วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 25 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2563
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 25 (No.3) September – December 2020

การสกัดรำข้าวด้วยน้ำมันพืชบริโภคได้เพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมัน

Rice Bran Extraction Using Edible Vegetable Oils Improves Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Oil Extracts

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย*, ทิพรักษ์ วงษาดี และ แพรว จงรวมกลาง

Patiwit Loypimai*, Thippharak Wongsadee and Praew Changrumklang

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

Division of Food Science and Technology, Department of Applied Science, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajaphat University

Received : 20 January 2020
Revised : 17 February 2020
Accepted : 19 February 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการสกัดรำข้าวโดยใช้น้ำมันพืชบริโภคได้ ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันคาโนลา น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันปาล์ม เป็นตัวทำละลายต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันที่ได้ พบว่าการสกัดด้วยน้ำมันพืชบริโภคได้ไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ แต่ส่งผลต่อค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) และค่าทีบีเอ (TBA) และค่า ΔE (p<0.05) การสกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดอกทานตะวัน มีค่า ΔE สูงสุด (3.25 ± 0.91 และ 3.19 ± 0.63 ตามลำดับ) นอกจากนี้รำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองสกัดได้ปริมาณแกมม่าออริซานอล (549 ± 62.1 µg/ g) สูงสุด ในขณะที่น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน มีปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอล (40.7 ± 5.52 µg/ g) สูงสุด ซึ่งสารสกัดทั้งสองชนิดนี้มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันเป็นตัวทำละลายชีวภาพทางเลือก มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวสำหรับการผลิตเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหรือน้ำมันบริโภคได้เพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ : แกมม่าออริซานอล ; โทโคฟีรอล ; น้ำมันบริโภคได้ ; รำข้าว

*Corresponding author. E-mail : patiwit.loypimai@gmail.com

Abstract

This research investigated the effect of rice bran extraction using selected edible vegetable oils including soy bean, coconut, canola, sunflower, corn and palm oils as solvents on physicochemical quality, bioactive compound and antioxidant activity of the oil extracts. Results showed that the extraction using edible oils did not affect free fatty acid content, but they had a significant effect on PV, TBA and ΔE values ($p<0.05$). The highest ΔE values were observed for the extract using soybean and sunflower oils as the solvent (3.25 ± 0.91 and 3.19 ± 0.63, respectively). Additionally, the rice bran extracted by soybean oil gave the highest concentration of γ-oryzanol (549 ± 6.21 μg/ g). On the other hand, the highest α-tocopherol content was found in that of the extract extracted by sunflower oils. Both oil samples showed the strongest antioxidant activity compared with others tested. This result suggests that the application of soybean or sunflower oils as an alternative bio-solvent were effective to improve bioactive compound and antioxidant activity from rice bran for producing as an oil ingredient in a food product or functional edible oil.

Key words : γ-oryzanol ; tocopherol ; edible oil ; rice bran

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งบริโภคทั้งในประเทศและส่งออกสู่ตลาดโลก โดยทั่วไปก่อนการบริโภคหรือแปรรูปข้าว การนำเมล็ดข้าวมาผ่านกระบวนการขัดสีเพื่อให้ได้ข้าวขาว (ข้าวสาร) รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากการขัดสี ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 8-10 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทั้งหมด (Loypimai *et al.,* 2015) มีรายงานว่ารำข้าวนอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะแกมม่าออริซานอล (γ-oryzanol) โทโคฟีรอล (tocopherols) โทโคไตรอีนอล (tocotrienols) ซึ่งพบในปริมาณสูงในชั้นรำ (Ryynänen *et al.,* 2004; Loypimai *et al.,* 2009: 2015) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้ มีคุณสมบัติเป็นสารเสริมสุขภาพและโภชนเภสัช (nutraceuticals) อาทิ เช่น ลดคลอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล (LDL) ช่วยลดปริมาณน้ำตาลในเลือด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคเบาหวาน และโรคมะเร็งเป็นต้น (Hyun & Chung, 2004; Nam *et al.,* 2006; Philpott *et al.,* 2006) ในปัจจุบันกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าวจากรำข้าว มักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน ปิโตรเลียมอีเทอร์ เมทานอล หรือตัวทำละลายอินทรีย์เหล่านี้ร่วมกับเทคนิคอื่น ๆ เช่น การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (microwave heating) คลื่นอัลตราซาวด์ (ultrasound) เป็นต้น (Li *et al.,* 2010; Lucchesi *et al.,* 2014) กระบวนการเหล่านี้ยังคงมีข้อจำกัดบางประการ อาทิ เช่น ความเป็นพิษของตัวทำละลาย ระยะเวลาในการสกัดนาน (ขั้นตอนระเหยตัวทำละลายและทำให้สารสกัดบริสุทธิ์) และสารสกัดที่ได้ปนเปื้อนตัวทำละลายที่ตกค้าง การสกัดสารโดยใช้น้ำมันพืชบริโภคได้เป็นกระบวนการสกัดทางเลือกหนึ่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmentally friendly solvents) มีความปลอดภัย (safety aspect) ราคาถูก หาได้ง่าย และมีความสามารถในการละลายกลุ่มสารไม่มีขั้ว (lipophilic substances) (Chemat *et al.,* 2012) นอกจากนี้น้ำมันพืชยังมี

คุณสมบัติป้องกันออกซิเจน (oxygen barrier) สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reduction) และลดอัตราการสลายตัวของสารสกัดที่มีปริมาณสารแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สูงได้ (Pu & Bechtel, 2010) แต่อย่างไรก็ตามน้ำมันพืชมีค่าความหนืดค่อนข้างสูง ส่งผลทำให้ความสามารถในการแทรกผ่านผนังเซลล์ต่ำและมีปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ต่ำ (Achat *et al.*, 2012) ดังนั้นการเพิ่มคุณภาพให้กับน้ำมันพืชโดยใช้คุณสมบัติการละลายได้ของสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากรำข้าวในน้ำมัน ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดร่วมกับเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) จึงน่าจะเป็นวิธีการทางเลือกสำหรับสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากรำข้าวโดยเฉพาะสารประกอบที่ไม่มีขั้ว (lipophilic substances) เช่น แกมม่าออริซานอล วิตามินอี เพื่อเตรียมเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหรือน้ำมันพืชบริโภคได้เพื่อสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากรำข้าวโดยใช้น้ำมันพืชบริโภคได้เป็นตัวทำละลายและประเมินคุณภาพทางเคมีกายภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันที่สกัดได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. <u>วัตถุดิบ</u>

ตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) ซื้อมาจากเกษตรกรพื้นที่อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำการเพาะปลูกในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม - พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 นำมาขัดสีด้วยเครื่องสีข้าวขนาดกลาง (ยี่ห้ออู่สิททวีชัย รุ่น DSA-304A, ประเทศไทย) ที่ระดับการขัดสี (degree of milling) เท่ากับ 8 ± 1.0 เปอร์เซ็นต์ รำข้าวที่ได้จากกระบวนการสีนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (750 µm) เพื่อกำจัดแกลบ เมล็ดข้าวหัก และสิ่งปลอมปน ให้เหลือแต่ชั้นรำ (Loypimai *et al*, 2015) น้ำมันพืชบริโภคได้ 6 ชนิดได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง (ยี่ห้อทิพ) น้ำมันดอกทานตะวัน (ยี่ห้อออนุ่น) น้ำมันปาล์ม (ยี่ห้อทับทิม) น้ำมันมะพร้าว (ยี่ห้อเนเชอเรล) น้ำมันคาโนลา และน้ำมันข้าวโพด (ยี่ห้อโกลเด้น ดร็อป) ซื้อมาจากซุปเปอร์มาเก็ต กรุงเทพมหานคร

2. <u>การคงสภาพของรำข้าว</u>

ชั่งรำข้าว 200 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร หุ้มด้วยกระดาษฟอยล์ แล้วนำไปนึ่งโดยใช้หม้อนึ่งไอน้ำ (Hirayama, Hiclave™ HVE-50) ที่ปรับอุณหภูมิ 115 °ซ แรงดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางรำข้าวเท่ากับ 105 °ซ ทิ้งไว้นาน 5 นาที ติดตามวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger controller) ตามวิธีของ Loypimai *et al*, (2009) จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและเก็บใส่ถุงซิบโพลีเอทิลลีน (polyethylene bags) หลังจากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 °ซ เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3. <u>การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากรำข้าวโดยใช้น้ำมันพืชบริโภคได้</u>

ชั่งตัวอย่างรำข้าว (ข้อ 2.) 40 กรัม ลงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร นำไปสกัดโดยการเติมน้ำมันพืชบริโภคได้ (ข้อ 1.) ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ทำการผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำตัวอย่างไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Vibra cell VCX 500, France) ตามวิธีของ Goula *et al*, (2017) ดัดแปลงเล็กน้อย โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 40 °ซ เวลาในการสกัดที่ 30 นาที และระดับแอมพิจูด 40 เปอร์เซ็นต์ (สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้น) แล้วนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยกกากรำข้าว และนำสารสกัดที่ได้ปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (HETTCH/ 320 R, Germany) ที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที และ

ที่อุณหภูมิ 25 °ซ จากนั้นแยกสารสกัดน้ำมันที่ได้ (เฉพาะส่วนใส) เทใส่ขวดสีชา และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 °ซ เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ

4.1 กรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA)

ทำการวิเคราะห์กรดไขมันอิสระตามวิธีการของ Loypimai *et al*, (2015) โดยดูดตัวอย่างสารสกัดน้ำมันที่สกัดได้ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายแอลกอฮอล์ (ปรับสภาพให้เป็นกลาง) โดยใช้ฟีนอฟทาลีน 3-5 หยด แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยหยดทีละหยดพร้อมทั้งเขย่าจนได้สีชมพูคงตัว เติมแอลกอฮอล์ที่มีสภาพเป็นกลาง 50 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างเขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในแอลกอฮอล์ไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่งได้สีชมพูถาวร จากนั้นบันทึกปริมาณสารที่ใช้และคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร ซึ่งแสดงผลเป็นปริมาณกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายน้ำมันพืชที่ใช้ในการสกัด

$$\text{FFA (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร) x ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล) x 25.6}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

4.2 ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV)

ทำการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ของสารสกัดน้ำมันตามวิธีของ Rattanapanone, (2005) โดยดูดตัวอย่างสารสกัดมา 1.0 มิลลิลิตร ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าอย่างรวดเร็วนาน 1 นาที แล้วถ่ายใส่คอนิคัลฟลาสค์ ขนาด 250 มิลลิลิตร ทันที ทำการเติมสารละลายกรดอะซิติก ปริมาณ 3.7 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโปแตสเซียสไอโอไดด์อิ่มตัว ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ปิดจุกฟลาสต์เขย่าแรง ๆ ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมน้ำกลั่น 18.5 มิลลิลิตร ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ 5 หยด จากนั้นทำการคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นหลังจากการสกัดดังสมการ

$$\text{ค่าเพอร์ออกไซด์ (meq./kg)} = (V \times T \times 1000)/m$$

เมื่อ V คือ ปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)
T คือ นอร์มัลลิตี้ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต
m คือ น้ำหนักของตัวอย่างน้ำมันรำข้าว (กรัม)

4.3 ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก (Thiobarbituric acid, TBA)

ทำการวิเคราะห์ค่า TBA ตามวิธีของ Jayssingh & Cornfoth, (2003) ดัดแปลงเล็กน้อย โดยชั่งตัวอย่างสารสกัดจำนวน 1.0 กรัม ลงในหลอดทดลองและเติมสารละลายผสมระหว่างกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic, TCA) เข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และกรดไทโอบาร์บิทิวริก (Thiobabituric acid, TBA) เข้มข้น 0.375 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.2 นอร์มัล จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำร้อน (Memmert, Germany) อุณหภูมิ 100 °ซ นาน 10 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็นและปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปิเปตสารละลายส่วนใสมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo scientific, GENESYS 10 Series) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร แล้วทำการคำนวณค่า TBA จากสมการและรายงานผลวิเคราะห์เป็นปริมาณของมาลอนไดดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ต่อน้ำหนักตัวอย่าง (กิโลกรัม) ที่เพิ่มขึ้นหลังจากการสกัด

TBA number (mg MDA/kg sample) = ค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตรของตัวอย่าง x 2.77

4.4 วัดค่าสี (Color value)

นำตัวอย่างมา ทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Minolta Chroma meter CR-400) ผลที่ได้แสดงค่าออกมาในรูปของค่า L* a*, b*, และ ΔE (CIE Lab system) ซึ่งค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง a* แสดงถึงค่าสีแดง ค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง และค่า ΔE คือค่าแสดงความแตกต่างของสี ซึ่งหาความสัมพันธ์ได้จากสมการ

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_1^*)^2 + (a_0^* - a_1^*)^2 + (b_0^* - b_1^*)^2}$$

L_0*, a_0*, b_0* = ค่าของตัวอย่างน้ำมันพืชก่อนการสกัด
L_1*, a_1*, b_1* = ค่าของตัวอย่างน้ำมันพืชหลังการสกัด

5. <u>วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ</u>

5.1 การเตรียมตัวอย่างสารสกัด

ดัดแปลงวิธีของ Loypimai *et al,* (2015) ชั่งตัวอย่างสารสกัดน้ำมัน 1.0 กรัม เติมสารละลายผสมระหว่างเมทานอลและเฮกเซน (อัตราส่วน 3: 3) จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Vibra cell, 130 W, 20 kHz) นาน 5 นาที เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

5.2 วิธี DPPH radical scavenging activity

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ดัดแปลงมาจากวิธีของ Dasgupta & De, (2004) โดยชั่งสาร 2,2-diphenyl-1-picylhydrazyl (DPPH) มา 0.01 กรัม ละลายด้วยตัวทำละลายเมทานอล 250 มิลลิลิตร (ปริมาณความเข้มข้น 0.004 เปอร์เซ็นต์) ระวังอย่าให้ถูกแสง เนื่องจากเป็นสารที่ไวต่อแสงมาก นำสารสกัดที่ได้ (ข้อ 5.1) มา 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วไปตั้งไว้ให้

เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo scientific, GENESYS 10 Series) แล้วนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดังสมการ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์) = $[(1- A_e)/ A_c] \times 100$

A_c = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัดน้ำมัน

A_e = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เติมสารสกัดน้ำมัน

5.3 วิธี Total antioxidant capacity

ดัดแปลงจากวิธีของ Dasgupta & De (2004) โดยนำตัวอย่างที่สกัดได้มา 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (sulfuric acid) เข้มข้น 0.6 โมลล์ สารละลายโซเดียมฟอสเฟต (sodium phosphate) เข้มข้น 28 มิลลิโมลล์ และสารละลายแอมโมเนียมโมลิปเดท (ammonium molybdate) เข้มข้น 4.0 มิลลิโมลล์ จำนวนอย่างละ 1.0 มิลลิลิตร ปริมาตรรวม 3.0 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 95 °ซ เป็นเวลา 90 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 695 นาโนเมตร เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (วิตามินอีและสารบิวทิเลตไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxytoluene, BHT)

5.4 วิธี Ferric reducing / antioxidant power (FRAP)

ดัดแปลงวิธีของ Moyer *et al,* (2002) ดูดสารสกัดตัวอย่างมา 60 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารผสมของ FRAP reagent (บัฟเฟอร์อะซีเตท: TPTZ: $FeCl_3$ ในอัตราส่วน 10: 1: 1) ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 °ซ นาน 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

6. <u>วิเคราะห์หาปริมาณแกมม่าออริซานอล (γ-oryzanol) และแอลฟ่าโทโคฟีรอล (α-tocopherol)</u>

ชั่งตัวอย่างจำนวน 1.0 กรัม สกัดตามวิธีของ Loypimai *et al,* (2009, 2015) การวิเคราะห์หาปริมาณแกมม่าออริซานอลและแอลฟ่าโทโคฟีรอลด้วยเทคนิค HPLC (Shimadzu, LC-20AD, HPLC SIL-10AD, Auto Injector) ปริมาตรตัวอย่างที่ฉีด 20 ไมโครลิตร ผ่าน security guard column และคอลัมน์ Phenomenex C_{18} (ขนาด 4.6 x 250 มิลลิเมตร 4 ไมโครเมตร) ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์คงที่ 45 °ซ ตัวทำละลายเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ประกอบด้วย เมทานอล บิวทานอลและน้ำ (อัตราส่วน 92: 4: 4 (v/v) ตามลำดับ) ด้วยอัตราการไหล (flow rate) 1.0 มิลลิลิตร/ นาที นาน 12 นาที หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนอัตราส่วนของเมทานอล บิวทานอลและน้ำเป็น 92: 5: 3 (v/v) และอัตราการไหลเพิ่มเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที ตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์นาน 25 นาที แล้วกลับมาสภาวะเริ่มต้น สารที่ถูกชะออกจากคอลัมน์ติดตามวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่อง UV- detector วัดที่ความยาวคลื่น 192 และ 325 นาโนเมตร สำหรับวิตามินอีและแกมม่าออริซานอลตามลำดับ เปรียบเทียบเวลาที่สารแยกออก (retention time) ต่อพื้นที่ใต้กราฟ (peak area) กับสารวิตามินอีและแกมม่าออริซานอลมาตรฐาน

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ (statistical analysis)

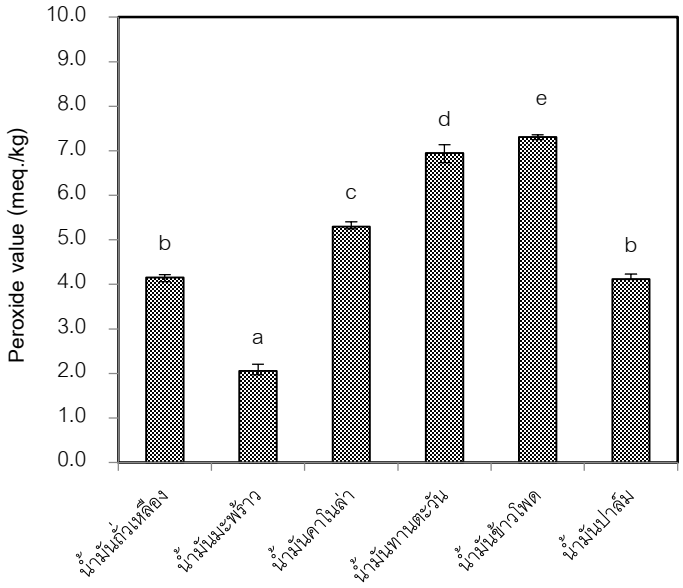
ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ตามวิธีของ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

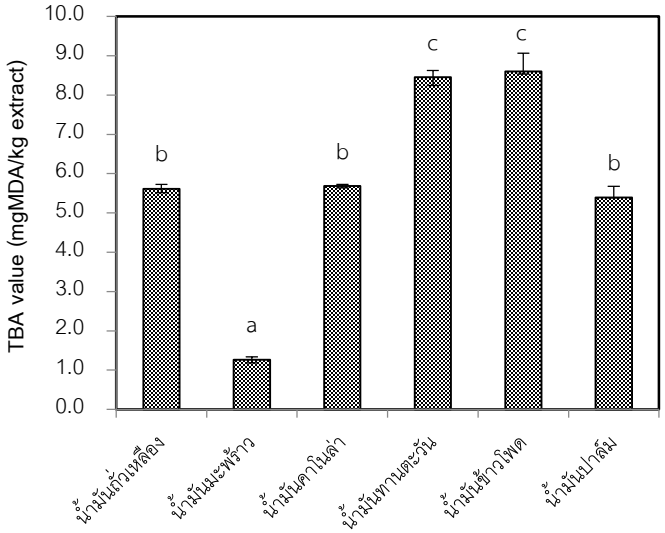
1.คุณภาพทางเคมีกายภาพ (physicochemical quality)

ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) ค่าทีบีเอ (TBA) และปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ของตัวอย่างสารสกัดน้ำมันที่สกัดได้ โดยใช้น้ำมันพืชที่บริโภคได้ชนิดต่าง ๆ เป็นตัวทำละลายในการสกัดรำข้าว (รายงานเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากตัวทำละลายก่อนการสกัด) ผลดังภาพที่ 1-3 พบว่าชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดรำข้าวส่งผลต่อค่า PV และค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยน้ำมันมะพร้าวมีค่า PV และ TBA ต่ำที่สุด (p<0.005) (2.05 ± 0.15 meq./ kg และ 1.26 ± 0.08 mg MDA/kg) รองลงมาคือ น้ำมันปาล์ม (4.11 ± 0.11 meq./kg และ 5.39 ± 0.29 mg MDA/kg) และน้ำมันถั่วเหลือง (4.15 ± 0.07 meq./kg และ 5.61 ± 0.12 mg MDA/kg) (ภาพที่ 1-2) ในขณะที่น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันข้าวโพดมีค่า PV และ TBA สูงสุด (p<0.05)

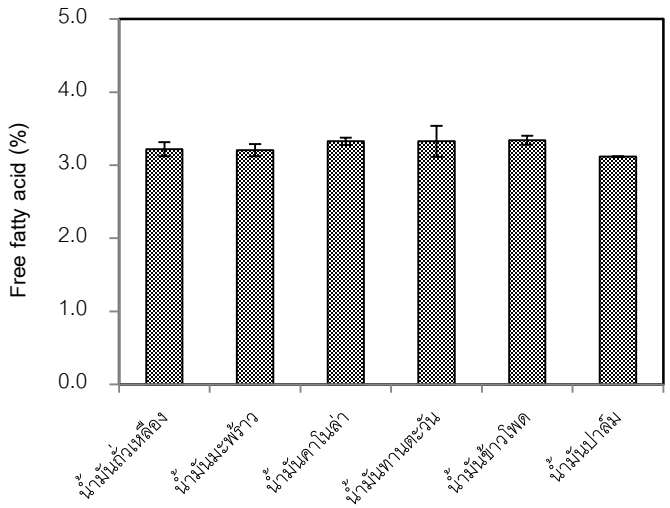
ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ของอาหารที่เกิดจากการไฮโดรไลด์ของไตรกลีเซอไรด์ด้วยเอนไซม์ไลเปส โดยมีน้ำกับไขมันในรำเป็นตัวเสริมให้เกิดปฏิกิริยา (Frega *et al,* 1999; Loypimai *et al,* 2015) ผลดังภาพที่ 3 พบว่าชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้ในการสกัดรำข้าวไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ (p>0.05) ซึ่งทุกตัวอย่างสารสกัดน้ำมันมีค่าอยู่ในช่วง 3.11 ± 0.01 ถึง 3.34 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1 ค่าเพอร์ออกไซด์ของสารสกัดน้ำมันที่ได้จากตัวทำละลายน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 2 ค่าทีบีเอของสารสกัดน้ำมันที่ได้จากตัวทำละลายน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 3 ปริมาณกรดไขมันอิสระของสารสกัดน้ำมันที่ได้จากตัวทำละลายน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีในรูปของค่า L* a*, b*, และ ΔE ของตัวทำละลายน้ำมันพืช (ก่อนการสกัด) และตัวอย่างสารสกัดน้ำมัน (หลังการสกัด) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าน้ำมันที่ใช้เป็นตัวทำละลายก่อนการสกัดมีค่า a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่ค่า L* ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการสกัด พบว่าค่า L* ลดลง ในขณะที่ b* มีค่าเพิ่มขึ้น (p<0.05) โดยภาพรวมการเปลี่ยนแปลงค่าสี หรือ ΔE พบว่าสารสกัดน้ำมันที่สกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันมีค่า ΔE สูงสุด (p<0.05) มีค่าเท่ากับ 3.25 ± 0.91 และ 3.19 ± 0.63

ตามลำดับ รองลงมาคือ น้ำมันคาโนล่า เท่ากับ 2.80 ± 0.91 ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวมีค่า ΔE ต่ำสุด (p<0.05) เท่ากับ 2.25 ± 0.63

2. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

ผลการวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity, Ferric reducing antioxidant power (FRAP) และวิธี total antioxidant capacity ของของสารสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ รายงานผลเป็นปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น(ผลต่างระหว่างฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันที่ได้หลังการสกัดกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันพืชก่อนการสกัด) ผลดังตารางที่ 2 พบว่าชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดรำข้าวส่งต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธีอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยรำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน มีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 47.19 ± 7.18 และ 39.08 ± 3.33 เปอร์เซ็นต์ (DPPH assay) 11.64 ± 1.42 และ 12.27 ± 0.87 mg $FeSO_4$/g (FRAP assay) และ 0.43 ± 0.05 และ 0.47 ± 0.04 µg BHTE./g (total antioxidant capacity) ตามลำดับ ในขณะเดียวกันพบว่ารำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันมะพร้าว มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.78 ± 6.01 เปอร์เซ็นต์ (DPPH assay) 2.92 ± 0.62 mg $FeSO_4$/g (FRAP assay) และ 0.09 ± 0.01 µg BHTE./g (total antioxidant capacity) ตามลำดับ

3. ปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอล

เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลในตัวอย่างสารสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยตัวทำละลายน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4 (รายงานผลเป็นปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลที่เพิ่มขึ้นหลังการสกัด) พบว่าตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดรำข้าวส่งต่อปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยรำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองสกัดได้ปริมาณแกมม่าออริซานอลสูงสุด (p<0.05) เท่ากับ 549 ± 62.1 µg/ g รองลงมาคือ รำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน มีปริมาณแกมม่าออริซานอลเท่ากับ 527 ± 70.2 µg/ g นอกจากนี้รำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน มีปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลสูงสุด (p<0.05) เท่ากับ 40.7 ± 5.52 µg/ g ในขณะที่รำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันมะพร้าวไม่พบสารแอลฟ่าโทโคฟีรอล

ตารางที่ 1 ค่าสีของตัวทำละลายก่อนการสกัดและสารสกัดน้ำมันที่ได้จากน้ำมันพืชบริโภคได้ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของตัวทำละลาย	L*		a*		b*		ΔE
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
น้ำมันถั่วเหลือง	49.23 ± 0.11^{A,a}	44.86 ± 3.74^{C,b}	-1.45 ± 0.05^{A,a}	-1.40 ± 0.01^{B,a}	0.65 ± 0.15^{C,a}	2.95 ± 0.35^{BC,b}	3.19 ± 0.63^{A}
น้ำมันมะพร้าว	50.10 ± 0.90^{A,a}	49.60 ± 1.00^{A,a}	-1.50 ± 0.30^{A,a}	-1.35 ± 0.05^{A,a}	0.50 ± 0.50^{C,a}	2.10 ± 0.20^{C,b}	2.25 ± 0.63^{E}
น้ำมันคาโนล่า	50.50 ± 1.30^{A,a}	47.75 ± 0.05^{B,b}	-1.55 ± 0.05^{A,a}	-1.50 ± 0.20^{B,a}	0.25 ± 0.45^{D,a}	2.35 ± 0.15^{BC,b}	2.80 ± 0.69^{B}
น้ำมันทานตะวัน	50.25 ± 0.45^{A,a}	46.80 ± 0.20^{B,b}	-1.55 ± 0.05^{A,a}	-1.45 ± 0.15^{B,a}	0.15 ± 0.15^{D,a}	2.05 ± 0.35^{C,b}	3.25 ± 0.91^{A}
น้ำมันข้าวโพด	50.50 ± 1.10^{A,a}	48.50 ± 0.20^{A,a}	-1.50 ± 0.20^{A,a}	-1.60 ± 0.10^{B,a}	1.70 ± 0.40^{B,a}	2.77 ± 0.64^{B,b}	2.71 ± 0.56^{C}
น้ำมันปาล์ม	50.10 ± 1.50^{A,a}	49.20 ± 0.70^{A,a}	-1.85 ± 0.05^{B,a}	-1.45 ± 0.15^{B,b}	1.90 ± 0.40^{A,a}	4.15 ± 0.05^{A,b}	2.40 ± 0.56^{D}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่านเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3); $^{A-E}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกัน กำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

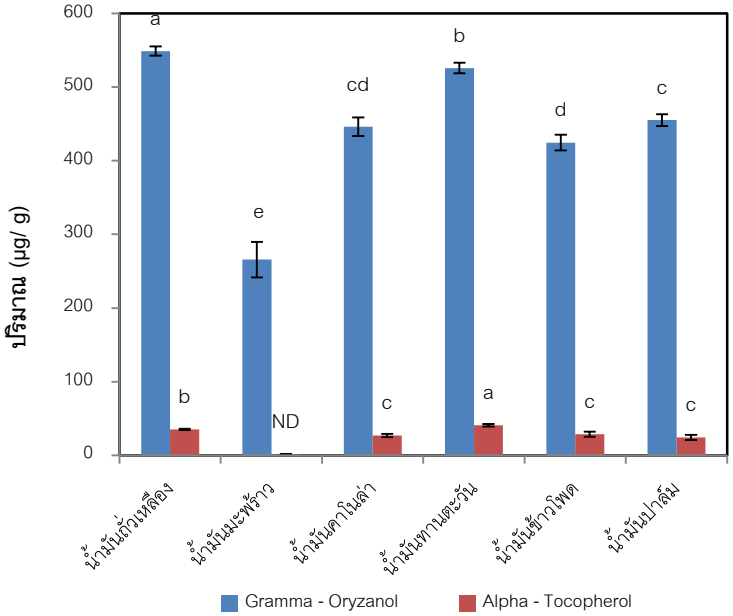
$^{a-b}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรในแถวเดียวกัน กำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันที่ได้จากน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดของตัวทำละลาย	DPPH radical scavenging (เปอร์เซ็นต์)	FRAP ($\mu M\ FeSO_4$ /g)	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระรวม	
			µg BHTE./g	µg VEE./g
น้ำมันถั่วเหลือง	47.19 ± 7.18^{a}	11.64 ± 1.42^{a}	0.43 ± 0.05^{a}	0.62 ± 0.05^{a}
น้ำมันมะพร้าว	11.78 ± 6.01^{d}	2.92 ± 0.62^{c}	0.09 ± 0.01^{c}	0.18 ± 0.36^{c}
น้ำมันคาโนล่า	32.61 ± 5.56^{bc}	7.50 ± 1.05^{b}	0.19 ± 0.02^{b}	0.28 ± 0.01^{b}
น้ำมันทานตะวัน	39.08 ± 3.33^{ab}	12.27 ± 0.87^{a}	0.47 ± 0.04^{a}	0.59 ± 0.06^{a}
น้ำมันข้าวโพด	12.19 ± 1.68^{d}	12.67 ± 1.81^{a}	0.24 ± 0.01^{b}	0.32 ± 0.03^{b}
น้ำมันปาล์ม	29.07 ± 5.08^{c}	6.09 ± 1.27^{b}	0.22 ± 0.07^{b}	0.30 ± 0.04^{b}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3); $^{a-c}$ ตัวเลขที่มีอักษรในแนวตั้งเดียวกัน กำกับต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

BHTE: Butylated hydroxytoluene equivalent; VEE: Vitamin E equivalent



ภาพที่ 4 ปริมาณแกมม่าออริซานอลและแอลฟ่าโทโคฟีรอลของสารสกัดน้ำมันที่ได้จากน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ (ND = Not detected)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้พบว่าตัวทำละลายในการสกัดรำข้าวส่งผลต่อค่า PV และค่า TBA โดยน้ำมันมะพร้าวมีค่า PV และ TBA ต่ำที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง ในขณะที่น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันข้าวโพดมีค่าสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันข้าวโพดมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าและส่งผลทำให้มีค่า PV และ TBA สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์ม วิธีนี้นิยมใช้เป็นวิธีประเมินการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารที่มีไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ (Sommers & Fan, 2002) สำหรับค่า PV และค่า TBA เป็นการตรวจวัดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้ผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิ (กลุ่มสารเปอร์ออกไซด์) และทุติยภูมิกลุ่มสารพวกคีโตนและอัลดีไฮด์นิยมแสดงเป็นค่ามาโลนิลไดอัลดีไฮด์ (MDA) (Endrini *et al.*, 2002) โดยปกติน้ำมันพืชบริโภคได้ทางการค้า ควรมีค่า PV ไม่เกิน 10 meq./kg (Mielnik *et al.*, 2006) ในการศึกษาครั้งนี้ตัวอย่างสารสกัดน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกันมีค่า PV อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันพืชบริโภคได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดน้ำมันจากรำข้าวสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ถึงแม้ว่าตัวทำละลายน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mielnik *et al*, (2006) พบว่าสารสกัดพืชตระกูลองุ่นที่ระดับความเข้มข้น (1.6 กรัม/กิโลกรัม) สูงสุด มีประสิทธิภาพในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหารและมีค่าทีบีเออาร์เอส (TBARS) เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ระหว่างการเก็บรักษา สำหรับผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระ พบว่าตัวทำละลายน้ำมันพืชที่ใช้ในการสกัดรำข้าวไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ ผลที่ได้นี้อาจเนื่องมาจากรำข้าว

ก่อนการสกัดผ่านกระบวนการคงสภาพเพื่อยับยั้งหรือทำลายเอนไซม์ไลเปส ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ของรำข้าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zullaikah *et al,* (2005) รายงานว่าการให้ความร้อนคงสภาพหลังจากขัดสีรำทันทีช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระได้ และการให้ความร้อนอาจขจัดหรือทำลายกลุ่ม metallic prosthetic ที่อยู่ในเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งกลุ่มสารเหล่านี้ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้น (Castro *et al.,* 2004) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าน้ำมันที่ใช้เป็นตัวทำละลายช่วยทำให้เกิดอุปสรรคต่อโมเลกุลออกซิเจนส่งผลให้ชะลอเวลาออกซิเดชันและอัตราการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ (Pu *et al.,* 2010) อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Carvalho & Bassinello, (2006) พบว่ารำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยความร้อนอุณหภูมิ 120 °ซ นาน 15 นาที ยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเหลืออยู่ 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีในรูปของค่า L* a*, b*, และ ΔE ของตัวทำละลายก่อนการสกัดและตัวอย่างสารสกัดน้ำมัน พบว่าตัวทำละลายมีค่า a* และ b* แตกต่างกัน ในขณะที่ค่า L* ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการสกัด พบว่าค่า L* มีค่าลดลง และค่า b* เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าสีหรือ ΔE พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันมีค่า ΔE สูงสุด ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวมีค่า ΔE ต่ำสุด ผลที่ได้นี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันมีประสิทธิภาพในการสกัดสารจากรำข้าวส่งผลทำให้มีค่า L* ต่ำกว่า (สีเข้มกว่า) และค่า ΔE สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นที่ใช้เป็นตัวทำละลายในงานวิจัยครั้งนี้

เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลในตัวอย่างสารสกัดน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ พบสารสกัดน้ำที่สกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณแกมม่าออริซานอลสูงสุด รองลงมาคือ รำข้าวที่สกัดด้วยน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน ในขณะที่น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน สกัดได้ปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลสูงสุด และการสกัดด้วยน้ำมันมะพร้าวไม่พบสารแอลฟ่าโทโคฟีรอล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความสามารถในการละลายของสารแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน ส่งผลทำให้สกัดได้ปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา โดยทั่วไปแล้วน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าจะมีค่าความหนืดต่ำกว่าจึงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารดีกว่าตัวทำละลายที่มีค่าความหนืดสูง (ข้อมูลไม่ได้แสดง) การค้นพบนี้สอดคล้องกับ Goula *et al,* (2017) รายงานว่าการสกัดสารแคโรทีนอยด์จากกากทับทิมได้ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำละลายน้ำมันพืชมีค่าความหนืดลดลง ในทำนองเดียวกันกระบวนการสกัดของสารประกอบกลิ่นกำมะถัน พบว่าค่าความหนืดต่ำของตัวทำละลายจะเร่งการถ่ายโอนมวลสารของตัวทำละลายผ่านเมทริกซ์และเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด (Pierre *et al.,* 2002) อย่างไรก็ตามอาจเป็นผลมาจากการสกัดร่วมกับเทคนิคอัลตราซาวด์ เช่น จากการศึกษาก่อนหน้า Loypimai *et al,* (2015) รายงานว่าการใช้อัลตราซาวด์ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันที่สกัดได้และปริมาณ γ-oryzanol ในน้ำมันรำข้าว และการใช้อัลตราซาวด์ช่วยเพิ่มผลผลิตการสกัดน้ำมันจากรำข้าว (Khoei & Chekin, 2016) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สารสกัดน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันสกัดได้ปริมาณแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลจากรำข้าวสูงสุด และส่งผลทำให้มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดทั้ง 3 วิธีสูงสุด เนื่องจากแอลฟ่าโทโคฟีรอลและแกมม่าออริซานอลจากรำข้าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

สรุปผลการวิจัย

จากรายงานการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดอกทานตะวันช่วยเพิ่มปริมาณแกมม่าออริซานอลแอลฟ่าโทโคฟีรอลจากรำข้าวตามลำดับ นอกจากนี้การสกัดด้วยตัวทำละลายนี้ ยังมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำมันสูงสุดและไม่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระ ถึงแม้ว่าการสกัดด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันส่งผลต่อค่า PV และ TBA แต่ยังคงไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด งานวิจัยนี้แนะนำว่าการใช้น้ำมันพืชบริโภคได้ เช่น น้ำถั่วเหลือง หรือน้ำมันดอกทานตะวัน มีศักยภาพเป็นตัวทำละลายชีวภาพทางเลือกช่วยเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวสำหรับเตรียมเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหรือน้ำมันบริโภคได้เพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2561

เอกสารอ้างอิง

Achat, S., Tomao, V., Madani, K., Chibane, M., Elmaataoui, M., Dangles, O., & Chemat, F. (2012). Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration at laboratory and pilot plant scale, *Ultrasonics Sonochemistry, 19* (4), 777–786.

Dasgupta, N., & De, B. (2004). Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract in vitro. *Food Chemistry, 88*, 219-224.

Carvalho, J.L.V., & Bassinello, P.Z. (2006). Aproveitamento industrial. In: Santos, A.B., Stone, L.F., Vieira, N.R.A. (Eds.). A cultura do arroz no Brasil. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.901-931.

Castro, I., Macedo, B., Texeira, J.A., & Vicente, A.A. (2004). The effect of electric field on important enzymes: Comparison of inactivation kinetics under conventional and ohmic heating. *Journal of Food Science*, *69*(9), C696-C701.

Chemat, F., Grondin, I., Costes, P., Moutoussamy, L., Shum Cheong Sing, A., & Smadja J. (2012). High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil, *Ultrasonics Sonochemistry*,*11*, 281–285.

Endrini, S., Rahmat, A., Patimah, I., & Taufiq-Yap, Y.H. (2002). Anticarcinogenic properties and antioxidant activity of henna (*Lawsonia inermis*), *Journal of Medical Sciences*, *2,* 194-197.

Goula, A. M., Ververi, M., Adamopoulou, A., & Kaderides, K. (2017). Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. *Ultrasonics Sonochemistry, 34,* 821-830.

Hyun, J. W., & Chung, H. S. (2004), Cyanidin and malvidin from *Oryza sativa* cv. Heugjinjubyeo mediate cytotoxicity against human monocytic leukemia cells by arrest of G2/M phase and induction of apoptosis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52,* 2213-2217.

Jayasingh, P., & Cornforth, D.P. (2003). Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. *Meat Science*, *66,* 83-89.

Khoei, M., & Chekin, F. (2016). The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil. *Food Chemistry*, *194,* 503–507.

Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International, 37*, 731-738.

Loypimai, P., Moongngarm, A., & Chottanom, P. (2009). Effects of ohmic heating on lipase activity, bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4)*, 3642-3652.

Loypimai, P., Moongngarm, A., & Chottanom, P. (2015). Impact of stabilization and extraction methods on chemical quality and bioactive compounds of rice bran oil. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 27*(11), 849-856.

Lucchesi, M.E., Chemat, F., & Smadja, J. (2014). Solvent-free microwave extraction: An innovative tool for rapid extraction of essential oil from aromatic herbs and spices. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, *39*(3-4), 135-139.

Mielnik, M.B., Olsen,E., Vogt, G., Adeline, D., & Skrede, G. (2006). Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT - Food Science and Technology*, *39*, 191-198

Moyer, R. A., Hummer, K. E., Finn, C. E., Frei, B., & Wrolstad, R. E. (2002). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*, 519-525.

Nam, S.H., Choi, S.P., Kang, M.Y., Koh, H.J., Kozukue, N., & Friedman, M. (2006). Antioxidative activities of bran extracts from twenty-one pigmented rice cultivars. *Food Chemistry*, *94*(4), 613-620.

Philpott, S.M., Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2006). Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity and Conservation*, *15*,139-155.

Pierre, F.-X., Souchon, I., Athes-Dutour, V., & Marin, M. (2002). Membrane-based solvent extraction of sulfur aroma compounds: influence of operating conditions on mass transfer coefficients in a hollow fiber contactor *Desalination, 148*, 199-204.

Pu, J., Bechtel, P. J., & Sathivel, S. (2010). Extraction of shrimp astaxanthin with flaxseed oil: Effects on lipid oxidation and astaxanthin degradation rates. *Biosystems engineering*, *107*, 364-371.

Rattanapanone, N. (2005). *Food science of fat and oil*. Bangkok: O.S. Printing House. (In Thai)

Ryynänen, M., Lampi, A.M., Salo-Väänänen P., Ollilainen, V., & Piironen. V. (2004). A small-scale sample preparation method with HPLC analysis for determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Journal of Food Composition and Analysis, 17*(6), 749-765.

Sommers, C.H., & Fan, X. (2002). Antioxidant power, lipid oxidation, color, and viability of *Listeria monocytogenes* in beef bologna treated with gamma radiation and containing various levels of glucose. *Journal of Food Protection*, *65*(11), 1750-1755.