การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้ง
Studies on Total Phenolic and Total Carotenoids from Dried Gac Aril

สโรชา เม่นชาวนา[1] สุนิษา กองชัยสงค์[1] เกตุการ ดาจันทา[2] ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์[2] หทัยทิพย์ ร้องคำ[2] อุทัยวรรณ ฉัตรธง[2*]
E-mail: Utaiwan.c@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้งด้วยน้ำมันพืช โดยแปรผันอัตราส่วนเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) กับน้ำมันพืช (mL) จำนวน 4 ระดับ คือ 1:4 1:5 1:6 และ 1:7 ตามลำดับ พบว่า อัตราส่วนที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) อัตราส่วนเยื่อฟักข้าวอบแห้ง 1 g กับน้ำมันพืช 6 mL พบปริมาณสารประกอบ ฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดสูงที่สุดเป็น 0.15 mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด พบว่า การใช้อัตราส่วนเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) กับน้ำมันพืช (mL) เป็น 1:7 ในสารสกัดมีปริมาณสูงที่สุดเป็น 275.13 µg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL) ในอัตราส่วน 1:6 (262.77 µg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง) ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) กับน้ำมันพืช (mL) คือ 1:6 ซึ่งเยื่อฟักข้าวอบแห้งที่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปสามารถนำสารที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายเพื่อเพิ่มมูลค่า

คำสำคัญ: ฟักข้าวอบแห้ง น้ำมันพืช ฟีนอลิกทั้งหมด แคโรทีนอยด์

Abstract

This research aims to study the optimum ratio for extraction of total phenolic compounds and total carotenoids from dried gac aril by varying 4 ratios between dried gac aril (g) and vegetable oil (mL) which are 1:4, 1:5, 1:6 and 1:7, respectively. The result was found that an increasing of extracted oil ratio affected to increase total phenolic compound content, total carotenoids content, a* and b* values ($p \leq 0.05$). Therefore, the ratio of dried gac aril 1 g and vegetable oil 6 mL had the highest total phenol content (0.15 mg GAE/g dried gac aril). For the total carotenoids analysis, it was found that the 1:7 ratio of dried gac aril (g) and vegetable oil (mL) had the highest content which was 275.13 µg β-carotene/g dried gac aril. However, this total carotenoids content was not significantly different ($p>0.05$) with dried gac aril (g) and vegetable oil (mL) at a ratio of 1:6 (262.77 µg β-carotene/g dried gac aril). Thus, the optimum ratio for extraction of dried gac aril (g) and vegetable oil (mL) was 1:6. The dried gac arils that have been extracted oil were processing waste that can be applied in a wide variety of products to add value.

Keywords: Dried gac, Vegetable oil, Total phenolic, Carotenoids

ความเป็นมาของปัญหา

ฟักข้าวนับว่าเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีสารพฤกษเคมีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Aoki *et al*., 2002; Tran, 2007) จากรายงานของปวันรัตน์ วิหงส์ และคณะ (2557) เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสารไลโคพีนและสารบีตา-แคโรทีนในปริมาณสูง โดยสารพฤกษเคมีเหล่านี้มีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหาร และโรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น รวมทั้งยังมีกรดไขมันจำเป็น ได้แก่ Omega 6 และ Omega 3 ซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ช่วยทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้ตามปกติ ช่วยพัฒนาสมองและการมองเห็นในเด็ก และเป็นตัวช่วยทำให้เกิดการดูดซึมของไลโคพีนและบีตา-แคโรทีนเข้าสู่ร่างกายได้ดียิ่งขึ้น (Ishida *et al*., 2004; Vuog *et al*., 2006) ในฟักข้าวมีสารไลโคพีนซึ่งพบได้ทั้งในเนื้อผลและเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พบในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีมากกว่าสูงถึง 380 µg/g ซึ่งมากกว่าพืชที่พบไลโคพีนชนิดอื่นประมาณ 10-12 เท่า และมีปริมาณบีตา-แคโรทีนในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวประมาณ 101 µg/g ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในแครอท 10 เท่า (Aoki *et al*., 2002) นอกจากนี้ในฟักข้าวยังมีสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มของสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ในองค์ประกอบของพืช ทำให้เกิดสีและคุณลักษณะที่แตกต่างกันในผักและผลไม้ สารประกอบฟีนอล มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงช่วย

[1] นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[2] อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ป้องกันโรค เช่น ภูมิแพ้ รักษาการอักเสบ ป้องกันหลอดเลือดหัวใจตีบได้ (พิชญ์อร, 2549; Balasundram *et al*., 2006) จากคุณประโยชน์ที่มีมากในฟักข้าวดังกล่าว จึงมีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบและส่วนประกอบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เค้กฟักข้าว น้ำฟักข้าว ไอศกรีมฟักข้าว ชาฟักข้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการสกัดน้ำมันจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพื่อนำมาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพโดยบรรจุแคปซูลหรือนำไปใช้ในเครื่องสำอาง จึงเหลือวัสดุทางการเกษตรที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่สกัดน้ำมันแล้ว แต่ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สำหรับโครงสร้างหลักของสารประกอบฟีนอลประกอบด้วยวงเบนซีนและมีองค์ประกอบอื่นๆ แตกต่างกันทั้งที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ในการสกัดสารประกอบฟีนอลจากพืชสมุนไพรมักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เอทานอล เมทานอล หรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ได้แก่ เฮกเซน ปิโตเลียมอีเทอร์ ซึ่งเป็นสารเคมี น้ำมันพืชสามารถใช้เป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารที่ไม่มีขั้วได้ ราคาถูกและหาได้ง่าย อีกทั้งในฟักข้าวยังมี แคโรทีนอยด์ซึ่งสามารถละลายได้ดีในไขมันหรือน้ำมันจึงสามารถนำมาสกัดสารประกอบฟีนอลและแคโรทีนอยด์ที่อยู่ในฟักข้าวอบแห้งเพื่อให้ได้สารสกัดหรือน้ำมันสกัดจากฟักข้าวอบแห้งที่สามารถนำน้ำมันสกัดไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกและแคโรทีนอยด์จากเยื่อฟักข้าวอบแห้งโดยใช้น้ำมันพืช เพื่อลดการใช้ตัวทำละลายเคมีและสามารถนำสารที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลายหลายเพื่อเพิ่มคุณค่าและเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นประเภทการวิจัยประยุกต์ ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัย เก็บรวมรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้ เยื่อหุ้มฟักข้าว เป็นเยื่อหุ้มฟักข้าวจากการสกัดเย็นเพื่อนำน้ำมันฟักข้าวไปใช้ในเครื่องสำอางของวิสาหกิจชุมชนพิชยาน้ำมันมะพร้าว จังหวัดอุตรดิตถ์ นำมาอบแห้งจากนั้นลดขนาดฟักข้าวอบแห้งด้วยการตัดหรือบดจนมีขนาดอยู่ในช่วง 1-6 mm จึงเรียกว่า เยื่อฟักข้าวอบแห้ง ซึ่งมีสารสำคัญอยู่ จากนั้นนำมาสกัดหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและแคโรทีนอยด์ทั้งหมด มีวิธีการสกัด คือ ผสมเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) กับน้ำมันพืช (mL) (ยี่ห้อมรกต, จังหวัดสมุทรปราการ) แปรผันอัตราส่วนของเยื่อฟักข้าวอบแห้งกับน้ำมันพืช 4 ระดับ คือ 1:4 1:5 1:6 และ 1:7 (w/v) นำเยื่อฟักข้าวอบแห้งมาปั่นด้วยเครื่องปั่น (PHILIPS - HR2001, Thailand) น้ำมันพืช โดยใช้ความเร็วรอบสูงสุด เป็นเวลานาน 15 นาที นำสารสกัดเยื่อฟักข้าวไปกรองด้วยขวดลดความดัน (Suction flask) ใช้กระดาษกรอง Whatman No. 4 ได้สารสกัดหรือน้ำมันสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้ง นำไปเก็บในที่มืดเพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สกัดสารประกอบฟีนอลจากน้ำมันสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้งด้วยเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ใช้น้ำมันสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้ง 2 mL ในเมทานอล 20 mL เขย่านาน 30 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 rpm นาน 10 นาที นำส่วนของสารละลายไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำมันสกัดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้งด้วยวิธี Folin-ciocalteu method ตามวิธีของ Luque-Rodriguez *et al*. (2007) โดยปิเปตสารสกัดส่วนที่ใส ปริมาณ 400 µL ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 0.25 N ปริมาณ 2,000 µL เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 (w/v) ปริมาณ 1,600 µL บ่มหลอดทดลองในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Evolution 201 UV –Throm Scientific, USA) ที่ความยาวคลื่น 760 nm คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในหน่วย mg gallic acid equivalent (GAE)/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid

2) การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด อ้างอิงวิธีการของ Tran (2007) เติมน้ำมันสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้งปริมาณ 2,000 µL ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายผสมของเฮกเซน:อะซีโตน:เอทานอล (อัตราส่วน 50:25:25) ปริมาณ 20,000 µL ใส่เครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที นาน 30 นาที เติมน้ำกลั่น ปริมาณ 3,000 µL ปิเปตสารละลายบริเวณชั้นบน ปริมาณ 1,000 µL ใส่ในหลอดทดลอง วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 473 nm คำนวณปริมาณสารสารแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในหน่วย µg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ β-carotene

3) วัดค่าสีโดยเครื่องวัดสี (Minolta Camera ; CR-10) ตามวิธีของอัครเดช (2551) ก่อนการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่องด้วยแผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; L = 97.67, a = -0.18, b = +1.84) แล้วจึงทำการวัดสีตัวอย่าง โดยให้นำตัวอย่างวางบน Petri dish รองพื้นด้วยกระดาษสีขาว จึงนำหัววัดของเครื่องวัดสีไปแตะกับตัวอย่าง บันทึกค่า สี L* a* b* แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยที่ ค่าสี L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณีถ้า L* มีค่าเป็น 0 หมายถึงมืด (Darkness) แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 หมายถึง สว่าง (Lightness) ค่าสี a* คือ แสดงความเป็นสีแดงและเขียว (Redness/greenness)

กรณีถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีแดง และกรณีถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว ค่าสี b* คือ แสดงความเป็นสีเหลืองและ น้ำเงิน (Yellowness/blueness) กรณีถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง และกรณีถ้า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน

การออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวิเคราะห์ ANOVA ถ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้งที่มีการแปรผันอัตราส่วนของเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL) 4 ระดับ คือ 1:4 1:5 1:6 และ 1:7 ตามลำดับ พบว่า อัตราส่วนที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดที่ได้จากเยื่อฟักข้าวอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของน้ำมันพืชที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 เยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชในอัตราส่วน 1:6 พบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้งมากที่สุดเป็น 0.15 mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับการใช้เยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชในอัตราส่วน 1:7 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเป็น 0.14 mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง รองลงมาเป็นอัตราส่วน 1:5 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเป็น 0.12 mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง ตามลำดับ ส่วนการใช้อัตราส่วน 1:4 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดน้อยที่สุดเป็น 0.09 mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง จากวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด พบว่า อัตราส่วนที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดที่ได้จากเยื่อฟักข้าวอบแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของน้ำมันพืชที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยการใช้เยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชในอัตราส่วน 1:7 พบปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดเป็น 275.13 μg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับการใช้เยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชในอัตราส่วน 1:6 และ 1:5 ซึ่งมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 262.77 และ 228.38 μg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง ตามลำดับ ส่วนการใช้อัตราส่วน 1:4 มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุดเป็น 154.40 μg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้งที่มีอัตราส่วนเยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชที่แตกต่างกัน

เยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (μg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง)
1:4	0.09 ± 0.02^{c}	154.40 ± 12.97^{b}
1:5	0.12 ± 0.01^{b}	228.38 ± 31.47^{a}
1:6	0.15 ± 0.01^{a}	262.77 ± 34.25^{a}
1:7	0.14 ± 0.03^{ab}	275.13 ± 35.58^{a}

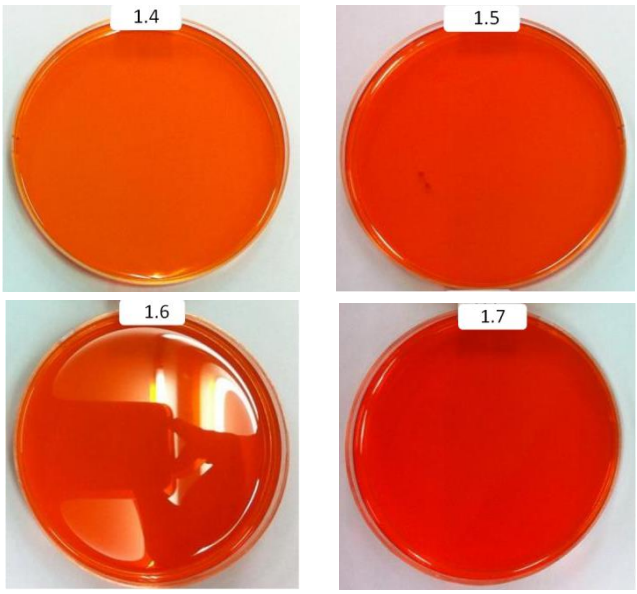
หมายเหตุ: เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับผลการวัดค่าสี L* a* b* พบว่า อัตราส่วนที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าสี L* a* และ b* ของสารสกัดที่ได้จากเยื่อฟักข้าวอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L* ซึ่งหมายถึงค่าความสว่างของ สารสกัดจากเยื่อฟักข้าวอบแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของเยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 การใช้เยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืชสกัด (mL) ในอัตราส่วน 1:4 มีค่าสี L* มากที่สุด เป็น 56.00 ซึ่งหมายถึง มีความสว่างมากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้อัตราส่วน 1:7 1:6 และ 1:5 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 1 ส่วนค่าสี a* หมายถึง สีส้มแดง และค่าสี b* หมายถึง สีเหลือง ให้ผลการวิจัยเป็นไปในแนวทางเดียวกัน พบว่า เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำมันพืชเพิ่มขึ้น ค่าสี a* และค่าสี b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการใช้เยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชสกัดในอัตราส่วน 1:7 มีค่าสี a* และค่าสี b* มากที่สุด เป็น 29.70 และ 42.50 มีสีแดงและสีเหลืองมากที่สุด ซึ่งหมายถึง สารที่สกัดได้มีสีส้มแดงเข้มที่สุด แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าสี L* a* และ b* ของสารสกัดสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอัตราส่วนของเยื่อฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชที่แตกต่างกัน

เยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL)	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*
1:4	56.00±1.62[a]	27.10±1.06[b]	33.07±2.23[b]
1:5	51.23±1.27[c]	28.20±1.18[ab]	35.83±3.30[b]
1:6	52.63±0.67[bc]	29.10±1.22[ab]	41.17±3.85[a]
1:7	52.70±1.97[bc]	29.70±0.53[a]	42.50±1.04[a]

หมายเหตุ: เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพประกอบที่ 1 สีของสารสกัดจากฟักข้าวอบแห้งที่มีอัตราส่วนของฟักข้าวอบแห้งต่อน้ำมันพืชที่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้อัตราส่วนระหว่างเยื่อฟักข้าวอบแห้งกับน้ำมันพืชที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และค่าสีในสารที่สกัดได้มีความแตกต่างกัน โดยอัตราส่วนของน้ำมันพืชที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบฟีนอลเป็นสารที่ประกอบด้วยกลุ่มฟลาโวนอยด์ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลิสระ โมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่มีขั้ว คือ ส่วนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซิล สามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และละลายได้ปานกลางในน้ำ สำหรับส่วนที่ไม่มีขั้ว คือ ส่วนที่เป็นหมู่อัลคิล จะละลายได้ดีในเฮกเซน (ภาเกล้า ภูมิใหญ่ และชญาณิศา สุพา, 2558) โดยงานวิจัยของธนศักดิ์ แซ่เลี่ยว และคณะ (2551) วสันต์ สุมินทิลี่ และคณะ (2557) และ ภาเกล้า ภูมิใหญ่ และชญาณิศา สุพา (2558) ใช้การสกัดสารประกอบฟีนอลในพืชสมุนไพรด้วยเอทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ โดยตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้สำหรับสกัดสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งตัวทำลายอินทรีย์ดังกล่าวเป็นสารเคมี แต่งานวิจัยนี้ใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นหาง่าย และยังเป็นสารที่ไม่มีขั้วจึงสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลส่วนที่ไม่มีขั้วคือหมู่อัลคิลได้ และการใช้น้ำมันพืชในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลในส่วนที่ไม่มีขั้วเพิ่มขึ้นได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kubola and Siriamornpun (2011) ซึ่งศึกษาสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของส่วนต่างๆ (เปลือก เนื้อ เยื่อหุ้มเมล็ด และเมล็ด) ของฟักข้าวไทย (*Momordica cochinchinensis* Spreng) พบว่า ในเยื่อหุ้มเมล็ดจะมีปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดมากที่สุดเป็น 4.29 mg GAE/g ส่วนที่พบปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดรองลงมา คือ เปลือก (สีเขียว) เนื้อ (สีเขียว) และเมล็ดสุกเต็มที่ ซึ่งมีปริมาณเป็น 2.80 2.60 และ 2.39 mg GAE/g ตามลำดับ

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันพืชที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากแคโรทีนอยด์ละลายได้ดีในไขมันหรือน้ำมัน โดยโมเลกุลของแคโรทีนอยด์อาจเป็นเส้นตรงดังที่พบในไลโคพีนหรือเป็นวงแหวนที่ปลายโซ่ของโมเลกุลดังที่พบในบีตา-แคโรทีน แคโรทีนอยด์สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ Hydrogenated carotenoid derivatives หรือกลุ่มแคโรทีน เป็นกลุ่มที่มีโมเลกุลที่ประกอบด้วยสายไฮโดรคาร์บอน ทำให้เป็นสารไม่มีขั้วและละลายได้ในไขมัน ตัวอย่างในกลุ่มนี้ได้แก่ บีตา-แคโรทีนและไลโคพีน เป็นต้น ส่วนในกลุ่มที่ 2 คือ Oxygenated carotenoid derivertives หรือกลุ่มแซนโทฟิล เป็นกลุ่มที่มีอะตอมของออกซิเจนอยู่ในโมเลกุล จึงมีขั้วมากกว่าและละลายในไขมันได้

น้อยกว่าแคโรทีนอยด์กลุ่มแรก ตัวอย่างแคโรทีนอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ลูทีน ซีแซนทิน และแอสตาแซนทิน (วีระศักดิ์ สามี, 2005) ดังนั้น การเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันพืชที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ จึงสกัดสารในกลุ่มแคโรทีนที่ละลายได้ในน้ำมัน ซึ่งมีทั้งบีตา-แคโรทีนและไลโคพีน และกลุ่มแซนโทฟิลที่ละลายในน้ำมันได้บางส่วนออกมา ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น โดยงานวิจัยของ Vuong *et al*. (2006) ได้รายงานการวิเคราะห์แคโรทีนอยด์ในเยื่อหุ้มเมล็ดของฟักข้าว พบว่า ในเยื่อหุ้มเมล็ดมีแคโรทีนอยด์ทั้งหมดปริมาณ 497 μ/g มีไลโคพีนปริมาณ 408 μg/g และบีตา-แคโรทีน ปริมาณ 83 μg/g ส่วน Aoki *et al*. (2002) ได้รายงานว่าเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 1 g น้ำหนักสด มีไลโคพีนเฉลี่ย 310-460 μg และมีบีตา-แคโรทีนเฉลี่ย 60-140 μg ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุแต่อย่างไรก็ตามส่วนหนึ่งน่าจะมาจากความแตกต่างของพันธุกรรมด้วย (ปวันรัตน์ วิหงส์ และคณะ, 2557) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสอดคล้องกับผลการวัดค่าสี L* a* และ b* ของสารที่สกัดได้ พบว่า เมื่ออัตราส่วนของน้ำมันพืชที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น สีของสารสกัดจะมีแนวโน้มเป็นสีส้มแดงมากขึ้นและมีค่าความสว่างลดลง โดยสีส้มแดงที่สกัดได้นี้เป็นสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองส้มและส้มแดงโดยเฉพาะมีปริมาณบีตา-แคโรทีนอยด์และไลโคพีนสูงซึ่งมีปริมาณมากกว่าผักและผลไม้ชนิดอื่น (Kubola and Siriamornpun, 2011; Vuong *et al*., 2006)

จากผลการวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า การใช้อัตราส่วนเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL) 1:6 และ 1:7 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารประกอบแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และค่าสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือกใช้อัตราส่วนของเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL) เป็น 1:6 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าและยังใช้น้ำมันพืชในการสกัดที่น้อยกว่า นอกจากนี้สารสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีวิธีการสกัดไม่ยุ่งยาก สารสกัดที่ได้อยู่ในรูปของน้ำมันจึงสามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดในผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันพืชได้หลากหลาย เช่น ใช้แทนน้ำมันพืชในสลัดครีม ใช้ร่วมกับน้ำมันพริกในต้มยำ เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

อัตราส่วนของเยื่อฟักข้าวอบแห้งกับน้ำมันพืชที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ค่าสี L* a* และ b* ปริมาณที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดเยื่อฟักข้าวอบแห้ง (g) ต่อน้ำมันพืช (mL) คือ อัตราส่วน 1:6 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดเป็น 0.15 mg GAE/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเป็น 262.77 μg β-carotene/g เยื่อฟักข้าวอบแห้ง และมีสีส้มแดงค่อนข้างเข้ม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ คือ ชุมชนท้องถิ่นหรือผู้ประกอบการสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้วซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมา โดยใช้วิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ไม่ยุ่งยาก ชุมชนท้องถิ่นสามารถผลิตได้ เป็นการเพิ่มมูลค่าและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และสามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนท้องถิ่น

เอกสารอ้างอิง

ธนศักดิ์ แซ่เลี่ยว ศศิธร จันทนวรางกูร และวรรณี จิรภาคย์กุล. (2551). ผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถต้านออกซิเดชันของกระชายเหลือง (*Boesenbergia pandurata*). ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**, (538-545). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปวันรัตน์ วิหงส์ พัชริน ส่งศรี น้ำอ้อย บุตรพรม พลัง สุริหาร และกมล เลิศรัตน์. (2555). การเปรียบเทียบผลผลิตในฟักข้าวพันธุ์ต่างๆ. **แก่นเกษตร**, **40**, 497-503.

พิชญ์อร ไหมสุธิสกุล. (2549). การใช้สารประกอบฟีนอลิกของพืชเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.** 26(3), 222-238.

ภาเกล้า ภูมิใหญ่ และชญาณิศา สุพา. (2558). ตัวทำละลายที่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากพืชสมุนไพร. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**, (627-635). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

วสันต์ สุมินทิลี่ ปนิดา บรรจงสินศิริ จันทนา ไพรบูรณ์ และวรรณวิมล คล้ายประดิษฐ. (2557). กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lintillifera*) สาหร่ายทุ่น (*Sargassum oligocystum*) และสาหร่ายเขากวาง (*Gracilaria changii*). **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**, **9**(1), 63-75.

เสาวนีย์ เหล่าสิงห์, ศิริธร อ่างแก้ว และมะลิวรรณ อมตธงไชย. (2554). **เทคนิคตรวจวัดความสามารถต้านอนุมูลอิสระโดยรวมแบบใหม่ด้วยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบที่มีการไหลที่ขั้วไฟฟ้ากลาสซีคาร์บอนที่ดัดแปรด้วยคาร์บอนนาโนทิวบ์**. อุบลราชธานี: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อัครเดช ใหม่นา. (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสพริกผสมกล้วยน้ำว้า**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Aoki, H., Kieu, N.T., Kuze, N., Tomisaka, K. & Van Chuyen, N. (2002). Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**. 66(11), 2479-2482.

Balasundram, N., Sundram K., & Samman S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Journal of Food Chemistry**. 99, 191203.

Ishida, B.K., Turner, C., Chapman, M.H. & McKeon, T. (2004). Fatty acid and carotenoid composition of gac (*Momordica cochinchinesis* Spreng) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52(2), 274-279.

Kubola, J., & 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.

Luque-Rodríguez, J.M., Luque de Castro, M.D. and Pérez-Juan, P. (2007). Dynamic superheated liquid extraction of anthocyanins and other phenolics from red grape skins of winemaking residues. **Bioresource Technology.** 98, 2705–2713.

Tran, T.H. (2007). **Production of carotenoid-rich powder from Gac fruit**. Master's Dissertation, University of Western Sydney, Sydney, Australia: 85-91.

Vuong, L.T., Franke, A.A., Custer, L.J. & Murphy, S.P. (2006). *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 19, 664-668.