Published online: 20 July 2018

การสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค

Extraction of Passion Fruit Seed Oil by Three-phase Partitioning Technique

สุภกิตต์ ภคอัครเลิศกุล
อีเมล์: Suppakit.paka@gmail.com
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร. ภาณุพงษ์ ใจวุฒิ
อีเมล์: phanuphong@mfu.ac.th
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค เพื่อศึกษาการสกัด และ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรส โดยพบว่า การสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคแยกชั้นสามวัฏภาค ได้ปริมาณร้อยละ 15.73 ± 0.55 ต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเสาวรสพบว่ามี กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดไลโนลิอิก กรดอราชิดิก และ กรดไขมันอื่นๆเป็นสัดส่วนร้อยละ 12.76 ± 1.27, 2.08 ± 1.81, 13.30 ± 0.97, 71.09 ± 4.03, 0.33 ± 0.01 และ 0.43 ± 0.07 ตามลำดับ ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดเสาวรสมีสีเหลืองส้ม มีกลิ่นคล้ายน้ำเสาวรส มีความหนืดเล็กน้อย และมีค่าสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 1.03 ± 0.06 mg KOH/g ค่าเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 2.33 ± 0.08 meq/kg ค่าไอโอดีน 133.00 ± 0.76 g Iodine/100 g ค่าสปอนนิฟิเคชั่นเท่ากับ 193.31± 1.29 mg KOH/g ค่าสปอนนิฟิเคชั่นไม่ได้เท่ากับร้อยละ 0.63 ± 0.04 ของน้ำหนักน้ำมัน ค่าความข้นหนืดเท่ากับ 114.40± 0.00 cP ค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.47 ± 0.00 และ ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 0.92 ± 0.00 เมื่อพิจารณาวิธีการสกัดและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันเมล็ดเสาวรสแล้ว จึงสามารถสรุปได้ว่า น้ำมันเมล็ดเสาวรสมีศักยภาพในการนำไปศึกษาและพัฒนาตำรับเครื่องสำอางได้

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดเสาวรส/การสกัดน้ำมัน/การแยกชั้นสามวัฏภาค/องค์ประกอบของน้ำมัน

Abstract

The purposes of this research were to extract oil from passion fruit seed by three-phase partitioning technique and to analyze the effectiveness of this extraction method together with the chemical composition of passion fruit seed oil. The oil yield of passion fruit seed oil extracted by three-phase partitioning method was 15.73% ± 0.55. The fatty acid profile of passion fruit seed oil were palmitic acid, 12.76 ± 1.27%, stearic acid, 2.08 ± 1.81%, oleic acid, 13.30 ± 0.97%, linoleic acid, 71.09 ± 4.03%, arachidic acid, 0.33 ± 0.01%, and other fatty acid, 0.43 ± 0.07%. The color of passion fruit seed oil was yellow-orange. It has passion fruit juice-like odor and has small viscosity. The chemical properties of passion fruit seed oil were on following; acid value 1.03 ± 0.06 mg KOH/g, peroxide value 2.33 ± 0.08 meq/kg, iodine value 133.00 ± 0.76 g Iodine/100 g, saponification value 193.31 ± 1.29 mg KOH/g, unsaponification value 0.63% ± 0.04 of oil weight, viscosity 114.40 ± 0.00 cP, refractive index 1.47 ± 0.00 and specific gravity 0.92 ± 0.00. The overall results from this study show that passion fruit seed oil can be a potentially valuable source of raw material in cosmetic formulation.

Keywords: Passion fruit seed oil/Extraction of oil/Three-phase partitioning/Composition of oil

บทนำ

เสาวรส จัดเป็นผลไม้สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัจจุบันมีการปลูกทั้งในภาคเหนือ ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ และในภาคตะวันออกได้แก่ จังหวัด ระยอง ชลบุรี เป็นต้น (ธิดารัตน์ ไชยเสน, 2532; ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2531) ในกระบวนการผลิตน้ำเสาวรสมีหลากหลายวิธีการ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นกระบวนการผลิตแบบใด ล้วนแต่มีเมล็ดเสาวรสเหลือทิ้งทั้งสิ้น หากสามารถนำเมล็ดเสาวรสที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ จะเป็นการลดขยะทางอุตสาหกรรม และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเสาวรสได้ ซึ่งมีรายงานว่าเมล็ดเสาวรสสามารถนำมาเป็นแหล่งของการสกัดน้ำมันที่มีคุณภาพและมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง ที่ผ่านมายังมีรายงานน้อยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์น้ำมันเมล็ดเสาวรสในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ดังนั้นหากสามารถสร้างคุณค่าของน้ำมันเมล็ดเสาวรสโดยการเป็นสารออกฤทธิ์ในการถนอมผิวจะทำให้เกิดการเพิ่มมูลค่าแก่เมล็ดเสาวรสได้เช่นเดียวกับเมล็ดอื่นๆ ที่เป็นแหล่งของน้ำมันราคาแพง

น้ำมันเมล็ดเสาวรสนั้นมีสารประกอบทางเคมีมากมายหลายชนิดได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี และ กรดไขมันต่างๆ ได้แก่ กรดโอลีอิก กรดไลโนลีอิก เป็นต้น โดยมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่

Mae Fah Luang University

อิ่มตัวเป็นจำนวน 84.09% และกรดไขมันอิ่มตัว 8.90% เป็นต้น (Morton, 2013; Pongsiri & Warunee, 2003)

กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชในปัจจุบันมีหลากหลายวิธี เช่นการสกัดเย็น การสกัดด้วยเครื่อง Soxhlet extractor เป็นต้น ในปัจจุบันมีรายงานการใช้เทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคในการแยกน้ำมันและโปรตีนออกจากเมล็ดพืชในคราวเดียว ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ที่ไม่มีความยุ่งยากและไม่ใช้ความร้อน จึงมีความน่าสนใจในการนำเทคนิคใหม่นี้มาปรับใช้กับการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรส (Panadare & Rathod, 2017)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งศึกษาการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลกับการสกัดด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet โดยสามารถบ่งบอกทั้งในเรื่องประสิทธิภาพของวิธีการสกัด ความยากง่ายของวิธีการสกัด รวมไปถึงเรื่องงบประมาณและเวลาที่ใช้ในการสกัด นอกจากนี้ยังมุ่งศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดเสาวรส เช่น องค์ประกอบของกรดไขมัน คุณสมบัติทางกายภาพเคมีของน้ำมันเมล็ดเสาวรส เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค และเปรียบเทียบผลกับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet โดยการใช้ตัวทำละลายเทอร์ทบิวทานอล
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค และเปรียบเทียบผลกับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลายและวิธีการสกัดแบบ Soxhlet โดยการใช้ตัวทำละลายเทอร์ทบิวทานอล

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคโดยใช้ตัวทำละลายเทอร์ทบิวทานอล
3. สกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลายโดยใช้ตัวทำละลายเทอร์ทบิวทานอล
4. สกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยวิธีการสกัดแบบ Soxhlet โดยใช้ตัวทำละลายเทอร์ทบิวทานอล

Mae Fah Luang University

5. ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet โดยการใช้ตัวทำละลายเทอร์ทบิวทานอล

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เสาวรสมีต้นกำเนิดจากกลุ่มประเทศลาตินอเมริกา ปัจจุบันนิยมปลูกไปทั่วโลกในประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เสาวรสนั้นมีมากมายกว่า 500 สายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ที่นิยมปลูกกันทั่วไปจะมี 2 สายพันธุ์คือพันธุ์เปลือกสีม่วง (*Passiflora edulis Sims*) และพันธุ์เปลือกสีเหลือง (*Passiflora edulis Flavicarpa*) ผลของเสาวรสมีทั้งเป็นทรงกลมและทรงรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4-7.5 เซนติเมตร เปลือกมีสีตั้งแต่ม่วงไปจนสีเหลืองโดยที่เนื้อของเปลือกจะมีสีขาวโดยมีความหนาประมาณ 3-6 มิลลิเมตร เนื้อเสาวรสนั้นมีสีเหลืองและมีรสเปรี้ยว ลักษณะเนื้อเป็นวุ้นใสสีส้มเหลืองหุ้มเมล็ดสีดำแบนมีขนาดความยาวตั้งแต่ 2-7 มิลลิเมตร (Morton, 2013) น้ำเสาวรสคือเครื่องดื่มที่ได้จากผลเสาวรสที่ผ่านกระบวนการต่างๆ มีกรรมวิธีการผลิตหลากหลายวิธี ซึ่งในปี 2013 นั้น ผลผลิตเสาวรสจากทุกประเทศทั่วโลกมีสูงถึง 1.4 ล้านเมตริกตัน ซึ่งในเสาวรสทั้งหมดนั้น มีจำนวนกว่า ร้อยละ 95 ถูกนำมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ จึงจะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตน้ำเสาวรสนั้น มีเมล็ดเสาวรสเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก (United States Agency for International Development [USAID], 2014)

ปัจจุบันผู้ผลิตเครื่องสำอางมักนิยมนำน้ำมันจากธรรมชาติมาใช้ในเครื่องสำอาง เพื่อเจตนาในการบำรุงรักษาผิวหนังไม่ให้เสื่อมโทรมไปตามวัย ซึ่งน้ำมันจากพืชที่นำมาใช้ในเครื่องสำอาง มักกระจายตัวและดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดี ไม่เหนียวเหนอะหนะ มีสารอาหารที่สำคัญต่อผิว เช่น วิตามิน แคโรทีนอยด์ กรดไขมันจำเป็น และ ไฟโตสเตอรอล ปัจจุบันมีน้ำมันหลายชนิดที่นิยมนำมาใช้ในเครื่องสำอาง เช่น น้ำมันจมูกข้าวสาลี เป็นต้น นอกจากนี้น้ำมันยังมีบทบาทในการช่วยบำรุงผิวหนังได้ โดยกรดไขมันในน้ำมันดังกล่าวจะช่วยสร้างไลโปโปรตีนของผนังเซลล์เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำจากผิวอันเป็นสาเหตุที่ทำให้ผิวแห้งแตก เสียสุขภาพ และยังสามารถปกป้องผิวหนังจากสิ่งต่างๆภายนอกอันไม่พึงประสงค์ ดังนั้นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีปริมาณสูงในน้ำมันเมล็ดเสาวรส จึงอาจมีประสิทธิภาพในการบำรุงและกระตุ้นการงอกของเส้นผม อีกทั้งยังอาจมีประสิทธิภาพในการบำรุงผิวหนังโดยการรักษาความชุ่มชื้นของผิวหนังเอาไว้ และยังสามารถทดแทนปริมาณไขมันที่ต่อมไขมันใต้ผิวหนังซึ่งอาจผลิตได้น้อยลงตามวัยอีกด้วย (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2532)

Mae Fah Luang University

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ประหยัดเงินทุน ประหยัดเวลา ซึ่งนอกจากจะสามารถสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดได้แล้ว ถ้าหากในเมล็ดมีส่วนประกอบของโปรตีน วิธีการสกัดดังกล่าวยังสามารถสกัดโปรตีนออกมาได้พร้อมๆกันอีกด้วย (Tan et al., 2016) การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชด้วยวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย เป็นการสกัดที่ง่าย คือนำสารตัวอย่างใส่ลงในภาชนะ จากนั้นเติมตัวทำละลายลงไป และคนด้วยเครื่องคน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไประเหยแยกเอาสารที่ต้องการสกัดออกมา (ธวัชชัย ศรีวิบูลย์, 2554) การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชด้วยเครื่อง Soxhlet extractor มีกระบวนการสกัดไม่ยุ่งยากแต่ต้องใช้ความร้อนช่วยเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยเป็นไอลอยตัวขึ้นด้านบนผ่านเมล็ดพืช สุดท้ายจึงนำตัวทำละลายไประเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator เพื่อแยกส่วนน้ำมันที่ปะปนอยู่กับตัวทำละลายออกจากกัน (Harvey, 2018) เป็นต้น

องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันสามารถทำการวิเคราะห์ได้หลายด้าน เช่น องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน ปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว สัดส่วนของไขมันกรดไม่อิ่มตัว รวมไปถึงค่าคุณสมบัติทางกายภาพเคมี เช่น จุดหลอมเหลว ค่าไอโอดีน ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าสปอนนิฟิเคชัน ค่าสปอนนิฟิเคชั่นไม่ได้ ค่าความข้นหนืด ค่าดัชนีหักเห ค่าความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น โดยค่าต่างๆเหล่านี้สามารถบ่งบอกคุณสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกน้ำมันได้เหมาะกับจุดประสงค์ที่ต้องการจะนำไปใช้งาน (Ouilly et al., 2017)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sharma, Khare และ Gupta (2002) ได้ทำการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค โดยทดลองใช้ตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ tert-butanol, n-propanol, isopropanol, และ ethanol และได้ทำการทดสอบโดยใช้อัตราส่วนสารละลายถั่วเหลืองต่อตัวทำละลายได้แก่ 1:0.5, 1:1, 1:2 และ 1:3 พบว่า การใช้ตัวทำละลาย t-butanol ให้ผลผลิตมากที่สุด และ อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ตัวทำละลายต่อสารละลายถั่วเหลือง คือ 1:1 กล่าวคือ อัตราส่วน 1:1 ให้ผลผลิตได้มากกว่า อัตราส่วน 1:0.5 ในขณะที่ อัตราส่วน 1:2 และ 1:3 ไม่ได้ช่วยให้ผลผลิตของการสกัดน้ำมันสูงขึ้น

Timilsena, Vongsvivut, Adhikari, R. และ Adhikari, B. (2017) ได้ทำการตรวจสอบองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเจียด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมทรี เมื่อทำการเตรียมตัวอย่างด้วยการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนกรดไขมันในน้ำมันให้กลายเป็นเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันแล้ว จึงนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่อง GC-MS โดยจะสามารถรายงานผลได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

Mae Fah Luang University

วิธีดำเนินการวิจัย

1. นำผลเสาวรสพันธุ์เปลือกสีม่วงมาล้างทำความสะอาด นำเนื้อและเมล็ดที่ได้ใส่ตะแกรงกรองแล้วใช้น้ำสะอาดล้าง นำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 คืน นำเมล็ดเสาวรสมาบดด้วยเครื่องบดเมล็ดจนมีขนาดเล็กผ่านตะแกรงร่อน 60 เมท จากนั้นนำเมล็ดไปสกัดน้ำมันในขั้นตอนถัดไป

2. ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค โดยเติมน้ำปราศจากไอออน 600 มล. และ แอมโมเนียมซัลเฟต 180 กรัม ผสมกันจนเกลือละลาย จากนั้นเติมสารละลายเทอร์ทบิวทานอล 600 มล. คนผสมให้เข้ากัน ชั่งเมล็ดเสาวรสที่บดแล้วมา 100 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ดังกล่าว ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นปั่นด้วยแท่งกวนแม่เหล็กบนเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็กเป็นเวลา 120 นาที นำส่วนผสมใส่กรวยแยกสาร ทิ้งไว้ 60 นาที ส่วนผสมจะแยกเป็น 3 ชั้น ทำการดูดเอาชั้นบนสุดที่เป็นแอลกอฮอล์ออกมาทั้งหมด แล้วทำการกรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ จากนั้นนำไประเหยแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง rotary evaporator

3. ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย โดยชั่งเมล็ดเสาวรสที่บดแล้วมา 100 กรัม ผสมกับเทอร์ทบิวทานอล 600 มล. ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นปั่นด้วยแท่งกวนแม่เหล็กบนเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็กเป็นเวลา 120 นาที นำสารทั้งหมดมากรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ จากนั้นนำไประเหยแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง rotary evaporator

4. ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสด้วยวิธีการสกัดแบบ Soxhlet โดยชั่งเมล็ดเสาวรสที่บดแล้ว 50 กรัม และเทอร์ทบิวทานอลปริมาณ 300 มล. ทำการสกัดเป็นเวลา 120 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สารละลายทั้งหมดใน flask มากรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ จากนั้นนำไประเหยแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง rotary evaporator

5. วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมทรี (GC Agilent 6890N, MS Agilent 5973) พร้อมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics เวอร์ชั่น 21

ผลการวิจัย

ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้จากเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet ได้ผลดังตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลายและวิธีการสกัดแบบ Soxhlet ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณน้ำมันที่ได้

Mae Fah Luang University

จากการสกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคมีน้อยกว่าอีก 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค ซึ่งได้ปริมาณน้อยกว่าวิธีการสกัดอื่นๆ อาจมีสาเหตุมาจากการที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งในการสกัด จึงอาจไม่สามารถแยกการเจือปนของน้ำและแอลกอฮอล์ในขั้นตอนการสกัดได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้อาจมีน้ำมันบางส่วนที่ปะปนอยู่ในวัฏภาคน้ำ ทำให้การสกัดไม่สามารถเก็บเกี่ยวปริมาณน้ำมันทั้งหมดได้อย่างครบถ้วน อย่างไรก็ตาม ข้อดีของเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคคือ เป็นเทคนิคการสกัดที่ทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เยอะ ประหยัดต้นทุนและเวลา มีความปลอดภัยต่อผู้วิจัยเนื่องจากวิธีการสกัดดังกล่าวใช้เทอร์ทบิวทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งตัวทำละลายนี้มีจุดเดือดสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ และถือเป็นตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีอัตราการระเหยสู่อากาศที่ต่ำกว่าตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น เฮกเซน เป็นต้น (Sharma et al, 2002) นอกจากนี้ เทคนิคการสกัดแยกชั้นสามวัฏภาคยังสามารถเก็บเกี่ยวโปรตีน ไฟเบอร์ และแป้งของเมล็ดเสาวรส ที่เกิดขึ้นในวัฏภาคที่สองของกระบวนการสกัด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานอื่นๆที่ทำการศึกษาใน ถั่วเหลือง เมล็ดแฟลกซ์ เป็นต้น (Panadare & Rathod, 2017)

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้จากเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet

วิธีการสกัด	น้ำหนักของน้ำมันที่ได้ (ร้อยละต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง)
เทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค	15.73 ± 0.55^{A}
วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย	17.96 ± 0.68^{B}
วิธีสกัดแบบ Soxhlet	17.43 ± 0.56^{B}

หมายเหตุ. สถิติที่ใช้ทดสอบ: One way ANOVA test

ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (A,B) แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสและน้ำมันจากเมล็ดพืชอื่นๆด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคแล้ว พบว่า ปริมาณน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้จากวิธีดังกล่าว ให้ผลผลิตที่มีความสอดคล้องกับการสกัดน้ำมันจากพืชอื่นๆ เช่น เมล็ดมะม่วง รำข้าว ขมิ้น และถั่วเหลือง เป็นต้น

Mae Fah Luang University

องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้ด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet มีสัดส่วนร้อยละดังต่อนี้ กรดไมริสติก (C14:0) เท่ากับ 0.07 ± 0.05, 0.07 ± 0.07 และ 0.06 ± 0.06 ตามลำดับ มีกรดปาล์มิติก (C16:0) เท่ากับร้อยละ 12.76 ± 1.27, 14.04 ± 2.53 และ 12.88 ± 1.92 ตามลำดับ มีกรดปาล์มมิโตเลอิก (C16:1) เท่ากับ 0.36 ± 0.02, 0.41 ± 0.08 และ 0.33 ± 0.06 ตามลำดับ มีกรดสเตียริก (C18:0) เท่ากับ 2.08 ± 1.81, 2.33 ± 1.05 และ 1.36 ± 0.62 ตามลำดับ มีกรดไลโนลีอิก (C18:2) เท่ากับ 71.09 ± 4.03, 71.75 ± 1.98 และ 70.00 ± 2.58 ตามลำดับ มีกรดอราชิดิก (C20:0) เท่ากับ 0.33 ± 0.01, 0.43 ± 0.17 และ 0.45 ± 0.14 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ผ่านวิธีการสกัดวิธีอื่นๆ ได้แก่ น้ำมันที่ผ่านการกลั่นบริสุทธิ์ (Refined oil) น้ำมันที่ได้จากการสกัดเย็น (Ferreira et al., 2011) และการสกัดแบบ Supercritical fluid (Liu et al., 2008) ซึ่งรายงานอยู่ในตารางที่ 2 พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดทุกวิธีมีสัดส่วนของกรดไลโนลิอิก (C18:2) สูงที่สุด คือร้อยละ 56.40, 72.60 และ 72.69 และมีสัดส่วนกรดไขมันแต่ละตัวแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ องค์ประกอบที่แตกต่างกันของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้จากวิธีต่างๆ อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยสองประการคือ แหล่งที่มาของเมล็ดเสาวรส ซึ่งน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่นำมากลั่นบริสุทธิ์ และเมล็ดเสาวรสที่นำมาใช้ในวิธีการสกัดเย็นนั้น เป็นเสาวรสพันธุ์เปลือกสีเหลืองที่เพาะปลูกในประเทศบราซิล ส่วนวิธีการสกัดแบบ Supercritical fluid นั้นทำการศึกษาในเสาวรสพันธุ์ผสมที่ชื่อ Tainung No.1 เพาะปลูกในประเทศจีน ซึ่งเป็นเสาวรสพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์เปลือกสีเหลืองและพันธุ์เปลือกสีม่วง ในส่วนของสาเหตุประการที่สองคือ กระบวนการสกัดที่มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ น้ำมันเมล็ดเสาวรสที่ผ่านการกลั่นบริสุทธิ์จะถูกเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทั้งทางกายภาพและทางเคมีด้วยกระบวนการกำจัดยาง กระบวนการฟอกสี และกระบวนการกำจัดกลิ่น (ศิริกานต์ สัตถวิชยพิชญ์, 2558) ซึ่งกระบวนการต่างๆเหล่านี้อาจทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเปลี่ยนแปลงไปบ้าง สำหรับกระบวนการสกัดเย็นหรือวิธีการบีบอัดในน้ำมันเมล็ดพืช เป็นวิธีการสกัดที่ไม่ต้องใช้ความร้อนและไม่ต้องใช้ตัวทำละลายในการสกัด (Pongsiri & Warunee, 2003) น้ำมันที่ได้จึงอาจมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างจากวิธีการสกัดอื่นๆ ที่อาจใช้ความร้อน หรือใช้ตัวทำละลายในการสกัดร่วมด้วย และวิธีการสกัดแบบ Supercritical fluid โดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายนั้น เป็นวิธีการสกัดที่เน้นไปในเรื่องประสิทธิภาพและความสะดวกของวิธีการสกัดน้ำมันที่ได้จากการสกัดการวิธีนี้มักจะให้ปริมาณสูง และมีความบริสุทธิ์กว่าวิธีการสกัดอื่นๆ เนื่องจากจะไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ตกค้างในน้ำมันที่ได้ (Barrales, Rezende & *Martínez*, 2015) องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดแบบ Supercritical fluid จึงไม่มีความแตกต่างจากการสกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคมากนัก

Mae Fah Luang University

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเสาวรส ที่สกัดได้จากวิธีต่างๆ

ชนิดของกรดไขมัน	วิธีแยกชั้นสามวัฏภาค	วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย	วิธีสกัดแบบ Soxhlet	วิธีการกลั่นบริสุทธิ์	วิธีการสกัดเย็น	*วิธีการสกัดแบบ* Supercritical fluid CO_2
กรดไมริสติก C14:0 (%)	0.07 ± 0.05 [A]	0.07 ± 0.07 [A]	0.06 ± 0.06 [A]	ND	ND	0.03
กรดปาล์มมิติก C16:0 (%)	12.76 ± 1.27 [A]	14.04 ± 2.53 [A]	12.88 ± 1.92 [A]	21.60	14.10	8.57
กรดปาล์มมิโตเลอิก C16:1 (%)	0.36 ± 0.02 [A]	0.41 ± 0.08 [A]	0.33 ± 0.06 [A]	NR	NR	0.23
กรดสเตียริก C18:0 (%)	2.08 ± 1.81 [A]	2.33 ± 1.05 [A]	1.36 ± 0.62 [A]	NR	NR	1.66
กรดโอลีอิก C18:1 (%)	13.30 ± 0.97 [A]	10.98 ± 2.89 [A]	14.91 ± 0.28 [A]	21.90	13.20	16.25
กรดไลโนลีอิก C18:2 (%)	71.09 ± 4.03 [A]	71.75 ± 1.98 [A]	70.00 ± 2.58 [A]	56.40	72.60	72.69
กรดไลโนลีนิก C18:3 (%)	ND	ND	ND	NR	NR	0.26
กรดอราชิดิก C20:0 (%)	0.33 ± 0.01 [A]	0.43 ± 0.17 [A]	0.45 ± 0.14 [A]	NR	NR	NR
กรดไขมันอื่นๆ (%)	ND	ND	ND	NR	NR	0.31
แหล่งอ้างอิง				Ferreira et al. (2011)	Ferreira et al. (2011)	Liu et al. (2008)

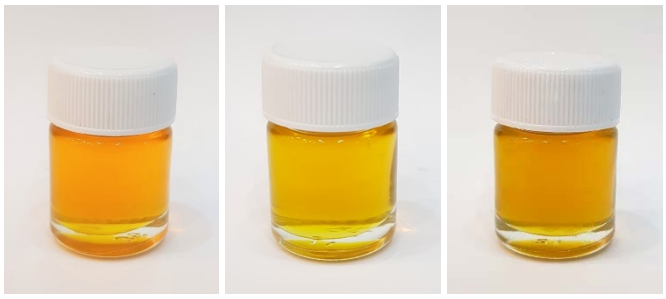
หมายเหตุ. ตัวอักษรที่เหมือนกัน (A) แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน

ตัวอักษร ND (Not detected) หมายถึง ไม่พบค่าในการทดสอบ และ ตัวอักษร NR (Not reported) หมายถึง ไม่พบข้อมูลในรายงานผลการวิจัย

Mae Fah Luang University

โดยสรุปแล้วน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้จากทุกวิธี มีกรดไลโนลีอิก (C18:2) เป็นสัดส่วนสูงที่สุด ซึ่งถึงเป็นกรดไขมันจำเป็นที่มีการใช้ในเครื่องสำอางหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ผลิตภัณฑ์บำรุงผม หรือแม้กระทั่งในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพก็ตาม โดยกรดไลโนลีอิกนั้น มักใช้เป็นสารให้ความชุ่มชื่นแก่ผิวหนัง สารปรับสภาพผม สารชำระล้าง รวมไปถึงสารที่ช่วยกระตุ้นการงอกของเส้นผมอีกด้วย (*Darmstadt* et al., 2007; Neha, Shabla, Indu & Evita, 2018) ซึ่งในการนำน้ำมันที่ได้จากแหล่งธรรมชาติไปใช้งานในการพัฒนาสูตรเครื่องสำอางควรคำนึงถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันนั้นๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดลอริก (C12:0) สูงถึงร้อยละ 48 ของกรดไขมันทั้งหมด จะนิยมใช้ในเครื่องสำอางประเภทชำระล้างอย่างแชมพูสระผม และใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีสารลดแรงตึงผิว ในขณะที่น้ำมันเมล็ดเสาวรสมีองค์ประกอบของกรดไลโนลีอิก (C18:2) สูง มักนิยมใช้เป็นสารบำรุงทั้งในผลิตภัณฑ์บำรุงผม และผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันเมล็ดเสาวรสกับน้ำมันที่มีความนิยมใช้ในท้องตลาดที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันใกล้เคียงกันแล้ว พบว่ามี น้ำมันดอกคำฝอยที่มีองค์ประกอบของกรดไลโนลีอิก (C18:2) กรดโอลิอีก (C18:1) และกรดปาล์มิติก (C16:0) คิดเป็นร้อยละ 73, 18 และ 6 ตามลำดับ เป็นต้น (*O'Lenick, 2008)* ดังนั้น น้ำมันเมล็ดเสาวรสจึงสามารถเป็นทางเลือกให้ผู้ประกอบการเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์สำอาง หรือแม้กระทั่งในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ ดังเช่นน้ำมันต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น

น้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้ด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค วิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet เป็นน้ำมันใส มีเนื้อสัมผัสปานกลางไปถึงหนัก มีกลิ่นคล้ายกับผลเสาวรส มีสีเหลืองอมส้ม โดยน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้จากวิธี Soxhlet จะมีสีเหลืองอมส้มเข้มกว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดวิธีอื่นๆ ดังภาพที่ 1



(a) (b) (c)

ภาพที่ 1 น้ำมันเมล็ดเสาวรส (a) สกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค (b) สกัดด้วยวิธีการกวนด้วยตัวทำละลาย (c) สกัดด้วยวิธีแบบ Soxhlet

Mae Fah Luang University

อภิปรายผลการวิจัย

1. การสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค ได้ปริมาณน้ำมันคิดเป็นร้อยละ 16 ต่อน้ำหนักเมล็ดแห้งโดยประมาณ ซึ่งเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดอื่นๆที่ทำการศึกษาด้วยกันแล้วนั้น น้ำมันที่ได้จากเทคนิคการสกัดนี้ให้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม เทคนิคการสกัดดังกล่าวมีข้อดีกว่าวิธีการสกัดแบบอื่นๆหลายประการ เช่น ความปลอดภัยต่อผู้วิจัย ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ความสะดวกหรือความง่ายในการสกัด ความประหยัดในต้นทุนหรือเวลา และ ความคุ้มค่าในแง่ของผลิตผลอื่นๆ เช่น โปรตีน ที่สามารถเก็บเกี่ยวไปพร้อมกันได้ หากในอนาคตมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสกัดโปรตีนและน้ำมันไปในคราวเดียวกัน เทคนิคการสกัดเมล็ดพืชนี้ นับว่าเป็นวิธีที่น่าประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะได้ผลผลิตจากการสกัดเมล็ดพืชถึง 2 ชนิด จากการสกัดเพียงครั้งเดียว ทั้งนี้ ผู้วิจัยอาจใช้เทคนิคการกระตุ้นอัลตร้าซาวน์ หรือการใช้เอนไซม์ช่วยสกัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเชิงปริมาณได้

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดได้จากเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค พบว่ามีกรดไลโนลีอิก (C18:2) กรดโอลีอิก (C18:1) และกรดปาล์มมิติก (C16:0) เป็นสัดส่วนสูงที่สุด คือประมาณร้อยละ 71, 13, 12 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเสาวรสที่ได้จากการสกัดในแต่ละวิธีที่ทำการศึกษาด้วยกันแล้วนั้น พบว่าไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการสกัดน้ำมันเมล็ดเสาวรสด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาคนั้น เป็นเทคนิคการสกัดน้ำมันที่มีมาตรฐาน สามารถสกัดน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่สอดคล้องกับวิธีการมาตรฐานในรายงานอื่นๆ และไม่ทำให้โครงสร้างองค์ประกอบของกรดไขมันผิดไปจากที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ น้ำมันเมล็ดเสาวรสที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิคแยกชั้นสามวัฏภาค มีองค์ประกอบของกรดไขมันใกล้เคียงกับน้ำมันอื่นๆในท้องตลาดที่มีราคาแพง น้ำมันเมล็ดเสาวรสจึงอาจเป็นทางเลือกให้ผู้พัฒนาตำรับเครื่องสำอางเลือกใช้ได้

3. สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเคมีของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค ได้แก่ สี กลิ่น ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าไอโอดีน ค่าสปอนนิฟิเคชั่น ค่าสปอนนิฟิเคชั่นไม่ได้ ค่าความข้นหนืด ค่าดัชนีหักเห และ ค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่า ค่าคุณสมบัติส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับรายงานอื่นๆที่ทำการศึกษาในน้ำมันเมล็ดเสาวรส ยกเว้นค่าความเป็นกรด ที่มีค่าต่ำกว่าน้ำมันที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ ซึ่งค่าความเป็นกรดยิ่งต่ำ ยิ่งแสดงถึงความบริสุทธิ์ของน้ำมัน และมีความปลอดภัยในการบริโภค นอกจากนี้ ค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค ยังมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในการบริโภคที่มีการกำหนดเอาไว้อีกด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการแยกชั้นสามวัฏภาค ที่ยังไม่เคย

Mae Fah Luang University

มีการศึกษาในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสมาก่อน นอกจากจะสามารถสกัดน้ำมันที่มีค่าคุณสมบัติทางกายภาพเคมีได้มาตรฐานเทียบเคียงกับน้ำมันที่สกัดได้จากวิธีมาตรฐานอื่นๆแล้ว น้ำมันที่ได้จากการสกัดวิธีนี้ ยังมีความบริสุทธิ์กว่าน้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดอื่นๆอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการนำน้ำมันจากธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาตำหรับเครื่องสำอางนั้น การเลือกใช้น้ำมันที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ควรคำนึงถึงแค่ในเชิงปริมาณ แต่ควรคำนึงถึงในเชิงคุณภาพด้วย กระบวนการสกัดน้ำมันบางวิธีอาจให้ปริมาณน้ำมันที่สูง แต่ในขณะเดียวกัน อาจทำลายองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันนั้นๆไป เช่น การใช้ความร้อนในการสกัดสามารถให้ปริมาณน้ำมันที่สูงกว่าวิธีการสกัดแบบอื่น แต่ในขณะเดียวกัน ความร้อนที่ใช้สกัดในวิธีดังกล่าวอาจทำลายวิตามินต่างๆในน้ำมันให้เสื่อมสภาพลงไปด้วย ซึ่งอาจขัดกับเจตนาในการเลือกใช้น้ำมันในตำรับเครื่องสำอาง ที่หวังคุณประโยชน์จากวิตามินต่างๆในน้ำมันเพื่อช่วยบำรุงผมหรือผิวหนัง ให้มีสุขภาพที่ดี ดังนั้นผู้พัฒนาตำรับเครื่องสำอางจึงควรกำหนดคุณสมบัติของน้ำมันที่ต้องการใช้ให้ชัดเจน เพื่อเลือกกระบวนการเตรียมน้ำมันที่เหมาะสมกับน้ำมันนั้นๆ และในส่วนของน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่ได้จากการสกัดวิธีต่างๆ หากต้องการนำมาใช้ในการพัฒนาตำรับเครื่องสำอาง ควรนำน้ำมันไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้น้ำมันมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ลดสี กลิ่น และสารประกอบอื่นๆอันไม่พึงประสงค์ เพื่อให้ได้เครื่องสำอางที่คุณภาพตามที่ต้องการ

รายการอ้างอิง

ธวัชชัย ศรีวิบูลย์. (2554). *เทคนิคการแยก*. (หน้า 84-85). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ธิดารัตน์ ไชยเสน. (2532). *อุตสาหกรรมน้ำเสาวรส*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. (2531). น้ำเสาวรส: น้ำผลไม้ของโลกเขตร้อน. *วารสารอาหาร*. 18, 165-177.

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. (2532). *เครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง*. (หน้า 30-38). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

Mae Fah Luang University

ศิริกานต์ สัตถวิชยพิชญ์. (2558). *เทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริโภค*. (หน้า 13-20). กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 14 มิถุนายน 2561 จาก https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/295_13.pdf

Barrales, F., Rezende, C., & Martínez, J. (2015). Supercritical CO2 extraction of passion fruit (Passiflora edulis sp.) seed oil assisted by ultrasound. *The Journal Of Supercritical Fluids*, 104, 183-192. doi: 10.1016/j.supflu.2015.06.006

Darmstadt, G., Mao-Qiang, M., Chi, E., Saha, S., Ziboh, V., & Black, R. et al. (2007). Impact of topical oils on the skin barrier: possible implications for neonatal health in developing countries. *Acta Paediatrica*, 91(5), 546-554. doi: 10.1111/j.1651-2227.2002.tb03275.x

Dutta, R., Sarkar, U., & Mukherjee, A. (2015). Process optimization for the extraction of oil from Crotalaria juncea using three phase partitioning. *Industrial Crops and Products*, 71, 89-96.

Ferreira, B., De Almeida, C., Faza, L., De Almeida, A., Diniz, C., & Silva, V. et al. (2011). Comparative Properties of Amazonian Oils Obtained by Different Extraction Methods. *Molecules*, 16(7), 5875-5885. doi: 10.3390/molecules16075875

Harvey, D. (2018). *Soxhlet Extraction | Image and Video Exchange Forum*. [online] Community.asdlib.org. Available at: http://community.asdlib.org/imageandvideoexchangeforum/2013/07/24/soxhlet-extraction/ [Accessed 20 April 2018].

Liu, S., Yang, F., Li, J., Zhang, C., & Ji, H. (2008). Physical and chemical analysis of Passiflora seeds and seed oil from china. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. [online] 59 (7-8), 706(10).

Morton, J. (2013). *Fruits of warm climates* (pp. 320-328). Miami: Echo Point Books & Media.

Neha, R., Shabla, M., Indu, T., & Evita, T. (2018). Efficacy of Alimental Components in an Oral Supplement for the Treatment of Hair Fall, Hair growth, Skin & Nail Problems and Role of Hairvit Plus in their Composition Upgradation. *International Journal Of Scientific And Research Publications (IJSRP)*, 8(3), 309-313. doi: 10.29322/ijsrp.8.3.2018.p7545

Mae Fah Luang University

O'Lenick, A. (2008). Oils of nature. Carol Stream, IL: Allured.

Ouilly, J., Bazongo, P., Bougma, A., Kaboré, N., Lykke, A., Ouédraogo, A. and Bassolé, I. (2017). Chemical Composition, Physicochemical Characteristics, and Nutritional Value of Lannea kerstingii Seeds and Seed Oil. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, [online] 2017, pp.1-6.

Panadare, D., & Rathod, V. (2017). Three phase partitioning for extraction of oil: A review. *Trends In Food Science & Technology*, 68, 145-151. doi: 10.1016/j.tifs.2017.08.004

Pongsiri, W. & Warunee, T. (2003). *The Study of appropriate extraction methods and analysis composition of Passion fruit seed oil*. Bangkok: Kasetsart Agricultural and Agro-industrial product improvement institute, Kasetsart University. Available at: http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC4505086.pdf [Accessed 12 April 2018].

Sharma, A., Khare, S., & Gupta, M. (2002). Three phase partitioning for extraction of oil from soybean. *Bioresource Technology*, 85(3), 327-329. doi: 10.1016/s0960-8524(02)00138-4

Tan, Z., Yang, Z., Yi, Y., Wang, H., Zhou, W., Li, F., & Wang, C. (2016). Extraction of Oil from Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Using Enzyme-Assisted Three-Phase Partitioning. *Applied Biochemistry And Biotechnology*, 179(8), 1325-1335.

Timilsena, Y., Vongsvivut, J., Adhikari, R. and Adhikari, B. (2017). Physicochemical and thermal characteristics of Australian chia seed oil. *Food Chemistry*, [online] 228, pp.394-402.

United States Agency for International Development [USAID]. (2014). *The US market for fresh passion fruit*. [online] Available at: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KP21.pdf

Mae Fah Luang University