

การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงดอง A Comparative Study of Oil Extraction Process from Pickled Mango Kernel

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล^{1*}, วิชมนีย์ ยืนยงพุททกาล² และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์¹

Pitchaon Maisuthisakul^{1*}, Wichamanee Yuenyongputtakal² and Souwanee leowsakulrat¹

¹หลักสูตรบูรณาการส่งเสริมสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ 10400

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

¹Department of Integrated Wellness and Beauty, Faculty of Science and Technology
University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand 10400

²Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, ChonBuri, Thailand 20131

*Corresponding author: pitchaon_mai@utcc.ac.th

Abstract

Received: September 11, 2023

Revised: January 27, 2024

Accepted: March 22, 2024

Pickled mango seeds are a year-round waste that has a major impact on the environment in Thailand. The objective of this study was to investigate the optimal extraction method for pickled mango (*Mangifera indica* L.) kernel oil (PMKO), using Soxhlet extraction (SE) and cold pressed extraction (CPE) methods, to exploit its potential for commercial purposes. The physical (extraction ratio, viscosity, color, melting point, and refractive index) and chemical (peroxide value, acid value, saponification value, unsaponifiable matter, Iodine value, TBARs, including antioxidant and anti-inflammatory activities) properties were evaluated. The results showed that the extraction ratio and viscosity of PMKO obtained by CPE method were higher than those of PMKO obtained from SE. The oil extracted by CPE had a light brownish-yellow color, low peroxide value (1.93 ± 0.06 meq peroxide/kg oil), slightly high acid value (14.44 ± 0.10 mg KOH/g oil) and were in liquid form at 25 °C. The antioxidant and anti-inflammatory properties of PMKO that derived from CPE was stronger than these from SE. The antioxidant and anti-inflammatory activities of PMKO that derived from CPE were $71.87 \pm 1.09\%$ (inhibition at 50 μg) and $81.47 \pm 0.98\%$ (inhibition at 100 μg), respectively. Our results indicate that pickled mango seeds are a good source of vegetable oil. Cold-pressed extraction is an efficient and cost-effective method for obtaining oil from pickled mango kernels.

Keywords: pickled mango kernel oil, physical property, chemical property, antioxidant, extraction process

บทคัดย่อ

เมล็ดมะม่วงดองเป็นของเสียตลอดทั้งปีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมของน้ำมันเมล็ดมะม่วง (*Mangifera indica* L.) ดอง (Pickled mango kernel oil, PMKO) โดยใช้วิธีสกัดแบบ Soxhlet (SE) และวิธีสกัดเย็น (CPE) เพื่อนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ น้ำมันที่สกัดได้ถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ (อัตราส่วนการสกัด ความหนืด สี จุดหลอมเหลว และดัชนีการหักเหของแสง) และสมบัติทางเคมี (ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่ากรด ค่าซาฟอนิฟิเคชัน สารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ค่าไอโอดีน TBARs รวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านการอักเสบ) ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนการสกัดและความหนืดของ PMKO ที่ได้จากวิธี CPE สูงกว่าของ SE น้ำมันที่สกัดได้จาก CPE มีสีน้ำตาลอมเหลืองอ่อน ค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ (1.93 ± 0.06 meq peroxide/kg oil) ค่ากรดสูงเล็กน้อย (14.44 ± 0.10 mg KOH/g oil) และเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 25°C. สมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบจาก PMKO แบบ CPE นั้นดีกว่าแบบ SE กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของ PMKO แบบ CPE เท่ากับ $71.87 \pm 1.09\%$ (ยับยั้งที่ 50 μg) และ $81.47 \pm 0.98\%$ (ยับยั้งที่ 100 μg) ตามลำดับ จากผลการวิจัยบ่งชี้ว่าเมล็ดมะม่วงดองเป็นแหล่งน้ำมันพืชที่ดี โดยการสกัดเย็นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าในการได้น้ำมันจากเมล็ดมะม่วงดอง

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดมะม่วงดอง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี การต้านอนุมูลอิสระ กระบวนการสกัด

คำนำ

น้ำมันเมล็ดมะม่วง (Mango kernel oil; MKO) ได้รับการอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตของสหภาพยุโรปแล้ว เนื่องจากมีไตรกลีเซอไรด์ที่คล้ายกับเนยโกโก้ (Kaur *et al.*, 2022) เมล็ดมะม่วงมีน้ำมันในปริมาณ 7.1-15% (Abdalla *et al.*, 2007; Gunstone, 2011; Jahurul *et al.*, 2013) ปริมาณกรดไขมันของ MKO ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมะม่วง ประกอบด้วยกรดสเตียริก กรดโอเลอิก และกรดไลโนเลอิกเป็นส่วนใหญ่ (Arogba, 1997; Kittiphoom and Sutasinee, 2013) ไตรกลีเซอไรด์ที่สำคัญที่พบใน MKO คือ 1,3-distearoyl-2-oleoylglycerol (SOS) (29.4-40%), 1-stearoyl-2,3-dioleoylglycerol (SOO) (14.6-23%), 1-palmitoyl-2-oleoyl-3-stearoylglycerol (POS) (5.7-14.76%) และ 1,3-dipalmitoyl-2-oleoylglycerol (POP) (6.89-8.9%) จากรายงานการวิจัยพบว่าการผสมไขมันที่อุดมด้วย SOS ลงในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตสามารถเพิ่มปริมาณไขมันแข็ง ยับยั้งการบานของไขมัน (Fat bloom) และลดเวลาการอบของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตลงได้เล็กน้อย ดังนั้น MKO ที่อุดมด้วย SOS จึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่ทนต่ออุณหภูมิในประเทศที่มีอากาศร้อน (Jeyarani and Reddy, 1999; Maheshwari and Reddy, 2005) โดย Jahurul *et al.* (2014) รายงานว่าสมบัติของ MKO ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ กระบวนการผลิต และวิธีการสกัด ทั้งนี้สมบัติทางกายภาพและเคมี (เช่น ค่าไอโอดีน ค่าซาฟอนิฟิเคชัน ค่ากรด และจุดหลอมเหลว) ของ MKO มีความคล้ายคลึงกับของ Borneo illipe, Shea butter ไขวัว และเนยโกโก้

เทคนิคในการสกัดไขมันหรือน้ำมันออกจากเมล็ดพืชทางการค้านี้มีทั้งทางกล เคมี หรือเอนไซม์ ทั้งนี้ การพัฒนาวิธีการสกัดทางเคมีสมัยใหม่เน้นที่ตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (Yousefi *et al.*, 2019) รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสกัด ได้แก่ การสกัดโดยใช้ไมโครเวฟ (Kaufmann and Christen, 2002) การสกัดโดยใช้อัลตราซาวนด์ (Hernández-Santos *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตาม การสกัดด้วยตัวทำละลาย n-Hexane โดยใช้เครื่องมือ Soxhlet เป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการสกัด MKO (Abdalla *et al.*, 2007) MKO แต่การสกัดเย็นมีคุณภาพดีกว่าการสกัดแบบ Soxhlet โดยพบว่า น้ำมันเมล็ดมะม่วงจากการสกัดเย็นมีระดับออกซิเดชันต่ำ และมีระดับความไม่อิ่มตัวสูง รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันแสงแดดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Maisuthisakul and Changchub, 2018) ทั้งนี้ น้ำมันเมล็ดมะม่วงประกอบด้วยโพลีฟีนอลสูง (Kabuki *et al.*, 2000) นอกจากนี้ การใช้ MKO กับน้ำมันพืชเชิงพาณิชย์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้เชิงเดี่ยว (Ali *et al.*, 1985) อย่างไรก็ตามยังไม่มี การระบุข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีและกายภาพของ น้ำมันเมล็ดมะม่วงดอง ทั้งนี้เมล็ดมะม่วงดองจำนวนมากจาก โรงงานแปรรูปมะม่วงดองของไทยถูกทิ้งเป็นขยะมากกว่า หนึ่งร้อยตันในทุกปี ซึ่งกลายเป็นแหล่งกำเนิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้เมล็ดมะม่วงสุกผลิตได้ตามฤดูกาล แต่เมล็ดมะม่วงดองมีตลอดปีรวมทั้งเน่าเสียยากกว่าเมล็ดมะม่วงสุก ทำให้เมล็ดมะม่วงดองเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจสำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์เพื่อการสกัดน้ำมัน งานวิจัยนี้จึงมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการสกัดเย็นและการสกัดแบบ Soxhlet ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเมล็ดมะม่วงดอง (Pickled mango kernel oil; PMKO) โดยข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของ PMKO นี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการเลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสม และนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

เมล็ดมะม่วงแก้วต้องได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ผลิตในจังหวัดฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมในปี พ.ศ. 2564 หลังจากได้รับเมล็ดมะม่วง นำเมล็ดมาล้างและเก็บไว้ในห้องแช่แข็งเป็นเวลาไม่เกินหนึ่งสัปดาห์ จากนั้นนำเมล็ดมะม่วงมาทำการละลายในน้ำไหลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการแยกเนื้อในเมล็ดออก นำเมล็ดมะม่วงที่ได้มาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (บริษัท กล้วยน้ำไท แมชชีนเนอรี จำกัด ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 65°C. จนกระทั่งความชื้นถึง 8% (db) วัดความชื้นของตัวอย่างตาม AOAC (1990) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การสกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วงดอง

เมล็ดแห้งของมะม่วงถูกนำมาบดและนำมาสกัด 2 กระบวนการ คือ การสกัดด้วยวิธี Soxhlet และการสกัดแบบบีบเย็น สำหรับการสกัดด้วย Soxhlet จะทำการสกัดโดยใช้เฮกเซน (1:3 w/v) เป็นเวลา 6 ชั่วโมงที่ 85°C. ส่วนการสกัดเย็น ทำการสกัดโดยใช้เครื่องสกัดแบบสกรู (ไทยยนต์ รุ่น TP-5) ที่อัตราเร็วในการบิด 20 Kg/h 25 rpm ที่ความกว้างของสกรู 15 ซม. อุณหภูมิมากกว่า 40°C. จากนั้นนำน้ำมันเมล็ดมะม่วงดองที่สกัดได้เก็บไว้ที่ -20°C. ในที่มีด

สมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะม่วงดอง

อัตราส่วนการสกัด (Extraction ratio; ER) ถูกวัดตามวิธีการที่ของ Zaidul *et al.* (2007) โดย ER ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในตัวอย่าง สีของ PMKO วัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Minolta CM-3500d, Tokyo, Japan) ตามวิธีของ Maisuthisakul and Changchub (2018) ดัชนีการหักเหของแสง (Refractive index; RI) ที่ 25°C. ทำการวิเคราะห์ตาม AOCS Official Methods (1998) Ca 5a-40 จุดหลอมเหลวและความหนืดถูกวิเคราะห์ตาม AOCS Official Methods (1998) Cc 3-25 และ ASTM (2006) D445-06 ตามลำดับ

สมบัติทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะม่วงหาว

ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOCS (1998) Cd 8-53 ด้วยเครื่องไทเทรตอัตโนมัติ (Mettler-Toledo model DL 5X, Switzerland) ค่าความเป็นกรด (Acid value; AV) ค่าซาฟอนิฟิเคชัน (Saponification value; SV) สารที่ไม่สามารถละลายได้ (Unsaponifiable matter; USM) และค่าไอโอดีน (Iodine value; IV) วิเคราะห์ตามวิธี AOAC (1990) Thiobarbituric acid reactive substances value (TBARS) ถูกวัดตามวิธีการของ Buege and Aust (1978) โดยใช้กราฟมาตรฐานจาก 1, 1, 3, 3-tetramethoxypropane (MDA) คำนวณ TBARS ในรูปของ mg MDA equivalents/kg oil

ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระทั้งหมดของ PMKO และสารมาตรฐานวิเคราะห์โดยใช้วิธี DPPH (Maisuthisakul and Gordon, 2009) Fe^{2+} chelating activity วิเคราะห์ตามวิธี Soong and Barlow (2004)ฤทธิ์ต้านการอักเสบของตัวอย่างวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินตามวิธีของ Sakat *et al.* (2010) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content; TPC) ของ PMKO วิเคราะห์โดยใช้ฟีนอลรีเอเจนต์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi, 1965) ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใน PMKO แสดงเป็น mM Alpha-tocopherol equivalent (a-TOCE)/g db ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าที่ได้จากการทดลองทั้งหมดได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะม่วงหาว

ผลของวิธีการสกัดต่ออัตราส่วนการสกัด ความหนืด สี จุดหลอมเหลว และดัชนีการหักเหของแสง แสดงไว้ใน Table 1 ปริมาณน้ำมันของเมล็ดมะม่วงหาวในการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 3.20% (db) โดยทั่วไปแล้วผลผลิตของการสกัดเย็นจะต่ำกว่าการสกัดด้วย Soxhlet ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ (Table 1) ความหนืดของน้ำมันมีความสำคัญต่อการออกแบบกระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ รวมถึงการนำน้ำมันไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ความหนืดของ PMKO ที่ 40°C. (62.1-70.7 cp) นั้นสูงกว่าความหนืด ของไขมันเนยที่ 43°C. (42.0 cp) (Eromosole and Paschal, 2003) ความหนืดของ PMKO ที่ได้จาก CPE มีความหนืดมากกว่าของ SE (Table 1) ความหนืดเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน เช่น ความยาวสายโซ่ (Chain length) และความอิ่มตัว/ไม่อิ่มตัว (Saturation /unsaturation) โดยพบว่าความหนืดของน้ำมันมีค่าสูงเมื่อมีกรดไขมันชนิดที่มีความยาวสายโซ่ยาว แสดงให้เห็นว่า PMKO แบบ CPE ที่มีความหนืดสูงสอดคล้องกับค่า SV ที่ต่ำ (Table 2) เนื่องจากพบกรดไขมันชนิดที่มีความยาวสายโซ่ยาวมากกว่าการสกัดแบบ SE จากผลการวิจัยยังพบว่า สีของ PMKO เป็นสีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง (Figure 1) น้ำมันที่ได้จาก CPE มีสีเข้มกว่าที่ได้จาก SE (Table 1) ดัชนีหักเหของ PMKO/CPE คล้ายกับของ PMKOSE (Table 1) โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์และคุณภาพของน้ำมันสามารถทำได้ง่าย ๆ โดยการวัดดัชนีการหักเหของแสง ยังมีค่าสูงสิ่งเจือปนก็จะยิ่งสูงขึ้น ดังนั้นสิ่งเจือปนในน้ำมันเมล็ดมะม่วงหาวที่สกัดทั้งสองวิธีจึงมีความบริสุทธิ์เช่นเดียวกัน จุดหลอมเหลวของ PMKO จากการสกัดทั้งสองวิธี (7.11-7.21°C.) ต่ำกว่าน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (24°C.) (Schäffer *et al.*, 2001)

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของ PMKO กับรายงานก่อนหน้านี้เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสด (Fresh mango kernel oil; FMKO) (Maisuthisakul and Changchub, 2018) จากผลการวิจัยพบว่า PMKO แบบสกัดเย็นให้ผลผลิตสูงเมื่อเทียบกับ FMKO (Figure 2a) สิ่งนี้อาจได้รับอิทธิพลจาก Salting out เนื่องจากมะม่วงดองมี

เกลืออยู่ในระหว่างกระบวนการดอง เกลือ NaCl สามารถเพิ่มการกักเก็บส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ ทำให้น้ำมันจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย (Ahmed and Mahmoud, 2015) ซึ่งความชื้นของเนื้อในเมล็ดมะม่วงมีประมาณ 8% (db) จึงส่งผลต่อการสกัดน้ำมันได้ จุดหลอมเหลวของ PMKO (Figure 2c) จากการสกัดทั้งสองวิธีมีค่าต่ำกว่าของ FMKO

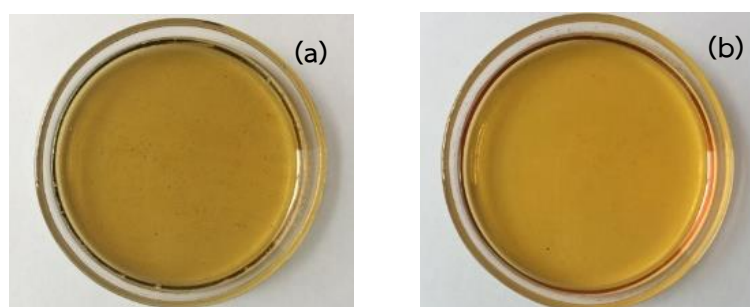


Figure 1 Effect of different extraction methods on colour of pickled mango kernel oil samples from (a) cold pressed extraction and (b) Soxhlet extraction

Table 1 Effect of different extraction methods on physical property of pickled mango kernel oil

Properties	CPE	SE
Extraction ratio	56.25±0.60 ^a	96.88±0.11 ^b
Kinematic viscosity (40°C, shear rate 110 sec ⁻¹ , cp)	70.7±0.1 ^b	62.1±1.3 ^a
Colour		
L*	68.73±0.20 ^a	69.52±0.14 ^b
a*	9.12±0.13 ^b	7.96±0.05 ^a
b*	73.15±0.20 ^b	61.01±0.12 ^a
Melting point (°C) ^{ns}	7.21±0.02	7.11±0.14
Refractive index (40°C) ^{ns}	1.45±0.00	1.45±0.00

Dry weight basis; Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences ($P<0.05$) between conditions in each row. CPE means cold pressed extraction. SE means soxhlet extraction. ns means non-significant differences.

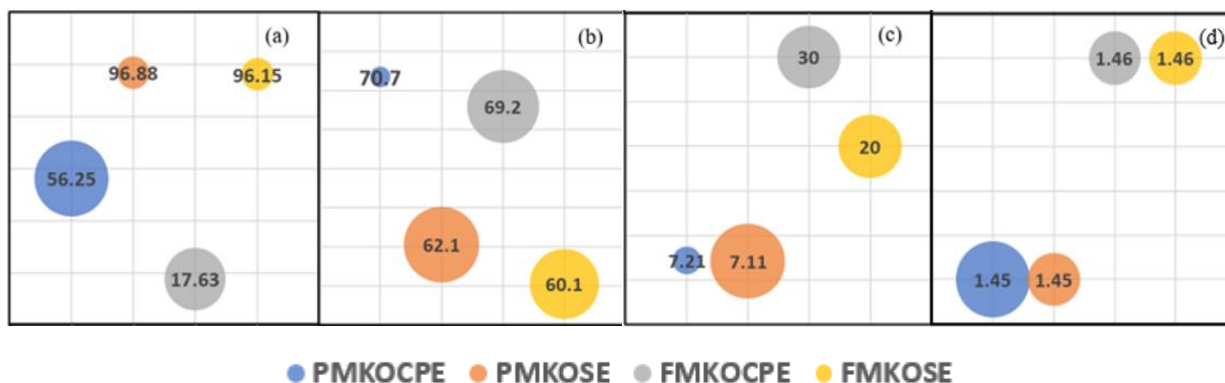


Figure 2 Effect of cold pressed extraction (CPE) and Soxhlet extraction (SE) methods on (a) extraction ratio, (b) kinematic viscosity, (c) melting point and (d) refractive index of pickled mango kernel oil (PMKO) and fresh mango kernel oil (FMKO)
Circle area means variation of the data.

สมบัติทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะม่วงดอง

โดยปกติค่าเปอร์ออกไซด์ใช้ในการวัดขอบเขตของการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่ทำให้เกิดการหืน เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันหลักที่มีอยู่ในน้ำมันหรือไขมัน โดยทั่วไป ค่า PV ที่น้อยกว่า 20 เป็นที่ยอมรับสำหรับน้ำมันพืช (Let and Meyer, 2005) อย่างไรก็ตาม ตามมาตรฐาน CODEX น้ำมันบริสุทธิ์ควรมี PV น้อยกว่า 15 (Codex Alimentarius, 2019) จากการทดลองพบว่า ค่า PV ของ PMKO อยู่ในช่วง 1.93-6.19 meq peroxide/kg oil บ่งชี้ว่า PMKO จากการสกัดทั้งสองวิธีไม่เกิดการหืน เมื่อพิจารณาค่ากรดซึ่งเป็นพารามิเตอร์ทั่วไปที่ใช้วัดกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมัน ค่าความเป็นกรดสูง ที่ค่า $AV > 20$ (Let and Meyer, 2005) บ่งชี้ถึงภาวะหืนขั้นสูงของน้ำมัน จากการทดลองนี้

พบว่า PMKO สกัดเย็นให้คุณภาพที่ดีเนื่องจาก PV และ AV ต่ำ ค่า AV ของ PMKO จากการสกัดเย็น (14.44 ± 0.10 mg KOH/g oil) และ Soxhlet (16.74 ± 0.05 mg KOH/g oil) จากการทดลองนี้ มีค่าต่ำกว่ามะม่วงพันธุ์อินดี-จีนนาร์ (21.6 mg KOH/g oil) ที่สกัดด้วยเฮกเซน (Eromosole and Paschal, 2003) เป็นการยืนยันว่าตัวอย่างน้ำมันที่ได้ไม่เหม็นหืนหลังการสกัด ตามมาตรฐานไขมันและน้ำมันที่บริโภคได้ (Codex Alimentarius, 2019) ค่ากรดของไขมันและน้ำมันสกัดเย็นไม่ควรเกิน 4 mg KOH/g oil ดังนั้นน้ำมันที่ได้จากการทดลองนี้ต้องทำให้บริสุทธิ์ก่อนใช้เนื่องจากน้ำมันมีค่ากรดสูง (AV เท่ากับ 14.44-16.74 mg KOH/g oil) เทคนิค CPE ให้ค่า PV ต่ำกว่าการสกัดแบบ Soxhlet ดังนั้นเทคนิคสกัดเย็นจึงมีความเหมาะสมในการสกัดน้ำมันจาก PMK

Table 2 Effect of different extraction methods on chemical property of pickled mango kernel oil

Properties	CPE	SE
Peroxide value (meq peroxide/kg oil)	1.93±0.06 ^a	6.19±0.04 ^b
Acid value (mg KOH/g oil)	14.44±0.10 ^a	16.74±0.05 ^b
Saponification value (mg KOH/g oil)	142.81±0.48 ^a	186.38±0.39 ^b
Unsaponifiable matter (%)	1.52±0.06 ^b	0.53±0.01 ^a
Iodine value (g of iodine/100g oil)	65.18±0.79 ^b	43.73±0.37 ^a
TBARs (mg MDA equivalents/kg oil) ^{ns}	1.14±0.03	1.17±0.02

Dry weight basis; Means of three replications±SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences ($P<0.05$) between conditions in each row. CPE means cold pressed extraction. SE means Soxhlet extraction. ns means non-significant differences.

SV คือ ค่าประมาณของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรเอซิลกลีเซอรอล ยิ่งค่า SV สูง ความยาวสายโซ่เฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ก็จะยิ่งต่ำลง (Sonwai *et al.*, 2014) ค่า SV ของ PMKO ที่ศึกษามีค่าตั้งแต่ 142.81-186.38 mg KOH/g oil ค่า SV ของ PMKO จากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าน้ำมันปาล์ม (190-209 mg KOH/g oil) เช่นเดียวกับ Sonwai *et al.* (2014) รายงานไว้ว่า SV ของ MKO จากมะม่วงแก้วมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มและเนยโกโก้ และการทดลองนี้ยังพบว่า น้ำมัน PMKO จากการสกัดแบบ SE มีค่า SV สูงกว่าการสกัดแบบ CPE (Table 2) เป็นการบ่งชี้ว่า PMKO ที่สกัดด้วยวิธี Soxhlet มีปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอลสายสั้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสกัดเย็น ส่วนค่า Unsaponifiable Matter (USM) ใช้บ่งชี้ความสกปรก

ของน้ำมัน (Eromosole and Paschal, 2003) ยิ่งมีค่าสูงยิ่งมีความสกปรกสูง ค่า USM ของ PMKO อยู่ในช่วง 0.53 ถึง 1.52 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันทั้งหมด โดย PMKO จากการสกัดเย็นมีสารเจือปนสูงกว่าการสกัดแบบ Soxhlet ทั้งนี้สารเจือปนส่วนใหญ่ น่าจะเป็นเกลือ น้ำมันปาล์มมีค่า USM เท่ากับร้อยละ 0.32 ของน้ำมันทั้งหมด โดยปกติ USM ไม่ควรเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า PMKO ที่สกัดได้มีปริมาณสิ่งเจือปนต่ำ โดยปกติค่าไอโอดีนแสดงระดับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันในน้ำมัน ค่า IV ยิ่งสูง ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือจำนวนพันธะคู่ยิ่งสูง น้ำมันจากการสกัดเย็นมีค่าไอโอดีนสูงกว่ากระบวนการ Soxhlet แสดงว่า PMKOSE มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง

Table 3 Antioxidant and anti-inflammatory activities of pickled mango kernel oil with different extraction

Properties	CPE	SE
Antioxidant activity (%inhibition at 50 μ g)	71.87 $\pm$ 1.09 ^b	59.72 $\pm$ 2.58 ^a
Fe ²⁺ -chelating ability (mg EDTAE/g db)	1.82 $\pm$ 0.22 ^b	1.61 $\pm$ 0.05 ^a
Anti-inflammatory activity (%inhibition at 100 μ g)	81.47 $\pm$ 0.98 ^b	75.39 $\pm$ 0.67 ^a
Total phenolic content (mM a-TOCE/g db)	9.06 $\pm$ 0.52 ^b	6.77 $\pm$ 0.41 ^a

Dry weight basis; Means of three replications $\pm$ SD (standard deviation); Different superscript letters mean significant differences ($P < 0.05$) between conditions in each row. CPE means cold pressed extraction. SE means Soxhlet extraction.

PMKO ที่สกัดด้วยวิธี CPE มีค่ากิจกรรมการกำจัดอนุมูลที่สูงกว่าแบบ SE ซึ่งสอดคล้องกับค่า Fe²⁺-chelating ability และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Table 3) Fe²⁺-chelating ability เป็นหนึ่งในกลไกการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากลดความเข้มข้นของโลหะทรานซิชันที่เร่งปฏิกิริยาในลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน ส่งผลให้ TBARS ของ PMKO ต่ำ (Table 2) การเสียดสภาพของโปรตีนเป็น

สาเหตุของการอักเสบจึงเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเกี่ยวกับกลไกของฤทธิ์ต้านการอักเสบ จากผลการวิจัยนี้พบว่า PMKO สกัดด้วยวิธี CPE มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการอักเสบได้ดีกว่า (Table 3) นอกจากนี้ PMKO ที่สกัดทั้งสองวิธีมีความสามารถในการต้านการอักเสบสูงกว่าคลอโรเฮกซิดีน (14.12 $\pm$ 0.54 เปอร์เซ็นต์) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน

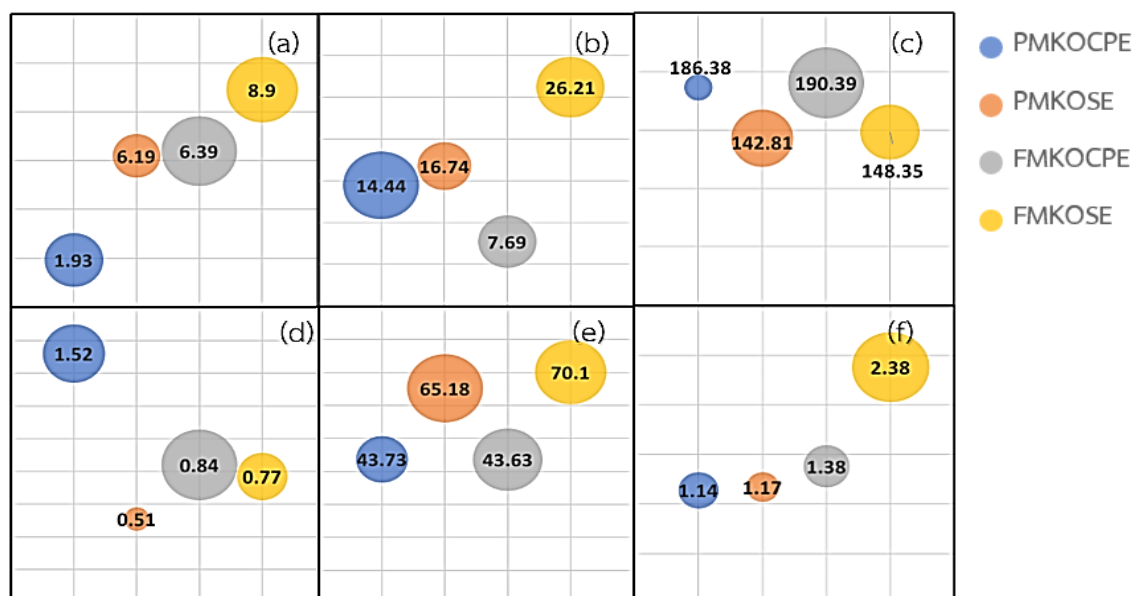


Figure 3 Effect of cold pressed extraction (CPE) and Soxhlet extraction (SE) methods on (a) peroxide Value, (b) acid value, (c) saponification value, (d) unsaponifiable matter, (e) iodine value and (f) TBARS of pickled mango kernel oil (PMKO) and fresh mango kernel oil (FMKO)
Circle area means variation of the data.

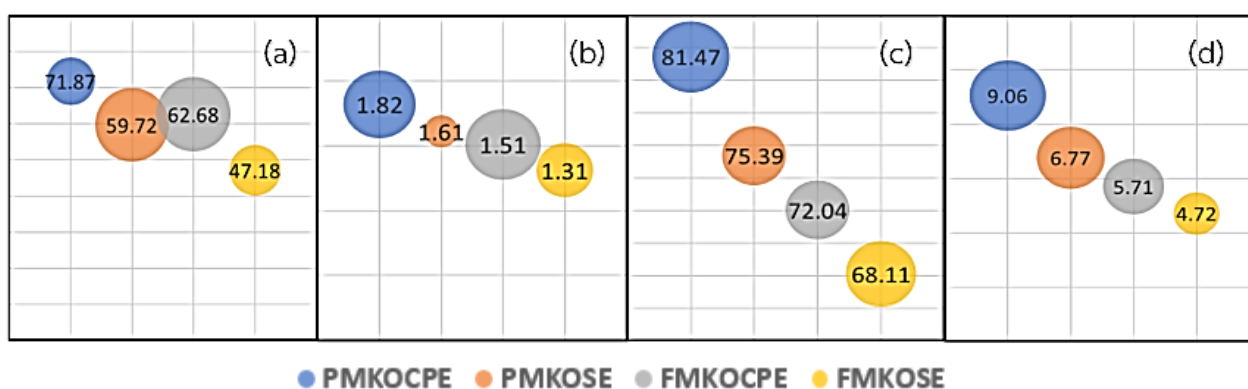


Figure 4 Effect of cold pressed extraction (CPE) and Soxhlet extraction (SE) methods on (a) antioxidant activity, (b) Fe²⁺-chelating ability, (c) anti-inflammation activity and (d) Total phenolic content of pickled mango kernel oil (PMKO) and fresh mango kernel oil (FMKO)
Circle area means variation of the data.

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของน้ำมันของเมล็ดมะม่วงแดงกับน้ำมันเมล็ดมะม่วงสด (Maisuthisakul and Changchub, 2018) พบว่า ค่า PV, SV และ TBAR ของ PMKO จากการสกัดทั้งสองวิธีมีค่าต่ำกว่า FMKO (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Cheng *et al.* (2007) ที่พบว่าการเติม NaCl ในไส้หมูทำให้ค่า TBAR ลดลง โดยปกติแล้วปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระดับความอิ่มตัวของน้ำมัน อุณหภูมิ การเก็บรักษา ปริมาณออกซิเจน แสง และสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ไขมันและน้ำมัน นอกจากนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการต้านอักเสบและปริมาณฟีนอลิกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงแดงที่สกัดทั้งสองวิธีมีค่าสูงกว่าน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงสด (Figure 4) จากการวิจัยนี้บ่งชี้ว่า PMKO เป็นแหล่งที่ดีสำหรับการสกัดไขมัน

สรุปผลการวิจัย

จากการพิจารณาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ชี้ให้เห็นว่าการสกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วงแดงด้วยวิธีการสกัดเย็นมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการสกัดแบบ Soxhlet การใช้วิธีการสกัดเย็นสามารถลดการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันเมล็ดมะม่วงแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามน้ำมันเมล็ดมะม่วงแดงที่สกัดได้ ควรทำให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้เป็นน้ำมันพืชเนื่องจากมีค่าความเป็นกรดสูง นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดมะม่วงแดงที่ได้มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารอ้างอิง

- Abdalla, A., S. Darwish, E. Ayad and R. El-Hamahmy. 2007. Egyptian mango byproduct 1. Compositional quality of mango seed kernel. **Food Chemistry** 103(4): 1134-1140.
- Ahmed, S. and A.M. Mahmoud. 2015. A novel salting-out assisted extraction coupled with HPLC- fluorescence detection for trace determination of vitamin K homologues in human plasma. **Talanta** 144: 480-487.
- Ali, M.A., M.A. Gafur, M.S. Rahman and G.M. Ahmed. 1985. Variations in fat content and lipid class composition in ten different mango varieties. **Journal of the American Oil Chemists' Society** 62(3): 520-523.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC: AOAC International. 1,298 p.
- AOCS. 1998. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. 5th edition. Champaign IL: American Oil Chemists Society. 1,200 p.
- Arogba, S. 1997. Physical, chemical and functional properties of Nigerian mango (*Mangifera indica*) kernel and its processed flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 73: 321-328.

- ASTM. 2006. **Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquid (and calculation of dynamic viscosity): D 445-06**. 1-10. [Online]. Available <https://www.scribd.com/document/474070419/D445-Viscosity-1-pdf> (November 30, 2023).
- Buege, J.A. and S.D. Aust. 1978. Biomembranes - Part C: Biological Oxidations, Microsomal lipid peroxidation. **Methods in Enzymology** 52: 302-310.
- Cheng, J., S. Wang and H.W. Ockerman. 2007. Lipid oxidation and color change of salted pork patties. **Meat Science** 75: 71-77.
- Codex Alimentarius. 2019. **Codex Standard for Named Vegetable Oils** (CODEX-STAN 210-1999). 1-10. [Online]. Available <https://www.fao.org/3/y2774e/y2774e04.htm#bm4.1> (November 30, 2023).
- Eromosole, C.O. and N.H. Paschal. 2003. Characterization and viscosity parameters of seed oils from wild plants. **Bioscience Technology** 86: 203-205.
- Gunstone, F.D. 2011. **Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses**. 2nd ed. Willy-Blackwell: CRC Press. 376 p.
- Hernández-Santos, B., J. Rodríguez-Miranda, E. Herman-Lara, J.G. Torruco-Uco, R. Carmona-García, J.M. Juárez-Barrientos, R. Chávez-Zamudio and C.E. Martínez-Sánchez. 2016. Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*). **Ultrasonics Sonochemistry** 31: 429-436.
- Jahurul, M.H.A., N.A.N. Norulaini, I.S.M. Zaidul, S. Jinap, F. Sahena, J. Azmir, K.M. Sharif and A.K. Mohd Omar. 2013. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. **Journal of Food Engineering** 117(4): 467-476.
- Jahurul, M.H.A., I.S.M. Zaidul, N.N.A. Norulaini, F. Sahena, J.M. Jaffri and A.K. Omar. 2014. Supercritical carbon dioxide extraction and studies of mango seed kernel for cocoa butter analogy fats. **CyTA - Journal of Food** 12(1): 97-103.
- Jeyarani, T. and S.Y. Reddy. 1999. Heat-resistant cocoa butter extenders from Mahua (*Madhuca latifolia*) and Kokum (*Garcinia indica*) fats. **Journal of the American Oil Chemists' Society** 76(12): 1431-1436.

- Kabuki, T., H. Nakajima, M. Arai, S. Ueda, Y. Kuwabara and S. Dosako. 2000. Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica* L.) kernel seeds. **Food Chemistry** 71: 61-66.
- Kaufmann, B. and P. Christen. 2002. Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurized solvent extraction. **Phytochemical Analysis** 13: 105-113.
- Kaur, G., D. Kaur, S.K. Kansal, M. Garg and M. Krishania. 2022. Potential cocoa butter substitute derived from mango seed kernel. **Food Chemistry** 372: 131244.
- Kittiphoom, S. and S. Sutasinee. 2013. Mango seed kernel oil and its physicochemical properties. **International Food Research Journal** 20(3): 1145-1149.
- Let, M.B.C. and A.S. Meyer. 2005. Sensory stability and oxidation of fish oil enriched milk is affected by milk storage temperature and oil quality. **International Dairy Journal** 15: 173-182.
- Maheshwari, B. and S.Y. Reddy. 2005. Application of kokum (*Garcinia indica*) fat as cocoa butter improver in chocolate. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 85: 135-140.
- Maisuthisakul, P. and M.H. Gordon. 2009. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. **Food Chemistry** 117: 332-341.
- Maisuthisakul, P. and L. Changchub. 2018. Effect of extraction method on physical and chemical properties of mango kernel oil. **Agricultural Science Journal** 49(2)(Suppl.): 53-56.
- Sakat S., A.R. Juvekar and M.N. Gambhire. 2010. *In Vitro* antioxidant and anti-inflammatory activity of methanol extract of *Oxalis corniculata* Linn. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences** 2(1): 146-155.
- Schäffer, B., S. Szakály and D. Lőrinczy. 2001. Melting properties of butter fat and the consistency of butter: effect of modification of cream ripening and fatty acid composition. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry** 64: 659-669.
- Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolic compounds with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture** 16: 144-158.
- Sonwai, S., P. Kaphueakngam and A. Flood. 2014. blending of mango kernel fat and palm oil mid-fraction to obtain cocoa butter equivalent. **Journal of Food Science and Technology** 51: 2357-2369.
- Soong, Y.Y. and P.J. Barlow. 2004. Quantification of gallic acid and ellagic (*Mangifera indica* L.) kernel and their effects on antioxidant activity. **Food Chemistry** 97: 524-530.

Yousefi, M., M. Rahimi-Nasrabadi,
S.M. Pourmortazavi, M. Wysokowski,
T. Jesionowski, H. Ehrlich and
S. Mirsadeghi. 2019. Supercritical fluid
extraction of essential oils. **TrAC Trends
in Analytical Chemistry** 18: 182-193.

Zaidul, I.S.M., N.A.N. Norulaini, A.K. Mohd Omar,
and R.L. Smith Jr. 2007. Blending of
supercritical carbon dioxide (SC-CO₂)
extracted palm kernel oil fractions and
palm oil to obtain cocoa butter replacers.
Journal of Food Engineering
78: 1397-1409.