

การศึกษาการใช้พลังงานสำหรับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยกรณีศึกษาตะไคร้หอม

A Study of Energy Consumption for Essential Oil Distillation: A Case Study of Citronella

ชนะชัย ดวงอาราม¹ ฎกามาศ สรณิล¹ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ^{1*}
Chanachai Duangaram¹, Pakamas Sonnin¹ and Pongsawat Kotchapoom^{1*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสต์เอนเซีย

¹School of Engineering, Eastern Asia University

*Corresponding author: pongsawat@eau.ac.th

Received: November 11, 2024

Revised: February 27, 2025

Accepted: March 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการใช้พลังงานการกลั่นน้ำมันหอมระเหยกรณีศึกษาตะไคร้หอม โดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานและความคุ้มค่าพลังงานที่ใช้ในการกลั่นโดยใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และพลังงานไฟฟ้า ในการทดลองจะใช้หม้อกลั่นปริมาตร 20 L และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm น้ำที่ใช้มีอุณหภูมิ 28.5 °C อุณหภูมิในการกลั่น 90-102 °C เวลาในการกลั่น 2 hr การจัดเตรียมวัตถุดิบตัดเป็นชิ้นเล็ก ส่วนพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG จะปรับแรงดันเตาแก๊สที่ 1 lb/in² และเตาไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 1,800 W เตาไฟฟ้าแบบขดลวดปรับระดับไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 7 ส่วนเตาแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ปรับอุณหภูมิที่ 550 °C เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 26 cm และ 23 cm ตามลำดับ ผลจากการทดลอง เตาก๊าซ LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้า ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 15.07 MJ 9.14 MJ และ 10.67 MJ ต้นทุนค่าพลังงาน 10.91 10.72 และ 12.50 บาทต่อครั้ง ตามลำดับ พบว่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของเตาก๊าซ LPG จะสูงกว่าเตาไฟฟ้าทั้งสองชนิด และต้นทุนพลังงานในการผลิต เตาไฟฟ้าแบบขดลวดจะใช้ต้นทุนต่ำกว่า ส่วนปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ (1) ความสดของตะไคร้หอม (2) การจัดเตรียมวัตถุดิบ และ (3) ขนาดความกว้างหน้าเตาที่ให้พลังงานความร้อน

คำสำคัญ: การกลั่นน้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม การใช้พลังงาน

Abstract

This research explores using energy to distil essential oil from lemongrass, comparing energy consumption and cost-effectiveness between using thermal energy from liquefied petroleum gas (LPG) and electrical energy. The experiment utilized a 20-litre distillation pot with a diameter of approximately 30 cm. The distillation temperature ranged from 90 to 102°C over 2 hours, with the raw material prepared by cutting it into small pieces. The thermal energy from LPG was adjusted at a gas burner pressure of 1 lb/in², while the two types of electric stoves consumed 1800 W. The electric coil stove was set to adjustment level 7, whereas the induction stove was capable of reaching a temperature of 550°C. The electric coil stove and induction stove had about 26 cm and 23 cm diameters, respectively. The results showed that the average thermal energy values for the LPG stove, the electric coil stove, and the induction stove were 15.07 MJ, 9.14 MJ, and 10.67 MJ respectively, with corresponding energy costs of 10.91, 10.72, and 12.50 baht per use. It was found that the average thermal energy from the LPG stove was higher than that of both electric stoves, while the production cost was lowest for the electric coil stove. Additionally, the amount of essential oil obtained depended on several factors, including (1) the freshness of the lemongrass, (2) the preparation of the raw materials, and (3) the size of the heating area of the stove providing thermal energy.

Keywords: distillation of essential oils, citronella, energy consumption



บทนำ

ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเป็นสินค้า OTOP 5 ดาว ของจังหวัดปทุมธานี ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในเซลล์ของพืช ลักษณะเด่นของมัน ก็คือมีกลิ่นระเหยได้ง่ายแม้ในอุณหภูมิปกติ ซึ่งกลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป น้ำมันหอมระเหยจะสะสมอยู่ในผนังเซลล์ เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทำหน้าที่เป็นระบบป้องกันตัวเอง รักษาผลหรือป้องกันการระเหยของน้ำ รวมทั้งใช้ไล่แมลงที่เป็นศัตรู และไล่แมลงเพื่อช่วยในการผสมพันธุ์ น้ำมันหอมระเหยอาจจะอยู่ภายในส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ไม่ว่าจะเป็นราก ใบ ดอก เปลือก หรือเมล็ดก็ได้ ซึ่งน้ำมันที่ได้ส่วนใหญ่จะใส มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ไม่ละลายน้ำ น้ำมันหอมระเหยจากพืชเหล่านี้มีประโยชน์มากในอุตสาหกรรม น้ำหอม สารแต่งกลิ่น เพื่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ผู้บริโภค น้ำมันและกลิ่นหอมเหล่านี้เราเรียกรวมกันว่า เครื่องหอม (Kkritsadee, Assavapanyaporn & Kunsilarak, 2023; Sittiritkawin, Pitiphumisuksan, Yotkat & Kitti, 2024)

ซึ่งรูปแบบและวิธีการในการผลิต จะวางวัตถุดิบลงบนตระแกรงในหม้อกลั่น ให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่นต้มให้เดือด ใอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ใอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อึดตัว หรือเรียกว่า ไนร้อนจัด ใอน้ำมีความดันสูงกว่าบรรยากาศ ส่งไปตามท่อแล้วจะสกดให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมา ส่วนพลังงานความร้อนที่ใช้นั้นเป็นเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะใช้พลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการกลั่น จึงได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้ก๊าซ LPG (Jaijhan, Jumpa, Jansuya & Senabut, 2016)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบวิธีทั่วไปโดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG เตาแม่เหล็กไฟฟ้าและเตาไฟฟ้าขดลวด

2. เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเตาแก๊ส LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้าในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ตะไคร้หอม

น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม (Cymbopogon nardus Rendle) ตะไคร้หอมเป็นพรรณพืชที่มีถิ่นกำเนิดในบริเวณเขตร้อนของทวีปเอเชีย ปัจจุบันได้มีการแพร่กระจายพันธุ์ไปยังเขตร้อนต่าง ๆ ทั่วโลก และสำหรับในประเทศไทย สามารถพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศ แต่จะพบได้น้อยกว่าตะไคร้แกง ตะไคร้หอมจะมีลักษณะต่างๆ ค่อนข้างที่จะคล้ายกับตะไคร้แกงแต่ไม่นิยมนำมาบริโภคเหมือนตะไคร้แกง ดังนั้นในการนำมาใช้ประโยชน์ จึงมีแค่นำมาใช้ในการเกษตร และในด้านยาสมุนไพรเท่านั้น (Vigad, Chansakaow, Tarachai & Chukiatsiri, 2023).

2. การกลั่นน้ำมันตะไคร้หอม

Klinboon (2018) ได้กล่าวไว้ว่าเป็นการแยกของเหลวผสมที่มีองค์ประกอบสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป โดยใช้หลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการระเหยเป็นไอได้ไม่เท่ากัน ณ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน เมื่อให้ความร้อนจนของเหลวผสมกลายเป็นไอบางส่วน แล้วนำไอนั้นไปควบแน่นกลับให้เป็นของเหลว จะได้ของเหลวผสมหลังควบแน่นที่มีส่วนผสมแตกต่างจากของเหลวก่อนการกลั่น ด้วยเหตุนี้การกลั่นจึงสามารถใช้ในการทำใหของเหลวมีความบริสุทธิ์ขึ้น หรือใช้แยกของเหลวผสมออกเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ได้การกลั่นน้ำมันหอมระเหย ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 วิธี คือ

1. การกลั่นด้วยน้ำร้อน (water distillation และ hydro-distillation)

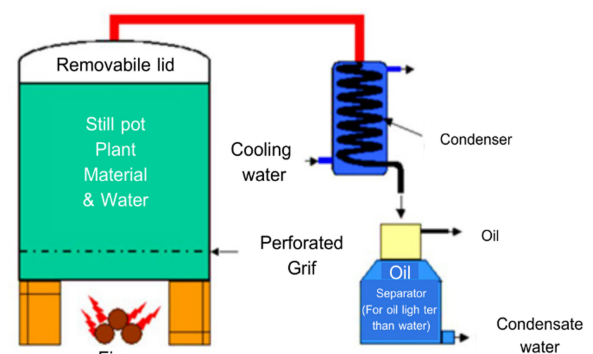
เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำเดือด

ทั้งหมด อาจพบพืชบางชนิดเบา อาจจะลอยได้แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น

การให้ความร้อนกับน้ำ อาจให้ไปโดยรอบหรือให้ท่อไอน้ำผ่านการกลั่น น้ำมันหอมระเหยนี้ใช้กับของที่ติดกันง่าย ๆ เช่น ใบไม้บาง ๆ กลีบดอกไม้อ่อน ๆ ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้ คือ โดยมากพืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอตรงกลางจะได้มากกว่าด้านข้าง จะทำให้เกิดการไหม้ของพืช ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นไหม้ปนมากับน้ำมันหอมระเหยและมีสารไม่พึงประสงค์ติดมาในน้ำมันหอมได้



ภาพ 1 ตะไคร้หอม



ภาพ 2 แผนภาพจำลองการกลั่นด้วยน้ำร้อน (water distillation)

Note. From “Water distillation”, by AYUB R & D, 2006, retrieved from <https://www.AYUBR&D.com/>

2. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)

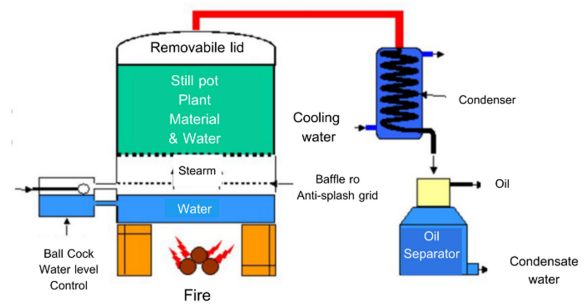
การกลั่นโดยวิธีนี้ใช้ตะแกรงกรองที่จะกลั่นให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชหรือตัวอย่างที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิมัลชัน หรือเรียกว่า ไมร่อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าวิธีแรก การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า (Neelapong, Phonyotin & Sittikijyothin, 2018)

3. การกลั่นด้วยไอน้ำ (direct steam distillation)

วิธีนี้วางของอยู่บนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่เลย ไอน้ำภายนอกที่อาจจะเป็นไอน้ำเปือก หรือไอน้ำร้อนจัดแต่ความดันสูงกว่าบรรยากาศ ส่งไปตามท่อใต้ตะแกรง ให้ไอน้ำผ่านขึ้นไปถูกกับของบนตะแกรงไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมาจากพืชของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถกลั่นได้อย่างรวดเร็วเมื่อเอาพืชใส่หม้อกลั่น ไม่ต้องเสียเวลารอให้ร้อน ปลอยไอร้อนเข้าไปได้เลย ปริมาณของสารที่ใช้น้ำกลั่นก็ได้มาก ปริมาณทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยมาก (Pitipoomsuksan & Yotkat, 2024)

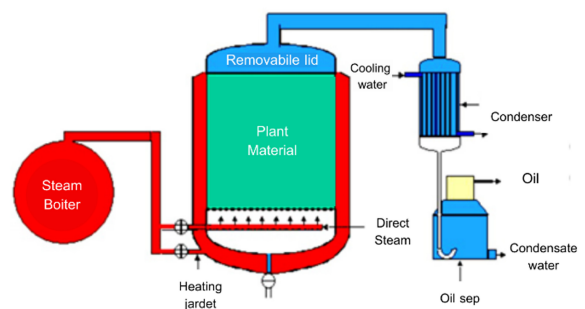
3. เครื่องควบแน่น (condenser)

2 Pt. Co.,Ltd. (2022) ได้กล่าวไว้ว่า เครื่องควบแน่น (condenser) ส่วนผสมของไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่ออกมาจากหม้อกลั่นจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องควบแน่น ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไอน้ำและน้ำมันหอมให้เป็นของเหลว ลักษณะเป็น Coil ม้วนอยู่ใต้ถังที่มีน้ำเย็นผ่านจากด้านล่างสวนทางกับไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่นิยมอีกแบบหนึ่งให้ไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยผ่านในท่อ (tube) ให้น้ำเย็นไหลเวียนรอบ ๆ ท่อ (Klongdee & Jareanjit, 2023)



ภาพ 3 แผนภาพจำลองขั้นตอนการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)

Note. From “Water and steam distillation”, by AYUB R & D, 2006, retrieved from <https://www.AYUBR&D.com/>



ภาพ 4 แผนภาพจำลองการกลั่นด้วยไอน้ำ (Direct steam distillation)

Note. From “Direct steam distillation”, by AYUB R & D, 2006, retrieved from <https://www.AYUBR&D.com/>

พลังงานจากแหล่งกำเนิดความร้อน

พลังงาน ก๊าซ LPG

ก๊าซหุงต้ม (liquefied petroleum gas) มีชื่อทางการว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันและจากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ

ในก๊าซธรรมชาติ ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซอีเทน ก๊าซโพรเพน และก๊าซบิวเทน เมื่อนำมาใช้ต้องแยกก๊าซออกจากกันเสียก่อน

- ก๊าซมีเทน ใช้ผลิตไฟฟ้า ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และใช้กับรถยนต์ ซึ่งก็คือก๊าซ CNG หรือ NGV

- ก๊าซอีเทน + โพรเพน ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานปิโตรเคมี

- ก๊าซโพรเพน + บิวเทน ใช้ในโรงงานปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมอื่น ๆ และใช้เป็นก๊าซหุงต้ม (LPG)

ก๊าซหุงต้ม (LPG) 1 L = 0.54 kg

1 kg = 1.85 L

เตาไฟฟ้า

1. เตาไฟฟ้าเพลทร้อน (hot plate)

Kitchenform Intertrade Co.,Ltd (2022) กล่าวว่า เตาชนิดนี้มีลักษณะที่เห็นได้เด่นชัดคือตัวเตาจะมีแผ่นเพลทกลมทำจากแผ่นโลหะ และด้านบนจะมีขดลวดสำหรับให้ความร้อนติดตั้งอยู่ โดยหลักการทำงานให้ความร้อน จะต้องผ่านตัวให้ความร้อนคือขดลวด ผ่านเพลทร้อนจนมาถึงตัวภาชนะที่อยู่บนเตา ลักษณะเตา เมื่อเลิกใช้งานและปิดเตาแล้วจะยังมีความร้อนหลงเหลืออยู่ที่หัวเตา ต้องระมัดระวังไม่ให้ผิวหนังสัมผัสโดนเตา

เตาไฟฟ้ารุ่นแรก ๆ มีขดลวดทำความร้อนอยู่ใต้แผ่นสีดำ ให้ความร้อนค่อนข้างช้า กินไฟมาก การปรับระดับความร้อนขึ้นลงค่อนข้างช้า เพราะความร้อนต้องผ่านตัวกลางหลายตัว ตั้งแต่ขดลวด แผ่นเซรามิก กันหม้อ แล้วจึงถึงอาหาร

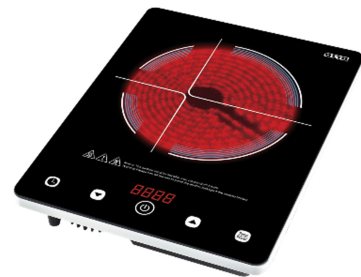
2. เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction)

Kitchenform Intertrade Co.,Ltd (2022) กล่าวว่า เตาเหนี่ยวนำไฟฟ้าหรือเตาแม่เหล็กไฟฟ้าอาศัยความร้อนจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ภาชนะที่เหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ เช่น เหล็ก หรือ เหล็กสแตนเลสบางชนิด อุปกรณ์ ที่ไม่เหนี่ยวนำแม่เหล็ก จะไม่สามารถทำให้เกิดความร้อนได้ เช่น อลูมิเนียม แก้ว เซรามิก หรือ เหล็กสแตนเลสหลายชนิด เตาแม่เหล็กไฟฟ้าให้พลังงานความร้อนได้รวดเร็วกว่าเตาแบบธรรมดา และสูญเสียพลังงานน้อยกว่า เช่น ไม่มีความร้อนที่แผ่ไปสู่อากาศ เหมือนเตาความร้อนทั่ว ๆ ไป แต่พลังงานนั้นจะถ่ายทอดไปที่ตัวภาชนะโดยตรง ที่สำคัญคือ ความเสี่ยงหรืออันตรายจากการไหม้ติดไฟยังลดลงเพราะเตาได้ความร้อนจริง ๆ จากตัวภาชนะอีกที



ภาพ 5 เตาไฟฟ้าเพลทร้อน (hot plate)

Note. From “Electric stove”, by Kitchenform Intertrade Co.,Ltd., 2022, retrieved from <https://www.kitchen-form.com/portfolio>



ภาพ 6 เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction)

Note. From “Electric stove”, by Kitchenform Intertrade Co.,Ltd., 2022, retrieved from <https://www.kitchen-form.com/portfolio>

การเปรียบเทียบพลังงานก๊าซ LPG เป็นพลังงานความร้อน (MJ)

ค่ามาตรฐานของกระทรวงพลังงาน คือ 50.22 MJ/kg

1 หน่วย แก๊ส LPG = 1 kg

ซึ่ง 1 kg = 50.22 MJ

การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า (kWh) เป็นพลังงานความร้อน (MJ)

1 หน่วยไฟฟ้า = 1 kWh

ซึ่ง W คือ $\frac{J}{s}$ (วัตต์ คือ จูลต่อวินาที)

$$\begin{aligned}\text{เมื่อแทนค่าจะได้ } 1 \text{ kWh} &= 1 \text{ k} \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ h} \\ &= 1 \text{ k} \frac{\text{J}}{\text{s}} 3600 \text{ s} \\ &= 3600 \text{ J} \\ &= 3.6 \text{ MJ}\end{aligned}$$

การคำนวณต้นทุน

1. การคำนวณต้นทุนก๊าซ LPG

Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy (2022) ได้กล่าวไว้ว่า การคำนวณต้นทุนก๊าซ LPG ในการทดลองใช้ถังบรรจุก๊าซ 4 kg มีราคา 118-181 บาท/ 4 kg

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น ก๊าซ LPG 1 kg} &= \left(\frac{118 + 181}{2} \right) \div 4 \\ &= \frac{149.5}{4} \\ &= 37.36 \text{ บาท/kg}\end{aligned}$$

2. การคำนวณต้นทุนค่าไฟ

Metropolitan Electricity Authority (2022) ได้กล่าวไว้ว่า การคำนวณค่าไฟ ใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านพักที่อยู่อาศัย บ้านที่ทำการทดลองเมื่อใช้พลังงานไฟฟ้า 200 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.22 บาท/หน่วย ดังนั้นในการทดลองค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่ 4.22 บาท/หน่วย

การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ได้ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน 3 แบบ ดังนี้

1. การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาก๊าซ LPG
2. การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้า

แบบขดลวด

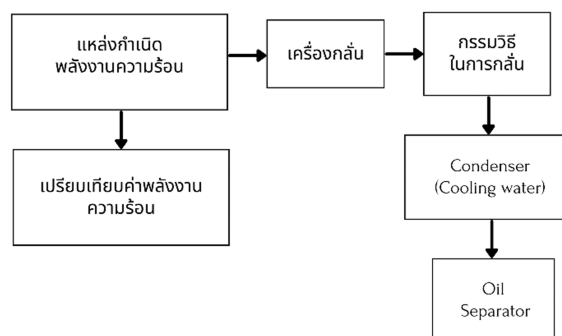
3. การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Lutron TM-1947SD และใช้ Fluke 43B สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ในการเตรียมวัตถุดิบสำหรับกลั่นตะไคร้หอมในการทดลองจะใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C และควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90-102°C เพื่อให้ทราบถึงการเตรียมตะไคร้หอมสำหรับการกลั่นให้ได้ปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมได้ดีที่สุด การเตรียมตะไคร้มี 4 แบบ (Sittirirkawin, Pitiphumisuksan, Yotkat & Kitti, 2024)

1. ตัดแล้วมัด ความยาวประมาณ 20 cm
2. ตัดเป็นชิ้นใหญ่ ความยาวประมาณ 12 cm
3. ตัดเป็นชิ้นเล็ก ความยาวประมาณ 3 cm
4. ตัดแบบละเอียด ความยาวประมาณ 0.5 cm

ดังภาพตามลำดับ

การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีการเตรียมตะไคร้หอมที่เหมาะสม โดยเตรียมตะไคร้หอม 4 แบบ



ภาพ 7 Block diagram ภาพรวมของการทดลอง



ภาพ 8 ภาพรวมของการทดลอง



ภาพ 9 การเตรียมตะไคร้หอม 4 แบบ

ตาราง 1

ผลการทดลองเบื้องต้นการกลั่นน้ำมันตะไคร้หอมโดยเปรียบเทียบการตัดตะไคร้ 4 แบบ

แบบที่	การตัด ตะไคร้ หอม	ความยาว ของ ตะไคร้ (cm)	ปริมาณ น้ำมัน หอม ระเหย เฉลี่ย (ml)	Oil Yield (ml/kg)
1		20	1	0.5
2		12	5	2.5
3		3	7	3.5
4		0.5	8	4

จากการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg ระยะเวลาในการกลั่น 2 hr ด้วยเตาแก๊ส LPG โดยทำการทดลอง 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย พบว่าการตัดตะไคร้หอมแบบละเอียดสามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้ปริมาณมากที่สุด แต่จะใช้เวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบ 2 hr/ครั้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การจัดเตรียมวัตถุดิบแบบที่ 3 เป็นการตัดเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งใช้เวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบเพียง 1 hr/ครั้ง ซึ่งจะประหยัดเวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบเป็น 1 เท่าของการตัดแบบละเอียด และได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่างกัน เพียง 0.5 ml/kg (Khumphail, Phanphech, Charoensuk, Parashewa & Rukpouk, 2024)

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแก๊ส LPG

การทดลองการใช้พลังงานในการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแก๊ส LPG ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C และควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90-102°C

จากการทดลองพบว่า ปริมาณแก๊ส LPG ที่ใช้ในการกลั่นเฉลี่ย 0.3 kg เนื่องจากปริมาณการจ่ายแก๊ส LPG คงที่เป็นเวลา 2 hr คิดเป็นค่าพลังงานเฉลี่ย 15.07 MJ เมื่อแก๊ส LPG มีราคา 37.36 บาท/kg คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานในการกลั่น 10.91 บาท/ครั้ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 7.5 ml

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด

ใช้เตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำกำลังไฟฟ้า สูงสุดอยู่ที่ 1,800 W ใช้ระดับความร้อนที่ระดับ 7 ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L อุณหภูมิที่ต้องการคือ 90-102°C ภายในเวลา 20 นาที ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C

ตาราง 2

ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแก๊ส LPG

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ปริมาณแก๊ส LPG (kg)	0.3	0.3	0.3	0.3
ค่าพลังงานความร้อน (MJ)	15.07	15.07	15.07	15.07
น้ำมันหอมระเหย (ml)	7.6	7.5	7.4	7.5
Oil Yield (ml/kg)	3.8	3.75	3.7	3.75



ภาพ 10 เตาไฟฟ้าแบบขดลวดปรับระดับความร้อนที่ระดับ 7

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด

ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C

จากการทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด ใช้พลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 2.54 kWh หรือคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 9.14 MJ เมื่อไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 4.22 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 10.72 บาท/ครั้ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 14 ml

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

ใช้เตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำ มีกำลังไฟสูงสุดอยู่ที่ 1,800 W ปรับระดับความร้อน 550°C ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C และควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90 - 102°C

ตาราง 3

ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	2.52	2.56	2.54	2.54
ค่าพลังงานความร้อน (MJ)	9.07	9.22	9.14	9.14
น้ำมันหอมระเหย (ml)	13	12	17	14
Oil Yield (ml/kg)	6.5	6	8.5	7

ตาราง 4

ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	2.95	2.94	3.00	2.96
ค่าพลังงานความร้อน (MJ)	10.62	10.58	10.80	10.67
น้ำมันหอมระเหย (ml)	13	11	17	13.67
Oil Yield (ml/kg)	6.5	5.5	8.5	6.83



ภาพ 11 เตาแม่เหล็กไฟฟ้าปรับระดับความร้อนไว้ที่อุณหภูมิ 550°C

จากการทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้พลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 2.96 kWh หรือคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 10.67 MJ เมื่อไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 4.22 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 12.50 บาท/ครั้ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 13.67 ml

ปัจจัยที่มีผลต่อการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

1. ความสดของตะไคร้หอม
2. การจัดเตรียมวัตถุดิบ
3. ขนาดความกว้างหน้าเตาที่ให้พลังงานความร้อน

เปรียบเทียบค่าพลังงานจากแหล่งความร้อนทั้ง 3 ชนิด

ในการทดลองแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนทั้ง 3 ชนิด ใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25°C จึงนำค่าการใช้พลังงานทั้ง 3 ชนิด มาเปรียบเทียบเพื่อหาแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนที่คุ้มทุนมากที่สุด

จากภาพ 12 เปรียบเทียบพลังงานความร้อนแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาแก๊ส LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวด เตาแม่เหล็กไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเตาแก๊ส LPG ใช้พลังงานความร้อนมากที่สุด เตาไฟฟ้าแบบขดลวดน้อยที่สุด

จากภาพ 13 เปรียบเทียบต้นทุนพลังงาน ต้นทุนการใช้พลังงานของแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาแก๊ส LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวด เตาแม่เหล็กไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเตาแม่เหล็กไฟฟ้าใช้ต้นทุนในการผลิตมากที่สุด เตาไฟฟ้าแบบขดลวดน้อยที่สุด

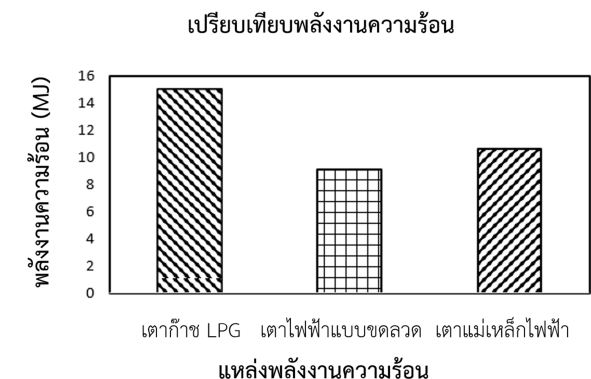
จากภาพ 14 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาแม่เหล็กไฟฟ้าได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยมากที่สุด เตาแก๊ส LPG น้อยที่สุด

ตาราง 5

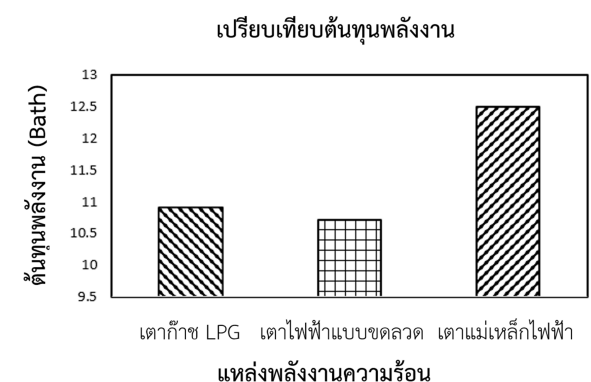
การเปรียบเทียบค่าพลังงานจากแหล่งความร้อน 3 ชนิด

แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ย	พลังงานความร้อน (MJ)	ต้นทุนค่าพลังงาน (Baht)	ประสิทธิภาพการกลั่น (ml/MJ)	ต้นทุนเชื้อเพลิงของน้ำมันหอมระเหย (Baht/ml)
เตาแก๊ส LPG	0.3 Kg	15.07	10.91	0.5	1.45
เตาไฟฟ้าแบบขดลวด	2.54 kWh	9.14	10.72	1.53	0.77
เตาแม่เหล็กไฟฟ้า	2.96 kWh	10.67	12.50	1.28	0.91

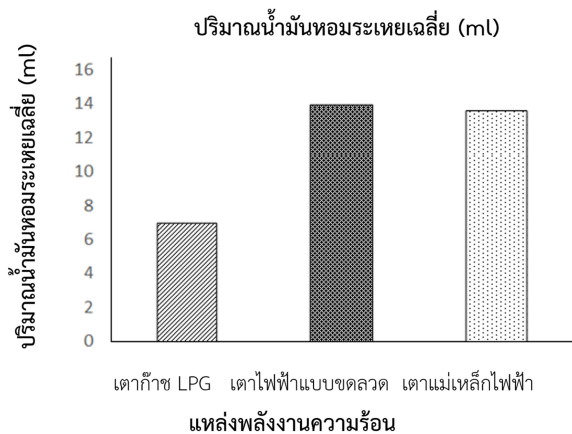
กราฟเปรียบเทียบพลังงาน



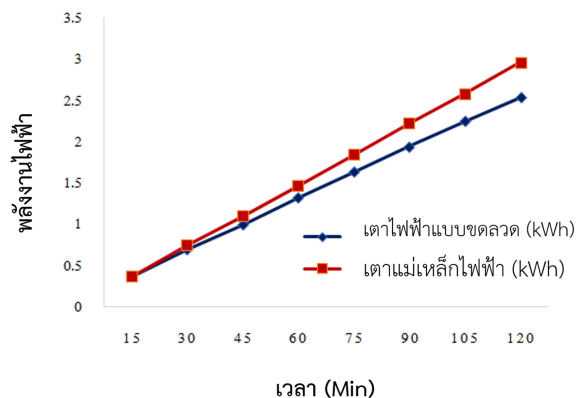
ภาพ 12 พลังงานความร้อน



ภาพ 13 ต้นทุนพลังงาน



ภาพ 14 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย (ml)



ภาพ 15 พลังงานไฟฟ้า (kWh)

จากภาพ 15 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้าแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาไฟฟ้าแบบขดลวด และเตาแม่เหล็กไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปของเตาแม่เหล็กไฟฟ้าจะมากที่สุด

การวิเคราะห์และสรุปผล

จากการทดลอง ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg

ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิเริ่มต้น 28.5 °C โดยควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90-102°C พบว่า ปัจจัยในการกลั่นน้ำมันตะไคร้หอมขึ้นอยู่กับลักษณะการหั่นตะไคร้หอมเป็นชิ้นเล็กหรือหั่นละเอียด และความสดของใบตะไคร้หอมควรมีความสดจะกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้ปริมาณมาก แต่เนื่องจากการหั่นตะไคร้แบบหั่นละเอียดจะใช้เวลาในการเตรียมวัตถุดิบนานถึงสองเท่าแต่ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และการกระจายความร้อน หากเตาสามารถแผ่รังสีความร้อนได้ทั่วถึงทั้งหม้อกลั่นจะส่งผลให้สามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมได้มาก ซึ่งเตาไฟฟ้าแบบขดลวด และเตาแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าเตาแก๊ส LPG เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของเตามีขนาดใหญ่กว่าจึงสามารถกระจายความร้อนได้ทั่วบริเวณก้นของหม้อกลั่น ส่วนการใช้พลังงานความร้อนของเตาทั้ง 3 แบบ คือ เตาแก๊ส LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าเตาแก๊ส LPG ใช้พลังงานความร้อนสูงถึง 15.07 MJ เตาแม่เหล็กไฟฟ้า 10.66 MJ ลดลง 29.26% เมื่อเทียบกับเตาแก๊ส LPG และเตาไฟฟ้าแบบขดลวด 9.14 MJ ลดลง 39.35 % เมื่อเทียบกับเตาแก๊ส LPG เช่นกัน

ด้านต้นทุนค่าพลังงานความร้อนของเตาทั้ง 3 แบบ พบว่า เตาแก๊ส LPG มีต้นทุนพลังงาน 10.91 บาท/ครั้ง เตาแม่เหล็กไฟฟ้ามีต้นทุนพลังงาน 12.50 บาท/ครั้ง เพิ่มขึ้น 14.57 % เมื่อเทียบกับเตาแก๊ส LPG ส่วนเตาไฟฟ้าแบบขดลวดมีต้นทุนพลังงาน 10.72 บาท/ครั้ง ลดลง 1.96% เมื่อเทียบกับเตาแก๊ส LPG ดังนั้นเตาไฟฟ้าแบบขดลวดสามารถนำมาใช้ทดแทนเตาแก๊ส LPG ได้ สรุปผลจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการกลั่น พบว่าสามารถพัฒนากระบวนการกลั่นโดยใช้พลังงานทดแทนได้ โดยแหล่งพลังงานไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้



References

- AYUB R & D. (2006). *Water distillation, water and steam distillation and Direct steam distillation*. Retrieved from <https://www.AYUBR&D.com/>
- 2 Pt. Co.,Ltd. (2022). *What is a condenser? How does it work? 3 types of condensers*. Retrieved from <https://www.2pt3q.com/en/condenser/>. (in Thai).
- Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (2022). *Energy for cooking*. Retrieved from http://www.eppo.go.th/templates/eppo_v15_mixed/eppo_lpg/eppo_lpg_gen. (in Thai)
- Jaijhan, B., Jumpa, E., Jansuya, P., & Jirapatpong Senabut, J. (2016) Developing an herbal essential oil distiller using solar cells and automatic electric control. *RMUTL Engineering Journal*, 1(1), 16-24. <https://doi.org/10.14456/rmutlengj.2017.2> (in Thai)
- Khumphail, T., Phanphech, P., Charoensuk, C., Parashewa, A., & Suriyan Rukpouk, S. (2024) Development of condensation essential oil distillation system for herbal community enterprises. *Institute of Vocational Education Southern Region 1*, 9(2),128-133. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/csnp_veis1/article/view/258095/174003 (in Thai)
- Kitchenform Intertrade Co.,Ltd. (2022). *Electric stove*. Retrieved from <https://www.kitchen-form.com/portfolio>. (in Thai).
- Klinboon, J. (2018). *Study on the efficiency of distillation of essential oil from lemongrass by solar energy.using the foaming technique*. Retrieved from <https://repository.rmutr.ac.th/bitstream/handle/123456789/1209/fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (in Thai)
- Klongdee, H., & Jareanjit, J. (2023). An Experimental Study on Characteristics of Condensation Lid for Thermosyphon-type Solar Energy Ethanol Distillation Tank on Distillation Performance. *RMUTSV Research Journal*, 15(3), 798-814. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/249149> (in Thai)
- Kritsadee, S, Assavapanyaporn, S., & Kunsilarak, S. (2023). The effects of essential oil from roots of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash Inhalation on emotional states autonomic nervous system. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 17(3), 95–103. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/262099> (in Thai)
- Metropolitan Electricity Authority. (2022). *Latest Ft value*. Retrieved from <https://www.mea.or.th/download/2985/3195>. (in Thai)
- Neelapong, W., Phonyotin, B., & Sittikijyothin, W. (2018). Extraction of active compounds from Thai herbs: Steam distillation and solvent extraction. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 28(4), 901-910. <https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/kjournal/article/viewFile/1368/1584> (in Thai)

- OTOP products 5 stars - Pathum Thani Province. (2022). *OTOP products 5 stars - Pathum Thani Province*. Retrieved from [https:// sites.google.com/a/northbkk.ac.th/canghwad-pthumthani/phlitphanth-otop-5-daw/lochan-kan-yung-takhir-hxm](https://sites.google.com/a/northbkk.ac.th/canghwad-pthumthani/phlitphanth-otop-5-daw/lochan-kan-yung-takhir-hxm). (in Thai)
- Pricharat, K., & Jaipanya, K. (2004). *Extraction of essential oils from the citronella tree*. Retrieved from <http://dspace.nstru.ac.th:8080/dspace/bitstream/123456789/1964/3/Fulltext.pdf>. (in Thai)
- Provincial Electricity Authority. (2017). *Electricity rate of the Metropolitan Electricity Authority*. Retrieved from <https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/Rate2015Update.pdf>. (in Thai).
- Research Laboratory and Experimental Plant. (2022). *Lemon grass*. Retrieved from <http://clgc.agri.kps.ku.ac.th/resources/herb/cymbopogon.html>. (in Thai)
- Sittiritkawin, P., Pitiphumisukan, C., Yotkat, P., & Kittit, T. (2024). Transferring Citronella Oil Refining Technology to the Elderly in San Sai Subdistrict, Mueang District, Chiang Rai Province. *Journal of Community Development and Life Quality*, 12(1), 59-69. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JCDLQ/article/view/265310/178562> (in Thai)
- Vigad, N., Chansakaow, S., Tarachai, P., & Chukiatsiri, K. (2023). Efficacy of essential oils from Ginger and Citronella to killed sticktight fleas (*Echidnophaga gallinacean*) in Chicken. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 41(2), 146-151. <https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.006> (in Thai)

