

## การวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-แมสสเปกโตรเมทรีและองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์

### GC-MS ANALYSIS AND CHEMICAL COMPOSITION OF *ZINGIBER CASSUMUNAR* ROXB. OIL OBTAINED USING ULTRASONIC EXTRACTION

เอกชัย จงเสรีเจริญ<sup>1</sup>, ชิชณพงษ์ อนุکانนท์<sup>2</sup>, โยธิน กัลยาเลิศ<sup>1</sup> และ วิชัย กองศรี<sup>1,\*</sup>  
Ekachai Chongsereechoen<sup>1</sup>, Shisanupong Anukanon<sup>2</sup>, Yotin Kallayalert<sup>1</sup>  
and Wichai Kongsri<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

<sup>1</sup> Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

<sup>2</sup> สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

<sup>2</sup> School of medicine, Mae Fah Luang University

Received: 6 November 2023

Revised: 11 December 2023

Accepted: 22 December 2023

#### บทคัดย่อ

ไพลเป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ไพลมีฤทธิ์ในด้านการลดการอักเสบและลดอาการปวด เป็นสมุนไพรที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้ทำการสกัดน้ำมันไพลด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์ช่วย ตัวแปรต่างๆ ที่ถูกปรับในการเตรียมน้ำมันไพลได้แก่ อุณหภูมิ ความถี่และเวลาในการสกัด วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS) ถูกใช้ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพล พบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยไพลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แก่  $\alpha$ -Pinene, Sabinene,  $\alpha$ -Terpinene,  $\gamma$ -Terpinene และ Terpinen-4-ol การศึกษาผลความถี่ในการสกัด (28 และ 40 kHz) พบว่าปริมาณสารเคมีที่สกัดมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ผลของอุณหภูมิพบที่อุณหภูมิห้องว่ามีแนวโน้มได้ส่วนประกอบน้ำมันหอมระเหยของไพลในปริมาณที่สูงกว่า แต่พบว่า  $\alpha$ -terpinene หายไป ส่วนผลของเวลาในการสกัดพบว่าใช้เวลาเพียง 10 นาทีก็เพียงพอที่จะได้ส่วนประกอบที่จำเป็น จากการ

\* Corresponding author: วิชัย กองศรี

E-mail: wichai@vru.ac.th

ทดลองพบว่าสภาวะการสกัดที่ดีที่สุดอยู่ที่ 40 kHz โดยไม่ให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที ได้รับส่วนประกอบที่จำเป็นสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่พบสาร  $\alpha$ -terpinene

**คำสำคัญ:** น้ำมันไพล, การสกัดด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์, องค์ประกอบทางเคมี, โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-แมสสเปกโตรเมตรี

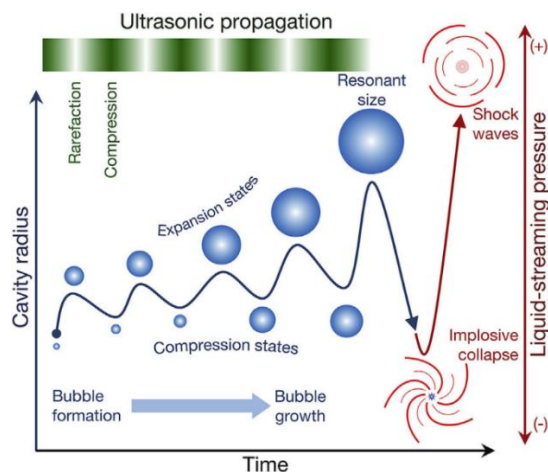
## Abstract

*Zingiber cassumunar* Roxb. (Plai) is a medicinal herb which has been officially listed on the National List of Essential Medicines. Plai has the effect of reducing inflammation and relieving pain, so the herb has been receiving a great deal of attention. This research examined the utilization of ultrasonic-assisted extraction of Plai oil. The variables that were adjusted in the preparation of Plai oil were temperature, frequency, and time of extraction. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was employed for studying the chemical composition of Plai oil. Important chemical components of Plai essential oil according to industrial product standards such as  $\alpha$ -Pinene, Sabinene,  $\alpha$ -Terpinene,  $\gamma$ -Terpinene and Terpinen-4-ol. The study on extraction frequencies effect (28 and 40 kHz) revealed that the quantity of extracted chemicals had a tendency to remain unchanged. At room temperature it was showed that there was a tendency to obtain higher amounts of the essential oil components, but  $\alpha$ -terpinene was not found. As for the results of extraction time, it was found that using only 10 minutes was sufficient to obtain essential components. From the experiment, the best extraction conditions were found at 40 kHz without heating for duration of 30 minutes. The highest essential components were obtained, however, no  $\alpha$ -terpinene was found.

**Keywords:** *Zingiber cassumunar* Roxb., ultrasonic extraction, chemical composition, GC-MS

## บทนำ

ไพล หรือปูลอย ปุเลย มีน้สละ่าง ว่านไฟ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr. หรือ *Zingiber cassumunar* Roxb. วงศ์ Zingiberaceae เป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน ใบเดี่ยวรูปหอกเรียวยาวเรียงสลับ ออกกระหนาบเดี่ยว ผิวและขอบเรียบ ผิวใบเรียบ ขอบใบเรียบ ไม่มีก้านใบ มีขนนุ่มที่เส้นกลางใบด้านท้องใบกาบใบหุ้มลำต้นสูงประมาณ 2-4 ฟุต สีเขียวเข้ม โคนกาบสีแดง เนื้อในเหง้าสีเหลืองอ่อนกลิ่นหอมฉุน ดอกช่อทรงพุ่มกลมเรียวาวรีตั้งตรง น้ำตาลเข้มแดงขอบเขียว กลีบดอกทยอยบานออกมาบาง ๆ สีขาวหรือสีเหลือง ผลเป็นผลแห้ง รูปทรงกลม (เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ, 2549) ผลมีสารประกอบหลายชนิดที่สามารถลดการอักเสบได้ มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระ (Jeenapongsa et al., 2003; Chienthavorn et al., 2011) ไพลเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนดังนี้ ใบมีสรรพคุณแก้ครั่นเนื้อครั่นตัว แก้ปวดเมื่อยสำหรับดอก แก้ไข้ใน ช่วยกระจายเลือดที่เป็นลิ่มเป็นก้อน ทำลายเลือดเสีย ขับระดู ส่วนต้นแก้อุจจาระพิการ แก้ธาตุพิการ เหง้า แก้ท้องอืด ท้องขึ้น ขับลม แก้โรคบิด แก้หืด ตำพอกแก้ฟกช้ำและดูดพิษแผลอักเสบได้ดี สกัดผสมทำยาหม่องแก้อาการเคล็ด ขัดยอก รักษาอาการไตอักเสบเรื้อรัง เป็นยาชาเฉพาะที่ จึงช่วยลดอาการปวด จากการศึกษาน้ำมันไพลทางด้านลดการอักเสบ พบว่าเฉพาะน้ำมันสกัดดิบเท่านั้นที่ให้ผลดี (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542)



รูปที่ 1 การเกิดโพรงอากาศอคูสติกในตัวกลางเนื่องจากคลื่นอัลตราซาวด์

ที่มา: Bui et al. (2018)

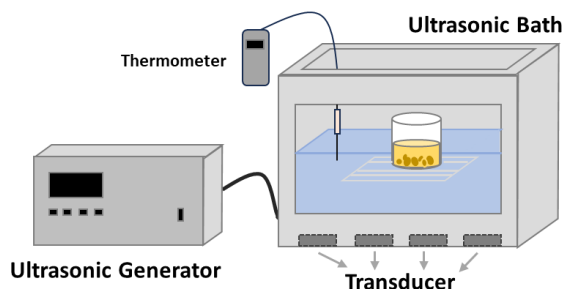
น้ำมันโพลีเทรียมได้จากวิธีการกลั่นและการทอด น้ำมันโพลีที่ได้จากการกลั่นเป็นน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเป็นของเหลวที่ไม่มีขั้ว (hydrophobic) ระเหยได้ น้ำมันโพลีที่ได้จากการทอดด้วยน้ำมันพืช เป็นวิธีของคนไทยโบราณที่ใช้เตรียมน้ำมันโพลีเพื่อใช้ในครัวเรือนเป็นน้ำมันถนอมอาหาร แก้วปกคลุมเนื้อ น้ำมันโพลีสูตรนี้เตรียมได้จากการนำโพลีสดมาทอดกับน้ำมันพืชชนิดอิมมัตว ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว หรือน้ำมันปาล์ม น้ำมันพืชที่ใช้ในการทอดเป็นน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีขั้วน้อย เป็นตัวทำละลายที่ดีในการสกัดสารที่มีขั้วน้อยด้วย ซึ่งในโพลีนอกจากประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยแล้วยังประกอบสารกลุ่ม arylbutanoids, curcuminoids, และ cyclohexene derivatives เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่กว่าสารในน้ำมันหอมระเหย และเป็นสารที่ไม่ระเหย (นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, 2555) วิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS) สามารถใช้ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโพลีได้ โดย Sukatta และคณะได้ทำการสกัดน้ำมันโพลีด้วยเฮกเซน จากผล GC-MS พบองค์ประกอบหลักทางเคมี ได้แก่ sabinene,  $\gamma$ -terpinene, terpinen-4-ol และ (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (Sukatta et al., 2009)

มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสกัดสมุนไพรหนึ่งในวิธีที่น่าสนใจคือ การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยในการสกัด (Ultrasound- assisted extraction) คลื่นอัลตราซาวด์ทำให้เกิดโพรงอากาศอคูสติก (Acoustic cavitation) ในของเหลวที่เป็นตัวทำละลาย เนื่องจากเมื่อมีการแพร่กระจายของคลื่นเสียงในตัวกลางของเหลว จะทำให้เกิดวงจรการสลับกันระหว่างแรงดันสูง (บีบอัด) และความดันต่ำ (คลายตัว) ที่สอดคล้องกับความถี่ของคลื่นเสียง ทำให้เกิดฟองสุญญากาศหรือช่องว่างขึ้นในช่วงความดันต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 1 และเมื่อโพรงอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้นไปเรื่อยๆจนกระทั่งไม่สามารถรับพลังงานได้อีกต่อไป โพรงอากาศก็จะแตกออกในรอบความดันสูง เกิดเป็นคลื่นกระแทก (Shock Wave) ซึ่งขณะที่โพรงอากาศระเบิดนั้น สามารถทำให้เกิดอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 5,000 เคลวิน (K) และความดันสูงถึง 2,000 atm ที่บริเวณนั้นได้ (Sala et al., 1995) ส่งผลให้เกิดกระบวนการ เช่น การลอกออกของพื้นผิว การกัดเซาะ และการแตกออกของอนุภาคหรือเซลล์ ทำให้เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการสกัด (Martins Strieder et al., 2019) มีการนำเทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์มาช่วยในการสกัดสมุนไพรหลายๆ ประเภท เช่น ชาหวาน (ชาสมุนไพรจีน) กระเจี๊ยบ เปลือกเมล็ดบัวบก ลำไยอบแห้ง

เปลือกหับหิม เมล็ดและใบมะไฟจีน เป็นต้น (Xie et al., 2012; Olawuyi et al., 2020; Liu et al., 2013; Zhong & Wang, 2010; Moorthy et al., 2015; พุทธิพันธ์ เกียรติธินันท์ และคณะ, 2562) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-แมสสเปกโตรเมตรีของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์ที่ทำการเตรียมจากการใช้ตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความถี่และเวลา

### วิธีดำเนินการวิจัย

เริ่มจากล้างทำความสะอาดไพลสดด้วยน้ำสะอาด หั่นไพลด้วยมีดจนได้ชิ้นบางและมีขนาดเล็ก นำไพลที่หั่นแล้วมาบั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบั่นเป็นเวลา 8 นาที จากนั้นนำไพลละเอียดใส่ลงในบีกเกอร์ (ขนาด 50 มิลลิลิตร) ปริมาณ 3.0 กรัม และเติมน้ำมันมะพร้าวลงในบีกเกอร์ที่มีไพลละเอียดอยู่ปริมาตร 10 ml วางลงบนตะแกรง จากนั้นนำไปวางในอ่างของเครื่องอัลตราโซนิก ดังแผนภาพในรูปที่ 2 ทำการสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์ตามเงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ ความถี่ อุณหภูมิ และเวลาดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 ระบบอัลตราโซนิกที่ใช้ในการสกัดน้ำมันไพล

ทำการศึกษาองค์ประกอบสารสกัดน้ำมันไพลที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่ต่อเข้ากับแมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS/MS, SHIMADZU/TQ8050) โดยใช้ electron impact mode (70 eV) มีสภาวะการทดลองคือ ใช้สารสกัดน้ำมันไพลที่เตรียมได้ประมาณ 50 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอลโดยมีปริมาณในแต่ละตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร แล้วฉีดเข้าเครื่อง GC 1 ไมโครลิตร โดยใช้ split mode ที่มีค่าอัตราส่วน ratio เท่ากับ 1:7 ใช้คอลัมน์ DB5 (60 เซนติเมตร × 0.25 มิลลิเมตร) มีแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพา (carrier gas) ด้วยอัตราการไหล

(flow rate) คงที่เท่ากับ 1.2 มิลลิลิตร นาที<sup>-1</sup> ใช้ค่าอุณหภูมิของ injector และ detector เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส สำหรับตู้อบ (oven) ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 1 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 80°C จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 120 องศาเซลเซียส แล้วช่วงสุดท้ายเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 220 องศาเซลเซียส ทำการหาและวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารสกัดน้ำมันไพลโดยเปรียบเทียบระหว่างแมสสเปกตรัมของสารแต่ละชนิดกับแมสสเปกตรัมมาตรฐานของจากข้อมูลของ Flavour and Fragrance Natural and Synthetic Compounds Library (FFNSC 3)

**ตารางที่ 1** สภาวะที่ใช้ในการสกัดน้ำมันไพล

| ตัวอย่าง | ความถี่<br>(kHz) | อุณหภูมิ<br>(°C) | เวลา<br>(min) |
|----------|------------------|------------------|---------------|
| S1       | 28               | 60               | 30            |
| S2       | 40               | 60               | 30            |
| S3       | 40               | Unheated         | 30            |
| S4       | 40               | 80               | 30            |
| S5       | 40               | 80               | 10            |

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การสกัดน้ำมันจากสมุนไพรด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ เช่น เวลาในการสกัด อุณหภูมิ พลังงานอัลตราซาวนด์ และประเภทของตัวทำละลาย ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการสกัดสารสำคัญของสมุนไพรที่มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน การศึกษาในครั้งนี้จึงศึกษาถึงปัจจัยดังกล่าวต่อการสกัดสารสำคัญของน้ำมันไพล (Thilakarathna et al., 2022) องค์ประกอบทางเคมีที่วัดได้จากเทคนิค GC-MS ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกด้วยเงื่อนไขต่างๆแสดงในตารางที่ 2 ค่าร้อยละพื้นที่สัมพัทธ์ซึ่งแสดงถึงปริมาณขององค์ประกอบของน้ำมันไพล ที่สอดคล้องกับค่าเวลาที่สารถูกชะออกจากคอลัมน์ (retention time) โดยเรียงลำดับตามเวลา การพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยโดยเปรียบเทียบสเปกตรัมกับสเปกตรัมมาตรฐาน

ในฐานข้อมูล FFNSC 3 จากผลการทดลอง น้ำมันไพลที่สกัดได้ด้วยเงื่อนไขตาม S1 ถึง S5 สามารถระบุองค์ประกอบทางเคมีได้ในจำนวน 28, 25, 22, 29 และ 24 ชนิดตามลำดับทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณสารที่สามารถสกัดได้มีปริมาณมากน้อยที่แตกต่างกัน ในตัวอย่างบางตัวอย่างปริมาณสารบางชนิดมีน้อยเกินกว่าจะตรวจจับได้จึงทำให้จำนวนองค์ประกอบที่ระบุได้มีความแตกต่างกัน พบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยไพลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1679-2562) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2563) ที่กำหนดคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยไพลครบทั้งห้าชนิดได้แก่  $\alpha$ -Pinene, Sabinene,  $\alpha$ -Terpinene,  $\gamma$ -Terpinene และ Terpinen-4-ol ในทุกเงื่อนไข ยกเว้น S3 (UH30m40kH) และ S5 (80C10m40kH) ที่ไม่พบ  $\alpha$ -Terpinene เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยโดยเปรียบเทียบสเปกตรัมกับสเปกตรัมมาตรฐานในฐานข้อมูล FFNSC 3 แล้วทำการเลือกเฉพาะองค์ประกอบที่มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกัน Similarity Index (SI) ตั้งแต่ 80 ขึ้นไปจะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงรายละเอียดของมวลโมเลกุล สูตรโมเลกุล ขององค์ประกอบเคมีแต่ละตัว และทำการลำดับพีคโดยเรียงตามลำดับเวลา ค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันเป็นค่าทางคณิตศาสตร์ในการเปรียบเทียบความเหมือนของสเปกตรัมของสารทดสอบเปรียบเทียบกับสเปกตรัมมาตรฐานในฐานข้อมูลดังสมการ (Wan et al., 2002)

$$SI = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{i - i_0}{i + i_0} \times 100 \right)^2}{N}}$$

โดยที่  $i$  เป็นความเข้มของสัญญาณจากการวัดในแต่ละพีค

$i_0$  เป็นความเข้มของสารมาตรฐานที่ใช้เทียบ

$N$  คือจำนวนพีคของสัญญาณขององค์ประกอบเคมี

ค่า SI จึงเป็นค่าที่แสดงความเชื่อมั่นว่าสเปกตรัมที่ได้จากสารทดสอบมีความเหมือนกับสเปกตรัมที่มีในฐานข้อมูลและสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลการทดลองในอดีตที่ผ่านมาได้ องค์ประกอบทางเคมีที่มีค่า SI ต่ำ (มีค่า SI น้อยกว่า 80%) อาจเป็น degradation products ของไพลหรือน้ำมันมะพร้าวที่ยังไม่ทราบโครงสร้างทางเคมีที่แน่ชัด หรือเป็น fragmented products ของสารที่ถูกทำให้แตกตัวในขั้นตอนระหว่างการทำ GC-MS (Bazsó et al., 2016)

## ตารางที่ 2 องค์ประกอบเคมีที่ตรวจพบจากการวัด GC-MS ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์ด้วยเงื่อนไขต่างๆ

| Compound                                 | Sample          |       |    |                 |       |    |                |       |    |                 |       |    |                 |       |    |
|------------------------------------------|-----------------|-------|----|-----------------|-------|----|----------------|-------|----|-----------------|-------|----|-----------------|-------|----|
|                                          | S1 (60c30m28kH) |       |    | S2 (60c30m40kH) |       |    | S3 (UH30m40kH) |       |    | S4 (80c30m40kH) |       |    | S5 (80c10m40kH) |       |    |
|                                          | RT              | %A    | SI | RT              | %A    | SI | RT             | %A    | SI | RT              | %A    | SI | RT              | %A    | SI |
| Acetoin                                  | 2.22            | 0.78  | 97 | 2.22            | 0.71  | 97 | -              | -     | -  | 2.22            | 0.43  | 95 | 2.22            | 0.25  | 92 |
| 2,3-Butanediol                           | -               | -     | -  | -               | -     | -  | -              | -     | -  | 2.95            | 0.18  | 81 | -               | -     | -  |
| 2-Heptanone                              | -               | -     | -  | -               | -     | -  | -              | -     | -  | -               | -     | -  | 5.22            | 0.53  | 89 |
| Cyclohexyl alcohol                       | 5.23            | 0.07  | 78 | -               | -     | -  | 5.23           | 0.12  | 81 | 5.23            | 0.16  | 79 | -               | -     | -  |
| $\alpha$ -Pinene                         | 6.91            | 0.53  | 92 | 6.92            | 0.43  | 92 | 6.92           | 0.70  | 90 | 6.92            | 0.53  | 91 | 6.92            | 0.65  | 92 |
| Sabinene                                 | 8.88            | 24.69 | 95 | 8.88            | 23.66 | 96 | 8.89           | 31.17 | 96 | 8.89            | 23.24 | 95 | 8.88            | 26.46 | 96 |
| $\beta$ -Pinene                          | 9.13            | 1.12  | 93 | 9.13            | 0.93  | 94 | 9.14           | 1.22  | 91 | 9.14            | 0.83  | 93 | 9.13            | 1.06  | 93 |
| $\beta$ -Pinene                          | 9.90            | 0.52  | 90 | 9.90            | 0.56  | 91 | 9.91           | 0.75  | 86 | 9.91            | 0.54  | 90 | 9.90            | 0.67  | 91 |
| $\alpha$ -Terpinene                      | 11.63           | 0.21  | 89 | 11.62           | 0.19  | 81 | -              | -     | -  | 11.63           | 0.15  | 83 | 11.62           | 0.18  | 75 |
| $\gamma$ -Terpinene                      | 14.76           | 0.65  | 89 | 14.78           | 0.57  | 89 | 14.78          | 0.63  | 86 | 14.78           | 0.56  | 89 | 14.77           | 0.63  | 88 |
| Terpinen-4-ol                            | 26.49           | 3.16  | 89 | 26.48           | 3.30  | 89 | 26.50          | 3.23  | 88 | 26.50           | 3.68  | 89 | 26.49           | 3.80  | 90 |
| $\delta$ -Octalactone                    | 34.56           | 1.00  | 94 | 34.55           | 1.18  | 94 | 34.57          | 1.63  | 92 | 34.57           | 1.40  | 94 | 34.56           | 1.47  | 92 |
| $\alpha$ -Terpinyl acetate               | -               | -     | -  | -               | -     | -  | -              | -     | -  | 38.65           | 0.12  | 83 | 38.64           | 0.25  | 86 |
| ethyl-Decanoate                          | 41.41           | 0.10  | 82 | -               | -     | -  | -              | -     | -  | 41.42           | 0.11  | 74 | 41.42           | 0.46  | 92 |
| $\delta$ -Decalactone                    | 45.18           | 1.77  | 95 | 45.19           | 1.84  | 93 | 45.19          | 2.83  | 94 | 45.19           | 1.88  | 94 | 45.19           | 2.30  | 94 |
| $\alpha$ -Funebrene                      | 45.40           | 0.14  | 74 | -               | -     | -  | -              | -     | -  | -               | -     | -  | -               | -     | -  |
| Sesquisabinene                           | 46.43           | 0.38  | 92 | 46.43           | 0.39  | 90 | -              | -     | -  | 46.44           | 0.32  | 89 | 46.43           | 0.36  | 86 |
| (Z)-methyl-Isoeugenol                    | 47.13           | 0.19  | 75 | 47.14           | 0.22  | 74 | -              | -     | -  | 47.14           | 0.18  | 75 | 47.14           | 0.16  | 71 |
| n-Dodecanoic acid                        | 47.84           | 0.42  | 91 | 47.83           | 0.37  | 89 | 47.85          | 1.60  | 92 | 47.85           | 0.80  | 92 | 47.84           | 0.16  | 70 |
| 2,3,3-Trimethyl-1-indanone               | 47.94           | 0.50  | 70 | 47.94           | 0.45  | 69 | 47.96          | 0.41  | 66 | 47.94           | 0.64  | 69 | 47.94           | 0.71  | 70 |
| trans-Dorenox                            | 48.38           | 0.34  | 62 | 48.38           | 0.29  | 63 | 48.39          | 0.16  | 53 | 48.39           | 0.29  | 65 | 48.38           | 0.27  | 61 |
| Myristicin                               | 48.79           | 0.75  | 65 | 48.79           | 0.74  | 68 | 48.79          | 0.65  | 65 | 48.79           | 0.81  | 66 | 48.79           | 0.80  | 67 |
| ethyl-Dodecanoate                        | 48.97           | 0.50  | 92 | 48.98           | 0.63  | 92 | 48.98          | 0.92  | 93 | 48.98           | 0.67  | 93 | 48.98           | 0.85  | 92 |
| 2,3,3-Trimethyl-1-indanone               | 49.97           | 32.18 | 70 | 49.97           | 32.68 | 70 | 49.97          | 27.92 | 70 | 49.98           | 32.43 | 70 | 49.98           | 30.72 | 70 |
| $\delta$ -Dodecalactone                  | 52.26           | 0.74  | 93 | 52.26           | 0.72  | 92 | 52.27          | 1.38  | 92 | 52.27           | 0.77  | 92 | 52.27           | 0.87  | 91 |
| 4'-tert-Butyl-2',6'-dimethylacetophenone | 52.94           | 0.67  | 59 | 52.93           | 0.63  | 59 | 52.94          | 0.52  | 62 | 52.94           | 0.81  | 58 | 52.94           | 0.95  | 63 |
| n-Tetradecanoic acid                     | 53.86           | 0.83  | 64 | 53.86           | 0.86  | 66 | 53.88          | 1.56  | 71 | 53.87           | 1.07  | 57 | 53.87           | 0.87  | 55 |
| 4'-tert-Butyl-2',6'-dimethylacetophenone | 55.23           | 17.36 | 64 | 55.23           | 18.28 | 64 | 55.24          | 14.62 | 65 | 55.24           | 18.07 | 65 | -               | -     | -  |
| Methyl thujate                           | 56.69           | 2.01  | 58 | 56.69           | 2.35  | 58 | 56.70          | 1.52  | 56 | 56.70           | 2.41  | 64 | -               | -     | -  |
| $\delta$ -Tetradecalactone               | 58.08           | 0.29  | 85 | 58.09           | 0.29  | 86 | 58.09          | 0.47  | 86 | 58.08           | 0.24  | 86 | -               | -     | -  |
| Verdoracine                              | 59.80           | 8.11  | 64 | 59.80           | 7.72  | 64 | 59.81          | 5.98  | 65 | 59.81           | 6.68  | 65 | -               | -     | -  |

หมายเหตุ: RT = Retention time, %A = % area and SI = Similarity index

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3 มาแสดงในรูปแบบกราฟ ได้ผลดังรูปที่ 3 จากกราฟจะเห็นได้ว่ามีสาร Sabinene ปริมาณมากที่สุดในทุกเงื่อนไขคือมีร้อยละของพื้นที่ในตัวอย่างที่ 1 ถึง 5 ได้แก่ 24.69, 23.66, 31.17, 23.24 และ 26.46 ตามลำดับ ปริมาณองค์ประกอบเคมีรองลงมาที่พบคือ Terpinen-4-ol มีค่าร้อยละพื้นที่อยู่ในช่วง 3.16–3.80 ลำดับต่อมาพบปริมาณของ  $\alpha$ -Pinene,  $\gamma$ -Terpinene ใกล้เคียงกันในช่วงปริมาณร้อยละของพื้นที่

0.43–0.70 และพบปริมาณ  $\alpha$ -Terpinene น้อยที่สุดในกลุ่มองค์ประกอบเคมีที่สำคัญตามมาตรฐานน้ำมันโพล และสาร  $\delta$ -Octalactone,  $\delta$ -Decalactone,  $\delta$ -Dodecalactone,  $\delta$ -Tetradecalactone ที่พบนั้นเป็นองค์ประกอบเคมีของสารหอมระเหยที่พบได้จากน้ำมันมะพร้าว (Dimzon et al., 2021)

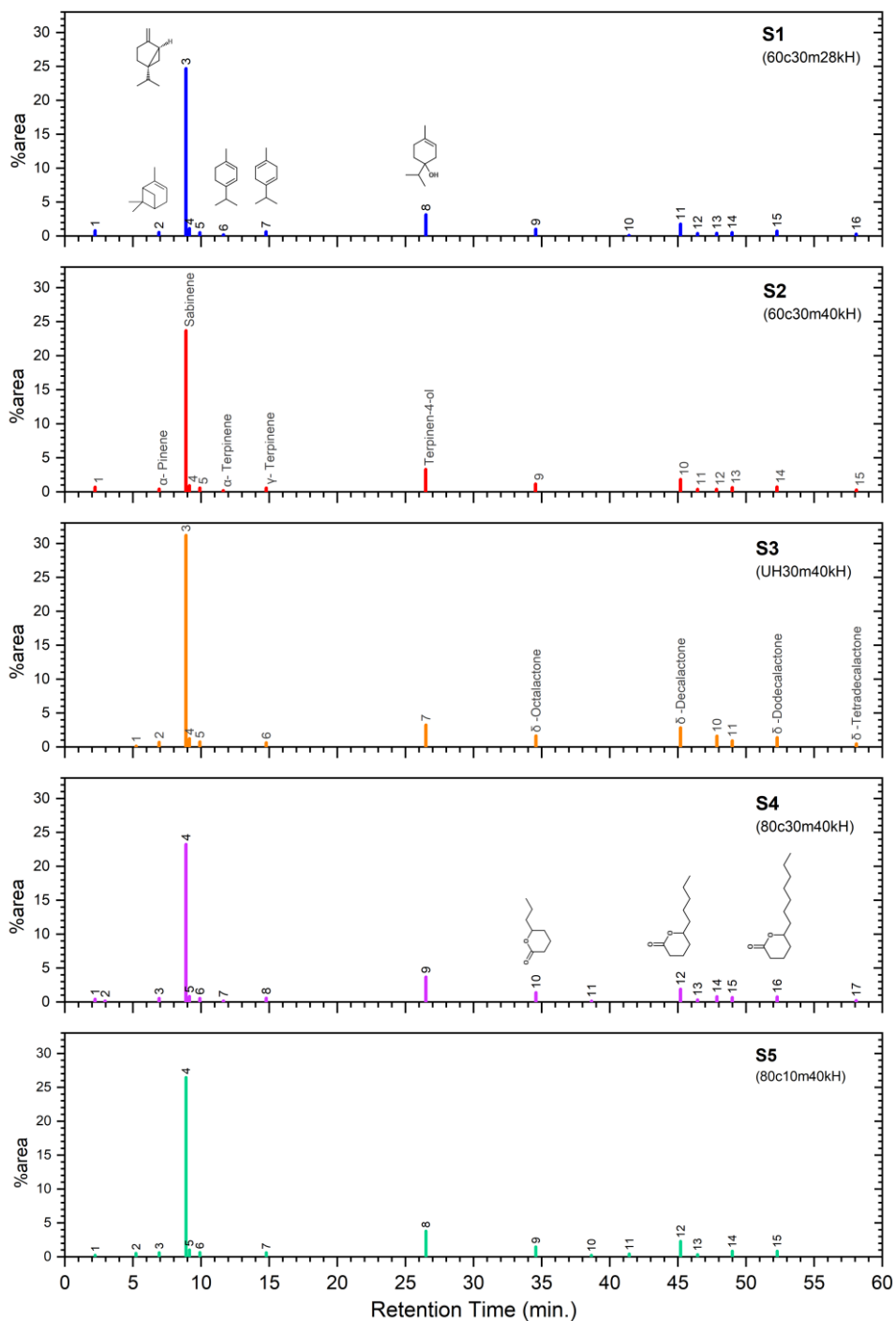
**ตารางที่ 3** องค์ประกอบเคมีจากผลการวัด GC-MS ของน้ำมันโพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์ด้วยเงื่อนไขต่างๆ เลือกเฉพาะองค์ประกอบที่มีค่า SI ตั้งแต่ 80 ขึ้นไป

| Compound                   | Samples         |       |       |                 |       |       |                |       |       |                 |       |       |                 |       |       |
|----------------------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
|                            | S1 (60c30m28kH) |       |       | S2 (60c30m40kH) |       |       | S3 (UH30m40kH) |       |       | S4 (80c30m40kH) |       |       | S5 (80c10m40kH) |       |       |
|                            | Peak No.        | RT    | %A    | Peak No.        | RT    | %A    | Peak No.       | RT    | %A    | Peak No.        | RT    | %A    | Peak No.        | RT    | %A    |
| Acetoin                    | 1               | 2.22  | 0.78  | 1               | 2.22  | 0.71  | -              | -     | -     | 1               | 2.22  | 0.43  | 1               | 2.22  | 0.25  |
| 2,3-Butanediol             | -               | -     | -     | -               | -     | -     | -              | -     | -     | 2               | 2.95  | 0.18  | -               | -     | -     |
| 2-Heptanone                | -               | -     | -     | -               | -     | -     | -              | -     | -     | -               | -     | -     | 2               | 5.22  | 0.53  |
| Cyclohexyl alcohol         | -               | -     | -     | -               | -     | -     | 1              | 5.23  | 0.12  | -               | -     | -     | -               | -     | -     |
| $\alpha$ - Pinene          | 2               | 6.91  | 0.53  | 2               | 6.92  | 0.43  | 2              | 6.92  | 0.70  | 3               | 6.92  | 0.53  | 3               | 6.92  | 0.65  |
| Sabinene                   | 3               | 8.88  | 24.69 | 3               | 8.88  | 23.66 | 3              | 8.89  | 31.17 | 4               | 8.89  | 23.24 | 4               | 8.88  | 26.46 |
| $\beta$ - Pinene           | 4               | 9.13  | 1.12  | 4               | 9.13  | 0.93  | 4              | 9.14  | 1.22  | 5               | 9.14  | 0.83  | 5               | 9.13  | 1.06  |
| $\beta$ - Pinene           | 5               | 9.90  | 0.52  | 5               | 9.90  | 0.56  | 5              | 9.91  | 0.75  | 6               | 9.91  | 0.54  | 6               | 9.90  | 0.67  |
| $\alpha$ -Terpinene        | 6               | 11.63 | 0.21  | 6               | 11.62 | 0.19  | -              | -     | -     | 7               | 11.63 | 0.15  | -               | -     | -     |
| $\gamma$ -Terpinene        | 7               | 14.76 | 0.65  | 7               | 14.78 | 0.57  | 6              | 14.78 | 0.63  | 8               | 14.78 | 0.56  | 7               | 14.77 | 0.63  |
| Terpinen-4-ol              | 8               | 26.49 | 3.16  | 8               | 26.48 | 3.30  | 7              | 26.50 | 3.23  | 9               | 26.50 | 3.68  | 8               | 26.49 | 3.80  |
| $\delta$ -Octalactone      | 9               | 34.56 | 1.00  | 9               | 34.55 | 1.18  | 8              | 34.57 | 1.63  | 10              | 34.57 | 1.40  | 9               | 34.56 | 1.47  |
| $\alpha$ -Terpinyl acetate | -               | -     | -     | -               | -     | -     | -              | -     | -     | 11              | 38.65 | 0.12  | 10              | 38.64 | 0.25  |
| ethyl -Decanoate           | 10              | 41.41 | 0.10  | -               | -     | -     | -              | -     | -     | -               | -     | -     | 11              | 41.42 | 0.46  |
| $\delta$ -Decalactone      | 11              | 45.18 | 1.77  | 10              | 45.19 | 1.84  | 9              | 45.19 | 2.83  | 12              | 45.19 | 1.88  | 12              | 45.19 | 2.30  |
| Sesquibabinene             | 12              | 46.43 | 0.38  | 11              | 46.43 | 0.39  | -              | -     | -     | 13              | 46.44 | 0.32  | 13              | 46.43 | 0.36  |
| n -Dodecanoic acid         | 13              | 47.84 | 0.42  | 12              | 47.83 | 0.37  | 10             | 47.85 | 1.60  | 14              | 47.85 | 0.80  | -               | -     | -     |
| ethyl -Dodecanoate         | 14              | 48.97 | 0.50  | 13              | 48.98 | 0.63  | 11             | 48.98 | 0.92  | 15              | 48.98 | 0.67  | 14              | 48.98 | 0.85  |
| $\delta$ -Dodecalactone    | 15              | 52.26 | 0.74  | 14              | 52.26 | 0.72  | 12             | 52.27 | 1.38  | 16              | 52.27 | 0.77  | 15              | 52.27 | 0.87  |
| $\delta$ -Tetradecalactone | 16              | 58.08 | 0.29  | 15              | 58.09 | 0.29  | 13             | 58.09 | 0.47  | 17              | 58.08 | 0.24  | -               | -     | -     |

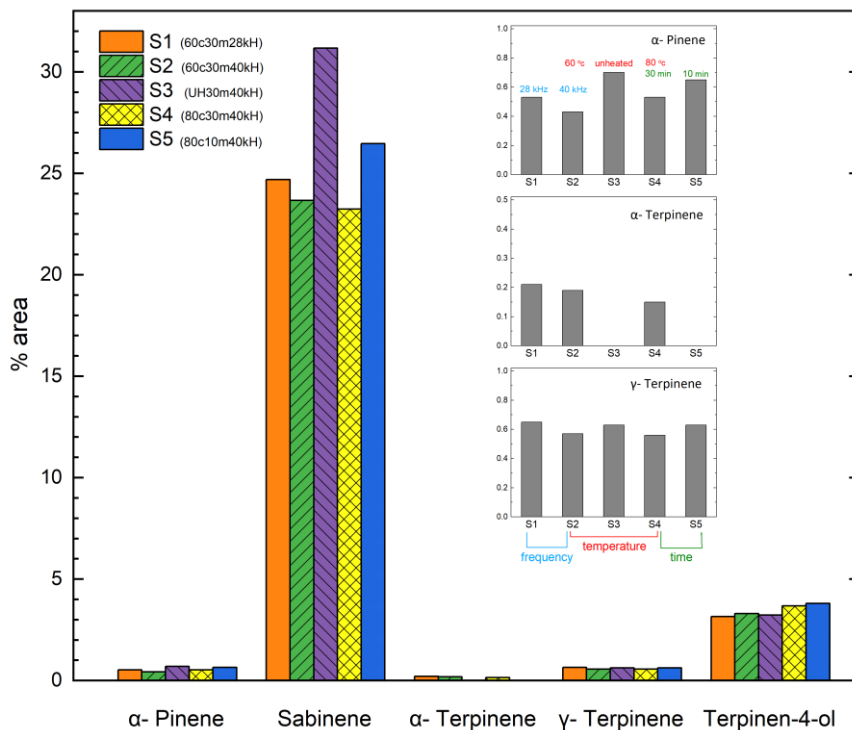
หมายเหตุ: RT = Retention time, %A = % area

รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงร้อยละของพื้นที่ขององค์ประกอบเคมีจากการวัด GC-MS ของตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบเคมีที่สำคัญ และขยายสเกลแสดงแผนภูมิเปรียบเทียบปัจจัยความถี่ (S1 กับ S2) ปัจจัยอุณหภูมิ (S2, S3 และ S4) และระยะเวลาการสกัด (S4 และ S5) ในองค์ประกอบเคมี  $\alpha$ -Pinene,  $\gamma$ -Terpinene และ Terpinen-4-ol เมื่อเพิ่มความถี่เพิ่มขึ้นจาก 28 เป็น 40 Hz ปริมาณสารที่สกัดได้มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง

และไม่มีสารไหนหายไป ยกเว้น ethyl decanoate ซึ่งน่าจะเป็นสารจากน้ำมันมะพร้าว (Dimzon et al., 2021) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 60 (S2) กับ อุณหภูมิห้อง (S3) ปริมาณสารที่สกัดได้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงทั้งชนิดของสารและปริมาณของสาร พบว่าที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มที่มีปริมาณสารสำคัญของโพลสูงกว่ แต่พบว่า  $\alpha$ -terpinene หายไป อาจด้วยเนื่องจากอุณหภูมิเป็นส่วนช่วยในการสกัด  $\alpha$ -terpinene สอดคล้องกับงานวิจัยของ Öztürk และคณะ (Öztürk et al., 2009) ที่รายงานผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการสกัด  $\alpha$ -terpinene แต่สารอื่นๆไม่จำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 60 (S3) กับ อุณหภูมิ 80 (S5) ปริมาณสารที่สกัดได้มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง และไม่มีสารไหนหายไป อาจอนุมานได้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เพิ่มความสามารถในการสกัดสารออกจากโพล แต่อุณหภูมิมีผลต่อการสกัด  $\alpha$ -terpinene (ในกรณี S3-S2) ผลของอุณหภูมิ ต่อปริมาณขององค์ประกอบของสมุนไพรยังคงมีข้อถกเถียงกันเนื่องจากบางการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารสำคัญบางตัวน้อยลง (Mohammadpour et al., 2019) เนื่องจาก ความดันไอที่สูงขึ้นจากการเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้แรงดึงดูดของสมุนไพร และตัวทำละลายที่ลดลง ทำให้ฟองอากาศที่เกิดจากกระบวนการอัลตราโซนิก มีแรงดัน ระเบิดที่น้อยลงเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่อุณหภูมิน้อยกว่า ทำให้มีแรงดันไม่เพียงพอในการนำ สารสำคัญบางชนิดเช่น  $\alpha$ -terpinene ออกจาก oil cells หรือ oil droplets ที่อยู่เนื้อเยื่อ parenchymal cells ของเหง้าของโพล (Thilakarathna et al., 2022) ผลการเปรียบเทียบ S4-S5 พบว่า เมื่อลดเวลาจาก 30 นาที เป็น 10 นาที ปริมาณสารที่สกัดได้มีแนวโน้ม เปลี่ยนแปลงทั้งชนิดของสารและปริมาณของสาร พบว่าเมื่อลดเวลาลงมีแนวโน้มที่มีปริมาณ สารสำคัญของโพลสูงกว่ แต่พบว่า  $\alpha$ -terpinene หายไป อาจเพราะว่าเมื่อใช้เวลาน้อย อาจไม่เพียงพอต่อการสกัด  $\alpha$ -terpinene ออกมาแม้อุณหภูมิจะสูงก็ตาม S4-S5 เพราะการใช้ คลื่นอัลตราโซนิกในการสกัดนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆอย่างช้าๆ นอกจากนั้นพบสาร  $\alpha$ -terpinyl acetate ทั้ง S5 และ S4 ทั้งที่ S1-S3 กลับไม่พบ หมายความว่าอุณหภูมิสูง 80 องศาเซลเซียส จะนำไปสู่การสร้างสารใหม่ที่เกิดปฏิกิริยาเติมหมู่ acetyl ให้แก่  $\alpha$ -terpene ก็ได้ ในภาพรวมนั้นเราพบว่า S3 ได้สารสำคัญตามมาตรฐานน้ำมันโพลมากที่สุด แต่ไม่ได้  $\alpha$ -terpinene เพราะต้องใช้ความร้อนในการช่วยสกัดสารนี้ออก



รูปที่ 3 ร้อยละของพื้นที่ขององค์ประกอบเคมีจากการวัด GC-MS ของตัวอย่าง



รูปที่ 4 ร้อยละของพื้นที่ขององค์ประกอบเคมีจากการวัด GC-MS ของตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบเคมีที่สำคัญ

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส-แมสสเปกโตรเมตรี ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์จากการใช้ตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความถี่และเวลา จากการศึกษาพบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยไพลตามมาตรฐาน มอก. ได้แก่  $\alpha$ -Pinene, Sabinene,  $\alpha$ -Terpinene,  $\gamma$ -Terpinene และ Terpinen-4-ol ผลจากการศึกษาปัจจัยความถี่พบว่าปริมาณสารสำคัญที่สกัดได้มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง การสกัดแบบไม่ให้ความร้อนมีแนวโน้มที่มีปริมาณสารสำคัญของไพลสูงกว่า แต่พบว่า  $\alpha$ -terpinene หายไป และเมื่อลดเวลาลงมีแนวโน้มที่มีปริมาณสารสำคัญของไพลสูงกว่า จากการทดลองเงื่อนไขการสกัดพบว่าปริมาณสารที่สกัดได้มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงจากการเปลี่ยนความถี่สำหรับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เพิ่มความสามารถ

ในการสกัดสารออกจากไพล นอกจากนี้ที่เงื่อนไขการสกัดที่ความถี่ 40 kHz เป็นเวลา 30 นาที แบบไม่ให้ความร้อนพบว่าได้สารสำคัญในปริมาณมากที่สุด แต่ไม่พบสาร  $\alpha$ -terpinene เนื่องจากต้องใช้ความร้อนการช่วยสกัดสารนี้ออกมา

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทำวิจัยจากบริษัท เอ็ม เอ็น ดี อินดัสตรีย์ (ประเทศไทย) จำกัด

### เอกสารอ้างอิง

- นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. (2555). บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน: น้ำมันไพลทอดต่าง จากน้ำมันไพลกลั่นอย่างไร?. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2565, จาก <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/109>.
- เพ็ญภา ททรัพย์เจริญ. (2549). สวนสมุนไพรในมทรรมพืชสวนโลก 2549. กรุงเทพมหานคร: บริษัทสามเจริญพาณิชย์.
- สถาบันการแพทย์แผนไทย. (2542). *เภสัชกรรมแผนไทย*. องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ. 224 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563). *น้ำมันหอมระเหยไพล, มอก. 1679-2562*. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 22ง.
- หุจิภรณ์ เกียรติชนนนท์, ญัญฐา เลหากุลจิตต์, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐพล โชแสงศร. (2562). การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากมะไฟจีนด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลาย และคลื่นเสียงความถี่สูง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 50(พิเศษ 2), 257-260.
- Bazsó, F. L., Ozohanics, O., Schlosser, G., Ludányi, K., Vékey, K., & Drahos, L. (2016). Quantitative Comparison of Tandem Mass Spectra Obtained on Various Instruments. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 27(8), 1357–1365.

- Bui, T. Q., Ngo, H. T. M., & Tran, H. T. (2018). Surface-protective assistance of ultrasound in synthesis of superparamagnetic magnetite nanoparticles and in preparation of mono-core magnetite-silica nanocomposites. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 3(3), 323–330.
- Chienthavorn, O., Poonsukcharoen, T., & Pathrakorn, T. (2011). Pressurized liquid and superheated water extraction of active constituents from *Zingiber cassumunar* Roxb. Rhizome. *Separation Science and Technology*, 46(4), 616–624.
- Dimzon, I. K. D., Tantengco, G. B., Oquendo, N. A., & Dayrit, F. M. (2021). Profile of volatile organic compounds (vocs) from cold-processed and heat-treated virgin coconut oil (VCO) samples. *Proceedings*, 70(1), 85.
- Jeenapongsa, R., Yoovathaworn, K., Sriwatanakul, K. M., Pongprayoon, U., & Sriwatanakul, K. (2003). Anti-inflammatory activity of (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene from *Zingiber cassumunar* Roxb. *Journal of Ethnopharmacology*, 87(2–3), 143–148.
- Liu, Y., Wei, S., & Liao, M. (2013). Optimization of ultrasonic extraction of phenolic compounds from *Euryale ferox* seed shells using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 49, 837–843.
- Martins, S. M., Keven, S. E., & Angela A. Meireles, M. (2019). Specific energy: A new approach to ultrasound-assisted extraction of natural colorants. *Food and Public Health*, 9(2), 45–52.
- Mohammadpour, H., Sadrameli, S. M., Eslami, F., & Asoodeh, A. (2019). Optimization of ultrasound-assisted extraction of *Moringa peregrina* oil with response surface methodology and comparison with Soxhlet method. *Industrial Crops and Products*, 131, 106–116.

- Moorthy, I. G., Maran, J. P., Surya, S. M., Naganyashree, S., & Shivamathi, C. (2015). Response surface optimization of ultrasound assisted extraction of pectin from pomegranate peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 1323–1328.
- Olawuyi, I. F., Kim, S. R., Hahn, D., & Lee, W. Y. (2020). Influences of combined enzyme-ultrasonic extraction on the physicochemical characteristics and properties of okra polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 100, 105396.
- Öztürk, M., Tel, G., Duru, M. E., Harmandar, M., & Topçu, G. (2009). The Effect of Temperature on the Essential Oil Components of *Salvia potentillifolia* Obtained by Various Methods. *Natural Product Communications*, 4(7), 1934578X0900400.
- Sala, F.J., Burgos, J., Condón, S., Lopez, P., & Raso, J. (1995). *Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes*. In: Gould, G.W. (eds) *New Methods of Food Preservation*. Springer, Boston, MA.
- Sukatta, U., Rugthaworn, P., Punjee, P., & Keeratinijakal, V. (2009). Chemical Composition and Physical Properties of Oil from Plai (*Zingiber cassumunar* Roxb.) Obtained by Hydro Distillation and Hexane Extraction. *Agriculture and Natural Resources* 43(5), 212–217.
- Thilakarathna, R. C. N., Siow, L. F., Tang, T. K., & Lee, Y. Y. (2022). A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. *Journal of Food Science and Technology*, 60(4), 1222–1236.
- Wan, K. X., Vidavsky, I., & Gross, M. L. (2002). Comparing similar spectra: From similarity index to spectral contrast angle. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 13(1), 85–88.

- Xie, J. H., Shen, M. Y., Xie, M. Y., Nie, S. P., Chen, Y., Li, C., & Wang, Y. X. (2012). Ultrasonic-assisted extraction, antimicrobial and antioxidant activities of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 89(1), 177–184.
- Zhong, K., & Wang, Q. (2010). Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from dried longan pulp using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 80(1), 19–25.