การพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่มีระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ

Developing an Herbal Essential Oil Distiller Using Solar Cells and Automatic Electric Control

บดินทร์ ใจจันทร์[1] เอกพันธ์ จำปา[1] เพลิน จันทร์สุยะ[1*] และจิรพัฒนพงษ์ เสนาบุตร[2]
[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
[2]สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120
Bodin Jaijhan[1], Eakapan Jumpa[1], Phlearn Jansuya[1*] and Jirapatpong Senabut[2]
[1]Electrical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai
[2]Chemistry Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai
99 M 10 Sai khao Sub-district Phan district Chiangrai 57120
*ผู้รับผิดชอบบทความ: Jansuya@rmutl.ac.th , Jansuya@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 08-4176-8811

บทคัดย่อ
บทความนี้เป็นพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยใช้หลักการกลั่นด้วยไอน้ำ เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่พัฒนาขึ้นทำมาจากวัสดุสแตนเลสเบอร์ 316 หนา 2 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบ คือ หม้อกลั่น หม้อควบแน่น โดยระบบไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ขนาด 70 ลิตร แล้วส่งน้ำที่มีอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ไปยังหม้อกลั่นเพื่อสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงานจนน้ำอุณหภูมิถึง 70-93 องศาเซลเซียส แล้วนำไอน้ำที่ได้ไปควบแน่นในหม้อควบแน่นที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ใช้ปริมาณสมุนไพรจำนวน 5 กิโลกรัม ใช้ไพลเป็นสมุนไพรในการสกัด โดยใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 2510 วัตต์ และระยะเวลาในการกลั่น 6 ชั่วโมง ได้น้ำมันหอมระเหยจำนวน 8 มิลลิลิตร
คำสำคัญ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าควบคุมแบบอัตโนมัติ การสกัดน้ำมันหอมระเหย

Abstract
This research was focused on the development of essential oils using steam distillation. The essential oil distiller was made of stainless steel number 316, with a thickness of 2 millimeters. The components of the distiller included a refining pot and a condensing boiler with an electrical temperature control in the solar collector with a 70 liter container. Sixty to eighty degree Celsius water was transferred to the boiler, which warmed the heater to 70-93 degrees Celsius. The steam was condensed at a temperature of 20-25 degrees Celsius. Five kilograms of the herb, zingiber montanum, were used for an extraction. The total amount of power consumption was 2510 Watts. The distillation process took 6 hours to produce 5 milliliters of essential oil.
Keyword: solar collector, automatic electric control, essential oil distillation.

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาทางมลพิษที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่ทำให้มนุษย์เกิดการเจ็บป่วยและเกิดโรคที่บั่นทอนสุขภาพอนามัย เป็นต้นว่า การเกิดโรคปวดเมื่อยหรือเกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากได้รับฝุ่นละอองหรือสารพิษในอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเกิดโรคเครียดจากเครื่องจักรในแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการได้รับอันตรายจากสารพิษของขยะมูลฝอยและสภาพแวดล้อมที่ไม่พึงประสงค์ทั้งทางด้านสังคมและทางด้านปัญหาเศรษฐกิจต่างๆ ที่ทำให้เกิดความเครียดอันมากมายตามมา จึงทำให้มนุษย์หันมาสนใจในการรักษาสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการรักษาทางธรรมชาติ จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่นิยมกันมากใน และเป็นทางเลือกใหม่ในวงการทางการแพทย์

ในปัจจุบัน สุคนธบำบัด (aromatherapy) [1] เป็นการบำบัดด้วยอากาศรวมไปถึงการรักษาด้วยใช้กลิ่นหอม ซึ่งที่

สำคัญทำให้เกิดความสมดุล ซึ่งกลิ่นหอมนั้นจะมีบทบาทสำคัญในการยกระดับสภาพอารมณ์ ช่วยกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสให้รับรู้ถึงความละเมียดละไม ของความรื่นรมย์ในชีวิต อีกทั้งยังช่วยผ่อนคลายสภาพจิตใจ ให้รู้สึกเบาใจและรู้สึกปล่อยวางได้ด้วย รวมถึงฟื้นฟูทั้งสภาพร่างกาย ซึ่งในบทความนี้ได้นำสมุนไพลที่มีชื่อว่าไพลมาใช้ในการทดลอง ทั้งนี้ สรรพคุณของไพล ได้แก่ บรรเทาอาการปวดเมื่อยปวดข้อ ขับลมในท้อง บรรเทาอาการอักเสบ แก้ปวดบวม ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ทำให้ผ่อนคลาย เป็นต้น ในขณะที่พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่อยู่ในธรรมชาติซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง [2] โดยเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่จะใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้มหรือใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับขดลวดความร้อนอย่างใดอย่างหนึ่ง [3 – 6] ในการต้มน้ำเพื่อใช้ไอน้ำในการสกัดน้ำมันหอมระเหย ซึ่งประเทศไทยนั้นมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าด้วยการใช้ขดลวดความร้อนเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายให้ถูกลงโดยมีระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ แนวคิดนี้จึงอาจเป็นการส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันหอมระเหยขึ้นในชุมชนเหมาะกับการใช้งานในลักษณะของอุตสาหกรรมในครัวเรือน ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงและสามารถเพิ่มผลผลิตได้เป็นอย่างดี

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การกลั่นด้วยน้ำ (Water Distillation)

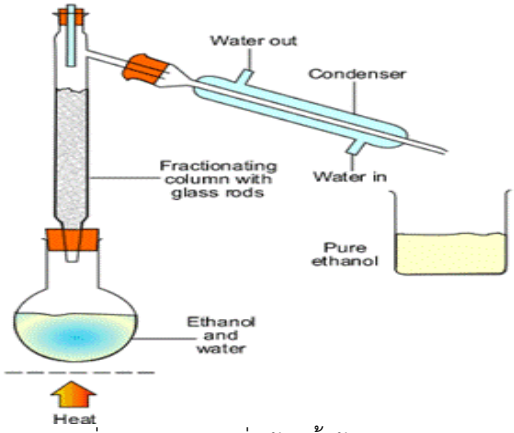
การกลั่นด้วยน้ำนั้นเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นด้วยน้ำนิยมใช้กับพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีไม่สลายตัวเมื่อถูกความร้อน ซึ่งพืชบางชนิดเบาอาจจะลอย แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น โดยการนำพืชที่ต้องการกลั่นมาใส่ในหม้อกลั่น แล้วเติมน้ำจนท่วมพืช ต้มจนน้ำเดือด เมื่อน้ำเดือดระเหยเป็นไอ ไอน้ำจะช่วยพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชออกมา เมื่อผ่านเครื่องควบแน่นไอของน้ำมันหอมระเหยจะควบแน่นเป็นของเหลวได้เป็นน้ำและน้ำมันหอมระเหยแยกออกจากกัน

2.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and Steam Distillation)

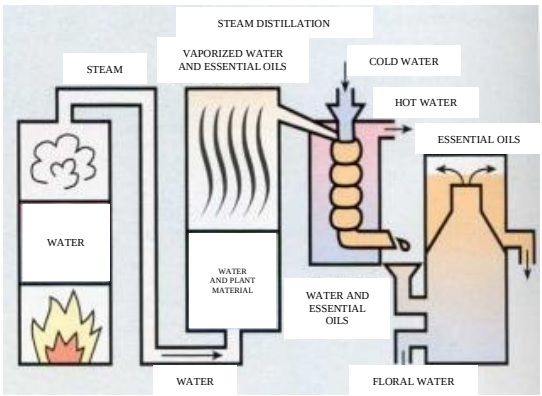
การกลั่นด้วยไอน้ำนิยมใช้กับพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีสลายตัวเมื่อถูกความร้อนโดยตรง ทำโดยนำพืชที่ต้องการกลั่นมาวางบนตะแกรงที่อยู่เหนือหม้อต้มน้ำ ให้ความร้อนจนน้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำไอน้ำจะช่วยพาน้ำมันหอมระเหยแล้วควบแน่นกลับมาเป็นน้ำกับน้ำมันหอมระเหย ดังรูปที่ 1 การกลั่นโดยวิธีนี้เรียกว่า Wet Steam พืชที่ใช้กลั่นโดยวิธีนี้จะมีคุณภาพดีกว่าวิธีการกลั่นด้วยน้ำ

2.3 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจากธรรมชาติ ที่มีความสะอาดปราศจากการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังมีปริมาณมากมายมหาศาลอยู่ทั่วทุกหนแห่งของโลก สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างไม่หมดสิ้น สำหรับการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ที่รับรังสีแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนอีกรูปแบบหนึ่งโดยมีลักษณะเป็นหลอดแก้วสองชั้น ระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศภายในเคลือบสารดูดกลืนรังสี ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำร้อนในอุณหภูมิที่สูงและสามารถทำน้ำร้อนได้ถึง 60 – 100 องศาเซลเซียส โดยมีถังพักน้ำถึง 70 ลิตร [9]



รูปที่ 1 แสดงการกลั่นด้วยน้ำร้อน [7]



รูปที่ 2 แสดงการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ [8]

ก. ด้านหน้า ข. ด้านข้าง

รูปที่ 3 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ

2.4 ขดลวดทำความร้อน

ขดลวดทำความร้อนหรือฮีตเตอร์ (heater) ที่ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวขนาด 6000 W เช่น ต้มน้ำ หรือ อุ่นน้ำมันของเหลวต่างๆ ได้เกือบทุกประเภทที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสแตนเลสซึ่งเหมาะสมทุกงานอุตสาหกรรมที่มีการอุ่น หรือต้มของเหลวหลายชนิด และยังอุ่นหรือต้มของเหลวที่เหนียวข้น เช่น อุ่นกาวยางมะตอย การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวในติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไป โดยตัวฮีตเตอร์ขนานกับพื้นตัวถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์ โผล่พ้นระดับของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไปเพราะไม่ได้ระบายความร้อนให้กับของเหลวจึงทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง

ก. รูปร่างลักษณะ ข. ตำแหน่งติดตั้ง

รูปที่ 4 ขดลวดฮีตเตอร์แบบจุ่ม

2.5 การควบคุมการทำงานของระบบโดยบอร์ดไมโครคอลโทรลเลอร์

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงานเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆ ได้มากมาย ทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระหรือเชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า Arduino สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆได้มากมายทั้งแบบ Digital และ แบบ Analog เช่น การรับค่าจากสวิตช์หรืออุปกรณ์ตรวจจับ (sensor) แบบต่างๆรวมไปถึงการควบคุมอุปกรณ์ Output ต่างๆ เช่น LED, มอเตอร์, รีเลย์

ซึ่งบทบาทการทำงานในบทความนี้กล่าวคือ การรับค่าจากไอซี DS18D20 Digital Thermometer ที่อยู่อยู่ภายในภายในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ หม้อกลั่นและหม้อควบคุม เพื่อนำไปสั่งงานในส่วนของการควบคุมโซลินอยด์ วาล์ว ฮีตเตอร์และคอมเพรสเซอร์ รวมไปถึงการแสดงค่าต่างๆ ที่กำหนดผ่านหน้าจอ LCD

ก. หน้าจอLCD ข. ตำแหน่งติดตั้ง

รูปที่ 5 บอร์ดไมโครคอลเลอร์ Arduino Mega 2560

2.6 ตัววัดอุณหภูมิ

ในปัจจุบันมีไอซีสำหรับวัดอุณหภูมิ [9] ให้เลือกใช้อยู่หลายแบบโดยแบ่งตามรูปแบบเอาต์พุตได้เป็นสองประเภท คือ ไอซีที่ให้เอาต์พุตแบบอะนาล็อก และแบบดิจิทัล โดยทั่วไปแล้วไอซีแบบดิจิทัล จะมีวงจรประเภท ADC (analog to digital) รวมอยู่ภายใน บางตระกูลหรือบางรุ่นสามารถโปรแกรมหรืออ่านค่ารีจิสเตอร์ภายในได้ ในบทความนี้กล่าวถึง การใช้งานไอซี DS18D20 Digital Thermometer จุดเด่นของไอซีในตระกูลนี้ คือ การสื่อสารด้วยสัญญาณเพียงเส้นเดียว นำอุปกรณ์หรือไอซีมาต่อกันหลายตัวเป็นบัส (Bus) ได้โดยใช้โปโตคอลสื่อสารที่เรียกว่า oneWire ซึ่งมีหน้าที่ตรวจเช็คอุณหภูมิในแต่ละส่วนแล้วบันทึกค่าที่ได้ส่งไปยังบอร์ด Arduino Mega 2560

ก. รูปร่างลักษณะ ข. ตำแหน่งติดตั้ง

รูปที่ 6 ตัววัดอุณหภูมิ

2.7 โซลินอยด์ วาล์ว

โซลินอยด์ วาล์ว (solenoid valve) [10] เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์ (relay) ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุด

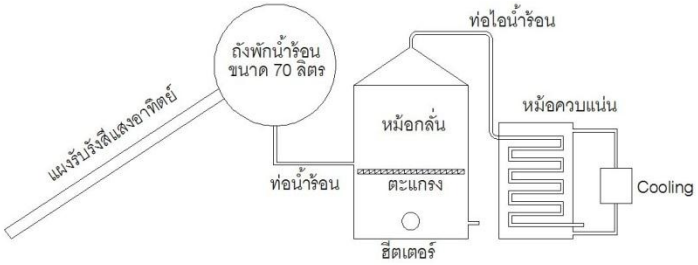
บนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็กสปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ จากหลักการดังกล่าวของโซลินอยด์ วาล์ว ก็จะนำมาใช้ในการเลื่อนลิ้นวาล์วของระบบนิวแมติกส์ การปิด-เปิด การจ่ายน้ำหรือของเหลวอื่นๆ โครงสร้างของโซลินอยด์ วาล์ว โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (single solenoid valve) และเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์ วาล์ว กลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (double solenoid valve) บทความนี้กล่าวถึงแบบเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (single solenoid valve)

รูปที่ 7 โซลินอยด์ วาล์ว

โซลีดสเตต รีเลย์ (solid-state relay) [11] เป็นรีเลย์ที่เหมาะสำหรับใช้กับงานที่ต้องการความรวดเร็วในการเปิด-ปิด (switching) และไม่มีการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัสเพราะเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งถ้าหากใช้รีเลย์ชนิดที่เป็นแบบหน้าสัมผัส (contact) อาจทำให้เกิดการ Spark ของกระแสไฟที่หน้าสัมผัส ทำให้อายุการใช้งานของรีเลย์สั้นลง โดยบทความนี้กล่าวถึง Solid-State Relay Constant Current ซึ่งโหลดฮีตเตอร์จะไม่มี Inrush Current ถ้าใช้ Solid-State Relay ที่มี Zero Cross Function จะลดปัญหาของ noise ได้ แต่โหลดชนิดนี้อาจเป็นฮีตเตอร์ที่ทำจากโลหะหรือเซรามิคซึ่งมี ความต้านทานต่ำเมื่ออุณหภูมิต่ำ เป็นเหตุให้เกิดกระแสเกินพิกัดได้ ส่งผลให้ Solid-State Relay เสียหายได้ การทำงานของโซลีดสเตต รีเลย์ ในบทความนี้ จะนำมาใช้เป็นตัวกลางในการควบคุมโซลินอยด์ วาล์ว ฮีตเตอร์และคอมเพรสเซอร์ซึ่งรับค่าสัญญาณ Digital จากบอร์ด Arduino Mega 2560

รูปที่ 8 โซลีดสเตต รีเลย์

2.8 ส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย



รูปที่ 9 ส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย

โดยข้อมูลอุปกรณ์ของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วย

- หลอดแก้วสุญญากาศ	1.90	เมตร
- ความกว้างของหลอดแก้วสุญญากาศ	1.50	เมตร
- ความหนาหลอดแก้วสุญญากาศ	0.058	เมตร
- พื้นที่รับความร้อนทั้งหมด	2.85	เมตร
- ถังพักน้ำร้อนขนาด	70.00	ลิตร
- ท่อน้ำดีถักสแตนเลสขนาด	0.50	นิ้ว
- หม้อกลั่น	110.00	ลิตร
- หม้อควบแน่น	43.00	ลิตร

2.9 การคำนวณหาขนาดของหม้อกลั่นและฝาหม้อ

ความหนาของหม้อกลั่น แรงเค้นตามแนวยาวเมื่อภาชนะคงที่ หาได้จากสมการดังนี้

$$\sigma_H = \frac{Pr}{2t} \quad (1)$$

$$t = \frac{Pr}{2\sigma_H} \quad (2)$$

ความหนาของฝาหม้อ

แรงเค้นตามแนวเส้นรอบวงเมื่อภาชนะคงที่ หาได้จากสมการดังนี้

$$\sigma_H = \frac{Pr}{t} \quad (3)$$

$$t = \frac{Pr}{\sigma_H} \quad (4)$$

โดยที่

t = ความหนาของวัสดุ (m)

P = ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะอัดความดัน (MPa)

r = รัศมีของหม้อหม้อกลั่น (m)

σ_H = ความดันภายในถังที่ออกแบบ (MPa)

การคำนวณหาความหนาของผนังหม้อต้มหม้อควบแน่นและฝาหม้อต้มโดยวัสดุที่ใช้เป็นสแตนเลส มาตรฐาน AISI เบอร์ 316 ค่าความดัน 1,000 เมกะปาสคาลที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความดัน 10.021 บาร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สมการที่ใช้ในการออกแบบคือ 2 และ 4 ตามลำดับ

$$t = \frac{Pr}{2\sigma_H}$$

$$= \frac{1.0(MPa)x0.25m}{2x1,000(MPa)}$$

$$t = 0.125 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$t = \frac{Pr}{\sigma_H}$$

$$= \frac{1.0(MPa)x0.25m}{1,000(MPa)}$$

$$t = 0.25 \text{ มิลลิเมตร}$$

ดังนั้นจะได้ความหนาของผนังหม้อกลั่นเท่ากับ 0.125 มิลลิเมตรและความหนาของฝาหม้อกลั่นเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงเลือกใช้ความหนาของผนังที่ 2 มิลลิเมตร เนื่องจากในการขึ้นรูปที่มีการเชื่อมประกอบและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

การคำนวณปริมาตรของหม้อกลั่น โดยจากสูตร

$$V = \frac{\pi r^2 h}{4} \quad (5)$$

$$V = \frac{3.14x(0.50m)^2 x0.60m}{4}$$

$$V = 0.117750 \ m^3$$

หรือเท่ากับ

$$= 118 \text{ ลิตร}$$

แต่ส่วนที่เก็บน้ำสำหรับต้มเพียง 1 ใน 4 ส่วนของถังกลั่น ดังนั้นปริมาตรของน้ำที่จะใช้ = 118/4

= 29.5 หรือประมาณ 30 ลิตร

โดยที่ V = ปริมาตรทรงกระบอก (m^3)

h = ความสูงของทรงกระบอก (m)

r = เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอก (m)

รูปที่ 10 การออกแบบหม้อกลั่นและฝา

2.10 ระบบควบแน่น

ระบบควบแน่นเป็นระบบถ่ายเทความร้อนแบบหนึ่ง ไอร้อนจากสารซึ่งไหลไปตามผนังท่อของเครื่องควบแน่นและจะถ่ายเทความร้อนให้กับตัวกลางหล่อ จะทำให้ไอร้อนสารนั้นกลั่นตัวเป็นของเหลว ตัวกลางหล่อเย็นที่นิยมใช้กันได้แก่ อากาศ น้ำและทั้งน้ำและอากาศ ตัวเครื่องควบแน่นทุกตัวมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนมากน้อยขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องควบแน่น จำนวนพื้นผิวที่จะถ่ายเทความร้อน กำลังของลมที่จะผ่าน อุณหภูมิของไหลที่ควบแน่นในเครื่องควบแน่นนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวกลางหล่อเย็น ที่ไหลผ่านเครื่องควบแน่น ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องควบแน่นและยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศที่เข้ามาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในเครื่องควบแน่น ส่วนอัตราการไหลของตัวกลางหล่อเย็นหากลดต่ำลง การไหลของตัวกลางหล่อเย็นจะเป็นแบบ สตรีมไลน์ (steam line) มากกว่าแบบทิวบูเลนท์ (turbulen) และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะต่ำ ในทางกลับกัน หากอัตราการไหลมากเกินไปความดันในเครื่องแน่นจะลดลงมาก เป็นผลให้ต้องใช้พลังงานในการหมุนเวียนตัวกลางหล่อเย็นมากขึ้น โดยการออกแบบชุดความแน่นจะมีลักษณะทรงกระบอกแนวตั้ง ภายในบรรจุท่อไอน้ำขดเป็นวงกลมหลายๆท่อ เพื่อให้ไอน้ำอยู่ในตัวควบแน่นได้มากขึ้น ชุดควบแน่นที่ด้านซ้ายมีท่อไอน้ำไหลเข้าและมีท่อสำหรับน้ำเย็นไหลออก ส่วนที่ด้านขวามีท่อนำน้ำมันหอมระเหยที่ปนกับไอน้ำไหลออกมาแล้วน้ำไปแยกน้ำมันหอมระเหย แสดงดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 การออกแบบหม้อควบแน่น

การคำนวณหาปริมาตรของหม้อควบแน่น จากสมการ

$$V = \frac{\pi r^2 h}{4}$$

$$V = \frac{3.14x(0.33m)^2 x0.50m}{4}$$

$$V = 0.042743 \ \ m^3$$

หรือเท่ากับ

$$= 43 \text{ ลิตร}$$

การคำนวณหาปริมาตรของท่อน้ำ จากสมการ

$$V = \frac{\pi r^2 h}{4}$$

$$V = \frac{3.14x(0.0176m)^2 x9.6m}{4}$$

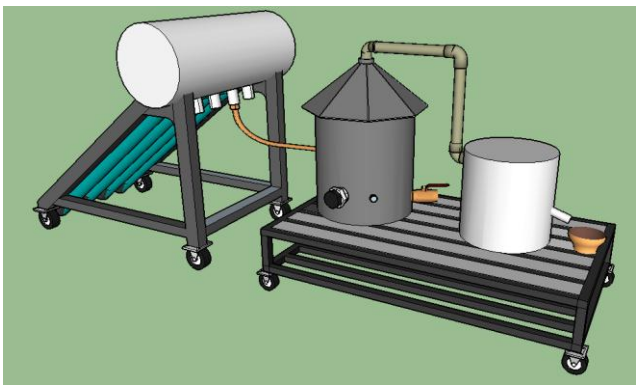
$$V = 2.33 \ \ m^3$$

หรือเท่ากับ

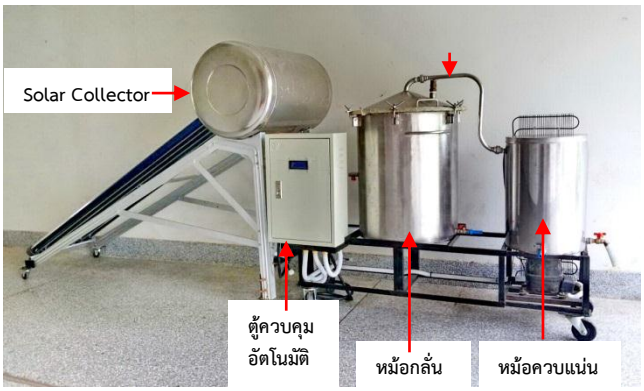
$$= 2.33 \text{ ลิตร}$$

2.10 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการทดลองนั้นการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพล โดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ด้วยวิธีการดังนี้ ขั้นตอนแรกทำการใส่สมุนไพรหรือวัตถุดิบที่เตรียมไว้โดยหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จำนวน 5 กิโลกรัม ลงในหม้อกลั่นแล้วทำการเปิดการทำงานของตู้ควบคุม จากนั้นกระบวนการการทำงานเริ่มแรกจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (solar collector) ให้ความร้อนกับน้ำปริมาณ 30 ลิตร เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ถึง 70 องศาเซลเซียส ที่มีการวัดจากเซนเซอร์อุณหภูมิหรือไอซี DS18D20 Digital Thermometer โปรแกรมการทำงานจากบอร์ด Aduino mega 2560 จะสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงาน คือ โซลิ-นอยด์ วาล์ว ทำการปล่อยน้ำปริมาณ 30 ลิตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากถังพักน้ำร้อนของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ไปยังหม้อกลั่นโดยตั้งเวลาไว้ที่ 10 นาที เพื่อทำการถ่ายเทของน้ำจากถังพักน้ำร้อนของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ จากนั้นโปรแกรมการทำงานจะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในหม้อกลั่นน้อยกว่า 90 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ 97 องศาเซลเซียส โปรแกรมจะสั่งตัดการทำงานของฮีสเตอร์ เมื่อน้ำถึงจุดเดือดจะทำให้เกิดการระเหยเป็นไอน้ำไปแทรกซึมตัววัตถุดิบ จากนั้นไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยจะรวมตัวกันแล้วถูกส่งไปยังกระบวนการควบแน่นเพื่อให้ได้น้ำรวมกับน้ำมันหอมระเหยออกมา โดยโปรแกรมจะสั่งให้กระบวนการควบแน่นด้วยคอมเพรสเซอร์ทำงานควบคุมอุณหภูมิน้ำในหม้อควบแน่นตั้งแต่ 20–25 องศาเซลเซียส โดยไม่ให้มีอุณหภูมิภายในหม้อควบแน่นเกิน 25 องศาเซลเซียส และจะตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิในหม้อควบแน่นเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส โดยวัดจากเซนเซอร์อุณหภูมิหรือไอซี DS18D20 Digital Thermometer โดยระบบการทำงานเป็นแบบระบบควบคุมปิด ซึ่งระบบควบคุมที่มีการทำงานของระบบขึ้นอยู่กับสภาวะทางเอาท์พุต



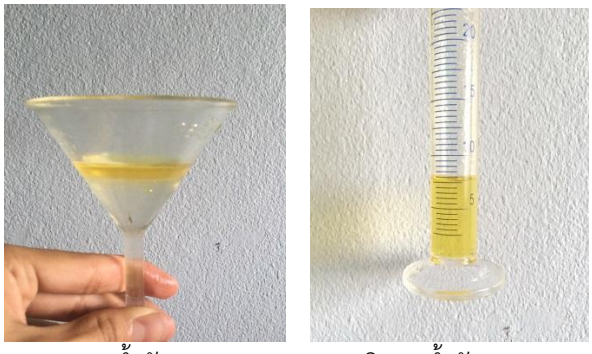
รูปที่ 12 การออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์



รูปที่ 13 การสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรร่วมกับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

หลังจากกระบวนการกลั่นเสร็จสมบูรณ์ได้ทำการแยกน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นออกจากน้ำโดยใช้กรวยกรอง จะสังเกตได้ว่าน้ำมันจะลอยขึ้นเหนือน้ำเพราะน้ำมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจึงทำให้น้ำมันเบากว่าน้ำ และได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจำนวน 8 มิลลิลิตร



ก) การแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำ ข) ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

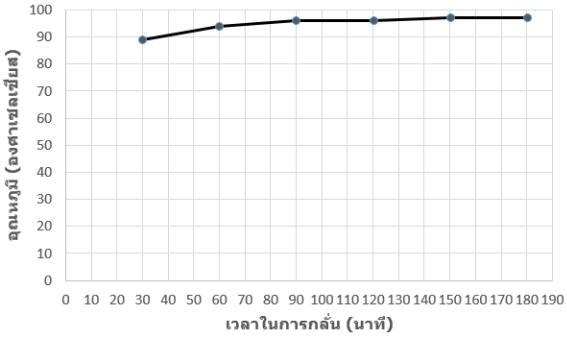
รูปที่ 14 การแยกน้ำมันหอมระเหย

จากรูปที่ 14 เมื่อทำการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำโดยการใช้กรวยกรอง และนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาใส่ในภาชนะเพื่อทำการวัดประมาณของน้ำมันหอมระเหย จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่น 6 ชั่วโมง จะได้ปริมาณน้ำมันหอมะเหย 8 มิลลิลิตร ต่อสมุนไพรจำนวน 5 กิโลกรัม

ตารางที่ 1 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพล

เวลาในการกลั่น (นาที)	อุณหภูมิในการกลั่น (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (มิลลิลิตร)
30	89	1.6
60	94	2.8
90	96	3.6
120	96	4.0
150	97	4.7
180	97	8.0

จากตารางที่ 1 แสดงผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่มีการควบคุมอุณหภูมิการกลั่นตั้งแต่ 89–97 องศาเซลเซียส และได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 8 มิลลิลิตร โดยมีการควบคุมอุหภูมิแสดงได้ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 อุณหภูมิการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลใน 6 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้พลังงานก๊าซหุงต้มในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยในการกลั่น 6 ชั่วโมง

พลังงาน	จำนวนที่ใช้	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
น้ำประปา	2.0 หน่วย	5.0	10
ก๊าซหุงต้ม	3.7 กิโลกรัม	24	90
รวม			100

จากตารางที่ 2 แสดงการใช้ปริมาณพลังงานก๊าซหุงต้มที่ใช้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมีค่าใช้จ่าย 100 บาทต่อครั้ง โดยราคาก๊าซหุงต้ม

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยในการสกัด 6 ชั่วโมง

พลังงาน	จำนวนที่ใช้	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
น้ำประปา	2 หน่วย	5.00	10.00
ไฟฟ้า	21 หน่วย	3.96	83.16
รวม			93.16

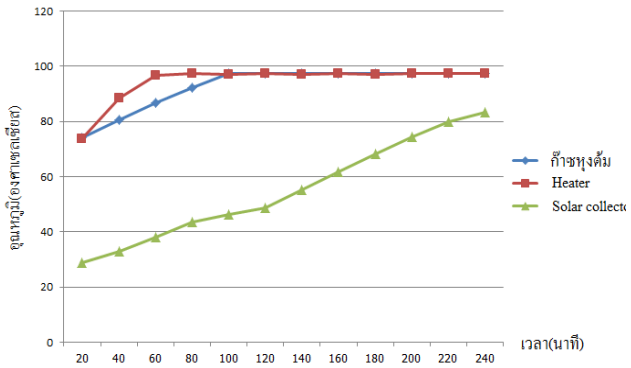
จากตารางที่ 3 แสดงการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมีค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานทั้งหมดเท่ากับ 93.16 บาท ในกการกลั่นต่อครั้ง เมื่อเรานำพลังงานความร้อนจากตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจะเสียค่าใช้จ่ายเพียง 74.94 บาท ซึ่งลดค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานก๊าซหุงต้มและพลังงานไฟฟ้าถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4 เป็นผลการทดสอบและเปรียบเทียบอุณหภูมิในการต้มน้ำปริมาณ 12 ลิตรของพลังงานแต่ละรูปแบบ พบว่าการต้มน้ำโดยใช้พลังงานก๊าซหุงต้มและการใช้พลังงานจากขดลวดทำความร้อนหรือฮีตเตอร์ (heater) มีอุณหภูมิสูงสุดที่เท่ากัน ส่วนการต้มน้ำด้วยตัวเก็บรังสี

แสงอาทิตย์สามารถต้มน้ำได้ถึง 83.4 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการต้ม 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่างๆ ในการต้มน้ำปริมาณ 12 ลิตร

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)		
	ก๊าซหุงต้ม	Heater	Solar Collector
20	74.2	73.8	28.9
40	80.6	88.4	32.8
60	86.7	96.8	38.2
80	92.3	97.4	43.6
100	97.5	97.2	46.4
120	97.4	97.3	48.7
140	97.5	97.2	55.1
160	97.5	97.4	61.7
180	97.4	97.2	68.2
200	97.3	97.3	74.6
220	97.4	97.4	79.8
240	97.5	97.3	83.4



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่างๆ ในการต้มน้ำ

จากรูปที่ 16 เป็นการแสดงกราฟการเปรียบเทียบสำหรับการให้พลังงานในการต้มน้ำ ในแต่ละชนิดโดยจะมีการให้พลังงานความร้อนจากการใช้ก๊าซหุงต้ม ฮีตเตอร์และตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ จะสังเกตได้ว่าการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้มและฮีตเตอร์จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นพลังงานที่สิ้นเปลือง แต่ให้ประสิทธิภาพได้มากกว่าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ส่วนการใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์จะให้ความร้อนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เวลาในการทำความร้อน 4 ชั่วโมง

4. บทสรุป

จากการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยไอน้ำของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ตัวรับรังสีความร้อนแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน (Heater) ใช้ปริมาณสมุนไพร 5 กิโลกรัม ใช้ไพลเป็นสมุนไพรในการสกัดและใช้น้ำในการต้ม 30 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิในส่วนของหม้อกลั่นตั้งแต่ 70 - 97 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 6 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจำนวน 8 มิลลิลิตร สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์จากการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้มและฮีตเตอร์

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้ให้การสนับสนุนการทำวิจัยนี้เป็นอย่างสูง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Prats. SM, and Jimenez, A. (2003). Essential oil: analysis by Gc. Edited by Cazes, J.InEncyclopedia of chromatography. 2nd ed., *CRC Press*.

[2] McGuinness, H. (2003). *Aromatherapy therpy basic. 2nd ed.*, Hodder & Stoughton, London

[3] กนกวรรณ ปรีชารัตน์, เกตุวดี ใจปัญญา, *การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้หอม*, ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราช-ภัฏนครศรีธรรมราช, 2547.

[4] ธีรศิลป์ ชมแก้ว, *การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่นและกลั่นด้วยไอน้ำ*, ปริญญาวิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.

[5] ธนาภรณ์ มารมย์, วพรทิพย์ แผ่นทอง, *การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากข่า*, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร-บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต, 2553.

[6] สราวุฒิ สมนาม, *เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยต้นแบบประยุกต์จากเครื่องกลั่นสุราพื้นบ้าน*, ปริญญาวิทยา-ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 2555.

[7] ASHRAE STANDARD 93-77, Method of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors, 1981

[8] Ranjitha. J, and Vijiyalakshmi. S.(2014). *Facile methods For the exteraction of essential oil for the plant species*, VIT University in India

[9] Xiong, F.(2015). *Wireless temperature sensor network based on DS18B20, CC2420*, MCU AT89S52, Dept. of Inf. Eng,

Sichuan Tianyi University, Chengdu, China

[10] Song, X.L. (2009). Solenoid Valve Switching Characteristic Test System Design, Coll. of Electr. Eng. & Inf. Sci., Hebei Univ. ofSci. & Technol., Shijiazhuang, China

[11] Verma, N. (2015). Implementation of Solid State Relays for Power System Protection, *International Journal of scientific and technology*, vol.4.