

การออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด

Designing and constructing an essential oil distiller with Closed-Loop Control

นิติพงษ์ สมไชยวงศ์^{1*}, จิรพงศ์ พิบุตศิลป์², ธีรภัทร์ อินแจ้³, และพงศ์สิริ ไชยคำ⁴

Nitipong Somchaiwong^{1*}, Jerapong Phiboonsin², Theerapat Injae³, and Pongsiri Chaikam⁴

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย^{1*,2,3,4}

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai ^{1*,2,3,4}

E-Mail : nitipong@rmu.ac.th^{1*}, jirapong19975@gmail.com², theerapater@gmail.com³, artlingza@hotmail.com⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด และ 2) ศึกษาผลการทดลองใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด ทำการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจาก ตะไคร้โดยทำการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิหอกลั่นน้ำมัน ที่ 100°C และควบคุมอุณหภูมิถังควบแน่นไม่เกิน 30°C

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด พบว่าเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบชุดปิด ประกอบด้วยควบคุมอุณหภูมิ 2 ส่วน ได้แก่ ชุดควบคุมอุณหภูมิหอกลั่นน้ำมันหอมระเหย และชุดควบคุมอุณหภูมิถังควบแน่นโดยใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (PID Control) และ 2) การศึกษาผลการทดลองใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุม และชุดควบคุมอุณหภูมิถังควบแน่นทำงานแบบปิด พบว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับสามารถควบคุมอุณหภูมิในหอกลั่นน้ำมัน ที่ 100°C ให้คงที่ตลอดระยะเวลาทำการทดสอบ และควบคุมอุณหภูมิในถังควบแน่นเฉลี่ยที่ 19.73°C เมื่ออุณหภูมิในหอกลั่นน้ำมันคงที่ที่ 100°C

คำสำคัญ : ควบคุมแบบปิด, ควบคุมอุณหภูมิ, แผงระบายความร้อน

ABSTRACT

The purposes of the research were to develop the essential oil distiller with closed-loop control, and to study the results of the experiment using the temperature control unit of the essential oil distiller with closed-loop control. The intervention was performed by a test of distillation of essential oils from lemongrass. The oil distillation tower temperature was controlled at 100°C and the condensing tank temperature was not more than 30°C.

The research findings showed that 1) the development of the essential oil distiller with closed-loop control consisted of a temperature control unit with two parts: the temperature control unit for the essential oil distillation tower and the feedback control (PID control) of the condensing tank, and 2) the results of the experiment using the temperature control unit for the essential oil distillation tower and the condensing tank temperature controller showed the feedback control system which was able to control the average temperature in the condensing tank at 19.73°C and the temperature in the distillation tower was maintained at 100°C.

Keywords : closed-loop control, temperature control, cooling pad

บทนำ

กระทรวงสาธารณสุขร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ร่วมจัดทำแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564 ประกอบด้วย วิสัยทัศน์ ยุทธศาสตร์ มาตรการ และแผนงานต่าง ๆ ที่ครอบคลุมการพัฒนาสมุนไพรไทยตั้งแต่ต้นทาง กลางทาง และปลายทาง เพื่อให้ใน 5 ปี ข้างหน้าประเทศไทยจะเป็นประเทศส่งออกวัตถุดิบสมุนไพรคุณภาพและผลิตภัณฑ์สมุนไพรชั้นนำของภูมิภาคอาเซียน รวมทั้งเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสมุนไพรไทยในตลาดทั้งในและต่างประเทศอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ นำมาสู่ความมั่นคงทางสุขภาพและความยั่งยืนของเศรษฐกิจไทยต่อไป [1] การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรถูกนำมาใช้ทางการแพทย์ เช่น ส่งเสริมการนำน้ำมันหอมระเหยผสมในอาหารปลา เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และความต้านทานโรคของปลานิล ได้ใช้น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*) มะกรูด (*Citrus hystrix*) และสะระแหน่ (*Mentha cordifolia*) ผสมในอาหารที่ระดับ 0.5 ml/kg พบว่าผลต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด และมีแนวโน้มของอัตราการรอดจากการติดเชื้อที่สูงขึ้นในปลานิล [2] รวมถึงการพัฒนาใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร เช่น สะระแหน่ญวน ที่มีคุณสมบัติความเป็นพิษต่อระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย อีกทั้งยังมีราคาถูก [3] น้ำมันหอมระเหยโดยทั่วไป จะได้จากเครื่องกลั่นที่มีขนาดใหญ่ นำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง ทำให้กลุ่มอุตสาหกรรมระดับกลาง ลงมาถึงระดับครัวเรือนไม่มีศักยภาพในการแข่งขัน จึงเกิดงานวิจัยที่พัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ประยุกต์หลักการการกลั่นด้วยไอน้ำจากเครื่องกลั่นสุราพื้นบ้าน ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม และผิวมะกรูด พบว่าองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นที่พัฒนาขึ้น และที่มีจำหน่ายทั่วไป ได้ผลที่สอดคล้องกัน [4] จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีปัจจุบันการนำรูปแบบระบบควบคุมแบบอัตโนมัติมาใช้ร่วมกับงานทางด้านการเกษตรสามารถลดภาระการใช้แรงงานคน ทำให้การทำงานง่ายขึ้น ด้วยการใช้อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) ต่าง ๆ เช่น ตัวตรวจวัดระดับน้ำ ทำงานร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาใช้ในการควบคุม อัตราการไหลของน้ำสำหรับเพาะปลูกแบบอัตโนมัติเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน เป็นต้น [5] เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ใช้หลักการกลั่นด้วยไอน้ำมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คือทำการรักษาระดับอุณหภูมิของหม้อต้ม ให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 60 – 80 องศาเซลเซียสโดยใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า พบว่าระดับอุณหภูมิที่วัดได้จากหม้อต้มอยู่ระหว่าง 70-93 องศาเซลเซียส ทดลองใช้กับไพล จำนวน 5 กิโลกรัม ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 2510 วัตต์ และระยะเวลาในการกลั่น 6 ชั่วโมงได้น้ำมันหอมระเหยจำนวน 8 มิลลิลิตร [6]

ดังนั้นจากความสำเร็จและ ปัญหาข้างต้น จึงได้ทำทางการพัฒนา เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ ที่มีความสามารถทำการควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้รูปแบบการควบคุมแบบ พีไอดี ควบคุมอุณหภูมิหม้อกลั่นน้ำมันหอมระเหยและ อุณหภูมิระบบระบายความร้อนถังควบแน่น ให้คงที่ได้ตามต้องการ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ที่ต้องการอุณหภูมิ ในการกลั่น ที่แตกต่างกัน ได้อย่างเหมาะสม

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด
- 1.2 เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรศิลป์ ขมแก้ว [7] ได้ศึกษา การพัฒนาเครื่องกลั่นและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงพันธุ์ไทยโดยใช้วิธีการต้มกลั่นและกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ปริมาณสูงสุดคือการสกัดแบบต้ม กลั่นโดยใช้ขิงสดป่นละเอียดอัตราส่วนของขิงโดยมวลต่อน้ำหนัก 0.1 : 1 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 15 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัด 60 นาที สุรศักดิ์ คะเนรีว [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำ และน้ำผสมสารแขวนลอยในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขัด ตัวแปรที่

ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำ และน้ำผสมสารแขวนลอยในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อชุด เมื่ออัตราส่วนของน้ำผสมสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมลดลง นฤเบศร์ หนูไผ่เพชร, วิวัฒน์ คล่องพานิชิม และสิทธิชัย วงศ์หน่อ [9] ได้ทำการศึกษาชุดควบแน่นของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบท่อชุด และสร้างชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อชุดโดยใช้ท่อสเตนเลส เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบใช้ชุดควบแน่นแบบท่อชุด ที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นในกระบอกที่ไหลสวนทางกันสามารถทำงานได้ดี โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คืออัตราการไหลของน้ำเย็น โดยได้ทำการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิของน้ำเย็นและกำหนดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่าน หอกกลั่นน้ำมันหอมระเหย ที่ 300, 400 และ 500 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าอัตราการไหลของน้ำส่งผลต่อการควบแน่นของหอกกลั่นน้ำมันหอมระเหย โดยที่อัตราการไหลของน้ำที่ได้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุดคือที่ 300 ลิตรต่อชั่วโมง และให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ 7.8 มิลลิลิตร วิเศษ มะฆา และธนา ราชภักดิ์ [10] ได้ศึกษาการพัฒนาการควบคุมแบบ เปิด/ปิด โดยการนำการควบคุมแบบ PID ไปควบคุมอุณหภูมิในในระบบทางความร้อนแบบเปิดที่มีการไหลเวียนของน้ำอยู่ตลอดเวลา พบว่าระบบที่ควบคุมโดย PID ได้ค่าโอเวอร์ชูตต่ำสุด และค่าความผิดพลาด ณ สถานะอยู่ตัวของระบบ น้อยที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิหอกกลั่นน้ำมันหอมระเหย
- 1.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิถังควบแน่น

2. ทฤษฎี

2.1 การคำนวณเกี่ยวกับหอกกลั่นน้ำมันหอมระเหย

ออกแบบหอกกลั่นหมุนไพรปริมาตร 40 ลิตร สามารถกลั่นได้สูงสุดครั้งละไม่เกิน 4-5 กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร มีความสูงของถังถึง 50 เซนติเมตร

2.1.1 การคำนวณหาปริมาตรของหอกกลั่น

โดยใช้สมการ

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4} \quad (1)$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} V &= \frac{3.14 \times (0.32)^2 \times 0.50}{4} \\ &= 40 \text{ L} \end{aligned}$$

2.1.2 ปริมาตรความดัน ภายในพื้นที่ปิด

โดยใช้สมการ

$$P = \rho \times g \times h \quad (2)$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} P &= (1 \times 10^3) \times 9.81 \times 0.12 \\ &\approx 0.012 \text{ bar} \end{aligned}$$

2.1.3 คำนวณหาพลังงานในการต้มน้ำให้เดือด

โดยใช้สมการ

$$\begin{aligned}
 Q &= m(u_1 - u_2) \\
 &= 7.8(0.4184 - 0.1046) \\
 &= 2.44764 \text{ KJ. หรือ } = 0.5846 \text{ Kcal.} \\
 &= 2,104.56 \text{ Kcal/Hr.}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

2.2 การคำนวณเกี่ยวกับการควบแน่นการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

ระบบควบแน่นเป็นการถ่ายเทความร้อนจากไอร้อนไหลไปตามผนังท่อของเครื่องควบแน่น และจะถ่ายเทความร้อนให้กับตัวกลางหล่อเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลว ตัวกลางหล่อเย็นที่นิยมใช้กัน ได้แก่ น้ำ และน้ำ โดยไอน้ำที่ไหลผ่านระบบควบแน่น จะกลายbecมน้ำมันหอมระเหยปนกับน้ำ

2.2.1 การแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่อง

การหาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำหล่อเย็น และไอน้ำที่ได้จากหม้อกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาด 40 ลิตร ทดสอบที่อุณหภูมิ 24°C ถึง 44°C ที่ใช้เวลาทำการทดสอบ 1 ชั่วโมง 45 นาที จากสมการ

$$Q = MC_p \Delta t \tag{4}$$

เมื่อ

$$\Delta t = (44 - 24) = 20^{\circ}\text{C}$$

แทนสูตร

$$\begin{aligned}
 Q &= 3.15 \text{ kg} \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{kg} (^{\circ}\text{C})} \right) (20^{\circ}\text{C}) \\
 Q &= 263.34 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

พลังงานที่ใช้ทั้งหมดในการทำความเย็นน้ำหล่อเย็นชุดควบแน่น 1 ชั่วโมง 45 นาที

$$263.34 \text{ kJ} / 6300 \text{ min} = 42.8 \text{ W}$$

จะได้

$$42 \text{ W} \times 3.4121 = 146.037 \text{ BTU / h}$$

เลือกใช้คอมเพรสเซอร์ขนาด 470.875 BTU / h

2.2.2 ปริมาตรของถังควบแน่น

การคำนวณหาปริมาตรของถังควบแน่นขนาดของถังควบแน่นควบแน่น 4 นิ้ว สูง 25 เซนติเมตร หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}
 V &= \pi r^2 h \\
 V &= \pi \times 5.08^2 \times 25 = 2,027.64 \text{ cm}^3
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

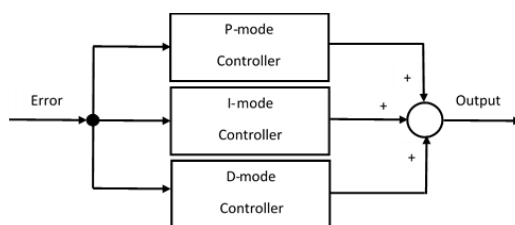
จะได้ความจุคอนเดนเซอร์

$$= 2.027 \text{ L}$$

2.2.3 หลักการควบคุมแบบ พีไอดี

การควบคุมแบบพีไอดี เป็นระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID controller) ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนได้แก่ Proportional (P) หมายถึงการปรับสัญญาณแบบสัดส่วน, Integral (I) หมายถึง การอินทิเกรตสัญญาณ และ Derivative (D) หมายถึง การอนุพันธ์สัญญาณ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้ จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบตามสมการ

$$Output = K_p e + K_I \int_0^t edt + K_D \frac{de}{dt} \quad (6)$$



ภาพที่ 1 การควบคุมแบบ พีไอดี

จากภาพที่ 1 แสดงการควบคุมชนิด พีไอดี นำมาต่อใช้งานร่วมกันสามารถกำหนดให้ใช้งานได้แบบชนิดเดียว (P, I, หรือ D) หรือแบบสองชนิดรวมกัน (PI หรือ PD) โดยสามารถเลือกแบบในการทำงานได้ ด้วยการกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวควบคุมที่ไม่ต้องการใช้งานให้เป็นศูนย์

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยระบบปิด

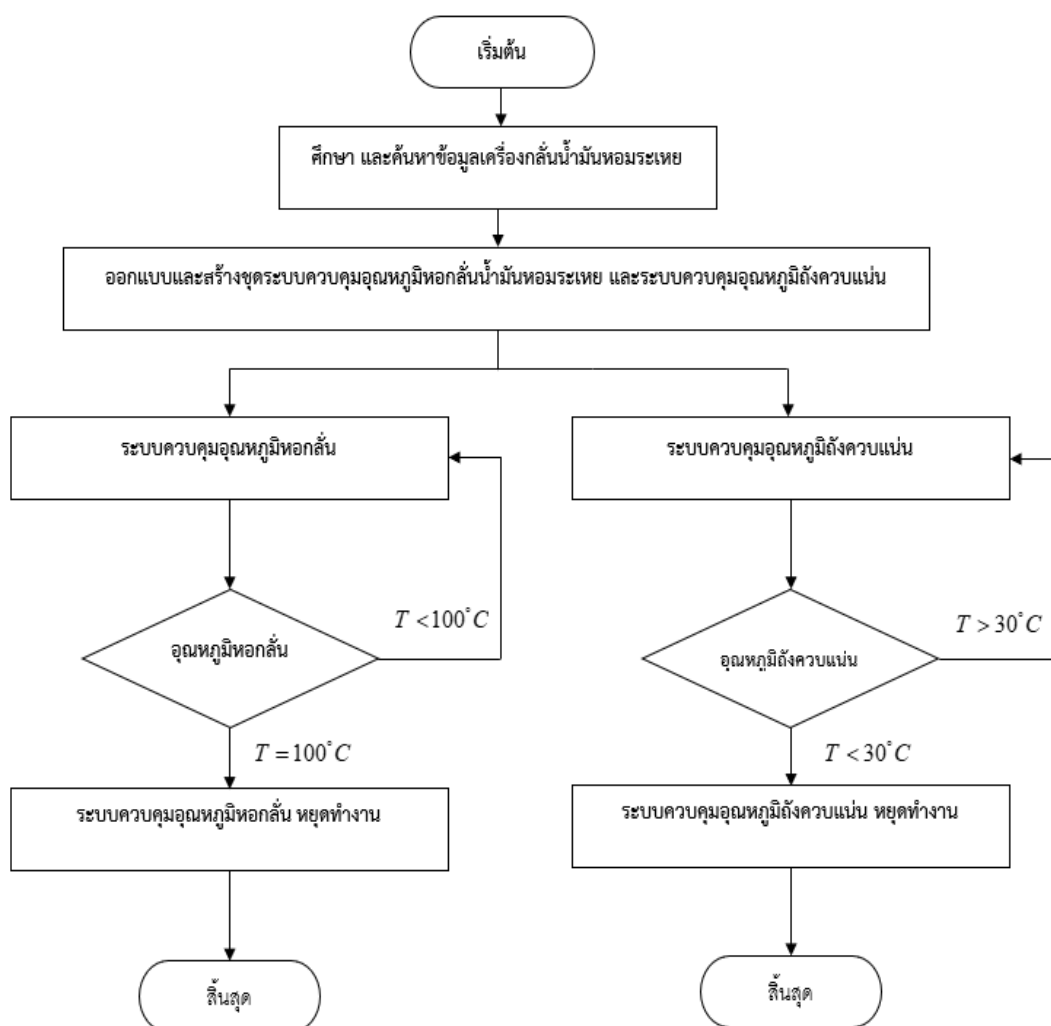
ออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย แยกเป็นสองระบบ คือระบบกลั่นน้ำมันหอม ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี ทำหน้าที่กลั่นน้ำมันหอมระเหย ให้กลายเป็นไอ ผ่านไปยังชุดควบแน่น และระบบควบแน่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของไอน้ำจากชุดกลั่นให้กลายเป็นของเหลว เพื่อแยกน้ำมันหอมระเหย กับน้ำออกจากกัน โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรอยู่ที่ 100°C และอุณหภูมิในระบบควบแน่น ไม่สูงเกิน 30°C [7]

3.2 การสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

สร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด โดยมีอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ในส่วนชุดกลั่น และชุดควบแน่น มาประมวลผล เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ใน ช่วงอุณหภูมิที่กำหนด และทดสอบการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้ตลอดระยะเวลาในการทดสอบ ตามที่ออกแบบไว้

3.3 การทดสอบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

ทำการทดสอบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด คือ ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิ ของ ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย โดยตั้งค่าไว้คงที่ที่ 100°C เป็นเวลา 45 นาที บันทึกผลการควบคุม และทดสอบการควบคุมอุณหภูมิในระบบควบแน่น โดยควบคุมให้ อุณหภูมิ ไม่สูงเกิน 30°C ตลอดช่วงของการทำงาน และบันทึกผลการควบคุม นำผลที่ได้งานการทดสอบ มาสรุปผลการวิจัย



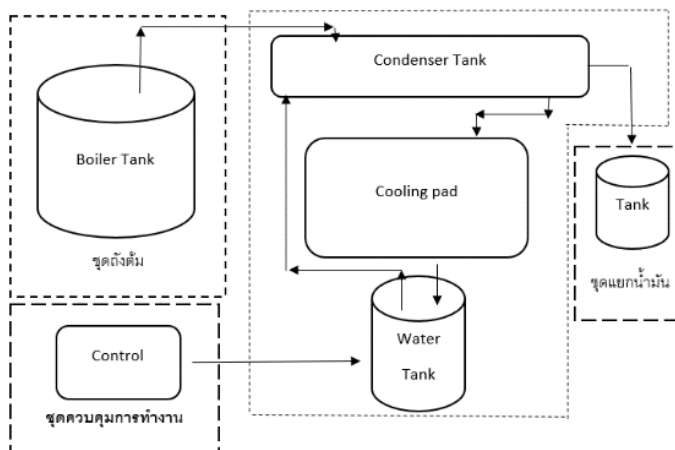
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

จากภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด ทำการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย และทำการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย แยกเป็นสอง ระบบ คือระบบกลั่นน้ำมันหอมระเหย และชุดควบคุมชุดควบคุม โดยจะรับค่าอุณหภูมิจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ DS18B20 จากหม้อต้มในชุดกลั่น และชุดควบคุม ทำการตรวจสอบโดยอุปกรณ์ประมวลผล Arduino MEGA 2560 R3 อุณหภูมิหม้อต้มในชุดกลั่นที่ $100^{\circ}C$ และรับอุณหภูมิจากชุดควบคุมที่ $30^{\circ}C$ หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ระบบกลั่นน้ำมันหอมระเหย และระบบควบคุมชุดควบคุม ทำงานจนกว่าจะเป็นไปตามเงื่อนไข ตลอดช่วงเวลาในการทดสอบ

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด

1.1 ผลการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิดประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบปิด สำหรับกลั่นน้ำมันหอม และชุดควบคุมอุณหภูมิถึงควบแน่นแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

จากภาพที่ 3 การออกแบบโครงสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยระบบปิด โดยแยกเป็นเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย (Boiler) และชุดควบแน่นชุดควบแน่น (Condenser Tank) โดยจะรับค่าอุณหภูมิจากอุปกรณ์ตรวจจับ จากหม้อต้มในชุดกลั่น เพื่อให้สามารถรักษาระดับอุณหภูมิคงที่ ตลอดระยะเวลาในการทดสอบ และรับอุณหภูมิจากชุดควบแน่น เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำอุณหภูมิต่ำ เข้าสู่ชุดควบแน่นเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิ ไม่เกิน 30°C สำหรับการเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว เพื่อแยกน้ำจากน้ำมันหอมระเหยแสดงดังภาพที่ 4

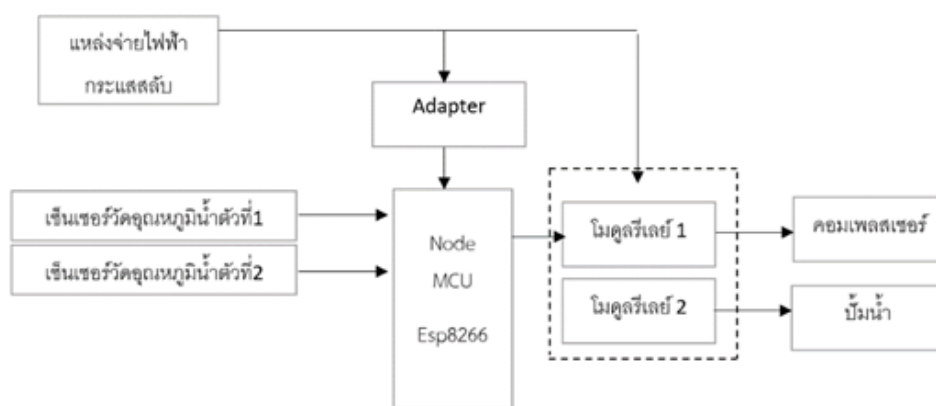


ภาพที่ 4 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

จากภาพที่ 4 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด ประกอบด้วย ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหยใช้พลังงานความร้อนจาก ก๊าซหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas) และชุดควบแน่นใช้ชุดทำความเย็นแบบโรตารี (Compressor) พร้อมแผงระบายความร้อน (Cooling Pad) ขนาด ½ แรงม้า

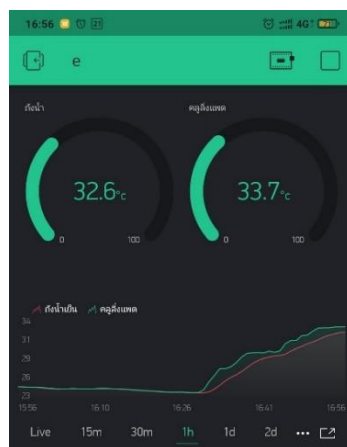
1.2 ผลการพัฒนากระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยระบบปิด

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยระบบปิดตามขั้นตอนการวิจัย พบว่าระบบควบคุมที่ทำงานโดยมีอุปกรณ์ตรวจจับ อุณหภูมิในส่วนชุดกลั่น และชุดควบแน่นมาประมวลผลด้วยวิธีการควบคุมแบบ พีไอดี สามารถทำงานร่วมกันได้ตลอดระยะเวลาในการทดสอบตามขอบเขตอุณหภูมิที่กำหนดแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ระบบควบคุมอุณหภูมิเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

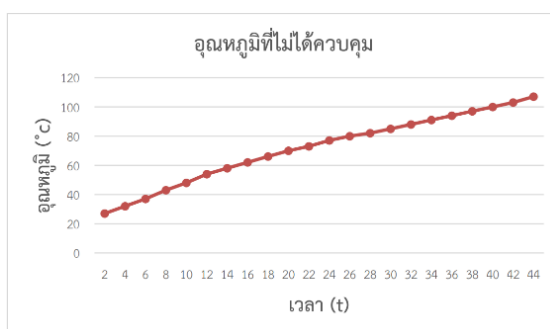
จากภาพที่ 5 พบว่าเมื่อระบบควบคุมทำการรับค่า อุณหภูมิในส่วนชุดกลั่น และชุดควบแน่น ชุดประมวลผลจะทำการปรับมอเตอร์ วาล์ว (Motorized Valve) ให้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ต้องการ โดยใช้หลักการปรับแต่งค่าตามหลักการของ Ziegler and Nichols โดยพิจารณาจากค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ทำการปรับค่า K_I และ K_D เป็นศูนย์ เพิ่มค่า K_P จนกระทั่งสัญญาณขาออกเกิดการตอบสนองชนิด “quarter amplitude decay” จากนั้นเพิ่ม K_I และ K_D จนกระทั่งลูปอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สามารถควบคุมอุณหภูมิของระบบได้ตามที่ต้องการแสดงตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อุณหภูมิเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด

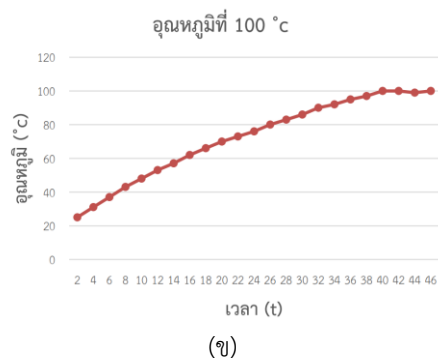
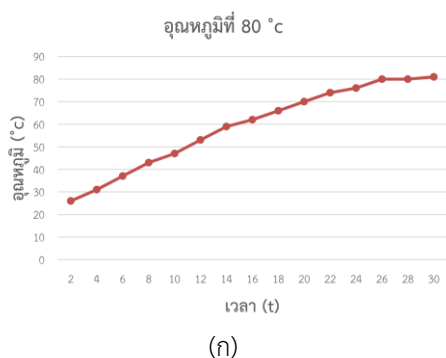
จากภาพที่ 6 แสดงอุณหภูมิเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด แสดงผล และควบคุมผ่านทาง มือถือ ด้วยการเขียนโปรแกรมบน ESP8266 รับค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ DS18B20 แสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk บนมือถือ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

1.3 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบ ปิดพบว่าจากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ มาทำการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิหากลั่นของเครื่องกลั่น น้ำมันหอมระเหย โดยยังไม่ใช้การควบคุมระบบปิด แบบพีไอดี



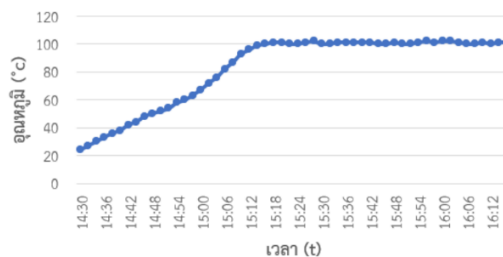
ภาพที่ 7 ผลการทดสอบชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ควบคุมด้วยระบบเปิด

จากภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ควบคุมด้วยระบบเปิด โดยยังไม่ทำการควบคุมอุณหภูมิในชุดกลั่น ระบบสามารถทำอุณหภูมิในชุดกลั่นได้สูงสุดที่ 110°C



ภาพที่ 8 ผลการทดสอบชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี

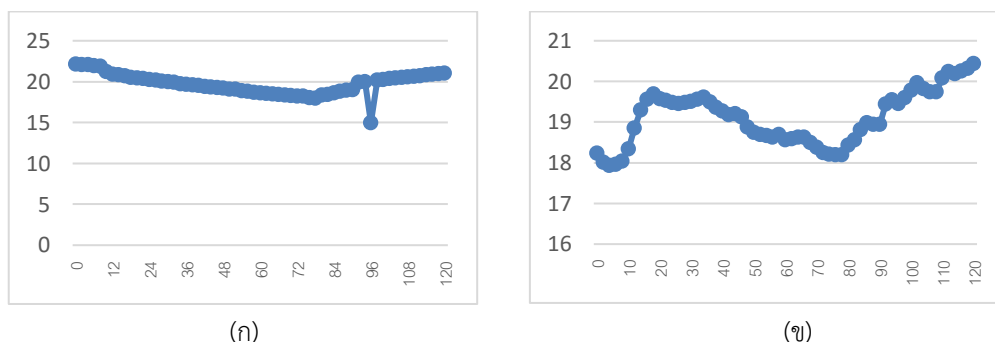
จากภาพที่ 8 แสดงผลการทดสอบชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี ภาพที่ 8(ก) ทำการทดสอบระบบควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี โดยกำหนดค่าควบคุมที่ 80°C และภาพที่ 8(ข) ทำการทดสอบระบบควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี โดยกำหนดค่าควบคุมที่ 100°C ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิในหม้อต้ม ของชุดกลั่นให้คงที่ได้ตามที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 9 ผลการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี

จากภาพที่ 9 ผลการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิในหม้อต้ม ของชุดกลั่นให้คงที่ ได้ตามที่ออกแบบไว้ที่ 100°C

ทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิถึงควบแน่นน้ำมันหอมระเหย ตามขั้นตอนการวิจัย โดยใช้น้ำอุณหภูมิต่ำที่ได้จากชุดทำความเย็นแบบโรตารี (Compressor) พร้อมแผงระบายความร้อน (Cooling Pad) ขนาด ½ แรงม้า นำไปหมุนเวียนในชุดควบแน่น เพื่อควบคุมอุณหภูมิในชุดควบแน่นไม่เกิน 30°C ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 อุณหภูมิน้ำที่ผ่านชุดควบแน่น และอุณหภูมิถึงน้ำเย็น

จากภาพที่ 10(ก) แสดงอุณหภูมิน้ำที่ได้จากชุดทำความเย็นแบบโรตารี พร้อมแผงระบายความร้อน ที่ใช้เวลาของการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ 1 ชั่วโมง 45 นาที แสดงให้เห็นถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากการแลกเปลี่ยนความร้อน จากชุดควบแน่น สามารถรักษาอุณหภูมิชุดทำความเย็น เฉลี่ยอยู่ที่ 20.38 °C และภาพที่ 10(ข) แสดงอุณหภูมิน้ำที่ได้จากชุดควบแน่น สามารถรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยในชุดควบแน่นที่ 19.73 °C ได้น้ำมันหอมระเหย 5 mL ใช้ปริมาณตะไคร้ 2.5 KG กลั่นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที

2. ผลการทดลองใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด

การทดลองใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมแบบปิด พบว่า ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยมีความสามารถในการลดอุณหภูมิของไอ ที่ได้จากหม้อต้มที่มีอุณหภูมิสูงที่ 100 °C ให้ลดลงหมุนเวียนในชุดควบแน่นไม่เกิน 30 °C โดยสามารถรักษาอุณหภูมิในชุดควบแน่น เฉลี่ยที่ 19.73 °C เพียงพอสำหรับการแยกตัวของของเหลวจากกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่น

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมระบบปิด ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ 1) ระบบควบคุมอุณหภูมิหอกลั่นน้ำมันหอมระเหย และ 2) และชุดควบคุมอุณหภูมิถังควบแน่น โดยได้นำระบบควบคุมอัตโนมัติ ด้วยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย และชุดควบแน่นน้ำมันหอมระเหย และใช้การควบคุมระบบปิด แบบพีไอดี ในการควบคุมอุณหภูมิ ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหยให้มีค่าคงที่ที่ 100°C ให้เหมาะสมกับการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ และชุดควบแน่นน้ำมันหอมระเหย ให้มีอุณหภูมิ หมุนเวียนในชุดควบแน่นไม่เกิน 30°C ซึ่งระบบสามารถรักษาอุณหภูมิในชุดควบแน่น เฉลี่ยที่ 19.73°C เพียงพอสำหรับการแยกตัวของของเหลวจากกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ ซึ่งสอดคล้องกับ บุญธ วสุรีย์ และธานีล ม่วงพูล [5] ได้นำรูปแบบระบบควบคุมแบบอัตโนมัติมาใช้ร่วมกับงานทางด้านการเกษตร ด้วยการใช้อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) วัดระดับน้ำ ทำงานร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม อัตราการไหลของน้ำสำหรับแพะไล่ทุ่งแบบอัตโนมัติเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน สอดคล้องกับ นฤเบศร์ หนูไผ่เพชร, วิวัฒน์ คล่องพานิช, และสิทธิชัย วงศ์หน่อ [9] ได้ทำการศึกษาชุดควบแน่นของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบท่อชุด ใช้ชุดควบแน่นแบบท่อชุดแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นในกระบอกที่ไหลสวนทางกันสามารถทำงานได้ดี โดยการกำหนดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านชุดควบแน่น ได้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุดที่ 300 ลิตรต่อชั่วโมง โดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ 7.8 มิลลิลิตร และจากผลการทดลองใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมระบบปิด แบบพีไอดี ชุดประมวลผลมีความสามารถในการปรับมอเตอร์ วาล์ว ให้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ต้องการ โดยใช้หลักการปรับแต่งค่า K_p , K_i และ K_d ตามหลักการของ Ziegler and Nichols

2. ผลจากการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิหอกลั่นน้ำมันหอมระเหย และระบบควบคุมระบายความร้อนถังควบแน่น โดยใช้การควบคุมด้วยระบบปิดแบบ พีไอดี ที่มีการตรวจสอบ อุณหภูมิที่ต้องการควบคุมอยู่ตลอดเวลา และทำการปรับปรุงค่าเกณฑ์ที่เหมาะสมให้กับระบบ ระบบก็จะสามารถควบคุมระดับอุณหภูมิที่ต้องการได้ตลอดเวลาสอดคล้องกับวิศวะ มะมา และธนา ราชภูรภัคดี [10] ได้ศึกษาการพัฒนาการควบคุมแบบ เปิด/ปิด โดยการนำการควบคุมแบบ พีไอดี ไปควบคุมอุณหภูมิในในระบบทางความร้อนแบบเปิด ที่มีการไหลเวียนของน้ำอยู่ตลอดเวลา พบว่าระบบที่ควบคุมโดย พีไอดี ได้ค่าโอเวอร์ชูตต่ำสุด และค่าความผิดพลาด ณ สถานะอยู่ตัวของระบบน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยควบคุมด้วยระบบปิด แบบพีไอดี ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ หอกลั่นน้ำมันหอมระเหย และควบคุมระบายความร้อนถังควบแน่น เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยนำไปทดลองใช้จริงกับวิสาหกิจชุมชนแปรรูปสมุนไพรไทย จังหวัดเชียงราย และควรมีการพัฒนาเพิ่มเติม ได้แก่ 1) ปรับเปลี่ยนโครงสร้างของตัวอุปกรณ์ให้มีความสวยงามมากยิ่งขึ้น 2) ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิอัตโนมัติให้เหมาะสมกับชนิดของสมุนไพร โดยสามารถเลือกจากชนิดของสมุนไพรที่นำมากลั่น เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงสาธารณสุข และองค์การภาครัฐ - เอกชน. (2560). แผนแม่บทแห่งชาติ ว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560 - 2564. กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกระทรวงสาธารณสุข.
- [2] นพดล ศุภระกาญจน์, กฤษณะ เรืองคล้าย และพันธสิทธิ์ โชคสวัสดิศิริ. (2563). ผลของการเสริมน้ำมันหอมระเหยในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือด ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และความต้านทานโรคของปลานิล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 29(2), 203-215.

- [3] บุญยัพร สระทองรอด และอุษุอร วรรณชนพดล. (2561). ศักยภาพผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพรบางชนิดป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 37(5), 601-611.
- [4] สราวุฒิ สมนาม. (2553). *เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยต้นแบบประยุกต์จากเครื่องกลั่นสุราพื้นบ้าน*. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- [5] บุญจง วสุริย์ และธานีล ม่วงพูล. (2561). ระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับแพะไล่ทุ่งแบบอัตโนมัติ. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 5(2), 155-162.
- [6] บดินทร์ ใจจันทร์, เอกพันธ์ จำปา, เฟลิน จันทรสุยะ และจิรพัฒน์พงษ์ เสนาบุตร. (2559). การพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่มีระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา*, 1(1), 16-24.
- [7] อีรศิลป์ ชมแก้ว. (2551). *การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่นและกลั่นด้วยไอน้ำ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี]. ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis)
- [8] สุรศักดิ์ คเนเรียว. (2557). *การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำและน้ำผสมสารแขวนลอยในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขด* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี]. ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis)
- [9] นฤเบศร์ หนูไธสเพ็ชร, วิวัฒน์ คล่องพานิช, และสิทธิชัย วงศ์หน่อ. (2560). *การศึกษาชุดควบคุมแรงดันของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบท่อขด* [เอกสารนำเสนอ] การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติครั้งที่ 10. (น.184-186), กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- [10] วิศวะ มะมา และธนา ราษฎร์ภักดี. (2560). การพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมพีไอดีสำหรับอุปกรณ์ขับแร่แบบ เปิด/ปิด. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ*, 3(1), 19-24.