

Received: March 18, 2022; Revised: March 30, 2022; Accepted: April 8, 2022

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดสดและแห้ง จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่น ขนาด 30 ลิตร

Comparison volume of essential oils of fresh and dried kaffir lime leaves from the distillation of essential oils with a 30 liter distiller

นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์^{1*} ทนงศักดิ์ มายอด¹ ปองพล หนูพันธ์¹ ณรงค์ หุชัยภูมิ¹ มงคล มีแสง¹
และสุรเชษฐ์ สีชำนาญ¹

Namphon Pipatpaiboon^{1*}, Thanongsak Mayod¹, Pongphol Nuphan¹,
Narong Huchaiyaphum¹, Mongkol Meesang¹ and Surachet Srichamnan¹

¹คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร

*Corresponding Author E-mail Address : Namphon.ph@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการทดลองเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากใบมะกรูดสดและแห้ง โดยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องกลั่น 30 ลิตร โดยใช้วัตถุดิบใบมะกรูดจากพื้นที่ปลูก อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร ศึกษาศาสตร์โดยการเตรียมวัตถุดิบได้แก่ ใบมะกรูดสดเต็มใบ ใบมะกรูดสดฉีกและใบมะกรูดแห้ง มาทำการกลั่นน้ำมันหอมระเหยเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหย โดยทำการกลั่นใบมะกรูดสดเต็มใบและใบมะกรูดสดฉีกจำนวน 3 กิโลกรัม/รอบ และใบมะกรูดแห้งจำนวน 1 กิโลกรัม/รอบ โดยเครื่องกลั่นเติมน้ำ 10 ลิตร ต้มให้ความร้อนด้วยเตาแก๊ส เคปี่5 ทำการกลั่นต่อเนื่อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิไอน้ำขณะทำการกลั่น 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไอน้ำควบแน่น 10-15 องศาเซลเซียส ควบคุมไอน้ำตลอดระยะเวลาในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย ทำการทดลองซ้ำในแต่ละตัวอย่าง 3 การทดลอง รวมทั้งหมด 9 การทดลอง เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน และนำเสนอข้อมูลการทดลองในรูปแบบร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากใบมะกรูดสดเต็มใบจะได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันอยู่ที่ 28.16 มิลลิลิตร รองลงมาคือใบมะกรูดสดฉีกจะได้ปริมาณน้ำมันที่ใกล้เคียงกับใบมะกรูดสดเต็มใบ ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยอยู่ที่ 23.83 มิลลิลิตร และใบมะกรูดแห้งจะได้ปริมาณน้ำมันที่น้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันอยู่ที่ 5.46 มิลลิลิตร เมื่อพิจารณาร้อยละของน้ำมันหอมระเหยเพื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า ใบมะกรูดสดเต็มใบมีน้ำมันหอมระเหยคิดเป็น 2.56 % v_{oil}/w_{dry} และ 2.18 % w_{oil}/w_{dry} รองลงมาคือใบมะกรูดสดฉีก มีร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้คิดเป็น 2.20 % v_{oil}/w_{dry} และ 1.94 % w_{oil}/w_{dry} สุดท้ายใบมะกรูดแห้งได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุดคือ 0.49 % v_{oil}/w_{dry} และ 0.41 % w_{oil}/w_{dry} เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเมื่อนำใบมะกรูดสดเต็มใบมาฉีกและนำมา

กลั่นจะทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลงถึง 15.28% และเมื่อนำใบมะกรูดสดไปตากแห้งก่อนค่อยนำมาทำการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดแห้งลดลงสูงถึง 75.98%

คำสำคัญ: การกลั่น น้ำมันหอมระเหย ใบมะกรูด

Abstract

This research presents a comparative experiment on the quantity of essential oil distilled from fresh and dried kaffir lime leaves. The essential oil was distilled from a 30 liter distiller, using raw kaffir lime leaves from the planted area in Phang Khon District, Sakon Nakhon Province. Methods of the study by preparing raw materials are: Fresh kaffir lime leaves, chopped fresh kaffir lime leaves and dried kaffir lime leaves make an essential oil distillation, compare the amount of essential oil. Distilled fresh kaffir lime leaves and chopped fresh kaffir lime leaves 3 kg/Batch and dried kaffir lime leaves 1 kg/Batch, inside the distiller add 10 liters of water, distillation time 2 hours, vapor temperature is 100 °C. Condensing water temperature 10-15 °C controlled throughout the essential oil distillation period. The experiment was repeated in each of the 3 trials for a total of 9 trials. To collect the amount of essential oil extracted from different raw materials and present the experimental data in the form. Percentage of essential oils distilled from different raw materials. From the experimental results, it was found that the amount of essential oil distilled from fresh kaffir lime leaves had an average oil volume of 28.16 ml, followed by chopped fresh kaffir lime leaves had the average oil volume is 23.83 ml. and dried kaffir lime leaves will have the least amount average oil content is 5.46 ml. When considering the percentage of essential oils. From the experimental found that fresh kaffir lime leaves 2.56 % v_{oil}/w_{dry} and 2.18 % w_{oil}/w_{dry} , chopped kaffir lime leaves with percentage of distilled kaffir lime leaves 2.20 % v_{oil}/w_{dry} and 1.94 % w_{oil}/w_{dry} . Finally, dried kaffir lime leaves. The least amount of essential oil was 0.49 % v_{oil}/w_{dry} and 0.41 % w_{oil}/w_{dry} . When considered, it was found that fresh kaffir lime leaves were chopped and distilled, the amount of essential oil was decreased by 15.28%. And when fresh kaffir lime leaves were dried before being used for essential oil distillation, it was found that the essential oil from dried kaffir lime leaves was decreased by 75.98%.

Keywords: Distillation, Essential oil, Kaffir lime leaves

บทนำ

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากพืชต่าง ๆ และสามารถสกัดแยกได้หลายวิธี เช่น การกลั่น การบีบ การสกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ เพื่อเอาน้ำมันออกมาใช้ประโยชน์ น้ำมันที่ได้จะมีกลิ่นหอมและมีคุณสมบัติตรงตามพืชที่นำมาสกัดและสามารถนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มากมายหลากหลายในปัจจุบัน และการกลั่นน้ำมันหอมระเหยเพื่อการต่อยอดสู่สินค้าต่างๆในปัจจุบันก็กำลังได้รับความนิยมจากผู้ประกอบการรุ่นใหม่ ที่ใส่ใจคุณภาพสินค้าที่ต้องอาศัยคุณภาพและความโดดเด่นของสินค้ามากยิ่งขึ้นในการทำการตลาดและชูจุดขาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าที่มีส่วนผสมของสมุนไพรไทย หรือกลิ่นจาก

สมุนไพรไทย โดยการผลิตสินค้าแบบเดิมที่อาศัยการใช้กลิ่นจากน้ำมันหอมระเหยสังเคราะห์ (Synthetic essential oil) นั้นจะได้เพียงแค่กลิ่นหอมเพียงอย่างเดียวแต่คุณสมบัติทางยาหรือคุณสมบัติในการบำรุงรักษานั้นไม่มี ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยแท้ (Pure essential oil) จึงตอบโจทย์ของผู้ประกอบการทั้งด้านกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์และคุณสมบัติตรงตามสมุนไพรนั้น ๆ ทำให้น้ำมันหอมระเหยแท้เป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ซึ่งน้ำมันหอมระเหยแท้ก็ถูกเรียกสั้น ๆ ว่า EO100 จัดเป็นน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดแยกจากสมุนไพรต่าง ๆ โดยตรง ตอบโจทย์ความต้องการได้ในทุกมิติ ไม่ว่าจะเป็นกลิ่นที่ชัดเจนเข้มข้น คุณสมบัติตรงตามต้องการ ความเป็นเอกลักษณ์ของสินค้า มีสตอรี่ของผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่น ดังนั้นการนำเสนอข้อมูลวิชาการในด้านการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยจึงมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจและการต่อยอดขยายผลต่อไปในอนาคต งานวิจัยในอดีตมีการนำเสนอการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไว้เป็นแนวทางจำนวนมาก เช่น การนำเสนอปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากพืชสมุนไพรไทย 10 ชนิด (พงษ์ศักดิ์, 2555) การนำเสนอรูปแบบการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดด้วยเทคนิคการกลั่นซ้ำ ซึ่งสามารรถหยุดพักการกลั่นต่อเนื่องแบบเดิมแล้วหยุดทำการกลั่นทั้งข้ามคืนไว้ก่อนจะทำการกลั่นซ้ำในวันต่อมาและสามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้เพิ่มขึ้นถึง 29.13% (นำพน และคณะ, 2563) และยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาต้นทุนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากวัตถุดิบต่าง ๆ ไว้เพื่ออ้างอิงการซื้อขายไว้อย่างน่าสนใจ เช่น ต้นทุนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลงที่มีต้นทุนสูงถึง 147,92.43 บาท/ลิตร ซึ่งว่านสาวหลงเป็นว่านที่มีกลิ่นหอมและพบในทุกพื้นที่ของประเทศไทยสามารถนำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยและมีมูลค่าสูง (นำพน และคณะ, 2564) การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์สุขภาพจากน้ำมันหอมระเหยพืชตระกูลส้ม จากกลุ่มตัวอย่าง 1,464 คน พบว่าร้อยละ 54.8 จากกลุ่มตัวอย่างใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนประกอบเช่น แชมพู สบู่ ยาสระผม ต่าง ๆ (กัญจนญาดา และพัชรี, 2549) หรืองานวิจัยจากต่างประเทศที่นำเสนอการศึกษาวิจัยเรื่องการใช้พลังงานในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย ยกตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ในการให้ความร้อนกับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยใน (Arslan et al., 2017; Hsing and Ya, 2017) และยังมีการประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟในการกระตุ้นการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากวัตถุดิบโดยทดลองในห้องทดลองและพบว่าคลื่นไมโครเวฟสามารถช่วยในการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยได้ (Kusuma and Mahfud, 2018) ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดพบว่ามีการศึกษาและรวบรวมไว้เช่นกัน เช่นระยะเวลาในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดที่มีผลต่อร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ช่วงเวลาในการกลั่น 3 ชั่วโมง จะได้ร้อยละของน้ำมันหอมระเหยสูงที่สุดคือ 1.75% และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะลดลง (Mazlin et al., 2021) ซึ่งจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ยกตัวอย่างได้นำเสนอมุมมองที่ต่างกันไปและเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอย่างมาก ที่สนใจจะนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้งานอย่างจริงจังหรือแม้กระทั่งลงทุนผลิตน้ำมันหอมระเหยเพื่อจำหน่ายใช้เอง ในส่วนงานวิจัยนี้จะนำเสนอการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่น Top note และสามารถใช้ในการผสมน้ำหอม หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลากหลาย โดยจะนำวัตถุดิบคือใบมะกรูดสดมาเตรียมเป็นวัตถุดิบในการกลั่น แบ่งเป็นใบมะกรูดสดเต็มใบ ใบมะกรูดสดฉีก และใบมะกรูดตากแห้ง นำมากลั่นแล้วเก็บข้อมูลวิเคราะห์เพื่อนำเสนอ ผลการทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมวัตถุดิบสำหรับกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดเชิงพาณิชย์หรือในระดับอุตสาหกรรมต่อไปเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมวัสดุในการทดลอง

การทดลองนี้ใช้วัตถุดิบในการทดลอง ได้แก่ ใบมะกรูด จากพื้นที่ปลูกจังหวัดสกลนคร นำมาเตรียมในสาม 3 รูปแบบ คือ ใบมะกรูดสดเต็มใบ ใบมะกรูดสดฉีก และใบมะกรูดตากแห้ง เป็นวัตถุดิบในการทดลองเปรียบเทียบ โดยจำนวนวัตถุดิบที่ใช้แต่ละ

ชนิด ในแต่ละรอบการทดลองคือ วัตถุดิบสดใช้ จำนวน 3 กิโลกรัม วัตถุดิบแห้งใช้ 1 กิโลกรัม ทำการกลั่นซ้ำการทดลองละ 3 ซ้ำ รวมการทดลองทั้งหมด 9 การทดลอง โดยลักษณะวัตถุดิบที่จัดเตรียมดังแสดงในรูปที่ 1.



ใบมะกรูดสดเต็มใบ



ใบมะกรูดฉีก

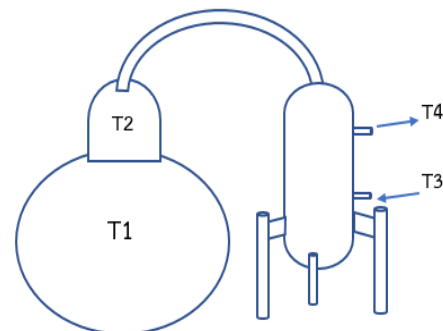


ใบมะกรูดแห้ง

รูปที่ 1 วัตถุดิบในการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

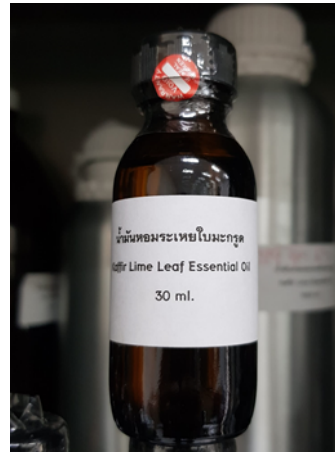
สำหรับอุปกรณ์ในการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยเพื่อทำการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาด 30 ลิตร แบบกลั่นด้วยน้ำ Water distillation หรือแบบต้ม ขนาดเครื่องกลั่น $\varnothing 390 \times 360 \times 1.5$ มิลลิเมตร ขนาดชุดควบแน่น $\varnothing 155 \times 390 \times 1.5$ มิลลิเมตร วัสดุทำจากสแตนเลส 304 หนา 1.5 มิลลิเมตร. ขนาดโดยในการกลั่นแต่ละครั้งจะเติมน้ำสะอาดสำหรับต้มน้ำสำหรับกลั่นจำนวน 10 ลิตร ทำการกลั่นต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิในการกลั่น 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสำหรับควบแน่น 10-15 องศาเซลเซียส โดยอาศัยชุดทำความเย็น ขนาด 680 วัตต์ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต ใช้สารทำความเย็น R134a เป็นสารทำงาน ปั๊มน้ำสำหรับหล่อเย็นขนาด 0.375 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ 55 เฮิร์ต อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น 40 ลิตร/นาที่ ใช้หัวแก๊ส KB5 ให้ความร้อน และใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงโดยควบคุมแรงดันป้อนแก๊ส 1.5 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตลอดการทดลอง ใช้ดัดาล็อกเกอร์ รุ่น BTM-4208SD ยี่ห้อ Lutron 12Ch Max.1300 องศาเซลเซียส ช่วงการวัดอุณหภูมิ -100 ถึง 1300 องศาเซลเซียส มีความแม่นยำ $\pm 0.4\% + 0.5$ องศาเซลเซียส เป็นเครื่องมือสำหรับวัดและบันทึกอุณหภูมิขณะทำการทดลอง โดยวัดอุณหภูมิการทดลองด้วยสายเทอร์โมคัปเปิล Type K ทั้งหมด 4 จุด โดยที่ตำแหน่ง T1 วัดอุณหภูมิความร้อนภายในเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย T2 วัดอุณหภูมิไอน้ำ T3 วัดอุณหภูมิไอน้ำเย็นเข้าสู่ชุดควบแน่น T4 วัดอุณหภูมิไอน้ำเย็นออกจากชุดควบแน่น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 อุปกรณ์การทดลอง และตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ



น้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด



ขวดบรรจุน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด

รูปที่ 3 น้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด และขวดบรรจุ

โดยน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากการทดลองครั้งนี้จะมีลักษณะเป็นน้ำมันสีเหลืองอ่อน ลักษณะใส มีกลิ่นหอมฉุน แสบตา เมื่อสูดดมแล้วจะรู้สึกโล่งจมูก และมีกลิ่นของใบมะกรูดหอมชัดเจน สามารถนำไปใช้ผสมกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้หลากหลายตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.

วิธีการคำนวณ

วิธีการคำนวณปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด เพื่อให้ข้อมูลจากการทดลองเป็นไปตามหลักวิชาการและสามารถเทียบเคียงกับงานวิจัยอื่น ๆ ได้เป็นสากล จำเป็นต้องทดลองและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของใบมะกรูดเพื่อใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้งจากใบมะกรูดสดที่ใช้ในการทดลอง โดยการคำนวณหาน้ำหนักแห้งของใบมะกรูดสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (1) และ (2)

$$\%dry = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

$$W_{dry} = \frac{\%dry \times W_{wet}}{100} \quad (2)$$

เมื่อ	%dry	คือ	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งใบมะกรูด (%)
	W_1	คือ	น้ำหนักตัวอย่างใบมะกรูดสดก่อนอบแห้ง (กรัม)
	W_2	คือ	น้ำหนักตัวอย่างใบมะกรูดหลังอบแห้ง (กรัม)
	W_{dry}	คือ	น้ำหนักแห้งใบมะกรูดที่ทำการกลั่น (กิโลกรัม)
	W_{wet}	คือ	น้ำหนักใบมะกรูดสดที่ทำการกลั่น (กิโลกรัม)

โดยสมการ (1) เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหา %Dry หรือเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของใบมะกรูด โดยการนำตัวอย่างใบมะกรูดที่จะใช้ในการทดลองไปทำการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยใช้ตู้อบความร้อน Drying oven sov 140B ในการอบแห้งเพื่อเก็บข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการคำนวณร้อยละน้ำหนักแห้งของใบมะกรูด หลังจากได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของใบมะกรูดแล้ว จะนำข้อมูลมาเป็นค่ามาตรฐานเพื่อใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้งของใบมะกรูดสดที่ใช้ในการทดลอง และใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งจากการคำนวณที่ได้ไปใช้ในการคำนวณร้อยละของน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดต่อ

โดยร้อยละของน้ำมันหอมระเหยสามารถวิเคราะห์ได้ในสองรูปแบบโดยแบบแรกคือ $\%v_{oil}/W_{dry}$ คือร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้เมื่อพิจารณาปริมาตรน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ต่อน้ำหนักแห้งของใบมะกรูดทั้งหมดที่ใช้ในการกลั่นแต่ละครั้ง และร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้แบบที่สองคือ $\%w_{oil}/W_{dry}$ คือร้อยละน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ เมื่อพิจารณา น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ต่อน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบใบมะกรูดที่ใช้กลั่น (น้ำพูน และคณะ, 2563) ดังแสดงวิธีการคำนวณตามสมการที่ (3) และ (4)

$$\%v_{oil}/W_{dry} = \frac{v_{oil}}{W_{dry}} \times 100 \quad (3)$$

$$\%w_{oil}/W_{dry} = \frac{w_{oil}}{W_{dry}} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ	$\%v_{oil}/W_{dry}$	คือ ร้อยละของน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด (ปริมาตรน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักแห้งวัตถุดิบ)
	V_{oil}	คือ ปริมาตรน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด (มิลลิลิตร)
	$\%w_{oil}/W_{dry}$	คือ ร้อยละของน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด (น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยต่อน้ำหนักแห้งวัตถุดิบ)
	W_{oil}	คือ น้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูด (กิโลกรัม)

โดยการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทำการอบแห้งห่าน้ำหนักแห้งใบมะกรูดจำนวน 3 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3. แล้วนำมาคำนวณตามสมการที่ (1) และ (2) เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของใบมะกรูด เพื่อใช้ในการคำนวณ ตามสมการ (3) และ (4)



รูปที่ 3 การอบแห้งตัวอย่างใบมะกรูด และตู้อบลมร้อนที่ใช้ในการทดลอง

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การหาน้ำหนักแห้งใบมะกรูด

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งใบมะกรูดเพื่อใช้ประกอบการคำนวณน้ำหนักแห้งของใบมะกรูด ได้จากการสุ่มตัวอย่างใบมะกรูดสด ที่เตรียมเข้าสู่การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจำนวน 3 ตัวอย่าง ตามรูปที่ 3 แล้วทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักก่อนทำการอบแห้ง แล้วทำการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำหนักใบมะกรูดก่อนทำการอบแห้ง และน้ำหนักหลังการอบแห้งในตารางที่ 1 ใช้ในการคำนวณตามสมการที่ (1) พบว่าใบมะกรูดที่นำมาใช้ในการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยสำหรับงานวิจัยนี้ โดยเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบมะกรูด คือ 41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้นำค่านี้ไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของใบมะกรูดสดที่ใช้ในการทดลอง และใช้ในการคำนวณน้ำหนักแห้งของใบมะกรูดสดที่ใช้ในการทดลองเพื่อใช้วิเคราะห์ร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ตามสมการที่ (2) (3) และ (4) ต่อไป

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์น้ำหนักแห้งใบมะกรูด

น้ำหนักใบมะกรูดสด (กรัม)		w_2/w_1	%Dry
ก่อนอบ (w_1)	หลังอบ (w_2)		
10.42	4.42	0.424	42.42
10.85	4.43	0.408	40.83
10.72	4.26	0.397	39.74
เฉลี่ย			41.00

การวิเคราะห์ร้อยละของน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดที่กลั่นได้

จากการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดทั้ง 3 แบบได้แก่ ใบมะกรูดสดเต็มใบ ใบมะกรูดสดฉีก และใบมะกรูดแห้ง ทำการทดลองกลั่นตัวอย่างละ 3 การทดลอง รวมทั้งหมด 9 การทดลอง นำข้อมูล น้ำหนัก และ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับสมการ ที่ (3) และ (4) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ในรูปแบบ $\%v_{oil}/w_{dry}$ และ $\%w_{oil}/w_{dry}$ เพื่อเปรียบเทียบน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 รูปแบบ ว่ามีปริมาณที่ได้มากน้อยแตกต่างกันอย่างไรเพื่อเป็นแนวทางการเตรียมวัตถุดิบประเภทใบมะกรูดสำหรับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยในระดับอุตสาหกรรมต่อไป โดยผลการทดลองและวิเคราะห์ผลแสดงในตารางที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ข้อมูลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดสดเต็มใบ

การทดลอง	ใบมะกรูดสด (กิโลกรัม)		น้ำมันหอมระเหย						ร้อยละ		
	W _{wet}	W _{dry}	W _{oil}	W _{oil}	เฉลี่ย	V _{oil}	เฉลี่ย	%V _{oil} /W _{dry}	เฉลี่ย	%W _{oil} /W _{dry}	เฉลี่ย
			(กรัม)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)	(มิลลิลิตร)	(มิลลิลิตร)				
1	3	1.23	20.00	0.020		23.0		1.87		1.626	
2	3	1.23	24.12	0.024	0.025	30.0	28.16	2.44	2.29	1.961	1.92
3	3	1.23	26.80	0.027		31.5		2.56		2.179	

ตารางที่ 3 ข้อมูลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดสดฉีก

การทดลอง	ใบมะกรูดสดฉีก (กิโลกรัม)		น้ำมันหอมระเหย						ร้อยละ		
	W_{wet}	W_{dry}	W_{oil} (กรัม)	W_{oil} (กิโลกรัม)	เฉลี่ย (กิโลกรัม)	V_{oil} (มิลลิลิตร)	เฉลี่ย (มิลลิลิตร)	$\%V_{oil}/W_{dry}$	เฉลี่ย	$\%W_{oil}/W_{dry}$	เฉลี่ย
1	3	1.23	20.50	0.020		24.5		1.99		1.667	
2	3	1.23	16.40	0.016	0.022	20.0	23.83	1.63	1.94	1.333	1.64
3	3	1.23	23.80	0.024		27.0		2.20		1.935	

จากตารางที่ 2 และ 3 เป็นการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดสด 2 รูปแบบคือแบบเต็มใบ และแบบฉีก โดยแต่ละรอบใช้ใบมะกรูดจำนวน 3 กิโลกรัม ในการทดลองกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหย โดยพบว่าใบมะกรูดสดเต็มใบจะสามารถกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาได้เฉลี่ย 2.29 $\%V_{oil}/W_{dry}$ และ 1.92 $\%W_{oil}/W_{dry}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยในอดีตที่รายงานผลการวิจัยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดสดและเป็นรูปแบบการกลั่นด้วยน้ำพบว่าร้อยละของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้คือ 1.21 W/W (น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้เทียบกับวัตถุดิบสด) (จักรพันธ์ และคณะ, 2551) และเมื่อพิจารณาการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดแบบฉีก พบว่ามีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นแยกได้คิดเป็น 1.94 $\%V_{oil}/W_{dry}$ และ 1.64 $\%W_{oil}/W_{dry}$ ตามลำดับ และการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดแห้งแสดงในตารางที่ 4. การคำนวณสามารถนำน้ำหนักวัตถุดิบใบมะกรูดแห้งที่ใช้กลั่นมาคำนวณได้เลยโดยไม่ต้องคำนวณหาน้ำหนักแห้ง และจากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ใบมะกรูดแห้งมาใช้ในการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยพบว่าสามารถกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยได้เช่นกันและมีร้อยละของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นแยกได้คิดเป็น 0.55 $\%V_{oil}/W_{dry}$ และ 0.46 $\%W_{oil}/W_{dry}$ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4. และข้อมูลจากการทดลองนี้ก็สอดคล้องกับผลการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดแห้งด้วย Ultrasonic pre-treatment จะได้น้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วง 0.537-0.818 Yield% (Mazlin et al., 2021)

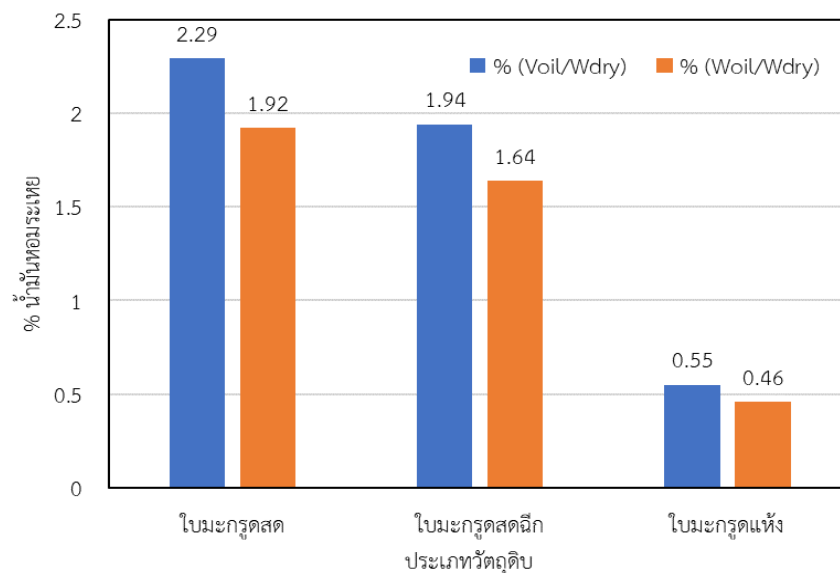
ตารางที่ 4 ข้อมูลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยใบมะกรูดแห้ง

การทดลอง	ใบมะกรูดแห้ง (กิโลกรัม)		น้ำมันหอมระเหย						ร้อยละ		
	W_{wet}	W_{dry}	W_{oil} (กรัม)	W_{oil} (กิโลกรัม)	เฉลี่ย (กิโลกรัม)	V_{oil} (มิลลิลิตร)	เฉลี่ย (มิลลิลิตร)	$\%V_{oil}/W_{dry}$	เฉลี่ย	$\%W_{oil}/W_{dry}$	เฉลี่ย
1	0	1	5.4	0.0054	-	6.5		0.65		0.540	
2	0	1	4.2	0.0042	-	5	5.46	0.50	0.55	0.420	0.46
3	0	1	4.1	0.0041	-	4.9		0.49		0.410	

เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด

หลังจากทำการทดลองเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดแล้วได้นำข้อมูลจากการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดทั้ง 3 แบบ จากตาราง ที่ 2, 3 และ 4 มาทำการเปรียบเทียบกันในรูปแบบกราฟแท่งเพื่อให้เห็นความแตกต่างของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้นั้นพบว่าการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดสดแบบที่ยังไม่ได้ฉีกหรือตากแห้งมาก่อนจะ

กลั่นแยกได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณเยอะที่สุดคือ 2.29 % v_{oil}/w_{dry} และ 1.92 % w_{oil}/w_{dry} รองลงมาคือการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดแบบฉีกจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 1.94 % v_{oil}/w_{dry} และ 1.64 % w_{oil}/w_{dry} และสุดท้าย คือ การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดที่ผ่านการตากแห้งมาแล้วนำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยจะได้น้ำมันหอมระเหยเพียง 0.55 % v_{oil}/w_{dry} และ 0.46 % w_{oil}/w_{dry} ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดสรุปได้ว่า ใบมะกรูดสดที่เก็บมาจากต้นแล้วนำมากลั่นทันทีที่ยังไม่มีการคายความชื้นออกทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยยังคงเหลืออยู่จำนวนมากและสามารถกลั่นแยกออกมาได้ทั้งหมด และหากนำมาสีกก่อนทำการกลั่นนั้นอาจจะทำให้เกิดการคายความชื้นบางส่วนและทำให้น้ำมันสูญเสียบ่อยออกไปก่อนที่จะทำการกลั่นน้ำมันหอมระเหยทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้นั้นลดลงตาม และสอดคล้องกับเมื่อนำใบมะกรูดไปทำให้แห้งแล้วนำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยนั้นได้ปริมาณน้ำมันหอมระเขยน้อยมากนั้นเป็นสาเหตุจากน้ำมันหอมระเหยที่มีในใบมะกรูดบางส่วนนั้นได้ระเหยออกไปจากใบมะกรูดในขั้นตอนการตากแห้งแล้วทำให้เหลือน้ำมันหอมระเหยบางส่วนเท่านั้นในใบมะกรูดแห้ง เมื่อนำมากลั่นจึงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเขยน้อยตามไปด้วย ดังแสดงตามผลการทดลองในรูปที่ 4.

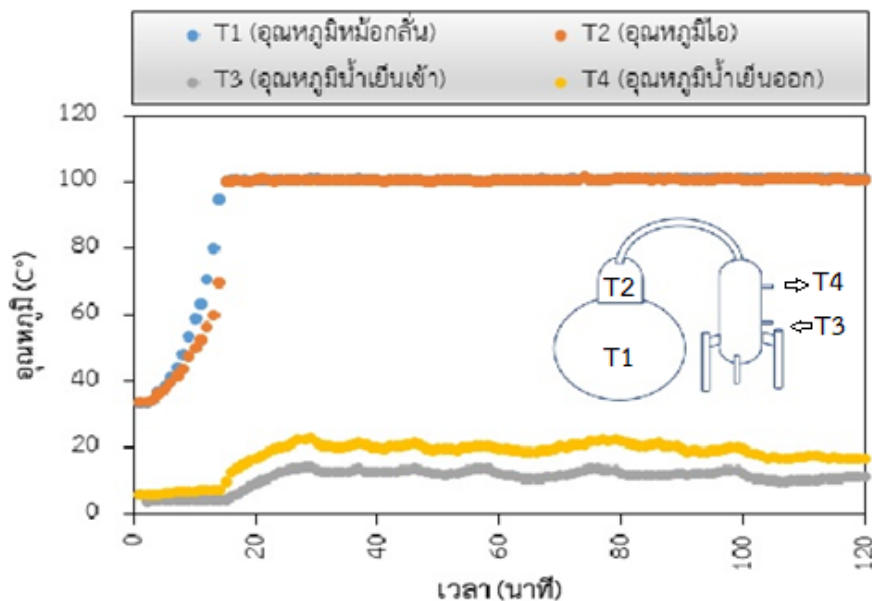


รูปที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด

ลักษณะทางความร้อนของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย

การศึกษาลักษณะทางความร้อนของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยนั้น ขณะทำการทดลองได้ทำการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล Type K จำนวน 4 จุด ดังตำแหน่งติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 5 โดยที่ T1 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย T2 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิไอน้ำ T3 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิไอน้ำเย็นเข้าสู่ชุดควบแน่น T4 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิไอน้ำเย็นออกจากชุดควบแน่น และผลการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า T1 และ T2 มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีอุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของน้ำภายในระยะเวลา 15-25 นาที นับจากเริ่มจุดเตา T3 คือจุดวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นเข้าซึ่งในช่วง 0-25 นาทีแรก อุณหภูมิไอน้ำที่เตรียมไว้สำหรับการควบแน่นด้วยเครื่องทำความเย็นเพื่อเข้าสู่ชุดควบแน่นจะอยู่ที่ 4-10 องศาเซลเซียส และเมื่อเวลา 25 นาที แล้วไอร้อนจากหม้อกลั่นจะไหลผ่านท่อส่งไอร้อนเข้าสู่ชุดควบแน่น อุณหภูมิไอน้ำในระบบควบแน่นจะเพิ่มขึ้นไปที่ 10-15 องศาเซลเซียส และคงนิ่งอยู่ในระดับอุณหภูมิดังกล่าวตลอดการทดลอง และจุด T4 วัดอุณหภูมิไอน้ำเย็นออกจากชุดควบแน่น อุณหภูมิไอน้ำเย็นออกจะสูงกว่าอุณหภูมิไอน้ำเย็นเข้าประมาณ 2-8 องศาเซลเซียส ตลอดการทดลองเนื่องจากน้ำเย็นเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำที่ได้จากหม้อกลั่นมาควบแน่นกลับ

เป็นของเหลวเพื่อแยกเอาน้ำมันหอมระเหยไอบะกุรุดทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก T4 สูงกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า T3 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะทางความร้อนของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย

บทสรุป

การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไอบะกุรุด เพื่อให้ได้ปริมาณที่เหมาะสมหรือมากที่สุด มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายปัจจัย และปัจจัยที่สำคัญและต้องคำนึงถึง คือ ความสดของวัตถุดิบไอบะกุรุดและการเตรียมวัตถุดิบที่ถูกต้องจะทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่เหมาะสมเช่นกัน งานวิจัยจึงได้ทำการทดลองโดยกำหนดตัวแปรเป็นวัตถุดิบไอบะกุรุดที่แตกต่างกันมาใช้ในการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหย จากการทดลองสรุปได้ว่าวัตถุดิบไอบะกุรุดสดนั้นเมื่อนำมากลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดคิดเป็น $2.29\% \text{v}_{\text{oil}}/\text{w}_{\text{dry}}$ และ $1.92\% \text{w}_{\text{oil}}/\text{w}_{\text{dry}}$ รองลงมาคือการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไอบะกุรุดแบบฉีกจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย $1.94\% \text{v}_{\text{oil}}/\text{w}_{\text{dry}}$ และ $1.64\% \text{w}_{\text{oil}}/\text{w}_{\text{dry}}$ และสุดท้ายคือการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไอบะกุรุดที่ผ่านการตากแห้งมาแล้วเมื่อนำมากลั่นน้ำมันหอมระเหยจะได้น้ำมันหอมระเหยเพียง $0.55\% \text{v}_{\text{oil}}/\text{w}_{\text{dry}}$ และ $0.46\% \text{w}_{\text{oil}}/\text{w}_{\text{dry}}$ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า เมื่อนำไอบะกุรุดสดเติมไอบะกุรุดและนำมากลั่นจะทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลงถึง 15.28% และเมื่อนำไอบะกุรุดสดไปตากแห้งก่อนค่อยนำมาทำการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากไอบะกุรุดแห้งลดลงถึง 75.98% ซึ่งสาเหตุมาจากการฉีกไอบะกุรุดและการตากแห้งไอบะกุรุด เป็นการทำให้ไอบะกุรุดคายความชื้นออกจากไอบะกุรุดและอาจจะทำให้น้ำมันหอมระเหยบางส่วนหายไปในช่วงเวลานี้จึงเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ลดลงตามผลการวิจัยที่นำเสนอ ทั้งนี้ในเชิงคุณภาพในอนาคตควรจะมีการวัดเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นทั้ง 3 แบบ เพื่อศึกษาความแตกต่างและจะได้อธิบายผลความแตกต่างจากกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากวัตถุดิบไอบะกุรุดทั้ง 3 แบบทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพได้อย่างครอบคลุมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หจก.เจ.เอส.ดี. แมชชีนเนอรี สนับสนุนเครื่องกลั่นขนาด 30 ลิตร เพื่อใช้ในการทดลองเก็บข้อมูล และโรงงานกลั่นน้ำมันหอมระเหยเชิงพาณิชย์ต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กัญจน์ญาดา นิลวาส และพัชรี ดวงจันทร์. (2549). การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์สุขภาพจากน้ำมันหอมระเหยพืชตระกูลส้ม. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก.
- จักรพันธ์ จุลศรีไกรวัล, สรินยา ชัดชุมแสง, เอื้อพร ไชยวรรณ และสุวรรณา เวชอภิกุล. (2551). ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเพื่อสุขภาพจากมะกรูดและส้มโอและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้. วารสารไทยเกษตรศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ. 3(2): 203-213.
- พงษ์ศักดิ์ พลเสนา. (2555). การทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพร 10 ชนิด ด้วยเครื่องกลั่นแก้วมาตรฐาน และเครื่องกลั่นระดับชุมชน. งานสวนพฤกษศาสตร์ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ฉะเชิงเทรา.
- นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์, สุริยา โชคเพิ่มพูน, ศรายุทธ พลสีลา, มงคล มีแสง และสัณห์วัจน์ ทองแดง. (2563). การศึกษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดในระดับอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคการกลั่นซ้ำ. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 7(1): 113-120.
- นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์, สัณห์วัจน์ ทองแดง, สุรเชษฐ์ สีชำนาญ, มงคล มีแสง และรัชฎาวรรณ อรรถนิมาตร. (2564). การกลั่นน้ำมันหอมระเหยว่านสาวหลงด้วยเครื่องกลั่นขนาด 500 ลิตร. ใน การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 วันที่ 20-22 กรกฎาคม 2564. นครปฐม. 291-298.
- Arslan A., Anjum M., Abdul G. and Jorge L.A. (2017). Development of hybrid solar distillation system for essential oil extraction. Renewable Energy 113: 22-29.
- Hsing Y.Y. and Ya C.L. (2017). Green extraction of Cymbopogon citrus essential oil by solar energy. Industrial Crops and Products 108: 716-721.
- Kusuma H.S. and Mahfud M. (2018). Kinetic studies on extraction of essential oil from sandalwood (*Santalum album*) by microwave air-hydrodistillation method. Alexandria Engineering Journal 57: 1163-1172.
- Mazlin M., Mohamad I.H.I., Nor S.L.Z.A. and Nur A.K. (2021). Review on extraction methods of essential oil from kaffir lime (*Citrus hystrix*) leaves. Journal of Academia. 9(1): 173-184.