การศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในฟักข้าวสดและผลิตภัณฑ์จากฟักข้าว

The Study of phytochemical and antioxidant activity of Thai gac and gac product

จารุชา ยี่แสง

สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
pond_rno@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดฟักข้าวสด และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว ผลการทดลองพบว่า เยื่อหุ้มฟักข้าว มีปริมาณไลโคพีน ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 96.20 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 44.1 มิลลิกรัมสมมูลคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง และ 221.76 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าวจะมีปริมาณสารพฤกษเคมีน้อยกว่าตัวอย่างฟักข้าวสด ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH method และ FRAP assay พบว่าสารสกัดจากเนื้อฟักข้าว ให้กิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด ทั้ง 3 วิธี โดยให้ค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับร้อยละ 73.91 มีค่า IC50 เท่ากับ 36.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และให้ค่าการทดสอบ FRAP assay เท่ากับ 65.15 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว พบว่า น้ำฟักข้าว มีค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุดทั้ง 3 วิธี โดยมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับร้อยละ 52.03 และมีค่า IC50 เท่ากับ 92.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และให้ค่าการทดสอบ FRAP assay เท่ากับ 20.98 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ผลการศึกษาแนวทางในการป้องกันการสูญหายปริมาณสารพฤกษเคมีในผลิตภัณฑ์ฟักข้าวระหว่างกระบวนการแปรรูปพบว่า สารสกัดที่เติมน้ำมันมะกอกมีปริมาณสารพฤกษเคมีและมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: ฟักข้าว สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The aims of this study were to determine amount of phytochemical and antioxidant activity of Gac fruit extracted and Gac product. The results showed that Gac aril gave the highest total amount of lycopene, flavonoid and phenolic compound 96.20 g/100 g fresh weight, 44.1 mg CG/g sample and 221.76 mg GAE/g sample, respectively. All of Gac product showed lower amount of phytochemical compared with Gac fruit. The results of antioxidant activity with DPPH method and FRAP assay found that Gac pulp have highest % DPPH inhibition as 73.91±0.004 and IC50 of %DDPH inhibition was 36.01 mg/ml and gave antioxidant activity with FARP assay as 20.98 Fe(ll)/g. On the other hand, the addition of olive oil before spray drying has been showed the effectiveness in preserving phytochemical in term of flavonoid, phenolic compound and antioxidant activity as higher than control.

Keywords: Gac fruit, phytochemical, antioxidant

1. บทนำ

ฟักข้าวเป็นพืชพื้นบ้านที่มีประโยชน์ทางโภชนาการและมีคุณค่าทางสมุนไพร และได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ของฟักข้าวในด้านต่าง ๆ เช่น สารสกัดจากเมล็ดฟักข้าวสามารถลดปัญหาโรคกระเพาะอาหารได้ ลดการอักเสบ กระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเนื้องอก นอกจากนั้นยังพบว่าสารสกัดเมล็ดฟักข้าวสามารถยับยั้งเชื้อจุลชีพและเชื้อ HIV ได้เป็นอย่างดี (Tsai *et al*., 2005, Nantachit and Tuchind, 2009) ทำให้มีการส่งเสริมการแปรรูปฟักข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชนเพื่อวางจำหน่ายเป็นจำนวนมาก ทั้งในรูปของอาหารเสริมและเภสัชภัณฑ์ โดยเฉพาะในเขต อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม มีการจัดตั้งกลุ่มสหกรณ์เพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากฟักข้าวส่งออกจำหน่ายเป็นสินค้า OTOP ประจำจังหวัดนครปฐม ระดับ 4 ดาว แบรนด์ออก้า (Orga) แต่อย่างไรก็ตาม จากรายงานการวิจัยส่วนใหญ่มักระบุว่าประโยชน์ของฟักข้าวจะอยู่ในรูปของสารพฤกษเคมี โดยเฉพาะ ไลโคพีน และบีตาแคโรทีน ซึ่งมีรายงานทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าทั้งบีตา-แคโรทีน และไลโคพีน เป็นสารที่ไวต่อการสูญเสียเมื่อได้รับสารเคมีและความร้อนสูง (Nhung *et al*., 2010) ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีและการเกิดกิจกรรม สารต้านอนุมูลอิสระและโดยเฉพาะสารไลโคพีน และสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในฟักข้าวก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญที่สามารถนำคำตอบที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ฟักข้าวที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญหายของสารออกฤทธิ์ในฟักข้าว ตลอดจนสามารถส่งเสริมให้ชุมชนสามารถเรียนรู้ การใช้ประโยชน์และส่งเสริมอุตสาหกรรมการแปรรูปฟักข้าว อีกทั้งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าวให้ได้รับการยอมรับต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมี กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ และกิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์ของฟักข้าวสดและผลิตภัณฑ์จากฟักข้าว

2. เพื่อศึกษาการแปรรูปฟักข้าวเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญหายของสารพฤกษเคมีได้

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดจากฟักข้าว

นำส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างฟักข้าวพันธุ์ไทย (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng) ได้แก่ เปลือกฟักข้าว เนื้อฟักข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ด ไปย่อยให้มีขนาดเล็กปริมาณ 50 กรัม มาทำการสกัดโดยใช้น้ำปริมาตร 400 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าบนเครื่องกวนสารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และที่ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ hot plate เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจากนั้นกรองสารสกัดที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้มาระเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำไปทำเป็นผงแห้งด้วยเครื่อง freeze dryer เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป สำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว เตรียมโดยเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายใน จ.นครปฐม นำไปปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที ปิเปตเฉพาะสารละลายส่วนใสไปทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.2 วิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี โดยทำการวิเคราะห์ค่าดังนี้

3.2.1 ไลโคพีน ด้วยวิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Nagata and Yamashita, 1992)

นำส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างฟักข้าว (เปลือกฟักข้าว เนื้อฟักข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ด)ปริมาณ 1 กรัม มาเติมตัวทำละลายผสมระหว่าง อะซิโตนต่อเฮกเซน ที่อัตราส่วน 4:6 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เพื่อสกัดสารไลโคปีน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณสารไลโคปีนในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักตัวอย่างสด ตามสมการ

ปริมาณไลโคพีน = - 0.0458 A663 + 0.204 A645 + 0.372 A505 - 0.0806 A453

3.2.2 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (ตามวิธีการของ Bakar, *et al*., 2009)

นำสารสกัดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 450 ไมโครลิตร เติมสารละลาย NaNO2 เข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เก็บในที่มืด 6 นาที จากนั้นเติม AlCl3.6H2O ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร 60 ไมโครลิตร เก็บในที่มืด 5 นาที จากนั้นเติม 1โมลาร์ NaOH 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ใช้สารละลายคาทีชิน ((+)-catechin hydrate) เป็นสารมาตรฐาน

3.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Tsai *et al*., 2005)

โดยนำสารสกัดตัวอย่างมา 2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ลงไป 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 เข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยมวลต่อปริมาตร ลงไป 2 มิลลิลิตรเก็บไว้ในที่มืดอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก (mg/g Gallic acid equivalent, GAE)

3.3 ทดสอบการเกิดกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ

ทดสอบการเกิดกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระในฟักข้าวก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนี้

3.3.1 ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

นำสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของฟักข้าวมาเจือจางที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเจือจางลดลงทีละครึ่ง (7.7, 3.85, 1.925, 0.9625, 0.48125 และ 0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) เตรียมสารละลายมาตรฐาน BHT และกรดแอสคอบิก โดยนำมาเตรียมสารละลายที่มีความเจือจางลดลงทีละครึ่ง (0.5, 0.25, 0.125, 0.0625 และ 0.03125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นนำสารสกัดจากฟักข้าวที่เจือจางแล้วและสารละลายมาตรฐาน BHT และกรดแอสคอบิก มาทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยนำตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตรผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาณ 1.8 มิลลิลิตรนำไปบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใส่เมทานอลแทนสารสกัด โดยใช้เมทานอลเป็น blank นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากสมการ

ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ = [(A control – A sample)/A control]×100

เมื่อ A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมและ A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

คำนวณหาค่า IC50 จากกราฟระหว่างร้อยละการดักจับอนุมูลอิสระกับความเข้มข้นของสารสกัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณอนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่ง (IC50) ของสารสกัดจากฟักข้าวกับสารละลายมาตรฐาน BHT และกรดแอสคอบิก (Braca *et al*., 2001)

3.3.2 ศึกษาการเกิดกิจกรรมการต้าน Ferric reducing/antioxidant power (FRAP assay)

เตรียม สารละลาย FRAP reagent ประกอบด้วย อะซีเตตบัฟเฟอร์ pH 3.6, 300 มิลลิโมล; สารละลาย ironreagent (TPTZ) 10 มิลลิโมล ละลายใน 40 มิลลิโมลกรดไฮโดรคลอริก, และ $FeCl_3.6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล (สารละลายนี้เตรียมใหม่ก่อนใช้ทุกครั้ง) นำสารละลาย FRAP reagent ที่ได้ปริมาตร 1.9 มิลลิลิตร ไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารสกัดจากฟักข้าวและผลิตภัณฑ์จากฟักข้าว ปริมาตร 100ไมโครลิตร ลงไปทำปฏิกิริยา ทิ้งไว้เป็นเวลา 4 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร คำนวณค่าการเกิดกิจกรรมเทียบกับกราฟมาตรฐานของ FeSO4, แสดงค่าในรูปของไมโครโมล $FeSO_4$ ต่อกรัม (Benzie and Strain, 1996)

3.4 การศึกษาแนวทางการแปรรูปผลิตภัณฑ์ฟักข้าว ที่สามารถหลีกเลี่ยงการสูญหายของสารออกฤทธิ์ในฟักข้าว โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าวนำไป ปั่นผสมร่วมกับให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที ปิเปตเฉพาะสารละลายส่วนใสไปเติมกลีเซอรอล เจลาติน หรือน้ำมันมะกอก (เตรียมที่ความเข้มข้นร้อยละ 20) ในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตร:ปริมาตร) เพื่อให้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารป้องกันเท่ากับร้อยละ 10 แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่คงอยู่ เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมสารป้องกัน

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลรวมทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง (n=3) และนำมาผลที่ได้มาวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±S.D.) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ P <0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS software version 11

4. ผลการทดลอง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี

ผลการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีจากฟักข้าวในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตัวอย่าง ฟักข้าวสด 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกฟักข้าว เนื้อฟักข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ด พบว่าในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวสดมีปริมาณไลโคพีนที่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 32.80-96.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยตัวอย่างที่มีปริมาณไลโคพีนสูงที่สุดคือส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด และตัวอย่างเนื้อฟักข้าวจะมีปริมาณไลโคพีนต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณไลโคพีน ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างฟักข้าวสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว

สารสกัด	ไลโคพีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	ฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมสมมูลคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง)
เปลือกฟักข้าว	$74.80^{a}\pm1.25$	$29.2^{b}\pm2.01$	$187.90^{b}\pm3.40$
เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว	$96.20^{b}\pm2.43$	$44.1^{a}\pm1.53$	$221.76^{a}\pm4.18$
เนื้อฟักข้าว	$32.80^{c}\pm1.10$	$22.1^{c}\pm1.43$	$105.68^{c}\pm2.25$
ครีมอาบน้ำฟักข้าว	ND	$23.2^{c}\pm2.20$	$129.74^{c}\pm2.53$
โลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว	ND	$21.1^{cd}\pm2.43$	$126.39^{c}\pm3.74$
น้ำฟักข้าว	ND	$19.9^{d}\pm1.25$	$80.07^{d}\pm2.12$

หมายเหตุ * ND; Not detected ** ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1) การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH method

DPPH method เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazy (DPPH) เป็น stable radical ในตัวทำละลายเมทานอล (methanol) สารละลายนี้มีสีม่วง เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลาย สีม่วงจะลดลง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สารมาตรฐานคือ กรดแอสคอบิก และ BHT เป็นตัวควบคุม วิเคราะห์หาร้อยละการกำจัดต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และความสามารถในการทำให้ความเข้มข้น DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) จะพบว่าในกลุ่มของสารสกัดฟักข้าว พบร้อยละการกำจัดสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในเนื้อฟักข้าว ตามด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว และเปลือกฟักข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.91, 71.09 และ 68.23 ตามลำดับ และพบว่าเนื้อฟักข้าว มีความสามารถในการทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) ดีที่สุด ตามด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว และเปลือกฟักข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.01, 48.87 และ 62.97 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และในส่วนของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว พบว่าร้อยละการกำจัดสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดใน น้ำฟักข้าว ตามด้วยโลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว และครีมอาบน้ำฟักข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 52.03, 47.71 และ 46.10 ตามลำดับ และพบว่าน้ำฟักข้าวมีความสามารถในการทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) ดีที่สุด ตามด้วยโลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว และครีมอาบน้ำฟักข้าว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 92.18, 104.14 และ 111.52 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

2) ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay

FRAP assay เป็นวิธีในการสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน [Fe(III) (TPTZ)2] 3+ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น [Fe(II) (TPTZ)2] 2+ ซึ่ง[Fe(II)(TPTZ)2] 2+ มี ความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ปริมาณของ [Fe(II)(TPTZ)2] 2+ ที่เกิดขึ้นสามารถใช้ประมาณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ในรูป FRAP value เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานของ $FeSO_4$ โดยมีสมการของกราฟมาตรฐาน y=0.3079x+0.0026, R^2 =0.9994 จากผลการทดลองที่ได้จะพบว่าในสารสกัดจากเนื้อฟักข้าวมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ FRAP ดีที่สุด ตามด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว และเปลือกฟักข้าว ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 65.16, 46.96 และ 38.88 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าวจะพบว่าในครีมอาบน้ำฟักข้าว มีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ FRAP ดีที่สุด ตามด้วยโลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว และน้ำฟักข้าว ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระคือ 31.37, 24.22 และ 20.98 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

3) ผลการศึกษาแนวทางการแปรรูปผลิตภัณฑ์ฟักข้าว

ผลการศึกษาแนวทางการแปรรูปผลิตภัณฑ์ฟักข้าว ที่สามารถหลีกเลี่ยงการสูญหายของสารออกฤทธิ์ชีวภาพในฟักข้าว โดยการเติมสารที่จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการถูกทำลายของสารพฤกษเคมีในผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการแปรรูป 3 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล เจลาติน หรือน้ำมันมะกอก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตร:ปริมาตร) เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมสารป้องกัน ผลการทดลองพบว่า การเติมเจลาติน และน้ำมันมะกอก ให้ผลของปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าในตัวอย่างชุดควบคุมที่ไม่เติมสารป้องกันในทุกชุดตัวอย่างสารสกัด โดยปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ดังแสดงในตารางที่ 3 ก-ค

ตารางที่ 2 ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH และความสามารถในการทำให้ความเข้มข้น DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) และความสามารถในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระ FRAP ในตัวอย่างสารสกัดจากฟักข้าวสด และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว

สารสกัด	ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH)	IC_{50} (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	FRAP (Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง)
เปลือกฟักข้าว	68.23[b]±0.004	62.97	38.88[c]±0.015
เนื้อฟักข้าว	73.91[a]±0.004	36.01	65.15[a]±0.023
เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว	71.09[a]±0.002	48.87	46.96[b]±0.012
ครีมอาบน้ำฟักข้าว	46.10[d]±0.004	111.52	31.37[d]±0.018
โลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว	47.71[d]±0.002	104.14	24.22[e]±0.026
น้ำฟักข้าว	52.03[c]±0.002	92.18	20.98[e]±0.013
แอสคอบิก	89.98±0.002	7.45	-
BHT	81.07±0.003	11.5	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3-ก ปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว (ครีมอาบน้ำฟักข้าว โลชั่นฟักข้าว และน้ำฟักข้าว) ที่เติมและไม่เติมสารป้องกัน

ตัวอย่าง	ไม่เติม	สารป้องกัน		
		กลีเซอรอล	เจลาติน	น้ำมันมะกอก
ครีมอาบน้ำฟักข้าว	23.2±0.003	23.5±0.012	27.2±0.010	27.8±0.012
โลชั่นฟักข้าว	21.1±0.004	20.6±0.007	25.3±0.008	25.0±0.010
น้ำฟักข้าว	19.9±0.004	18.3±0.010	21.9±0.013	22.6±0.008

ตารางที่ 3-ข ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว (ครีมอาบน้ำฟักข้าว โลชั่นฟักข้าว และน้ำฟักข้าว) ที่เติมและไม่เติมสารป้องกัน

ตัวอย่าง	ไม่เติม	สารป้องกัน		
		กลีเซอรอล	เจลาติน	น้ำมันมะกอก
ครีมอาบน้ำฟักข้าว	129.74±0.006	130.42±0.012	137.23±0.010	138.64±0.009
โลชั่นฟักข้าว	126.39±0.003	131.15±0.015	130.47±0.008	131.05±0.014
น้ำฟักข้าว	80.07±0.008	62.41±0.009	68.92±0.008	67.25±0.010

ตารางที่ 3-ค ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว (ครีมอาบน้ำฟักข้าว โลชั่นฟักข้าว และน้ำฟักข้าว) ที่เติมและไม่เติมสารป้องกัน

ตัวอย่าง	ไม่เติม	สารป้องกัน		
		กลีเซอรอล	เจลาติน	น้ำมันมะกอก
ครีมอาบน้ำฟักข้าว	46.10±0.005	45.87±0.008	46.02±0.009	47.67±0.012
โลชั่นฟักข้าว	47.71±0.005	47.14±0.013	48.18±0.015	49.05±0.012
น้ำฟักข้าว	52.03±0.003	50.43±0.014	52.12±0.006	53.90±0.010

5. วิจารณ์ผลการทดลอง

ในเขตพื้นที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม เป็นพื้นที่ที่มีการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จาก ฟักข้าวเป็นจำนวนมาก จนมีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสหกรณ์ เพื่อดำเนินการในผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากฟักข้าวทั้งภายในประเทศ รวมถึงส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ (ภัทร์ฐิตา เผ่าขุ้ย และ สุรภัทร์ พิไชยแพทย์, 2560) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวสดจากพื้นที่ ต.ทุ่งขวาง พบว่ามีปริมาณไลโคพีนอยู่ในช่วง 32.80-96.20 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยจะพบว่าในตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจะมีปริมาณไลโคพีนสูงที่สุดเท่ากับ 96.20 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งจัดว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณไลโคพีนที่พบในรายงานที่ผ่านมา (ตารางที่ 4) โดยปริมาณไลโคพีนจะมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของฟักข้าว (Nhung *et a*l., 2010)

ตารางที่ 4 ปริมาณไลโคพีนในเยื่อหุ้มฟักข้าวจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่ง	ปริมาณไลโคพีน (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)	อ้างอิง
นครปฐม, ประเทศไทย	96.20	รายงานวิจัยนี้
นครปฐม, ประเทศไทย	70.00	Kubola and Siriamornpun (2011)
โฮจิมินท์, ประเทศเวียดนาม	38.00	Aoki *et al*., (2002)
ฮานอย, ประเทศเวียดนาม	80.20	Vuong *et al*., (2002)
ประเทศเวียดนาม	40.80	Vuong *et al*., (2006)

อย่างไรก็ตามในกระบวนการแปรรูปฟักข้าว มีขั้นตอนการให้ความร้อน รวมถึงการเติมสารเคมี ที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารพฤกษเคมีที่อยู่ในฟักข้าว จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีของสารสกัดจาก ฟักข้าวสด และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว พบว่า สารสกัดจากฟักข้าวสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าที่พบในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว โดยเฉพาะในตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าที่พบในเนื้อฟักข้าว และในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว ถึง 2 เท่า สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Kubola and Siriamornpun (2011) ที่พบว่าส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจะมีปริมาณสารพฤกษเคมีในรูปของฟลาโวนอยด์ และลูทีโอลิน (luteolin) สูงกว่าที่พบในส่วนอื่น ๆ โดยสูงกว่าที่พบในเนื้อฟักข้าวถึง 4 เท่า และสูงกว่าที่พบในเปลือกฟักข้าว 3 เท่า

จากผลของการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP assay พบว่าสารสกัดในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวสดจะมีค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ สูงกว่าตัวอย่างในกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว และโดยเฉพาะในตัวอย่างเนื้อฟักข้าว พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 73.91±0.004 และสูงกว่าที่พบในกลุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปเกือบเท่าตัว โดยครีมอาบน้ำฟักข้าว โลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว

และน้ำฟักข้าว มีร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 46.10±0.004, 47.71±0.002 และ 52.03±0.002 ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ (FRAP assay) พบว่าสารสกัดเนื้อฟักข้าว มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่าความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ เท่ากับ 65.15 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่พบในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวสดด้วยกันถึง 2 เท่า (เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว และ เปลือกฟักข้าว เท่ากับ 46.96 และ 38.88 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ) และสูงกว่าที่พบในกลุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปถึง 3 เท่า โดย ครีมอาบน้ำฟักข้าว โลชั่นบำรุงผิวฟักข้าว และน้ำฟักข้าว มีร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ FRAP assay เท่ากับ 31.37, 24.22 และ 20.98 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากฟักข้าว พบว่าจะมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้น้อยลงเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวสด ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ฟักข้าว ต้องอาศัยอุณหภูมิ ความร้อน กรรมวิธีในการสกัดสารสกัด และมีการเติมสารเคมี บางชนิด ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระลดลง

ในการศึกษาแนวทางการป้องกันการสูญเสียสารพฤกษเคมีในระหว่างกระบวนการแปรรูปฟักข้าว โดยการเติมสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกัน ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้สาร 3 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล เจลาติน และน้ำมันมะกอก ที่ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 10 ผลการทดลองที่ได้พบว่า เจลาติน และน้ำมันมะกอก ให้ผลของปริมาณ ฟลาโวนอยด์ ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าในตัวอย่างชุดควบคุมที่ไม่เติมสารป้องกันในทุกชุดตัวอย่างสารสกัด ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอล ให้ผลของปริมาณฟลาโวนอยด์ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH น้อยกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากในครีมอาบน้ำ และโลชั่นมีการเติมสารในกลุ่มที่ให้ความชุ่มชื้น น้ำมัน (oil) เป็นส่วนผสมแล้วบางส่วน การเติม น้ำมันมะกอกเข้าไปจึงเป็นการเพิ่มปริมาณของส่วนผสมดังกล่าวให้สูงขึ้น นอกจากนี้ ในน้ำมันมะกอกยังมีองค์ประกอบของวิตามิน อี จัดเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่ดี มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของสารในกลุ่มไขมัน จึงทำให้ชุดการทดลองที่เติมน้ำมันมะกอกมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อเทียบกับชุดควบคุม มีรายงานการวิจัยที่ศึกษาการเติมสารบางกลุ่ม เช่น มอลโตเดร็กซ์ตริน กัมอะราบิก เจลาติน และน้ำมันพืชบางชนิด (น้ำมันมะกอก น้ำมันดอกโรสแมรี่) ทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้ม (encapsulate) สารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในผักผลไม้ ไม่ให้เกิดการสูญเสียระหว่างกระบวนการแปรรูปที่ให้ความร้อนสูง (Chopda and Barrett, 2001; Abadio *et al*., 2004) เช่นเดียวกับรายงานการวิจัยของ Kha *et al*. (2010) ที่ทำการศึกษาแนวทางในการป้องกันการสูญเสียปริมาณไลโคพีนและบีต้าแคโรทีน ระหว่างกระบวนการแปรรูปฟักข้าวผง ผลการทดลองพบว่า การใช้มอลโตเดร็กซ์ตรินที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ร่วมกับการทำแข็งแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะสามารถคงอยู่ปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 80

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในฟักข้าวมีสารพฤกษเคมีและสารออกฤทธิ์ชีวภาพอยู่ในปริมาณมาก การหาวิธีการที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบตลอดไปจนถึง กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงวิธีการที่ทำให้เกิดความสูญเสียของปริมาณสารพฤกษเคมีในผลิตภัณฑ์ ซึ่งวิธีการเพิ่มสารป้องกันในกลุ่มของวิตามินและน้ำมัน ในกระบวนการแปรรูปฟักข้าว จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนา และปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์จากฟักข้าวให้เป็นที่ต้องการของตลาดต่อไป

6. สรุปผลการวิจัย

ปริมาณสารพฤกษเคมีในตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีปริมาณไลโคพีน ฟลาโวนอยด์ และ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 96.20 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด 44.1 มิลลิกรัมสมมูลคาทีชินต่อกรัมตัวอย่าง และ 221.76 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ สารสกัดจากเนื้อฟักข้าวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH method และ FRAP assay สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 73.91 และ 65.15 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ฟักข้าวที่ผ่านกระบวนการแปร

รูปจะมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าตัวอย่างฟักข้าวสดทุกตัวอย่าง โดยน้ำฟักข้าว มีค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุดในกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูป มีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับร้อยละ 52.03 และให้ค่าการรีดิวซ์อนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay เท่ากับ 20.98 Fe(ll) ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ผลการศึกษาแนวทางในการป้องกันการสูญหายปริมาณสารพฤกษเคมีในผลิตภัณฑ์ฟักข้าวระหว่างกระบวนการแปรรูปพบว่า สารสกัดที่เติมน้ำมันมะกอกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

7. เอกสารอ้างอิง

ภัทร์ฐิตา เผ่าขุ้ย และ สุรภัทร์ พิไชยแพทย์. (2560). การใช้นวัตกรรมทางสังคมบริหารจัดการสินทรัพย์ท้องถิ่นเพื่อสร้างรายได้ กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกฟักข้าวบ้านปลักไม้ลาย จังหวัดนครปฐม. **ในรายงานการประชุมเชิงวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ : เชียงใหม่

Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges, S.V. and Oliveira, V.M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice: effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering.** 64(3): 285–287.

Aoki,H., Kieu,M. T.N., Kuze, N., Tomisaka, K. and Chuyen, V. N. (2002). Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinenensis Spreng.*). **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 66(11): 479–482.

Bakar, M. F., Mohamed, M., Rahmat, A. and Fry, J. (2009). Phytochemicals and antioxidant activity of different parts of bambangan (*Mangifera pajang*) and tarap (*Artocarpus odoratissimus*). **Food Chemistry**. 113: 479–483.

Benzie, I. F. and Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘‘antioxidant power’’: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**. 239. 70–76.

Braca, A., Tommasi, N. D., Bari, L. D., Pizza, C., Politi, M.andMorelli, I. (2001).Antioxidant principles from *Bauhinia terapotensis*. **Journal of Natural Products,** 64, 892–895

Chopda, C.A. and Barrett, D.M. (2001). Optimization of guava juice and powder production. **Journal of Food Processing and Preservation.** 25 (6): 411–430.

Kha, T.C., Nguyen, M.H., Roach, P.D. and Stathopoulos, C.E. (2010). Effects of Gac aril microwave processing conditions on oil extraction efficiency, and b-carotene and lycopene contents. **Journal of Food Engineering**. 117: 486–491.

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

Nagata, M. and I. Yamashita. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal Japan Society Food Science and Technology.** 39: 925-926.

Nantachit, K. and Tuchinda, P. (2009). Antimicrobial activity of hexane and dichloromethane extracts from *Momordica cochinchinensis* (Lour.) spreng leaves. **Thai Pharmaceutical Health Science Journal**. 4(1): 15-20.

Nhung, D. T. T., Bung, P. N., Nguyen Thu Ha, N. T. and Phong, T. K. (2010). Changes in lycopene and beta carotene contents in aril and oil of gac fruit during storage. **Food Chemistry**. 121: 326–331.

Tsai, T.H., Tsai, P.J. and Ho, S.C. (2005). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Several Commonly Species. **Journal of Food Science**. 70(1), 93–97.

Vuong, L. T. and King, J. C. (2002). A method for preserving gac fruit oil, a rich source of beta- carotene and essential fatty acids in North Vietnam. **Food and Nutrition Bulletin**. 24(4): 372–373.

Vuong, L. T., Franke, A. A., Custer, L. J. and Murphy, S. P. (2006). *Momordica cochinchinensis Spreng* (gac) fruit carotenoids reevaluated. **Journal of Food Composition and Analysis**. 19: 664–668.

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานกรรมการการวิจัยแห่งชาติ งบประมาณประจำปี 2559 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณ บุคลากรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ช่วยให้งานวิจัยสำเร็จด้วยดี