

นิพนธ์ต้นฉบับ

การพัฒนาวิธีการสกัดโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม

กรรณิการ์ จันทรแก้ว

กลุ่มงานเภสัชกรรมและคุ้มครองผู้บริโภค โรงพยาบาลสงขละ

*ผู้นิพนธ์ที่ให้การติดต่อ E-mail: bumbyjune043@gmail.com

Received date: July 24, 2024; Revised date: October 15, 2024; Accepted date: October 15, 2024

บทคัดย่อ

สารสกัดน้ำมันโพลใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงยาแผนไทย ซึ่งมีสรรพคุณแก้ปวด แก้อักเสบของกล้ามเนื้อ ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการสกัดโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม และควบคุมคุณภาพโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสกัดโพลที่เตรียมด้วยวิธีการทอดแบบดั้งเดิมเป็นการทอดในกระทะและวิธีการทอดที่พัฒนาขึ้น คือ หม้อทอดไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ พร้อมกับศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุนของสารสกัดน้ำมันโพล และวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดน้ำมันโพลด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดโพล ได้ทำการทดลอง 4 วิธี ดังนี้ 1) การทอดแบบดั้งเดิม อุณหภูมิ <160 องศาเซลเซียส 2) การทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 3) การทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 4) การทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ผลการศึกษา พบว่า การสกัดโพลโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถเตรียมสารสกัดน้ำมันโพลได้ %yield (ผลผลิตร้อยละ) มากที่สุด คือ 41.26 และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบสาร phenylbutanoids (compound D + DMPBD) มากที่สุด 0.493 ± 0.003 %w/w และ DMPBD มากที่สุด 0.225 ± 0.001 %w/w และพบว่า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบ compound D มากที่สุด 0.276 ± 0.003 %w/w แต่ได้ DMPD น้อยที่สุด 0.201 ± 0.000 %w/w จากการวิเคราะห์ต้นทุนของสารสกัดน้ำมันโพล พบว่า สารสกัดน้ำมันโพลจากการทอดแบบดั้งเดิมมีต้นทุนน้อยที่สุด กิโลกรัมละ 317.60 บาท สารสกัดน้ำมันโพลที่ได้จากการทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส มีต้นทุนกิโลกรัมละ 461.91 บาท 463.20 บาท และ 460.20 บาท ตามลำดับ สรุปการพัฒนาวิธีการสกัดโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดน้ำมันโพลที่มี %yield และมีปริมาณของสาร phenylbutanoids และ DMPBD สูงสุด

คำสำคัญ: สารสกัดน้ำมันโพล, การทอดแบบน้ำมันท่วม, การทอดแบบดั้งเดิม

Development of an extraction method for *Zingiber montanum* using deep frying

Kannika Jankaew

¹ Pharmacy and Consumer Protection Department, Sangkha Hospital

*Corresponding Author E-mail: bumbyjune043@gmail.com

Abstract

Phlai-oil extract is a raw material used in the production of traditional Thai medicine recipes. It uses for relieving pain and reducing muscle inflammation. Therefore, the aim of this research was to develop a method for extracting phlai using an electric fryer and to control the quality of this extraction method. A comparison was made between the quality of phlai-oil extract prepared by traditional frying (in a deep frying pan) and an electric fryer. Additionally, the cost of producing phlai-oil extract using deep frying versus an electric fryer was assessed. Content analysis of the phlai-oil extract was performed using the High-performance liquid chromatography (HPLC) method. The research was divided into four experiments as follows: 1) Traditional frying at the temperature less than 160°C 2) Frying in an electric fryer at 80°C 3) Frying in an electric fryer at 100°C, and 4) Frying in an electric fryer at 120 °C. The results showed that Phlai extraction by frying in an electric fryer at 80°C produced 41.26 %yield of phlai-oil extract, which contained significantly more phenylbutanoids (compound D and DMPBD) than traditional frying. At 80°C, phenylbutanoid and DMPBD were 0.493 ± 0.003 %w/w and 0.225 ± 0.001 %w/w, respectively and at 100°C, compound D was 0.276 ± 0.003 %w/w. The cost of phlai-oil extract per kilogram obtained from traditional frying was 317.60 baht. Whereas, the costs of phlai-oil extract per kilogram obtained from an electric fryers at 80°C, 100°C, and 120 °C were 461.91 baht, 463.20 baht, and 460.20 baht, respectively. In summary, the development of a phlai extraction method using an electric fryer with the frying temperature controlled at 80°C will yield a high-quality phlai-oil extract, containing significant amounts of phlai-oil and active substances.

Keywords: phlai-oil extract, deep frying, traditional frying

บทนำ

ไพล (*Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) เป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ และเป็น 1 ใน 12 ของพืชสมุนไพร Product champion ที่ส่งเสริมตามแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรฉบับที่ 1 ปี 2560 - 2565 ภายใต้พระราชบัญญัติ ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ส่วนที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบทางยาและเครื่องสำอาง คือ ลำต้นใต้ดินหรือเหง้าไพล นำเหง้าไพลไปตากแห้งแล้วนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของยาประคบ ยาอบสมุนไพร ไพลแห้งที่บดเป็นผงใช้เป็น ส่วนประกอบของยาประคบไพล และผงไพลบำรุงผิว นอกจากนี้สารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากไพลถูกนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของยาขี้ผึ้งและยานวดตัว สารสำคัญที่พบในไพล ได้แก่ curcumin เป็นสารที่ให้สีเหลือง พบในปริมาณ 0.77 ± 0.08 %w/w⁽¹⁾ phenylbutanoids ได้แก่ (E)-4-(3,4-dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol หรือ compound D พบในปริมาณ 2.39 ± 0.88 %w/w และ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene หรือ DMPBD พบในปริมาณ 3.80 ± 1.44 %w/w⁽²⁾ นอกจากนี้ไพลยังประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยในปริมาณ 10.89 ± 0.19 %w/w ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีหลักที่พบมากในน้ำมันหอมระเหยไพล ได้แก่ sabinene (27-34%), γ -terpinene (6-8%), α -terpinene (4-5%), terpinen-4-ol (30-35%) และสารกลุ่ม phenylbutanoid ได้แก่ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene (DMPBD) (12-19%)⁽²⁾ ไพลมีสารประกอบหลักที่มีฤทธิ์บรรเทาอาการปวดเมื่อย ปวดข้อ บรรเทาอาการอักเสบ ได้แก่ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene (DMPBD), (E)-4-(3,4-dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol (compound D), cassumunarins A, cassumunarins B, cassumunarins C, terpinen-4-ol และ α -terpinene^(3,4,5) ซึ่งสาร compound D และสาร DMPBD มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา คือ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จึงนิยมนำไปใช้ประโยชน์เป็นส่วนประกอบทางยาเพื่อบรรเทาอาการปวดและลดการอักเสบ⁽⁵⁾

รูปแบบต่าง ๆ ของการแปรรูปไพลที่นิยม เช่น น้ำมันหอมระเหยจากการกลั่น สารสกัดน้ำมันไพลจากการทอด และการอบแห้งบดผง เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อบรรเทาอาการปวด แก้เคล็ดขัดยอก ข้อเท้าแพลง แก้กโรคผิวหนัง แก้ฝี แก้ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ฟกช้ำ ลดอาการอักเสบ บวม เส้นตึง ญวนวดตัว และบำรุงผิวพรรณ กระบวนการใช้ประโยชน์จากไพลเพื่อรักษาอาการทางกล้ามเนื้อตามกรรมวิธีทางการแพทย์แผนไทยมี 2 รูปแบบ คือ 1) การนำเหง้าสดมาฝนหรือคั้นน้ำ มีสรรพคุณในการแก้ปวดเมื่อย แก้ฟกบวม เคล็ดขัดยอก ทาญวนวด แก้เหน็บชา เส้นตึง 2) การนำเหง้าสดมาทอดด้วยน้ำมันพืช ได้เป็นสารสกัดน้ำมันไพลที่ได้จากการทอด นำมาเป็นน้ำมันญวนวด แก้ปวดกล้ามเนื้อ ปัจจุบันโรงพยาบาลของรัฐได้มีการปรุงยาแผนไทยจากสารสกัดน้ำมันไพลเพื่อเป็นเภสัชตำรับของโรงพยาบาล มีสรรพคุณทาแก้เคล็ดขัดยอก บวม ปวดชา เมื่อยขบ และขัดยอก⁽⁶⁾ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2566 ได้กำหนดวิธีการเตรียมวัตถุดิบก่อนใช้ปรุงยาเป็นยาน้ำมันบรรเทาอาการปวดเมื่อยตามร่างกายที่ผลิตจากน้ำมันไพลทอด ซึ่งมีอัตราส่วนของไพลต่อน้ำมันมะพร้าว คือ 2 : 1 และทอดด้วยไฟร้อนปานกลาง ประมาณไม่เกิน 160 องศาเซลเซียส ตำรับยานี้มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย

ปัจจุบันมีการศึกษาวิธีการสกัดไพลที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อนำมาใช้ในการสกัดตัวยาสำคัญกลุ่ม phenylbutanoids จากไพล ได้แก่ compound D, compound D acetate และ DMPBD โดยใช้น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และ mineral oil (น้ำมันแร่) เป็นตัวทำละลาย และใช้ความร้อนช่วย หรือสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟช่วย เปรียบเทียบกับการสกัดด้วย hexane พบว่า น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และ mineral oil สกัด phenylbutanoids ได้น้อยกว่า hexane เล็กน้อย โดยสารสกัดน้ำมันไพลที่สกัดด้วยน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และ mineral oil มีความเข้มข้นของ phenylbutanoids รวมไม่แตกต่างกัน ดังนั้นตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดนี้ จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้สกัด phenylbutanoids จากไพลได้ โดยมีข้อดีกว่า hexane คือ ปลอดภัย และราคาถูกกว่า⁽⁷⁾ นอกจากนี้ยังสามารถลดขั้นตอนการเตรียมสารสกัดได้ โดยสามารถนำสารสกัดน้ำมันไพลที่สกัดด้วยน้ำมันมาใช้ในการเตรียมเป็นน้ำมันทาญวนวดได้ทันทีโดยไม่ต้องระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัด⁽⁷⁾ การสกัดน้ำมันไพลด้วยวิธีการทอดด้วยน้ำมันพืชชนิดอื่นตัว ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว ทำให้ได้สารสกัดน้ำมันไพลที่ได้จากการทอดจะประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหย และสารที่มีโมเลกุลใหญ่และไม่ระเหย ซึ่งน้ำมันหอมระเหย และสารที่มีโมเลกุลใหญ่ ได้แก่ สารกลุ่ม arylbutanoids, curcuminoids และ cyclohexene derivatives⁽⁸⁾ ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มี

ผลการวิจัยพบว่า มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ และแก้ปวดในสัตว์ทดลอง โดยมีกลไกการออกฤทธิ์เช่นเดียวกับยาในกลุ่ม NSAIDs⁽³⁾

โรงพยาบาลสังขะ นำเหง้าโพลสดมาเป็นวัตถุดิบในการปรุงยาแผนไทยสำหรับใช้ภายนอก ได้แก่ ยาประคบสมุนไพร ยาอบสมุนไพร ยาน้ำมันโพล และยาขี้ผึ้งโพล การแปรรูปเหง้าโพลสดเป็นโพลแห้งเพื่อใช้ปรุงยาประคบสมุนไพร และยาอบสมุนไพร และนำเหง้าโพลสดมาเตรียมเป็นสารสกัดน้ำมันโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมใช้ปรุงยาน้ำมันและยาขี้ผึ้ง วิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการทอดที่ทำให้พื้นผิวของโพลจมอยู่ในน้ำมัน ทำให้โพลสัมผัสน้ำมันร้อนอย่างทั่วถึงในกระทะเหล็กก้นลึก และให้ความร้อนด้วยแก๊ส กำหนดอัตราส่วนของเหง้าโพลสดต่อน้ำมันปาล์ม คือ 2 : 1 การเตรียมโพลสดต้องหั่นโพลเป็นชิ้นบางเท่ากัน ทอดในน้ำมันจนโพลกรอบมีสีเหลืองน้ำตาล แล้วนำกากโพลออกจากน้ำมัน หลังจากนั้นนำโพลสดลงไปทอดในน้ำมันเดิม ทอดต่อเนื่องจนกว่าโพลสดหมด เนื่องจากปริมาณของโพลสดมากกว่าปริมาณของน้ำมันปาล์ม ทำให้ต้องแบ่งโพลสดสำหรับทอดแต่ละครั้งให้เท่ากัน ทอดในน้ำมันเดิมจนกว่าโพลสดหมด การทอดโพลด้วยน้ำมันเป็นการแยกสารสำคัญออกจากโพลสดโดยใช้ น้ำมันปาล์มเป็นตัวทำละลาย และใช้ความร้อนละลายสารสำคัญที่ต้องการออกมาอยู่ในน้ำมันทอด หลังจากได้สารสกัดน้ำมันโพลแล้วก็เก็บใส่ภาชนะที่ป้องกันแสงอัลตราไวโอเลตและเก็บที่อุณหภูมิห้อง⁽⁹⁾ การทอดที่ให้ความร้อนด้วยแก๊สไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิขณะทอดให้สม่ำเสมอได้ ซึ่งแตกต่างจากการทอดในหม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ จะทำให้สารสำคัญที่อยู่ในโพลสดละลายออกมาอยู่ในน้ำมันทอด และไม่สลายตัวหรือถูกทำลายด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขยังไม่ได้กำหนดมาตรฐานของปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์แก้อักเสบของสารสกัดน้ำมันโพลที่ได้จากการทอด การเตรียมสารสกัดน้ำมันโพลด้วยการทอดแบบน้ำมันท่วมที่ปฏิบัติต่อเนื่องกันมาจากองค์ความรู้ของแพทย์แผนไทย พบว่า ขาดการควบคุมคุณภาพของสารสกัดน้ำมันโพล และไม่ได้กำหนดปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ด้านการอักเสบในสารสกัดน้ำมันโพล การเตรียมสารสกัดน้ำมันโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมควรมีคุณภาพมาตรฐานเหมือนกันทุกขั้นตอนการผลิต ดังนั้น การศึกษาวิธีการสกัดโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยการใช้หม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า จะเป็นทางเลือกหนึ่งในกระบวนการสกัดน้ำมันโพลที่มีคุณภาพ มีปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ด้านการอักเสบสูง เพื่อนำมาปรุงเป็นยาแผนไทยใช้รักษาโรคในกลุ่มอาการระบบกล้ามเนื้อ และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ยาแผนไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดโพลและควบคุมคุณภาพด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม
2. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโพลด้วยการทอดแบบน้ำมันท่วม
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของสารสกัดน้ำมันโพลที่เตรียมด้วยวิธีการทอดแบบดั้งเดิมกับวิธีการทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้า
4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดโพลด้วยการทอดแบบน้ำมันท่วม

ระเบียบวิธีศึกษา

1. วัสดุ (Material)

- 1) วัตถุดิบ : ส่วนลำต้นใต้ดินหรือเหง้าของโพลสดที่มีอายุ 2 - 3 ปี จากแหล่งปลูกบ้านแสงทอง
- 2) สารเคมี : น้ำมันปาล์ม ตราเกษตร
- 3) เครื่องมือ
 - 3.1) หม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิ และมีใบพายสำหรับคนด้วยมือเตอร์
 - 3.2) เครื่องหั่นสมุนไพรแบบไฟฟ้า
 - 3.3) เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องวัดอุณหภูมิในน้ำมัน

2. วิธีการศึกษา (Method)

รูปแบบวิธีการศึกษา (study design) เป็นการศึกษาแบบทดลอง (Experimental Research)

1) การเตรียมไฟลสดสำหรับทอด

- 1.1) นำไฟลสดที่ตัดแต่งราก และเปลือกต้นแล้วมาล้างให้สะอาด
- 1.2) หั่นเป็นชิ้น หนา 1 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องหั่นไฟฟ้า

2) การเตรียมสารสกัดน้ำมันไฟลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม

วิธีที่ 1 การทอดไฟลแบบดั้งเดิม อุณหภูมิไม่เกิน 160 องศาเซลเซียส

- (1) ชั่งน้ำมันปาล์ม 8 กิโลกรัม และชั่งไฟล 16 กิโลกรัม แบ่งใส่ถุง ๆ ละ 4 กิโลกรัม

จำนวน 4 ถุง

- (2) เติมน้ำมันปาล์ม 8 กิโลกรัม ในกระทะเหล็ก ตั้งบนเตาแก๊ส เปิดไฟปานกลาง และ

วัดอุณหภูมิในน้ำมัน อุณหภูมิไม่เกิน 160 องศาเซลเซียส

- (3) เมื่อน้ำมันร้อน ใส่ไฟลสดลงไปทอด ครั้งละ 4 กิโลกรัม บันทึกเวลาที่เริ่มทอด

- (4) คนไฟลในกระทะด้วยตะหลิว คนบ่อย ๆ ทอดจนไฟลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล

และกรอบ

- (5) ตักไฟลที่กรอบด้วยกระชอนจนหมด บันทึกเวลาที่ทอดเสร็จ

- (6) ใส่ไฟลสดลงไปทอดในกระทะ ทำเหมือนข้อ 3 - 5 ทำซ้ำจนครบ 4 ครั้ง

- (7) กรองด้วยผ้าขาวบางเก็บเฉพาะน้ำมันทอด ชั่งน้ำหนักของน้ำมันทอดที่เหลือจาก

การทอด และบันทึกน้ำหนักของน้ำมันทอด ซึ่งรวมน้ำหนักของสารสกัดและน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด เรียกน้ำมันทอดนี้ว่า สารสกัดน้ำมันไฟล เมื่อสารสกัดน้ำมันไฟลเย็นเก็บในแกนลอนสีทึบ

วิธีที่ 2 การทอดไฟลในหม้อทอดไฟฟ้า อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

- (1) ชั่งน้ำมันปาล์ม 8 กิโลกรัม และชั่งไฟล 16 กิโลกรัม แบ่งใส่ถุง ๆ ละ 4 กิโลกรัม

จำนวน 4 ถุง

- (2) เติมน้ำมันปาล์ม 8 กิโลกรัม ในหม้อทอดไฟฟ้า ตั้งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

และวัดอุณหภูมิในน้ำมัน

- (3) เมื่อน้ำมันร้อน ใส่ไฟลสดลงไปทอด ครั้งละ 4 กิโลกรัม บันทึกเวลาที่เริ่มทอด

- (4) เปิดมอเตอร์ใบพาย ทอดจนไฟลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล และกรอบ

- (5) ตักไฟลที่กรอบด้วยกระชอนจนหมด บันทึกเวลาที่ทอดเสร็จ

- (6) ใส่ไฟลสดลงไปทอดในหม้อทอดไฟฟ้า ทำเหมือนข้อ 3 - 5 ทำซ้ำจนครบ 4 ครั้ง

- (7) กรองด้วยผ้าขาวบางเก็บเฉพาะน้ำมันทอด ชั่งน้ำหนักของน้ำมันทอดที่เหลือจาก

การทอด และบันทึกน้ำหนักของน้ำมันทอด ซึ่งรวมน้ำหนักของสารสกัดและน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอด เรียกน้ำมันทอดนี้ว่า สารสกัดน้ำมันไฟล เมื่อสารสกัดน้ำมันไฟลเย็นเก็บในแกนลอนสีทึบ

วิธีที่ 3 การทอดไฟลในหม้อทอดไฟฟ้า อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

ทำเช่นเดียวกับวิธีที่ 2 โดยตั้งอุณหภูมิของหม้อทอดไฟฟ้าที่ 100 องศาเซลเซียส

วิธีที่ 4 การทอดไฟลในหม้อทอดไฟฟ้า อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

ทำเช่นเดียวกับวิธีที่ 2 โดยตั้งอุณหภูมิของหม้อทอดไฟฟ้าที่ 120 องศาเซลเซียส

3. วิธีการเก็บตัวอย่างสารสกัดน้ำมันไฟล

- 1) เก็บตัวอย่างสารสกัดน้ำมันไฟลที่ได้จากวิธีที่ 1 - 4 ใส่ขวดสีชา จำนวนวิธีละ 3 ขวด ๆ ละ 30 มิลลิลิตร แล้วขวดหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

- 2) ส่งวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญที่กองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี

4. การหา %yield ของสารสกัดน้ำมันไพล

$$\%yield = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดน้ำมันไพล (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักของไพลสด (กิโลกรัม)}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดน้ำมันไพลด้วยวิธี HPLC

นำตัวอย่างสารสกัดน้ำมันไพลจาก 4 วิธี ๆ ละ 3 ตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ปริมาณ compound D และ DMPBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยเครื่อง HPLC ที่มีประเภทของเครื่องตรวจจับ (detector) แบบ photodiode array ใช้คอลัมน์ C18 ในการแยกสารและควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 25 องศาเซลเซียส โดยปริมาตรของสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าเครื่อง HPLC 10 ไมโครลิตร ใช้ระบบการชะแบบคงที่ตลอดการวิเคราะห์ (isocratic) ซึ่งสัดส่วนของเฟสเคลื่อนที่สารละลายอะซิโตนไนโตรลริส (absolute acetonitrile) ต่อสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 คือ 57 : 43 ใช้อัตราการไหลที่ 1.0 มิลลิลิตรต่อวินาที ติดตามปริมาณสาร compound D และ DMPBD ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

6. การวิเคราะห์ต้นทุน

เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนตามหน้าที่ การศึกษาต้นทุนของการผลิตสารสกัดน้ำมันไพลด้วยวิธี การทอดแบบน้ำมันท่วมเพื่อให้ทราบถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น การแบ่งต้นทุนตามหน้าที่ ประกอบด้วย

- 1) ค่าวัตถุดิบทางตรง ได้แก่ ไพลสด น้ำมันปาล์ม และบรรจุภัณฑ์
- 2) ค่าแรงงานทางตรง ได้แก่ ค่าจ้างเตรียมสมุนไพร และค่าจ้างทอดไพล
- 3) ค่าใช้จ่ายในการผลิต ได้แก่ ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าแก๊ส ค่าตรวจวิเคราะห์ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ ค่าเสื่อมราคาของอาคารสถานที่ และวัสดุสิ้นเปลือง

7. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ของกองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ 2 ชนิด คือ compound D และ DMPBD

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ 3 ชนิดจาก 4 วิธี ในการวิเคราะห์ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 16.0

ผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาวิธีการสกัดไพลด้วยการทอดแบบน้ำมันท่วม

จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดไพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม 4 วิธี เปรียบเทียบวิธีและอุณหภูมิ คือ ทำการทดลองทอดไพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้า จำนวน 3 วิธี กำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับวิธีการทอดไพลแบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นการทอดไพลด้วยแก๊ส กำหนดอุณหภูมิไม่เกิน 160 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดน้ำมันไพล ดังตารางที่ 1 สารสกัดน้ำมันไพลที่ได้จากการทอดไพลแบบดั้งเดิม ได้สารสกัดน้ำมันไพลน้อยที่สุด คือ 6.40 กิโลกรัม (%yield = 40.00) ส่วนการทอดไพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดน้ำมันไพลมากที่สุด คือ 6.60 กิโลกรัม (%yield = 41.26) และใช้เวลาในการทอดนานที่สุด คือ 232 นาที การทอดไพลสดที่อุณหภูมิของน้ำมัน 80 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำที่อยู่ในไพลสด จึงทำให้ใช้เวลาทอดนานกว่าวิธีอื่น ๆ ส่วนการทอดที่อุณหภูมิของน้ำมันที่ 100 120 และ <160 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับหรือมากกว่าจุดเดือดของน้ำ ทำให้มีเวลาที่ใช้ทอดใกล้เคียงกัน คือ 161 นาที 144 นาที และ 151 นาที ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสกัดไพลด้วยการทอดแบบน้ำมันท่วม

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญด้วยวิธี HPLC ดังตารางที่ 2 พบว่า ทุกอุณหภูมิที่ทอดไพลจะพบสารสำคัญ คือ compound D, DMPBD และ phenylbutanoids และพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่พบในสารสกัดน้ำมันไพล คือ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถสกัด compound D ได้มากที่สุด คือ 0.276 ± 0.003 %w/w ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัด DMPBD ได้มากที่สุด คือ 0.225 ± 0.001

%w/w และสกัดสาร phenylbutanoids ได้มากที่สุด คือ 0.493 ± 0.003 %w/w การทอดแบบดั้งเดิม สกัด compound D ได้น้อยที่สุด คือ 0.259 ± 0.002 %w/w และ สกัดสาร phenylbutanoids ได้น้อยที่สุด คือ 0.463 ± 0.002 %w/w

3. ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญของสารสกัดน้ำมันโพลที่ทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 100 120 องศาเซลเซียส กับการทอดแบบแบบดั้งเดิม

พบว่าวิธีทอดโพลแบบดั้งเดิม มีผลต่อปริมาณ compound D, DMPBD และ phenylbutanoids แตกต่างกับการทอดโพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 3

การทอดโพลแบบดั้งเดิมสามารถสกัด compound D ได้น้อยกว่าการทอดโพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า การทอดโพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัด compound D ได้น้อยกว่าการทอดโพลที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่แตกต่างกับการทอดโพลที่ 120 องศาเซลเซียส และพบว่า การทอดโพลที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถสกัด compound D ไม่มีความแตกต่างกับการทอดโพลที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4

การทอดโพลแบบดั้งเดิมสามารถสกัด DMPBD ได้น้อยกว่าการทอดโพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 และ 120 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่แตกต่างกับการทอดโพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และการทอดโพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัด DMPBD ได้มากกว่าการทอดโพลทุกอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4

การทอดโพลแบบดั้งเดิมสามารถสกัด phenylbutanoids ได้น้อยกว่าการทอดโพลด้วยหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิที่ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทอดโพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัด phenylbutanoids ได้มากกว่าการทอดโพลที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่แตกต่างกับการทอดโพลที่ 120 องศาเซลเซียส และการทอดโพลที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถสกัด phenylbutanoids ได้น้อยกว่าการทอดโพลที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4

4. ผลการศึกษาและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตสารสกัดน้ำมันโพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม

พบว่า การสกัดน้ำมันโพลที่ทอดแบบดั้งเดิม มีต้นทุนการผลิตสารสกัดน้ำมันโพลต่อกิโลกรัม น้อยที่สุด คือ 317.60 บาท รองลงมา คือ 460.20 บาท และ 461.91 บาท ซึ่งเป็นสารสกัดน้ำมันโพลที่ทอดในหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และที่ 80 องศาเซลเซียส ต้นทุนการผลิตสารสกัดน้ำมันโพลสูงที่สุด คือ 463.20 บาท ซึ่งเป็นสารสกัดน้ำมันโพลที่ทอดในหม้อทอดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศา ดังตารางที่ 5

อภิปรายผล

การสกัดโพลโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถเตรียมสารสกัดน้ำมันโพลได้ %yield มากที่สุด ส่วนการทอดแบบดั้งเดิมได้ %yield น้อยที่สุด เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส⁽¹⁰⁾ การทอดที่ใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหย และสารประกอบทางเคมีอื่นที่อยู่ในโพล สอดคล้องกับการศึกษาของทิพรัตน์ ธรรมสละ⁽²⁾ พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อน้ำมันหอมระเหยในโพล ดังนั้น การทอดโพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำมันหอมระเหยสลายได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง และพบว่า การทอดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มี DMPBD และ phenylbutanoids สูงกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง แม้ว่าใช้เวลาทอดนานกว่า ซึ่งเวลาที่ใช้ทอดโพลนานกว่าไม่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่มีโมเลกุลใหญ่และไม่ระเหย⁽⁸⁾ การทอดโพลให้กรอบเป็นการระเหยน้ำออกจากโพลสด และละลายน้ำมันหอมระเหยและสารประกอบทางเคมีอื่นออกมาอยู่ในน้ำมันทอด การทอดโพลที่อุณหภูมิของน้ำมันที่สูงกว่า หรือเท่ากับจุดเดือดของน้ำที่อยู่ในโพลสด ทำให้โพลแห้งและกรอบเร็วกว่า เวลาที่ใช้ทอดจึงน้อยกว่าการทอดโพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และทำให้ DMPBD และ phenylbutanoids สลายตัวหรือระเหยได้มากกว่าการทอดโพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาสารสำคัญ คือ compound D, DMPBD และ phenylbutanoids ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Singharach, A. et al.⁽¹³⁾ พบ compound D ในสารสกัดน้ำมันโพลที่ทอดในน้ำมัน

มะพร้าวที่อุณหภูมิ 70 – 260 องศาเซลเซียส และสอดคล้องกับการศึกษาของ Lateh, L.⁽¹⁴⁾ พบ compound D และ DMPBD จากการสกัดไพลด้วยน้ำมันปาล์มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ สารสกัดน้ำมันไพลที่ได้จากการทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้า พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส มีปริมาณ compound D, DMPBD และ phenylbutanoids มากกว่าการทอดแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากหม้อทอดไฟฟ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ทอดให้สม่ำเสมอได้มากกว่าการทอดด้วยแก๊ส ส่วนต้นทุนการผลิตสารสกัดน้ำมันไพลต่อกิโลกรัมที่ได้จากการทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้ามีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงกว่าต้นทุนทั้งหมดเนื่องจากมีค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ และค่าไฟฟ้าที่สูงกว่าค่าแก๊ส ทำให้สารสกัดน้ำมันไพลที่ทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้ามีต้นทุนรวมสูงกว่าการทอดแบบดั้งเดิมมาก

ข้อสรุป

การเตรียมสารสกัดน้ำมันไพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดน้ำมันไพลที่มี %yield และปริมาณของ phenylbutanoids และ DMPBD มากที่สุด และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้สารสกัดน้ำมันไพลที่มีปริมาณของ Compound D มากที่สุด แต่มีปริมาณของ DMPD น้อยที่สุด จากผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบวิธีการสกัดน้ำมันไพลโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการทอดจะทำให้ได้สารสกัดน้ำมันไพลที่มีคุณภาพมากกว่าการทอดแบบดั้งเดิม และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมสารสกัดน้ำมันไพลด้วยวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม คือ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพราะทำให้ได้สารสกัดน้ำมันไพลที่มีปริมาณสารสำคัญ phenylbutanoids และ DMPBD สูง ซึ่งสารสำคัญทั้ง 2 ชนิดนี้มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จึงเหมาะสมที่จะนำมาปรุงเป็นยาแผนไทยสำหรับรักษาโรคทางระบบกล้ามเนื้อ ได้แก่ ยาน้ำมันไพล และยาขี้ผึ้งไพล เพื่อให้บริการแก่ผู้ป่วยต่อไป ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการทอดไพลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และศึกษาการลดต้นทุนของสารสกัดน้ำมันไพลที่ทอดแบบน้ำมันท่วมโดยใช้หม้อทอดไฟฟ้า เพื่อให้ได้ยาแผนไทยที่ปรุงจากสารสกัดน้ำมันไพลที่มีคุณภาพและต้นทุนลดลง เพิ่มการเข้าถึงการใช้ยาแผนไทยได้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลสังขะ ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัยนี้ให้สำเร็จ และขอขอบคุณผู้อำนวยการกองพัฒนายาแผนไทยและสมุนไพร กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้คำแนะนำ และตรวจวิเคราะห์สารต่าง ๆ ในไพล

ตาราง ภาพ และแผนภาพ

ตารางที่ 1 %yield ของสารสกัดน้ำมันโพลที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

รายการ	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4
น้ำหนักโพลสด (kg.)	16	16	16	16
น้ำหนักน้ำมันปาล์ม (kg.)	8	8	8	8
น้ำหนักสารสกัดน้ำมันโพล (kg.)	6.40	6.60	6.49	6.47
% yield	40.00	41.26	40.58	40.44
เวลาที่ใช้ในการทอดโพล (min)	151	232	161	144

ตารางที่ 2 ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดน้ำมันโพลที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

วิธีที่	ปริมาณสาร (%w/w)		
	compound D	DMPBD	phenylbutanoids
1	0.259±0.002	0.204±0.000	0.463±0.002
2	0.268±0.002	0.225±0.001	0.493±0.003
3	0.276±0.003	0.201±0.000	0.477±0.003
4	0.269±0.004	0.215±0.000	0.488±0.004

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการสกัด compound D, DMPBD และ phenylbutanoids ในสารสกัดน้ำมันโพล ระหว่างการทอดด้วยหม้อทอดไฟฟ้า กับการทอดแบบดั้งเดิม

สารสำคัญ	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
compound D	0.000	3	0.000	24.047	<0.05
	0.000	8	0.000		
	0.001	11			
DMPBD	0.001	3	0.000	1.443	<0.05
	0.000	8	0.000		
	0.001	11			
phenylbutanoids	0.002	3	0.001	69.719	<0.05
	0.000	8	0.000		
	0.002	11			

*p<0.05

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ compound D, DMPBD และ phenylbutanoids ของสารสกัดน้ำมัน
โพล เปรียบเทียบเป็นรายคู่

สารสำคัญ	วิธี	X (%w/w)	วิธี			
			1	2	3	4
compound D	1	0.259		-0.090*	-0.017*	-0.013*
	2	0.268	0.090*		-0.008*	-0.004
	3	0.276	0.017*	0.008*		0.003
	4	0.273	0.013*	0.004	-0.003	
DMPBD	1	0.204		-0.021*	0.003*	-0.011*
	2	0.225	0.021*		0.024*	0.010*
	3	0.201	-0.003*	-0.024*		-0.014*
	4	0.215	0.011*	-0.010*	0.014*	
phenylbutanoids	1	0.463		-0.030*	-0.014*	-0.024*
	2	0.493	0.030*		0.016*	0.006
	3	0.477	0.014*	-0.016*		-0.011*
	4	0.488	0.024*	-0.006	0.011*	

*p < 0.05

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตสารสกัดน้ำมันโพลที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ต้นทุนการผลิต	วิธี			
	1	2	3	4
ต้นทุนค่าวัตถุดิบทางตรง	1,100	1,100	1,100	1,100
ต้นทุนค่าแรงทางตรง	675	675	675	675
ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต				
ค่าน้ำประปา	50	50	50	50
ค่าไฟฟ้า	14.22	277.16	234.71	205.10
ค่าแก๊ส	5.4	0	0	0
ค่าตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อน (test kit)	100	100	100	100
ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ	16.67	776	776	776
ค่าเสื่อมราคาอาคารสถานที่	11.38	11.38	11.38	11.38
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	60	60	60	60
รวมต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต (บาท)	257.67	1,274.54	1,232.09	1,202.48
รวมต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาท)	2,032.67	3,049.54	3,007.09	2,977.48
น้ำหนักสารสกัดน้ำมันโพล (kg.)	6.400	6.602	6.492	6.470
ต้นทุนของสารสกัดน้ำมันโพลต่อกิโลกรัม (บาท)	317.60	461.91	463.20	460.20

เอกสารอ้างอิง

1. วิชาดา กันทยศ และยิ่งยง โพสุขสานติวัฒนา. (2554).ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในพืชสกุลขิงบางชนิดในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 42(2), 389-392.
2. ทิพารัตน์ ธรรมสละ. (2561). **อิทธิพลของการทำแห้งด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกต่อคุณภาพและสารสำคัญในไพล**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
3. Jeenapongsa R, et al. (2003). Anti-inflammatory activity of E-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene from *Zingiber cassumunar* Roxb. *Journal of Ethnopharmacology*. 87(2-3), 143-148.
4. ภาคภูมิ พาณิขุการนันท์ และลิขิต ลาเต๊ะ. (2556). ไพล: องค์ประกอบทางเคมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาพิษวิทยา และการควบคุมคุณภาพ. *วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*. 11(2), 123-136.
5. อาภาภรณ์ แก้วชูทอง. (2552). **การเตรียมและควบคุมคุณภาพสารสกัดน้ำมันไพลที่มีสารสำคัญด้านการอักเสบปริมาณสูง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นานาชาติ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
6. อำพล บุญเพียร และลดาวัลย์ อุ้นประเสริฐพงศ์นิชโรจน์. (2556). การศึกษาประสิทธิภาพของการนวดด้วยน้ำมันไพลและน้ำมันไพลต่ออาการปวดกล้ามเนื้อคอ บ่า ไหล่ ในนักศึกษาวิทยาลัยเทคโนโลยีทางการแพทย์และสาธารณสุข กาญจนบุรี. *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยการพยาบาลและสาธารณสุขภาคใต้*. 6, 121-130.
7. พิษุทธิ์ พงษ์นันท์ และพิรุฬห์พงษ์ พิพิธปิยะปกรณ. (2558). **เปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันไพลที่สกัดด้วยการทอดน้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันแร่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.
8. นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. (2555). **น้ำมันไพลทอดต่างจากน้ำมันไพลกลั่นอย่างไร.บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน**. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2567. จาก.
<https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0109.pdf>
9. Seaho B, et al. (2024). NMR-based stability evaluation of (E)-1-(3',4'-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD) from *Zingiber cassumunar* Roxb. Rhizome. *Phytochem Anal*. 35(3), 579-585.
10. พัชรเพ็ญ เพ็ญจำรัส และคณะ. (2552). **การศึกษาแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชท้องถิ่นในจังหวัดแพร่**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ: 51 หน้า.
11. วุฒิชัย วิสุทธิพรต และคณะ. (2556). **การพัฒนาตำรับยาน้ำมันไพลที่สกัดตามแบบวิถีการภูมิปัญญาไทย**. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2567. จาก
https://fund.dtam.moph.go.th/dtam/box_dtam.php?doc_year=2556
12. Wisutitprot W, et al. (2019). Effectiveness of a Plai Oil Prepared by Thai Traditional Medicine Process in the Treatment of Myofascial Pain Syndrome: A Randomized Placebo Controlled Trial. *Songklanagarind Medical Journal*. 37(3), 207-215.
13. Singharach A, et al. (2020). Anti-inflammatory activity of *Zingiber montanum* (J.König) Link ex Dietr. extracts prepared by deep frying in coconut oil. *Pharmaceutical Sciences Asia*. 47 (1), 51-57.
14. Lateh L. (2013). **Development of Extraction Methods for Phenylbutanoids from *Zingiber cassumunar* Roxb**. Master's Thesis. Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University.

