รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก

Effect of processing on the amount and properties of antioxidant of *Asiatic Pennywort* leaves juice

นางสาวจิราภรณ์ สิริสัณห์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2551
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก

Effect of processing on the amount and properties of antioxidant of *Asiatic Pennywort* leaves juice

นางสาวจิราภรณ์ สิริสัณห์

12704118

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2551
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก
แหล่งเงิน เงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2551 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 20,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2551 ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2552
นางสาวจิราภรณ์ สิริสัณห์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบก ที่มีวิธีการผลิต 4 วิธี คือน้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของใบบัวบก น้ำใบบัวบก และกากที่ได้จากการผลิตน้ำใบบัวบก โดยการวัดสีพบว่า ค่าสีที่วัดได้จากใบบัวสดและกากนั้นลักษณะเป็นสีเขียวแต่ในกากจะมีที่อ่อนกว่าใบบัวบกเพราะได้ทำการสกัดสีใบออกไปบางส่วน จึงทำให้กากที่วัดสีออกมาได้มีสีอ่อนกว่า ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำใบบัวบกเพิ่มขึ้นเมื่อได้ทำการเติมน้ำเชื่อม และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.07 ± 0.02 สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของบัวบก พบว่าใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลมากที่สุดเท่ากับ 0.211 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของตัวอย่าง และในน้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์มีค่าลดลงตามลำดับ ดังนั้นการผลิตแบบน้ำใบบัวบกสดทำให้ยังคงมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเหลืออยู่มากจึงควรนำไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารอื่น เช่น คุกกี้ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

คำสำคัญ ใบบัวบก น้ำใบบัวบก สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Effect of processing on the amount and properties of antioxidant of *Asiatic Pennywort* leaves juice
MissJiraporn Sirison
Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

Effect of processing on the amount and properties of antioxidants of *Asiatic Pennywort* leaves juice including fresh juice, juice mixed with hot syrup, juice mixed with cool syrup and juice mixed with pasteurized syrup was carried out. Physical properties of fresh *Asiatic Pennywort* leaves, *Asiatic Pennywort* leaves juice and residue received from *Asiatic Pennywort* leaves juice preparation were determined. Color of fresh *Asiatic Pennywort* leaves was greener than that of the residue due to chlorophyll pigments were extracted during the juice preparation. Total soluble solid content of *Asiatic Pennywort* leaves juice increased after adding syrup, and acidity value of the juice was about 6.07. The fresh *Asiatic Pennywort* leaves contain the highest total phenolic content which was 0.211 µg gallic acid per mg sample while total phenolic content of *Asiatic Pennywort* leaves juice receiving before filtration step, fresh juice, juice mixed with cool syrup, juice mixed with hot syrup, juice mixed with pasteurized syrup decreased respectively. Therefore, fresh *Asiatic Pennywort* leaves juice should be used as an ingredient in foods for nutritional purpose such as cookie.

Key word : *Asiatic Pennywort* leaves, *Asiatic Pennywort* leaves juice, antioxidant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัว ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยเงินรายได้ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2551 ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ นางสาวสกลสุภา อ๋องประเสริฐ และ นางสาวณัฐพร รอดภัย ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

จิราภรณ์ สิริสัณห์

26 พฤษภาคม 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญภาพ ..... ฉ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
2.1 บัวบก (Asiatic pennywort) 2
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิก 4
2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 7
2.4 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน 8
2.5 ความรู้เกี่ยวกับอนุมูลอิสระ (free radical) 9
2.6 ผลของสารต้านอนุมูลอิสระ 10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 11
3.1 วัตถุดิบ 11
3.2 อุปกรณ์ในการทดลอง 11
3.3 อุปกรณ์ครัว 12
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 12
บทที่ 4 ผลการวิจัย 16
4.1 สมบัติทางกายภาพ 16
4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 17
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 19
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย 23
เอกสารอ้างอิง 21
ภาคผนวก 22
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใบบัวบก น้ำใบบัวบกชนิดต่างๆ และกาก 23
ภาคผนวก ข สรุปการใช้จ่ายเงิน 28
ประวัตินักวิจัย 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบบัวบก 100 กรัม 3

2.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลในส่วนต่างๆของพืช 7

3.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก 14

4.1 ค่าสีของใบบัวบกและกาก 16

4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ 16

4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ 17

4.4 ปริมาณโพลีฟีนอลในตัวอย่างใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ 18

ก1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 บัวบก 2

2.2 Structure of triterpene glycoside: Asiatic acid, asiaticoside, madecassic acid, and madecassoside 4

2.3 ปริมาณสารประกอบโพพลีฟีนอลของใบ ราก และก้านบัวบก 6

3.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำใบบัวบกตามท้องตลาด 12

3.2 การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยการให้ความร้อนแบบ indirect heat โดยการใช้หม้อต้มแบบ 2 ชั้น 13

4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลในใบบัวบก น้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ และกาก 17

ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างกรดแกลลิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันคนหันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพและให้ความสำคัญกับอันตรายของอนุมูลอิสระที่มีต่อร่างกายมากขึ้น อนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในร่างกายมนุษย์และได้รับจากสิ่งแวดล้อมภายนอก อนุมูลอิสระจะทำลายองค์ประกอบหลักของเซลล์และสมดุลของระบบต่างๆในร่างกายทำให้เกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือดและไขข้ออักเสบ (พรทิพย์, 2546) การรับประทานอาหารประเภทผักและผลไม้มีผลช่วยลดอันตรายจากสารต้านอนุมูลอิสระได้เพราะในผักและผลไม้อุดมไปด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

น้ำใบบัวบกเป็นเครื่องดื่มที่มีผู้นิยมบริโภคจำนวนมากเพราะเข้าใจว่ามีส่วนช่วยบำรุงสุขภาพ โดยมีจำหน่ายอย่างแพร่หลายทั้งในแบบตักขายใส่ถุงหรือแก้วและแบบบรรจุขวด จากการศึกษาของ Abdul-Hamid A.และคณะ, 2002 และ Zainol M.K.และคณะ, 2003 พบว่าใบบัวบกประกอบด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมาก การบริโภคน้ำใบบัวบกจึงอาจมีส่วนช่วยลดอันตรายจากอนุมูลอิสระได้ แต่ปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาว่าวิธีการผลิตน้ำใบบัวบกอาจมีผลทำให้ปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่มีอยู่ในใบบัวบกเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการผลิตน้ำใบบัวบกให้ยังคงมีสารประกอบโพลีฟีนอลที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอยู่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำใบบัวบก
2. เพื่อศึกษาผลของการผลิตที่มีต่อสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของน้ำใบบัวบก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบกที่มีต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพและทางเคมีได้แก่ สี ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำใบบัวบก และศึกษาปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของกากที่ได้จากการผลิตน้ำใบบัวบก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการผลิตและผลิตน้ำใบบัวบก
2. วิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก
3. วิเคราะห์ปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีในผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก
4. วิเคราะห์ปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของกากที่ได้จากการผลิตน้ำใบบัวบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บัวบก (Asiatic pennywort)

บัวบก หรือที่รู้จักกันในชื่อท้องถิ่นว่า ผักแว่น ผักหนอก มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Centella asiatica* (Linn.) Urban. ชื่อวงศ์ Umbelliferae เป็นพรรณไม้ล้มลุกจัดอยู่ในจำพวกผัก ลำต้นชอบเลื้อยไปตามพื้นดินที่ชื้นและโดยทั่วๆไปขึ้นง่าย

ภาพที่ 2.1 บัวบก

2.1.1 การใช้ประโยชน์ของบัวบก

2.1.1.1 การใช้ประโยชน์ด้านอาหาร

ส่วนของบัวบกที่ใช้รับประทานคือใบและเถา ซึ่งโดยรับประทานเป็นผักแกล้มกับแกงเผ็ดและน้ำพริก และนิยมนำมาทำเครื่องดื่มน้ำใบบัวบก

บัวบกประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิด เช่น โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม วิตามินชนิดต่างๆ เช่น ไทอะมิน(วิตามินบี 1) ไรโบฟลาวิน(วิตามินบี 2) ไพริดอกซิน(วิตามินบี 6) วิตามินซี และกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น กลูตาเมต อลานีน ฮีสทีดิน เป็นต้น คุณค่าโภชนาการของใบบัวบกดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบบัวบก 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
น้ำ	86.0 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	7.1 กรัม
โปรตีน	1.8 กรัม
ไขมัน	0.9 กรัม
กาก	2.6 กรัม
แคลเซียม	146 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	30 มิลลิกรัม
เหล็ก	3.9 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	10,962 IU
วิตามินบี 1	0.24 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.09 มิลลิกรัม
ไนอาซีน	0.8 มิลลิกรัม
วิตามินซี	4 มิลลิกรัม

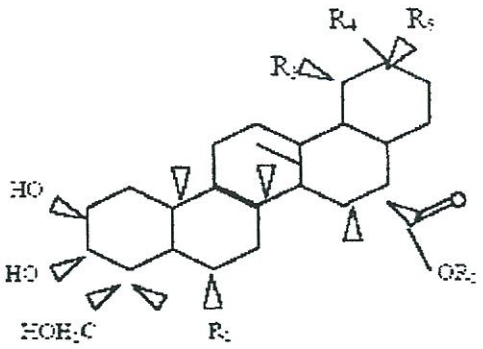
หมายเหตุ IU = international unit

ที่มา : สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2541

2.1.1.2 การใช้ประโยชน์ทางยา

บัวบกประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ในทางยาได้แก่ asiaticoside, asiatatic acid, madecassic acid, madeacassic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยที่หมู่ R_1 R_2 R_3 R_4 และ R_5 ของ triterpene glycoside แต่ละชนิดเป็นดังนี้

Saponins	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Asiatic acid	-H	-H	$-CH_3$	$-CH_3$	H
Asiaticoside	-H	-β-D-glc-(6-1)-β-D-glc-(4-1)L--rha	$-CH_3$	$-CH_3$	H
Madecassic acid	-OH	-H	$-CH_3$	$-CH_3$	H
Madecassoside	-OH	-β-D-glc-(6-1)-β-D-glc-(4-1)L--rha	$-CH_3$	$-CH_3$	H

ภาพที่ 2.2 Structure of triterpene glycoside: Asiatic acid, asiaticoside, madecassic acid, and madecassoside

ที่มา : Brinkhaus, *et al.*, 2000

ส่วนของบัวบกที่ใช้เป็นยา คือส่วนของต้น ใบ และเมล็ด สรรพคุณทางยาสามารถแก้เจ็บคอได้ ทำให้มีความสดชื่น ชุ่มคอ แก้ช้ำในได้ดี สามารถลดความดันโลหิตสูงได้ และช่วยบำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ แก้อ่อนเพลีย กระหายน้ำ ขับปัสสาวะ รักษาบาดแผล แก้โรคปวดเมื่อย แก้โรคเรื้อน แก้กามโรค ตับอักเสบ ส่วนเมล็ดมีรสขมเย็น แก้บิด แก้ไข้ ปวดศีรษะ (มนตรี แสนสุข)

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนิลิก (phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่มเซคัลดารี เมตาบอไลท์ (secondary metabolite) ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นรูปแบบของสารประกอบฟีนอลิกในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกที่ทราบโครงสร้างแน่นอนแล้วมากกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic acid) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลีเมอร์ เช่น แทนนิน (tannin)

โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของไกลโคไซม์ คือ สารประกอบฟีนอลิกจะจับอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาล โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจจะเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ก็ได้ แต่น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแลกโตส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(galactose) แรมโนส (rhamnose) ไซโรส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธุ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) กรดกาแลกตูโรนิก (galacturonic acid) และอื่นๆ

นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบฟีน อลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) กรดอินทรีย์ (organic acid) อะมีน (amines) และไขมันอีกด้วย สารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถพบได้ทั่วไปและมีความสำคัญ (phenols, C6) กรดฟีนอลิก (phenolic acid, C6-C1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid), C6-C3) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ตัวอย่างของฟีนอล ได้แก่ ฟีนอล (phenol) ครีซอล (cresol) ไทมอล (thymol) รีซอคซินอล (resorcinol) ออซินอล (orcinol) และอื่นๆ ซึ่งสามารถพบทั่วไปในพืชที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องเทศรวมทั้งไฮโดรควิโนน (hydroquinone) และอนุพันธุ์สำหรับตัวอย่างของกรดฟีนอลิกได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดแวนิลลิก (vanillic acid) กรดไซริงจิก (syringic acid) กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (p-hydroxybenzoic acid) และอัลดีไฮด์ของกรดฟีนอลิก ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูงและเฟริน ตัวอย่างของฟีนิลโพรพานอยด์ ได้แก่ ไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxyl cinnamic acid) เช่น กรดคูมาลิก (p-hydroxybenzoic) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) กรดไซเนปิก (sinapic acid) และอนุพันธ์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของลิกนิน (licnin) โดยมักจะเกิดพันธะเชื่อมกับน้ำตาลอะราบิโนสในส่วนของเฮมิเซลลูโลสของผนังเซลล์พืช

สารประกอบฟีนอลิกที่ละลายได้จะสามารถถูกเมตาบอไลท์ได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยสารประกอบฟีนอลิกอย่างง่ายที่อยู่ในรูปอิสระ เช่น กรดซินนามิก กรดคูมาลิก กรดคาฟเฟอิก และอื่นๆ สามารถดูดซึมได้โดยตรงที่ผนังลำไส้เล็กในขณะที่ไกลโคไซด์จะถูกย่อยออกเป็นอะไกลโคโคนและน้ำตาลก่อนจึงจะสามารถดูดซึมได้ แต่เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่มีเอนไซม์เบต้าไกลโคซิเดส (glycosidase) ที่เหมาะสมจึงไม่มีการดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็ก จึงต้องผ่านมาที่บริเวณลำไส้ใหญ่ซึ่งมีจุลินทรีย์ต่างๆช่วยย่อยสลายให้อยู่ในรูปของอะไกลโคนก่อน จึงจะมีการดูดซึมที่บริเวณส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ แต่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารประกอบฟีนอลิกได้ทุกชนิด ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระ (วิวัฒน์, 2554)

จากการศึกษาของ Zainol M.K. และคณะ, 2003 ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในใบบัวบกพบว่าส่วนของใบมีสารประกอบฟีนอลสูง (8.13-11.7 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง) รากมีสารประกอบฟีนอล (6.46-10.5 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง) และก้านมีสารประกอบฟีนอลต่ำสุด (3.23-4.91 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่างแห้ง) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

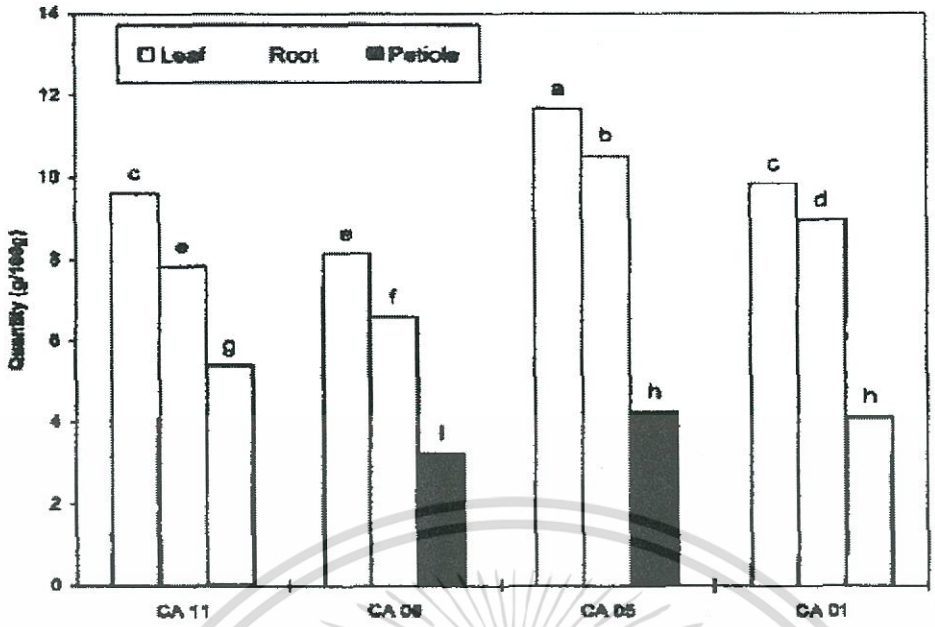


Fig. 3. Total phenolic compounds (as gallic acids equivalents) of leaves, roots and petioles of different accessions of *C. asiatica* (L.) Urban. Absorbance values represent triplicates of different samples analyzed. Values with the same letter (a, b, c) are not significantly different ($P<0.05$) between samples.

ภาพที่ 2.3 : ปริมาณสารประกอบโพพลีฟีนอลของใบ ราก และก้านบัวบก

ที่มา : Zainol M.K. และคณะ, 2003

2.2.1 สมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก (วิวัฒน์, 2545)

สมบัติที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอลิก คือ การเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidation) และสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) และการใช้สารประกอบฟีนอลิกในการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด โรคมะเร็ง โดยสารปะกอบฟีนอลิกจะทำหน้าที่ กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยา

$$ROO\bullet + PPH \rightarrow ROOPP$$

$$RO\bullet + PP\bullet \rightarrow ROPP$$

เมื่อสารประกอบฟีนอลิกให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป นอกจากนี้อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่น ทำให้สารประกอบฟีนอลิกเหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระได้ถึง 2 เท่าดังปฏิกิริยา

$$ROO\bullet + PP \rightarrow ROOPP$$

$$RO\bullet + PP\bullet \rightarrow ROPP$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้นสามารถพบได้ในส่วนต่างๆของพืช เช่น เมล็ด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มัสตาร์ด ข้าว และงา ผลได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ ใบ ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่างๆส่วนอื่นๆได้แก่ มันเทศ และหัวหอม

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลในส่วนต่างๆของพืช

ส่วนของพืช	ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอล
ผล	Cinnamic acids > catechins ~ leucoanthocyanins (flavan3,4-diols) > flavonols
ใบ	Flavonols ~ Cinnamic acids > catechins ~ leucoanthocyanins
เนื้อไม้	Catechins ~ leucoanthocyanins > flavonols > Cinnamic acids
เปลือกไม้	เหมือนในเนื้อไม้แต่จะมีปริมาณสูงกว่า

ที่มา : Pratt, 1992

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Peter and Simo, 1994)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล คือ วัดปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบทั้งหมดที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโมเลกุลโดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบโพลีฟีนอลนั้นๆ การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยทั่วไปมี 3 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 Folin-Denis method

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน (reduction-oxidation) โดยสารประกอบฟีนอลถูกออกซิไดส์ในสภาวะที่เป็นด่าง จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะไปรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนทังสติก-ฟอสโฟโมลิบดิก (phosphotungtic – phosphomolybdic complex) ได้ผลิตภัณฑ์เชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินและสามารวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

วิธีที่ 2 Folin-Cioalteu method

เป็นวิธีที่ปรับปรุงและพัฒนาจากวิธี Folin-Denis method ซึ่งมีหลักการของการเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับ Folin-Denis method แต่จะเพิ่มอัตราส่วนของโมลิบดิบนัมและทังสเตนให้มีปริมาณมากขึ้นแล้วใช้สารละลายเกลือ (liquid bromine) ไปออกซิไดซ์ตะกอนของสารประกอบเชิงซ้อนทังสติก-ฟอสโฟโมลิบดิก (phosphotungtic – phosphomolybdic complex) จึงได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงินที่สว่างขึ้น

วิธีที่ 3 Price-Butler method

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน (reduction-oxidation) โดยสารประกอบฟีนอลถูกออกซิไดส์ในสภาวะที่เป็นด่าง จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะไปรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนได้ผลิตภัณฑที่มีสีน้ำเงินและสามารถวัดค่าดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ซึ่งวิธีการนี้มีวิธีการที่ง่าย สะดวก และรวดเร็วกว่าวิธีการที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสารประกอบฟีนอล ได้แก่

2.4.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

เนื่องจาก OH-group ในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลมีบทบาทต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างซึ่งจะมีปลให้ OH-group เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงน่าจะมีผลต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลด้วยเช่นเดียวกัน (Jackman and Smith, 1996)

2.4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูปจะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลโมเลกุลเล็กๆระเหยกลายเป็นไอไปได้ในขณะฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 โดยมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่นเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ ตามลำดับ (Jackman and Smith, 1996) และระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ (Kim and Pratt, 1992X

จากการศึกษาของ Abdul-Hamid A.และคณะ, 2002 พบว่า ส่วนของใบและรากบัวบกจะมีสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง การสกัดบัวบกด้วยสารละลายที่มีขั้วสูง เช่น เมธานอลและเอธานอล จะสามารถสกัดสาร antioxidants ได้มากที่สุด โดยมีคุณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากใบก้าน และรากของบัวบกจะดีที่สุดเมื่อ pH เท่ากับ 7 และเริ่มลดลงเมื่ออุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

2.4.3 แสง

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอล เช่น OH-group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนให้เกิดเร็วขึ้นด้วย (Jackman and Smith, 1996)

2.4.4 เอ็นไซม์

ในสภาพที่มีเอ็นไซม์ polyphenoloxidase อยู่ด้วยจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดเร็วขึ้น แต่อัตราเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไป Fuel al (1992) พบว่า polyphenoloxidase สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ (-)-epicatechin ได้ดีกว่า (+)-catechin

2.4.5 การรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ

สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ อัลคาลอยด์ และแอนโทไซยานินได้ง่าย และปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอ็นไซม์ และกรด เป็นต้น ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา หรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมกันเป็นสารใหม่ทำปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ (Haslam *et. al.*,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1992) หากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสาต้านออกซิเดชันไปได้

2.5 ความรู้เกี่ยวกับอนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระ (free radical) หมายถึง กลุ่มของสารที่มีอิเลคตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเลคตรอน ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย โดยทั่วไปเซลล์อนุมูลอิสระส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดอิเลคตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังโมเลกุลของน้ำ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (re-activeoxygen spiceice, ROH) ซึ่งสารกลุ่มนี้ ได้แก่ ซุปเปอร์ออกไซด์ (superoxide anion, $O_2^{\cdot}$) ไฮดรอกซิล (hydroxylradical, $HO^{\cdot}$) อนุพันธ์ของออกซิเจนบางตัว ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ไฮโปรคลอรัส (HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของสารอนุพันธ์ของไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยารีแอคทีฟ (nitrogen spiceice, RNH) ที่สำคัญ ได้แก่ เปอร์ออกซีไนไตรต ($OONO^{\cdot}$) ไนตริกออกไซด์ ($NO^{\cdot}$) ทั้งนี้ทั้งกลุ่มอนุพันธ์ของออกซิเจนว่องไวและกลุ่มของอนุพันธ์ไนโตรเจนว่องไวเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญต่อร่างกาย (วัลยาและพัชรี, 2542)

โดยปกติร่างกายจะมีระบบควบคุมป้องกันอนุมูลอิสระที่เรียกว่าระบบแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant defense system) แบ่งออกได้เป็นกลุ่มของเอนไซม์ ได้แก่ คาคาเลท (catalase) ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตนท์ (superoxide dismutase) และกลูทาไทโอนเปอร์ออกซิเตท (glutathione peroxi date) เป็นต้น กลุ่มของสารและโปรตีนบางชนิดได้แก่ กลูธาไทอิน (glutathione) ยูเลท (urate) ไบลิรูบิน (biliruein) ยูไบควิโนน (ubiquinol) อัลบูมิน (albumin) แคลลูโลพลาสมิน (caeruloplasmin) แบะทรานสเฟอริน (transferrin) เป็นต้น และกลุ่มของสารอาหารบางชนิดที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี และสารแคโรทีนอยด์ เป็นต้น (วัลยาและพัชนี, 2542)

แหล่งที่มาของอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้ดังนี้ (พรทิพย์, 2546)

1. อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกายเอง
2. อนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกาย ได้แก่

- การติดเชื้อ ทั้งจากแบคทีเรียและไวรัส
- การอักเสบชนิดไม่ทราบสาเหตุ (autoimmunediseses) เช่น ข้ออักเสบ รูมาตอยด์ โรคเก๊าท์
- รังสี เช่น รังสีแกมมา
- สิ่งแวดล้อมที่เป็นมลพิษ เช่น มลพิษในอากาศ โอโซน ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ฝุ่นควันเสียและเขม่าจากเครื่องยนต์ ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลง อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือธาตุเหล็กมากกว่าปกติ แสงแดด ความร้อน ยาบางชนิด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ผลของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระมีหน้าที่หลายอย่าง ได้แก่ ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวทำลายอนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นตัวยับยั้งการเกิดออกซิเจนในรูปที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาซึ่งพบในขั้นที่ 1 หรือ initiation step ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ไมตรีและอนัญชา, 2543)

จากหน้าที่ต่างๆดังที่กล่าวมานี้ อนุมูลอิสระจึงมีความสำคัญในการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาขั้นที่ 1 ของปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่โดยการทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxyl เพื่อให้เป็นสารที่มีความเสถียร หรือให้เป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปหรือให้เป็นสารที่ไม่ใช่สารอนุมูลอิสระ (non-radical product)

โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ดังนี้ (ไมตรีและอนัญชา, 2543)

1. primary antioxidant สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเลคตรอน ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารโทโคฟีรอลที่ได้จากธรรมชาติ และสารสังเคราะห์ เช่น alkyl gallate BHA BHT และ TBHQ

2. oxygen scavenger สารกลุ่มนี้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิคหรือวิตามินซี ascorbyl palmitate acid (isoascorbic acid) และ sodium erthobate เป็นต้น

3. secondary antioxidant สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydropreoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropinic acid เป็นต้น

4. enzymatic antioxidant เอนไซม์กลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธุ์ของออกซิเจนโดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_0)

5. chelating agent หรือ sequestrant สารกลุ่มนี้จะทำหน้าที่จับกับไอออนของโละ เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งเป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร สารที่ทำหน้าที่จับกับไอออนของโลหะนี้ ได้แก่ กรดซิตริค กรดอะมิโน ethylene diaminetetra-acetic acid (EDTA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

1. ใบบัวบก จากตลาดบ่อบัว อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา ในช่วงเดือนธันวาคม 2550 – มกราคม 2551
2. น้ำตาลทราย
3. เกลือ
4. น้ำสะอาด

3.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
3. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
4. เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta Chromameter CR-300
5. เครื่องเขย่า (vortex)
6. Hand-refractrometer
7. หลอดทดลองขนาด 16×150
8. ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml, 100 ml
9. ปิเปตขนาด 1 ml, 10 ml
10. บีกเกอร์ขนาด 50 ml, 100 ml, 150 ml, 300 ml, 1000 ml
11. กระบอกตวงขนาด 50 ml, 100 ml, 500 ml
12. กรวยแก้ว
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. กระดาษกรองยี่ห้อ Whatman เบอร์ 4
15. คิวเวตแก้ว
16. แท่งแก้วคนสาร
17.โกรก
18. ช้อนตักสาร
19. จุกยาง
20. นาฬิกาจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ครัว

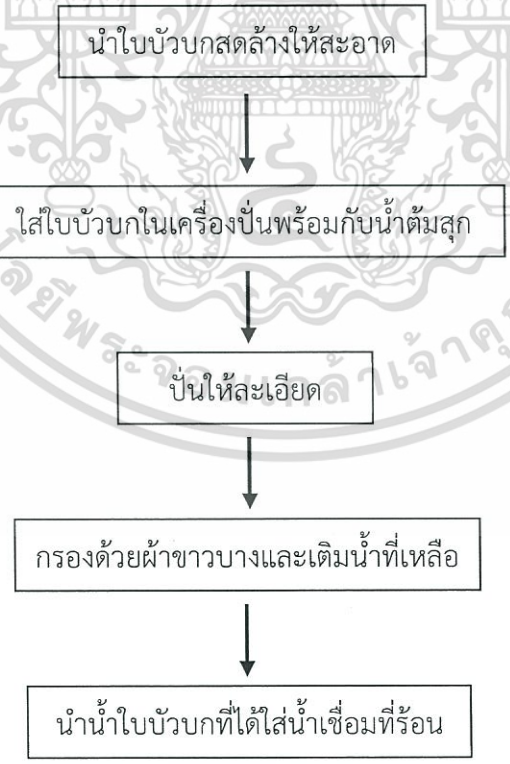
1. เครื่องปั่น (Blender)
2. หม้อ
3. มีด
4. เขียง
5. กระชอน
6. ผ้าขาวบาง
7. กะละมัง
8. ช้อนหรือทัพพี

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 ขั้นตอนการผลิตตามท้องตลาด

ส่วนผสม

- ใบบัวบก
- น้ำเชื่อม
- น้ำเปล่าต้มสุกทิ้งไว้ให้เย็น



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำใบบัวบกตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การเตรียมน้ำใบบัวบกที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ทำการเตรียมน้ำใบบัวบก 4 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 น้ำใบบัวบกสด

เตรียมโดยนำใบบัวบกจากตลาดบ่อบัว อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรามาล้างทำความสะอาด เลือกสิ่งสกปรกออกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นปั่นใบบัวบกกับน้ำสะอาด (อัตราส่วนใบบัวบกต่อน้ำคือ 1:2) ด้วยเครื่องปั่นนานประมาณ 1 นาที กรองน้ำใบบัวบกด้วยผ้าขาวบาง

วิธีที่ 2 น้ำใบบัวบกสดพร้อมดื่มผสมน้ำเชื่อมร้อน

ทำการเตรียมนน้ำเชื่อมโดยการนำน้ำสะอาดไปตั้งไฟจนเดือด เติมน้ำตาลทรายจนละลายน้ำหมด เคี่ยวจนน้ำตาลที่วัดได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) แล้วนำน้ำเชื่อมที่เตรียมได้นั้นไปผสมกับน้ำใบบัวบกสดที่เตรียมตาวิธีที่ 1 ในขณะที่น้ำเชื่อมยังร้อนอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) เท่ากับ 24 °Brix

วิธีที่ 3 น้ำใบบัวสดพร้อมดื่มผสมน้ำเชื่อม

ทำการเตรียมน้ำเชื่อมแบบเดียวกับวิธีที่ 2 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปผสมกับน้ำใบบัวบกสดที่เตรียมตามวิธีที่ 1 ในอัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำเชื่อม 1:1 โดยน้ำใบบัวบกที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) ประมาณ 24 °Brix

วิธีที่ 4 น้ำใบบัวบกพาสเจอร์ไรซ์

เตรียมโดยการเตรียมน้ำใบบัวบกตามวิธีที่ 1 จากนั้นนำน้ำใบบัวบกสดเติมน้ำเชื่อมที่เตรียมแบบเดียวกับวิธีที่ 2 ตังทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(°Brix) เท่ากับ 24 °Brix แล้วนำไปผสมกับน้ำใบบัวบกที่เตรียมตามวิธีที่ 1 ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำใบบัวบกที่ได้นำมาให้ความร้อนด้วยวิธี indirect heat โดยการใช้หม้อต้มแบบ 2 ชั้น ดังภาพที่ 3.2 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที

ภาพที่ 3.2 การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยการให้ความร้อนแบบ indirect heat โดยการใช้หม้อต้มแบบ 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

3.4.3.1 วัดสี

วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta Chromameter CR-300 ใช้การวัดสีของใบบัวบกและกาก

3.4.3.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) (AOAC..1995) การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยใช้ Hand refractrometer ใช้แท่งแก้วจุ่มตัวอย่างน้ำใบบัวบกหยดลงบนปริซึมของเครื่อง Hand refractrometer ปิดแผ่นใสที่ให้แสงผ่านอ่านค่าองศาบริกซ์ที่สเกลของรอยต่อระหว่างสีขาวและสีฟ้า

3.4.3.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรดด่าง (pH) (AOAC.1995) วัดค่า pH โดยใช้ pH-meter ที่เมียบมาตรฐานแล้วกับบัฟเฟอร์ pH 4 และ pH 7 โดยรินตัวอย่างน้ำใบบัวบกลงในบีกเกอร์ขนาดเล็ก ให้แท่ง pH มีระดับสูงท่วมสะพานเกลือของแท่ง pH รอให้ค่า pH ที่ได้คงที่ประมาณ 5 วินาที แล้วอ่านค่า pH ที่ได้

3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol content) จะใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Yieldirim และคณะ (2001)

3.4.4.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid)

1. ละลายกรดแกลลิก 0.0400 กรัม ด้วยเอธานอล (95%) แล้วปรับปริมาตรจนได้ 50 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร ความเข้มข้นที่ได้เท่ากับ 0.4 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ซึ่งจะใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน (working standard)

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกลงในหลอดทดลองขนาด 16×150 โดยให้มีปริมาณกรดแกลลิก (gallic acid) ตั้งแต่ 0 ถึง 140 ไมโครกรัม เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรรวมในแต่ละหลอดให้เป็น 10 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

หลอดที่	ปริมาตรของสารละลายกรดแกลลิก (ไมโครลิตร)	ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
1	0	0	10.00
2	50	20	9.95
3	100	40	9.90
4	150	60	9.85
5	200	80	9.80
6	250	100	9.75
7	300	120	9.70
8	350	140	9.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที

4. เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายหลอดที่ 1 เป็น blank

6. นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกเป็นไมโครกรัม

3.4.4.2 ปริมาณโพลีฟีนอลในสารละลายตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างใบบัวบกสดทำได้โดยการชั่งใบบัวบก 0.5 กรัม นำมาบดละเอียดในโกรกแล้วนำไปปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วใช้ปิเปต 10 มิลลิลิตรดูดตัวอย่างใส่ในหลอดทดลอง

2. ปิเปตตัวอย่าง น้ำบัวบกก่อนกรอง, น้ำใบบัวบกสด, น้ำใบบัวบกสด+น้ำเชื่อมเย็น, น้ำใบบัวบก+น้ำเชื่อมร้อน และน้ำใบบัวบก+น้ำเชื่อมเย็นพลาสเจอร์ไรซ์สกัด 0.5 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วใช้ปิเปต 10 มิลลิลิตรดูดตัวอย่างใส่ในหลอดทดลอง

3. การเตรียมตัวอย่างกากทำได้โดยการชั่งกาก 0.5 กรัม นำไปปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วใช้ปิเปต 10 มิลลิลิตรดูดตัวอย่างใส่ในหลอดทดลองกาก

4. ทำตามขั้นตอนข้อ 3.5.4.1 (ข้อ 3-5)

5. นำค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปคำนวณปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้ standard curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 สมบัติทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างใบบัวบก น้ำใบบัวบกชนิดต่างๆ และกาก รวมโดยการวัดสี การวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter และวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่างโดยใช้ hand refractrometer ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพทั้งหมดของตัวอย่างน้ำใบบัวบกดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4.1 ค่าสีของใบบัวบกและกาก

ลักษณะ		ค่าสี*		
		L	a	b
ใบ	ด้านหน้า	46.49±2.36	-13.16±2.04	+15.31±3.69
	ด้านหลัง	51.48±2.20	-12.33±1.40	+15.84±2.60
กาก		33.00±1.32	-6.45±0.61	+11.35±0.42

หมายเหตุ : L คือ ค่าความสว่าง

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

* ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง พบว่าค่าสีที่วัดได้จากใบและกากนั้นลักษณะเป็นสีเขียว แต่ในกากจะมีที่อ่อนกว่าในใบบัวบก เพราะได้ทำการสกัดสีในใบออกไปบางส่วนจึงทำให้กากที่วัดสีออกมาได้มีสีอ่อนกว่า

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์

ตัวอย่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)*
น้ำใบบัวบกสด	1.60±0.30
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน	12.30±0.10
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม	12.30±0.10
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์	12.60±0.20

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการทดลองตัวอย่างน้ำใบบัวบก 4 ตัวอย่าง พบว่าในการหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำบัวบกสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 °Brix น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมร้อนเท่ากับ 12.30 °Brix น้ำใบบัวบกสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมน้ำเชื่อมมีค่าเท่ากับ 12.30 °Brix และน้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 °C เวลา 20 วินาที เท่ากับ 12.60 °Brix

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์

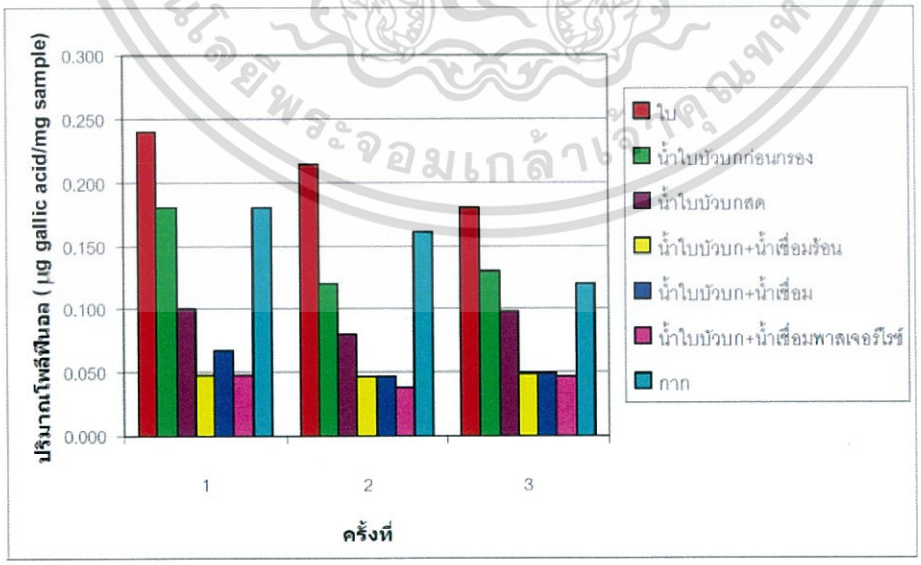
ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง*
น้ำใบบัวบกสด	6.07±0.02
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน	6.07±0.02
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม	6.07±0.02
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์	6.07±0.02

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่ากระบวนการทำน้ำใบบัวบกตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.07 ซึ่งจากการทดลองค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเติมน้ำเชื่อม แต่จะมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ที่จะเพิ่มขึ้น

4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง 7 ตัวอย่างได้แก่ ใบบัวบก น้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบดสด น้ำใบบัวสดผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์และกาก โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารประกอบฟีนอลมาตรฐานและรายงานผลผลการทดลองเป็นไมโครกรัมสมบูลย์ของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมตัวอย่าง ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลในใบบัวบก น้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ และกาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโพลีฟีนอลในตัวอย่างใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์

ตัวอย่าง	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลิลิตร)*
ใบบัวบกสด	0.211±0.30
น้ำใบบัวบกก่อนกรอง	0.143±0.30
น้ำใบบัวบกสด	0.093±0.01
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมร้อน	0.048±0.00
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อม	0.054±0.01
น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์	0.044±0.00
กาก	0.153±0.06

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการทดลองหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของบัวบก 7 ตัวอย่าง คือ ใบบัวบกสด น้ำบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมเย็นพาสเจอร์ไรซ์ และกาก โดยการสกัดด้วยน้ำสะอาดพบว่าปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในใบบัวบกสดมีค่ามากที่สุดเฉลี่ยของทั้ง 3 ซ้ำของการทดลอง คือ 0.211 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด รองลงมาในกากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.153 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด และพบว่าปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดจะลดลงตามลำดับดังนี้ น้ำบัวบกก่อนกรอง น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมเย็น น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมร้อน และน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์จะมีค่าน้อยที่สุดเฉลี่ย คือ 0.044 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของใบบัวบกโดยวิธีการวัดสี วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่า สีของใบบัวบกมีลักษณะเข้มกว่าสีของกากเนื่องจากกากได้มีการสกัดน้ำใบบัวบกออกมาบางส่วนทำให้สีของกากจางลง ส่วนค่า pH ของน้ำใบบัวบกมีค่าเฉลี่ยคือ 6.07 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำใบบัวบกสดคือ 1.6 °Brix แต่เมื่อได้ทำการเติมน้ำเชื่อมในอัตราส่วน 1:1 ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าเพิ่มมากขึ้น

กระบวนการผลิตน้ำใบบัวบก 4 ลักษณะคือ น้ำใบบัวบกสด น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมร้อน น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อม น้ำใบบัวบกสดผสมน้ำเชื่อมพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการผลิตแบบน้ำใบบัวสดนั้นมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด และการผลิตแบบน้ำใบบัวบกผสมน้ำเชื่อมพาสเจอรไรซ์มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดน้อยที่สุด และในส่วนกากของบัวบกนั้นยังคงมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเหลืออยู่มาก ดังนั้นความร้อนหรืออุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปั่นใบบัวบกกับน้ำ ความร้อนของน้ำเชื่อมที่ผสมในน้ำใบบัวบก และความร้อนที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์น้ำใบบัวบกมีผลทำให้ปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในน้ำใบบัวบกลดลง

อย่างไรก็ตามในบัวบกนั้นมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลหลายชนิด เพื่อให้มั่นใจว่าสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีการวิเคราะห์หาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น DPPH, ABTS, FTC และ FRAP

นอกจากนี้ควรมีการนำกากใบบัวบกที่เหลืออยู่จากการผลิตน้ำใบบัวบกที่ยังคงมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่มากนั้นไปเสริมในการผลิตอาหารอื่น เช่น คุกกี้ สาหร่าย ไส้กรอก ไอศกรีม เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยโครงการเรื่อง “ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก (Effect of processing on the amount and properties of antioxidant of *Asiatic Pennywort* leaves juice ที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติทำให้ได้ผลผลิตคือ บัณฑิตระดับปริญญาตรี สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 2 คน ได้แก่ นางสาวสกลสุภา อ่องประเสริฐ และ นางสาวณัฐพร รอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี. 2545. ประโยชน์ของสมุนไพรในงานสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน. 1. กรุงเทพฯ : บริษัทแสงมงคล ออฟเซ็ท จำกัด.

ชุลีกร สินธพรัตนะ. 2549. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติด้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกต่างกัน. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 58-71.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2545. ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในคู่มือปฏิบัติการวิชาเคมีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์หมัก สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2548. การดูแลสุขภาพแบบพึ่งตนเองด้วยยาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน. กรุงเทพฯ : บริษัท สามเจริญพาณิชย์ จำกัด.

มนตรี แสนสุข. สมุนไพร ผักพื้นบ้าน เพื่อชีวิตและสุขภาพ. 1. กรุงเทพฯ : Animate Print And Design Co.,Ltd.

วัลลภ วีชะรังสรรค์ และประณีต โอปณะโสภิต. 2004. ภาพรวมของอนุมูลอิสระและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากพืชในหลอดทดลอง. J of pharm Sci SWU. 9(1). 73-80

A.Abdul Hamid, Shah Md.Z. and Moharned S. 2002 Characterisation of antioxidative activities of various extracts of *Centella asiatica* (L) Urban. *Food Chemistry*. 77: 465-469

Alonso, A., Castro, R., Rodriguez, C., Guillen D. and Barroso, C. 2004. Study of the antioxidant power of brandies and vinegars derived from Sherry wine and correlation with their content in polyphenols. Food Res. Int. 37 : 715-721.

AOAC .1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 10th edition. Arlington, Virginia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

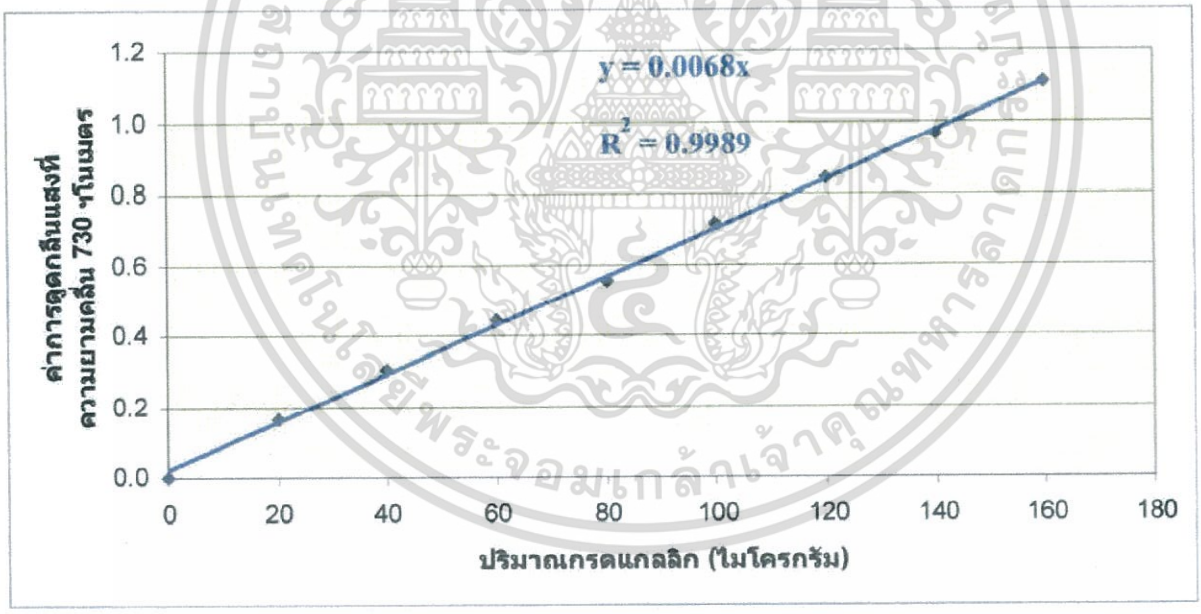
ภาคผนวก ก
การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใบบัวบก น้ำใบบัวบกชนิดต่างๆ และกาก

ตารางที่ ก1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน

ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	0	0	0	0.000
20	0.168	0.167	0.167	0.167
40	0.3	0.305	0.306	0.304
60	0.447	0.435	0.447	0.443
80	0.564	0.536	0.571	0.557
100	0.731	0.713	0.702	0.715
120	0.846	0.845	0.839	0.843
140	0.96	0.973	0.961	0.965
160	1.098	1.116	1.119	1.111



ภาพที่ ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างกรดแกลลิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

สมการจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

$$y = 0.0068x$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

x = ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดครั้งที่ 1

ตัวอย่างที่ใช้ คือ ใบบัวบก น้ำหนัก 0.5 กรัม (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.817/0.0068$

$= 120.14$ µg

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 120.14×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{120.14 \times 10^{-6} \times 50}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.240 % (w/v)

ตัวอย่างที่ใช้ คือ น้ำใบบัวบกก่อนกรอง น้ำหนัก 0.5 ml (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.612/0.0068$

$= 90$ µg

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 90×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{90 \times 10^{-6} \times 50 \text{ กรัม}}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.18 % (w/v)

ตัวอย่างที่ใช้ คือ น้ำใบบัวบกสด น้ำหนัก 0.5 ml (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.341/0.0068$

$= 50.15$ µg

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 50.15×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{50.15 \times 10^{-6} \times 50}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.10 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ใช้ คือ น้ำใบบัวบกสด + น้ำเชื่อมเย็น น้ำหนัก 0.5 ml (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.225/0.0068$

$= 33.09$ µg

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 33.09×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{33.09 \times 10^{-6} \times 50}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.066 % (w/v)

ตัวอย่างที่ใช้ คือ น้ำใบบัวบกสด + น้ำเชื่อมร้อน น้ำหนัก 0.5 ml (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.143/0.0068$

$= 21.03$ µg

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 21.03×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{21.03 \times 10^{-6} \times 50}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.043 % (w/v)

ตัวอย่างที่ใช้ คือ น้ำใบบัวบกสด + น้ำเชื่อมเย็น พาสเจอร์ไรซ์ น้ำหนัก 0.5 ml (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.162/0.0068$

$= 23.82$ µg

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 23.82×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\frac{23.82 \times 10^{-6} \times 50}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.048 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ใช้ คือ กากใบบัวบกสด น้ำหนัก 0.5 กรัม (diluted 50 เท่า = 0.025 mL)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.0068x$

แทนค่า Absorbance ในสมการเส้นตรง

ปริมาณ Gallic acid $= 0.401/0.0068$

$= 58.97\ \mu g$

น้ำใบบัวบก 0.01 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล 58.97×10^{-6} กรัม

ถ้าน้ำใบบัวบก 100 ml มีปริมาณโพลีฟีนอล $\dfrac{58.97 \times 10^{-6} \times 50}{0.025}$ กรัม

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด = 0.18 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

สรุปการใช้จ่ายเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา.....

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ ปี 2551

☐ แหล่งงบประมาณแผ่นดิน) แบบปกติ (☑ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำใบบัวบก

ภาษาอังกฤษ Effect of processing on the amount and properties of antioxidants of Asiatic Pennywort leaves juice

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) .....อาจารย์จิราภรณ์ สิริสัณห์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2550 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2551

ระยะเวลาดำเนินการ.....1....ปี .....-....เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2552

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 20,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) -

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-	-	-
งบดำเนินงาน	-	-	-
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	-	-	-
ค่าวัสดุ	20,000	19,986.48	13.52
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	20,000	19,986.48	13.52

(อ.จิราภรณ์ สิริสัณห์)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
...../.../.....

(นงนงเยาว์ สิริสกุล)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
...../.../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าการเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

ประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสาวจิราภรณ์ สิริสัณห์

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ม.	อาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา	มหาวิทยาลัยมหิดล	พ.ศ.2545
วท.บ.	เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	พ.ศ. 2541

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ

1. การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารของผลิตภัณฑ์อาหารในกระบวนการผลิต และ
2. ระบบคอลลอยด์ในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้