รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุมจากการสกัดด้วยวิธีบีบอัดด้วยสกรูและใช้สารสกัด
Characterization of Moringa oleifera seed oil extracted using screw press and solvent methods

นางพอใจ ถามากร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุมจากการสกัดด้วยวิธีบีบอัดด้วยสกรูและใช้สารสกัด

Characterization of Moringa oleifera seed oil extracted using screw press and solvent methods

นางพอใจ ถามากร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
พ485ล
2556

หมวดหมู่
เลขทะเบียน 142909
วัน.เดือน.ปี - 6 มี.ย. 2559

b. 12782191
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ไม่ให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุมจากการสกัดด้วยวิธีบีบอัดด้วยสกรูและใช้สารสกัด

Research Title Characteristics of *Maringa Oleifera* seed oil from different extraction methods

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 331,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2555 ถึง 30 ก.ย. 2556

หัวหน้าโครงการวิจัย นางพอใจ ถามากร (Mrs Porjai Thamakorn)

หน่วยงานต้นสังกัด คณะอุตสาหกรรมเกษตร (Faculty of Agro-Industry)

บทคัดย่อ

วิธีการสกัดน้ำมันมะรุมที่ศึกษา ได้แก่ วิธีการบีบอัดด้วยสกรู (CSP) วิธีใช้ตัวทำละลายเฮกเซนสกัด soxhlet (SE) และวิธีการสกัดด้วยการแช่ตัวทำละลายเฮกเซน (CSE) น้ำมันสกัด SE และ CSE นำมากำจัดสารเหนียวหรือกัมออกโดยใช้น้ำร้อน ในขณะที่น้ำมัน CSP ไม่ผ่านการกำจัดกัม ผลผลิตน้ำมันที่ได้จากการสกัด CSP, SE, และ CSE เป็นร้อยละ18.89, 33.99, และ 22.04 ตามลำดับ สมบัติทางกายภาพด้านความหนืดพบว่าน้ำมัน CSP มีความหนืดสูงที่สุด (80.40 cP) ตามด้วยน้ำมัน SE (68.63 cP) และ CSE (47.33 cP) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านสี พบค่าความสว่าง L* ในน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายและผ่านการกำจัดกัม (SE 91.38, CSE 93.28) สูงกว่าน้ำมันที่บีบอัดด้วยสกรู (CSP 64.28) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของน้ำมัน CSP มีค่าสูง (11.16) ในขณะที่น้ำมัน SE และ CSE แสดงค่าความเป็นสีเขียว (-1.29 และ -3.35 ตามลำดับ) เนื่องจากการสกัดออกมาของคลอโรฟิลล์โดยตัวทำละลาย ค่าซาพอนิฟิเคชัน ค่าปริมาณสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ และค่าไอโอดีน (wijs) ของน้ำมันที่สกัดทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความเป็นกรดของน้ำมัน CSP (4.43 % as oleic acid) สูงกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยสารละลาย (SE 2.90 %as oleic acid และ CSE 2.28 %as oleic acid) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอันเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ไลเปสที่อุณหภูมิสูงขึ้นจากการบีบอัดสกรู การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบอยู่ในช่วง 32.72-34.74 ไมโครกรัมแกลลิคแอซิดอิควิวาเลนซ์/มล) สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุมมีค่า T_0 (onset temperature) (-22.2) – (-24.9) องศาเซลเซียส ค่า T_p (peak temperature) (-2.5) – (-3.3) องศาเซลเซียส ค่า T_c (conclusion temperature) 1.7 – 2.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิตกผลึก (-40.8) – (-42.6) องศาเซลเซียส องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะรุมไม่มีความแตกต่างอันเนื่องมาจากวิธีการสกัด พบกรดไขมันโอเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพันธะเดียวที่มีความสำคัญในน้ำมันเมล็ดมะรุมปริมาณสูงถึงร้อยละ 72.24-75.00 ของกรดไขมันทั้งหมด การวิเคราะห์ปริมาณวิตะมินอีหรือโทคอล พบโทโคฟีรอลทุกรูป คือ α, β, γ, δ ในขณะที่พบโทโคไตรอีนอลรูป α เท่านั้น โดยพบ γ-โทโคฟีรอลปริมาณสูงสุด (81.13- 105.30 มก/กก) และมีปริมาณ วิตะมินอีรวม 183.30 – 234.37 มก/กก ความคงตัวของน้ำมันโดยวิธี Rancimat ที่ 120 องศาเซลเซียส มีค่า OSI ของน้ำมัน CSP 25.90 ชม ในขณะที่ SE และ CSE 42.70 ชม และ 47.37 ชม ตามลำดับ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP พบน้ำมัน CSP มีค่าต่ำสุด (82.84 และ 22.18 ไมโครกรัมโทรล๊อกซ์อิควิวาเลนซ์/มล ตามลำดับ) น้ำมัน SE (88.56 และ 27.95 ไมโครกรัมโทรล๊อกซ์อิควิวาเลนซ์/มล ตามลำดับ) และสูงสุดในน้ำมัน CSE (120.71 และ 35.87 ไมโครกรัมโทรล๊อกซ์อิควิวาเลนซ์/มล ตามลำดับ)

คำสำคัญ: มะรุม, เมล็ดพืชน้ำมัน, การสกัดด้วยตัวทำละลาย, การบีบอัดด้วยสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Extraction methods of *Moringa Oleifera* seed oil used in this study were cold screw press (CSP), hexane solvent soxhlet extraction (SE), hexane solvent soaking extraction or cold solvent extraction (CSE). Extracted oil from SE and CSE were further degumming by hot water, whilst CSP oil was not. Oil yield from CSP, SE, and CSE extraction method were 18.89%, 33.99%, and 22.04% respectively. Physical property in term of viscosity found to be highest in CSP oil (80.40 cP), followed by SE (68.63 cP) and CSE (47.33 cP) with statistical difference ($p<0.05$). L* color value found to be higher in degummed oil (SE 91.38, CSE 93.28) than in CSP oil (64.28). a*value of CSP got positive sign (11.16) which represented red color, whereas SE and CSE represented green color with negative sign (-1.29 and -3.35 respectively), this due to the extraction of chlorophyll pigment into the oil. Saponification value, unsaponifiable matter, and iodine value of oils from the three extraction methods were slightly difference with statistical significance ($p<0.05$). Acid value of CSP oil was significance higher than of those solvent extracted oils ($p<0.05$). It might cause from the hydrolysis reaction of lipase enzyme at higher temperature during pressing of screw. Total phenolic compound determination found to be 32.73-34.74 μg as gallic acid /ml for all treatments. Thermal property of extracted oil was determined by DSC. Onset temperature (T_0), peak temperature (T_p), and conclusion temperature (T_c) ranged in between (-22.2) to (-24.9) $^{\circ}$C, (-2.5) to (-3.3) $^{\circ}$C and 1.7 to 2.7 $^{\circ}$C respectively. Crystalization temperature ranged from (-40.8) to (-42.6)$^{\circ}$C.

Fatty acid profile of extracted oils was not different regarding to extraction methods. Oleic acid; an important monounsaturated fatty acid (MUFA) was found to be rather high amount in extracted oils 72.74% -75.00%. Vitamin E or Tocols was analyzed and tocopherol was found in all forms;$\propto$, β, γ, and δ, when tocotrienol only $\propto$ form was found. γ-tocopherol was presented the highest amount (81.13-105.30 mg/kg) compared to all forms of Tocols. Total amount of vitamin E in all extracted oil was 183.30-234.37 mg/kg. Oil stability index (OSI) with Rancimat method observed at 120 $^{\circ}$C found to be 25.90 h for CSP, 42.70 h and 47.37 h for SE and CSE respectively. Free radical scavenging activity of extracted oil by DPPH and FRAP method found lowest in CSP oil (82.84 and 22.18 μg Trolox equivalent/ml respectively) followed by SE oil (88.56 and 27.95 μg Trolox equivalent/ml respectively) and highest in CSE oil (120.71 and 35.87 μg Trolox equivalent/ml respectively).

Keywords: *Moringa Oleifera*, seed oil, solvent extraction, cold screw press

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ น.ส.ประทุมพร ชาติไทย นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์การอาหาร ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่มีความอุตสาหะในการช่วยให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์อย่างดี ขอบคุณเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวก ทำให้การทำงานราบรื่นไม่มีอุปสรรค และการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2556 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผศ.ดร. พอใจ ถามากร
หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

มะรุม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa oleifera* Lam. เป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดเล็กมะรุมสูงถึง 2.5-10 เมตร (Roloff และคณะ 2009) บางส่วนของต้นมะรุมถูกนำมาใช้สำหรับยาและมีคุณค่าทางโภชนาการ (Armelle, 2011) มะรุมเป็นพืชท้องถิ่นของประเทศแถบตะวันตกและแถบหิมาลัยได้แก่ อินเดีย , ปากีสถาน, เอเชียไมเนอร์แอฟริกาและอารเบีย ยังพบในฟิลิปปินส์, กัมพูชา, อเมริกากลาง ทวีปอเมริกาเหนือและใต้, หมู่เกาะแคริบเบียน (Anwar and Bhanger, 2003) นอกจากนี้มะรุมยังพบในทุกภูมิภาคของไทย ที่ปลูกไว้ในบริเวณบ้าน (วรรณภา เสนาดี, 2552) ในประเทศไทยมีการใช้ส่วนของฝักมะรุมอ่อน, ใบและดอกมาปรุงเป็นอาหารแบบดั้งเดิม ปัจจุบันการวิจัย ได้รายงานถึงโภชนาการของใบมะรุม (Jongrungruangchok และคณะ 2010) แต่การวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพและโภชนาการของเมล็ดมะรุมยังไม่มีรายงานมากนัก น้ำมันที่สกัดถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการรักษาโรคผิวหนัง เครื่องสำอาง แต่ไม่ได้สำหรับการบริโภค น้ำมันดิบยังมีราคาแพงเมื่อเทียบน้ำมันมะกอก นอกจากนี้ความพร้อมด้านปริมาณของน้ำมันยังมีจำกัด วิธีการบีบอัดสกรูเป็นที่นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันในระดับเชิงพาณิชย์ การสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ ไม่มีการรายงาน

การศึกษาในต่างประเทศ ที่ผ่านมา Ramachandran และคณะ (1980) รายงานว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมมีองค์ประกอบของกรดไขมันคล้ายกับน้ำมันมะกอก มีการนำสารละลายอินทรีย์มาใช้ในการสกัดน้ำมันบ้างแล้ว เช่น การศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมจากอินเดีย สกัดโดยใช้วิธีการที่แตกต่างกันสามวิธีได้แก่ การสกัดด้วยวิธีบีบอัดสกรู (cold screw press) สกัดด้วยเฮกเซน (n-hexane) และการสกัดด้วยสารสกัดผสมของคลอโรฟอร์ม: เมทานอล (1:1) (Lalas and Tsaknis, 2002) การสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะรุมด้วยการใช้สารละลายอินทรีย์ (เฮกเซน)ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 38.00-42.00 และมีปริมาณโปรตีน เส้นใยและเถ้าร้อยละ 26.50-32.00, 5.80-9.29 และ 5.60-7.50 ตามลำดับ (Anwar and Bhanger, 2003) การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของวิธีการสกัด รายงานถึงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่มีหลายสายพันธ์ของมาเลเซีย (Abdulkarim และคณะ 2005) พบน้ำมันมีความคงตัวของกรดโอเลอิกสูงและมีประสิทธิภาพในการทอดดีเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดอื่น (Abdulkarim และคณะ 2007)

ในมุมมองของความต้องการที่เพิ่มขึ้นของน้ำมัน จึงมีการแสวงหาแนวทางการใช้ประโยชน์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณสมบัติทางโภชนาการและลักษณะเฉพาะของน้ำมัน การประเมินคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันมากยิ่งขึ้น จนถึงขณะนี้คุณสมบัติเต็มรูปแบบและการเปรียบเทียบของน้ำมันที่ผลิตจากเมล็ดมะรุมในประเทศไทยยังไม่มีการรายงานมากนัก ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันมะรุมจากวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการมองเข้าไปในลักษณะของน้ำมันมะรุมสกัดโดยวิธีการที่แตกต่างกันเพื่อประโยชน์สำหรับการบริโภค เช่นเดียวกันกับน้ำมันในเชิงพาณิชย์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของวิธีการที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะรุม ได้แก่การใช้ตัวทำละลายแบบใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อนและวิธีบีบเย็นโดยใช้สกรูอัด ต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่ได้จากการสกัด

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันที่แตกต่างกันได้แก่ การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (เฮกเซน) โดยสกัดแบบใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อนและสกัดด้วยวิธีบีบเย็นโดยใช้สกรูบีบอัด ต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพได้แก่ ความหนืด, สี, สมบัติด้านความร้อน, ค่าซาพอนนิฟิเคชัน, ค่าความเป็นกรด, ค่าความคงตัวของน้ำมัน, ค่าไอโอดีน, ค่าปริมาณสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้, ปริมาณ Tocopherols และ Tocotrienols, ชนิดและปริมาณกรดไขมัน, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะรุมที่ปลูกในประเทศไทยในเขตพื้นที่จังหวัดลพบุรีเก็บและรวบรวมเมล็ดโดยศูนย์วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์ลพบุรี ตำบลท่าวุ้ง อำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะรุม

มะรุม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa oleifera* Lam. ชื่อสามัญ Horse radish tree, Drumstick จัดเป็นต้นไม้ที่อยู่ในวงศ์ Moringaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางที่มีต้นกำเนิดบริเวณเชิงเขาหิมาลัย เป็นไม้ที่นิยมนำมาปลูกไว้ในบริเวณบ้านของคนไทยมาแต่โบราณ สามารถกินได้ทั้งส่วนยอด ราก และฝักเขียว แต่ส่วนใหญ่นิยมกินฝักมากกว่าส่วนอื่นๆ ต้นมะรุมพบได้ทุกภาคของประเทศไทย มีชื่อเรียกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่นภาคอีสานเรียก ผักอีฮุมหรือผักอีฮึม ภาคเหนือเรียกมะค้อมก้อน ชาวกระเหรี่ยงแถบกาญจนบุรีเรียกกาแน้งเดิง และแม่ฮ่องสอนเรียก ผักเนื้อไก่ เป็นต้น แพทย์แผนโบราณของไทยใช้แทบจะทุกส่วนของต้นมะรุมเป็นยา (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2554)

สายพันธุ์ของมะรุมในโลกนี้มีทั้งสิ้น 13-14 สายพันธุ์ และ 10 ใน 13 สายพันธุ์จะขึ้นเฉพาะในถิ่นที่แล้งจัด เช่นทะเลทราย แต่มีเพียง 2 สายพันธุ์ที่สามารถปลูกได้ในประเทศไทย คือ โอลิเฟอร์ร่า (*Moringa oleifera*) และคอนคาแนนซีส (*Moringa concanensis*) มะรุมเป็นพืชไม้เนื้ออ่อน และต้นสูงใหญ่ ถึงแม้จะเป็นไม้ยืนต้นที่มีอายุยืน แต่มะรุมก็เป็นพืชที่เปราะบาง หักง่าย มีประสิทธิภาพในการแตกใบได้เร็ว ถ้าได้น้ำที่พอควร มะรุมทุกชนิดมีคุณค่าเท่าเทียมกัน แต่สาเหตุที่โอลิเฟอร์ร่าเป็นสายพันธุ์ที่มีการนำมาทดลองมากที่สุด เพราะเป็นสายพันธุ์ที่ขึ้นได้ดีทุกสภาพอากาศ ยกเว้น อากาศที่หนาวจัดจนเป็นน้ำแข็ง ทรงต้นสูงชะลูดไม่กินที่ในการปลูก ใบหนาแน่น ดอกดก สามารถให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ มีความต้านทานต่อโรคภัยได้ดี ในประเทศไทยได้มีการร่วมวิจัยจากคณะชีววิทยาที่เชี่ยวชาญในพันธุ์ไม้ และนักวิชาการจากออสเตรเลีย ได้ลงความเห็นว่าสายพันธุ์ในประเทศไทยนั้นร้อยละ 80 เป็นสายพันธุ์โอลิเฟอร์ร่า แม้บางครั้งจะเห็นว่าลักษณะของฝัก และรูปใบอาจมีการแตกต่างกันออกไปก็เนื่องมาจากสภาพความสมบูรณ์ของดิน สภาวะอากาศ และการทำนุบำรุงรักษา แต่คุณสมบัติจะไม่แตกต่างจากกันมากนัก (อภิชาต ศรีสอาด, 2553)

2.2 ส่วนประกอบของมะรุม

2.2.1 ใบ มีลักษณะสลับแบบขนนก ใต้ใบสีเขียวอ่อน ใบอ่อนมีขนสีเทาขนาดใบยาว 1-3 เซนติเมตร

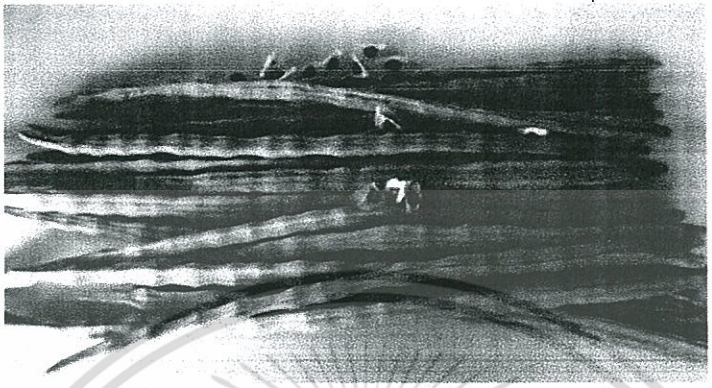
2.2.2 ดอก ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ออกตามซอกใบ กลีบดอก 5 กลีบ สีขาวหรือขาวอมเหลืองแต้มสีแดงที่ใกล้ฐานดอกนอก ยาว 1.4-1.9 เซนติเมตร กว้าง 0.4 เซนติเมตร ปลายกลีบดอกกว้างกว่าโคน 4 กลีบ ตั้งตรง เกสรตัวผู้แยกจากกันสมบูรณ์ 5 อัน ไม่สมบูรณ์ 5 อันเรียงสลับกันมีขนสีขาว ที่โคน อับเกสรสีเหลืองเกสรตัวเมีย 1 อัน (อภิชาติ ศรีสอาด, 2553)

2.2.3 ฝัก มีความยาว 20-50 เซนติเมตร ลักษณะเหมือนไม้ตีกลอง เป็นที่มาของต้นชื่อไม้ตีกลองในภาษาอังกฤษ (Drumstick Tree) เปลือกฝักอ่อนสีเขียวมีส่วนคอดและส่วนมนเป็นระยะตามความยาวของฝัก เปลือกฝักแก่มีสีน้ำตาล ดังภาพที่ 2.1 เมล็ดมีเยื่อหุ้มลักษณะกลมมีสีน้ำตาล เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ในฝักจะมีประมาณ 20 เมล็ด ฝังอยู่ในแกนของฝัก การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อฝักเป็นสีน้ำตาลอ่อนและแห้ง เมล็ดแก่สามารถบีบน้ำมันออกมากินได้ (สุธาทิพ ภมรประวัติ, 2550) การเก็บฝักแก่เต็มที่ ควรตากแห้งด้วยแสงแดด ประมาณ 3-5 วัน เพื่อให้ความชื้นเหลือ 5-8% ในประเทศไทยสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บเกี่ยวฝักแห้งได้ 2 ฤดูกาล ในช่วงเดือน ปลายเดือนมกราคม – มีนาคม และในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม (Schmidt and Mwaura, 2010)

2.2.4 เมล็ด (ภาพที่ 2.2) เมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม เกือบกลม เส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ด 1-1.4 เซนติเมตร มีเยื่อบางๆ เป็นปีก 3 ปีก ยาว 0.5-2.5 เซนติเมตร ใน 1 กิโลกรัมจะมีประมาณ 3,700 -6,000 เมล็ด ในเมล็ดจะประกอบไปด้วยสารอาหารมากมายสามารถนำเมล็ดมะรุมมาสกัดน้ำมัน



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของฝักมะรุมแห้ง
ที่มา: ประทุมพร ชาติไทย, 2555 (ถ่ายภาพ)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของเมล็ดมะรุมแห้งและเมล็ดมะรุมแห้งที่แกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก
ที่มา: ประทุมพร ชาติไทย, 2555(ถ่ายภาพ)

2.3 การสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม

อภิชาติ ศรีสอาด (2553) รายงานว่าการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมสามารถสกัดได้หลายวิธี ได้แก่

2.3.1 การสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม โดยการเคี่ยว (rendering)

สกัดโดยการนำเมล็ดมะรุมแก่มาบดให้ละเอียด แล้วนำไปใส่กระทะ เติมน้ำสองเท่าของเนื้อเมล็ดมะรุมที่บดแล้วนำไปตั้งไฟให้เดือดแล้วหรี่ไฟลง หลังจากนั้นก็เคี่ยวกับไฟพออ่อนๆ เคี่ยวจนน้ำมันแยกตัวออกมา ลอยตัวเหนือน้ำหรือเคี่ยวจนน้ำระเหยออกหมด ก็จะได้น้ำมันออกมา แล้วกรองแยกเอาน้ำมันมะรุมมาบรรจุขวด

2.3.2 การสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม โดยการกลั่น (condensing)

สกัดโดยการนำเมล็ดมะรุมในฝักแก่ มาบดละเอียดแล้วผสมน้ำ ต้มให้เดือด 5-10 นาที แล้วยกลงจากเตา นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วใส่ขวดหรือภาชนะที่มีทรงสูง ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อปล่อยให้น้ำมันแยกตัวเป็นชั้น จากนั้นจึงตักน้ำมันมากรองใส่ขวดเก็บไว้ ส่วนกากมะรุมที่เหลือนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม โดยการสกัดเย็นด้วยเครื่องสกรูเพรส (screw press)

สกัดโดยการนำเมล็ดมะรุมแกใส่ลงในเครื่องสกรูเพรสน้ำมันมะรุมที่บีบออกมาโดยแรงบีบอัดไประหว่างสกรูในแนวนอน จนได้น้ำมัน มีความร้อนเกิดขึ้นจากแรงเสียดสีระหว่างการบด ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ประมาณ 30-40% มากกว่าการสกัดด้วยไฮโดรลิก เมื่อได้น้ำมัน ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนและนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง วิธีการสกัดนี้จะได้ปริมาณน้ำมันจากเมล็ดมะรุมแห้งปริมาณ 8-12 กิโลกรัม จะสกัดได้น้ำมันมะรุม 1 ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องด้วย

2.4 น้ำมันเมล็ดมะรุม

น้ำมันเมล็ดมะรุม รู้จักกันในชื่อ Ben oil มีสมบัติไม่เป็นไข มีสรรพคุณในการดับกลิ่น ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องจักร ใช้ทำน้ำหอมและผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผม ในประเทศตะวันตกนิยมนำมะรุมผงมาใช้ขจัดสิ่งปนเปื้อนโดยเฉพาะในน้ำดื่ม สามารถนำมาใช้เป็นสารกันเสียในอุตสาหกรรมอาหาร และยังใช้เป็นน้ำมันสลัดได้อย่างดีอีกด้วย น้ำมันเมล็ดมะรุมไม่มีกลิ่น สามารถใช้แทนน้ำมันพืชได้เพราะมีส่วนประกอบของกรดโอเลอิก (กรดไขมันไม่อิ่มตัวโมเลกุลเดี่ยว) เหมาะที่จะใช้เจียวและทอด น้ำมันมะรุมที่ได้จะมีสีเหลือง มีรสหวาน ไม่มีกลิ่น น้ำมันเมล็ดมะรุมเป็นน้ำมันตามธรรมชาติชนิดคงรูปซึ่งอุดมไปด้วยกรดที่มีประโยชน์ ประกอบด้วยสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ในปริมาณสูง มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณสูงด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวถึงร้อยละ 70 จึงมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันมะกอก จึงเป็นน้ำมันคุณภาพดีสำหรับใช้ประกอบอาหาร ช่วยลดคลอเรสเตอรอลในเส้นเลือด ป้องกันโรคหัวใจ นอกจากนั้นยังมีกรดต่างๆ ที่มีประโยชน์ในปริมาณมาก คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีและองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดมะรุม ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (อภิชาติ ศรีสอาด, 2553)

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์น้ำมันเมล็ดมะรุมของจังหวัดลพบุรี ที่บีบด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรูแบบที่เรียกว่า บีบเย็น (cold press) พบว่ามีค่าเพอร์ออกไซด์ 2.44 มิลลิโมล/กก. และค่าของกรด (acid value) เท่ากับ 7.10 มก.ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม นอกจากนี้ยังศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ดมะรุมที่ได้จากการสกัด ดังแสดงในตารางที่ 2.2 (วนิดา จันทรเทพเทวัญ, 2553) มีงานวิจัยในสัตว์ทดลอง ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลว่า สารสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะรุม ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้กับตา โดยพบว่าใช้ได้ดีกับ pyodermia ในหนูเมาส์ ที่มีสาเหตุมาจาก *Staphylococcus aureus* (วิมล ศรีศุข, 2552)

2.4.1 สรรพคุณของน้ำเมล็ดมะรุม

อภิชาติ ศรีสอาด (2553) รายงานว่ามีการนำเมล็ดมะรุมมาใช้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับความสวยงามตั้งแต่ 1,400 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งนำมาใช้ลดริ้วรอยโดยการใช้ยางสน น้ำมันมะรุมสด และหญ้าไซปรัส นำส่วนผสมทั้งหมดหมักรวมกัน และนำมาใช้ทุกวันเป็นประจำ น้ำมันเมล็ดมะรุมเหมาะต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ใช้ในการบำรุงผิว บำรุงผม มีสารฆ่าเชื้อและสมานแผล มีสรรพคุณในการแก้ผื่นคัน นอกจากนั้นยังมีวิตามิน เอ และซี ที่มีประโยชน์ในด้านเสริมสวย ในขณะเดียวกันก็สามารถนำไปปรุงอาหารเช่นเดียวกับน้ำมันมะกอกและมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน น้ำมันเมล็ดมะรุมมีสรรพคุณดังนี้

1. ช่วยบำรุงรักษาผิวที่แห้งให้ชุ่มชื้น อ่อนนุ่ม และช่วยชะลอความแก่ก่อนวัยของผิว
2. ช่วยบรรเทาการเกิดสิวบนใบหน้า
3. ช่วยลดรอยจุดด่างดำของผิวอันเป็นผลจากการโดนแดด หรือการเสื่อมตามวัย
4. ช่วยรักษาโรคเชื้อราตามผิวหนังเช่นโรคน้ำกัดเท้า เชื้อราตามซอกเล็บ และผิวแห้งเพราะเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีและองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดมะรุม

คุณสมบัติ	ค่าที่ได้
Saponification value	182.9
Iodine value	66.4
Density at 20 °C (g/ml)	0.89737
Refractive Index at 20 °C	1.4670
Solidification point (pour point °C) (Method D-97)	6
Free Fatty acid (%)	Up to 2.98
Fatty acid composition (%)	
Lauric	Trace
Myristic	0.08
Pentadecanoic	Trace
Palmitic	5.45
Palmitoleic	1.48
Margaric	0.08
Margaroleic	0.05
Stearic	5.42
Oleic	72.9
Linoleic	0.76
Linolenic	0.14
Arachidic	3.39
Gadoleic	2.2
Eicosadieroic	-
Behenic	6.88
Erucic	0.14
Lignoceric	0.92

ที่มา: ดัดแปลงจากอภิชาต ศรีสอาด, 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดมะรุมและน้ำมันมะกอกบีบเย็น เป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด

กรดไขมัน	**น้ำมันมะรุมบีบเย็นจากลพบุรี**	**น้ำมันมะกอกบีบเย็น**
Myristic acid (C14:0)	0.1	<0.1
Palmitic acid (C16:0)	5.9	7.5-20.0
Palmitoleic (C14:1)	1.2	0.3-3.5
Stearic acid (C18:0)	3.9	0.5-5.0
Oleic acid (C18:1)	75.2	55.0-83.0
Linoleic (C18:2)	1.7	3.5-21.0
Linolenic (18:3)	0.2	<1.5
Stearidonic acid (C18:4)	2.7	-
Arachidic acid (C20:0)	1.7	<0.8
EPA (C20:5)	6.3	-
DHA (C22:6)	0.9	-
Nervonic acid	0.1	-

ที่มา: วนิดา จันทรเทพเทวัญ, 2553

5. ช่วยรักษาแผลสด เนื่องจากเมล็ดมะรุมนั้นประกอบไปด้วยสารฆ่าเชื้อโรคและช่วยลดการอักเสบของบาดแผลจากมีดบาด แผลฟกช้ำ แผลไฟไหม้ แมลงกัดต่อย ผดผื่นและรอยถลอกอย่างรวดเร็ว

6. ลดอาการผื่นคันตามผิวหนัง และอาการแพ้ผ้าอ้อมของเด็กอ่อน

7.ลดอาการปวดบวมของโรคไขข้ออักเสบ

8.ช่วยรักษาแผลในปาก หรือแผลของปากนกกระจอก

9.ใช้ปรุงอาหารเช่นเดียวกับน้ำมันมะกอก แต่ดีกว่าเพราะไม่มีกลิ่นเหม็นหืนภายหลัง

10.ใช้นวดกระชับกล้ามเนื้อและบรรเทาอาการปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดี

11.ใช้นวดศีรษะ รักษาโรคเชื้อราบนหนังศีรษะ บรรเทาอาการผมร่วงง่าย และอาการคันศีรษะ

12.ช่วยถอนพิษแมลงสัตว์กัดต่อย อาการปวดและอาการบวมจะลดลงอย่างรวดเร็ว

13.บรรเทาอาการปวดเมื่อยตามบั้นเอวและขา เนื่องจากการยืนนานๆ อาการปวดตามไหล่และปวดศีรษะบรรเทาอาการโรคกระดูกไขข้ออักเสบได้ดี

14.นำมาใช้เป็นยารักษาแผลเรื้อรังแผลกดทับในผู้ป่วยโรคอัมพฤกษ์ อัมพาต อย่างได้ผล โดยใช้น้ำมันมะรุมชโลมบริเวณแผล แผลจะหายเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.ใช้เป็นน้ำหล่อลื่นต่างๆ ประจำบ้าน ทำให้สิ่งของไม่เป็นสนิม

2.5 สมบัติของน้ำมัน

2.5.1 ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (Saponification number)

ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (saponification number,S.N. หรือ saponification value, S.V.) คือ จำนวนมิลลิกรัมของด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในทำปฏิกริยากับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ใน ไขมัน หรือน้ำมัน (เรียกว่า ปฏิกิริยา saponification) อย่างสมบูรณ์ จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่ซึ่งเป็นเกลือของกรดไขมัน (fatty acid) สามโมเลกุล และกลีเซอรอล หรือปริมาณกรัมของด่าง (NaOH หรือ KOH) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับไขมันชนิดต่างๆ 1 กรัม ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (saponification number) ใช้เป็นตัวบ่งชี้ขนาดของโมเลกุล หรือน้ำหนักของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันหรือน้ำมัน ไขมันหรือน้ำมันที่มีค่าซาพอนนิฟิเคชันสูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ด่างเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซิส ทำนองเดียวกันถ้าค่าซาพอนนิฟิเคชันต่ำ แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลสูง จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนน้อย ทำให้ใช้ด่างน้อยในการทำปฏิกิริยา

2.5.2 ค่าไอโอดีน (Iodine number)

ค่าไอโอดีน (iodine number, I.N. หรือ iodine value, I.V.) เป็นการวิเคราะห์เพื่อชี้บ่งจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลี เซอรอลที่ผสมรวมกันอยู่ในไขมันหรือน้ำมันตัวอย่าง ค่าไอโอดีนของไขมันหรือน้ำมันใดๆ คือจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซึม (absorb) โดยไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลจะทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนที่มากเกินพอ ไอโอดีนจะถูกดูดซึมเข้าไปที่ตำแหน่งพันธะคู่ ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในที่มืดไม่มีแสง ถ้ามีจำนวนพันธะคู่มาก ไอโอดีนจะถูกดูดซึมมากหลังจากนั้นหาปริมาณของไอโอดีนที่เหลือ เพื่อคำนวณหาปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซึมไป ดังนั้นค่าไอโอดีนจึงเป็นตัวชี้บ่งระดับความไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) ของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่รวมกันเป็นไขมันและน้ำมัน ถ้าค่าไอโอดีนสูง แสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากและจะเกิดการหืนชนิด oxidative rancidity ได้ง่ายด้วย นอกจากนี้น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูง ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่เป็นปริมาณมากนั้นยังเป็นตังชี้บ่งคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันชนิดนั้นด้วย น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูง จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมาก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย

2.5.3 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของไขมันและน้ำมัน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบระบบการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 สี (Color)

สีเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพน้ำมันของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารสีที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดน้ำมันและวิธีการกำจัดสี โดยการฟอกสีน้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่มีสีเหลืองเข้ม

2.5.5 ค่าความเป็นกรด (Acid value)

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid value (A.V.) ค่า A.V. ของกรดไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน จำนวน 1กรัมเป็นกลางพอดี ดังนั้นจึงใช้ค่า A.V ชี้บ่งภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่า A.V สูงแสดงว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนเนื่องจาก hydrolytic rancidity มาก วิธีชะลอการเกิดไฮโดรไลซิสของไขมันและน้ำมันทำได้โดยเก็บรักษาไขมันและน้ำมันไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น ทำให้ปราศจากน้ำและจุลินทรีย์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lalas and Tsaknis (2002) ศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุมโดยใช้วิธีการสกัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ การบีบเย็น (cold press) การสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (1:1) เปรียบเทียบกับน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ที่จำหน่ายเชิงการค้า โดยศึกษาน้ำมันเมล็ดมะรุม สายพันธ์มะรุม Periyakulam 1 (PKM 1) ผลผลิตของน้ำมันสกัดด้วยวิธีต่างๆดังนี้ การบีบเย็น (cold press) ร้อยละ25.1 สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนร้อยละ 38.3 และสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (1:1) ร้อยละ41.4 ค่าความหนาแน่น 0.899, 0.909, 0.911 และ 0.915 ตามลำดับ (วัดที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส) ค่าดัชนีหักเห 1.460, 1.457, 1.459 และ 1.4620 n_D 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าสี 1.90/30.00, 0.80/35.00, 2.00/35.00 และ 0/47.00 แดง/เหลือง ตามลำดับ จุดเกิดควัน 203, 200, 206 และ 190 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าความหนืด 80.00, 45.05, 56.10 และ 74.01 มิลลิปาสคาลวินาที ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด 1.94, 1.12, 1.39 และ 0.98 ร้อยละของกรดโอเลิกตามลำดับ ค่าสะพอนนิฟิเคชัน 199.32, 188.36, 186.32 และ 188.00 มก. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัมของน้ำมัน ตามลำดับ ค่าไอโอดีน 65.73, 6558, 65.46 และ 80.01 กรัมของไอโอดีน/100 กรัมของน้ำมัน ตามลำดับ ปริมาณของกรดไขมันของน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดโอเลอิคC18:1ร้อยละ71.60, 71.21, 71.22 และ 74.53 กรดไขมันชนิดอิ่มตัว เช่น ปาล์มมิติก (palmitic C16:0) ร้อยละ 6.34, 6.46, 6.36 และ 11.2 ตามลำดับ และ บีเฮนนิก (behenic C22:0) ร้อยละ 6.21, 6.41, 6.28 และ< 0.01 ตามลำดับ พบปริมาณสเตอรอลในรูปแบบฟอร์ม β -sitosterol สูงถึงร้อยละ 45.58, 43.65, 44.05 และ 64.30 ตามลำดับ stigmasterol ร้อยละ 23.10, 23.06, 22.50 และ0.60 ตามลำดับ และ campesterol ร้อยละ 15.81, 15.29, 14.60 และ 3.20 ตามลำดับ ปริมาณ tocopherols ในรูปแบบฟอร์ม α - tocopherols 5.06, 15.38, 2.42 และ 88.50 ตามลำดับ γ – tocopherols 25.40, 4.47, 5.52 และ 9.90 และ δ - tocopherols 3.55, 15.51, 12.65 และ 1.60 มก./กก. ของน้ำมันตามลำดับ น้ำมันเมล็ดมะรุมมีความคงตัวสูงต่อการหืนหรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งการสกัดโดยการบีบเย็น (cold press) การสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์มและเมทานอล (1:1) และน้ำมันมะกอกทางการค้า ก่อนการกำจัดกัมมีค่าเท่ากับ 28.2, 31.7, 32.5, และ 7.88 ชั่วโมงตามลำดับ หลังจากการกำจัดกัม ยกเว้นน้ำมันมะกอก มีค่าเท่ากับ 16.20, 8.70 และ 14.30 ชั่วโมงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันเมล็ดมะรุมมีความคงตัวสูงต่อการเกิดออกซิเดชัน (oxidative rancidity) การสกัดด้วยวิธีคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (1:1) มีความคงตัวสูงต่อการเกิดออกซิเดชัน (oxidative rancidity)

Abdulkarim และคณะ (2005) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายและวิธี aqueous enzymatic ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดคือ petroleum ether เอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมมี 4 ชนิดในเชิงพานิชย์ ดังนี้ Termamyl 120L, Type L (α-Amylase), Neutrase 0.8L (Neutral Protease), Cellucast 1.5L FG (Cellulase) และ Pectinex Ultra SP-L (Pectinase) จาก Novozyme ประเทศเดนมาร์ก พบว่า Neutrase ให้ค่าปริมาณน้ำมันสูงที่สุด องค์ประกอบกรดไขมันที่สกัดโดยตัวทำละลาย และเอนไซม์ พบกรดโอเลอิกร้อยละ 67.9 และ 70.0, กรดปาล์มมิติกร้อยละ 7.8 และ 6.8, กรดสเตียริกร้อยละ 7.6 และ 6.5, กรดบีฮินิกร้อยละ 6.2 และ 5.8 ตามลำดับ น้ำมันที่สกัดได้เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีสีเหลืองอ่อน 0.7R+5.9Y และ 0.7R+3.0Y สำหรับน้ำมันที่สกัดโดยตัวทำละลายและเอนไซม์ตามลำดับ มีกลิ่นคล้ายน้ำมันถั่วลิสง จุดหลอมเหลวประมาณ 19.0 องศาเซลเซียส และ18.9 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดไขมันหลักในไตรเอซิลกลีเซอรอล วิธีการสกัดมีผลเล็กน้อยต่อปริมาณกรดไขมันในน้ำมัน น้ำมันที่สกัดทั้ง 2 วิธี พบว่าให้อัตราร้อยละขององค์ประกอบของกรดไขมันต่างกัน คุณสมบัติด้านคุณภาพ เช่น ร้อยละของกรดโอเลอิก ร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด ค่าไอโอดีน กรดไขมันอิสระ และค่าสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ (unsaponifiable matter) และสี ของการสกัดน้ำมันด้วยเอนไซม์ดีกว่าการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

Anwar และคณะ (2006) ศึกษาประสิทธิภาพของการเสถียรภาพออกซิเดชันของน้ำมันพืชบางชนิดโดยการผสมกับน้ำมันเมล็ดมะรุม สกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมด้วยวิธี soxhlet extractorโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน นำมาผสมที่อัตราส่วนร้อยละ20, 40, 60 และ80 ของน้ำมันเมล็ดมะรุม (MOO) เมื่อนำมาผสมกับน้ำมันทานตะวัน (SFO) และน้ำมันถั่วเหลือง (SBO) วัดความคงตัวของน้ำมันด้วยเครื่อง rancimat กำหนดอัตราการไหลของอากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันเมล็ดมะรุมมีความคงตัวนาน 8.75 น้ำมันทานตะวัน 2.99 และน้ำมันถั่วเหลือง 3.30 ชั่วโมง เมื่อผสมอัตราส่วนระหว่าง MOO: SFO (20:80) มีความคงตัว 3.75, MOO: SFO (40:60) มีความคงตัว 5.72 MOO: SFO (60:40) มีความคงตัว 6.76 และ MOO: SFO (80:20) มีความคงตัว 7.29 ชั่วโมง และผสมอัตราส่วนระหว่าง MOO: SBO (20:80) มีความคงตัว3.79, MOO: SFO (40:60) มีความคงตัว 5.79, MOO: SFO (60:40) มีความคงตัว 6.96, และMOO: SFO (80:20) มีความคงตัว 7.51 ชั่วโมง ซึ่งการศึกษานี้พบว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมมีความคงตัวสูงต่อการเกิดออกซิเดชัน

Manzoor และคณะ (2007) ศึกษาน้ำมันเมล็ดมะรุมสายพันธุ์ *Concanensis* ที่สกัดจากเฮกเซน ปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดได้ร้อยละ 37.56-40.06 (เฉลี่ยร้อยละ38.82) ปริมาณโปรตีน ไฟเบอร์ ความชื้น และปริมาณเถ้าที่พบร้อยละ 30.07, 6.00, 5.88 และ 9.00 ตามลำดับ น้ำมันที่สกัดได้มีค่าไอโอดีน 67.00 กรัมของไอโอดีน/100 กรัมของน้ำมัน, ดัชนีการหักเห 1.4648 (วัดที่ 40 องศาเซลเซียส) ค่าความหนาแน่น 0.8660 มก./มล. (วัดที่ 24 องศาเซลเซียส) ค่าสปอนนิฟิเคชัน 179.00 มก. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัมของน้ำมัน ค่าซาพอนิไฟด์ไม่ได้ (unsponifiable matter) ร้อยละ0.78 ค่าสี (1 in.cell) 1.90R+19.00Y และค่าความเป็นกรดร้อยละ 0.34 (ร้อยละกรดโอเลอิก), tocopherols (α, γ และ δ) ในน้ำมันคิดเป็น 72.11, 9.26 และ 33.87 มก./กก. ตามลำดับ ค่า specific extinctionsที่ 232 และ 270 นาโนเมตร วัดได้ 3.17 และ 0.65 ตามลำดับ ค่าเปอร์ออกไซด์และ p-anisidine ของน้ำมัน 1.75 และ1.84 มิลลิอิควิวาเลนท์/กก. ตามลำดับ ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (rancimat) ที่อัตราการไหลของอากาศ (20ลิตร/ชม.) อุณหภูมิ (120 องศาเซลเซียส) ผลของน้ำมันดิบที่ 10.8 ชั่วโมงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงถึง 8.90 ชั่วโมง หลังจากการกำจัดยางเหนียว (degumming) พบว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมมีระดับกรดโอเลอิกสูงถึงร้อยละ 68.00 ตามด้วยกรดปาล์มมิติก, สเตียริก,บีฮินิก และอะราชิดิกร้อยละ 11.04, 3.58, 3.44 และ 0.79 ตามลำดับ

Abdulkarim และคณะ (2007) ศึกษาความคงตัวระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วมของน้ำมันเมล็ดมะรุมเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชอื่น คือ น้ำมันคาโนล่า (CLO) น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และน้ำมันปาล์ม (PO) การสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมใช้ตัวทำละลายและทำให้บริสุทธิ์รวมถึงการกำจัดยาง เหนียว การฟอกสีน้ำมันดิบและการกำจัดกลิ่น เพื่อลดกรดไขมันและกำจัดสารที่ระเหยได้ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันที่ใช้ในการทดลองของน้ำมัน PO, CLO และSBO พบกรดปาล์มมิติกร้อยละ37, 8.9, 11.3 กรดโอเลอิกร้อยละ 45.6, 57.4, 24.8 และกรดลิโนเลอิกร้อยละ10.8, 22.8, 53.5 ตามลำดับ น้ำมันมะรุม (MoO) มีปริมาณของกรดโอเลอิกสูงถึง ร้อยละ74.5 ของน้ำมันทั้งหมด มีกรดปาล์มมิติกร้อยละ 6.1 และกรดลิโนเลอิกร้อยละ 0.7 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมดในน้ำมันมะรุมมีมากถึงร้อยละ 78.1 เมื่อเทียบกับน้ำมันอื่นคือ PO (ร้อยละ 46.3), CLO (ร้อยละ 58.6) และ SBO (ร้อยละ 25.1) ปริมาณที่สูงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในน้ำมันเป็นที่ต้องการเนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (ชนิดโอเลอิก) จะเกี่ยวข้องกับการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

Mani และคณะ (2007) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดด้วยตัวทำละลายของน้ำมันเมล็ดมะรุมโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง ศึกษาผลของชนิดตัวทำละลาย ขนาดอนุภาค อุณหภูมิการสกัดและเวลาของตัวทำละลายต่อผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตสูงสุดแต่ละตัวทำละลายที่ใช้มีดังนี้ เฮกเซน ร้อยละ 33.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ร้อยละ 31.8 ผลผลิตสูงสุดของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดได้มาจากตัวทำละลายเฮกเซน ขนาดอนุภาคมีความสำคัญสูงสุดต่อผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ตามด้วยอุณหภูมิการสกัดและเวลาของตัวทำละลายทั้งหมด มีการใช้เทคนิควิธีการเพิ่มพื้นที่ผิวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันได้ค่าที่เหมาะสมของขนาดอนุภาค 0.62 มม. อุณหภูมิการสกัด 56.58 องศาเซลเซียส และระยะเวลาของตัวทำละลาย 7 ชั่วโมง ผลผลิตของน้ำมันที่ได้สูงสุดคือร้อยละ 33.5 โดยใช้เฮกเซนเป็นสารสกัด

Rashid และคณะ (2008) ศึกษาแหล่งของไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดมะรุม พบข้อมูลเบื้องต้นดังนี้ ค่า kinematic viscosity ของน้ำมันมีค่า 29.63 ตารางมิลลิเมตร/วินาที น้ำมันเมล็ดมะรุมมีค่า cloud point และ pour point ที่ 18 องศาเซลเซียส และ17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ปริมาณกรดไขมันพบสูงสุดคือกรดโอเลอิกร้อยละ 72.2

Rahman และคณะ (2009) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุม สายพันธุ์พื้นเมืองของบังกลาเทศ สกัดน้ำมันโดยใช้นอร์มัลเฮกเซน (H) ปิโตเลียมอีเทอร์ชนิดเบา (LPE) (จุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส) และคลอโรฟอร์ม/เมทานอล (50:50) (CM) ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากพันธุ์พื้นเมืองของบังกลาเทศทั้ง 3 วิธีปริมาณร้อยละ 37.5, 35.6 และ 40.2 ตามลำดับ นอกจากนี้น้ำมันเมล็ดมะรุมสายพันธุ์พื้นเมืองของบังกลาเทศยังมีปริมาณของกรดโอเลอิกสูง (C18:1) ถึงร้อยละ 74.41

Silva และคณะ (2010) ศึกษาลักษณะน้ำมันเมล็ดมะรุมและการผลิตไบโอดีเซล ทำการสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนจากเมล็ดมะรุมแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง วัดค่าความเป็นกรดร้อยละ 4.0 (ร้อยละกรดโอเลอิก) ค่าความหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 912 กก./ลบ ม. (วัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ซึ่งการศึกษานี้พบปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวโดยส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิกร้อยละ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 มะรุม (*Moringa*) ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์ลพบุรี

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 เครื่องกระเทาะเปลือกแบบโม่หิน
3.2.2 เครื่องบด (Blender) (Moulinex, China)
3.2.3 ตู้อบแบบถาด (Tray dryer) (Progress, Thailand)
3.2.4 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert UM 400, Germany)
3.2.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) (Beckman Coulter, USA.)
3.2.6 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) (Hettich zentrifugen , Germany)
3.2.7 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง (Pioneer, USA.)
3.2.8 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Denver, Germany)
3.2.9 เครื่องวิเคราะห์ความคงตัวของไขมัน (Metrohm's743Rancimat,switzerland)
3.2.10 เครื่อง ระเหย (Evaporater) (BÜCHI, Switzerland)
3.2.11 เครื่องสกัดไขมัน (Gerhardt S306AK, Germany)
3.2.12 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Gerhardt vap 30S, Germany)
3.2.13 เครื่องวัดสี (HunterLab Color Quest XE, USA.)
3.2.14 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย
3.2.15 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC 204 F1 Phoenix® ,Germany)
3.2.16 เครื่อง Gas Chromatography (GC) (Agilent 6890N, USA.)
3.2.17 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Agilent series 1100, USA.)
3.2.18 UV-VIS Spectrophotometer (Shimadzu UV-1601, Japan)
3.2.19 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (Memmert-WNB 7-45, Germany)
3.2.20 เตาเผา (Muffle furnance) (Nabertherm LT40, Germany)
3.2.21 เตาหลุม
3.2.22 Micro-pipettors และ Tips
3.2.23 โถสำหรับดูดความชื้น (Desiccator)
3.2.24 Magnetic stirrers และ stirring bars
3.2.25 Vortex mixer
3.2.26 Thermometer
3.2.27 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

3.3.1 Acetic acid (Merck, Germany)
3.3.2 Acetone (Merck, Germany)
3.3.3 Acetate buffer
3.3.4 Calcium chloride ($CaCl_2$) (Ajax Finechem, New Zealand)
3.3.5 Celite (Fluka, Germany)
3.3.6 Cyclohexane (Merck, Germany)
3.3.7 DPPH (2,2- diphenyl – l- picrylhydrazayl) (Merck, Germany)
3.3.8 Ethyl alcohol (Local)
3.3.9 Folin-Ciocalteau reagent (Carlo Erba, Italy)
3.3.10 Hydrochloric acid (HCl) (Merck, Germany)
3.3.11 Hexane commercial (Local)
3.3.12 Iodine (I_2) (Carlo Erba Reagenti, Italy)
3.3.13 Potassium hydroxide (KOH) (Ajax Finechem, New Zealand)
3.3.14 Potassium iodide (KI) (Carlo Erba Reagenti, Italy)
3.3.15 Potassium dichromate (Carlo Erba Reagenti, Italy)
3.3.16 Starch (Fluka, Germany)
3.3.17 Sodium hydroxide (NaOH) (Carlo Erba Reagenti, Italy)
3.3.18 Sodium thiosulfate (Fluka, Germany)
3.3.19 Trolox (Merck, Germany)
3.3.20 TPTZ(2,4,6-tripyridyl-*s*-triazine) (Fluka Chemicals, Switzerland)
3.3.21 Wijs solution (Merck, Germany)

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และศูนย์วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์ลพบุรี ตำบลท่าวุ้ง อำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมเมล็ดมะรุมและศึกษาองค์ประกอบ

เมล็ดมะรุมที่แก่เต็มที่แห้งอยู่กับต้นลักษณะฝักสีน้ำตาล แกะเอาเมล็ดในตากแดดหรือ อบแห้งที่ 45-50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง (ความชื้นร้อยละ < 5) (อบในกรณีเมล็ดมะรุมมีความชื้นเกินที่กำหนด) แยกเปลือกออกเก็บบรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบสูญญากาศเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทไว้ในตู้เย็น ได้ตัวอย่างเมล็ดมะรุม มาเป็นตัวอย่างในการสกัดน้ำมัน จากนั้นนำมาหาองค์ประกอบของเมล็ดมะรุมแห้ง หาปริมาณ ความชื้น (moisture) ตามวิธี AOAC, (2000), เถ้า (ash), ไขมัน (crude fat), โปรตีน (crude protein), ใยอาหาร (crude fiber) และ คาร์โบไฮเดรต (crude carbohydrate) ตามวิธี AOAC, (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมัน

ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำมันจากตัวอย่างเมล็ดมะรุม ทำการสกัดน้ำมัน ดังนี้

3.5.2.1 โดยการบีบเย็น ใช้เครื่องบีบอัดแบบสกรู (CSP)

นำเมล็ดมะรุมแห้ง (ไม่เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก) (ความชื้นร้อยละ <5) ใส่ลงในเครื่องบีบอัดแบบสกรู (screw press) ได้น้ำมันที่มีกากของเมล็ดบางส่วนปนอยู่ ทำให้ใส โดยตั้งไว้ให้ตกตะกอน 6 ชั่วโมง แยกเอาน้ำมันแต่ส่วนใสแล้วนำมากรองโดยกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์113 (สำหรับงานกรองน้ำมันโดยเฉพาะ) เก็บในขวดสีชาปิดสนิท (เก็บในตู้เย็น) คำนวณปริมาณร้อยละของน้ำมันที่ได้

3.5.2.2 สกัดโดยวิธี Soxhlet ใช้ตัวทำละลายเฮกเซน (SE)

นำเมล็ดมะรุมแห้งที่ได้จาก (ข้อ3.5.1) มาบดโดยเครื่องบดหยาบ (blender) ชั่งมะรุม10 ± 0.1 กรัมห่อด้วยกระดาษกรอง สกัดน้ำมันโดยใช้เครื่อง soxtherm ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที จากนั้นนำมาระเหยตัวทำละลายออกโดย rotary evaporator ควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ระเหยจนกว่าตัวทำละลายหมด ได้น้ำมันมะรุมดิบ (Crude moringa oil) และนำมากำจัดยางเหนียว (degumming) ดัดแปลงวิธีจาก Anwar and Bhanger (2003) โดยเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ปริมาณร้อยละ 20 กวนผสมนาน 10 นาที โดยใช้แท่งแม่เหล็กกวนจากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องปั่นเหวี่ยงที่ 6000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที แล้วนำมากรองสูญญากาศ ด้วยกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์113 (สำหรับงานกรองน้ำมันโดยเฉพาะ) กรองเอาส่วนที่เป็นของแข็ง (solid) ออก ได้น้ำมันมะรุมบริสุทธิ์เก็บในขวดสีชาในตู้เย็น และคำนวณปริมาณร้อยละของน้ำมันที่ได้

3.5.2.3 สกัดโดยแช่ในตัวทำละลายเฮกเซน (CSE)

นำเมล็ดมะรุมแห้งที่ได้จาก (ข้อ3.5.1) มาบดโดยเครื่องบดหยาบ (blender) แช่มะรุมแห้งบดในอัตราส่วนมะรุม: เฮกเซน 1:3 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำของเหลวแยกจากของแข็งมาระเหยตัวทำละลายออกโดย rotary evaporator ควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ระเหยจนกว่าตัวทำละลายหมด เมื่อได้น้ำมันมะรุมดิบ (crude moringa oil) นำมากำจัดยางเหนียว (degumming) เช่นเดียวกับวิธี 3.5.2.2

3.5.3 ศึกษาสมบัติของน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดมะรุมด้วยวิธีแตกต่างกัน

3.5.3.1 ทางด้านกายภาพ

3.5.3.1.1 ความหนืดวัดโดยใช้ Brookfield viscometer รุ่น (Brookfield DV-III) หัววัดเบอร์18 Small sample adapter

3.5.3.1.2 สี วัดโดยเครื่องวัดสี Hunterlab รุ่น (Color Quest XE) วัดค่าสีของน้ำมันในระบบ CIE อ่านค่าสีเป็น L*a*b* ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง ที่มีอยู่ในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ค่า a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง ถ้าเป็นบวก (+) และความเป็นสีเขียว ถ้าเป็น (-) ค่า b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง ถ้าเป็นบวก (+) และความเป็นสีน้ำเงิน ถ้าเป็น (-)

3.5.3.1.3 สมบัติด้านความร้อน (Thermal properties) โดยใช้เครื่องมือ Differential Scanning Calorimetry (DSC) รุ่น DSC 204 F1 Phoenix®

3.5.3.2 ทางด้านเคมี

3.5.3.2.1 ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (AOCS Official Method Cd 3-25)

3.5.3.2.2 ค่าความเป็นกรด (AOCS Official Method Cd 3d-63)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2.3 ค่าไอโอดีน (AOCS Official Method Cd 1-25)

3.5.3.2.4 ค่าปริมาณสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ (AOCS Official Method 6b - 53)

3.5.3.2.5 ปริมาณ Tocopherols และTocotrienols โดยใช้เครื่อง HPLC (AOCS Official Method Ce 8-89)

3.5.3.2.6 ชนิดและปริมาณกรดไขมัน โดยใช้เครื่องGC (In-house method based on AOAC (2005), 996.06 (NFI T 974)

3.5.3.2.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound) โดยดัดแปลงจาก Singleton and Lamuela-Raventos (1999)

3.5.3.3 ความคงตัวของน้ำมัน

3.5.3.3.1 ตรวจสอบความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้เครื่อง Rancimat กำหนดอัตราการไหลของอากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

3.5.3.4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)

3.5.3.4.1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH scaveng- ing activity) โดยดัดแปลงจาก Murakami และ คณะ (2004)

3.5.3.4.2 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxi-dative potential, FRAP) โดย Benzie and Strain (1996)

3.5.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นข้อ 3.5.3.1.3, 3.5.3.2.5 และ 3.5.3.2.6 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบของเมล็ดมะรุม

เนื่องจากเมล็ดมะรุมแห้งมีเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ การศึกษาองค์ประกอบจึงวิเคราะห์ ส่วนเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดแยกจากกัน ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.1 ในส่วนของปริมาณองค์ประกอบของเมล็ดมะรุม พบปริมาณของน้ำมันร้อยละ 35.34 ปริมาณโปรตีน เยื่อใย ความชื้น เถ้าและปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 29.10, 5.85, 4.24, 5.19 และ20.28 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Manzoor และคณะ (2007) รายงานว่าการศึกษาน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัด ด้วยเฮกเซนมีปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดได้ร้อยละ 37.56-40.06 (เฉลี่ยร้อยละ38.82) และมีปริมาณโปรตีน เยื่อใย ความชื้น และปริมาณเถ้าร้อยละ 30.07, 6.00, 5.88 และ 9.00 ตามลำดับ และ Anwar and Bhanger (2003) รายงานว่าลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุม พันธุ์ที่ปลูกในภูมิภาคเขตร้อนของประเทศปากีสถาน ที่สกัดด้วยเฮกเซนมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 38-40 ปริมาณโปรตีน เยื่อใย เถ้าและความชื้น ร้อยละ 26.50-32.00, 5.80-9.29, 5.60 – 7.50 และ 4.86 – 5.70 ตามลำดับ

ส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด พบปริมาณของน้ำมันร้อยละ 2.24 มีปริมาณโปรตีน เยื่อใยความชื้น เถ้าและปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.50, 73.20, 1.70, 2.71 และ18.65 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในเปลือกหุ้มเมล็ดนั้นมีปริมาณน้ำมันอยู่น้อยมากในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยอยู่สูงตามธรรมชาติของเปลือก

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดมะรุม

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	เมล็ด	เปลือกหุ้มเมล็ด
ปริมาณความชื้น	4.24±0.02	1.70±0.85
โปรตีน	29.10±0.02	1.50±0.04
ไขมัน	35.34±0.03	2.24±0.12
เยื่อใย	5.85±0.06	73.20±0.53
เถ้า	5.19±0.00	2.71±1.37
คาร์โบไฮเดรต	20.28±0.00	18.65±0.00

4.2 ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสกัดที่แตกต่าง

ผลการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมที่แตกต่างกัน 3 วิธีการ แสดงในตารางที่ 4.2 ได้แก่ การบีบเย็น ใช้เครื่องบีบอัดแบบสกรู (cold screw press : CSP) สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ด้วยการใช้สารละลายเฮกเซน แบบใช้ความร้อนหรือวิธี (soxhlet extraction : SE) และสกัดโดยใช้สารละลายเฮกเซนแบบไม่ใช้ความร้อน (cold solvent extraction : CSE) พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ได้แต่ละวิธีการสกัดแตกต่างกัน การสกัดด้วยวิธี CSPได้ปริมาณน้ำมันต่ำสุดซึ่งเป็น การบีบอัดน้ำมันทั้งเปลือกหุ้มเมล็ดเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ในการบีบอัดน้ำมัน เนื่องจากการทดลองได้ทดลองบีบเฉพาะเมล็ด พบว่าการบีบอัดที่ไร้เปลือกหุ้มนั้นไม่สามารถบีบน้ำมันให้ออกมาได้ จะได้ลักษณะเหมือนแป้งแทนน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณผลผลิตจาก การบีบอัดด้วยเครื่องเช่นนี้ลักษณะการบีบอัดของเครื่องมีผลต่อผลผลิตที่ได้ เช่นการบีบอย่างช้าๆจะได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าบีบเร็ว (เครื่องสกรูเพสที่ใช้ในการบีบอัดในการทดลองนี้มีขนาดกำลังไฟฟ้า 2 แรงม้า) จากการศึกษาเมล็ดมะรุมทั้งเปลือก 1 กิโลกรัม พบว่ามีปริมาณเมล็ด 482-598 กรัม คิดเป็นปริมาณเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ54 ในการทดลองใช้ปริมาณเมล็ดมะรุมที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดติดอยู่ 10 กิโลกรัม ได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 1020 กรัม ดังนั้นผลผลิต (yield) ที่ได้เมื่อคิดเทียบจากเมล็ดมะรุมเป็นร้อยละ18.89

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย แบบใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อนร่วม พบว่าการไม่ใช้ความร้อน มีผลผลิตที่ได้ต่ำกว่า การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายอาศัยหลักการที่น้ำมันและไขมันสามารถละลายได้ในตัวทำละลายโดยให้ตัวทำละลายสัมผัสกับเมล็ดพืชที่ผ่านการบด เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับตัวทำละลายมากขึ้น การสกัดด้วยตัวทำละลายนี้ทำให้สารอินทรีย์ชนิดไม่มีขั้วสามารถละลายในสารสกัดทั้งหมดจึงต้องนำน้ำมันไปกำจัดสารที่ไม่ใช่ไขมันออกไป เรียกว่ากระบวนการdegumming การdegumming เป็นวิธีที่สามารถกำจัด phosphatideโลหะต่างๆ สิ่งสกปรกอื่นๆออกจากน้ำมันดิบที่สกัดด้วยสารละลายได้ ในเชิงอุตสาหกรรมนิยมใช้สารเคมี ในการทดลองนี้ใช้น้ำร้อนโดยกระบวนการdegumming ดัดแปลงวิธีจาก Anwar and Bhanger (2003)โดยเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ปริมาณร้อยละ 20 กวนผสมนาน 10 นาทีโดยใช้แท่งแม่เหล็กกวนจากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปั่นเหวี่ยงที่ 6000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จึงได้น้ำมันที่ต้องการ ทำให้มีการสูญเสียน้ำมันบางส่วนออกไปกับสารที่เรากำจัด ด้วยเหตุนี้จึงมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ลดลง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้จากวิธีการสกัด

วิธีการสกัด	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
CSP	18.89±0.02
SE	33.99±0.01
CSE	22.04±0.02

4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุม สกัดด้วยวิธีการแตกต่าง แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าความหนืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) โดยที่ความหนืดจากการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุด (80.40 เซนติพอยส์) ตามด้วยการสกัดด้วยวิธี SE (68.63 เซนติพอยส์) และสกัดด้วยวิธี CSE (47.33 เซนติพอยส์) เนื่องจากวิธี CSP เป็นน้ำมันที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการกำจัดสารข้นหนืด (gumming substances) จึงส่งผลให้น้ำมันหนืดมากกว่า

น้ำมันที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย สกัดด้วยวิธี SE และสกัดด้วยวิธี CSE พบว่าค่า L* สูงขึ้นแสดงถึงความสว่างมากกว่าน้ำมันจาก CSP เนื่องจากกระบวนการ degumming จะกำจัดสารเหนียวที่อยู่ในน้ำมันออกไป ทำให้น้ำมันมีความสว่างขึ้น นอกจากนี้น้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลาย ยังมีความเป็นสีเขียว (a*เป็น-) มากกว่าน้ำมันสกัดด้วยสกรู เป็นผลจากความสามารถของตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดสารประกอบเม็ดสีคลอโรฟิลล์จากเมล็ดมะรุม (ภาพที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

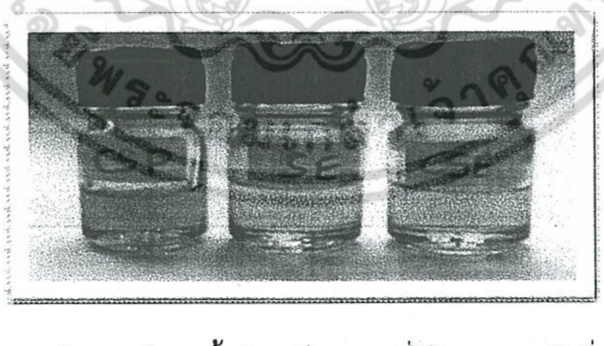
142909

ค่าความเป็นกรดของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE มีค่าต่ำสุด (2.28) ในขณะที่การสกัดด้วยวิธี SE อยู่ระหว่าง (2.90) และการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุด (4.43) ซึ่งค่าความเป็นกรดสูง (acid value) แสดงว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเอนไซม์ไลเปสสามารถทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งเพิ่มขึ้นในระหว่างการบีบอัดสกรูที่ประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ทำให้มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในวิธี CSP (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) ค่าความเป็นกรดคิดเป็นมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ 1 กรัมของไขมันหรือน้ำมัน มาตรฐานน้ำมันและไขมันบริโภคกำหนดไม่เกิน 4 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (มอก 47-2533)

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยวิธีแตกต่าง

สมบัติทางเคมีและกายภาพ	วิธีการสกัด		
	CSP	SE	CSE
ความหนืด (cP)	80.40±0.20^{c}	68.63±0.40^{b}	47.33±0.37^{a}
สี ค่าความสว่าง (L*)	64.28±0.13^{a}	91.38±1.18^{b}	93.28±0.85^{c}
ค่าสีแดง (a*)	11.16±0.78^{c}	-1.29±1.75^{a}	-3.35±0.77^{b}
ค่าสีเหลือง (b*)	105.44±0.17^{b}	114.61±1.39^{c}	101.73±1.51^{a}
ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (mg of KOH/g of oil)	185.82±3.37^{ab}	175.88±5.50^{a}	191.21±7.01^{b}
ค่าความเป็นกรด (as%oleic acid)	4.43±0.06^{c}	2.90±0.03^{b}	2.28±0.12^{a}
ค่าไอโอดีน (wijs) (g of I/100 g of oil)	51.70±0.01^{c}	50.60±0.02^{b}	48.30±0.08^{a}
ค่าปริมาณสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ (g/100g)	0.96±0.02^{c}	0.61±0.06^{a}	0.76±0.01^{b}
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (µg gallic acid eq/ml)	32.72±0.14^{a}	33.57±0.02^{b}	34.74±0.12^{c}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะสีของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่ได้จากการสกัดที่แตกต่าง

ค่าซาพอนนิฟิเคชัน (saponificatiom value) และค่าไอโอดีน (iodine value) จากตัวอย่างน้ำมันทั้ง 3 วิธีการสกัดถึงแม้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างในเชิงคุณภาพมากนัก ค่าซาพอนนิฟิเคชันเป็นตัวบ่งชี้ขนาดของโมเลกุล หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมัน น้ำมันที่มีค่าซาพอนนิฟิเคชันสูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ หรือขนาดโมเลกุลเล็ก ในทำนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกัน น้ำมันที่มีค่าซาพอนนิฟิเคชันต่ำ แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลสูง หรือขนาดโมเลกุลใหญ่ ซึ่งงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2005) รายงานว่าค่าซาพอนนิฟิเคชันในวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์และการสกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันนั้นไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าซาพอนนิฟิเคชัน ค่าซาพอนนิฟิเคชันในน้ำมันพืชชนิดอื่นๆเช่นน้ำมันมะกอกมี 188-196 น้ำมันถั่วเหลือง 189-195 น้ำมันมะพร้าว 250-264 และน้ำมันรำข้าว 181-189 จากค่าซาพอนนิฟิเคชันในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ น้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว จะมีค่าซาพอนนิฟิเคชันสูง

ส่วนค่าไอโอดีนเป็นตัวชี้บ่งว่าน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) หรือจำนวนพันธะคู่ที่มีอยู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใดถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากและจะเกิดการหืนชนิดoxidative rancidity ได้ง่ายด้วย พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุด ตามด้วยการสกัดด้วยวิธี SE และการสกัดด้วยวิธี CSE (51.70, 50.60 และ 48.30) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lalas and Tsaknin (2002) น้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดได้จาก cold press ค่าไอโอดีน 65.73 (กรัมของไอโอดีน/100 กรัมของน้ำมัน) ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่าไอโอดีน 65.58 (กรัมของไอโอดีน/100กรัมของน้ำมัน) ค่าไอโอดีนในน้ำมันชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันมะกอกมี 74-95 น้ำมันถั่วเหลือง 116-145 น้ำมันมะพร้าว 8-10 และน้ำมันรำข้าว 99-108 กล่าวได้ว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากจะมีค่าไอโอดีนสูง สังเกตได้จากน้ำมันมะพร้าวที่มีค่าไอโอดีนต่ำเนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว

ค่าปริมาณสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ (unsaponifiable matter) คือองค์ประกอบลิพิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซิสด้วยด่าง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่การสกัดด้วยวิธี SE และ CSE มีค่าต่ำกว่า CSP อาจเนื่องมาจากกระบวนการ degumming ที่กำจัดสารประกอบต่างๆ เช่น สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน คอเลสเตอรอล และไฟโตสเตอรอล ทำให้มีปริมาณลดน้อยลงกว่ากระบวนการผลิตทั้งสองวิธี (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) โดยทั่วไปกำหนดให้มีสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ ไม่เกินร้อยละ 2 ในน้ำมันบริโภค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (phenolic compound) พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าทั้งสองวิธีการเนื่องจากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่สามารถชะล้างสารสำคัญ ออกมามากขึ้นและความได้เปรียบของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ด้วยวิธีการสกัด SE ซึ่งใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ในการสกัดซึ่งสารประกอบดังกล่าวอาจจะถูกทำลายโดยความร้อนที่อุณหภูมิสูง สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidant เป็นสารที่พบตามธรรมชาติมีหลายประเภท มีลักษณะและสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันไปสมบัติทั่วไป ของสารประกอบฟีนอลิกคือละลายในน้ำได้เล็กน้อยสามารถละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกถูกแบ่งกว้างๆได้ 5 ประเภท ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) สารประกอบจำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สติลบีนส์ (stilbens) คูมารินส์ (coumarins) แทนนินส์ (tannins) สารประกอบฟีนอลิก มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH-group)อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารฟีนอลิกพื้นฐาน คือฟีนอล (phenol) ประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ Liu (2004) การศึกษาของ Kong and Lee อธิบายว่าส่วนของรำข้าวพบสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาคือข้าวกล้องและมีปริมาณต่ำสุดในข้าวขาว ในพันธุ์ข้าวสีดำ 2 สายพันธุ์ พันธุ์ Heugjinjubyeo มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในรำข้าว 108 ข้าวกล้อง 18.20 และข้าวขาว 2.73 (มิลลิกรัมแกลลิคแอซิดคิววาเลนซ์/กรัม) และพันธุ์ Heugkwangnyeo มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในรำข้าว 89.20 ข้าวกล้อง 13.30 และ ข้าวขาว 1.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(มิลลิกรัมแกลลิคแอซิคอิควิวาเลนซ์/กรัม) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์หาสารประกอบนอลิกทั้งหมดนี้ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสารประกอบกลุ่มใด

4.3.1 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลของคุณสมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุม ตรวจวัดโดยวิธี differential calorimetry scanning (DSC) ศึกษาที่ช่วงอุณหภูมิ -70 ถึง 70 องศาเซลเซียส (5 องศาเซลเซียส/ นาที) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อนที่สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งนำมาใช้ในการกำหนดหาลักษณะอุณหภูมิของน้ำมันในขณะเกิดการเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนสถานะที่อุณหภูมิสูงสุดคือการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวซึ่งสัมพันธ์กับการหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ การเปลี่ยนสถานะนี้ช่วยให้แนวทางในการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานและการเก็บรักษา การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อน ของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีแตกต่าง (ดังตารางที่ 4.4) พบว่าจุดเริ่มต้นการเกิดจุดหลอมเหลว (onset temperature; T_o) มีค่าอยู่ในช่วง -22.2, -23.6, -24.9 องศาเซลเซียสของวิธีการสกัด CSP, SE และวิธีCSE ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างไม่มีผลต่อการเริ่มต้นการเกิดจุดหลอมเหลว ขณะที่ค่าอุณหภูมิที่เกิดการหลอมเหลวสูงสุด (peak temperature; T_p) พบในวิธี CSP ที่อุณหภูมิ -3.3 องศาเซลเซียสในขณะที่วิธี SE ที่อุณหภูมิ -3.2 องศาเซลเซียส และวิธี CSE ที่อุณหภูมิ -2.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การศึกษาจุดหลอมเหลวของน้ำมันที่สกัดได้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ -2.5 ถึง – 3.6 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่เกิดจุดหลอมเหลว (conclusion temperature; T_c) ของวิธี SE อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส วิธี CSE อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 2.2 องศาเซลเซียสและวิธี CSP อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 2.7 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุม

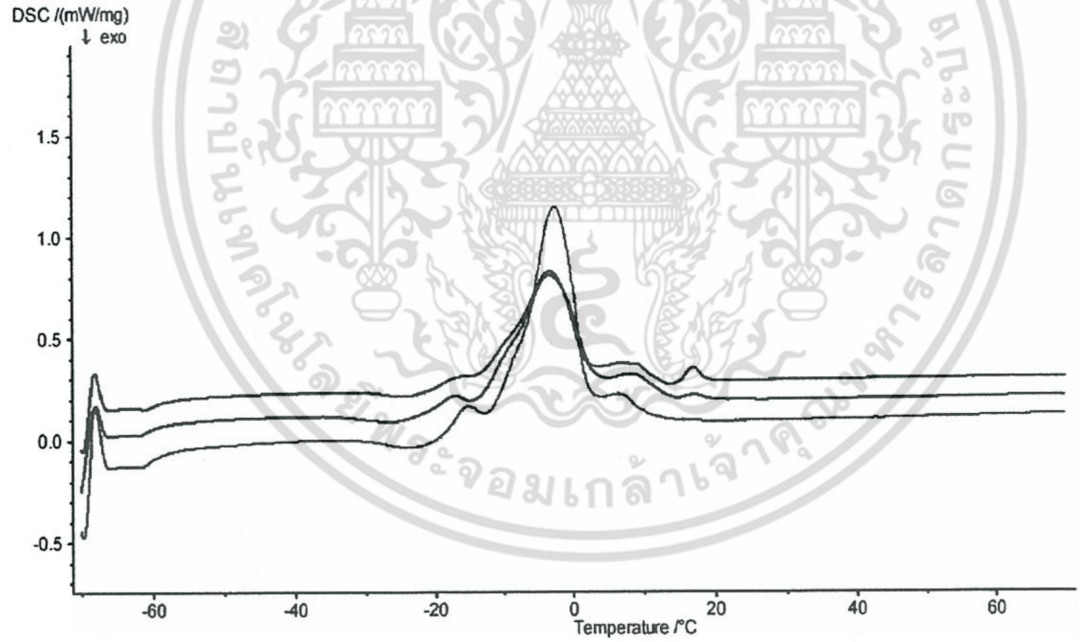
วิธีการสกัด	T_o	T_p	T_c	T_{cr}
CSP	-22.2	-3.3	2.7	-42.6
SE	-23.6	-3.2	1.7	-40.9
CSE	-24.9	-2.5	2.2	-40.8

หมายเหตุ T_o= onset temp., T_p= peak temp., T_c = conclusion temp., T_{cr}= crystallized temp.

ในลักษณะการคายพลังงานของการตกผลึก (ภาพที่ 4.3) ของน้ำมันที่สกัดได้จากวิธีการแตกต่างกัน ซึ่งกราฟที่ได้ของน้ำมันแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกัน และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยที่การตกผลึกของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี CSP, SE และวิธี CSE ตกผลึกที่อุณหภูมิ – 42.6, – 40.9 และ – 40.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจากงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2004) รายงานว่าพฤติกรรมของจุดหลอมเหลวและตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยสารละลายเฮกเซน พบว่า จุดหลอมเหลวเริ่มต้น (onset temperature; T_o) ที่อุณหภูมิ –12.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหลอมเหลวสูงสุด (peak temperature; T_p) ที่อุณหภูมิ - 4.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายการหลอมเหลว (conclusion temperature; T_c) ที่อุณหภูมิ 3.4 องศาเซลเซียส และผลึกของน้ำมันตกผลึกที่อุณหภูมิ –38.1 องศาเซลเซียสและน้ำมันเมล็ดมะรุมสกัดด้วยเอนไซม์ พบว่า จุดหลอมเหลวเริ่มต้น (onset temperature; T_o) ที่อุณหภูมิ -17.3 องศาเซลเซียส (peak temperature; T_p) ที่อุณหภูมิ-4.4 องศาเซลเซียส (conclusion temperature; T_c) ที่อุณหภูมิ 1.4 องศาเซลเซียสและผลึกของน้ำมันตกผลึกที่อุณหภูมิ-37.5 องศา

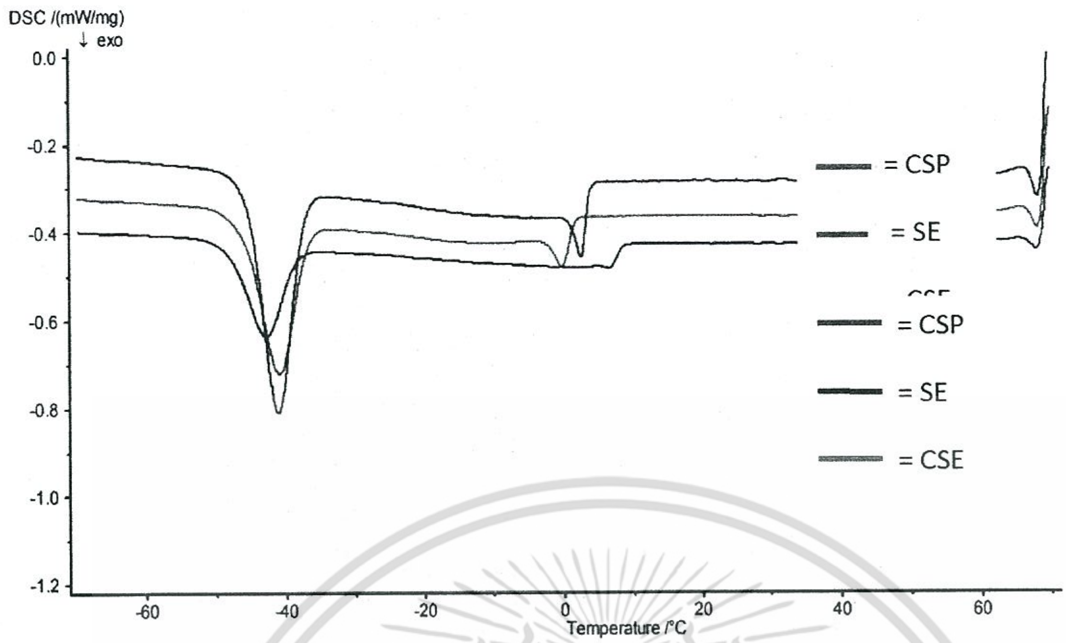
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เมทเล่อร์- โทเลโด (ประเทศไทย) รายงานว่าน้ำมันพืชได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืชนั้น โดยนำมาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ ส่งผลให้น้ำมันที่ได้นั้นจะมีไตรกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิปิด สเตอรอยด์ วิตามิน สารประกอบฟีนอลิก ฯลฯ แตกต่างกันไปด้วย คุณสมบัติการตกผลึกของน้ำมันพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบแต่ละชนิดโดยเฉพาะชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว ข้อมูลของอุณหภูมิในการตกผลึกนี้จะช่วยในการระบุชนิดของน้ำมันและควบคุมกระบวนการกลั่นอย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้นยังช่วยให้ทราบถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิต หรือเก็บรักษา เพื่อไม่ให้น้ำมันเปลี่ยนสภาพและตกผลึกเป็นไขมัน ตามรายงานของ Chiavaro และคณะ (2008) ศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่อง DSC ตรวจสอบ น้ำมันเฮเซลนัทในการกลั่นน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ พบว่าผลึกของน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ตกผลึกที่อุณหภูมิ -38 องศาเซลเซียสและน้ำมันเฮกเซลนัทตกผลึกที่อุณหภูมิ -37 องศาเซลเซียส เมื่อนำน้ำมันเฮกเซลนัทมาผสมลงในน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ทำให้จุดเริ่มต้นในการตกผลึกเปลี่ยนไปด้วย อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาแสดงว่าอุณหภูมิจุดหลอมเหลวและอุณหภูมิตกผลึกใช้เป็นบรรทัดฐานในการแยกชนิดของน้ำมัน การที่น้ำมันมีจุดหลอมเหลวและการตกผลึกต่างกันนั้นก็ขึ้นอยู่กับ จำนวนคาร์บอนอะตอม (C) ของน้ำมันแต่ละชนิดนอกจากนี้สามารถใช้จำแนกความแตกต่างของตัวอย่างชนิดน้ำมันแต่ละชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันออกไป เพื่อเป็นประโยชน์การน้ำน้ำมันไปใช้ในการแยกส่วน หรือทำผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป



ภาพที่ 4.2 เทอร์โมแกรมคุณสมบัติทางความร้อนการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันเมล็ดมะรุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 เทอร์โมแกรมคุณสมบัติทางความร้อนการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะรุม

4.3.2 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุม ที่สกัดด้วยวิธีแตกต่างพบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดจากวิธีแตกต่างกันโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.5) ยกเว้นแต่กรดโอเลอิก (oleic acid C18:1) และกรดบีฮีอิก (behenic acid C22:0) มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวได้ว่าวิธีการสกัดน้ำมันด้วยวิธีแตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลต่อความแตกต่างอย่างชัดเจนมากนักของกรดไขมันที่ได้ ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันก็ตาม แต่ไม่แสดงถึงความโดดเด่น

กรดไขมัน เป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน กรดไขมันที่พบทั้งหมดประกอบไปด้วย ตามประเภทของกรดไขมัน แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ชนิด ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประเภทของกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งเป็น monounsaturated fatty acid และpolyunsaturnted fatty acid จากตารางที่ 4.5 กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่พบมากสุดในน้ำมันเมล็ดมะรุมได้แก่ กรดบีฮีนิก (behenic acid C22 : 0) รองลงมาคือกรดสเตรียริก (stearic acid C18:0) และกรดปาล์มิติก (palmitic acid C16:0) ซึ่งกรดทั้งสองชนิดนี้พบในปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนในกรดไขมันชนิดอื่นๆพบเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประเภท monounsaturated fatty acid พบปริมาณกรดโอเลอิกสูงสุด (oleic acid C18:1) และพบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิด polyun-saturnted fatty acid เพียงปริมาณน้อยเท่านั้น การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุมนี้ สามารถบ่งบอกได้ว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมนั้นมีกรดโอเลอิก เป็นองค์ประกอบสูงสุด โดยที่การสกัดด้วยการใช้สารละลายวิธี CSE พบสูงกว่า วิธี SE และวิธี CSP เล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2004) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของน้ำมันเมล็ดมะรุมโดยใช้สารละลายและเอนไซม์ในการสกัด ซึ่งพบว่าในการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันนั้นปรากฏว่ากรดโอเลอิก (oleic acid C18:1) เป็นองค์ประกอบสูงสุดเช่นเดียวกันและยังรายงานว่าการสกัดด้วยวิธีเอนไซม์พบว่ามีกรดโอเลอิก (oleic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C18:1) สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีการใช้สารละลายอินทรีย์คือมีปริมาณกรดโอเลอิกร้อยละ 70.0 และ 67.9 ตามลำดับ กรดโอเลอิก(oleic acid C18:1) มีปริมาณสูงสามารถทนต่อความร้อนสูงเหมาะสำหรับใช้ปรุงอาหารประเภททอดหรือผัดที่ใช้เวลานานๆ เนื่องจากการมีความคงตัวสูง และ Nzikou และคณะ (2009) ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดมะรุมสายพันธุ์ *Congo – Brazzaville* ที่สกัดด้วยการใช้สารละลาย พบมีปริมาณกรดโอเลอิก (oleic acid C18:1) สูงถึงร้อยละ 74.93 กรดปาล์มมิติก (C16:0) ร้อยละ 6.24 และกรดบีฮีอิก (C22:0) ปริมาณร้อยละ 5.33

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุม

กรดไขมัน	วิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม ปริมาณกรดไขมัน (ร้อยละของไขมันทั้งหมด)		
	CSP	SE	CSE
Saturated fatty acid			
C14:0	0.11 ± 0.00^{b}	0.10 ± 0.00^{a}	0.09 ± 0.00^{a}
C16:0	5.62 ± 0.02^{b}	5.63 ± 0.06^{b}	5.36 ± 0.04^{a}
C17:0	0.08 ± 0.00^{a}	0.08 ± 0.00^{a}	0.08 ± 0.00^{a}
C18:0	5.60 ± 0.00^{b}	4.96 ± 0.01^{a}	4.93 ± 0.01^{a}
C20:0	3.74 ± 0.02^{b}	3.29 ± 0.00^{a}	3.29 ± 0.00^{a}
C22:0	7.07 ± 0.08^{c}	6.42 ± 0.01^{b}	6.21 ± 0.01^{a}
C24:0	1.12 ± 0.00^{c}	1.08 ± 0.00^{b}	1.05 ± 0.01^{a}
Monounsaturated fatty acid			
C16:1	1.19 ± 0.00^{b}	1.05 ± 0.01^{a}	1.07 ± 0.00^{a}
C18:1	72.24 ± 0.08^{a}	74.46 ± 0.25^{b}	75.00 ± 0.08^{c}
C20:1	2.14 ± 0.00^{a}	1.97 ± 0.30^{a}	1.20 ± 0.14^{a}
C22:1	0.09 ± 0.00^{c}	0.07 ± 0.00^{a}	0.08 ± 0.00^{b}
Polyunsaturated fatty acid			
C18:2	0.76 ± 0.00^{b}	0.71 ± 0.00^{a}	0.70 ± 0.00^{a}
C18:3	0.17 ± 0.00^{a}	0.17 ± 0.07^{a}	0.10 ± 0.00^{a}
C20:4	0.06 ± 0.00^{a}	0.06 ± 0.00^{a}	0.09 ± 0.00^{b}

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)

Shahidi (2005) รายงานว่า กรดโอเลอิก ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในเรื่องการลดปริมาณโคเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล (LDL) ที่ไม่ต้องการในเลือดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่นได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม พบว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมมีกรดโอเลอิกสูงเช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษาความคงตัวระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วมของน้ำมันเมล็ดมะรุมเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชอื่น คือ น้ำมันคาโนล่า (CLO) น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และน้ำมันปาล์ม (PO) น้ำมันมะรุม (MoO) มีปริมาณของกรดโอเลอิกสูงถึงร้อยละ 74.5 ของน้ำมันทั้งหมด ในขณะที่กรดโอเลอิก (C18 :1) ในน้ำมันคาโนล่า (CLO) น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และน้ำมันปาล์ม (PO) (ร้อยละ45.6, 57.4 และ 24.8) ตามลำดับ ตามรายงานของ Abdulkarim และคณะ (2007) น้ำมันเมล็ดมะรุมมีปริมาณกรดโอเลอิกมากเช่นเดียวกับน้ำมันมะกอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(olive oil) และตามรายงานของ Frank D. Gunstone (2004) พบว่าน้ำมันมะกอกอุดมไปด้วยกรดโอเลอิก ร้อยละ78 กรดโอเลอิก มีชื่อทางเคมีว่า octadecenoic acid เป็นกรดไขมัน (fatty acid) ประเภทกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ (double bond) 1 พันธะ ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 (ω-9) จัดเป็น monounsaturated fatty acid เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลตำแหน่งที่ 9 และมีการเรียงตัวเป็น cis – configuration (นิธิยา รัตนาปนนท์,2548) และงานวิจัยของ Chiavaro และคณะ (2008) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะกอกทางการค้า พบมีปริมาณกรดไขมันแตกต่างกัน ดังนี้ น้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ (extra virgin olive oil) น้ำมันมะกอก (olive oil) น้ำมันมะกอกกลั่น (refined olive oil) กากน้ำมันมะกอก (olive-pomace oil) และ กากน้ำมันมะกอกกลั่น (refined olive-pomace oil) มีปริมาณกรดโอเลอิกร้อยละ 74.1, 75.2, 74.4, 71.8 และ 72.4 ตามลำดับ กรดปาล์มมิติกร้อยละ 11.8, 10.4, 10.9, 10.8 และ 9.9 ตามลำดับ และกรดลิโนเลอิกร้อยละ 6.9, 8.3, 8.4, 8.8 และ 9.0 ตามลำดับ

4.3.3 ปริมาณทั้งหมดของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดมะรุม แสดงดังตารางที่ 4.6 ปริมาณทั้งหมดของสารสองกลุ่มนี้ถูกเรียกรวมๆว่า “วิตามินอี หรือ โทคอลส์ (Tocols)” โดยการศึกษานี้พบโทโคฟีรอลมากกว่ากลุ่มโทโคไตรอีนอล ซึ่งกลุ่มโทโคไตรอีนอลนี้พบเพียงโครงสร้างที่เป็นรูปฟอร์มแบบแอลฟ่า (α-tocotrienols) เท่านั้น และพบการสกัดด้วยวิธี CSP สูงสุดคือ 41.11 (มก./กก.) การที่มีปริมาณต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัดกัมด้วย โทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลเป็นวิตามินที่ละลายในไขมันชนิดหนึ่ง วิตามินที่บริสุทธิ์จะมีสีเหลืองอ่อนค่อนข้างเหนียวเหมือนน้ำมัน สามารถละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายไขมัน ทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส ทนต่อกรด แต่ถูกทำลายได้ง่ายในด่าง แสงอัลตร้าไวโอเลต ออกซิเดชัน หรือในน้ำมันเหม็นหืน (rancidity) หรือมีโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดงอยู่ด้วย (อนุชิต มุ่งงาม, 2555) ปริมาณโทโคฟีรอลที่พบมีทั้งหมด 4 ฟอร์ม ฟอร์มที่พบมากที่สุดตามลำดับคือ γ, α, δ และ β ปริมาณโทโคฟีรอลทั้งหมดพบว่าการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุดกว่าทั้งสองวิธีการ ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการสกัดน้ำมัน เนื่องจากวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์สามารถทำละลายสารกลุ่มโทคอลส์ (Tocols) ออกไปด้วย จึงทำให้มีปริมาณโทคอลส์ (Tocols) ด้อยกว่าวิธีการสกัดด้วย CSP และกระบวนการกำจัดกัมของน้ำมัน มีผลทำให้ปริมาณกลุ่ม โทคอลส์ (Tocols) ลดลง

ตารางที่ 4.6 ปริมาณของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธีการสกัด	วิตามินอี (มก./กก.)								
	กลุ่ม Tocopherols				กลุ่ม Tocotrienols				รวม
	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ	
CSP	66.49	2.73	81.13	42.83	41.11	-	-	-	234.37
SE	33.55	0.26	105.31	46.48	25.11	-	-	-	210.73
CSE	28.66	-	98.30	41.28	14.22	-	-	-	183.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anwar and Bhanger (2003) ที่รายงานว่ากระบวนการกำจัดกัมของน้ำมันส่งผลต่อการลดลงของปริมาณวิตามินอี ซึ่งก่อนการกำจัดกัมมีปริมาณวิตามินอีในฟอร์ม α-โทโคฟีรอลสูงถึง 134.42 γ–โทโคฟีรอล 93.70 และ δ-โทโคฟีรอล 48.0 หลังกำจัดกัม มีปริมาณวิตามินอีในฟอร์ม α-โทโคฟีรอล 110.00 γ–โทโคฟีรอล 81.63 และ δ-โทโคฟีรอล 41.00 (มก./กก.) ตามลำดับ

Packer และคณะ (2001) รายงานว่าโทโคไตรอีนอลในบางฟอร์มสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโทโคฟีรอล เพราะนอกจากสามารถให้ไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิลได้ดีกว่า ยังมีส่วนของพันธะคู่ที่โซ่ข้างช่วยในการตรึงอนุมูลอิสระและออกซิเจน เช่น α-โทโคไตรอีนอล มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระได้มากกว่า α-โทโคฟีรอล แต่ในขณะที่ α-โทโคฟีรอล มีบทบาทสำคัญเมื่ออยู่ในร่างกาย ช่วยขัดขวางการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลและสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลประเภท LDL ในเลือด และช่วยเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระเสรี หรือ free radicals นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระประเภทวิตามิน เบต้า–แคโรทีน (β-carotene) แคโรทีนนอยด์ (carotenoids) รวมถึงสารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (โอภา วัชระคุปต์, 2549) ในน้ำมันรำข้าวมีปริมาณโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลสูงสุด 300 (มก./กก.)

4.4 สมบัติความคงตัวของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาสมบัติความคงตัวของน้ำมันเมล็ดมะรุม (ตารางที่ 4.7) พบว่าการศึกษาสมบัติความคงตัวของน้ำมันด้วยการวิเคราะห์ความหืนของน้ำมันโดยเร่งให้เกิดการปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันโดยการให้ความร้อนและอากาศเข้าไปในตัวอย่างน้ำมันด้วยเครื่อง rancimat กำหนดอากาศไหลผ่านอัตราการไหลและอุณหภูมิคงที่ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการให้อากาศ 20 ลิตร/ชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของไขมันและเกิดสารประกอบในรูป volatile acids ที่เป็นผลจากออกซิเดชัน สารประกอบดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น พบว่าการเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน oil stability index (OSI) ของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีแตกต่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันที่แตกต่างกัน พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE มีความคงตัวสูงสุดกว่าวิธีการของ SE และ CSP ทั้งนี้การกำจัดกัม (degumming) มีผลทำให้ความคงตัวของน้ำมันเพิ่มขึ้น กระบวนการกำจัดกัมในวิธีการศึกษานี้ใช้น้ำเป็นตัวกำจัดกัม (water degumming) เป็นการกำจัดสารจำพวกฟอสฟาไทด์ และสารที่มีลักษณะใกล้เคียง โดยให้ละลายมาอยู่ในน้ำ ตกตะกอนด้วยการเหวี่ยง (centrifuge) (พอใจ ถามากร, 2554) แต่ผลการศึกษาของ Anwar and Bhanger (2003) รายงานว่า ระยะเวลาการเหนี่ยวนำ ของน้ำมันลดลงหลังจากการกำจัดกัมร้อยละ 14 ผลมาจากกระบวนการกำจัดกัม เนื่องจากก่อนการกำจัดกัม มีความเสถียรภาพต่อออกซิเดชัน (oxidative stability) 9.99 ชั่วโมง หลังกำจัดกัม 8.63 ชั่วโมง ที่อัตราการไหลผ่านของอากาศและอุณหภูมิคงที่ 20 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง rancimat ของน้ำมันเมล็ดมะรุมพันธุ์ที่ปลูก ในภูมิภาคเขตร้อนของประเทศปากีสถาน

นอกจากนี้กระบวนการสกัดน้ำมันที่มีความแตกต่างกันส่งผลต่อชนิดขององค์ประกอบของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล ชนิดของกรดไขมันเหล่านี้จะเป็นตัวชี้บ่งความคงตัวของน้ำมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ (ตารางที่ 4.5) ได้อธิบายถึงกรดโอเลอิกที่พบในปริมาณมากในวิธีการสกัดด้วยวิธี CSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความคงตัวของน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธีการสกัด	ความคงตัวของน้ำมัน (ชม.)
CSP	25.90±3.68[a]
SE	42.70±1.33[b]
CSE	47.37±0.52[c]

[a,b,c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)

4.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของน้ำมันเมล็ดมะรุม (ตารางที่ 4.8) พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) สูงสุด แสดงว่าน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีนี้มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสองวิธีการและการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าการต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ซึ่งการสกัดด้วยวิธี CSE มีค่าการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงสุด และการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าการรีดิวซ์เฟอร์ริกต่ำสุด วิธีการสกัดน้ำมันที่แตกต่างกันนี้ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*) การสกัดด้วยวิธี CSP มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกต่ำสุด เป็นเหตุมาจากกระบวนการผลิตน้ำมัน เนื่องจากการบีบอัดโดยใช้สกรูซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบอาจมีการปนเปื้อนร่วมด้วยการใช้ความร้อนในการบีบอัดจึงทำให้น้ำมันออกจากเมล็ด เหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันถึงแม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธีวิเคราะห์	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครกรัมอิคลิวาเลนธ์ trolox/มล.) วิธีการสกัด		
	CSP	SE	CSE
DPPH	82.84±0.83[a]	88.56±0.29[b]	120.71±0.29[c]
FRAP	22.18±0.22[a]	27.95±1.38[b]	35.87±1.14[c]

[a,b,c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมที่ต่างกัน โดยการใช้ตัวทำละลายแบบใช้ความร้อน (SE) และไม่ใช้ความร้อน (CSE) และวิธีบีบเย็นโดยใช้สกรู (CSP) ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ของน้ำมัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสกัดด้วยวิธี SE ให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงสุด

2.น้ำมันที่ได้จากการสกัด CSP มีค่าความหนืดสูงสุดและมีสีเข้มกว่าสองวิธีการสกัด คุณภาพน้ำมันที่สกัดจากการบีบอัดแบบสกรูมีคุณภาพน้ำมันที่ด้อยกว่าน้ำมันจากการสกัดทั้งสองวิธี อธิบายได้จากค่าความเป็นกรด (acid value)

3. องค์ประกอบของกรดไขมันจากน้ำมันที่สกัดทั้ง 3 วิธีมีชนิดของกรดไขมันและปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยมีกรดไขมันชนิดโอเลอิกที่โดดเด่นสูงถึงร้อยละ72-75

4. การศึกษาคุณสมบัติด้านความร้อน พบจุดหลอมเหลวและอุณหภูมิในการตกผลึกของน้ำมันทั้ง 3 วิธีการไม่มีความแตกต่างกันโดยมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ -2.5 ถึง-3.3 และอุณหภูมิการตกผลึกอยู่ที่ -40.8 ถึง-42.6 องศาเซลเซียส

5. ปริมาณวิตามินอีทั้งหมดในการสกัดด้วยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ พบมีปริมาณวิตามินอีน้อยกว่าวิธี CSP

6. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ (DPPH) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ไปในทิศทางเดียวกันและยังมีความสอดคล้องกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอีกด้วย

ดังนั้น การศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมที่แตกต่างกัน มีองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะรุมแต่ละวิธีการสกัดที่มีความแตกต่างกันไป การนำไปใช้จึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมด้วยจะมีบทบาทสำคัญต่อการนำไปใช้งานเพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางที่ต้องการต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากยังมีการผลิตไม่มาก จำกัดด้วยปริมาณวัตถุดิบจึงทำให้น้ำมันเมล็ดมะรุมมีราคาแพง หากนำไปใช้เดี่ยวอาจไม่เหมาะสม ด้วยคุณสมบัติของน้ำมันควรมีการศึกษาการนำไปใช้ผสมกับ น้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีอยู่ในเชิงพานิชย์ เพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำมันและมูลค่า

2. ควรมีการศึกษาถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพต่างๆ ที่เกิด ขึ้นหลังจากมีการน้ำมันไปใช้งาน

3. ควรมีการศึกษาสารพิษ (toxicity) ที่มีอยู่ในน้ำมันที่สกัดได้ ซึ่งส่งผลอย่างไรต่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

เสนอผลงานวิจัย 1 บทความ

Pratumporn Chatthai and **Porjai Thamakorn**. 2013. Characteristics of Moringa Oleifera seed oil from different extraction methods. *In* Proceedings of the 15th Agro Industrial Conference “Food Innovation Asia Conference 2013”. June 13-14 2013, BITEC, Bangkok, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2554. มะรุม...พืชมหัศจรรย์. วารสารวิชาการอาหาร. ปีที่ 41. ฉบับที่ 2. เมษายน - มิถุนายน 2554.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 244 น.

พอใจ ถามากร. 2554. เอกสารประกอบการสอนไขมันและน้ำมัน. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 43 น.

วนิดา จันทรเทพเทวัญ. 2553. มะรุม...พืชนี้ดีจริงหรือ (2). วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนาองค์การเภสัชกรรม. ปีที่ 17. ฉบับที่ 4. ตุลาคม – ธันวาคม, 2553.

วรรณภา เสนาดี. 2552. มะรุมพืชผักเป็นยาราคาเยา. วารสารเคหการเกษตร. ปีที่ 33. ฉบับที่12. ธันวาคม 2552.

วิมล ศรีศุข. 2552. มะรุมพืชที่ทุกคนอยากรู้ [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก http://www.medplant.mahidol.ac.th/ document/moringa.asp (วันที่สืบค้น 25 มิถุนายน 2555)

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2550. มะรุมลดไขมันป้องกันมะเร็ง. นิตยสารหมอชาวบ้าน. ปีที่ 29. ฉบับที่ 338. มิถุนายน 2550.

อภิชาต ศรีสอาด. 2553. คู่มือการเพาะปลูก แปรรูป และผลิตภัณฑ์ มะรุม ครบวงจร. นาคาอินเตอร์มีเดียร์. กรุงเทพฯ.

อนุชิต มุ่งงาม. 2555. แอนติออกซิแดนท์ในธัญพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 230 น.

โอภา วัชระคุปต์. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 1. พี.เอส.พริ้น, นนทบุรี. 200 น.

บริษัท เมทเล่อร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด. 2556. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชโดยเทคนิคเชิงความร้อน DSC. นิตยสาร Food focus thailand ปีที่ 8. ฉบับที่88. กรกฎาคม 2556.

มอก. 47-2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. น้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค.สำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.กระทรวงอุตสาหกรรม. เล่มที่ 107 ตอนที่ 84. 22 พฤษภาคม 2533.

Abdulkarim, SM., Long K, Lai, OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. 2005. Some physic-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Food Chemistry.93:253-263.

Abdulkarim, SM., Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. 2007. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. Food Chemistry. 105:1382 – 1389.

Anwar, F. and Bhanger, MI. 2003. Analytical characterization of moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. J. Agric. Food Chem. 51: 6558-6563.

Anwar, F., Abdullah, I. H., and Shahid, I. 2007. Muhammad Iqbal Bhanger Enhancement of the oxidative stability of some vegetable oils by blending with Moringa oleifera oil. Food Chemistry 103 (2007) 1181–1191.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Armelle. 2011. Homepage. Website. Moringanews / Moringa Association of Ghana from: http://www.moringanews.org/documents/moringawebEN.pdf. Accessed June 18, 2011.

AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 17th ed, The Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia.

AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 996.06, (nfi t 974) The Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia.

AOAC. 2011. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.

AOCS. 1993. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 3th ed. Champaign Illinois, USA.

AOCS. 2001. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 5th ed. Champaign Illinois, USA.

AOCS. 2009. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 6th ed. Champaign Illinois, USA.

Benzie, Iris F. 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.

Chiavaro, E., Vittadini, E., Rodriguez-Estrada, M. T., Cerretani, L., & Bendini, A. 2008. Differential scanning calorimeter application to the detection of refined hazelnut oil in extra virgin olive oil. Food Chemistry, 110, 248–256.

Chiavaro, E., Maria T R-E., Carlo B., Elena V., Lorenzo C., Alessandra B. 2008. Differential scanning calorimetry: A potential tool for discrimination of olive oil commercial categories. Analytica chimica acta, 625 (2008) 215–226.

Frank, D. Gunstone. 2004. The chemistry of oils and fats. Blackwell pubishing. Oxford ox4 2dq, UK. 288 p.

Jongrungruangchok, S., Bunrathep S., Songsak T. 2010. Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa Orleifera* cultivated in Thailand. J Health Res. 24(3): 123-127.

Kong, S., and Lee J. 2010. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. Food Chemistry. 120:278-281.

Lalas, S, Tsaknis J. 2002. Characterization of *moringa oleifera* seed oil variety Periyakulam 1. J Food Composition and Analysis. 15: 65–77.

Liu, R.H. 2004. Potentil synergy of phytochemicals in cancer prevention:Mechanism of action. Journal of Nutrition. 134:3479-3485.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manzoor, M, Anwar F, Iqbal T, Bhanger MI. 2007. Physico-chemical characterization of *Moringa concanensis* seeds and seed oil. J Amer Oil Chem Soc. 84:413-419.

Mani, S., Jaya, S. and Vadivambal, R. 2007. Optimization of Solvent Extraction of *Moringa* (*Moringa Oleifera*) Seed Kernel Oil Uaing Response Surface Methodology. Food and Bioproducts processing. 85(C4):328-335.

Murakami, M., Yamaguchi, T., Takamura, H. and Matoba,T. 2004. Effects of Thermal Treatment on Radical-scavenging Activity of Single and Mixed Polyphenolic Compounds. Food Chemistry and Toxicology. Vol. 69, Nr. 1, Fct7-Fct10.

Nzikou, JM., Motos L, Moussounga JE, Ndangui CB, Kimbonguila A, Silou TH, Linder M and Desobry S. 2009. Characterization of *moringa oleifera* seed oil variety congo-brazzaville J Food Technology. 3: 59–65.

Packer, L., Stefan U., Weber and Gerald Rimbach . 2001. Molecular Aspects of α-Tocotrienol Antioxidant Action and Cell Signalling. American Society for Nutritional Sciences. 131:369S - 373S.

Rahman, IMM., Barua, S., Nazimuddin, M., Begum, ZA., Rahman, MA. and Hasegawa, H. 2009. Physicochemical Proprties of *Moringa Oleifera* Lam. Seed Oil of the indgenous-cultivar of bangladesh. Journal of Food Lipids.16:540:553.

Ramachandran, C, Peter KV, Gopalakrishnan PK. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera):* A multipurpose Indian vegetable. Econ. Bot., 34: 276-283.

Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R. and Knotse, G. 2008. Moringa oleifera oil: A possible source of biodiesel. Bioresource Technology. 99:8175-8179.

Roloff, A, Weisgerber H, Lang U, Stimm B. 2009. Enzyklopadieder holzgewachse, handbuch and atlasder dendrologie. WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim. North Kent Street, Arlington, USA.

Schmidt, L. and Mwaura, L. 2010. Moringa oleifera Lam. Seed leaflet. World Agroforestry Centre. (University of Copenhagen), 150, November 2010.

Shahidi Fereidoon. 2005. Bailey's industrial oil and fat products vol.1. 6th ed. John Wiley& Sons,Inc.All rights reserved.

Silva, J.P.V. da., Serra, T.M., Gossmann, M., Wolf, C.R., Meneghetti, M.R. and Meneghetti, S.M.P. 2010. Moringa oleifera oil: Studies of characterization and biodiesel production. Biomass and Bioenergy. 34:1527-1530.

Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods, *Enzymol*. 299, 152-178.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PB-35

Characteristics of *Moringa Oleifera* Seed Oil from Different Extraction Methods

Pratumporn Chatthai * *and Porjai Thamakorn*
Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand
*Corresponding author: p_chatthai@hotmail.com

Abstract

Maringa Oleifera seed oil has been used in cooking, cosmetics, and lubrication industry in many countries including India, Pakistan, Malaysia and The Philippines. Nowadays it is mainly used in cosmetics in Thai market. However its characteristics have not been fully explicated. The objective of this research is to investigate the characteristics of the *Maringa Oleifera* seed oil obtained from different extraction methods which include screw press method (CSP), soxhlet method (SE) and cold solvent extraction (CSE). The extracted oils were analyzed for physico-chemical characteristics; acid value, iodine value, saponification value, color (L* a* b* system) and viscosity (Brookfield method). The extracted oil from SE and CSE were further processed on water degumming, while CSP was not. Oil yield was obtained as 10.02% for CSP, 34.99% for SE, and 22.04% for CSE. The significant difference ($P<0.05$) of viscosity was observed with CSP had the highest (80.40cP) followed by SE (68.63 cP) and CSE (47.33 cP). Both the solvent extraction oil (SE and CSE) showed lower L* and a* which made oil color more yellowish than CSP oil, this may be due to the ability of organic solvent to extract pigment compounds from the seed. The amount of acid value of CSP was noticeable the highest (4.43), when SE was in between (2.90) and CSE was the lowest (2.28). However, saponification and iodine values of the oil samples were in the same range of quality. The results from this research shows that the extracted oil from CSE has a better quality with respect to the acid value with moderately yield obtained.

Keywords: Moringa Oleifera, seed oil, solvent extraction, cold screw press

Introduction

Moringa Oleifera is a shrub or small deciduous tree reaching 2.5-10 m in height (Roloff and others 2009). Some parts of the *Moringa Oleifera* tree are utilized for their considerable pharmacological and nutritional value (Armelle, 2011). It is a native of the western and sub-Himalayan tracts; India, Pakistan, Asia Minor, Africa, and Arabia. It is also found in the Philippines, Cambodia, Central America, North and South America, the Caribbean Islands (Anwar and Bhanger, 2003), and even in the humid tropics or hot dry lands. In addition, *Moringa Oleifera* tree is also found in all Thai regions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In Thailand young *Moringa Oleifera* pods, leaves, flowers have been used as traditional food. Current research has been reported nutrition of *Moringa Oleifera* leafy (Jongrungruangchok and others, 2010), but no research on composition and nutrition of *Moringa Oleifera* seeds. The extracted oil is popularly used in cosmetic dermatology but not for consuming. The price of crude oil is very high compare to olive oil. Moreover, the availability of oil is limited. Screw press method is commonly used for oil extraction at commercial scale; no other extraction method is reported.

The studies of the past, the *Moringa Oleifera* seed oil resembles olive oil in its fatty acid composition (Ramachandran and others, 1980). *Moringa Oleifera* seed oil from India was extracted using three different procedures including cold press, extraction with n-hexane and extraction with a mixture of chloroform:methanol (1:1), (Lalas and Tsaknis, 2002). The oil amount extracted by hexane was ranged from 38.00 to 42.00%. Protein, fiber, and ash contents were found to be 26.50-32.00, 5.80-9.29, and, 5.60-7.50%, respectively (Anwar and Bhanger, 2003). Studies on the effect of extracting methods were reported on some physico-chemical properties of the seed oil from a Malaysian variety of *Moringa Oleifera* (Abdulkarim and others, 2005). It has high oleic acid content and good performance in deep-frying (Abdulkari and others, 2007).

In view of growing demand of oil exploitation and scientific awareness about the nutritional and functional properties of oils, the quality assessment and composition of oils from some non conventional oil seeds is of much concern. Until now, a full characterization and comparison of the oil produced from seeds of *Moringa Oleifera*, indigenous in particular, from Thailand have not been reported. So, it is interesting to study chemical and physical properties of *Moringa Oleifera* oil from different extraction methods. The objective of the present study was to look into the characterization of the *Moringa Oleifera* oil extracted by different methods for their edible and other commercial purposes.

Materials and Methods

Materials

Seeds of *Moringa Oleifera* were collected during February-March and July-August, from private organic farming community enterprise, Lopburi Province, Thailand. The seeds were dried at 45-50°C, until moisture content reached about 4% and then the inner shell was removed, thereafter packed in a vacuum bag, stored in a tightly closed container and kept in refrigeration (0-4°C) until used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Methods

Proximate analysis of seed

Moisture, crude protein (Kjeldahl method), ash content, crude fiber and oil (Soxhlet), were determined following the AOAC methods (2000) and total carbohydrate was determined by the difference.

Oil extraction

The oil extraction methods used in this study were cold screw press (CSP), soxhlet extraction (SE) and cold solvent extraction (CSE).

Cold screw press (CSP): Dried *Moringa Oleifera* seeds (without removed inner shell) were put into screw press machine. Crude oil was collected and set aside to sediment for 6 h. The solid residue was removed by filtration then stored the filtered liquid oil in a amber glass bottle in the refrigerator (0-4°C).

Soxhlet extraction (SE): Dried seeds were ground into fine powder using a waring blender. Ten grams of ground seed were tightly wrapped with filtered paper and placed into a cellulose thimble and solvent extracted using hexane (extraction temperature 180°C) by Soxthrem 2000 automatic model S 306AK Gerhardt, Germany for 2.30 h. The solvent was evaporated removed by rotary evaporator at 50°C for 1.20 h.

Cold solvent extraction (CSE): Dried seeds were ground into fine powder (as SE method). The powder was soaked overnight in hexane solvent ratio seed to solvent 1:3 (w:v), for 12 h and filtered to remove the residue. The solvent was evaporated removed by rotary evaporator (50°C) for 2 h.

Oil degumming

Oil degumming was performed by adding 20% of hot water (70°C) to oil obtained from SE and CSE extraction methods and mixed well with a magnetic bar. After cooling, the mixture was centrifuged at 6000 rpm for 10 min in an automatic centrifuge (Beckman Coulter, USA). The degummed oil was dried over anhydrous sodium sulfate, filtered, and kept in sealed amber glass under refrigeration (0-4 °C), the method modified from Anwar and Bhanger, (2003).

Analysis of extracted oil

Determination of physical and chemical characteristics of extracted oils as follows: viscosity at 25°C (Brookfield viscometer DV III), oil color (Hunterlab) using CIE L*a*b*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

system, Saponification value (AOCS Official Method Cd 3-25), Iodine value (AOCS Official Method Cd 1-25) and Acid value (AOCS Official Method Cd 3d-63).

Statistical analysis

Completely randomized experimental design (CRD) was performed. The test data was analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA). Comparison of means was carried out by Duncan's new multiple range test.

Results and Discussion

Proximate analysis of seed

Table 1 shows chemical components of *Moringa Oleifera* seeds. The percentages of moisture, protein, fat, crude fiber, ash, and carbohydrate were 4.24±0.02, 29.10±0.02, 35.34±0.03, 5.85±0.06, 5.19±0.00 and 20.28±0.01, respectively. The results correspond to the report of Manzoor and other (2007) the quantity of *Moringa Oleifera* seed oil which was extracted by hexane was about 37.56% to 40.06% (Mean = 38.82%). and the protein, fiber, moisture and ash were 30.07%, 6.00%, 5.88% and 9.00%, respectively.

Table 1 Proximate analysis of *Moringa Oleifera* seed.

Components	%
Moisture	4.24 ± 0.02
Protein	29.10 ± 0.02
Fat	35.34 ± 0.03
Crude fiber	5.85 ± 0.06
Ash	5.19 ± 0.00
Carbohydrate (by difference)	20.28 ± 0.01

Oil extraction

Oil yield from three extraction methods was record and reported (Table 2). Lower yield from CSP was unsurprisingly noticed for about 10%. SE could remove all non-polar organic compounds from the raw seed. Compared SE to CSE, SE was operated extracted at higher temperature (180°C) while CSE was at ambient temperature, but both of them used organic solvent hexane. So, it is confirmed that the higher temperature could do certainly obtained higher yield as shown in Table 2. However, the removals of gum affect the loss of yield.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 Yield of *Moringa Oleifera* seed oil from three extraction methods.

Extraction method	Yield (%)
Cold screw press (CSP)	10.02
Soxhlet extraction (SE)	34.99
Cold solvent extraction (CSE)	22.04

Determination of physical and chemical characteristics of extracted oils

Table 3 shows results on physical and chemical properties of *Moringa Oleifera* oil extracted with three different methods. It is found that the viscosity (at 25°C) is significantly statistical different ($P<0.05$). The viscosity of the oil extracted with CSP was the highest (80.40 cP) among three, followed by SE extraction (68.63cP) and CSE extraction (47.33 cP). The oil color determined by CIE L* a* b* system showed that the oil extracted by solvent (SE and CSE) had higher L* and lower a* values than those of the oil extracted by CSP, which made the oil more yellowish color. This may be a result of the ability of organic solvent to extract pigment compounds from the seed. Acid value of CSP was noticeable in the highest (4.43%), which indicated the tri-acylglycerol was hydrolyzed. It can be explained from the enzymatic lipase could react at optimum temperature rising in screw compression at about 50-55°C (Rattanapanone, 2005).

Table 3. Physical and chemical properties of *Moringa Oleifera* seed oil from three extraction methods.

Properties		Extraction method		
		CSP	SE	CSE
Viscosity (cP)		80.40 ± 0.20^c	68.63 ± 0.40^b	47.33 ± 0.37^a
Colour	L*	64.28 ± 0.13^a	91.38 ± 1.18^b	93.28 ± 0.85^c
	a*	11.16 ± 0.78^c	-1.29 ± 1.75^a	-3.35 ± 0.77^b
	b*	105.44 ± 0.17^b	114.61 ± 1.39^c	101.73 ± 1.51^a
Saponification value (mg of KOH/g of oil)		185.82 ± 3.37^{ab}	175.88 ± 5.50^a	191.21 ± 7.01^b
Acid value (as %oleic acid)		4.43 ± 0.06^c	2.90 ± 0.03^b	2.28 ± 0.02^a
Iodine value (g of I/100 g of oil)		51.70 ± 0.01^c	50.60 ± 0.02^b	48.30 ± 0.08^a

Mean ± values standard deviation in the same row with different superscripts indicate significant difference ($P<0.05$)

However, Saponification value, an indicator of the size of the molecules or molecular weight of fatty acid composition in a single molecule of triacylglycerol oil, and Iodine value,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

an amount of unsaturated fatty acid composition of the oil, were in the same range and were not much different in terms of quality though the statistic shown.

Conclusion

The results of this study have shown that Moringa Oleifera seed oil extracted from screw compression has the lower yield than that from solvent extraction method. Apart from that, the viscosity and oil color were different from the solvent extraction. In term of quality, the cold screw press oil seems to be lower which can be seen from acid value, when saponification and iodine value of three oils were in the same range of quality.

Acknowledgements

This research project with help from Mr.Chaowat Nutong (Organic farming community enterprise, Lopburi Province, Thailand).

References

Abdulkarim SM, Long K, Lai, OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. 2005. Some physic - chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Food Chem 93:253-63.

Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. 2007. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. Food Chem 105:1382-89.

Anwar F, Bhanger MI. 2003. Analytical characterization of moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. J Agric Food Chem 51: 6558-63.

Armelle. 2011. Homepage. Website. Moringanews / Moringa Association of Ghana from: http://www.moringanews.org/documents/moringawebEN.pdf. Accessed June 18, 2011.

AOAC. 2011. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18 th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.

AOCS. 2009. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 6th ed. Champaign Illinois, USA.

Jongrungruangchok S, Bunrathep S, Songsak T. 2010. Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa Orleifera* cultivated in Thailand. J Health Res 24(3): 123-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lalas S, Tsaknis J. 2002. Characterization of *moringa oleifera* seed oil variety Periyakulam 1. J Food Comp Anal 15: 65–77.

Manzoor M, Anwar F, Iqbal T, Bhanger MI. 2007. Physico-chemical characterization of *Moringa concanensis* seeds and seed oil. J Amer Oil Chem Soc 84:413-19.

Rattanapanone N. 2005. Science of fat and oils. 1nd ed. Bangkok: Odeon store. 244p.

Roloff A, Weisgerber H, Lang U, Stimm B. 2009. Enzyklopadie der Holzgewachse, Handbuch und Atlas der Dendrologie. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. NorthKentStreet, Arlington, USA.

Ramachandran C, Peter KV, Gopalakrishnan PK. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian vegetable. Econ. Bot., 34: 276-283.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางพอใจ ถามากร
(ภาษาอังกฤษ)	MRS. PORJAI THAMAKORN
วันเดือนปีเกิด	20 ม.ค. 2506
โทรศัพท์	089-7710258
E-mail	kthamako@kmitl.ac.th

ตำแหน่งงานปัจจุบัน

ตำแหน่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาวิชา/ภาควิชา	วิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะ	อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษาที่จบ	ประเทศ
พ.ศ. 2528	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
พ.ศ. 2531	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
พ.ศ. 2540	Doctor of Tech. Sci.	Post-Harvest and Agri. Eng.	ASIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY (AIT)	ไทย

สาขาที่มีความชำนาญ

1. ไขมันและน้ำมันบริโภค
2. ข้าว : คุณสมบัติ คุณภาพ และการแปรรูป

ผลงานวิจัย

พอใจ ถามากร. 2543 ไลโคพีน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 18(2) : 1-9.

พอใจ ถามากร และ **อารีรัตน์ อิ่มศิลป์.** 2543. ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดรีโทรกราเดชันและ ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเจ้าสุกในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 18(3) : 1-9.

พอใจ ถามากร. 2546. การศึกษาการสูญเสียไลโคพีนในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษาในสภาพเร่งของซอสมะเขือเทศ. *ใน* การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 5 นวัตกรรม ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. 30-31 พฤษภาคม 2546. ศูนย์นิทรรศการและ การประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอใจ ถามากร. 2546. การใช้สารสีโมแนสคัส (อังคัก) ทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน. *ใน* การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 5 นวัตกรรมผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. 30-31 พฤษภาคม 2546. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร.

พอใจ ถามากร. 2546. การศึกษาสารละลายน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการย่อยรำข้าวสกัดไขมันด้วยเอนไซม์แอลฟา-แอมิเลส. วารสารพระจอมเกล้า. 11(3) : 27-33.

วริศรา จิวะชาติ และ **พอใจ ถามากร.** 2548. ผลของขนาดรูพรุนและขนาดอนุภาคของสารดูดซับซิลิกาเจลต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดอาหาร. *ใน* การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 7 เทคโนโลยีอาหารก้าวไกล นำไทยสู่ครัวโลก. 22-24 มิถุนายน 2548. ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร.

พอใจ ถามากร และ วริศรา จิวะชาติ. 2549. การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้งโดยใช้สารดูดซับซิลิกาเจล. *ใน* การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรครั้งที่ 8 นวัตกรรมทางอาหาร. 15-16 มิถุนายน 2549. ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร.

Jindal, V.K. and **Limphanudom, Porjai**. 1996. Instrumental measurement of cooked rice texture and its relationship with physico-chemical properties of selected Thai rice varieties. Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Pune. India., 9-12 December, B. Mulik and Dhumel (ed.). Vol.II, pp.837-851.

Limphanudom, Porjai and Jindal, V.K. 1997. Instrumental measurement of Cooked rice texture and its relationship with sensory evaluation. Paper No. 976015 presented at the AnnualInternational Meeting of ASAE, 10-14 August, Minneapolis, USA.

Porjai Thamakorn, Amornpan Lukin, Areerat Insil, and Kittisak Wasantiwong. 2006. Amylose Analysis of Thai Milled Rice by Near Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy. *In* Proceedings of the Japan-Korea Joint Symposium on Near Infrared Spectroscopy. June 28-30 2006, Hanyang University, Seoul, Korea.

Tida Sirisukporn chai and **Porjai Thamakorn.** 2008. Influence of Pre-treatment on Qualities of Fried banana Chips and the Frying Oils. *In* Proceedings of the 10th Agro-Industrial Conference “Food Innovation Asia Conference 2008”. June 12-15 2008, BITEC, Bangkok, Thailand.

Wantanee Kotikul and **Porjai Thamakorn**. 2008. Effects of Types of Chitosan coating on Qualities and Functional Properties of Eggs. *In* Proceedings of the 10th Agro Industrial Conference “Food Innovation Asia Conference 2008”. June 12-15 2008, BITEC, Bangkok, Thailand.

Chatlada Kusucharid, Anuvat Jangchud, and **Porjai Thamakorn**. 2009. Changes in characteristics of palm oil during vacuum and atmospheric frying conditions of sweet potato. *In* Proceedings of the 47th Kasetsart University Annual Conference, March 17-20 2009, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Porjai Thamakorn and Ni-on Chumsri. 2011. Extraction of Defatted Sesame Meal and Its Use as Natural Antioxidant in Refined Sunflower Oil. *In* Proceedings of the 12th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASEAN FOOD CONFERENCE "Food Innovation : Key to Creative Economy". June 16-18 2011, BITEC, Bangkok, Thailand.

Pratumporn Chatthai and **Porjai Thamakorn**. 2013. Characteristics of Moringa Oleifera seed oil from different extraction methods. *In* Proceedings of the 15th Agro Industrial Conference "Food Innovation Asia Conference 2013". June 13-14 2013, BITEC, Bangkok, Thailand.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้