปใส่ในโถดูดความชื้นที่ อุณหภูมิห้อง จนครุชชีเบล เย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณปริมาณใยอาหารตามสมการที่ 3.3

$$\text{ใยอาหาร} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100 \quad (3.3)$$

โดยที่ $W =$ น้ำหนักของตัวอย่าง

$W_1 =$ น้ำหนักของครุชบีล + ปริมาณหลังการทำแห้ง

$W_2 =$ น้ำหนักของครุชบีล + ถ้ำหลังเผา

วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ (Mineral content), (AOAC, 1995)

วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุของสารละลายสกัดโดยวิธี AAS (Atomic absorption spectroscopy)

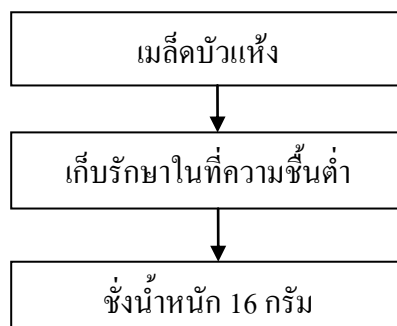
วิธีวิเคราะห์

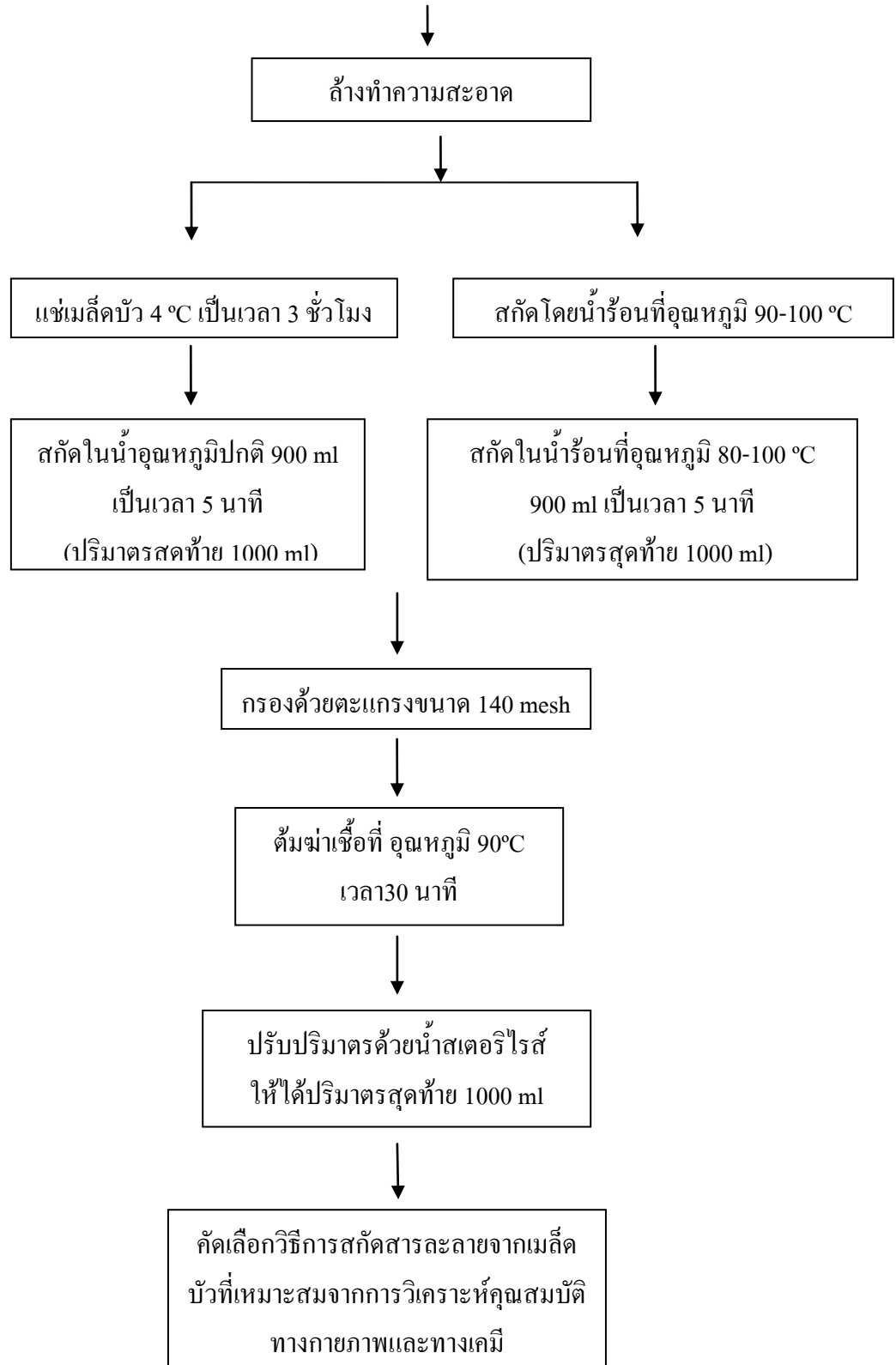
1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ คอปเปอร์ โพแทสเซียม ซิงค์ เหล็ก แมงกานีส และ แคลเซียม ที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, และ 10 ppm
2. นำตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์มากรองใส่กระดาษกรอง จะได้สารละลายที่พร้อมทำการวิเคราะห์
3. ปรับ Optimum condition และ Sensitivity check ของเครื่อง AAS และเรียงธาตุโลหะ ใน lamp ตามที่กำหนด
4. วัดปริมาณแร่ธาตุในตัวอย่าง เทียบกับ Standard curve ของสารละลายมาตรฐาน โดยก่อนการวัดตัวอย่างใหม่ทุกครั้งให้ทำการล้างด้วยน้ำกลั่นทุกครั้ง

3.2.6 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

ในการศึกษากระบวนการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัว วัตถุประสงค์ที่ใช้เป็นเมล็ดบัวแห้งจึงต้องทำการแช่เพื่อทำให้เมล็ดบัวนิ่มพองตัวออกและทำให้เนื้อเมล็ดบัวอ่อนตัวลงเนื่องจากน้ำที่ดูดซึมเข้าไปส่งผลให้สะดวกในการตีปั่นและกรอง แต่อย่างไรก็ตามในการแช่เป็นเวลานานจะมีผลต่อการสูญเสียของแข็งที่ละลายได้ เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และแร่ธาตุ ดังนั้นในการทดลองจึงทำการเปรียบเทียบระหว่าง สารละลายสกัดเมล็ดบัวโดยวิธีแช่เมล็ดบัว 4 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการสกัดโดยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที เพื่อลดเวลาในการแช่ และเพื่อป้องกันการสูญเสียของแข็งที่ละลายได้

ขั้นตอนกระบวนการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัว





รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการสกัดสารละลายจากเมล็ดข้าว

3.2.7 การคัดเลือกวิธีการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัว

การคัดเลือกวิธีการในการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัว สามารถคัดเลือกจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและสารสำคัญต่างๆในสารละลายสกัดตามหัวข้อที่ 3.2.5.1 และ 3.2.5.2

3.2.8 วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว

3.2.8.1 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

3.2.8.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

3.2.8.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

3.2.8.4 การวิเคราะห์หาปริมาณกากใย (AOAC, 1995)

3.2.8.5 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

3.2.8.6 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

3.2.9 ศึกษาความคงตัวของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว

วิเคราะห์ความคงตัว (Cloud stability)

การวิเคราะห์ค่าความคงตัวโดยวิธีของ Yemenicioglu และ Cemeroglu, 2000

วิธีวิเคราะห์

1. สารละลายสกัดปริมาตร 10 มิลลิลิตรมาเซนตริฟิวส์ ที่ 4200 x g เป็นเวลา 15 นาที
2. วัดค่าดูดกลืนแสง ที่ 660 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

การคำนวณความคงตัวตามสมการที่ 3.4

$$\text{ความคงตัว (\%T)} = (T_c / T_o) \times 100 \quad (3.4)$$

โดยที่ T_o = ความขุ่นของสารละลายสกัดก่อนเซนตริฟิวส์

T_c = ความขุ่นของสารละลายสกัดหลังเซนตริฟิวส์

3.2.10 ศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว

การศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว โดยวิธีเร่งที่อุณหภูมิต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัส

3.2.9.1 นำสารละลายสกัดจากเมล็ดข้าวและรากข้าวที่ผ่านการคัดเลือกจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี จากหัวข้อที่ 3.2.5.1 และ 3.2.5.2 มาบรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกขวดเพ็ท (PET) ขนาด 350 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ขวด โดยกลุ่มแรกนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C กลุ่มที่ 2 นำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 14 °C และ กลุ่มที่ 3 นำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 24 °C

3.2.9.2 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่เก็บไว้ในสภาวะดังกล่าวทุก 2 วัน มาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีดังนี้

- การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยวิเคราะห์ค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Cloud stability) และการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* , a^* และ b^* (Color measurement)
- การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยวิเคราะห์ค่า pH, อนุสารริกซ์, สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)

3.3.11.3 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่เก็บไว้ในสภาวะดังกล่าวทุก 2 วัน มาวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัส

ในการทดสอบใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วไม่ต่ำกว่า 5 คน ซึ่งมี 4 ระดับในการตัดสินดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1) โดยคะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่า 3 และไม่มีใครให้ 1 ซึ่ง

คุณสมบัติที่ใช้ตรวจสอบ ลักษณะปรากฏ มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ ลักษณะของตะกอน สี มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ มีสีตามธรรมชาติ ไม่มีสีผิดปกติ กลิ่นรส มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ กลิ่นรสตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหมัก รสชาติ มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ มีรสชาติตามธรรมชาติ เนื้อสัมผัส มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ ความรู้สึกขณะกลืน ความชอบโดยรวม มีเกณฑ์ที่กำหนดคือ การยอมรับโดยรวม

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของวัตถุดิบของ เมล็ดบัวแห้ง และรากบัวสด เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลองจะพบเมล็ดบัวแห้งและรากบัวสดได้ตามท้องตลาดทั้งไป ดังนั้นวัตถุดิบจะมีทั้งสดและแห้ง จึงต้องทำการหาน้ำหนักที่แท้จริงของวัตถุดิบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติต่างๆ จากรูปที่ 4.1 รากบัวจีนที่ขายในตลาดเยาวราชมี 2 ชนิดคือ รากบัวชั่วเถารูปด้านบนซึ่งมีลักษณะเป็นท่อนขนาดเล็ก และคุณหมิงจะมีลักษณะท่อนที่ยาวกว่า ซึ่งทั้ง 2 ชนิดเป็นรากบัวหลวงเหมือนกันแต่มาจากแหล่งที่ปลูกต่างกัน



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของรากบัวชั่วเถา (บน) และคุณหมิง (ล่าง)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความชื้นของเมล็ดบัวแห้งและรากบัวสด

วัตถุดิบ	% ความชื้น (น้ำหนักแห้ง)
เมล็ดบัวจีนแห้ง	8.64 ± 0.03
รากบัวจีนสด	84.09 ± 0.60
รากบัวจีนคุณหมิง	84.02 ± 0.10

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าความชื้นของเมล็ดบัวแห้งและรากบัวสด จากผลการทดลองพบว่าเมล็ดบัวจีนแห้งมีความชื้น $8.64 \pm 0.03\%$, รากบัวจีนสดชวเถามีความชื้นอยู่ที่ $84.09 \pm 0.60\%$ และรากบัวจีนคุณหมิงมีความชื้น $84.02 \pm 0.10\%$

4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดและเมล็ดบัวแห้ง

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดและเมล็ดบัวแห้ง ในรากบัวสดเมื่อทำการปอกเปลือกรากบัวทิ้งไว้ ผิวของรากบัวจะเริ่มเป็นสีน้ำตาล ดังรูปที่ 4.2 สาเหตุของสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้มาจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีตามธรรมชาติในรากบัวและสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ แสดงให้เห็นว่าในรากบัวสดมีสารประกอบฟีนอลิกอยู่จำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hu และ Leif H., 2002 ที่กล่าวว่ารากบัวสดสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากรากบัวสดมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูง ในการทดลองจึงทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเริ่มต้นในรากบัวสดทั้งรากบัวชวเถาและคุณหมิงก่อนจะที่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส



รูปที่ 4.2 แสดงสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากรากบัวสดเมื่อปอกเปลือกทิ้งไว้

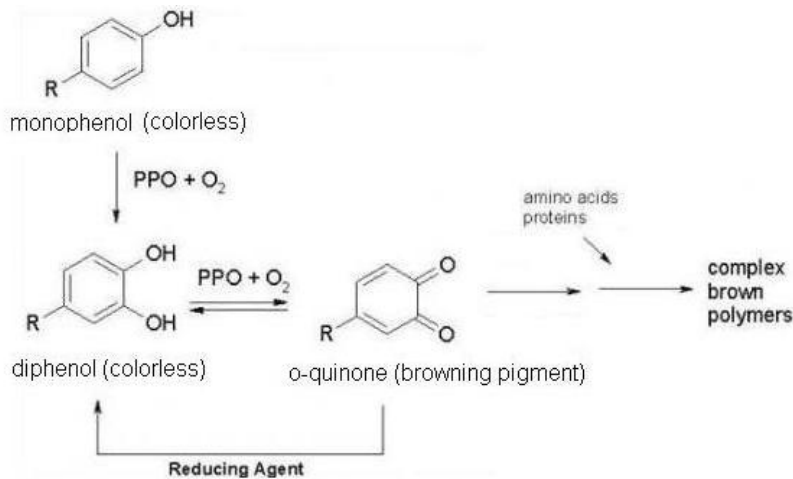
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของรากบัวสด ชั่วเถา, คุณหมิง และ เมล็ดบัวแห้ง

ประเภทของวัตถุดิบ	สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิก /100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
รากบัวสด ชั่วเถา	4,135.80 ± 80.82
รากบัวสด คุณหมิง	3,606.70 ± 80.82
เมล็ดบัวแห้ง	1,145.06 ± 60.05

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของรากบัวสดชั่วเถา คุณหมิง และ เมล็ดบัวแห้ง จากผลการทดลองพบว่า เมล็ดบัวแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 1,145.06 ± 60.05 มิลลิกรัม กรดแกลลิก /100 กรัมของน้ำหนักแห้ง เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Bhat และ Sridhar, 2008 ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดบัวแห้งพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 4,000 มิลลิกรัม/100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ปริมาณที่ต่างกันของสารประกอบฟีนอลิกมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยเช่น ปริมาณเริ่มต้นของสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในเมล็ดบัวแห้งซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก และชนิดของความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งเมล็ดซึ่งจะมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่หลงเหลืออยู่เพราะสารฟีนอลิกบางชนิดไม่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้

ในรากบัวสดชั่วเถา และคุณหมิง จากการทดลองพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 4,135.80 ± 80.82 และ 3,606.70 ± 80.82 มิลลิกรัมกรดแกลลิก /100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากผลที่ได้จะพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดชั่วเถามีปริมาณมากกว่ารากบัวสดคุณหมิง จากงานวิจัยของ Park et al., 2009 ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวหลวง พบว่ามีปริมาณ 2,100 มิลลิกรัม/ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณที่ต่างกันอาจจะขึ้นอยู่กับสถานที่และสภาพแวดล้อมในการปลูกรากบัว และความสดใหม่ของรากบัวที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ จะเห็นว่ารากบัวสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่อนข้างสูงทำให้เวลาเปลือกเปลือกกรากบัวทิ้งไว้ ผิวของรากบัวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ซึ่งสาเหตุเกิดมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น โมโนฟีนอล และ ไดฟีนอล ในสถานะที่มีออกซิเจนได้เป็นสารประกอบควิโนน (Quinone) ซึ่งมีสีน้ำตาล (Vamos-

Vigyazo,1981) ดังรูปที่ 4.3 และความเข้มของสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบฟีนอลที่เป็นสารตั้งต้น ถ้าสารตั้งต้นมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลสูง จะทำให้ความเข้มของสีน้ำตาลในรากบัวสดมีสีที่เข้มขึ้นตามด้วย ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีค่าลดลง เนื่องจากเปลี่ยนสารฟีนอลิกตั้งต้นไปเป็นสารอื่น อีกทั้งยังส่งผลให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย ดังนั้นเราจึงต้องทำการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพื่อรักษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสด



รูปที่ 4.3 แสดงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/vocab/word/679>

4.3 ศึกษาการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของรากบัวสด

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในรากบัวสด สามารถส่งผลกระทบต่อสารประกอบฟีนอลิกที่ลดลงในรากบัว ซึ่งจะส่งผลต่อสารละลายสกัดจากรากบัวที่ทำให้สารสำคัญลดลง ดังนั้นเราจึงต้องทำการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพื่อรักษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดให้ยังมีปริมาณมากพอในสารละลายสกัดจากรากบัว ดังนั้นในการทดลองจึงควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยใช้กรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และผ่านกระบวนการลวกกับไม่ลวก ซึ่งการวิเคราะห์ปฏิกิริยาเกิดการสีน้ำตาลจากการทดลองต่างๆสามารถวิเคราะห์ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยวิเคราะห์จากค่า L* ซึ่งบ่งบอกถึงค่าความสว่าง (สีขาว)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสีของรากบัวสดชั่วเถา และคุณหมิง

ชนิดรากบัว / ค่าสี	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
รากบัวชั่วเถา	69.58 ± 0.53	-1.29 ± 0.30	15.05 ± 0.31
รากบัวคุณหมิง	71.26 ± 0.23	-1.50 ± 0.02	15.91 ± 0.23

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสีของรากบัวสดชั่วเถา ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ค่าสี (ไม่ลวก)			ค่าสี (ลวก)		
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
0	25.41±2.42	6.72 ± 0.44	8.01 ± 0.68	56.13±0.14	2.75 ± 0.02	12.68± 0.03
0.05	61.78±0.08	4.12 ± 0.01	18.34±0.05	68.23±0.11	1.05 ± 0.01	13.16 ± 0.03
0.1	72.89±0.03	3.00 ± 0.01	19.69 ±0.02	73.08±0.07	0.80 ± 0.02	12.67 ±0.04

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าสีของรากบัวสดชั่วเถา และคุณหมิงที่ทำการวัดค่าสีหลังจากทำการปลอกเปลือกทันที ก่อนเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จากผลการทดลองพบว่าค่าสี L* ของทั้งรากบัวสดชั่วเถา และคุณหมิงมีค่าเท่ากับ 69.58 ± 0.53 และ 71.26 ± 0.23 ตามลำดับ จะเห็นว่ารากบัวทั้งสองชนิดมีค่า L* ที่มีค่าสูงซึ่งบ่งบอกถึงค่าความสว่างของรากบัว แสดงให้เห็นว่ารากบัวทั้งสองชนิดมีโทนสีขาวย และเมื่อทำการทดลองศึกษาการแช่รากบัวสดในสารละลายกรดซิตริก และผ่านกระบวนการลวกเปรียบเทียบกับไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกและไม่ผ่านกระบวนการลวก เพื่อดูผลของการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส โดยในการทดลองนำรากบัวสดทั้งสองชนิดมาแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และนำมาวัดค่าสี จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 ค่า L* ที่ไม่ผ่านกระบวนการลวกและไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริกของทั้งรากบัวสดชั่วเถา และคุณหมิงมีค่าเท่ากับ 25.41± 2.42 และ 29.38 ± 1.75 จะเห็นว่าค่าความสว่างนั้นลดลงจากค่าเริ่มต้นมาก (จากตารางที่ 4.3) แสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาจากเอนไซม์

โพลีฟีนอลออกซิเดสมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลในรากบัวสดเมื่อปอกเปลือกทิ้งไว้จึงทำให้ค่าความสว่างของสีนั้นลดลง เพราะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นสารตั้งต้นเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศทำให้สารตั้งต้นดังกล่าวถูกเปลี่ยนไปเป็นสารอื่น ทำให้รากบัวสดเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีน้ำตาล และเมื่อนำรากบัวทั้งสองชนิดมาแช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที เมื่อวิเคราะห์จากค่า L* ของรากบัวทั้งสองชนิดพบว่าสามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสได้โดยค่า L* มีค่าสูงกว่ารากบัวที่ไม่ผ่านการลวกและไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ดังนั้นกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริกและกระบวนการลวกสามารถควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลในรากบัวสดและสามารถรักษาสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดให้คงอยู่ได้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสีของรากบัวสดคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ค่าสี (ไม่ลวก)			ค่าสี (ลวก)		
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
0	29.38 ±1.75	6.33 ± 0.11	8.25 ± 0.04	57.03 ± 0.13	1.67 ± 0.01	12.61 ±0.21
0.05	61.97±0.18	3.25 ± 0.32	20.09 ± 0.09	68.23 ±0.21	1.00 ±0.02	13.25 ± 0.05
0.1	73.44 ±0.36	2.44 ± 0.36	20.38 ± 0.28	73.08 ± 0.47	0.55 ± 0.05	12.91 ±0.13

4.4 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว

ในการศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากรากบัว โดยในการทดลองทำต่อจากขั้นตอนการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในรากบัวสด และทำการทดสอบว่าการใช้สารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และกระบวนการลวกวัตถุดิบก่อนทำการการสกัดสารละลาย จะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารละลายสกัดอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก และไม่ผ่านกระบวนการลวก รวมถึงเป็นการหาวิธีการทำสารละลายสกัดจากรากบัวที่เหมาะสมต่อคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารที่สำคัญในสารละลาย โดยคัดเลือกวิธีการสกัดจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและสารสำคัญต่างๆในสารละลายสกัดดังกล่าวต่อไป

4.4.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดจากรากบัวจากตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารละลายสกัดจากรากบัวชั่วเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เป็นเวลา 1 นาที จากผลการทดลองในกระบวนการสกัดสารละลายจากรากบัวแบบไม่ผ่านกระบวนการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร พบว่าสารละลายสกัดจากรากบัวที่ไม่ผ่านกระบวนการลวก และแช่ในสารละลายกรดซิตริก 0 % ของรากบัวทั้งสองชนิด ส่งผลให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายทั้งรากบัวชั่วเถาและคุณหมิงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่ารากบัวสดเมื่อทำการปลอกเปลือกทิ้งไว้และรอผ่านกระบวนการสกัดสารละลายเป็นเวลานานทำให้ผิวของรากบัวสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศส่งผลให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีตามธรรมชาติในรากบัวทำงานดังนั้นปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาจึงลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับรากบัวที่ไม่ผ่านกระบวนการลวกแช่รากบัวสดในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 % แสดงให้เห็นว่าการแช่ในสารละลายกรดซิตริกสามารถรักษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดได้มากกว่าไม่แช่ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่คงอยู่ในสารละลายสกัดจากรากบัวจะมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และเมื่อทำการลวกรากบัวสดก่อนการทำการสกัดสารละลายและแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร จากผลการทดลองพบว่ารากบัวทั้งสองชนิดที่ผ่านกระบวนการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1 % มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก แสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดซิตริกสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดได้ และที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของสารละลายกรดซิตริกเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารละลายสกัดที่ผ่านกระบวนการลวกกับไม่ผ่านกระบวนการลวกพบว่ารากบัวที่ผ่านกระบวนการลวกมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกลดลงในทุกๆระดับความเข้มข้นของการแช่ในสารละลายกรดซิตริก แสดงให้เห็นว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลวกมีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางส่วนที่ไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกที่เหลืออยู่ลดน้อยลง Goncalves et al., 2010 ได้ทำการศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลในแครอท โดยผ่านกระบวนการลวกและศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นในกระบวนการลวกมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการเสื่อมสลายโดยความร้อน การแพร่กระจาย (Diffusion)

และการชะล้าง (Leaching) Lindley, 1988 ยิ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกก็เพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Ismail et al., 2004 และ Turkmen et al., 2005 ในการศึกษาปริมาณประกอบฟีนอลิกในผักโขม กระหล่ำปลี และถั่ว หลังจากผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงจากค่าเริ่มต้นในช่วง 14% และ 40%

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิก / ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวชัวเถา)		สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิก / ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	79.63 ± 5.50 ^c	59.63 ± 6.70 ^c	68.52 ± 5.59 ^c	38.89 ± 4.44 ^c
0.05	110.74 ± 2.50 ^b	100.37 ± 3.30 ^b	81.85 ± 7.80 ^b	62.60 ± 5.59 ^b
0.1	123.33 ± 3.30 ^a	104.81 ± 2.50 ^a	97.74 ± 3.30 ^a	76.67 ± 2.22 ^b

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.6 ในสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิง วิธีการสกัดที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดมากที่สุดคือวิธีการแช่รากบัวสดในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 123.33 ± 3.30 และ 97.74 ± 3.30 มิลลิกรัมกรดแกลลิก /100 มิลลิลิตรของสารละลายสกัดตามลำดับ

4.4.2 วิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (% Antioxidant activity) ในสารละลายสกัดจากรากบัว จากตารางที่ 4.7 แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองในกระบวนการสกัดสารละลายจาก

รากบัวแบบไม่ผ่านกระบวนการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร พบว่าสารละลายสกัดที่ไม่ผ่านกระบวนการลวก และแช่ในสารละลายกรดซิตริก 0% ของรากบัวทั้งสองชนิด ส่งผลให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดทั้งจากรากบัวชั้วเถาและคุณหมิงมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับรากบัวที่ไม่ผ่านกระบวนการลวกและแช่รากบัวสดในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% แสดงให้เห็นว่าการแช่ในสารละลายกรดซิตริกสามารถรักษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดได้มากกว่าไม่แช่ และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดจะมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และเมื่อทำการลวกรากบัวสดก่อนการสกัดสารละลายจากรากบัวและแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร จากผลการทดลองพบว่ารากบัวทั้งสองชนิดที่ผ่านกระบวนการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0% มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างรากบัวที่ผ่านกระบวนการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% ซึ่งผลที่ได้มีค่าสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ลดลงในหัวข้อที่ 4.4.1 จึงทำให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วยแสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดซิตริกสามารถรักษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดจากรากบัวได้ และที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของสารละลายกรดซิตริกเมื่อทำการเปรียบเทียบ % Antioxidant activity ของสารละลายสกัดจากรากบัวทั้งสองชนิดที่ผ่านกระบวนการลวกกับไม่ผ่านกระบวนการลวกพบว่ารากบัวที่ผ่านกระบวนการลวกมี % Antioxidant activity ลดลงในทุกระดับความเข้มข้นของการแช่ในสารละลายกรดซิตริก แสดงให้เห็นว่าความร้อนที่ใช้ในการลวกมีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางส่วนที่ไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้จึงเป็นผลให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากรากบัวทั้งสองชนิดมีค่าลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puupponen-Pimia et al., 2003 พบว่ากะหล่ำดอกที่ผ่านกระบวนการลวก % Antioxidant activity ลดลงถึง 23% จากค่าเริ่มต้น และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากรากบัวทั้งสองชนิด พบมากที่สุดในการสกัดโดยการแช่รากบัวสดในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ $62.30 \pm 1.79\%$ และ $60.29 \pm 1.01\%$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (% Antioxidant activity) ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิดริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิดริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	% Antioxidant activity (รากบัวชัวเถา)		% Antioxidant activity (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	44.35 ± 5.58 ^c	41.67 ± 2.89 ^c	40.94 ± 0.01 ^c	36.53 ± 2.93 ^c
0.05	47.39 ± 1.17 ^b	43.33 ± 5.22 ^b	42.29 ± 0.57 ^b	39.92 ± 1.02 ^b
0.1	62.30 ± 1.79 ^a	53.16 ± 0.01 ^a	60.29 ± 1.01 ^a	44.67 ± 0.58 ^a

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.4.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากรากบัวในตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากรากบัวสดชัวเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิดริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองพบว่าในกระบวนการสกัดสารละลายจากรากบัวทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกและแช่ในสารละลายกรดซิดริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร พบว่าปริมาณกรดซิดริกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนที่ละลายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการแช่รากบัวในสารละลายกรดซิดริกมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดเพราะสารละลายกรดซิดริกมีผลไปทำลายโครงสร้างบางส่วนของโปรตีน ทำให้โปรตีนบางส่วนละลายออกมา และเมื่อทำการเปรียบเทียบกระบวนการลวกและไม่ลวกในทุกๆ ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิดริกพบว่ารากบัวที่ผ่านกระบวนการลวกมีค่าโปรตีนที่ละลายได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งสารละลายสกัดจากรากบัวสดชัวเถา และคุณหมิง แสดงให้เห็นว่าความร้อนมีผลทำให้โปรตีนบางส่วนตกตะกอนดังนั้นค่าโปรตีนที่ละลายได้จึงมีค่าลดลง และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง พบมากที่สุดในการแช่รากบัวสดในสารละลาย กรดซิดริก ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและ

ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้เท่ากับ 0.40 ± 0.11 และ 0.47 ± 0.01 มิลลิกรัม BSA/สารละลาย 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในในสารละลายสกัดจากรากบัวสดชั้วเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100°C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	โปรตีนที่ละลายได้ (มิลลิกรัม BSA/สารละลาย 1 มิลลิลิตร) (รากบัวชั้วเถา)		โปรตีนที่ละลายได้ (มิลลิกรัม BSA/สารละลาย 1 มิลลิลิตร) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	0.31 ± 0.01^c	0.26 ± 0.05^c	0.38 ± 0.02^c	0.35 ± 0.04^c
0.05	0.37 ± 0.04^b	0.29 ± 0.29^b	0.41 ± 0.01^b	0.37 ± 0.02^b
0.1	0.40 ± 0.11^a	0.31 ± 0.30^a	0.47 ± 0.01^a	0.42 ± 0.08^a

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.4.4 วิเคราะห์ค่า pH ในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์ค่า pH ในสารละลายสกัดจากรากบัว จากตารางที่ 4.9 แสดงค่า pH ของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100°C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองพบว่าในสกัดสารละลายจากรากบัวชั้วเถา และคุณหมิง ทั้งผ่านกระบวนการลวกและไม่ลวกค่า pH มีค่าลดลงลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการลวกและไม่ลวกพบว่า กระบวนการลวกมีผลทำให้ค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกของรากบัวทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า pH ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และ คุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ค่า pH (รากบัวชัวเถา)		ค่า pH (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	6.62 ± 0.03 ^a	6.82 ± 0.02 ^a	6.65 ± 0.02 ^a	6.87 ± 0.02 ^a
0.05	6.42 ± 0.03 ^b	6.76 ± 0.01 ^b	6.44 ± 0.02 ^b	6.75 ± 0.06 ^b
0.1	6.30 ± 0.04 ^c	6.65 ± 0.02 ^c	6.32 ± 0.05 ^c	6.48 ± 0.05 ^c

^{a,b,c} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.4.5 วิเคราะห์องค์ประกอบในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากรากบัวจากตารางที่ 4.10 แสดงค่าองค์ประกอบของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และ คุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองพบว่ารากบัวที่ไม่ผ่านกระบวนการลวก รากบัวคุณหมิงมีค่าองค์ประกอบของสารละลายสกัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก แต่รากบัวชัวเถาค่าองค์ประกอบที่ผ่านกระบวนการลวกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการลวกและไม่ลวกของรากบัวทั้งสองชนิดพบว่าเมื่อผ่านกระบวนการลวกค่าองค์ประกอบของสารละลายสกัดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ผ่านกระบวนการลวก

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าองศาบริกซ์ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถา และคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	องศาบริกซ์ (รากบัวชัวเถา)		องศาบริกซ์ (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	1.00 ± 0.01 ^c	2.00 ± 0.12 ^c	1.00 ± 0.67 ^a	1.60 ± 0.14 ^a
0.05	1.20 ± 0.75 ^b	1.80 ± 0.03 ^b	1.00 ± 0.09 ^a	1.40 ± 0.22 ^b
0.1	1.40 ± 0.03 ^a	1.60 ± 0.35 ^a	1.00 ± 0.57 ^a	1.20 ± 0.04 ^c

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.4.6 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในสารละลายสกัดจากรากบัว (Crude fiber) จากตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองพบว่าปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากรากบัวทั้งสองชนิดทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก โดยในสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถามีใยอาหารอยู่ในช่วง 0.13 ± 0.01 ถึง 0.15 ± 0.01 กรัม/ 100 มิลลิลิตรของสารละลายสกัด และรากบัวคุณหมิงมีปริมาณใยอาหารอยู่ที่ 0.07 ± 0.02 ถึง 0.14 ± 0.01 กรัม/ 100 มิลลิลิตรของสารละลายสกัด ทั้งนี้ปริมาณของใยอาหารที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการวิเคราะห์ ถ้าบางตัวอย่างทำการล้างตะกอนออกไม่หมด หรือตะกอนติดอยู่ที่กระดาษกรองปริมาณมาก อาจจะมีผลต่อการสูญเสียของใยอาหาร

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซัลฟิวริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ใยอาหาร (กรัม/ 100 มิลลิลิตร สารละลายสกัด) (รากบัวชั้วเถา)		ใยอาหาร (กรัม/ 100 มิลลิลิตร สารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
	0	0.13 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.01 ^a
0.05	0.15 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.01 ^b
0.1	0.14 ± 0.05 ^{ab}	0.14 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.02 ^b

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.4.7 วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสารละลายสกัดจากรากบัว

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณ คอปเปอร์ ของสารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซัลฟิวริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	คอปเปอร์ (มิลลิกรัม/ ลิตร สารละลายสกัด) (รากบัวชั้วเถา)		คอปเปอร์ (มิลลิกรัม/ ลิตร สารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
	0	0.01 ± 0.01 ^b	0.08 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a
0.05	0.08 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^b	0.08 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.01 ^a
0.1	0.07 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.01 ^a

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณ โปแตสเซียม ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	โปแตสเซียม (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวชัวเถา)		โปแตสเซียม (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	7.00 ± 0.01 ^b	7.51 ± 0.01 ^b	7.07 ± 0.04 ^a	7.54 ± 0.10 ^b
0.05	7.23 ± 0.06 ^a	7.65 ± 0.01 ^a	7.00 ± 0.01 ^a	7.35 ± 0.07 ^c
0.1	7.23 ± 0.06 ^a	7.46 ± 0.01 ^c	7.08 ± 0.01 ^a	7.75 ± 0.01 ^a

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณ ซิงค์ ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ซิงค์ (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวชัวเถา)		ซิงค์ (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	0.80 ± 0.01 ^b	0.84 ± 0.01 ^b	0.80 ± 0.01 ^a	0.95 ± 0.01 ^a
0.05	0.90 ± 0.01 ^a	0.90 ± 0.01 ^a	0.64 ± 0.02 ^c	0.91 ± 0.02 ^b
0.1	0.75 ± 0.02 ^c	0.77 ± 0.01 ^c	0.75 ± 0.01 ^b	0.82 ± 0.03 ^c

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณ เหล็ก ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซिटริก ที่ระดับระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่าน กระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซिटริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	เหล็ก (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวชัวเถา)		เหล็ก (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
	0	0.06 ± 0.01 ^c	0.03 ± 0.02 ^c	0.18 ± 0.01 ^a
0.05	0.08 ± 0.01 ^b	0.09 ± 0.01 ^b	0.05 ± 0.02 ^b	0.03 ± 0.01 ^c
0.1	0.14 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.03 ^a	0.04 ± 0.03 ^b	0.05 ± 0.01 ^b

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณ แมงกานีส ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง ที่แช่ใน สารละลาย กรดซिटริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่าน กระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซिटริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	แมงกานีส (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวชัวเถา)		แมงกานีส (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
	0	0.02 ± 0.01 ^c	0.04 ± 0.01 ^c	0.01 ± 0.01 ^b
0.05	0.05 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.03 ^b	0.01 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.01 ^b
0.1	0.04 ± 0.01 ^b	0.10 ± 0.07 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^a

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณ แคลเซียม ของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	แคลเซียม (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวชัวเถา)		แคลเซียม (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด) (รากบัวคุณหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
	0	6.46 ± 0.02 ^b	6.54 ± 0.10 ^c	7.30 ± 0.02 ^a
0.05	6.91 ± 0.01 ^a	6.65 ± 0.03 ^b	6.20 ± 0.02 ^c	6.05 ± 0.02 ^c
0.1	6.46 ± 0.01 ^b	8.15 ± 0.01 ^a	7.17 ± 0.03 ^b	6.45 ± 0.03 ^b

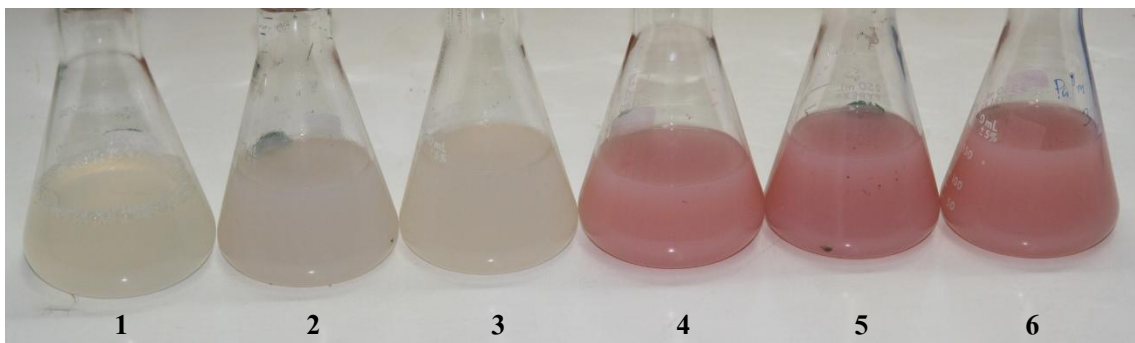
^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสารละลายสกัดจากรากบัว จากการทดลองพบว่าสารละลายสกัดทั้งจากรากบัวชัวเถาและคุณหมิง มีปริมาณแร่ธาตุ โพแทสเซียม และ แคลเซียม สูงที่สุด ตามลำดับ ซึ่งในสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาที่แช่ในกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที มีปริมาณ โพแทสเซียม อยู่ที่ 7.00 ± 0.01 ถึง 7.65 ± 0.01 มิลลิกรัม/ ลิตร สารละลายสกัด และสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิงมีปริมาณ 7.00 ± 0.01 ถึง 7.75 ± 0.01 มิลลิกรัม/ ลิตร สารละลายสกัด ซึ่งสารละลายสกัดทั้งสองชนิดเมื่อผ่านกระบวนการลวกส่งผลให้ปริมาณ โพแทสเซียม มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และในสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถามีปริมาณ แคลเซียม อยู่ที่ 6.46 ± 0.01 ถึง 8.15 ± 0.01 มิลลิกรัม/ ลิตรของสารละลายสกัด และที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตรของกรดซิตริก และผ่านกระบวนการลวกของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถามีปริมาณของ แคลเซียม สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิงมีปริมาณแคลเซียมอยู่ที่ 6.05 ± 0.02 ถึง 7.30 ± 0.02 มิลลิกรัม/ ลิตร สารละลายสกัดซึ่งโพแทสเซียม จะช่วยลดความดันโลหิตสูงและ ยังควบคุมปริมาณของเหลวภายในเซลล์ (Siddhuraju และ Becker, 2001) นอกจากนี้ในสารละลายสกัดจากรากบัวยังมีเหล็ก ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Talwar et al., 1989) และช่วยในการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ขณะที่ แมงกานีส และ ซิงค์ ช่วยป้องกันโรคที่เกิดกับกล้ามเนื้อหัวใจ ความ

เสื่อมของกล้ามเนื้อ ผมร่วง โรคผิวหนัง ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การเสื่อมของฮอร์โมนเพศ และภาวะเลือดออกผิดปกติ (Chaturvedi et al., 2004)

4.4.8 วิเคราะห์ค่าสีในสารละลายสกัดจากรากบัว

การวิเคราะห์ค่าสีในสารละลายสกัดจากรากบัวสดแช่ในสารละลาย กรดซिटริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที



รูปที่ 4.4 แสดงสีของสารละลายสกัดจากรากบัวสดแช่

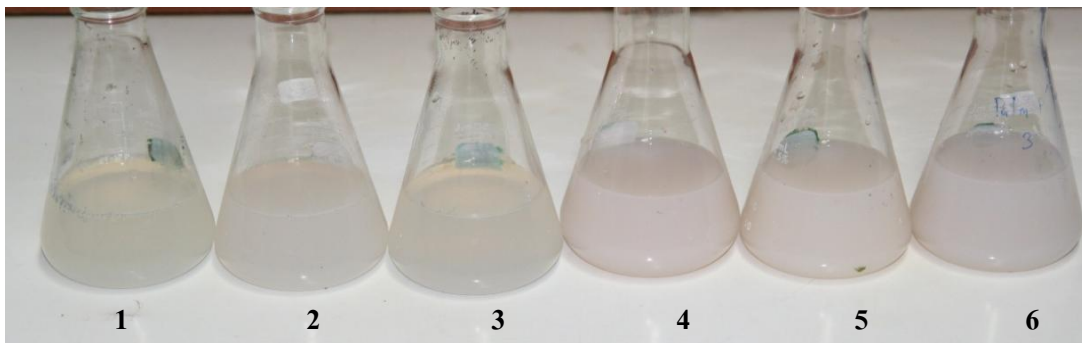
หมายเหตุ :

1 = 0% สารละลายกรดซिटริก	} ไม่ลวก	4 = 0% สารละลายกรดซिटริก	} ลวก
2 = 0.05% สารละลายกรดซिटริก		5 = 0.05% สารละลายกรดซिटริก	
3 = 0.1% สารละลายกรดซिटริก		6 = 0.1% สารละลายกรดซिटริก	

จากตารางที่ 4.18 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากรากบัวสดแช่ในสารละลาย กรดซिटริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองพบว่าสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ในสารละลาย กรดซिटริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และไม่ผ่านกระบวนการลวก มีค่าสีของสารละลายสกัดจากรากบัว ค่า a^* ในช่วงค่าลบ และ ค่า b^* ในช่วงค่าบวก แสดงให้เห็นถึงสีของสารละลายสกัดมีลักษณะสีขาวค่อนข้างใส และ เมื่อผ่านกระบวนการลวกค่าสีของสารละลายสกัดมีค่า a^* ในช่วงค่าบวก และ ค่า b^* ในช่วงค่าลบ แสดงให้เห็นสารละลายสกัดจากรากบัวมีลักษณะสีชมพูซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.4 ซึ่งจากการวัดค่าสีพบว่า การลวกรากบัวสดแช่ก่อนทำการสกัดสารละลายจากรากบัวมีผลต่อค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากรากบัวสดชั้วเถา ที่แช่ในสารละลาย กรดซिटริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซिटริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ค่าสี (ไม่ลวก)			ค่าสี (ลวก)		
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
0	31.72±0.02	-0.19±0.05	0.52 ± 0.05	38.30 ± 0.01	2.27 ± 0.01	-2.71 ± 0.01
0.05	30.87±1.54	-0.11±0.20	0.02 ± 0.28	38.17 ± 0.04	2.31 ± 0.04	-3.12 ± 0.03
0.1	31.64±0.05	-0.11± 0.05	0.56 ± 0.01	36.79 ± 0.03	1.88 ± 0.01	-2.86 ± 0.05



รูปที่ 4.5 แสดงสีของสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิง

หมายเหตุ :

1 = 0% สารละลายกรดซิทริก	} ไม่ลวก	4 = 0% สารละลายกรดซิทริก	} ลวก
2 = 0.05% สารละลายกรดซิทริก		5 = 0.05% สารละลายกรดซิทริก	
3 = 0.1% สารละลายกรดซิทริก		6 = 0.1% สารละลายกรดซิทริก	

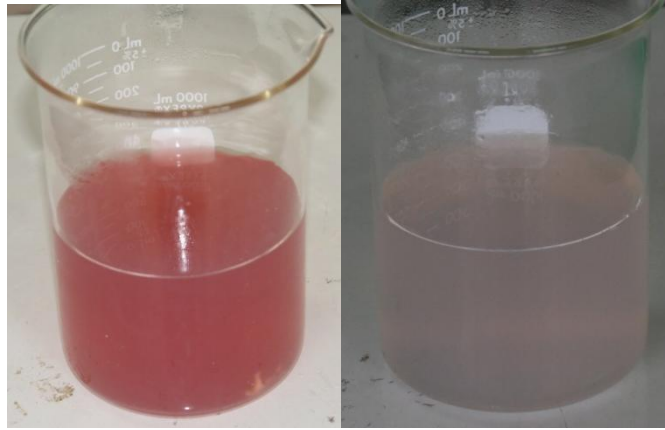
การวิเคราะห์ค่าสีในสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิทริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากตารางที่ 4.19 แสดง ค่าสีของสารละลายสกัดจากรากบัวคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิทริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากผลการทดลองพบว่าสารละลายสกัดที่แช่ในสารละลาย กรดซิทริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และไม่ผ่านกระบวนการลวก มีค่าสีของสารละลายสกัด ค่า a*

ในช่วงค่าลบ และ ค่า b^* ในช่วงค่าบวก แสดงให้เห็นถึงสีของสารละลายสกัดมีลักษณะสีขาวค่อนข้างใส และ เมื่อผ่านกระบวนการลวกค่าสีของสารละลายสกัดมีค่า a^* ในช่วงค่าลบ และ ค่า b^* ในช่วงค่าลบ แสดงให้เห็นว่าสารละลายสกัดมีลักษณะสีขาวขุ่นซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.5 จากผลการวัดค่าสีพบว่าการลวกรากบัวสดคุณหมิงก่อนทำการสกัดสารละลายจากรากบัวไม่มีผลต่อค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดรากบัวคุณหมิง ที่แช่ในสารละลาย กรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

สารละลาย กรดซิตริก (น้ำหนัก/ ปริมาตร)	ค่าสี (ไม่ลวก)			ค่าสี (ลวก)		
	ค่า L^*	ค่า a^*	ค่า b^*	ค่า L^*	ค่า a^*	ค่า b^*
0	31.26 ± 0.01	-0.16 ± 0.01	0.24 ± 0.01	41.36 ± 0.01	-1.07 ± 0.01	-5.90 ± 0.01
0.05	32.75 ± 0.05	-0.17 ± 0.02	0.27 ± 0.05	42.67 ± 0.04	-1.37 ± 0.01	-5.71 ± 0.01
0.1	31.72 ± 0.01	-0.16 ± 0.01	0.25 ± 0.01	40.08 ± 0.01	-1.08 ± 0.01	-5.91 ± 0.01

เมื่อเปรียบเทียบรากบัวสองชนิด รากบัวชัวเถาและคุณหมิงพบว่าการลวกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายสกัดจากรากบัวชัวเถาที่มีลักษณะสีชมพูขุ่น แต่ในขณะที่รากบัวคุณหมิงไม่เปลี่ยนเฉดสี เพียงแต่เปลี่ยนจากสีขาวใสเป็นสีขาวขุ่น จากรูปที่ 4.6 แสดงสีของน้ำที่เกิดจากการลวกรากบัวชัวเถา (ภาพซ้าย) และรากบัวคุณหมิง (ภาพขวา) จะเห็นได้ว่าน้ำที่เกิดจากการลวกรากบัวชัวเถามีลักษณะเป็นสีชมพู-แดง และน้ำจากการลวกรากบัวคุณหมิงมีลักษณะขาวใส แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันในการลวกทั้งสองชนิด



รูปที่ 4.6 แสดงสีของน้ำที่เกิดจากการลวกรากบัวชั้วเถา (ภาพซ้าย) และรากบัวคุณหมิง (ภาพขวา)

4.5 ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

ในการศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว วัตถุประสงค์ที่ใช้เป็นเมล็ดบัวแห้งจึงต้องทำการแช่ เพื่อให้เมล็ดบัวนุ่มพองตัวออกและทำให้เนื้อเมล็ดบัวอ่อนตัวลงเนื่องจากน้ำที่ดูดซึมเข้าไปส่งผลให้สะดวกในการตีปั่นและกรอง แต่อย่างไรก็ตามในการแช่เป็นเวลานานจะมีผลต่อการสูญเสียของแข็งที่ละลายได้ เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และแร่ธาตุ ดังนั้นในการทดลองจึงทำการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัวโดยวิธีแช่เมล็ดบัว 4 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับ สกัดโดยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที เพื่อลดเวลาในการแช่ และเพื่อป้องกันการสูญเสียของแข็งที่ละลายได้

4.5.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว จากตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัด โดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการวิเคราะห์พบว่า การสกัดสารละลายด้วยวิธีสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าความร้อนที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางส่วนที่ไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้

ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรด แกลติก/ ลิตรสารละลายสกัด)
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	111.17 ± 2.14 ^a
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	103.76 ± 2.13 ^b

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.5.2 วิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในสารละลายสกัดจากน้ำเมล็ดบัว

การวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (% Antioxidant activity) ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว ในตารางที่ 4.21 แสดงค่าคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลองพบว่า การสกัดสารละลายด้วยวิธีสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที มีผลทำให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ลดลง จึงทำให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	% Antioxidant activity
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	80.39 ± 0.84 ^a
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	58.33 ± 2.23 ^b

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.5.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวจากตารางที่ 4.22 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลองพบว่า วิธีการสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาทีมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าความร้อนมีผลทำให้โปรตีนบางส่วนตกตะกอนดังนั้นค่าโปรตีนที่ละลายได้จึงมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.22 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (มิลลิกรัม BSA/ 1 มิลลิลิตรสารละลายสกัด)
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	2.85 ± 0.12 ^a
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	2.33 ± 0.69 ^b

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.5.4 วิเคราะห์ค่า pH ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

วิเคราะห์ค่า pH ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวในตารางที่ 4.23 แสดงค่า pH ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลองพบว่าวิธีการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัวจากทั้งสองวิธีค่า pH ของสารละลายสกัดมีค่าแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.00 ± 0.10 ถึง 7.11 ± 0.10

ตารางที่ 4.23 แสดง pH ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	pH
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	7.11 ± 0.10 ^a
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	7.00 ± 0.10 ^a

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.5.5 วิเคราะห์ค่าองศาบริกซ์ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว จากตารางที่ 4.24 แสดงค่าองศาบริกซ์ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลองพบว่าวิธีการสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายสกัดมากกว่าวิธีการสกัดแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าวิธีการแช่น้ำในการสกัดส่งผลต่อของแข็งที่ละลายน้ำได้เช่นคาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุต่างๆ

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าองศาบริกซ์ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	องศาบริกซ์
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	0.46 ± 0.05 ^b
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	1.13 ± 0.10 ^a

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.5.6 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

ตารางที่ 4.25 แสดงปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	ใยอาหาร (กรัม / 100 มิลลิลิตรสารละลายสกัด)
แช่ที่อุณหภูมิ 4°C	0.08 ± 0.02 ^b
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	0.10 ± 0.01 ^a

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C และสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลองการสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาทีส่งผลให้ปริมาณใยอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว มีค่าสูงกว่าการสกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.5.7 วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว จากตารางที่ 4.26 และ 4.27 แสดงปริมาณแร่ธาตุ คอปเปอร์ โพแทสเซียม ซิงค์ เหล็ก แมงกานีส และแคลเซียม ในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว ที่สกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากการทดลองพบว่าในสารละลายสกัดพบปริมาณ โพแทสเซียม มากที่สุดและวิธีการสกัดโดยแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมงให้ปริมาณ โพแทสเซียม มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 7.74 ± 0.12 มิลลิกรัม/ ลิตร สารละลายสกัด เมื่อเทียบกับสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที และมีปริมาณของแคลเซียมรองลงมา ซึ่งวิธีการสกัดโดยสกัดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที ให้ปริมาณแคลเซียมมากกว่าเมื่อเทียบกับ สกัดโดยแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 3.56 ± 0.05 มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด

ตารางที่ 4.26 แสดงปริมาณแร่ธาตุ คอปเปอร์ โพแทสเซียม และ ซิงค์ ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	แร่ธาตุ (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด)		
	คอปเปอร์	โพแทสเซียม	ซิงค์
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	0.05 ± 0.01 ^a	7.74 ± 0.12 ^a	0.32 ± 0.03 ^a
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	0.02 ± 0.01 ^b	7.47 ± 0.01 ^b	0.21 ± 0.01 ^b

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ตารางที่ 4.27 แสดงปริมาณแร่ธาตุ เหล็ก แมงกานีส และแคลเซียม ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด	แร่ธาตุ (มิลลิกรัม/ ลิตรสารละลายสกัด)		
	เหล็ก	แมงกานีส	แคลเซียม
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4°C	0.06 ± 0.01 ^b	0.45 ± 0.02 ^b	2.52 ± 0.06 ^b
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	0.21 ± 0.02 ^a	0.50 ± 0.02 ^a	3.56 ± 0.05 ^a

^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

4.5.8 วิเคราะห์ค่าสีในสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว

การวิเคราะห์ค่าสีในสารละลายสกัดจากรากบัว จากตารางที่ 4.28 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากผลการทดลองพบว่าค่าสีของสารละลายสกัดจากวิธีการสกัดทั้งสองวิธีมี ค่า a* ในช่วงค่าลบ และ ค่า b* ในช่วงค่าลบ แสดงให้เห็นว่าสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวมีลักษณะสีขาวขุ่น ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง (ภาพซ้าย) และสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที (ภาพขวา)

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

วิธีการสกัด ค่าสี	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C	45.97 ± 0.17	-2.88 ± 0.03	-4.91 ± 0.04
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	51.61 ± 0.97	-3.26 ± 0.04	-3.80 ± 0.04

4.6 วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว ในการวิเคราะห์ได้นำวิธีการสกัดที่ให้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญที่คงเหลืออยู่ในปริมาณมากที่สุดทั้งจากรากและเมล็ด เพื่อนำสารละลายสกัดที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งวิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวที่คัดเลือกคือ สารละลายสกัดจากรากบัวชั้วเถาที่แช่ในกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที แต่วิธีนี้ให้สารละลายสกัดที่มีสีขาวขุ่น แต่วิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวชั้วเถาที่แช่ในกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที ให้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญรองลงมาจากสูตรแรกและมีสีชมพูของสารละลายที่น่าเป็นที่ยอมรับ จึงนำทั้งสองสูตรมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและ

เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป ส่วนสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่เลือกมาทำการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารคือ สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง เพื่อให้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญที่คงเหลืออยู่ในปริมาณมากที่สุด ซึ่งสารละลายสกัดทั้งจากรากและเมล็ดบัวมีองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายสกัดดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว (กรัม / 100 มิลลิลิตร ของสารละลายสกัด)

องค์ประกอบทางเคมี	เมล็ดบัว ปริมาณ (กรัม)	รากบัวชั้วเถา/ไม่ลวก ปริมาณ (กรัม)	รากบัวชั้วเถา/ลวก ปริมาณ (กรัม)
ไขมันทั้งหมด (Total Fat)	0.13 ± 0.06	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total Carbohydrate)	5.25 ± 0.05	3.32 ± 0.01	3.28 ± 0.02
โปรตีน (Protein)	0.30 ± 0.06	0.04 ± 0.05	0.05 ± 0.02
ปริมาณกากใย (Crude fiber)	0.08 ± 0.05	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.01
เถ้า (Ash)	0.02 ± 0.01	0.002 ± 0.00	0.001 ± 0.01
ความชื้น (Moisture)	94.20 ± 0.10	96.45 ± 0.05	96.48 ± 0.05

4.7 ศึกษาความคงตัวของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว

ในการศึกษาความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากรากบัวสดชั้วเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากตารางที่ 4.30 สารละลายสกัดจากรากบัวทั้งชั้วเถา และคุณหมิงที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และผ่านกระบวนการลวกส่งผลให้ค่าความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากรากบัว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ลวก แสดงให้เห็นว่าการลวกมีผลต่อความคงตัว (%T) ของน้ำสารละลายสกัดจากรากบัว ในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก เนื่องจากในรากบัวมีใยอาหารในปริมาณสูงทั้งเส้น

ใยที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ทำให้กระบวนการลวกมีผลต่อโครงสร้างของเส้นใย สังเกตได้จากเมื่อเวลาผ่านไปสารละลายสกัดจะตกตะกอนลงมา ในการประยุกต์ใช้สารละลายสกัดในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถปรับปรุงความคงตัวของสารละลายสกัดโดยใช้ร่วมกับสารเสริมความคงตัว ซึ่งจากสารละลายสกัดของรากบัวมีอนุภาคเป็นประจุลบ ดังนั้นเมื่อใส่สารเสริมความคงตัวที่มีอนุภาคประจุลบเช่นกัน เช่น CMC, แคลคิน หรือ แซนแทนกัม จะเพิ่มแรงผลัทางไฟฟ้า (electrostatic repulsive charge) ระหว่างอนุภาคของไฮโดรคอลลอยด์ (สารเสริมความคงตัว) กับอนุภาคของสารละลายสกัด จึงสามารถป้องกันการจับตัวของอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในสารละลายสกัดจากรากบัวไม่ให้รวมตัวกันตกตะกอน หรือสามารถกระจายตัวแขวนลอยอยู่ได้ (Yamasaki et al., 1964)

ตารางที่ 4.30 แสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากรากบัวสดชั่วเวลา แลคูนหมิง ที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที

ระดับความเข้มข้น (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ความคงตัว (%T) (รากบัวชั่วเวลา)		ความคงตัว (%T) (รากบัวคูนหมิง)	
	ไม่ลวก	ลวก	ไม่ลวก	ลวก
0	50.08 ± 0.24 ^c	30.91 ± 0.31 ^c	45.50 ± 1.18 ^c	27.17 ± 0.07 ^c
0.05	61.07 ± 0.21 ^b	32.09 ± 0.70 ^b	56.41 ± 0.23 ^b	31.96 ± 0.18 ^b
0.1	65.77 ± 0.12 ^a	36.85 ± 0.65 ^a	71.60 ± 1.13 ^a	33.11 ± 0.25 ^a

^{a,b,c} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

ในการศึกษาความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที จากตารางที่ 4.31 วิธีการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัวโดยวิธี แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง ส่งผลให้ความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที เนื่องจากโครงสร้างของเมล็ดบัวส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตการใช้ความร้อนในการสกัดส่งผลให้แบ่งในเมล็ดบัวเกิดการพองตัวและสุก ดังนั้นเมื่อเย็นตัวลงจะไม่เกิดการรวมตัวกันและตกตะกอน แต่วิธีการสกัดโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงมีคุณค่าทางอาหารและ

สารสำคัญที่คงเหลืออยู่ในปริมาณมากกว่าจึงเหมาะที่จะนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นจึงสามารถปรับปรุงความคงตัวของสารละลายสกัดโดยใช้ร่วมกับสารเสริมความคงตัวเช่นเดียวกับ สารละลายสกัดจากรากบัว

ตารางที่ 4.31 แสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง และ สกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที

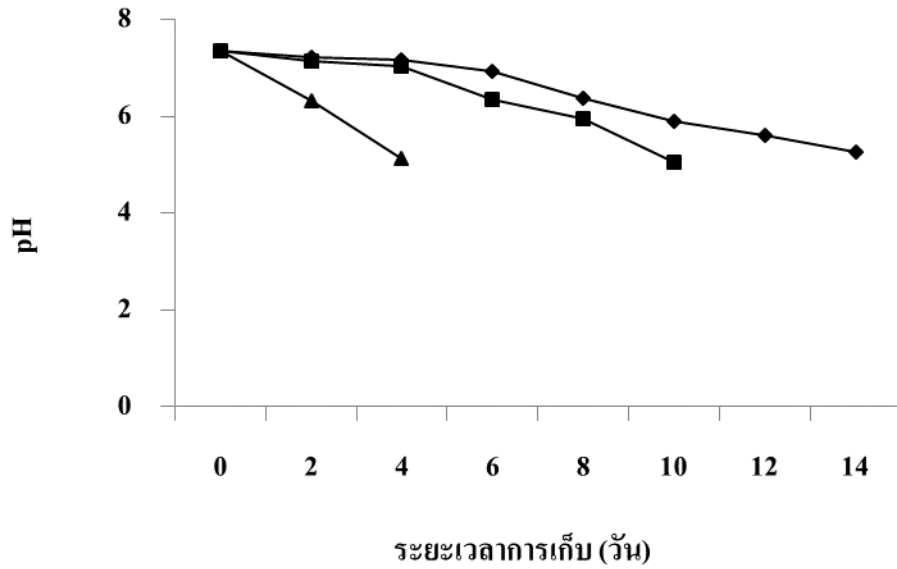
วิธีการสกัด	ความคงตัว (%T)
แช่ที่อุณหภูมิ 4 °C	22.81 ± 0.02
สกัดน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C	31.51 ± 0.01

^{a bc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

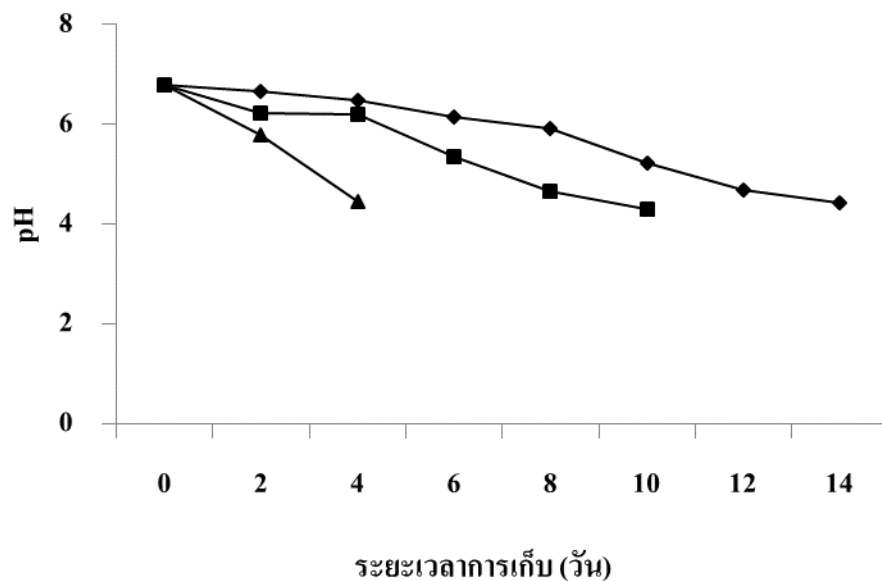
4.8 ศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว

การศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว ในการศึกษาได้นำวิธีการสกัดที่ให้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญที่คงเหลืออยู่ในปริมาณมากที่สุดทั้งจากรากและเมล็ด เพื่อนำสารละลายสกัดที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งวิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวที่คัดเลือกคือ สารละลายสกัดจากรากบัวชั่วเถาที่แช่ในกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที แต่วิธีนี้ให้สารละลายสกัดที่มีสีขาวขุ่น แต่วิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวชั่วเถาที่แช่ในกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที ให้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญรองลงมาจากสูตรแรกและมีสีชมพูของสารละลายที่น่าเป็นที่ยอมรับ จึงนำทั้งสองสูตรมาทำการศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดและเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป ส่วนสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่เลือกคือ สกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง เพราะให้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญที่คงเหลืออยู่ในปริมาณมากที่สุด โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัส ในการทดสอบบรรจุในบรรจุภัณฑ์พลาสติกขวดเพ็ท (PET) ขนาด

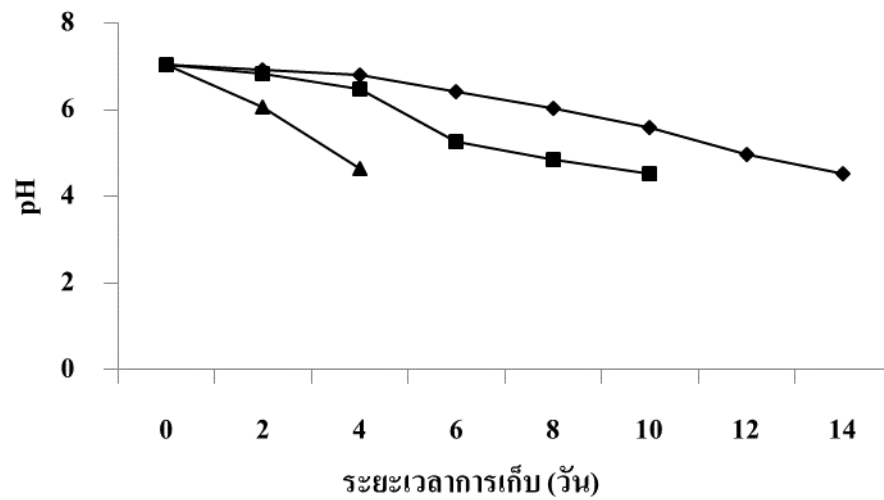
350 มิลลิลิตร และนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่เก็บไว้ในสภาวะดังกล่าวทุก 2 วัน มาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ, ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 4.8 กราฟแสดง pH ของสารละลายสกัดเมล็ดบัวโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงที่ และเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

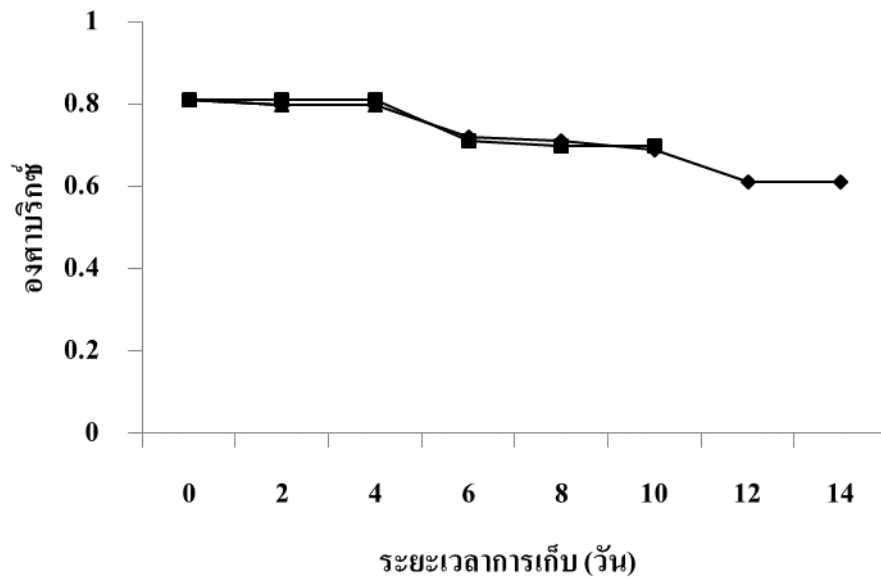


รูปที่ 4.9 กราฟแสดง pH ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

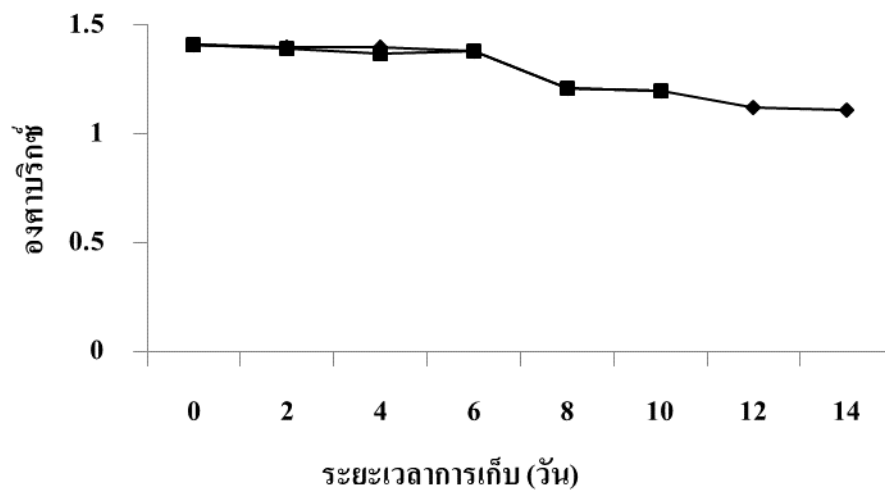


รูปที่ 4.10 กราฟแสดง pH ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

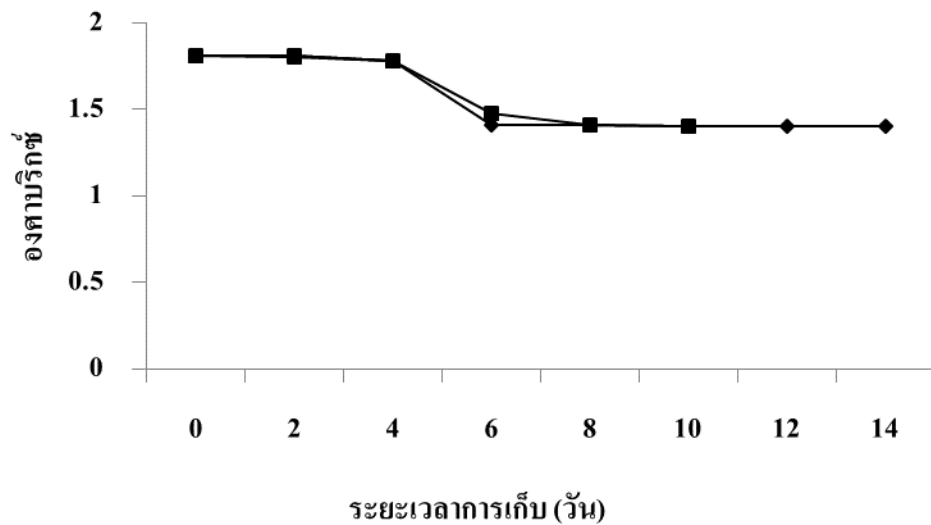
การวิเคราะห์ค่า pH ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และสารละลายสกัดจากรากบัวที่สกัดโดยแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซิตริก โดยทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลองรูปที่ 4.8 ถึง 4.10 สารละลายสกัดจากเมล็ดบัว และจากรากบัวทั้งสองวิธีการสกัดมีค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น และยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นค่า pH ยิ่งมีค่าต่ำลงเร็วมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บมีผลต่อค่า pH ของสารละลายสกัด ซึ่งค่า pH ที่มีค่าต่ำลงสาเหตุมาจากสารละลายสกัดเริ่มมีการเสื่อมเสีย สังเกตได้จากรูปที่ 4.24 ค่า pH ที่ต่ำลงมีผลในการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยเฉพาะในสารละลายสกัดรากบัวที่สกัดโดยแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซิตริก โดยผ่านและกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที ค่าสีดังรูปที่ 4.34 และ 4.35 ค่า a^* มีค่าลดลง และค่า b^* ความเป็นลบน้อยลง แสดงให้เห็นว่าสีชมพูของสารละลายสกัดจากรากบัวมีสีออกในโทนสีส้มซึ่งเห็นได้ชัดเจนโดยเฉพาะที่เก็บที่อุณหภูมิ 24°C ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่ต่ำลง แสดงให้เห็นถึงการเสื่อมเสียของสารละลายสกัด



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงองศาบริกซ์ ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว โดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงที่ และเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

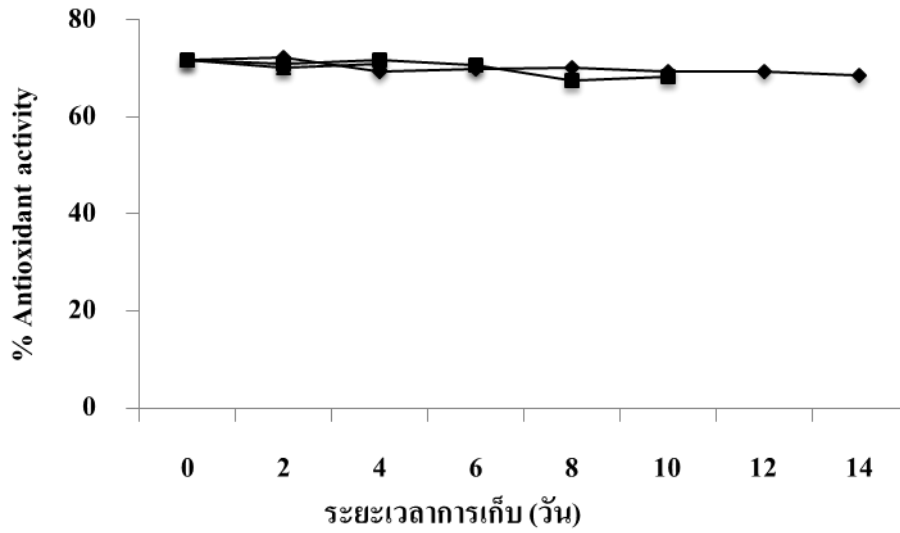


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงองศาบริกซ์ ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

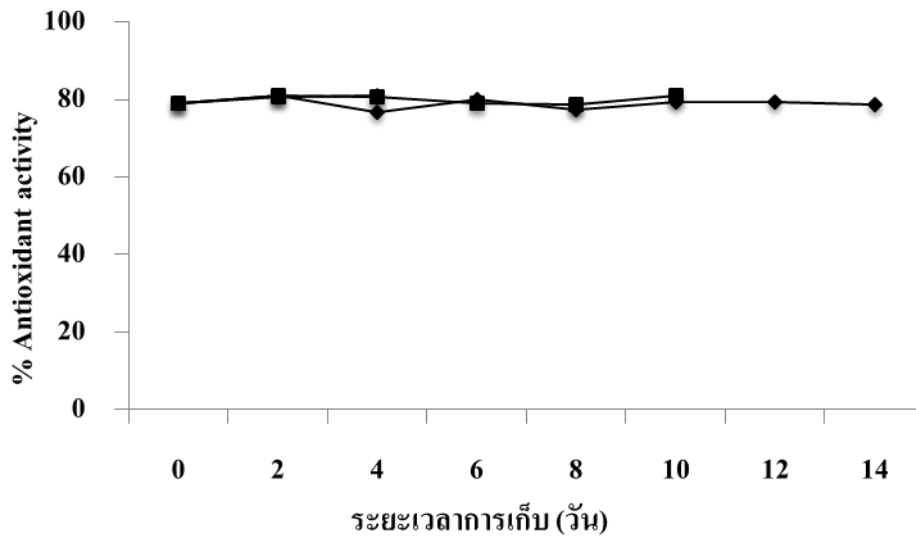


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงองศาบริกซ์ ของสารละลายสกัดรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

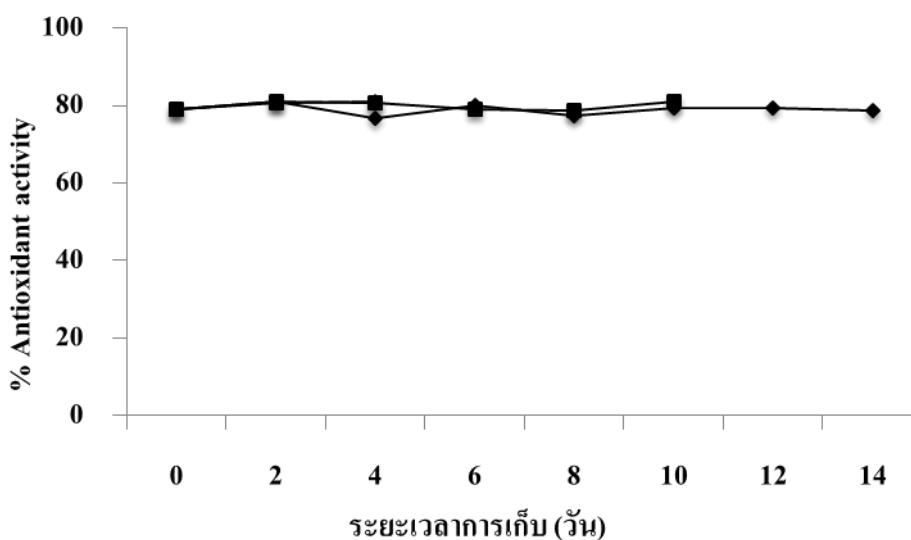
การวิเคราะห์ค่าองศาบริกซ์ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และสารละลายสกัดจากรากบัวที่สกัดโดยแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซिटริก โดยทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลองรูปที่ 4.11 ถึง 4.13 สารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและจากรากบัวทั้งสองวิธีการสกัดมีค่าองศาบริกซ์ ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ ตลอดจนอายุการเก็บ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บที่สูงขึ้น ไม่มีผลต่อค่าองศาบริกซ์ แต่เมื่ออายุการเก็บมากขึ้นค่าองศาบริกซ์ของสารละลายสกัดทั้งจากเมล็ดบัวและรากบัวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อค่าองศาบริกซ์ ของสารละลายสกัดทั้งจากเมล็ดบัว และรากบัว สาเหตุที่ค่าองศาบริกซ์ (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) ของสารละลายสกัดมีค่าที่ลดลงเนื่องมาจากการตกตะกอนของสารละลายสกัดเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น การตกตะกอนทำให้ความสามารถของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง



รูปที่ 4.14 กราฟแสดง % Antioxidant activity ของสารละลายสัคคิเมตัสบั่วโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงที่และเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C

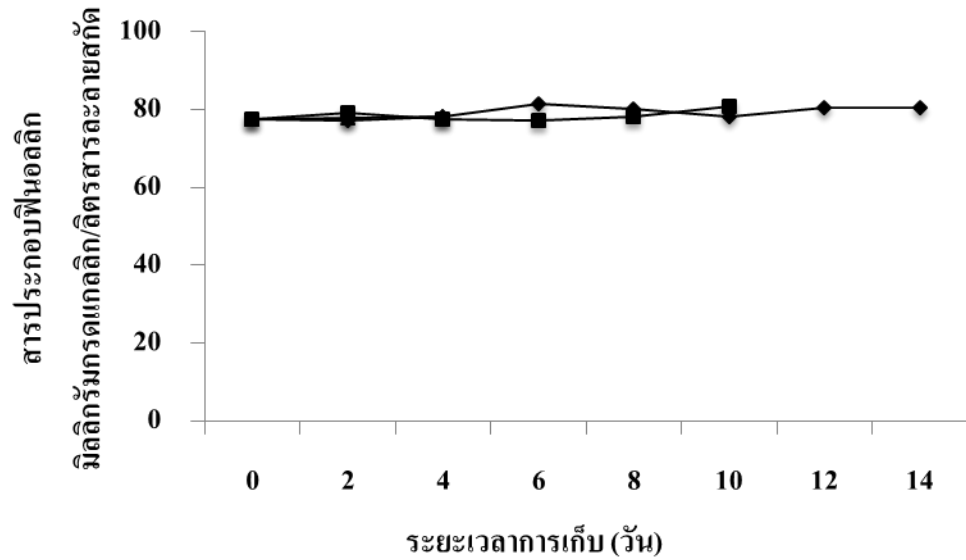


รูปที่ 4.15 กราฟแสดง % Antioxidant activity ของสารละลายสัคคิรากบั่ว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C

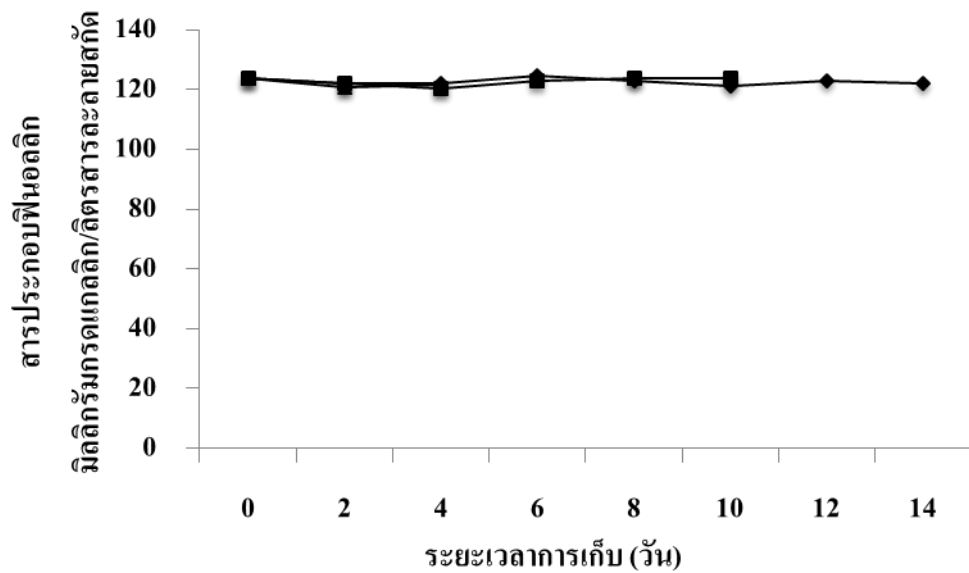


รูปที่ 4.16 กราฟแสดง % Antioxidant activity ของสารละลายสกัดจากบ๊วย ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

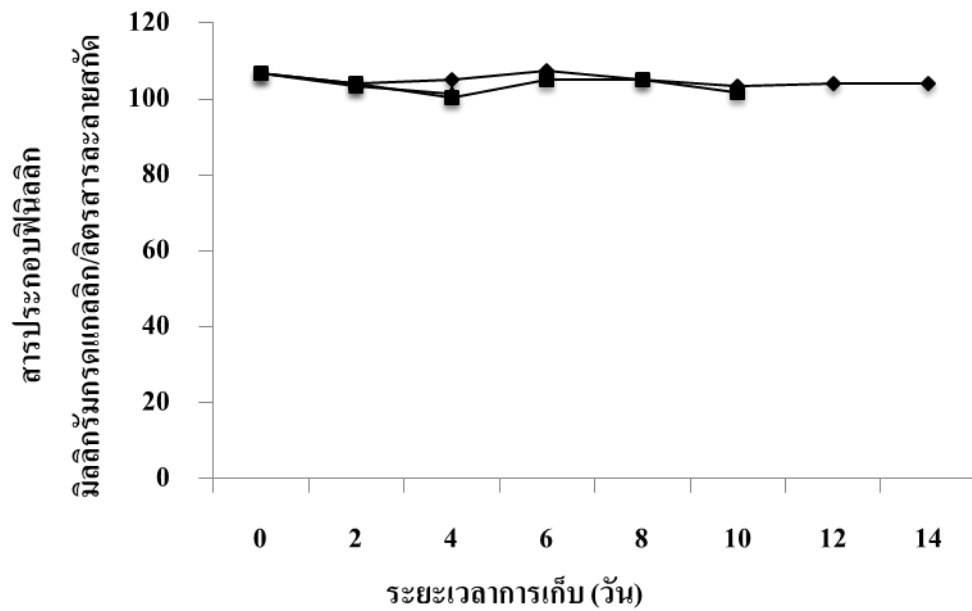
การวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดจากเมล็ดบ๊วยที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และสารละลายสกัดจากบ๊วยที่สกัดโดยแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซิตริก โดยทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จาก % Antioxidant activity จากผลการทดลองรูปที่ 4.14 ถึง 4.16 % Antioxidant activity ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบ๊วยจากบ๊วยทั้งสองวิธีการสกัดมีค่าแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นและอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บไม่มีผลต่อค่า % Antioxidant activity ของสารละลายสกัด ทำให้เมื่อนำสารละลายสกัดไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้สามารถรักษาคงสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระไว้ได้ทั้งเก็บในอุณหภูมิตู้เย็น และอุณหภูมิห้อง แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบแค่ระยะเวลาการเก็บ 2 สัปดาห์ ถ้าศึกษาระยะเวลาการเก็บมากกว่านี้ เป็นเวลาหลายเดือนจนถึงปีอาจจะมีผลต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดที่ลดลงได้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงสารประกอบพินอลติกของสารละลายสกัดแบคทีเรีย *S. mutans* โดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงที่ และเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

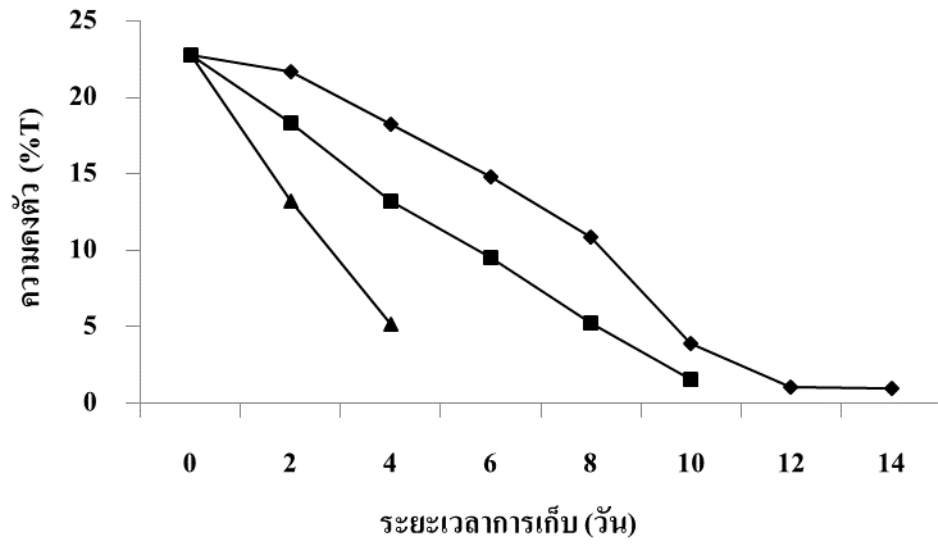


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงสารประกอบพินอลติกของสารละลายสกัดราสบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซัคทริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

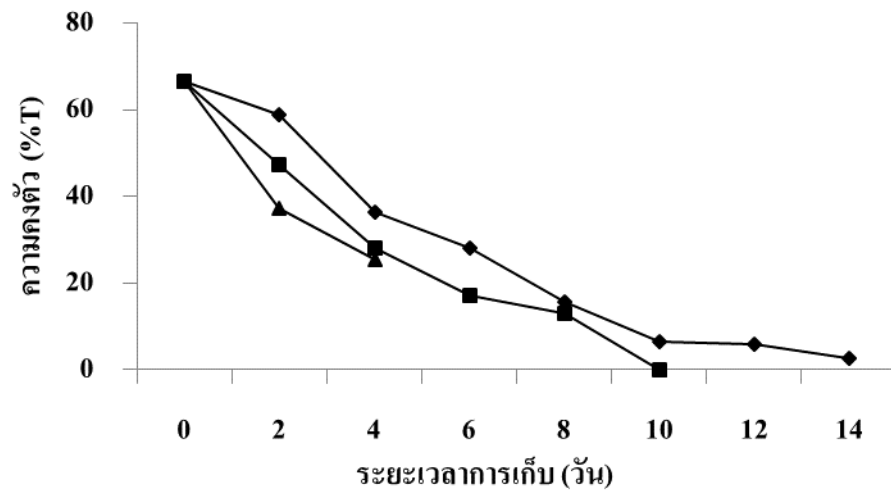


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงสารประกอบพินอลิกของสารละลายสกัดจากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆ อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲ อุณหภูมิ 24°C

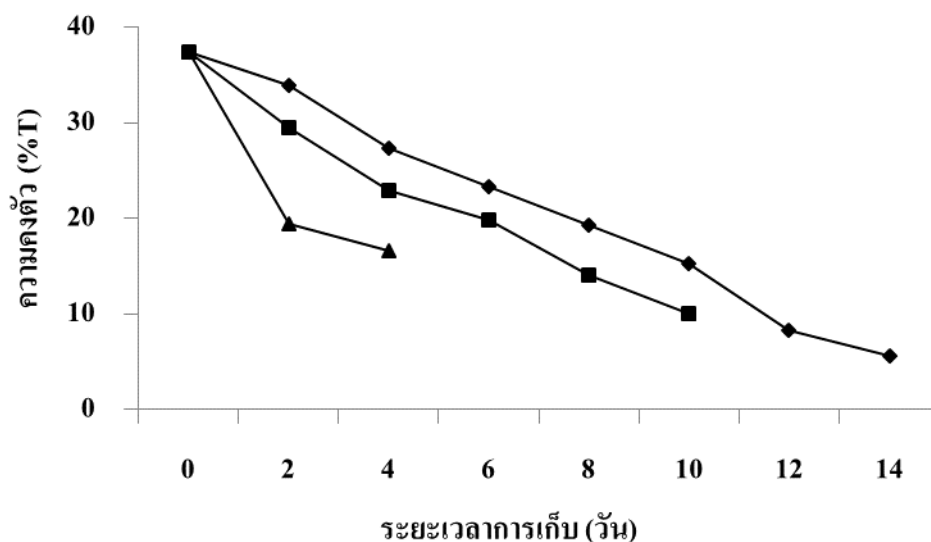
การวิเคราะห์สารประกอบพินอลิกของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และสารละลายสกัดจากรากบัวที่สกัดโดยแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซิตริก โดยทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลอง รูปที่ 4.17 ถึง 4.19 สารประกอบพินอลิกของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวจากรากบัวทั้งสองวิธีการสกัดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น และอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บไม่มีผลต่อค่า สารประกอบพินอลิกของสารละลายสกัด ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่กล่าวมาในขั้นต้น เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นและอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้นสารละลายสกัดทั้งจากรากบัวและรากบัวทั้งสองวิธีการสกัดสามารถรักษาสารประกอบพินอลิกของสารละลายสกัดให้คงอยู่ได้ ดังนั้นคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสกัดก็จะคงอยู่เช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว โดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมงที่ และเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซिटริก โดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ \blacklozenge อุณหภูมิ 4°C, \blacksquare อุณหภูมิ 14°C และ \blacktriangle อุณหภูมิ 24°C

การวิเคราะห์ความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และสารละลายสกัดจากรากบัวที่สกัดโดยแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซिटริก โดยทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลองรูปที่ 4.20 ถึง 4.22 ค่าความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดทั้งจากเมล็ดบัวและรากบัว จากสองวิธีการสกัดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บมากขึ้นและอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บและอุณหภูมิมีผลต่อความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัด ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นความคงตัวของสารละลายสกัดยิ่งลดลง เห็นได้จากรูปที่ 4.24 การตกตะกอนของสารละลายสกัดของเมล็ดบัวและรากบัว ที่ อุณหภูมิ 24 °C วันที่ 4 ดังนั้นในการประยุกต์ใช้สารละลายสกัดในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถปรับปรุงความคงตัวของสารละลายสกัดโดยใช้ร่วมกับสารเสริมความคงตัว เช่น CMC, แพลคติน หรือ แซนแทนกัม ที่สามารถป้องกันการจับตัวของอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในสารละลายสกัดจากรากบัวไม่ให้รวมตัวกันตกตะกอน หรือสามารถกระจายตัวแขวนลอยอยู่ได้ (Yamasaki et al., 1964)



รูปที่ 4.23 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง (ซ้าย) สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก (กลาง) และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก (ขวา) ที่ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C วันที่ 0



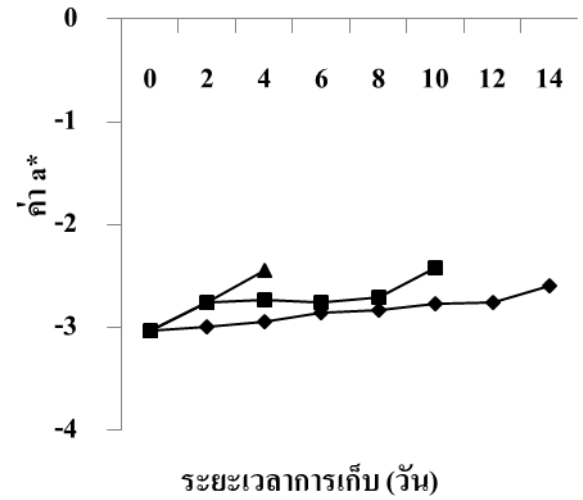
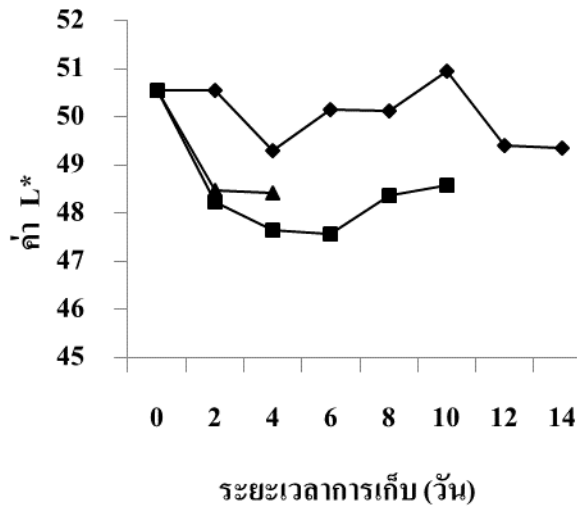
รูปที่ 4.24 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง (ซ้าย) สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก (กลาง) และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก (ขวา) ที่ อุณหภูมิ 24 °C วันที่ 4



รูปที่ 4.25 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง (ซ้าย) สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก (กลาง) และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก (ขวา) ที่ อุณหภูมิ 14 °C วันที่ 10

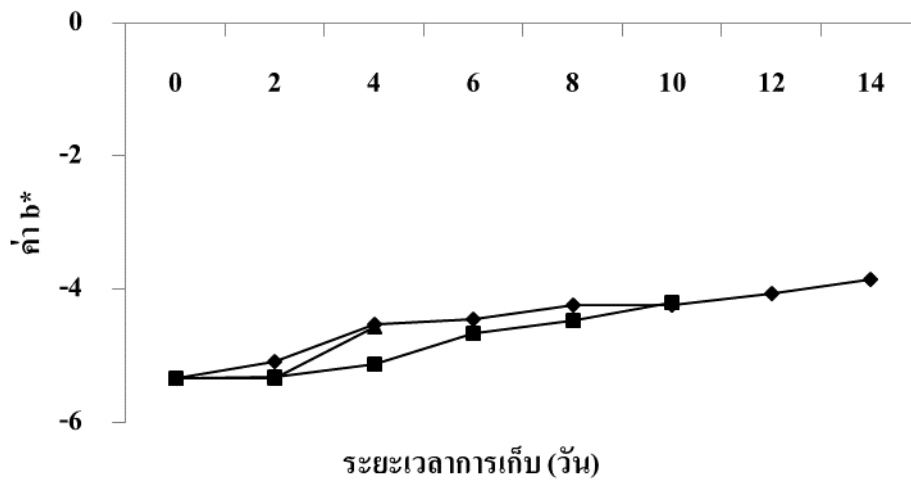


รูปที่ 4.26 สีของสารละลายสกัดเมล็ดบัวสกัดโดยแช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง (ซ้าย) สารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก (กลาง) และสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก (ขวา) ที่ อุณหภูมิ 4 °C วันที่ 14



รูปที่ 4.27 กราฟ ค่า L* ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว
ที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง โดยเก็บไว้ ◆อุณหภูมิ
4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C

รูปที่ 4.28 กราฟ ค่า a* ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว
ที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง โดยเก็บไว้ ◆อุณหภูมิ
4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C

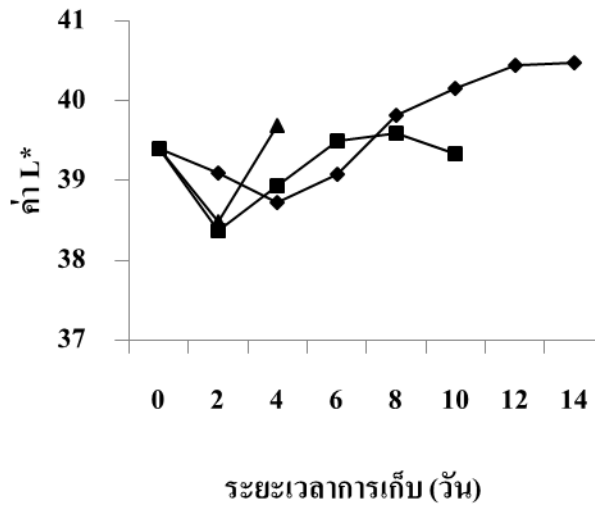


รูปที่ 4.29 กราฟ ค่า b* ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว ที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 4 °C 3
ชั่วโมง โดยเก็บไว้ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C

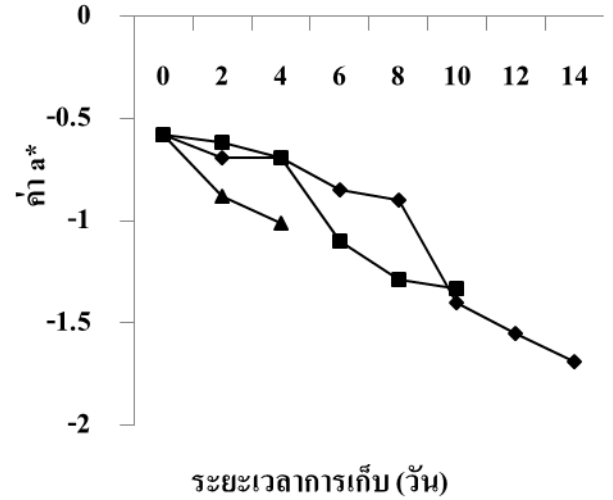
การวิเคราะห์ค่าสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และ ทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลองรูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่า L^* ของสารละลายสกัดเมล็ดบัว มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น และอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าสารละลายสกัดเมล็ดบัวยังคงมีสีขาว และจากรูปที่ 4.28 และ 4.29 ค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มค่าความเป็นลบน้อยลงเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นแสดงให้เห็นว่าสีของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่ออกโทนเขียวขุ่นมีสีที่จางลงดังรูปที่ 4.26 เปรียบเทียบกับสีเริ่มต้นดังรูปที่ 4.23 ซึ่งสาเหตุมาจากการเริ่มตกตะกอนของสารละลายจึงทำให้เกิดการแยกชั้นสีจึงจางลง

การวิเคราะห์ค่าสีของสารละลายสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการ ลวกและทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลองรูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่า L^* ของสารละลายสกัดรากบัว มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นและอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าสารละลายสกัดรากบัวยังคงมีสีขาว และจากรูปที่ 4.31 และ 4.32 ค่า a^* และ b^* ของสารละลายสกัดจากรากบัวมีแนวโน้มค่าความเป็นลบที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุ การเก็บมากขึ้นแสดงให้เห็นว่าสีของสารละลายสกัดเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นขาวใสเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น

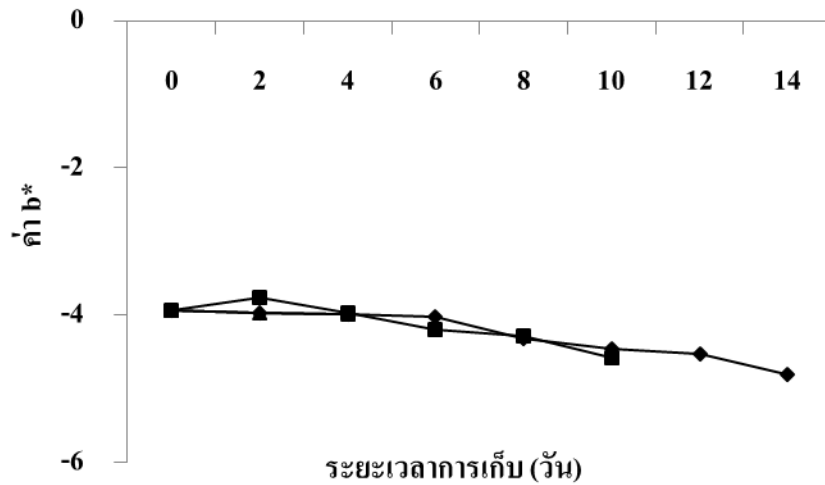
การวิเคราะห์ค่าสีของสารละลายสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการ ลวก และทำการศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C จากผลการทดลองรูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่า L^* ของสารละลายสกัดรากบัว มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นและอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้น แต่รูปที่ 4.34 ค่า a^* ของสารละลายสกัดมีค่าที่ลดลงและรูปที่ 4.35 ค่า b^* ของสารละลายสกัดมีค่าความเป็นลบที่ลดลงแสดงให้เห็นถึงว่าเมื่อเก็บในระยะเวลาเวลานานขึ้นและ อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูที่จางลง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บมีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงค่าสีซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.24 ถึง 4.26 เปรียบเทียบกับสีเริ่มต้น ในรูปที่ 4.23 และสอดคล้อง กับค่า pH ที่กล่าวมาในขั้นต้นคือสีเริ่มเปลี่ยนเมื่อค่า pH ของสารละลายสกัดมีค่าที่ลดลง



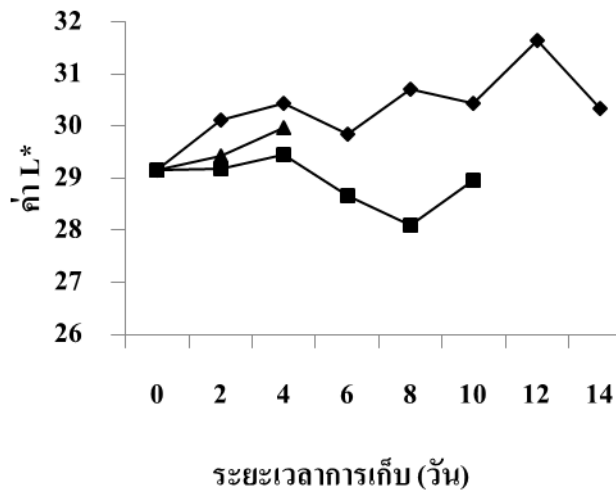
รูปที่ 4.30 กราฟค่า L* ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C



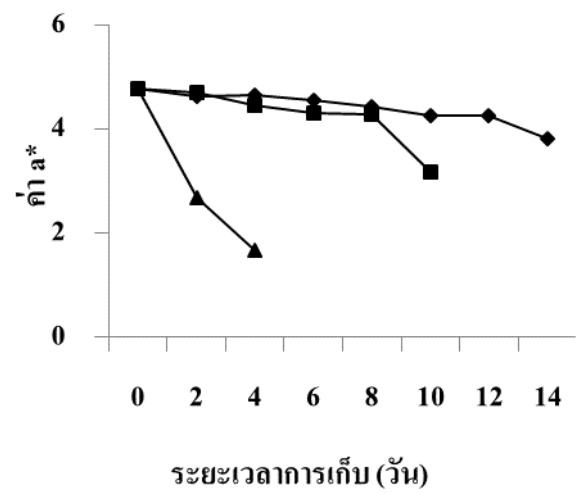
รูปที่ 4.31 กราฟค่า a* ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C



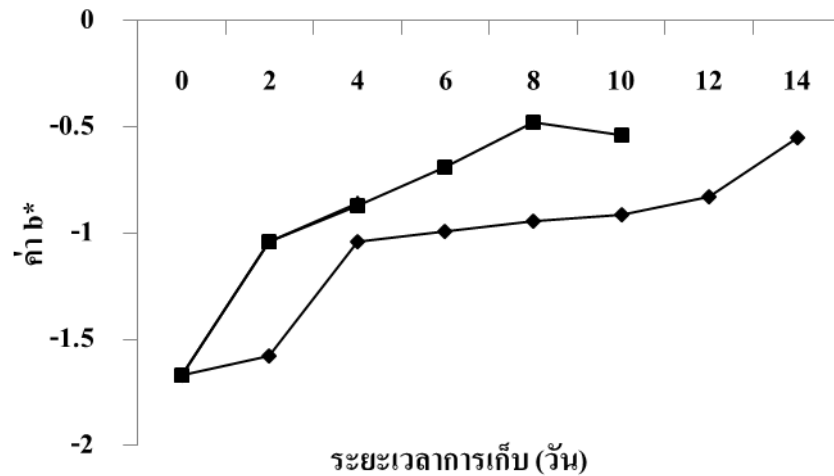
รูปที่ 4.32 กราฟค่า b* ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■ อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C



รูปที่ 4.33 กราฟค่า L* ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C



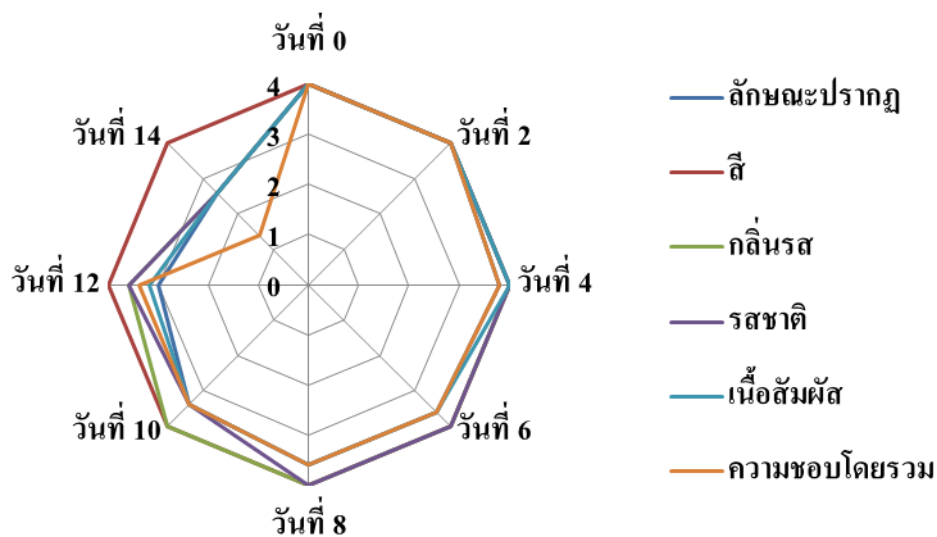
รูปที่ 4.34 กราฟค่า a* ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C



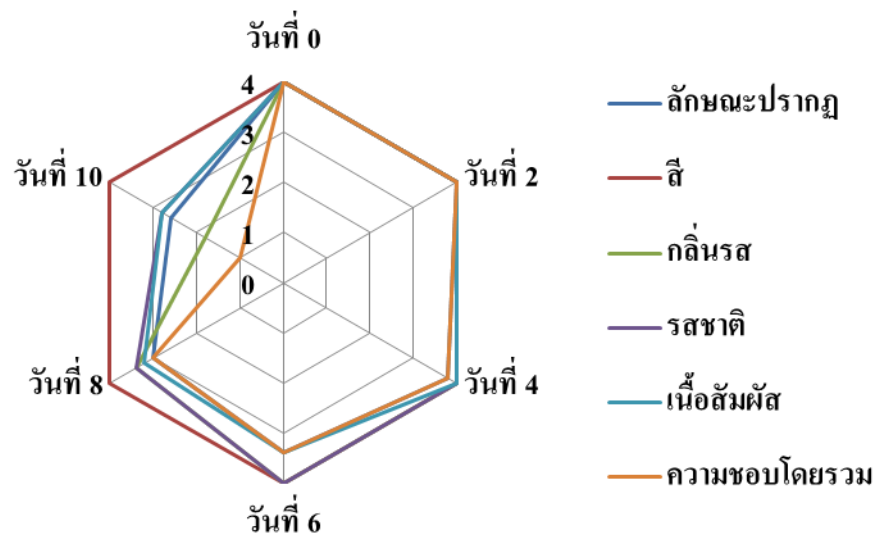
รูปที่ 4.35 กราฟค่า b* ของสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวกและเก็บไว้ที่ ◆อุณหภูมิ 4°C, ■อุณหภูมิ 14°C และ ▲อุณหภูมิ 24°C

การวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัวโดยนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 °C ของการศึกษาอายุการเก็บ ในการทดสอบ มี 4 ระดับในการตัดสินดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1) โดยคะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่า 3 และไม่มีใครให้ 1

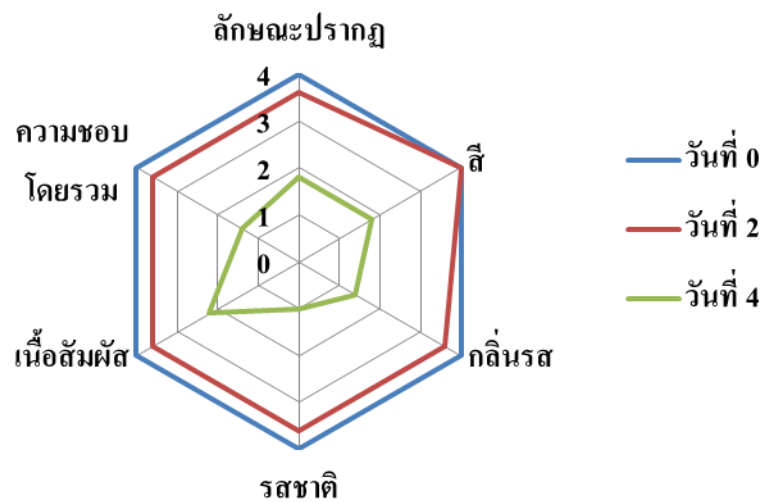
จากการทดสอบคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน ดังรูปที่ 4.36 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ถึงวันที่ 12 เพราะวันที่ 14 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 และในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ 4 คะแนนจนถึงวันที่ 14 ของอายุการเก็บ ส่วนคะแนนการยอมรับของสารละลายสกัดเมล็ดบัวที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C ในรูปที่ 4.37 การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 8 เพราะวันที่ 14 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 แต่ในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ 4 คะแนนจนถึงวันที่ 14 ของอายุการเก็บ และคะแนนการยอมรับของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C ดังรูปที่ 4.38 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 2 เพราะวันที่ 4 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 ในทุกด้านของการยอมรับ



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน

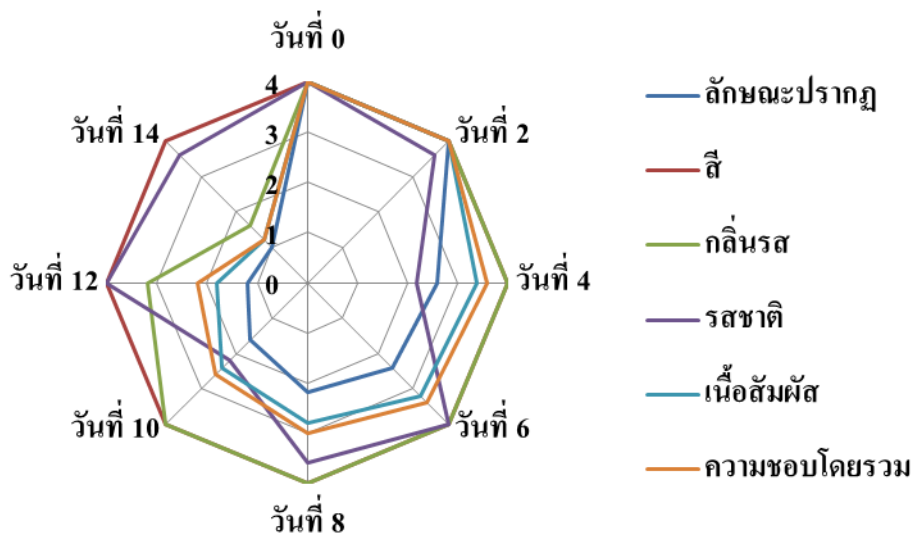


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว
ที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 14 วัน

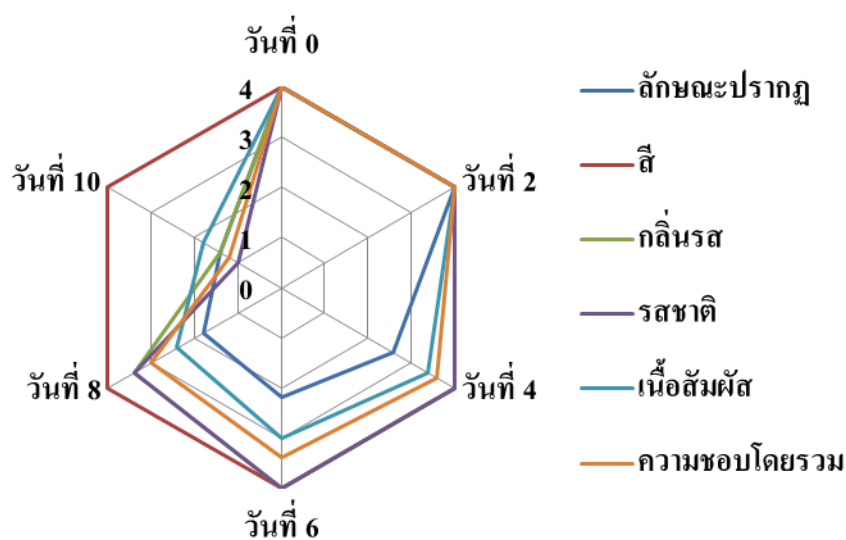


รูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว
ที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 14 วัน

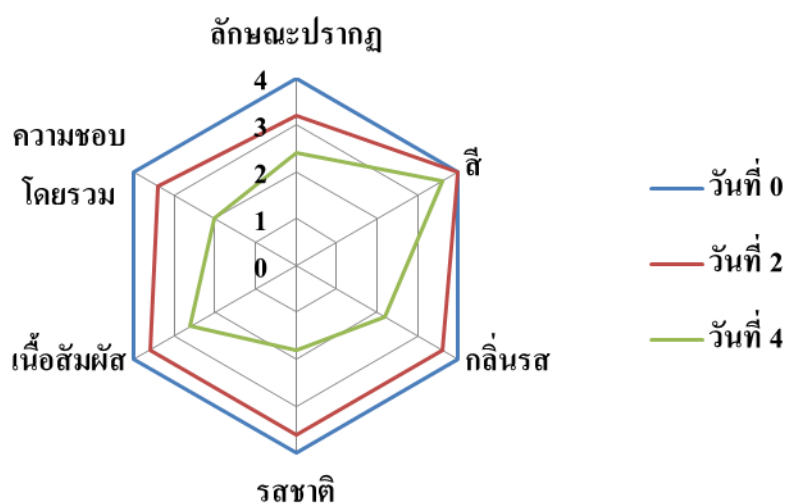
จากการทดสอบคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน ดังรูปที่ 4.39 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, ถึงวันที่ 2 เพราะวันที่ 4 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 ในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ให้การยอมรับถึงวันที่ 8 ด้านกลิ่นรสและรสชาติให้การยอมรับถึงวันที่ 12 และในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ 4 คะแนนจนถึงวันที่ 14 ของอายุการเก็บ ส่วนคะแนนการยอมรับของสารละลายสกัดจากรากบัวที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C ในรูปที่ 4.40 การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 2 ด้านเนื้อสัมผัสให้การยอมรับถึงวันที่ 6 ด้านกลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวมให้การยอมรับถึงวันที่ 8 และในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ 4 คะแนนจนถึงวันที่ 14 ของอายุการเก็บ และคะแนนการยอมรับของสารละลายสกัดจากรากบัวที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C ดังรูปที่ 4.41 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 2 เพราะวันที่ 4 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 แต่ในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ มากกว่า 3 คะแนนจนถึงวันที่ 14 ของอายุการเก็บ



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน

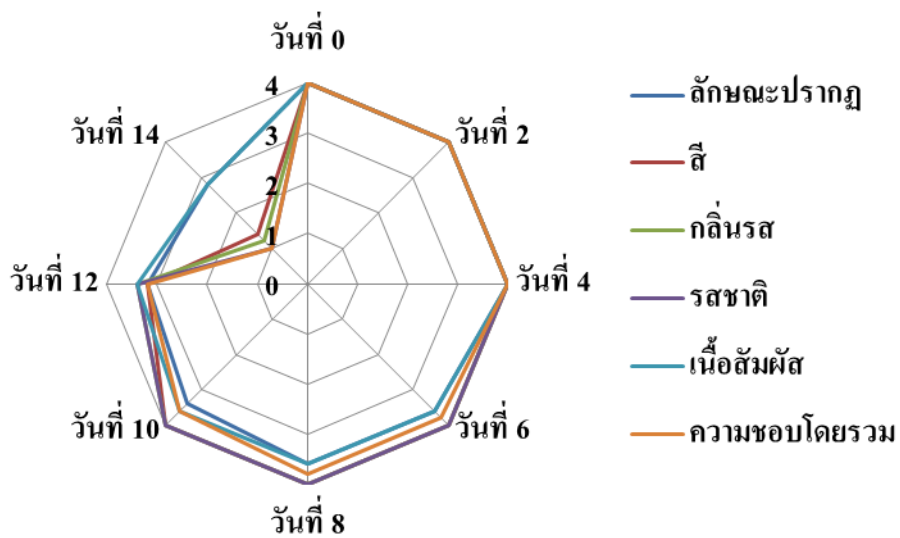


รูปที่ 4.40 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 14 วัน

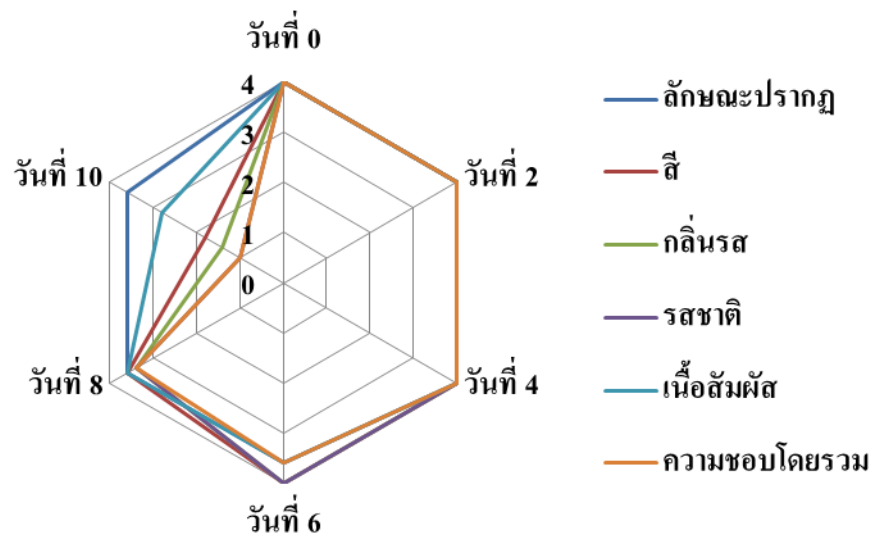


รูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัว ที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยไม่ผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 14 วัน

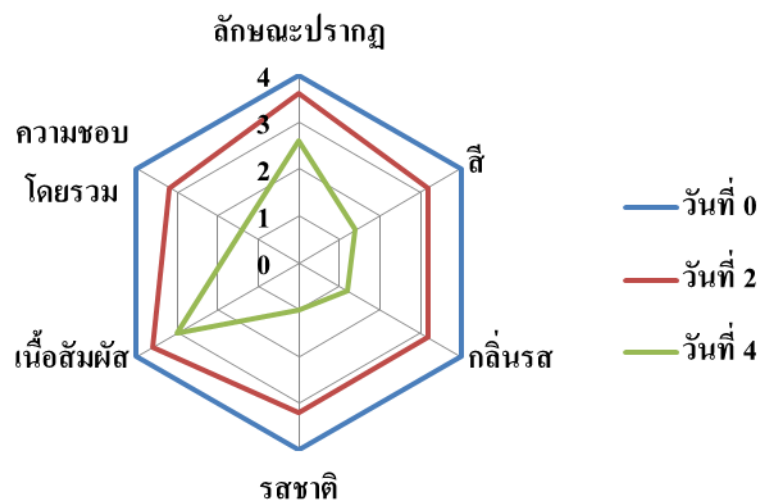
จากการทดสอบคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน ดังรูปที่ 4.42 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 12 เพราะวันที่ 14 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 ส่วนคะแนนการยอมรับของสารละลายสกัดจากรากบัวที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C ในรูปที่ 4.43 คะแนนการยอมรับในด้าน กลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 8 เพราะวันที่ 10 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 แต่ในด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ มากกว่า 3 คะแนนจนถึงวันที่ 10 ของอายุการเก็บ และคะแนนการยอมรับของสารละลายสกัดจากรากบัวที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C ดังรูปที่ 4.44 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ, กลิ่นรส, รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 2 เพราะวันที่ 4 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า 3 แต่ในด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ มากกว่า 3 คะแนนจนถึงวันที่ 4 ของอายุการเก็บ



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก โดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการลวก ที่เก็บในอุณหภูมิ 24 °C เป็นเวลา 14 วัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหาวิธีที่ดีที่สุดในการสกัดสารละลายจากเมล็ดและรากของบัวหลวง เพื่อให้ได้คุณค่าทางอาหารและสารสำคัญมากที่สุด โดยในการศึกษาได้ใช้วัตถุดิบคือเมล็ดบัวแห้งและรากบัวสดที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นจึงต้องเริ่มจากทำการศึกษาปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในวัตถุดิบ ศึกษาการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของรากบัวสดที่มีผลต่อสารประกอบฟีนอลิก และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงเมื่อทำการสกัดสารละลาย ศึกษากระบวนการทำสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัวจากนั้นคัดเลือกวิธีการสกัดที่ดีที่สุด โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี นอกจากนี้ยังวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว ศึกษาความคงตัวของสารละลายสกัดตลอดจนศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัวเพื่อเป็นข้อมูลในการนำสารละลายสกัดไปใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพต่อไป

การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบว่าในรากบัวสดจากผลการทดลองพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงทำให้เวลาปลอดเปลือกรากบัวทิ้งไว้ผิวของรากบัวสดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วทำให้สารประกอบฟีนอลิกมีค่าลดลงและส่งผลให้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย ดังนั้นก่อนทำการสกัดสารละลายจึงต้องเลือกรากบัวจึงต้องทำการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพื่อรักษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดและยังคงอยู่ในสารละลายสกัด จากผลการทดลองเมื่อนำรากบัวสดแช่และคั้นหึ่งมาแช่ในสารละลาย กรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.05 และ 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที จากการวิเคราะห์ค่า L^* ของรากบัวสามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้โดยเปรียบเทียบจากค่า L^* ที่มีค่าสูงกว่ารากบัวที่ไม่ผ่านการลวกและไม่แช่ในสารละลายกรดซิตริก ดังนั้นกระบวนการแช่สารละลายกรดซิตริกและกระบวนการลวกสามารถควบคุมสารประกอบฟีนอลิกในรากบัวสดให้คงอยู่ได้

การศึกษาวิธีการสกัดสารละลายจากรากบัว และเมล็ดบัว วิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวและเมล็ดบัวที่ดีที่สุดคือสกัดโดยวิธีแช่ในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% น้ำหนัก/ปริมาตร โดยไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และสารละลายสกัดจากเมล็ดบัววิธีที่ดีที่สุดคือสกัดโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระให้คงเหลืออยู่ในสารละลายสกัดได้มากที่สุด และยังพบปริมาณแร่ธาตุ โพแทสเซียม และแคลเซียม สูงที่สุดในสารละลายสกัดจากรากและเมล็ดบัว โดยโพแทสเซียมมีประโยชน์คือ ช่วยลดความดันโลหิตสูง และยังสามารถควบคุมปริมาณของเหลวภายในเซลล์ ส่วนแคลเซียมมีหน้าที่ทำให้โครงสร้างของกระดูกและฟัน

การศึกษาความคงตัวของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว สารละลายสกัดจากรากบัวที่ผ่านกระบวนการลวกส่งผลให้ค่าความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากรากบัว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ลวกในทุกๆความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก และวิธีการสกัดสารละลายจากเมล็ดบัวโดยวิธี แช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่าความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัว มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสกัดโดยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 2 นาที ดังนั้นในการประยุกต์ใช้สารละลายสกัดในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถปรับปรุงความคงตัวของสารละลายสกัดโดยใช้ร่วมกับสารเสริมความคงตัวเพื่อสามารถป้องกันการจับตัวของอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในสารละลายสกัดไม่ให้รวมตัวกันตกตะกอน หรือสามารถกระจายตัวแขวนลอยอยู่ได้

การศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและรากบัว ในการศึกษาได้นำวิธีการสกัดสารละลายจากรากบัวชั้วเถาที่แช่ในกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที และสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง มาทำการศึกษา จากผลการทดลองค่า pH และความคงตัว (%T) ของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่สกัดโดยวิธีแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 3 ชั่วโมง และสารละลายสกัดจากรากบัวที่สกัดโดยวิธีแช่ใน 0.1% ของสารละลายกรดซิตริก โดยทั้งผ่านและไม่ผ่านกระบวนการลวกที่ 100 °C เวลา 1 นาที มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น และอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ค่า องศาบริกซ์, คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวและจากรากบัวทั้งสองวิธีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ของทั้ง 3 อุณหภูมิ และตลอดจนอายุการเก็บ ค่าสีของสารละลายสารละลายสกัดรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริก

โดยผ่านกระบวนการlovak เมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นและอุณหภูมิในการเก็บสูงขึ้น ค่า a^* ของสารละลายสกัดมีค่าที่ลดลงและ ค่า b^* ของสารละลายสกัดมีค่าความเป็นลบที่ลดลงแสดงให้เห็นถึงว่าเมื่อเก็บในระยะเวลาสั้นขึ้นและอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูที่จางลง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี

การวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากเมล็ดบัวที่แช่น้ำอุณหภูมิ 4 °C 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสถึงวันที่ 12 ในอุณหภูมิ 14 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 8 และอุณหภูมิ 24 °C การยอมรับถึงวันที่ 2 ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยไม่ผ่านกระบวนการlovak ที่อุณหภูมิ 4 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 8 ที่อุณหภูมิ 14 °C ให้การยอมรับถึงวันที่ 6 และที่อุณหภูมิ 24 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 2 และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสารละลายสกัดจากรากบัวที่แช่ใน 0.1% กรดซิตริกโดยผ่านกระบวนการlovak ที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 12 ที่อุณหภูมิ 14 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 8 และอุณหภูมิ 24 °C ผู้ทดสอบให้การยอมรับถึงวันที่ 2

สารละลายสกัดจากรากและเมล็ดของบัวหลวงสามารถนำไปเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้เนื่องจากเมื่อสกัดออกมาในรูปของสารละลายแล้วสารละลายสกัดที่ได้ยังมีสารสำคัญอยู่คือสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารสามารถลดการเติมสารสังเคราะห์ (Active ingredient) ในผลิตภัณฑ์อาหารลงได้เพราะสารสำคัญเหล่านี้มาจากธรรมชาติที่แท้จริง เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการนำสารละลายสกัดทั้งจากรากและเมล็ดไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ ควรใช้สารเสริมความคงตัวช่วยเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น
2. ในขั้นตอนการสกัดสารละลายหลังจากที่ผ่านกระบวนการพลาสมาเจอร์ไรส์ สารละลายที่สกัดได้ถ้าไม่ได้นำไปผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ ไม่จำเป็นต้องผ่านการกรองอีกครั้ง ทำให้ได้คุณค่าทางอาหารที่อยู่ในสารละลาย (ตะกอน) มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ชยันต์ วิเชียรสุนทร, แม้นมาส ชวลิต, และ วิเชียร จีรวงศ์, 2548, คำอธิบายตำราพระโอสถพระนารายณ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์อมรินทร์, กรุงเทพมหานคร, หน้า 56-59.

ดารุณี ไพบรราช, และนิรมล ปัญญาบุศยกุล, 2554, คุณค่าทางโภชนาการและความเป็นไปได้ของการใช้เป็น ส่วนประกอบอาหารของเมล็ดบัวไทย สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, จังหวัดเชียงราย, หน้า 1-9

ประภาศรี ภูวเสถียร, พงศธร สังข์เผือก และสมศรี เจริญเกียรติกุล, 2524, วิธีการทำนมถั่วเหลืองเพื่อลด กลิ่นถั่ว, ปริมาณสารต่อต้านคุณค่าอาหารในถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง, โภชนาการ, เล่มที่ 16, ฉบับที่ 4, หน้า 231-239

ปาริชาติ สักกะทำนุ, 2541, คุณค่าอาหารเส้นใยป้องกันบับาดสารพัดโรค, พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพมหานคร, หน้า 60-70.

ฤดี ชีระวนิช, พิมพ์พรรณ สุจารินพงศ์, พรพรหม พรหมเพชร, และจำเนียร บุญมา, 2546, ศักยภาพการผลิต ต้นทุนและตลาดของผลิตภัณฑ์บัวหลวง, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 1-7

Bendini, A., Cerretani, L., Cerretani, L., Toschi, T.G., Guzzo, F., and Ceoldo, S., 2006, "Phenol content related to antioxidant and antimicrobial activities of *Passiflora* spp. extracts", **European Food Research and Technology**, Vol. 223, No. 2, pp. 102-109.

Anonymous, 2009, "Lotus the Auburn University Lotus (*Nelumbo nucifera* spp.)" Project literature Review [online], Available: http://www.ag.auburn.edu/hort/landscape /lotus_lit.html [15 August 2011]

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1995, **Official Method of Analysis**, 16th ed., the Association of Official Analytical Chemists, Virginia, pp. 17.1-17.198.

Bhat, R. and Sridhar, K. R., 2008, "Nutritional quality evaluation of electron beam-irradiated lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds", **Food Chemistry**, Vol. 107, No. 1, pp. 174-184.

Bown, D., 1995, "Encyclopedia of Herbs and Their Uses" **The Royal Horticultural**, Vol. 164, pp. 316-317.

Chaturvedi, U.C., Shrivastava, R. and Upreti, R.K., 2004, "Viral infections and trace metals: a complex interaction", **Current Science**, Vol. 87, No. 11, pp. 1536-1554

Chiang, P.Y. and Luo, Y.Y., 2007, "Effect of pressurized cooking on the relationship between the chemical composition and texture changes of lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaertn)", **Food Chemistry**, Vol. 105, No. 2, pp. 480-484.

Food new solution, 2007, **Enzymatic browning reaction** [Online], Available:

<http://www.foodnetworksolution.com/vocab/word/679> [20 October 2011]

Garden plant, 2554, **Landscape Plants** [Online], Available: <http://www.wellgrowhorti.com>

[30 June 2011]

Goncalves, E.M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandao, T.R.S., and Silva, C.L.M., 2010, "Carrot (*Daucus carota* L.) Peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching", **Journal of Food Engineering**, Vol. 97, No. 4, pp. 574-581.

Gruenwald J., Brendler, T. and Jaenicke, C., 1998, "**PDR for Herbal Medicines**" Montvale (NJ), Medical Economics Company, pp. 481-482.

- Hu, M. and Skibsted, L.H., 2002, "Antioxidative capacity of rhizome extract and rhizome knot extract of edible lotus (*Nelumbo nucifera*)", **Food Chemistry**, Vol. 76, No. 3, pp. 327-333.
- Ibrahim, N. and El-Eraqy, W., 1996, "Protein content and amino acid composition of *Nelumbo nucifera* seeds and its evaluation as hypoglycaemic agent", **Egyptian Journal of Pharmacological Science**, Vol. 37, No. 2, pp. 635-641.
- Ismail, A., Marjan, Z.M., Foong, C.W., 2004, "Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables", **Food Chemistry**, Vol. 87, No. 4, pp. 581-586.
- Kirtikar, K. R. and Basu, B. D., 1975, "Composite in Indian Medicinal Plants", **In Indian Medicinal Plants**, Kirtikar, K. R. and Basu, B. D. (Eds.), Dehra Dun: Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Australia, pp. 116-120.
- Ling, Z.Q., B.J. Xie. And E.L. Yang., 2005, "Isolation, characterization, and determination of antioxidative activity of oligomeric procyanidins from the seedpod of *Nelumbo nucifera* Gaertn" **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Vol. 53, No. 10, pp. 2441-2445.
- Liu, C.P., Tsai, W.J., Lin, Y.L., Liao, J.F., Chen, C.F. and Kuo, Y.C., 2004, "The extracts from *Nelumbo nucifera* suppress cell cycle progression, cytokine genes expression, and cell proliferation in human peripheral blood mononuclear cells" **Life Sciences**, Vol. 75, No. 6, pp. 699-716.
- Lotus root, 2008, **Vegetables and Vegetable Products** [Online], Available: www.tititodorancea.com/z/nutrition_facts_nelumbo_nucifera_lotus_root_raw.htm [30 June 2011]
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randall, R.J., 1955, "Protein measurement with the folin phenol reagent" **Journal of Biological Chemistry**, Vol. 193, No. 1, pp. 265.

Mukherjee, P.K., Pal, S.R., Saha, K. and Saha, B.P., 1995, "Hypoglycemic activity *Nelumbo nucifera* Gaertn. (Nymphaeaceae) Rhizome (methanolic extract) in streptozotocin-induced diabetic rats. **Phytotherapy Research**, Vol. 9, No. 7, pp. 522-524.

Mukherjee, P.K., Saha, K., Pal, M. and Saha, B.P., 1997, "Effect of *Nelumbo nucifera* rhizome extract on blood sugar level in rats", **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 58, No. 3, pp. 207-213.

Nelson, A.I., Stainberg, M.D. and Wei, L.S., 1976, "Process for preparation of soymilk", **Journal of Food Science**, Vol. 41, No. 1, pp. 57-61.

Park, Y.S., Towantakavanit, K., Kowalask, T., Heo, B.G., Cho, J.Y., Yun, J.G., Kim, H.J. and Gorinstein, S., 2009, "Bioactive compounds and antioxidant and antiproliferative activities of Korea white lotus cultivars", **Journal of Medical Food**, Vol. 12, No. 5, pp. 1057-1064.

Puupponen-Piimä, R., Hakkinen, S.T., Aarni, M., Suortti, T., Lampi, A.M., Euroala, M., Piironen, V., Nuutla, A.M., and Oksman-Caldentey, K.M., 2004, "Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways", **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Vol. 83, No. 1, pp. 1389-1402.

Rai, S., Wahile, A., Mukherjee, K., Pada Saha, B. and Mukherjee, P.K., 2006 "Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds", **Journal Ethnopharmacol**, Vol. 104, No. 2, pp. 322-327.

Siddhuraju, P. and Becker, K., 2001, "Species/variety differences in biochemical composition and nutritional values of Indian tribal legumes of genus *Canavalia*", **Nahrung/Food**, Vol. 45, No. 1, pp. 224-233.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents", **American Journal of Enology and Viticulture**, Vol. 16, No. 4, pp. 144-158.

- Sridhar, K.R. and R. Bhat., 2007, "Lotus – A potential nutraceutical source", **Journal of Agricultural Technology**, Vol. 3, No. 1, pp. 143-155.
- Talwar, G. P., Srivastava, L. M. and Moudgil, K. D., 1989, "Textbook of Biochemistry and Human Biology", **Prentice-Hall of India Private Limited**, New Delhi, India, Vol. 2, pp. 63-68.
- Tsai, T.H., Tsai, P.J. and Ho, S.C., 2005, "Antioxidant and anti-inflammatory activities of several commonly used spices", **Journal of Food Science**, Vol.70, No. 1, pp. 93-97.
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y.S., 2005, "The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables", **Food Chemistry**, Vol. 93, No. 4, pp. 713-718.
- Vamos-Vigyazo, L., 1981, "Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables", **Journal of Food Science**, Vol. 15, No. 2, pp. 49-127.
- Yamasaki, M., Yasui, T., and Arima, K., 1964, "Pectic enzyme in the clarification of apple juice", **Agriculture and Biochemistry**, Vol. 28, No. 4, pp. 779-789.
- Zhang, D. and Hamazu, Y., 2004 "Phenolic, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking", **Food Chemistry**, Vol. 88, No. 1, pp. 503-509.

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบสารละลายสกัด

(ศึกษาอายุการเก็บของสารละลายสกัด)

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

การทดสอบในครั้งนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาความชอบและการยอมรับในสารละลายสกัด จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ หมายเลข 741 183 426 955 และ 351 โปรดทำการทดสอบโดยตรวจพิจารณาให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมควรให้ตัวอย่างสัมผัสเป็นเวลาดำเนินการอย่างน้อย 10 วินาที แล้วจึงเริ่มทำการ ประมวลผลในด้านต่างๆ หลังจากนั้นจึงบ้วนปากเพื่อทดสอบตัวอย่างต่อไป

คุณลักษณะ	หมายเลข 741	หมายเลข 183	หมายเลข 426	หมายเลข 955	หมายเลข 351
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่นรส					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

คุณสมบัติที่ตรวจสอบและเกณฑ์ที่กำหนดของสารละลายสกัด โดยในแบบทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส คะแนนการยอมรับต้องไม่ต่ำกว่า 3 และไม่มีใครให้ 1

คุณสมบัติที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะปรากฏ	การตกของตะกอน	4	3	2	1
สี	มีสีตามธรรมชาติ ไม่มีสีผิดปกติ	4	3	2	1
กลิ่นรส	กลิ่นรสตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหมัก	4	3	2	1
รสชาติ	มีรสชาติตามธรรมชาติ	4	3	2	1
เนื้อสัมผัส	ความรู้สึกลักษณะกลิ่น	4	3	2	1
ความชอบโดยรวม	การยอมรับโดยรวม	4	3	2	1

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl Method (AOAC, 1995)

การเตรียมสารเคมี

1. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 1 กรัม ผสมกับ โพแทสเซียมซัลเฟต ปริมาณ 4 กรัม

2. NaOH 40% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาณ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. Boric Acid 4% กรดบอริกประมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4) Mixed Indicator โบ โมครีซอลกรีนปริมาณ 0.01 กรัม ผสมกับเมทิลเรดปริมาณ 0.02 กรัม นำไปละลายในเอทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร

การย่อย

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.2-0.3 กรัม ใส่ใน Kjeldahl Digestion Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Catalyst 0.5 กรัม และ Glass Beads ปริมาณ 1 เมล็ด

2. เติม Conc. H_2SO_4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร (ทำใน Hood)

3. นำไปย่อยที่เตาย่อย โดยใช้อุณหภูมิ 200 °C

4. ย่อยจนกระทั่งได้สารละลายสีเขียวใส

การกลั่น

1) นำสารละลายที่ย่อยได้ออกจากเครื่องย่อย ตั้งทิ้งไว้จนเย็น จากนั้นใส่ลงใน Microkjeldahl Tube

2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร และร้อยละ 40 NaOH ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3) วางขวดรูปชมพู่ที่ใส่ Boric Acid 4% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และเติม Mixed Indicator 2-3 หยด ตรงตำแหน่งที่รองรับสารละลายที่กลั่นได้ โดยให้ปลายสายยางจุ่มอยู่ใน สารละลายตลอดเวลาที่กลั่น

4) กลั่นจนกระทั่งขวดรูปชมพู่ที่รองรับมีปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร

การไทเทรต

- 1) นำสารละลายที่กลั่นได้ไทเทรตกับ 0.1N HCl จนกระทั่งได้สีชมพูของเมทิลเรด
- 2) ทำ Blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง โดย Blank จะไม่ใส่ตัวอย่าง ค่า Blank ที่ได้จะนำมาลบออกจากปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

การคิดคำนวณปริมาณโปรตีนและไนโตรเจน

$$\% \text{ ปริมาณไนโตรเจน} = \frac{(V_{\text{Sample}} - V_{\text{Blank}}) \times 0.1N \text{ HCL} \times 0.14 \times 100}{\text{Weight of Sample}}$$

$$\% \text{ ปริมาณโปรตีน} = \% \text{ ไนโตรเจน} \times \text{Approximate Conversion Factor}$$

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC., 1995)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Thimble
2. นำ Thimble ใส่ในชุดแยกสกัด (Extraction Unit) ของเครื่องสกัดไขมัน
3. เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ใน Soxhlet Flask ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
4. เปิดเครื่องสกัดไขมัน ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 60 °C สกัดไขมันนาน 6 ชั่วโมง
5. นำ Soxhlet Flask ออกมา และนำไปประเหยนิโตรเลียมอีเทอร์ในตู้ดูดควัน (Hood)
6. จากนั้นนำ Flask ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
8. นำ Flask ไปชั่งน้ำหนัก อบซ้ำจนได้น้ำหนักที่คงที่

การคำนวณปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน} = \text{Soxhlet Flask of Fat} - \text{Soxhlet Flask}$$

$$\% \text{ ปริมาณไขมัน} = \frac{\text{Weight of Oil}}{\text{Weight of Sample}} \times 100$$

การหาปริมาณความชื้น (AOAC., 1995)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม (W) ใส่ใน Moisture Can ที่ผ่านการอบไล่ความชื้น และทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (W₁)
2. นำ Moisture Can ที่บรรจุตัวอย่าง อบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 3 ชั่วโมง
3. นำภาชนะออกจากตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

4. ชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าตู้อบไฟฟ้าอีกครั้ง
5. นำภาชนะออกจากตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้เย็นใน โถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง
6. ชั่งน้ำหนักอีกครั้งจนน้ำหนักคงที่ (W_2)

การคำนวณปริมาณความชื้น

$$\% \text{ ปริมาณความชื้น} = \frac{W - (W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC., 1995)

1. เผาครุชชีเบลที่อุณหภูมิ 550 °C ในเตาเผาขนาดประมาณ 1 ชั่วโมง
2. ตั่งทิ้งไว้ให้เย็นใน โถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง
3. นำไปชั่งน้ำหนัก
4. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ครุชชีเบลที่ผ่านการเผาและชั่งน้ำหนักแล้ว
5. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ ด้วยตะเกียงหรือเตาไฟฟ้าจนหมดควัน (ทำใน Hood)
6. นำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 °C นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว หรือสีเทา
7. ทิ้งไว้ให้ได้อุณหภูมิประมาณ 100 °C ปิดฝา นำออกไปใส่ใน โถดูดความชื้น ที่อุณหภูมิห้องจนครุชชีเบลเย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
8. นำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณปริมาณเถ้า

$$\% \text{ ปริมาณเถ้า} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ	W	คือ	น้ำหนักของครุชชีเบล
	W_1	คือ	น้ำหนักของครุชชีเบล + น้ำหนักของตัวอย่างก่อนเผา
	W_2	คือ	น้ำหนักของครุชชีเบล + น้ำหนักของตัวอย่างหลังเผา

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (AOAC. 1995)

1. เตรียมตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วมาบดให้ละเอียด โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัมใส่ในบีกเกอร์
2. เติมกรด 0.225 N H_2SO_4 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มนาน 30 วินาที
3. กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองโดยใช้ Sustain Flask และ Buncher Funnel ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดจนหมดกรด
4. นำตัวอย่างไปต้มใน 0.313 N NaOH ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นาน 30 วินาที

5. กรอกตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง What Man โดยใช้ Suction Flask และ Buchner Funnel ล้างด้วยน้ำกลั่น ต้มเดือด ตามด้วยเอทานอลและได-เอทิลอีเทอร์ ร้อยละ 95
6. นำกระดาษกรองที่มีไฟเบอร์อยู่อบใน Hot Air Oven ที่ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่
8. ใส่ตัวอย่างในครุชชีเบล แล้วนำไปเผาบน Hot Plate จนหมดควัน
9. นำมาเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 °C นานประมาณ 2-3 ชั่วโมงจนได้เถ้าสีขาว หรือสีเทา
10. ทิ้งไว้ให้ได้อุณหภูมิประมาณ 100 °C ปิดฝา นำออกไปใส่ในโถดูดความชื้นที่ อุณหภูมิห้อง จนครุชชีเบลเย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณปริมาณเชื้อใย

$$\% \text{ Crude Fiber} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

เมื่อ	W	คือ	น้ำหนักของตัวอย่าง
	W ₁	คือ	น้ำหนักของครุชชีเบล + ปริมาณหลังการทำแห้ง
	W ₂	คือ	น้ำหนักของครุชชีเบล + เถ้าหลังเผา

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

$$\text{คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{ความชื้น})$$

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวศิริพร จ้าวสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	22 มิถุนายน 2531
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม พ.ศ. 2549
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2552
ระดับปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2555
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	Ngowsuwan, S., Chaiyanan S., 2012, “The Optimization of the Process for Antioxidant and Fiber Extraction from Lotus Rhizome and seed”, The 6th Pure and Applied Chemistry International Conference 2012 (PACCON 2012) , 11-13 January 2012, Chiang Mai, Thailand,