

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวจากน้ำมันเมล็ดมะกัก เริ่มจากสกัดแยกน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดมะกักที่อบแห้ง โดยใช้ เครื่องชนิดอัดเกลียว ได้ปริมาณน้ำมัน 54 % น้ำมันมะกักที่สกัดได้จะมีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น นำมากรอง แยกไข สิ่งเจือปน ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ภายภาพของน้ำมันพบว่า ค่าดัชนีการหักเหแสงเฉลี่ยเท่ากับ (อุณหภูมิ $22\pm 2^{\circ}\text{C}$) 1.4779 ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.9077 ± 0.0009 (g/cm^3) ความหนืดเท่ากับ 7.457 ± 0.042 Pa ค่า Acid value 8.91 mgKOH/g ค่าสะaponิฟิเคชันเท่ากับ 192.84 mgKOH/g และ ค่าไอโอดีนเท่ากับ $93.47\text{g}/100\text{g}$ ผลการวิเคราะห์วิตามินอี และ พอลิฟีนอลทั้งหมด พบว่า ได้ค่าเท่ากับ 26.34 ± 3.13 mg/100g, ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด = 3.29 ± 0.68 mg GAE/100g, oil ตามลำดับ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันมะกัก ส่วนใหญ่เป็น Linoleic acid 47.01 g/100g และOleic acid 14.92 g/100g, กรดไขมันเหล่านี้มีประโยชน์ในการช่วยบำรุงผิวหนังโดยทำหน้าที่เป็นสารเคลือบผิว ช่วยรักษาความชุ่มชื้นและเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนัง โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของน้ำมันมะกัก มีค่า EC_{50} ของน้ำมันมะกักเฉลี่ย 64.09 ± 8.92 mg/mL โดยวิธี FRAP_{TEAC} 0.06717 ± 0.00033 mM Trolox/g, oil การหาค่า hydrophile-lipophile balance (HLB) ของน้ำมันมะกักสำหรับการเตรียมอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ พบว่าตำรับที่เตรียมด้วยอิมัลซิฟายเออร์ผสมที่มี HLB เท่ากับ 12 มีความคงตัวมากกว่าตำรับอื่น เมื่อนำน้ำมันมะกักไปเตรียมครีมใช้น้ำมันร้อยละ ๕ ทุกตำรับ ทั้งหมด 5 สูตร พบว่าได้อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ มีสีขาวและเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีฟอง ความหนืดเหมาะสม มีความคงตัวดีไม่แยกชั้นหลังถูกปั่น เมื่อทาบนผิวหนังให้ความรู้สึกเนียน ไม่เหนอะหนะ แฝ่กระจายได้ดี ให้ความชุ่มชื้นและไม่มันจนเกินไป ผลิตภัณฑ์ทุกตำรับที่ผ่านการทดสอบความคงสภาพโดยที่สภาวะ 40°C , 4°C และที่อุณหภูมิห้อง แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมะกัก มีศักยภาพดีในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป หากมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

Abstract

The aims of this research were to develop skincare product. The oil-rich cotyledons were extracted by using Screw press machine to obtain Making oil. Yield of extracted oil was 54 % of the dried kernel. Appearance of Making oil was yellow and odorless. After filtration of wax and impurities, analyzation of chemical and physical properties of the oil was performed. The result showed values of refractive index ($22\pm 2^{\circ}\text{C}$) at 1.4779, specific gravity at $0.9077\pm 0.0009\text{ g/cm}^3$, viscosity at $7.457\pm 0.042\text{ Pa}$, acid value at 8.91 mgKOH/g, saponification value at 192.84 mgKOH/g and Iodine value at 93.47 g/100g. Total vitamin E and polyphenol contents were $26.34\pm 3.13\text{ mg/100 g}$ and $3.29\pm 0.68\text{ mg GAE/ 100 g}$, respectively. Fatty acid in Making seed oil mainly consisted of linoleic acid and oleic acid at 47.01 and 14.92 g/100 g, respectively. Linoleic acid and oleic acid can be used as emollient in skincare to maintain moisture and increase elasticity of skin. Antioxidant activity of the oil showed DPPH radical scavenging activity at IC₅₀ value of $64.09\pm 8.92\text{ mg/ml}$ and Ferric reducing antioxidant power at TEAC value of $0.06717\pm 0.00033\text{ mM Trolox/ g oil}$. Hyrophile-lipophile balance (HLB) of Making oil for formulation of oil-in-water emulsion was determined and showed that emulsion which formulated by HLB 12 emulsifier was the most stable. Formulation of 5 emulsions by using 5 % of Making oil resulted in oil-in-water emulsions. The appearance of emulsions was white and homogenous with no bubble. Viscosity was appropriate. The emulsions showed no separating layer after centrifugation. The product showed smooth texture and good spreadability after applying on skin. All emulsion formulas showed good stability after stored at 40°C , 4°C and room temperature. With good properties of this skin care product, it is potential to develop to commercial products with additional future study.

บทที่ 1

บทนำ

มะกั้ง เป็นไม้เลื้อย ที่เนื้อในของเมล็ด ใช้เป็นอาหารมีรสอร่อย มีการใช้โดยชนเผ่า ทั้งบนดอย และ พื้นราบมานาน แต่ไม่ดังกล่าว ขึ้นได้ดีบนพื้นที่สูง ในบริเวณหลายแหล่งในประเทศไทยเช่น ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่สูงของอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ แต่ปัจจุบัน ระบบนิเวศบนดอย เริ่มเปลี่ยนแปลง ความชุ่มชื้น และป่าไม้ลดลง ทำให้มะกั้ง เริ่มหายาก ประกอบกับคนรุ่นใหม่ ไม่ค่อยได้ใกล้ชิดกับธรรมชาติ การได้รู้จักมะกั้งจากการใช้บริโภคของผู้แก่ ผู้เฒ่าลดลง มะกั้งจึงค่อยๆลดบทบาทในการเป็นพืชอาหาร หรือเป็นแหล่งอาหารที่ยั่งยืน เป็นทรัพยากรที่ประจักษ์ถึง

โครงการวิจัย จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ดำเนินการตามยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เพื่อเป็นการพัฒนาทรัพยากรท้องถิ่น ให้คงอยู่ โดยการศึกษาวิจัยอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะด้านการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ และ เกษษกรรม ให้ สังคม คนรุ่นใหม่และ ชุมชนได้ตระหนักถึงศักยภาพของพืชที่มีอยู่ในประเทศไทย เพื่อคุ้มครองอนุรักษ์พันธุ์พืชสมุนไพร อีกทั้งเป็นการจัดการความรู้ด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพ

มะกั้งเป็นพืชเถาอยู่ในวงศ์แตง ซึ่งเนื้อในเมล็ด (kernel) มีปริมาณน้ำมัน และมีโปรตีนสูง นิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร เมื่อนำไปปิ้งจะมีรสชาติดี คล้ายกับเนื้อหมู จึงมีชื่อเรียกว่า pork fat nut นอกจากนี้มะกั้งยังเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยา โดยในส่วนของเนื้อผลใช้ลดการติดเชื้อแบคทีเรีย น้ำมันจากผลใช้เป็นส่วนประกอบทางยา และใช้ชะโลมผิวหนังสำหรับหญิงหลังคลอดบุตร มีรายงานว่ามะกั้ง 1 ต้น มีศักยภาพในการให้ปริมาณน้ำมัน 2.5-10 ลิตร/ต้น/ปี ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการดูแลรักษา ในทางเภสัชกรรม การพัฒนายาและเครื่องสำอางรูปแบบกึ่งแข็ง หรือชนิดโลชั่นที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ องค์ประกอบของน้ำมันนิยมใช้น้ำมันที่มาจากพืช เนื่องจากน้ำมันจากพืช สามารถแทรกซึมผ่านผิวหนังได้ดีกว่าน้ำมันแร่ อีกทั้งยังมีสาร phytonutrients เช่นองค์ประกอบโพลีฟีนอล ที่ให้ประโยชน์แก่ร่างกายเมื่อมีการดูดซึมได้แก่ วิตามินอี เบต้าแคโรทีนอยด์ และกรดไขมันเชิงซ้อน ดังนั้นมะกั้งจึงเป็นพืชที่น่าสนใจศึกษาศักยภาพของน้ำมันมะกั้งในทางเทคโนโลยีเภสัชกรรมเพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

พืชสกุลมะกั้ง เป็นพืชในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีเมล็ดขนาดใหญ่สีเหลืองฟาง มีเนื้อเมล็ดน้ำมันถึง 50-60% สามารถรับประทานหรือใช้ประกอบอาหารได้ เมล็ดนำไปเผาไฟให้สุกรับประทานมีรสหวานมัน (ศูนย์ข้อมูลพืช สำนักวิชาการ-วิจัย องค์การสวนพฤกษศาสตร์ 2547) ในประเทศจีนพบที่เขตปกครองตนเองสิบสองปันนา มณฑลยูนนาน มีการใช้ประโยชน์โดยชาว Dai (ชาติพันธุ์ที่พูดภาษาตระกูลไตกะได เช่น ไทลื้อ ไทจีน เป็นต้น) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีการศึกษาโดยทีมนักวิจัยและได้แนะนำว่าน่าจะพัฒนาให้เป็นพืชเศรษฐกิจต่อไปเนื่องจากมีศักยภาพในแง่ของพืชน้ำมันสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น น้ำมันสำหรับบริโภค หรือใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง เป็นต้น (Schreiter *et al.*, 2007) ¹

น้ำมันและไขมัน จากพืช มีองค์ประกอบสำคัญที่มีประโยชน์เช่น วิตามินอีในรำข้าว และงา ในน้ำมันพืชทั่วไป ยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนได้แก่ โลโอเลอิกแอซิด และน้ำมันไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เช่น กรดโอเลอิกแอซิด น้ำมันจากเมล็ดโกโก้ ที่เรียกว่า เนยโกโก้ หรือ theobroma oil ประกอบด้วย mono-, di-, triglyceride ที่มีคุณสมบัติ elasticity ทำให้สามารถพัฒนาเป็นยาพื้น ยาเหน็บ ทวาร เนื่องจากไม่ก่อความระคายเคือง น้ำมันจากไขกระบก (มะปิ่น) ประกอบด้วยกรด myristic และ lauric acid สูงถึงอย่างละ 48% การที่มีกรดไขมันที่อิ่มตัว สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยาเหน็บ ทวารทดแทนเนยโกโก้ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศได้ โดยให้คุณสมบัติ emollient และมีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชัน เนื่องจากเป็นกรดไขมันอิ่มตัว นอกจากนี้ยังใช้พัฒนาเป็นครีม และเครื่องสำอางบำรุงมือและเล็บ เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าว และสามารถพัฒนาเป็นสบู่อ่อนแ่่งและสบู่ ที่ให้ฟองที่ดี ให้ความนุ่มนวลแก่ผิว อีกทั้งเนื้อในกระบก (nut) ยังสามารถรับประทานเป็นอาหาร และเป็นพืชที่ล้นทั้งบนดอย ดังนั้นองค์ประกอบที่มีในน้ำมันประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว กรดไขมันจำเป็น วิตามินอี วิตามินเอ วิตามินซี ฟลาโวนอยด์และแคโรทีนอยด์ สารเหล่านี้นอกจากจะมีประโยชน์ทางด้านโภชนาการแล้ว ยังมีคุณค่าในทางเครื่องสำอางโดยอาศัยคุณสมบัติของสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความแก่ ลดริ้วรอยและช่วยให้ผิวพรรณชุ่มชื้นโดยเมล็ดพืช มักเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลังจากรับประทานแล้ว

จากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับน้ำมันเมล็ดเสาวรสในทางเครื่องสำอางพบว่าน้ำมันจากเมล็ดเสาวรสมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นเครื่องสำอางชะลอริ้วรอย การศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆทั้งการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายและใช้แรงอัดไฮดรอลิก พบว่าน้ำมันที่ได้มีสมบัติทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกัน และพบว่าน้ำมันที่ได้จากการทบด้วยแรงอัดมีวิตามินอีในปริมาณมากกว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย แต่น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายมีความสามารถในการกักเก็บน้ำที่ผิว (Transepidermal water loss) ต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ทดลองตั้งตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวจากน้ำมันเมล็ดเสาวรสในรูปแบบต่างๆ โดยมีน้ำมันเมล็ดเสาวรสเป็นส่วนประกอบคิดเป็นร้อยละ 5-20 ของตำรับ พบว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะภายนอกเป็นที่น่าพอใจ

การศึกษาที่ผ่านมายังไม่มีข้อมูลเรื่อง การนำมะกั้งมาใช้ประโยชน์ทางยาและเครื่องสำอาง และ การศึกษาความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะกั้ง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะใช้อ้างอิงถึงประสิทธิภาพในการลดริ้วรอยของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันเมล็ดมะกั้งในเชิงพาณิชย์ หากมีการวิจัยในหัวข้อดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำน้ำมันเมล็ดมะกั้งไปประยุกต์ใช้ทางเครื่องสำอาง เป็นการส่งเสริมอาชีพและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกและดูแลและส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมแปรรูปน้ำมันมะกั้ง โดยการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง รวมไปถึงอุตสาหกรรมเครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติสำหรับการขายภายในประเทศและส่งออก ช่วยลดการนำเข้าวัตถุดิบหรือเครื่องสำอางราคาแพงจากต่างประเทศ จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศ อีกทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์ชะลอริ้วรอยสำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่นิยมใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการดูแลสุขภาพ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะกั้งโดยเลือกศึกษาวิธีสกัดน้ำมันโดยไม่ใช้ตัวทำละลายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยจากการตกค้างของตัวทำละลาย วิธีการบีบอัดเป็นวิธีสกัดที่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทางเครื่องสำอางต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะกั้งโดยใช้เครื่องบีบอัดชนิด screw press
- 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะกั้งที่สกัดได้
- 3) เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมโดยใช้น้ำมันมะกั้งเป็นองค์ประกอบ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมเมล็ดมะกิ้ง และน้ำมันเมล็ดมะกิ้ง

เก็บตัวอย่างผลมะกิ้งที่แก่จัด นำมาแยกส่วนเนื้อผลและส่วนเมล็ด ทำความสะอาดเมล็ดมะกิ้งแล้วอบเมล็ดมะกิ้งในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 °ซ เป็นเวลา 36 ชั่วโมง จนเมล็ดทั้งหมดแห้งสนิท จากนั้นนำไปกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดออก (ภาพ 3.1) นำเฉพาะเนื้อในเมล็ดมาสกัดน้ำมันเมล็ดมะกิ้งโดยใช้วิธีการหีบจากเครื่องชนิด Screw press



ภาพ 3.1 การเตรียมวัตถุดิบผลมะกิ้งเพื่อนำไปเตรียมน้ำมัน

3.1.1 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะกิ้ง

ชั่งน้ำหนักเนื้อเมล็ดมะกิ้งแห้งก่อน หลังการสกัด และน้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้ ด้วยเครื่องสกัดแบบอัดเกลียว เพื่อคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (% yield) เป็นวิธีการสกัดแยกน้ำมันที่ใช้ความร้อนโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 °ซ ช่วง 2-3 นาทีแรกของการสกัด หลังจากนั้นหยุดให้ความร้อน ขณะเครื่องอัดเกลียวทำงาน จะเกิดความร้อน โดยอุณหภูมิระหว่างการสกัดไม่เกิน 80 °ซ

เก็บน้ำมันมะกิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้สิ่งเจือปนตกตะกอน รินส่วนที่เป็นน้ำมันใสออกจากส่วนตะกอน กรองด้วยกระดาษกรอง เก็บน้ำมันมะกิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ แยกเอาส่วนที่เป็นของเหลวมาใช้ศึกษาต่อไป

3.1.2 การวิเคราะห์สมบัติเคมีและกายภาพของน้ำมัน

สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะกักที่วิเคราะห์มีดังนี้

1. ค่าดัชนีหักเหของแสง (refractive index) ตามวิธีที่ระบุใน ISO 280 โดยใช้เครื่อง Refractometer KRUSS[®] รุ่น AR2008, Germany พร้อมบันทึกอุณหภูมิขณะวัด
2. ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ตามวิธีที่ระบุใน USP 31 โดยใช้ Pycnometer ขนาด 10 mL
3. ค่าความหนืด (viscosity) โดยใช้เครื่อง Brookfield[®], model R/S Rheometer, Scientific promotion Co., Ltd., England

4. ค่าวิตามินอี หาปริมาณวิตามินอีโดยวิธีคัลเลอริเมตรี (Wang *et al.*, 1988)²

น้ำมันประมาณ 0.50 กรัมละลายด้วยโทลูอีน และปรับปริมาตรเป็น 50 mL สารละลายน้ำมัน 1 mL ผสมกับสารละลาย 2,2'-bipyridyl (0.1% ในเอทานอล 95 %) 3 mL และสารละลาย FeCl₃·6H₂O (0.1 % ในเอทานอล 95 %) 1 mL ผสมด้วย vortex mixer[®] เก็บไว้ 1 นาทีจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm เทียบกับสารละลายมาตรฐานวิตามินอีความเข้มข้นระหว่าง 0.002-0.04 mg/mL (ในโทลูอีน) สารละลาย blank ประกอบด้วยสารละลาย 2,2'-bipyridyl (0.1 % ในเอทานอล 95 %) 3 mL สารละลาย FeCl₃·6H₂O 0.1 % ในเอทานอล 95 % 1 mL และโทลูอีน 1 mL คำนวณหาปริมาณวิตามินอีในหน่วย mg/100 g

สารละลาย stock solution ของวิตามินอี

1. วิตามินอี (98%) 102.4 mg ละลายในโทลูอีนและปรับปริมาตรเป็น 100 mL จะได้สารละลายวิตามินอีความเข้มข้น 100.35 mg/100 mL หรือ 1.0035 mg/mL เป็น stock solution
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอีความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้

ตาราง 3.1 ปิเปตสารละลาย stock solution ตามตารางแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยโทลูอีน

Flask	ปริมาตรของ stock solution (mL)	ปริมาตรที่เจือจาง (mL)	ความเข้มข้นของวิตามินอี (mg/mL)
1	0.10	50.00	0.002007
2	0.20	50.00	0.004014
3	0.40	50.00	0.008028
4	0.80	50.00	0.01606
5	1.00	50.00	0.02007
6	2.00	50.00	0.04014

ปริมาณวิตามินอี คำนวณจากสมการต่อไปนี้:

$$Y = 8.3938 X - 0.0032$$

$$X = \frac{Y + 0.0032}{8.3938}$$

$$\text{ปริมาณวิตามินอี} = \frac{50(X)}{w} \times 100 \text{ mg/100g}$$

5. ค่ากรด (acid value) ค่าสะaponิฟิเคชัน (saponification value) ค่าไอโอดีน ค่าเปอร์ออกไซด์ และการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมัน ส่งตรวจที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทยจำกัด) อำเภอมะเริ่ จังหวัดเชียงใหม่

6. ค่าความหนาแน่นโดยใช้พิคโนมิเตอร์ (pycnometer method)

วิธีการทดลอง

วัดตัวอย่างน้ำมันมะกักที่อุณหภูมิ 20 °C = 0.9982 g/cm³ บรรจุในขวดพิคโนมิเตอร์ ชั่งน้ำหนักและนำมาเข้า สมการ :

$$d_{oil} = \frac{m_{oil}}{m_{น้ำ}} \times d_{น้ำ}$$

7. ค่าปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของน้ำมันมะกัก

วิธี Folin-Ciocalteu method (Folin-Ciocalteu method)

วิธีการทดลอง

1) การเตรียมสารสกัดจากน้ำมันมะกัก (Baiano *et al.*, 2009)³

น้ำมันมะกักประมาณ 1 กรัมละลายในเฮกเซน 2 mL เติมสารละลายเมทานอล (70:30) 1 mL สกัดสารโดยเขย่าด้วย Vortex mixer 1 นาที เก็บชั้นเมทานอลและวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu method

2) การวิเคราะห์ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด (Chan *et al.*, 2007 and Anesini *et al.*, 2008)

4,5

สารตัวอย่าง 1 mL ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu (1:10) 5 mL ด้วย vortex mixer เก็บไว้ในที่มืด 8 นาที เติมสารละลาย Na₂CO₃ 7.5% 4 mL ผสมด้วย vortex mixer เก็บไว้ในที่มืด 60 นาที วัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 765 nm สารละลาย blank เตรียมจากน้ำกลั่น 1 mL สารละลาย Folin-Ciocalteu (1:10) 5 mL และสารละลาย Na₂CO₃ 7.5% 4 mL สารละลายกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0.002 - 0.1 mg/mL เป็นสารละลายมาตรฐานและสร้างกราฟมาตรฐาน

8.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

8.1 วิธี Free radical scavenging activity by DPPH method

วิธีการทดลอง (Farhoosh *et al.*, 2013 and Wang *et al.*, 2008) ^{2,6}

สารละลายน้ำมันความเข้มข้นระหว่าง 0.1 – 10.0 mg/mL (ในเฮกเซน) จำนวน 1 mL ผสมกับสารละลาย DPPH 4 mg/100 mL (ในเฮกเซน) จำนวน 5 mL และเฮกเซน จำนวน 4 mL เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ใช้เฮกเซนเป็น blank ส่วนสารละลาย DPPH จำนวน 5 mL ผสมกับเฮกเซน จำนวน 5 mL วัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 0 เป็นสารละลาย control คำนวณ %Inhibition จากสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

หมายเหตุ

- 1) Positive control ประกอบด้วยบิวทานอล 150 μ L และ สารละลาย DPPH 50 μ L
- 2) Negative control ประกอบด้วยบิวทานอล 200 μ L
- 3) Sample ประกอบด้วย สารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน 150 μ L และ สารละลาย DPPH 50 μ L
- 4) Blank ประกอบด้วย สารตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน 150 μ L และบิวทานอล 50 μ L
- 5) สารมาตรฐาน ได้แก่ alpha-tocopherol
- 6) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง

8.2 การต้านออกซิเดชันของน้ำมันมะกักโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power, FRAP

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสารสกัดน้ำมันมะกัก (Baiano *et al.*, 2009) ³

น้ำมันมะกักประมาณ 1 กรัมละลายในเฮกเซน 2 mL เติมสารละลายเมทานอล (70:30) 1 mL สกัดสารโดยเขย่าด้วย Vortex mixer 1 นาที เก็บชั้นเมทานอลและวิเคราะห์การต้านออกซิเดชันโดยวิธี FRAP

2. การวิเคราะห์ความสามารถต้านออกซิเดชัน (Thaipong *et al.*, 2006 and Pellegrini *et al.*, 2003) ^{7,8}

สารละลาย FRAP เตรียมจากการผสม acetate buffer (300 mM pH=3.6) สารละลาย TPTZ (10 mM ใน 40 mM HCl) และสารละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (20 mM ในน้ำกลั่น) อัตราส่วน 10:1:1 สารละลาย FRAP 3 mL ผสมกับสารสกัดน้ำมันมะกัก 0.1 mL แช่ในน้ำอุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 4 นาที วัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 593 nm ใช้สารละลาย FRAP เป็น

สารละลาย blank สารละลาย Trolox ในเมทานอลความเข้มข้น 0.04 – 0.4 mM เป็น
สารละลายมาตรฐานและสร้างกราฟมาตรฐาน

หมายเหตุ

1. ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานที่นำไปสร้างกราฟคำนวณจาก

$$A_{\text{standard}} = A_{\text{standard}} - A_{\text{blank}} - (A_{\text{positive control}} - A_{\text{negative control}})$$

2. Positive control ประกอบด้วย absolute ethanol + FRAP reagents
3. Negative control ประกอบด้วย absolute ethanol
4. Standard ประกอบด้วยสารละลายมาตรฐาน+ FRAP reagents
5. Blank ประกอบด้วยสารละลายมาตรฐาน+absolute ethanol

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง

การคำนวณค่า IC₁ ของสารตัวอย่าง

- 1) จากข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง คำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงได้จาก

$$A_{\text{standard}} = A_{\text{standard}} - A_{\text{blank}} - (A_{\text{positive control}} - A_{\text{negative control}})$$

- 2) หาน้ำหนักของสารตัวอย่าง
- 3) คำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงต่อน้ำหนักของสารสกัด 1 mg (A/mg)
- 4) นำค่า A/mg ไปแทนค่า y ในสมการของกราฟมาตรฐาน $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($y=mx$) แล้วจึง
คำนวณหาค่า x ซึ่งหมายถึงค่า IC₁

9. การหาค่า HLB^{9,10}

HLB (Hydrophilic – Lipophilic Balance) เป็นค่าที่แสดงความสมดุลระหว่างส่วนที่ละลายได้ในน้ำและส่วนที่ละลายได้ในน้ำมัน ค่า HLB สูงแสดงถึงสมบัติละลายน้ำได้ดี ละลายในไขมันได้น้อย ส่วนค่า HLB ต่ำแสดงถึงสมบัติละลายน้ำได้น้อย ละลายในไขมันได้ดี ค่า HLB ของน้ำมันเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการเลือกชนิดและสัดส่วนของอิมัลซิฟายเออร์ในการพัฒนาตำรับเพื่อให้ได้อิมัลชันที่มีสมบัติตามที่ต้องการและมีความคงตัวสูง

ตาราง 3.2 ชนิดและปริมาณของอิมัลซิฟายเออร์ที่ใช้หาค่า HLB ของน้ำมันเมล็ดมะกั้ง

ค่า HLB	ปริมาณอิมัลซิฟายเออร์ (%w/v) 3% w/v	
	Span 20	Tween 20
10	2.34	0.66
12	1.88	1.12
14	1.41	1.59
16	0.26	2.74

% w/v หมายถึงร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร

วิธีเตรียม:

ละลาย Span 20 ในน้ำมันและ Tween 20 ในน้ำ

ให้ความร้อนจนอุณหภูมิประมาณ 70 °C



รินน้ำมันลงในน้ำ

พร้อมคนตลอดเวลาจนเกิดอิมัลชัน



อิมัลชันที่เตรียมได้นำไปผ่านเครื่อง Polytron®
ที่ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที



สังเกตลักษณะและทดสอบชนิดของอิมัลชัน



ปั่นเหวี่ยงอิมัลชันที่ความเร็ว 2,500 รอบ/นาที
เป็นเวลา 5 นาที



สังเกตการแยกชั้นของอิมัลชัน

วิธีการหาค่า HLB ของน้ำมันเมล็ดมะกั้งโดยเตรียมอิมัลชันของน้ำมันมะกั้งผสมกับอิมัลซิฟายเออร์เพื่อให้ได้ค่า HLB ต่างๆ กัน อิมัลซิฟายเออร์ที่ละลายน้ำผสมกับน้ำ ส่วนอิมัลซิฟายเออร์ที่ละลายในน้ำมันผสมในน้ำมัน ผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) จำนวน 2 รอบจนเกิดอิมัลชันในหลอดทดลอง ทดลอง สังเกตและบันทึกผลอิมัลชัน เช่น สังเกตการแยกชั้น ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความขุ่นหนืด และความคงสภาพ เป็นต้น

อิมัลชันตำรับที่ดีต้องมีสีขาวเนื้อเดียวกัน และความเสถียรไม่แยกชั้นหลังการปั่นเหวี่ยง เลือก HLB ของอิมัลซิฟายเออร์ในอิมัลชันที่ดีเป็นค่า HLB โดยประมาณของน้ำมันมะก้าง

3.2 การพัฒนาสูตรครีมบำรุงผิวจากน้ำมันมะก้าง

3.2.1 การพัฒนาสูตรตำรับครีมมะก้าง

วิธีการพัฒนาสูตรครีมบำรุงผิว ลำดับแรกทำโดยการพัฒนาสูตรครีมที่คงตัวดีจำนวน 10 สูตร คัดเหลือ 5 สูตร ลำดับที่สอง เตรียมครีมมะก้าง โดยใช้ น้ำมันมะก้างทดแทนครีมจากการพัฒนาสูตรครั้งแรก โดยเลือกใช้สารในวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับเตรียมครีม ใช้ น้ำมันมะก้างเป็นส่วนหนึ่งของวัฏภาคน้ำมันในความเข้มข้นร้อยละ 5 นอกจากนี้ในการพัฒนาตำรับได้เลือกใช้อิมัลซิฟายเออร์ต่างชนิดกันในแต่ละตำรับโดยคำนึงถึงค่า HLB ของน้ำมันมะก้าง พัฒนาให้ได้ครีมชนิดน้ำมันในน้ำ มีสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน เนื้อเนียน ไม่มีฟอง ความหนืดเหมาะสม เมื่อทาแล้วให้ความรู้สึกชุ่มชื้น ไม่มันจนเกินไป ไม่เหนอะหนะ ไม่เกิดเป็นปื้นขาว ลักษณะโดยรวมดี

เตรียมครีมโดยการหลอมวัฏภาคน้ำและน้ำมันแยกกันที่อุณหภูมิ 75 °ซ แล้วเติมน้ำมันมะก้างลงในน้ำ ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นแบบใบพัดจนได้ครีม จากนั้นนำครีมที่เตรียมได้ไปผ่านเครื่อง Polytron® ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำไปทดสอบชนิดของอิมัลชัน วัดค่ากรด ต่าง และประเมินผลการใช้เบื้องต้น

องค์ประกอบของตำรับครีมมะก้าง

ครีมสูตร MK1

ส่วนประกอบ สารสำคัญได้แก่ น้ำมันมะก้าง ใช้ร้อยละ 5 ในสูตร

สารเคมีที่ใช้พัฒนาสูตร : Carbopol 940, Cetyl alcohol, Glyceryl monostearate, Glydant, Isopropyl Myristate, Steareth – 21, Stearic acid, Triethanolamine, Tween 60, Vitamin – E acetate

ครีมสูตร MK2

ส่วนประกอบ สารสำคัญ น้ำมันมะก้าง ใช้ร้อยละ 5 ในสูตร

สารเคมีที่ใช้พัฒนาสูตร Glyceryl monostearate, Glydant, Isopropyl Myristate, Mineral oil, Propylene glycol, Stearic acid, Stearyl alcohol, Triethanolamine, Vitamin –E acetate

ครีมสูตร MK3

ส่วนประกอบ สารสำคัญ น้ำมันมะก้าง ใช้ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักในสูตร

สารเคมีที่ใช้พัฒนาสูตร BHT, Cetyl alcohol, Glycerin, Glyceryl monostearate, Glydant, Propylene glycol, Silicone oil, Span 80, Stearyl alcohol, Tween 80, Vitamin –E acetate

ครีมสูตร MK4

ส่วนประกอบ สารสำคัญ น้ำมันมะกัก ใช้ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักในสูตร

สารเคมีที่ใช้พัฒนาสูตร Cetosteryl alcohol, Glycerin, Glyceryl monostearate, Glydant, Isopropyl Myristate, PEG 600, Silicone oil, Stearic acid, Vitamin –E acetate

ครีมสูตร MK5

ส่วนประกอบ สารสำคัญ น้ำมันมะกัก ใช้ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักในสูตร

สารเคมีที่ใช้พัฒนาสูตร Glycerin, Glyceryl monostearate, Glydant, Propylene glycol, Steareth – 21, Stearyl alcohol, Steric acid, Triethanolamine, Vitamin –E acetate

3.2.2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ มีดังนี้

1. สี และกลิ่นของครีม
2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของครีมบำรุง วัดโดยการใช้เครื่อง pH meter
3. ความหนืด โดยการสังเกตการไหลของครีมบำรุงออกจากภาชนะบรรจุ และวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield® model LVDVIII Rheometer, Scientific promotion Co., Ltd., England) ก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพตามกำหนด
4. ความเหนอะหนะ โดยการนำครีมบำรุงผิวมาทาบนผิวหนังบนหลังแขน ซึ่งจะต้องไม่ก่อให้เกิด ความเหนอะหนะที่มากเกินไป
5. การแผ่กระจายบนผิว โดยการทาครีมบำรุงลงบนผิวหนังบนหลังแขน ครีมที่ดีควรที่จะแผ่กระจายบนผิวได้มาก
6. การแยกชั้นหลังการปั่นเหวี่ยง ทำโดยการนำครีมบำรุงผิวมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ครีมบำรุงที่ดีต้องไม่แยกชั้น

3.2.3 การศึกษาความคงตัวทางกายภาพ มีดังนี้

- 1) ปรับปรุงคุณภาพของตำรับครีมสูตรต่างๆ โดยการใช้สารประกอบอื่นๆ เพื่อให้ได้ครีมบำรุงผิวจากน้ำมันมะกัก ให้มีสมบัติที่พึงประสงค์
- 2) การศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ ที่สภาวะต่าง ๆ ดังนี้
 - สภาวะปกติ เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่ตู้เย็น (4 °C) อุณหภูมิห้อง (28 °C) และในตู้อบ (40 °C) เป็นเวลา 4 อาทิตย์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากผลมะกั้งซึ่งเป็นพืชที่ขึ้นในป่าที่ผู้อาศัยบนดอยสูง นำมาใช้เป็นอาหาร การนำมาใช้ประโยชน์ จึงต้องดำเนินการศึกษาองค์ประกอบ และสารสำคัญที่มีอยู่ในน้ำมัน ซึ่งมีอยู่ในปริมาณมาก ผลการศึกษาแบ่งเป็น

4.1 การสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดแบบอัดเกลียว

ส่วนเนื้อในเมล็ดของมะกั้งทั้งหมดจำนวน 4.5 กิโลกรัม ซึ่งได้มาจากเมล็ดมะกั้งจำนวน 27.9 กิโลกรัม เก็บตัวอย่างจากจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ (นำมารวมกัน) นำไปบีบน้ำมันโดยใช้เครื่องชนิด Screw press สรุปร้อยละน้ำมันเมล็ดมะกั้งได้ผลดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ปริมาณน้ำมันมะกั้ง ที่สกัดด้วยเครื่องหีบแบบอัดเกลียวก่อนทำให้บริสุทธิ์เบื้องต้น

ครั้งที่	น้ำหนัก วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	น้ำมันที่สกัดได้ แบบหยาบ (กรัม)	กากน้ำมัน (กรัม)	ร้อยละ โดย น้ำหนัก	หมายเหตุ
1	1.15	310	236	56.8	มีส่วนเนื้อในเมล็ดที่ฝ่อไม่ สามารถหีบได้ 600 กรัม
2	0.973	480	488	49.6	-
3	1.65	887	710	55.5	เนื้อในเมล็ดที่ฝ่อ-ไม่ สามารถหีบได้ 53 กรัม

จะเห็นว่า น้ำมันจากเมล็ดในมะกั้ง ให้ปริมาณค่อนข้างสูง และ น้ำมันที่สกัดได้เบื้องต้นมี กลิ่นธรรมชาติ คล้ายถั่วลิสง มีสีเหลืองขุ่น มีตะกอนละเอียด สีขาวออกเหลือง นำมารองเพื่อส่งตรวจทางองค์ประกอบ และศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ภายภาพต่อไป



ภาพ 4.1 น้ำมันที่สกัดด้วยเครื่องหีบแบบอัดเกลียวแบบอัดเกลียว

จากการทดลอง พบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดครั้งที่ 1 มีสีเหลืองส้ม (ขดกลาง) เนื่องจากเป็นผลผลิตของมะกั้งค้ำปี ทำให้คุณภาพน้ำมันไม่พึงประสงค์ และ มีความแตกต่างจากน้ำมันมะกั้งที่ออกในฤดูกาลนี้ (2556) จึงไม่นำมาใช้ในการพัฒนาตำรับ หลังจากการกรองด้วยกระดาษฟาง ได้นำน้ำมันไปตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมัน และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

4.2 องค์ประกอบของน้ำมันมะกั้ง

องค์ประกอบของน้ำมันมะกั้งรุ่นปี 2556 และน้ำมันมะกั้งค้ำปี (สีส้ม) ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบปริมาณกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันมะกั้ง

ชื่อสารองค์ประกอบ	ตัวอย่างน้ำมันมะกั้ง (ค้ำปี) g/100 g	ตัวอย่างน้ำมัน มะกั้ง (ปี 2556) g/100 g	วิธีการทดสอบ
Caproic acid (c6:0)	0.49	-	In house method base on AOAC (2010) 996.06
Caprylic acid (c8:0)	0.13	0.02	
Myristic acid (C14:0)	0.14	0.09	
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.02	0.02	
Palmitic acid (C16:0)	28.74	26.02	
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.09	0.09	
Stearic acid (C18:0)	14.33	10.17	
Arachidic acid (C20:0)	0.97	0.68	
Behenic acid (C22:0)	0.34	0.28	
Trichosanoic acid (C23:0)	0.03	0.03	
Lignoceric acid (C24:0)	0.24	0.28	
Saturated fat	45.52	37.68	

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบปริมาณกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันมะกิง(ต่อ)

ชื่อสารองค์ประกอบ	ตัวอย่างน้ำมันมะกิง (ค้ำปี) g/100 g	ตัวอย่างน้ำมัน มะกิง (ปี 2556) g/100 g	วิธีการทดสอบ
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.09	0.16	
Trans-9-Eladic acid (C18:1n9t)	0.19	-	
Cis-9-oleic acid (C18:1n9c)	18.14	14.92	
Cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.16	0.09	
Monounsaturated fatty acid	18.58	15.17	
Cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6)	35.30	47.01	
alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.61	0.13	
Polyunsaturated Fatty acid	35.91	47.14	
Unsaturated fat	54.49	62.31	
Tran fat	0.19	-	
Omega-3	ไม่ได้ตรวจสอบ	131.74 mg/100 g	In house method base on AOAC (2010) 996.06
Omega-6	ไม่ได้ตรวจสอบ	47,012.31 mg/100 g	
Omega-9	ไม่ได้ตรวจสอบ	14,923.33 mg/100 g	
Peroxide value	ไม่ได้ตรวจสอบ	0.75 mEq/Kg	AOAC (2000) 965.33
Acid value	ไม่ได้ตรวจสอบ	8.91mgKOH/g	AOAC (2010) 969.17
Iodine value	ไม่ได้ตรวจสอบ	93.47g/100g	AOAC Cd Id-92 (1997)
Saponification value	ไม่ได้ตรวจสอบ	192.84 mgKOH/g	AOAC (2000) 920.160

องค์ประกอบของน้ำมันมะกั้งรุ่นปี 2556 ไม่มี Tran fat, มี Saturated fat 37.68 g/100 g, Polyunsaturate fat 47.14 g/100 g, Unsaturate fat 62.31 g/100g , Monounsaturated fatty acid 15.17 g/100 g จึงเห็นได้ว่า น้ำมันมีคุณสมบัติของ กลุ่มไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงกว่า ชนิดอิ่มตัวถึงสองเท่า โดยมี Linoleic acid 47.01 g/100g และ Oleic acid 14.92 g/100g, นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันชนิดอื่นๆดังค่าในตาราง 4.2 กรดไขมันเหล่านี้มีประโยชน์ในการช่วยบำรุงผิวหนังโดยทำหน้าที่เป็นสารเคลือบผิว ช่วยรักษาความชุ่มชื้นและเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนัง โดยกรดลิโนเลอิก เป็นกรดไขมันจำเป็นหรือเรียกว่าวิตามินเอฟ เป็นองค์ประกอบสำคัญของเซราไมด์ในผิวหนัง มีประโยชน์ในการบำรุงผิว โดยเฉพาะผิวที่แห้งมากจะฟื้นฟูได้ดี ส่วนกรดไขมันชนิดอื่นๆทำหน้าที่เป็นสารเคลือบผิว ทำให้เกิดฟิล์มบางคลุมผิว จึงช่วยรักษาความชุ่มชื้น เพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนัง ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากผิวหนัง จากการที่น้ำมันจากมะกั้งอุดมไปด้วยกรดไขมันที่มีประโยชน์ในบำรุงผิวและชะลอริ้วรอยเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่า น้ำมันมะกั้งมีศักยภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อบำรุงผิว และชะลอริ้วรอยได้ นอกจากนี้ การที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดอื่น เช่นมีกรดโอเลอิก และ ปราศจากน้ำมันทรานส์ จึงเหมาะสำหรับการรับประทานเป็นอาหารเสริมสุขภาพได้ เมื่อสรุปรวมชนิดของไขมัน จะประกอบด้วย โอเมก้า 3 131.74 mg/100 g โอเมก้า 6 47,012.31 mg/100 g และ โอเมก้า 9 14,923.33 mg/100 g

พบว่าค่าไอโอดีนของน้ำมันมะกั้งที่วิเคราะห์ได้มีค่าค่อนข้างสูงคือ 93.47g/100g เนื่องมาจากน้ำมันมะกั้งประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่มาก (ตาราง 4.1) ดังนั้นน้ำมันมะกั้งมีแนวโน้มที่จะหืนได้ง่าย การเก็บรักษาหรือการนำไปใช้พัฒนาตัวรับควรเติมสารกันหืน เช่นวิตามินอี หรือ BHT เป็นต้น ส่วนค่า Acid value 8.91 mgKOH/g ซึ่งมีค่ากรดเกินมาตรฐาน ดังนั้น หากนำไปใช้บริโภค อาจต้องปรับขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ให้ทำลายเอ็นไซม์ไลเปส ก่อนทำการหีบ หรืออาจนำน้ำมันมาทำให้บริสุทธิ์มากขึ้นด้วยขบวนการทำให้เย็น และ ตกตะกอนเอาไขออกหรือการทำเอสเทอร์ฟิเคชัน ทำให้กรดไขมันอยู่ในรูปเอสเทอร์ เพื่อเพิ่มความคงตัว



ภาพ 4.2 น้ำมันมะกั้ง ก่อนกรอง (รูปซ้าย) และ หลังกรอง (รูปขวา)

ส่วนน้ำมันมะกึ่งค้ำปี ซึ่งมีสีส้ม และมีกลิ่นหืนนั้น มีค่ากรดไขมันแตกต่างจาก น้ำมันมะกึ่งรุ่นปี 2556 โดยมีค่ากรดโอเลอิก 18.14 g/100g โลโนเลอิก แอซิด 35.30 g/100 g, มี Tran fat 0.19 g/100 g, Saturated fat 37.68 g/100 g, Polyunsaturate fat 35.91 g/100 g, Unsaturate fat 54.49 g/100g , Monounsaturated fatty acid 18.58 g/100 g

4.3 คุณสมบัติทางกายภาพ ของน้ำมันมะกึ่ง

ค่าดัชนีการหักเหของแสง ได้ผลดังตาราง 4.3 ส่วนค่าความหนืด ได้ผลดังตาราง 4.4 และการหาค่า HLB ตาราง 4.5-4.6

ตาราง 4.3 ค่าดัชนีหักเหของน้ำมันมะกึ่งรุ่นปี 2556

การตรวจ วิเคราะห์	เกณฑ์ มาตรฐาน	ผลการ ตรวจสอบ	ผลการเทียบมาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
ค่าดัชนีหักเห เฉลี่ย (อุณหภูมิ 22±2°C) Refractive index	-	1.4779 (22.0°C)	-	ISO 280

ตาราง 4.4 ค่าความหนืดของน้ำมันมะกึ่งรุ่นปี 2556

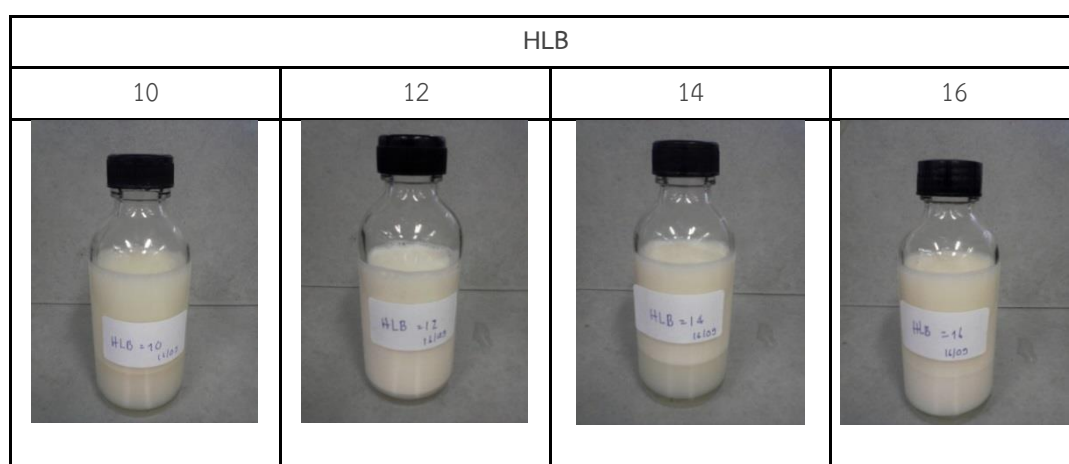
สาร ตัวอย่าง	ลักษณะ	ค่าความหนืด (Pa)			Mean ±SD
น้ำมันมะกึ่ง	เป็นน้ำมันสีเหลืองใส ไม่มีกลิ่นหืน	1	2	3	
		7.408	7.481	7.482	7.457±0.042

ตาราง 4.5 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมะกึ่งรุ่นปี 2556

ครั้งที่	น้ำมัน (กรัม)	น้ำ (กรัม)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
1	9.0883	9.9504	0.9117
2	8.9724	9.9778	0.8976
3	9.1375	9.9825	0.9137
		ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.9077 ± 0.0009

ตาราง 4.6 การทดสอบค่า HLB ของน้ำมันมะกัก รุ่นปี 2556

HLB	ลักษณะของอิมัลชัน	การแยกชั้นหลังการปั่นเหวี่ยง	การนำไฟฟ้า
ตัวทำอิมัลชัน ร้อยละ 7 ของตำรับ			
10	สีขาว เนื้อเนียน	แยกชั้น	นำไฟฟ้า
12	สีขาว เนื้อเนียน	แยกชั้นน้อยที่สุด	นำไฟฟ้า
14	สีขาว เนื้อเนียน	แยกชั้น	นำไฟฟ้า
16	สีขาว เนื้อเนียน	แยกชั้น	นำไฟฟ้า

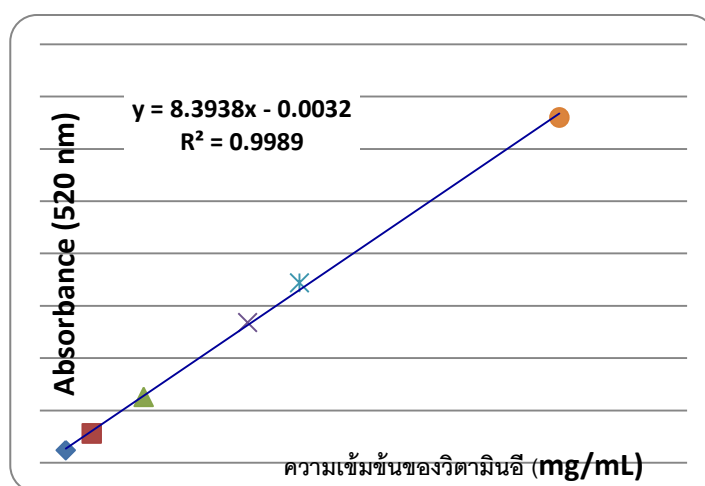


ภาพ 4.3 ผลการหาค่า HLB ของน้ำมันมะกัก

4.4 ผลการหาวิตามินอีในน้ำมันมะกัก

ตาราง 4.7 การดูดกลืนแสงของสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน

ความเข้มข้นของวิตามินอี (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง (A) ที่ความยาวคลื่น 520 nm
0.002007	0.012
0.004014	0.028
0.008028	0.063
0.01606	0.134
0.02007	0.172
0.04014	0.330



ภาพ 4.4 กราฟมาตรฐานของวิตามินอี

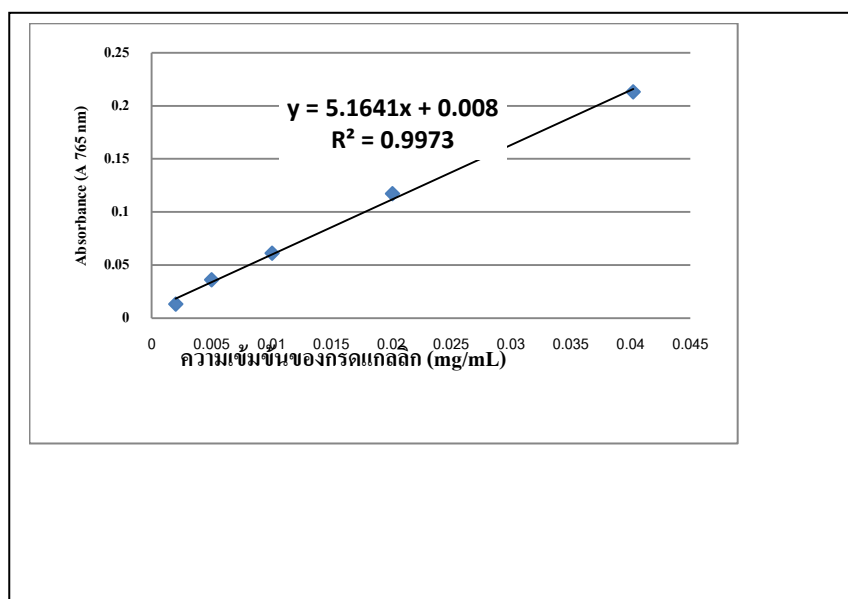
ตาราง 4.8 ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันมะกัก

หลอดที่	น้ำมัน (w, กรัม)	ค่า A (Y) (520 nm)	ค่า X (mg/mL)	ปริมาณวิตามินอี (mg /100g)
1	0.67	0.023	0.003121	23.29
2	0.73	0.033	0.004313	29.54
3	0.71	0.028	0.003717	26.18
ค่าเฉลี่ย				26.34 ± 3.13

4.5 ผลการหาปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของน้ำมันมะกั้งโดยวิธี Folin-Ciocalteu method
การวิเคราะห์ปริมาณพอลิฟีนอลโดยสร้างกราฟมาตรฐานจากตาราง 4.9 และหาปริมาณพอลิฟีนอลดัง
ตาราง 4.10 และ ตาราง 4.11 พบว่า ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด = 3.29 ± 0.68 mg GAE/100g, oil

ตาราง 4.9 ผลการทดลองสารละลายมาตรฐาน

หลอด	ความเข้มข้นกรดแกลลิก (mg/mL)	absorbance (765 nm)
1	0.002012	0.013
2	0.005030	0.036
3	0.01006	0.061
4	0.02012	0.117
5	0.04024	0.213
6	0.06035	0.320



ภาพ 4.5 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

ตาราง 4.10 ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันมะกิง

หลอด	มวลน้ำมันมะกิง=w (g)	ค่า absorbance (765 nm)=Y
1	1.02	0.140
2	1.05	0.205
3	1.05	0.210

การคำนวณ สมการเชิงเส้น :

$$Y = 5.1641 X + 0.008$$

$$X = \frac{Y-0.008}{5.1641} \quad \text{mg/mL}$$

$$\text{ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด} = \frac{X}{w} \times 100 \quad \text{mg GAE/100g, oil}$$

ตาราง 4.11 ผลการหาค่าโพลิฟีนอลในน้ำมันมะกิง

หลอด	มวลน้ำมันมะกิง =w (g)	ค่า absorbance (765 nm) =Y	Total Polyphenol content (mg GAE/100g, oil
1	1.02	0.140	2.51
2	1.05	0.205	3.63
3	1.05	0.210	3.73
ค่าเฉลี่ย			3.29
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			0.68

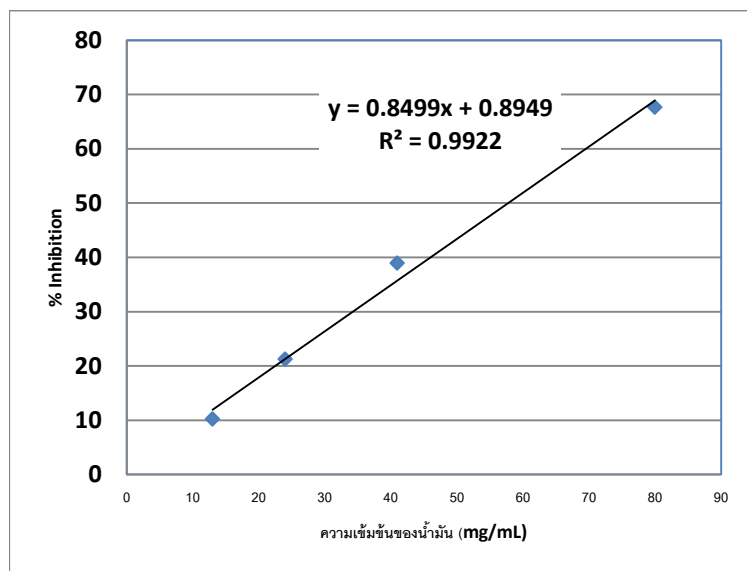
$$\text{ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด} = 3.29 \pm 0.68 \quad \text{mg GAE/100g, oil}$$

4.6 ผลการทดลองการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างมะกั้ง หา % inhibition สร้างกราฟ และ คำนวณค่า EC_{50} จากสมการ ทำการทดลองจำนวน 2 ครั้ง พบว่าค่า EC_{50} ของน้ำมันมะกั้งเฉลี่ย = 64.09 ± 8.92 mg/mL

ตาราง 4.12 % inhibition ของน้ำมันมะกั้ง ครั้งที่ 1

หลอดที่	ความเข้มข้นของน้ำมัน (mg/mL)	ค่า A_{sample} (517 nm)	% Inhibition
1	13.0	0.485	10.19
2	24.0	0.425	21.20
3	41.0	0.330	38.89
4	80.0	0.171	67.59
Control	-	0.540	-



ภาพ 4.6 % Inhibition & ความเข้มข้นของน้ำมันมะกั้ง ครั้งที่ 1

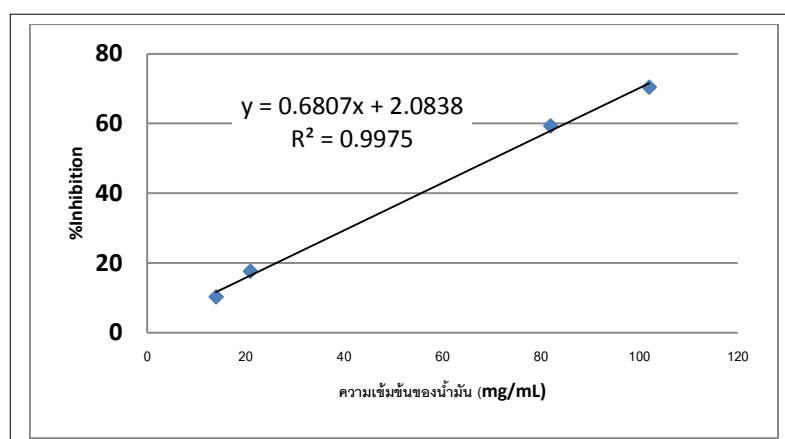
การคำนวณค่า EC_{50}

สมการ :

$$EC_{50} = \frac{50\% - 0.8949}{0.8499} = 57.78 \text{ mg/mL}$$

ตาราง 4.13 % inhibition ของน้ำมันมะกัก ครั้งที่ 2

หลอดที่	ความเข้มข้นของน้ำมัน (mg/mL)	ค่า A _{sample} (517 nm)	% Inhibition
1	14.0	0.485	10.19
2	21.0	0.445	17.09
3	82.0	0.220	59.26
4	102.0	0.161	70.37
Control	-	0.540	-



ภาพ 4.7 % Inhibition & ความเข้มข้นของน้ำมันมะกัก ครั้งที่ 2

การคำนวณค่า EC₅₀

สมการ :
$$EC_{50} = \frac{50\% - 2.0838}{0.6807} = 70.39 \text{ mg/mL}$$

สรุป
$$EC_{50} \text{ ของน้ำมันมะกัก} = 64.09 \pm 8.92 \text{ mg/mL}$$



ภาพ 4.8 การทดสอบการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

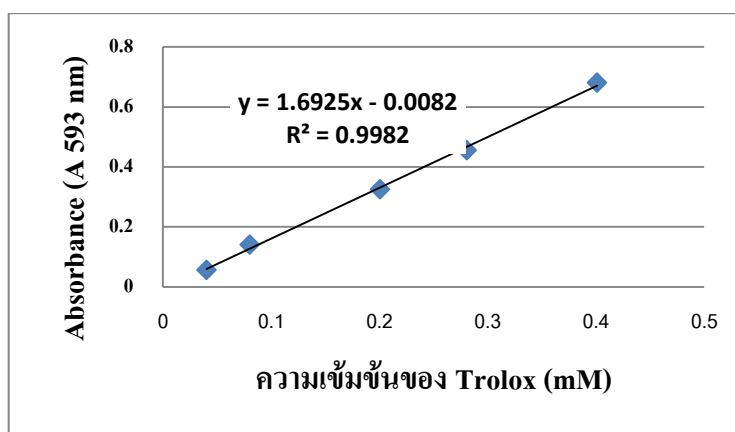
4.7 ผลการทดสอบสมบัติต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP โดยสร้างกราฟมาตรฐานจาก Trolox และหาค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำมันมะกัก ดังตาราง 4.14 และ ตาราง 4.15 คำนวณค่า TEAC ตาราง 4.16

สรุปผลการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะกักโดยวิธี FRAP_{TEAC} = 0.06717 ± 0.00033 mM Trolox/g, oil

ตาราง 4.14 ความเข้มข้นของ Trolox (mM) และ ค่าการดูดกลืนแสง

หลอดที่	ความเข้มข้นของ Trolox (mM)	absorbance(593 nm)
1	0.04011	0.056
2	0.08022	0.140
3	0.2005	0.325
4	0.2808	0.455
5	0.4011	0.680



ภาพ 4.9 กราฟมาตรฐานของ Trolox

ตาราง 4.15 ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงในตัวอย่างน้ำมันมะกัก

หลอด	มวลน้ำมันมะกัก=w (g)	ค่า absorbance (593 nm)=Y
1	1.05	0.118
2	1.02	0.105
3	1.03	0.106

การคำนวณ สมการเชิงเส้น :

$$Y = 1.6925 X - 0.0082$$

$$X = \frac{Y+0.0082}{1.6925}$$

$$\text{TEAC ของน้ำมันมะกัก} = \frac{Y+0.0082}{1.6925} \times \frac{1}{w} \quad \text{mM Trolox/g oil}$$

ตาราง 4.16 ผลการคำนวณ TEAC (mM Trolox/g, oil)

หลอด	มวลน้ำมันมะกัก =w (g)	ค่า absorbance (593 nm) =Y	TEAC (mM Trolox/g, oil)
1	1.05	0.118	0.07101
2	1.02	0.105	0.06557
3	1.03	0.106	0.06494
ค่าเฉลี่ย			0.06717
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			0.00033

ค่า Ferric reducing antioxidant power เทอม TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) ของน้ำมันมะกักเท่ากับ 0.06717 ± 0.00033 mM Trolox/g, oil

$$\text{FRAP}_{\text{TEAC}} = 0.06717 \pm 0.00033 \text{ mM Trolox/g, oil}$$



ภาพ 4.10 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

4.8 การพัฒนาครีมบำรุงผิว

จากการพัฒนาครีมตามสูตรได้ครีมที่มีน้ำมันมะกัก เป็นส่วนประกอบปริมาณร้อยละ 5 ของตำรับ จำนวน 5 ตำรับ คือ สูตร MK1 – MK 5 ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของส่วนประกอบ จนได้ผลิตภัณฑ์ครีมที่มีคุณลักษณะดีที่สุดของแต่ละสูตรตำรับ ครีมที่ได้ทุกตำรับมีลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการคือเป็นครีมชนิดน้ำมันในน้ำ มีสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีฟอง ความหนืดเหมาะสม การทดสอบโดยการสังเกตทางกายภาพ และ ทดสอบทาบริเวณผิว ปรากฏว่า เนื้อครีมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับ น้ำมันมะกัก ในการเป็นโลชั่นคือ สูตร MK 3 เนื่องจากมีเนื้อครีมเนียน สีขาว ความหนืดดีคล้ายเนื้อครีมทั่วไป แต่เนื้อเบาบางกว่า ไม่เกิดการแยกชั้น มีความวาวบนเนื้อครีม เมื่อทา มีการกระจายบนผิวดี มีความมันปานกลาง ซึมซาบดีจาก ผลการทดลอง ค่า กรด ต่าง 5.69 ± 0.005 มีความหนืดต่ำสุด คือ 30.654 ± 5.508 Pa ครีมที่มีความหนืดสูงสุด คือ MK1 มีค่า 292.863 ± 52.606 Pa พบว่าครีมที่ได้ มีค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่ 5.48 ถึง 8.31 ดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับให้อยู่ในช่วงความเป็นกรด-ด่างของ ผิวหนังคือ 5.5 ถึง 6.5 ส่วนความรู้สึกหลังใช้พบว่าครีมทุกสูตรให้ความรู้สึกชุ่มชื้น ไม่มันจนเกินไป ไม่เหนอะหนะ ไม่เกิดเป็นปื้นขาว ดังแสดงในตาราง 4.17 และ ตาราง 4.18

ตาราง 4.17 สรุปลักษณะทางกายภาพและความรู้สึกหลังใช้ครีมตำรับต่างๆหลังเตรียมเสร็จทันที

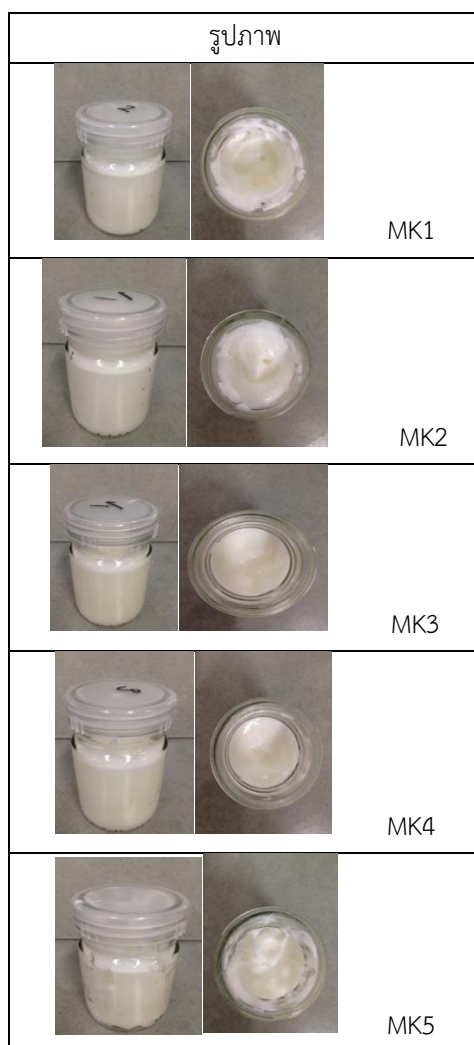
หัวข้อที่ใช้ประเมิน	สูตร MK1	สูตร MK2	สูตร MK3	สูตร MK4	สูตร MK5
ลักษณะทางกายภาพ					
ความเป็นเนื้อเดียว	เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน
สี	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว
ความหนืด	+++	++	+	+++	++++
pH	6.81 ± 0.032	8.31 ± 0.005	5.69 ± 0.005	5.69 ± 0.005	5.48 ± 0.025
ชนิดของอิมัลชัน	o/w	o/w	o/w	o/w	w/o
การแยกชั้นหลังการปั่นเหวี่ยง	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น
ความรู้สึกหลังใช้					
ความเหนอะหนะ	+	+	+	+	+
การแผ่กระจายบนผิว	++++	++++	++++	++++	+++
ความมัน	+	+	+	+	+
การเกิดปื้นขาว	+	+	+	+	+

หมายเหตุ สัญลักษณ์การประเมิน + หมายถึง น้อยมาก

++ หมายถึง น้อย

+++ หมายถึง ปานกลาง

++++ หมายถึง มาก



ภาพ 4.11 ครีมมะกอก 10 % สูตร MK1 MK2 MK3 MK4 และ MK5

ตาราง 4.18 ผลการวัดค่าความหนืด

สูตรที่	ค่าความหนืด (Pa)			ความหนืด $\pm$ SD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	433.510	346.748	338.589	292.863 $\pm$ 52.606
2	136.103	119.992	95.669	117.255 $\pm$ 20.356
3	36.751	26.037	29.175	30.654 $\pm$ 5.508
4	38.878	46.701	49.823	45.134 $\pm$ 5.638
5	97.990	111.120	92.581	100.564 $\pm$ 9.533

4.9 ทดสอบความคงตัวที่สภาวะต่างๆ ของตำรับ

หลังจากการเตรียมครีมทั้ง 5 สูตรและประเมินลักษณะทางกายภาพและความรู้สึกหลังใช้ของตำรับครีมแล้ว จึงนำตำรับทั้งหมดไปทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อเลือกตำรับที่ดีที่สุดไปศึกษาต่อไป ผลการทดสอบความคงสภาพแสดงในตาราง 4.17 และภาพ 4.11 โดยก่อนการทดสอบความคงตัวผู้วิจัยได้ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของตำรับให้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรด-ด่างของผิวหนังมากที่สุดคือ 5.5 ถึง 6.5

ครีมมะกอกที่ผ่านการทดสอบความคงตัวในสภาวะที่ดูเย็น (4°C) อุณหภูมิห้อง (28°C) และในตู้อบ (40°C) เป็นเวลา 4 weeks ยังคงเป็นเนื้อเดียวกัน และมีสีคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อนำครีมทุกตำรับที่เตรียมได้ไปวัดค่าความหนืดก่อนทดสอบความคงสภาพ

คำชี้แจงเกี่ยวกับอุปสรรคหรือปัญหา (ถ้ามี)

มะกอกส่วนใหญ่เป็นพืชตามฤดูกาล มีช่วงเก็บเกี่ยว ประมาณเดือนกันยายนและตุลาคม ทำให้การจัดหาวัตถุดิบล่าช้าไปกว่ากำหนด เนื่องจากระยะเวลาในการรับทุนไม่สัมพันธ์กัน แม้ว่าจะได้ทำการจัดเตรียมไว้เบื้องต้น แต่เป็นปริมาณที่ไม่มากพอที่จะนำมาเตรียมน้ำมันมะกอกเพื่อศึกษาตลอดโครงการ จึงได้ขอความอนุเคราะห์จากหลาย ๆ หน่วยงานในการจัดหาวัตถุดิบ เพื่อใช้ในการศึกษา ขณะนี้อยู่ระหว่างการเตรียมน้ำมันมะกอก ซึ่งในขณะเดียวกันได้มีการทดลองเตรียมครีมเบสไว้เบื้องต้น เมื่อได้น้ำมันมะกอกแล้ว จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรตำรับต่อไป

ปริมาณน้ำมันที่ได้มีน้อยไม่เพียงพอในการทดสอบ และ ตั้งตำรับครีมในการขยายขนาด การผลิตเพื่อทดสอบความคงสภาพในสภาวะ ทั้ง ๔ จึงต้องรอการผลิตในฤดูกาลถัดไป

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ เนื้อในเมล็ดมะกั้นำมาเตรียมน้ำมันด้วยวิธีการบีบ ได้ปริมาณน้ำมัน 54 % น้ำมันมะกักที่สกัดได้มีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น เมื่อนำมาศึกษาสมบัติทางเคมี ภายภาพของน้ำมันพบว่า ค่าดัชนีการหักเหแสงเฉลี่ยเท่ากับ (อุณหภูมิ $22\pm 2^{\circ}\text{C}$) 1.4779 ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.9077 ± 0.0009 (g/cm^3) ความหนืดเท่ากับ 7.457 ± 0.042 Pa ค่า Acid value 8.91 mgKOH/g ค่าสะaponิฟิเคชันเท่ากับ 192.84 mgKOH/g และ ค่าไอโอดีนเท่ากับ $93.47\text{g}/100\text{g}$ ผลการวิเคราะห์วิตามินอี และ พอลิฟีนอลทั้งหมด พบว่าได้ค่าเท่ากับ 26.34 ± 3.13 mg/100g, ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด = 3.29 ± 0.68 mg GAE/100 g, oil ตามลำดับ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันมะกัก ส่วนใหญ่เป็น linoleic acid 47.01 g/100 g และ oleic acid 14.92 g/100 g

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของน้ำมันมะกัก มีค่า EC_{50} ของน้ำมันมะกักเฉลี่ย 64.09 ± 8.92 mg/mL โดยวิธี $\text{FRAP}_{\text{TEAC}}$ 0.06717 ± 0.00033 mM Trolox/g, oil การหาค่า hydrophile-lipophile balance (HLB) ของน้ำมันมะกักสำหรับการเตรียมนิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ พบว่าตำรับที่เตรียมด้วยอิมัลซิฟายเออร์ผสมที่มี HLB เท่ากับ 12 มีความคงตัวมากกว่าตำรับอื่น เมื่อนำน้ำมันมะกักไปเตรียมนิมัลชันใช้น้ำมันร้อยละ 5 ทุกตำรับ ทั้งหมด 5 สูตร พบว่าได้นิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ มีสีขาวและเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีฟอง ความหนืดเหมาะสม มีความคงตัวดีไม่แยกชั้นหลังถูกปั่น เมื่อทาบนผิวหนังให้ความรู้สึกเนียน ไม่เหนอะหนะ แฝ่กระจายได้ดี ให้ความชุ่มชื้นและไม่มันจนเกินไป ผลิตกณฑ์ทุกตำรับที่ผ่านการทดสอบความคงสภาพโดยที่สภาวะ 40°C , 4°C และที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารอ้างอิง

- Wang, H-F., Wang, Y-K., and Yih, K-H. (2008). DPPH free-radical scavenging ability, total phenolic content, and chemical composition analysis of forty-five kinds of essential oils. *Journal of cosmetic science*. 59 : 509-522.
- Baiano, A., Gambacorta, G., Terracone, C., Previtali, MA., Lamacchia, C., and La Notte, E. (2009). Changes in phenolic content and antioxidant activity of Italian extra-virgin olive during storage. *J Food Sci*. 74(2) : C177-83.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., and Chew, Y. L. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. *Food chemistry*. 102:1214-1222.
- Anesini, C., Ferraro G. E., and Filip, R. (2008). Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Food chemistry*. 56(19) : 9225-9229.
- Farhoosh, R., Tavassoli-Kafrani, M. H., and Sharif, A. (2013). Assaying antioxidant characteristics of sesame seed, rice bran, and bene hull oils and their unsaponifiable matters by using DPPH radical-scavenging model system. *J. Agr. Sci. Tech*. 15: 241-253.
- Thaipong, K., Boonprakong, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., and Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* 19 : 669–675.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Rio, D. D., Salvatore, S., Bianchi, M., and Brighenti, F. (2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J. Nutr*. 133(9) : 2812-2819.
- พานี ศิริสะอาด, ดวงพร วินิจกุล, วชิร เนติสิงห์, ศิริวิภา ปิยะมงคล, ด้วง พุทธศุภกร. การพัฒนาเครื่องสำอางจากน้ำมันเมล็ดเสาวรส. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.
- เกษร จันทรศิริ. อิมัลชันทางเภสัชกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 254: 102-129.
- วิทยาศาสตร์การไหล (Rheology). 2004. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://pharm.kku.ac.th/thaiv/depart/techno/basicpharm/download/Lesson4.pdf>

Sinko P.J. Martin's physical pharmacy and pharmaceutical sciences : physical chemical and biopharmaceutical principles in the pharmaceutical sciences. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2006.