



การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหยมะนาวด้วยเทคนิคการไหลหมุนควง
และกระบวนการควบแน่น
Enhancing Lime Essential Oil Extraction Efficiency with Swirl Flow
and Condensation Techniques

วัลลภ พันธุ์สิงห์
Wanlop Punsing

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
Master of Engineering Thesis in Mechanical Engineering
Phetchaburi Rajabhat University

2567

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ชื่อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหยมะนาวด้วยเทคนิคการไหลหมุนควง และกระบวนการควบแน่น
ผู้วิจัย	นายวัลลภ พันธุ์สิงห์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปี พ.ศ.	2567

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบ

..........ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวัญชัย หนานั่น)

..........ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา สายสร้อย)

..........ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเชฐ นิลดวงดี)

..........กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวัญชัย หนานั่น)

..........กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิเชฐ นิลดวงดี)

..........กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

..........
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กังสดาล สกุลพงษ์มาลี)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

..........
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสนาะ กลิ่นงาม)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหยมะนาวด้วยเทคนิคการไหลหมุนควงและกระบวนการควบแน่น **ผู้วิจัย** นายวัลลภ พันธุ์สิงห์ **สาขาวิชา** วิศวกรรมเครื่องกล **พ.ศ. 2567 อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย หนาแน่น **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** รองศาสตราจารย์ ดร. พิเชฐ นิลดวงดี

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอิทธิพลของการติดตั้งแผ่นบดสร้างการไหลแบบหมุนควง มวลผลมะนาว และอุณหภูมิน้ำควบแน่น ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยมะนาว และ 2) ศึกษาต้นทุนด้านพลังงานสำหรับการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาว การทดลองใช้เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยสเตนเลสปริมาตร 50 ลิตร โดยใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำอุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส ในอัตราการไหล 1.5 ลิตรต่อชั่วโมง แผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงถูกติดตั้งในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนมีอัตราส่วนการบิด (y/w) เท่ากับ 3.0 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นถูกกำหนดเป็น 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส และมวลผลมะนาวที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 15, 20 และ 25 กิโลกรัมตามลำดับ

ผลการวิจัยพบว่า

1. การติดตั้งแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้ไอน้ำและไอน้ำมันหอมระเหยเกิดการควบแน่นได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้สูงกว่าท่อเปล่า 34.7, 14.8 และ 6.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลผลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ
2. ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของมวลผลมะนาว โดยมวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ามวลผลมะนาว 15 และ 20 กิโลกรัมประมาณ 34.7 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
3. อุณหภูมิน้ำควบแน่นที่ลดลงส่งผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ 10 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่า 15 และ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 6.7 และ 14.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
4. ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในการผลิตน้ำมันหอมระเหยที่มวลผลมะนาวเท่ากับ 25 กิโลกรัม และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควง มีการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 952.4 เมกะจูลต่อซีซี ได้กำไรจากการผลิตน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 569.4 บาท

คำสำคัญ: แผ่นบด ท่อเปล่า น้ำมันหอมระเหย มะนาว

Thesis Title: Enhancing Lime Essential Oil Extraction Efficiency with Swirl Flow and Condensation Techniques **Researcher:** Mr. Wanlop Punsing **Major:** Mechanical Engineering **Year:** 2024 **Advisor:** Assist. Pro. Dr. Kwanchai Nannan **Co-Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Pichet Ninduangdee

Abstract

This research aimed to: 1) investigate the effects of twisted-tape-induced swirl flow installation, lime mass, and condensation on the yield of lime essential oil, and 2) evaluate the energy cost of lime essential oil production. A 50-liter stainless steel distillation apparatus, fueled by LPG, was used to generate steam at 104 °C with a flow rate of 1.5 L/hr. Twisted-tapes-induced swirl flow with a constant twist ratio (y/w) of 3.0 were installed inside the heat exchanger tube. Cooling water temperatures of 10, 15, and 20 °C, along with lime masses of 15, 20, and 25 kg, were systematically varied during the study.

The research results showed that:

1. The installation of twisted-tapes-induced swirl flow enhanced heat transfer between the steam and the heat exchanger walls, promoting better condensation of water and essential oil vapors. This resulted in 34.7%, 14.8%, and 6.9% higher essential oil yields compared to the plain tube for lime masses of 15, 20, and 25 kg, respectively.

2. The essential oil yield increased with higher lime mass. The mass of lime of 25 kg produced amount of essential oil higher than the mass of 15 and 20 kg lime of approximately 34.7 and 14.8 percent, respectively.

3. The lower condensation temperatures produced higher essential oil yields. Cooling water at 10 °C yielded 6.7% and 14.4% more essential oil compared to 15 °C and 20 °C, respectively.

4. Energy analysis indicated that producing essential oil with a lime mass of 25 kg and a cooling water temperature of 10 °C, using twisted-tapes-induced swirl flow, consumed 0.21 kg/hr of LPG. The specific energy consumption was 952.4 MJ/cc, with a production profit of 569.4 THB.

Keywords: Twisted Tape, Plain Tube, Essential Oils, Lime

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ จุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยใช้แผ่นปิดสร้างการไหลแบบหมุนควงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อแลกเปลี่ยนความร้อน และอุณหภูมิน้ำควบแน่นที่มีผลกับต้นทุนการใช้พลังงานกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวอย่างคุ้มค่า

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย หนาแน่น อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.พิเชฐ นิลดวงดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สำหรับการดูแลให้คำปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา สายสร้อย ประธานกรรมการสอบ และ ศาสตราจารย์ ดร.สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ กรุณาให้คำปรึกษาแนวคิด ความรู้ ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ตั้งแต่เริ่มศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัย ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้สถานที่ในการทดลองงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อนึ่ง งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต้นแบบแนวทางในการพัฒนาการศึกษางานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง หากมีข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยยินดียอมรับฟังข้อเสนอแนะจากทุกท่านเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

วัลลภ พันธุ์สิงห์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
Abstract.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญภาพ.....	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	2
นิยามเฉพาะ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
การกลั่นน้ำมันหอมระเหย.....	3
น้ำมันหอมระเหย.....	8
มะนาว.....	12
หลักการถ่ายเทความร้อน.....	14
พลังงานความร้อน.....	16
การเดือด.....	17
อุณหภูมิ.....	18
วัฏจักรการทำความเย็น.....	19
การควบแน่น.....	20
การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงาน.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	29
อุปกรณ์การทดลอง.....	31
วิธีการทดลอง.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	37
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	39
อิทธิพลของแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย.....	39
อิทธิพลของมวลผลมะนาวต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย.....	42
อิทธิพลของอุณหภูมิน้ำควบแน่นต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย.....	42
การประเมินต้นทุนการผลิต.....	44
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	50
บรรณานุกรม.....	52
ภาคผนวก.....	53
ภาคผนวก ก.....	54
ประวัติผู้วิจัย.....	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 แสดงตารางคำนวณรายได้สุทธิการผลิตน้ำมันหอมระเหย.....	49

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 แสดงการกลั่นด้วยน้ำร้อน.....	3
2-2 แสดงการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ.....	4
2-3 แสดงการกลั่นด้วยไอน้ำแรงดันสูง.....	5
2-4 แสดงการสกัดด้วยตัวทำละลาย.....	5
2-5 แสดงเครื่องสกัดแบบบีบเย็น.....	6
2-6 แสดงการสกัดแบบใช้ไขมัน.....	7
2-7 แสดงเครื่องสกัดแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์.....	7
2-8 แสดงผลมะนาวไทย.....	13
2-9 แสดงการถ่ายเทความร้อน.....	14
2-10 แสดงการนำความร้อน.....	15
2-11 แสดงการพาความร้อน.....	15
2-12 แสดงการแผ่รังสีความร้อน.....	16
2-13 แสดงพลังงานความร้อน.....	16
2-14 แสดงการเดือด.....	17
2-15 แสดงการเปรียบเทียบวัดค่าอุณหภูมิ.....	19
2-16 แสดงระบบการทำความเย็นโดยใช้ระบบอัดไอน้ำ.....	20
2-17 แสดงการควบแน่น.....	20
2-18 แสดงเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำและไอน้ำ.....	22
2-19 แสดงเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก.....	23
2-20 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก.....	23
2-21 แสดงเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิง.....	24
2-22 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด.....	25
2-23 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก.....	25
2-24 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบเทอร์โมไซฟอน.....	26
2-25 แสดงเครื่องทำความเย็น.....	27
2-26 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหย.....	27
3-1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว.....	29
3-2 แสดงขอบเขตการทดลอง.....	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-3 แสดงโครงสร้างกระบวนการไหลของของไหลในท่อเปล่า.....	30
3-4 แสดงโครงสร้างกระบวนการไหลของของไหลในท่อสอดใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควง..	31
3-5 แสดงเครื่องทำน้ำเย็น.....	31
3-6 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	32
3-7 แสดงอุปกรณ์การไหลหมุนควง.....	32
3-8 แสดงถังสแตนเลส.....	33
3-9 แสดงเกจวัดอุณหภูมิ.....	33
3-10 แสดงกรวยแยกสาร.....	34
3-11 แสดงถังน้ำเย็น	34
3-12 แสดงท่อน้ำเย็นและท่อน้ำร้อน.....	35
3-13 แสดงหัวเผาแก๊ส LPG.....	35
3-14 แสดงถังแก๊ส LPG.....	36
4-1 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่อุณหภูมิ น้ำควบแน่น, $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$	40
4-2 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่อุณหภูมิ น้ำควบแน่น, $T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$	40
4-3 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่อุณหภูมิ น้ำควบแน่น, $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$	41
4-4 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสม.....	41
4-5 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่มวลผลมะนาว, $m=15\text{ kg}$	43
4-6 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่มวลผลมะนาว, $m=20\text{ kg}$	43
4-7 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่มวลผลมะนาว, $m=25\text{ kg}$	44
4-8 อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG.....	45
4-9 อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG.....	45
4-10 อัตราการใช้พลังงานของเครื่องควบแน่น.....	46
4-11 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ.....	47
4-12 แสดงรายได้สุทธิการผลิตน้ำมันหอมระเหย.....	48

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Q	ปริมาณความร้อน	W
m	มวลของสาร	kg
c	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสาร	kJ/kg. K
L	ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร	kJ/kg
ΔT	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป	°C
DP	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง	°C
RH	ค่าความชื้นสัมพัทธ์	%
$\dot{m}$	อัตราการควบแน่นเชิงมวลการไหล	kg/s
T	อุณหภูมิห้อง	°C
T_{avg}	อุณหภูมิความร้อนค่าเฉลี่ย	K
T_{in}	อุณหภูมิความร้อนเข้า	°C
T_{out}	อุณหภูมิความร้อนออก	°C
V	ความเร็วการไหล	m/s
Ac	พื้นที่ผิวท่อของไหล	m ²
w	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต	kW-hr
P	กำลังไฟฟ้าที่ใช้การผลิต	kW
t	จำนวนชั่วโมงการผลิต	hr
A	อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต	kW-hr
F	หน่วยของกระแสไฟฟ้าที่ใช้การผลิต	unit

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมะนาวเป็นพืชเศรษฐกิจมีชื่อทางสามัญ (Common lime) มีลักษณะเป็นรูปทรงกลม มีรสเปรี้ยวไว้สำหรับการบริโภค จึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกมะนาวเป็นจำนวนมาก และในทุกๆปี เกษตรกรจะพบปัญหาเรื่องของราคาผลมะนาวตกต่ำทำให้เกษตรกรเดือดร้อนขายผลผลิตไม่ได้จึงส่งผลให้เกษตรกรปล่อยมะนาวไว้ในต้นไม่เก็บเกี่ยวผลมะนาว เนื่องจากไม่คุ้มทุนกับค่าแรงงานในการเก็บผลผลิต และแนวทางการแก้ปัญหาของราคาผลมะนาวตกต่ำ คือการแปรรูปมะนาวแบบไทยๆ หลายรูปแบบเข้ามามีบทบาทอย่างแพร่หลาย โดยผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวได้ถูกแปรรูปและจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยกำลังประสบปัญหาด้านต้นทุนด้านพลังงานแอลพีจีของกระบวนการผลิตที่มีแนวโน้มสูงขึ้น และต้นทุนอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยมีแนวโน้มปรับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การแก้ไขปัญหาต้นทุนอัตราการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากมวลผลมะนาวด้วยเครื่องกลั่นไอน้ำ โดยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากความร้อนเป็นไอน้ำ และไอน้ำมันหอมระเหยไหลผ่านแผ่นบิดสร้างโดยการไหลแบบหมุนควงเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อช่วยให้ไอน้ำที่อยู่กลางท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดการถ่ายเทความร้อนกับผนังท่อได้ดี และไหลผ่านกระบวนการควบแน่นไอน้ำควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติของเครื่องทำความเย็น เพื่อช่วยให้กระบวนการกลั่นลดต้นทุนการใช้พลังงานการผลิตตามระยะเวลาการกลั่น และปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น

เพื่อศึกษาอิทธิพลของแผ่นบิดสร้างโดยการไหลแบบหมุนควง อุณหภูมิไอน้ำควบแน่นที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของมวลผลมะนาว และต่อต้นทุนอัตราการใช้พลังงานการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากมวลผลมะนาวด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัตถุดิบมวลผลมะนาวจากอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ที่เป็นเอกลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ หรือ GI (Thai geographical Indication) สำหรับการทดลองกับวัตถุดิบผลมะนาวแบบเต็มผล อ้างอิงข้อมูลของผู้ประกอบการจากบริษัท สยามวรดา 59 จำกัด ที่เลือกใช้ผลมะนาวแบบเต็มผลในการทดสอบ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากวัตถุดิบผลมะนาวแบบเต็มผลมีคุณภาพสูงกว่า กรณีนำผลมะนาวที่ผ่านการคั้นน้ำมะนาวแล้วมาผลิตนอกจากนั้นต้นทุนการผลิตยังต่ำกว่าเนื่องจากไม่มีขั้นตอนของการเตรียมเปลือก

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของแผ่นบิดสร้างการไหลแบบหมุนควง มวลผลมะนาว และอุณหภูมิไอน้ำควบแน่นที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยมะนาว
2. เพื่อศึกษาด้านต้นทุนด้านพลังงานการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากมวลผลมะนาว

ขอบเขตของงานวิจัย

1. แผนบิตสร้างการไหลหมุนเวียนติดตั้งในท่อกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่มีอัตราส่วนการบิต (y/w) คงที่เท่ากับ 3
2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองผลมะนาวแบบเต็มผล ทำการทดลองที่มวลผลมะนาวเท่ากับ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ
3. เครื่องทำน้ำเย็นควบแน่นขนาด 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง และทดสอบที่อุณหภูมิ น้ำควบแน่นเข้าเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
4. อุณหภูมิภายในห้องกลั่นน้ำมันหอมระเหยคงที่ 104 องศาเซลเซียส
5. เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำทำจากสแตนเลส ปริมาตร 50 ลิตร สามารถบรรจุ มะนาวได้สูงสุดครั้งละ 25 กิโลกรัม (ประมาณ 700 ลูก)
6. ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีสำหรับผลิตไอน้ำ

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ลดต้นทุนการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหย
2. เพิ่มปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากมวลผลมะนาว
3. ลดขั้นตอนกระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

นิยามเฉพาะ

1. ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน หมายถึง ท่อควบแน่นที่ใช้สำหรับควบแน่นไอน้ำและไอน้ำมันหอมระเหยให้เป็นของเหลว
2. แผนบิต หมายถึง อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนเวียนให้ไอน้ำและไอน้ำมันหอมระเหย
3. อุณหภูมิควบแน่น หมายถึง อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำและไอน้ำมันหอมระเหยกลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือของเหลว
4. กลั่นด้วยไอน้ำ หมายถึง วิธีการกลั่นสารออกจากผลมะนาวโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวแยกสารที่มีจุดเดือดสูง และสลายตัวที่จุดเดือดของระเหยกลายเป็นไอแยกสารออกจากกัน

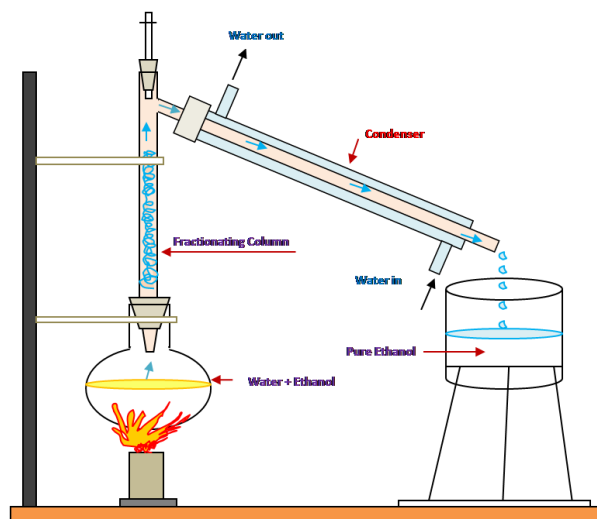
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การกลั่นน้ำมันหอมระเหย

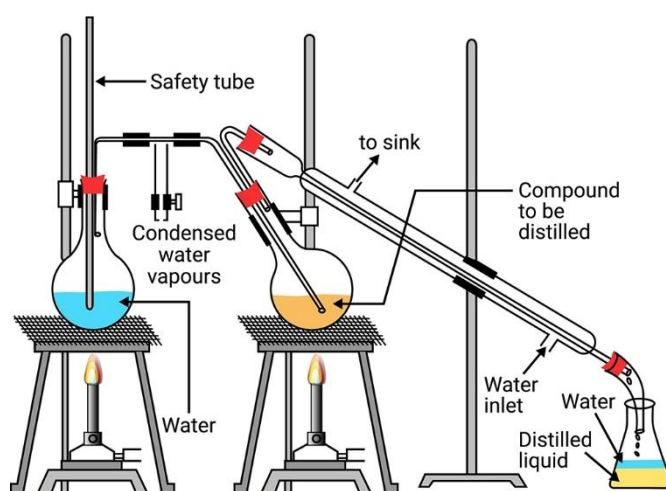
การกลั่น (Distillation) เป็นการแยกสารละลายที่เป็นของเหลวออกจากของผสมโดยอาศัยหลักการระเหยกลายเป็นไอและควบแน่นโดยที่สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดเปลี่ยนสถานะได้ที่อุณหภูมิจำเพาะสารที่มีจุดเดือดต่ำจะเดือดเป็นไ้ออกมาก่อน เมื่อทำให้ไอของสารมีอุณหภูมิต่ำลงจะควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง กระบวนการกลั่นลักษณะนี้เป็นวิธีที่ประหยัดสามารถควบคุมระยะเวลาและอุณหภูมิการกลั่นแยกน้ำมันหอมระเหยของพืชในแต่ละชนิดที่นำมาสกัดตามคุณภาพกลิ่น และปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพและปริมาณสูงสุด วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยมีหลากหลายวิธีที่จะเลือกต้องพิจารณาลักษณะของพืชที่จะนำมาสกัดสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. การกลั่นด้วยน้ำร้อน (Water distillation & Hydro-distillation) โดยการนำพืชที่ต้องการกลั่นมาใส่ในหม้อกลั่นแล้วเติมน้ำจนท่วมพืชต้มจนน้ำเดือดเมื่อน้ำเดือดระเหยเป็นไอน้ำจะช่วยพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชออกมาเมื่อผ่านเครื่องควบแน่นไอน้ำและไอของน้ำมันหอมระเหย จะควบแน่นเป็นของเหลว โดยจะเป็นน้ำและน้ำมันหอมระเหยแยกออกจากกัน ในกรณีที่ต้องกลั่นพืชจำนวนมากๆ ความร้อนที่ใส่หม้อกลั่นจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งหม้อกลั่นก่อให้เกิดการไหม้หรือการสลายตัวขององค์ประกอบบางชนิดทำให้กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยเปลี่ยนไปหรืออาจมีกลิ่นของภาชนะติดมาด้วยสำหรับการกลั่นพืชจำนวนปริมาณน้อยๆ ในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้โดยใช้ชุดกลั่นที่ทำจากเครื่องแก้วเรียกว่า ชุดกลั่นชนิด (Clevenger)



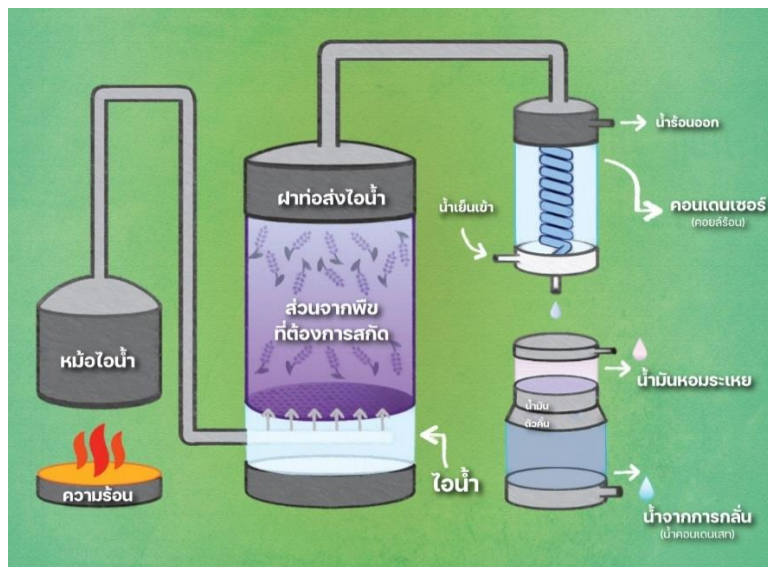
ภาพที่ 2-1 แสดงการกลั่นด้วยน้ำร้อน (ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์ และคณะ, 2561)

2. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation) วิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำอาศัยหลักการนี้ด้วยการพ่นไอน้ำเข้าไปในของเหลวผสมที่ไม่ละลายน้ำเพื่อให้ความร้อนผ่านพีชโดยการนำพีชที่ต้องการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมาวางไว้บนตะแกรงภาชนะเหนือน้ำในหม้อกลั่น ด้านล่างจะมีน้ำต้มจนเดือดเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิสูง และไอน้ำจะลอยตัวขึ้นมาผ่านพีชที่วางไว้บนตะแกรงภาชนะเหนือน้ำในหม้อกลั่น ซึ่งทำให้น้ำมันหอมระเหยในพีชระเหยออกมาพร้อมกับไอน้ำที่ระเหยขึ้นมา ผ่านทางท่อจากนั้นไอน้ำไหลผ่านท่อและผ่านเครื่องควบแน่นควบแน่น (Condenser) เพื่อทำให้ไอน้ำเย็นลงกลายเป็นหยดน้ำกลั่นตัวลงมาตกลงในภาชนะกักเก็บโดยจะได้แยกส่วนน้ำออกจากน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้เรียกว่า Watersteam พีชที่ใช้กลั่นโดยวิธีนี้จะมีคุณภาพดีกว่ากรณีวิธีการกลั่นด้วยน้ำร้อน



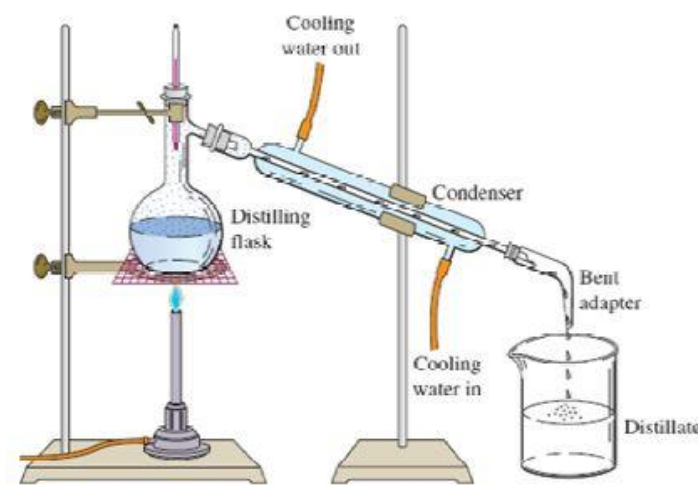
ภาพที่ 2-2 แสดงการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์ และคณะ, 2561)

3. การกลั่นด้วยไอน้ำแรงดันสูง (Vacuum steam distillation) วิธีการนี้จะเหมือนกับวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำแต่จะกลั่นด้วยไอน้ำแรงดันสูงเพื่อลดจุดเดือดของน้ำ และน้ำมันหอมระเหยอย่างมีประสิทธิภาพโดยการนำพีชที่ต้องการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมาวางไว้บนตะแกรงภาชนะ และปิดฝาให้สนิทไอน้ำที่อุณหภูมิสูงจากหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) จะไหลผ่านทางท่อเข้ามาทางด้านล่างของพีชจัดวางไว้บนตะแกรงภาชนะไอน้ำที่อุณหภูมิสูงจะลอยตัวขึ้นมาผ่านพีชที่วางไว้บนตะแกรงภาชนะซึ่งทำให้น้ำมันหอมระเหยในพีชระเหยออกมาพร้อมกับไอน้ำที่ระเหยขึ้นมาผ่านทางท่อผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) ทำให้ไอน้ำเย็นตัวลงกลายเป็นหยดน้ำกลั่นตัวลงมาตกลงในภาชนะกักเก็บโดยจะได้แยกส่วนน้ำออกจากน้ำมันหอมระเหยโดยใช้ระยะเวลาการกลั่นน้อยปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีคุณภาพปริมาณสูงกว่าการกลั่นด้วยน้ำร้อน และการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ



ภาพที่ 2-3 แสดงการกลั่นด้วยไอน้ำแรงดันสูง (ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์ และคณะ, 2561)

4. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืช เพื่อใช้ประกอบอาหารโดยนำวัตถุดิบมาจากเมล็ดของพืชชนิดเมล็ดทานตะวัน ถั่วเหลือง ปาล์ม ถั่วลิสง ข้าวโพด เมล็ดบัว งา และรำข้าวมาใช้ในการสกัดน้ำมันพืชนิยมใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายหลังการสกัดจะได้สารละลายที่มีน้ำมันพืชละลายอยู่ในเฮกเซนจากนั้นนำไปกรองเอากากเมล็ดพืชออกแล้วนำสารละลายไปกลั่นแยกลำดับส่วนเพื่อแยกเฮกเซนจะได้ น้ำมันพืชซึ่งต้องนำไปฟอกสีดูดกลิ่น และกำจัดสารอื่นๆ ออกก่อนจึงจะได้ น้ำมันพืชสำหรับใช้ปรุงอาหารการสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการแยกสารที่ใช้มากในชีวิตประจำวันเป็นการแยกสารที่ต้องการออกจากส่วนต่างๆ ของพืชหรือจากของผสมต้องเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ต้องการ



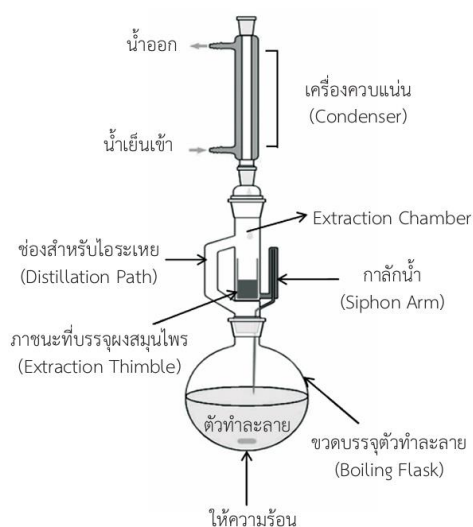
ภาพที่ 2-4 แสดงการสกัดด้วยตัวทำละลาย (ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์ และคณะ, 2561)

5. การสกัดแบบบีบเย็น (Cold pressed expression) เป็นวิธีการแยกส่วนของน้ำหรือน้ำมันจากวัตถุดิบที่เราสกัดออกมา โดยสกัดออกมาจากส่วนต่างๆ ของวัตถุดิบนั้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชผัก และผลไม้ชนิดต่างๆ การสกัดเย็นจะได้น้ำหรือน้ำมันจากบริเวณส่วนต่างๆ ของพืชผัก และผลไม้ เช่น ผล เมล็ด หัว ใบ ดอก และเปลือก โดยอาศัยขั้นตอนบีบอัดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วนำส่วนของน้ำมันบริสุทธิ์มาใช้งานหรืออาจจะใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือแรงดันสูงเพื่อช่วยบีบหรือกดน้ำมันออกมาทั้งนี้การสกัดต้องไม่ผ่านกระบวนการความร้อนหรือสารเคมีใดๆ ซึ่งจะช่วยคงสี รสชาติ ตามธรรมชาติคงคุณค่า สารพคุณของพืชผัก และผลไม้ชนิดนั้นๆ ไว้อยู่ด้วยน้ำมันหอมระเหยสกัดเย็นอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียวสูงซึ่งกรดไขมันชนิดนี้ช่วยลดไขมันพอกไตกรลีสเฮอร์ไรด์ และลดคอเลสเตอรอลตัวไม่ดี น้ำมันสกัดเย็นใช้เป็นยากันมานานตั้งแต่สมัยพุทธกาล ไทยเรารับเข้ามาทางหลักอายุรเวทจุดประสงค์แรกก็นำน้ำมันสกัดเย็นมาใช้ในการรักษาปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้เป็นยาสามัญประจำบ้าน เครื่องสำอาง และบริโภค



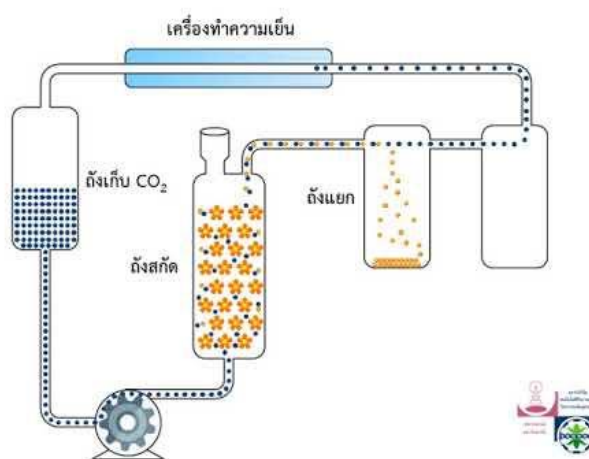
ภาพที่ 2-5 แสดงเครื่องสกัดแบบบีบเย็น

6. การสกัดแบบใช้ไขมัน (Enfleurage expression) กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยใช้ไขมันนิยมใช้กับพืชดอกไม้กลีบบางจำพวกกุหลาบ และดอกมะลิโดยการนำดอกไม้มาวางทับกระดาษที่เคลือบด้วยไขมันสัตว์บางๆ เพื่อให้ไขมันดูดซับสารหอมจากดอกไม้โดยใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน กระบวนการนี้จะทำซ้ำๆ กันจนกระทั่งไขมันดูดสารหอมอย่างเพียงพอไขมันที่ดูดสารหอมนี้ เรียกว่า Pommade และนำ Pommade ไปละลายในแอลกอฮอล์ก็จะได้น้ำมันหอมระเหยออกมามีการผลิตน้ำมันหอมระเหยมักจะสกัดด้วยวิธีนี้มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2-6 แสดงการสกัดแบบใช้ไอน้ำ (วิภาวรรณ นีละพงษ์ และคณะ, 2561)

7. การสกัดแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (Supercritical carbon dioxide extraction)
การสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบใหม่โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลว และแก๊สภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่สูงโดยใช้ความดันประมาณ 200 บาร์ ที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีคุณภาพดี และมีความบริสุทธิ์สูงมากเป็นวิธีการสกัดที่ดีที่สุดที่จะได้สารระเหยบริสุทธิ์ที่สูงมาก มีความคงตัวสูงสามารถที่จะเก็บไว้ได้นานกว่ากระบวนการผลิตอื่นๆ แต่เครื่องมือกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยการสกัดแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์ราคาสูงมาก



ภาพที่ 2-7 แสดงเครื่องสกัดแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (สถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์, 2561)

น้ำมันหอมระเหย

เป็นการผลิตผลจากการสกัดพืชสมุนไพรนานาชนิดซึ่งอาจสกัดมาจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ผล ดอก ใบ เมล็ด เปลือก ก้าน ราก ลำต้นใต้ดิน ฯลฯ กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยปัจจุบันจะเป็น การกลั่นด้วยไอน้ำ และการสกัดด้วยสารตัวทำละลาย โดยจะได้ส่วนปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่แยกชั้น ออกจากน้ำ และจะถูกนำมาสังเคราะห์กลั่นแยกหาสารต่างๆ ที่มีกลิ่นหอมนำมาคัดเลือกผสมผสาน สร้างกลิ่นใหม่ๆ ขึ้นมาโดยการควบคุมคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยทำได้ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ จะเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของ น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดโดยตรวจสอบความหนาแน่น (Density) ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ดัชนีหักเหของแสง (Refractive index) การละลาย (Solubility) และการหมุนระนาบของแสงโพลาไรส (Optical rotation) ส่วนใหญ่ปัญหาของการควบคุมคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยมักเกิดจากการที่ น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลาย มีสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกันหรือสารที่ มีความคล้ายคลึงกันในปริมาณที่น้อยมาก

1. แหล่งที่มาของน้ำมันหอมระเหย

- 1) เซลล์น้ำมัน (Oil cells) หรือเซลล์เรซิน (resin cells) พบได้จากพืชวงศ์บอยเซพืช วงศ์ชิงพืชวงศ์พริกไทยและพืชวงศ์จันทน์เทศ
- 2) โพรงเก็บน้ำมัน (Oil cavities) หรือถุงน้ำมัน (Oil sacs) พบได้จากพืชวงศ์ส้ม และ พืชวงศ์ชมพู
- 3) ช่องเก็บน้ำมัน (Oil canals) หรือช่องเก็บเรซิน (Resin canals) พบได้จากพืชวงศ์ ผักชีและพืชวงศ์สน
- 4) บริเวณเซลล์เนื้อเยื่อต่างๆ รอบพาเร็นไคมา (Parenchyma) หรือ (Idioblast) พบ ได้จากพืชวงศ์จำปา
- 5) ท่อเก็บน้ำมัน (Oil ducts) พบได้จากพืชวงศ์ (Asteraceae) เช่น คาโมไมล์
- 6) Glandular hairs พบได้จากพืชวงศ์กะเพรา
- 7) Internal hairs พบได้จากพืชวงศ์กล้วยไม้

2. ประโยชน์คุณค่าของน้ำมันหอมระเหย

- 1) ใช้ในการบำบัด ที่เรียกว่า Aromatherapy หรือสுவคนธบำบัดแบ่งเป็น 6 วิธี คือ
 - วิธีที่ 1 โดยการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมกับน้ำแล้วแช่ตัวในอ่างอาบน้ำ
 - วิธีที่ 2 ใช้ในเวลาอาบน้ำโดยการตักอาบหรืออาบจากฝักบัว
 - วิธีที่ 3 ใช้ในการนวดตัว
 - วิธีที่ 4 การประคบเย็น
 - วิธีที่ 5 การสูดดม
 - วิธีที่ 6 การพ่นละอองฝอยในห้อง
- 2) ใช้แต่งกลิ่นในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เช่น ซุปลูกกวาด เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์ ต่างๆ เป็นต้น
- 3) ในอุตสาหกรรมยาและเภสัชภัณฑ์ต่างๆ

4) ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางสมุนไพร เช่น สบู่ แชมพู ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และลูกประคบสมุนไพร

5) ใช้เป็นอาหารประจำวัน เช่น ขมิ้น มะระ กะเพรา ตะไคร้ เป็นต้น

3. ข้อควรระวังการใช้น้ำมันหอมระเหย

1) ควรเจือจางน้ำมันหอมระเหยก่อนนำไปใช้ ไม่ควรให้สัมผัสบริเวณรอบดวงตา และผิวหนังของร่างกายที่บอบบาง

2) ก่อนใช้น้ำมันหอมระเหยควรทดสอบว่าเกิดอาการแพ้หรือไม่

3) น้ำมันหอมระเหยบางชนิดทำให้ผิวหนังมีความไวต่อแสงแดด เช่น น้ำมันมะกรูด น้ำมันมะนาวจึงควรหลีกเลี่ยงแสงแดดหลังจากใช้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง

4) สตรีระหว่างตั้งครรภ์ควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันหอมระเหยโหระพา น้ำมันหอมระเหย ก้านพลู น้ำมันหอมระเหยแบบเปอร์มันต์ และน้ำมันหอมระเหยกุหลาบ

5) ผู้ที่เป็นโรคลมชักและผู้ที่เป็นโรคความดันสูงควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันหอมระเหย โรสแมรี่ และน้ำมันหอมระเหยเจอ

6) ควรเก็บน้ำมันหอมระเหยห่างจากมือเด็ก และในที่ปลอดภัยจากเปลวไฟ

7) ไม่ควรรับประทานน้ำมันหอมระเหยยกเว้นแต่ได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญหรือ แพทย์

4. การเลือกใช้น้ำมันหอมระเหย จากการสกัดพืชสมุนไพรนานาชนิดนำไปใช้ในด้านบำบัด ทางเลือกด้วยกลิ่นหอม (Aromatherapy) ลักษณะทั่วไปต้องเป็นของเหลวใสปราศจากตะกอน และ สารแขวนลอยไม่ปรากฏการแยกชั้นของน้ำสีต้องมีสีที่ติดตามธรรมชาติของสมุนไพรที่ใช้กลิ่นต้องมีกลิ่น เฉพาะตัวตามธรรมชาติของสมุนไพรแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) การนำไปใช้ในเชิงจิตบำบัด (Psychoaromatherapy) เป็นการใช้น้ำมันหอมระเหย เพื่อความสมดุลของจิตใจโดยแต่ละชนิดของน้ำมันหอมระเหยก็จะออกฤทธิ์แตกต่างกันโดยหลักการ คือ เมื่อสูดดมน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมจะไปกระทบกับเซลล์ประสาทบริเวณโพรงจมูกซึ่งส่งสัญญาณไป ยังสมองให้สั่งให้ต่อมต่างๆ หลั่งฮอร์โมนที่แตกต่างกันออกมาผลที่ได้คือช่วยให้รู้สึกสงบ และช่วยผ่อนคลายหรือกระตุ้นการทำงานของสมองช่วยบรรเทาความรู้สึกที่สับสนหรือหงุดหงิดผ่อนคลาย ความเครียดจากการทำงานและความกังวลให้ความรู้สึกมีพลังและสดชื่นกระปรี้กระเปร่า ให้ความรู้สึกอบอุ่น มั่นคง แก้อาการซึมเศร้า และอาการป่วยทางจิตต่างๆ คุณสมบัติจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ สารประกอบธรรมชาติที่มีในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด เช่น ลาเวนเดอร์ช่วยให้ผ่อนคลาย ยูคาลิปตัส และโรสแมรี่ช่วยให้สดชื่น

2) การนำไปใช้เพื่อความสวยงาม (Beauty aromatherapy) จะต้องมึลักษณะ เป็นของเหลวใสปราศจากตะกอนและสารแขวนลอยไม่แยกชั้นของสีน้ำมันหอมระเหยต้องมีสี ที่ติดตามธรรมชาติของสมุนไพรที่ใช้กลิ่นต้องมีกลิ่นเฉพาะตัวตามธรรมชาติของสมุนไพรเป็นการนำน้ำมัน หอมระเหยมาใช้กับร่างกายภายนอกในกรณีจะเป็นผิวกาย เส้นผม และนำไปใช้เป็นส่วนผสมใน เครื่องสำอางเพื่อความสวยงามต่างๆ หรือนำไปผสมกับน้ำมันพื้นฐาน เช่น น้ำมันโรสฮิปน้ำมันมะรุม น้ำมันเมล็ดทับทิมหรือผสมกับ Base อื่นๆ เพื่อใช้สำหรับทาผิวหรือนำไปใช้หมักผมที่มีสรรพคุณ

ช่วยบำรุงผิวชะลอริ้วรอยแห่งวัยช่วยให้เซลล์ผิวเปลี่ยนแปลงปลั่งมีน้ำมีนวลลดเลือนริ้วรอยที่เกิดจากบาดแผลหรือแผลเป็นต่างๆ ดูแลสุขภาพเส้นผมและหนังศีรษะแล้วยังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นผมได้อีกด้วยเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยยังมีสารประกอบตามธรรมชาติหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ลาเวนเดอร์ช่วยฟื้นฟูผิวจากแผลไฟไหม้หรือน้ำร้อนลวกอักเสบมอดแผล และโรสแมรี่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ผิวใหม่ในร่างกาย

3) การนำไปใช้เพื่อการรักษาร่างกาย (Medical aromatherapy) เป็นน้ำมันหอมระเหยชนิดพิเศษ เพื่อนำไปใช้ในการบำบัดรักษาอาการเจ็บป่วยต่างๆ โดยน้ำมันหอมระเหยมีหลายชนิด เช่น ลาเวนเดอร์ทีทรี มีสารต้านเชื้อโรค แก้ปวด แก้อักเสบ ช่วยกระตุ้นระบบการไหลเวียนของเลือดรักษาโรคทางระบบทางเดินหายใจ และทางเดินอาหาร การนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ในเชิงรักษาผู้ป่วยโรคหลักปิดลักเปิด ผู้ใช้ควรเรียนรู้ให้ชัดเจนเสียก่อนหรือปรึกษาแพทย์ก่อนใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีความเข้มข้นสูงมากจึงไม่ควรรับประทานหรือผสมน้ำมันหอมระเหยลงไปในอาหารหรือยาใดๆ ควรใช้เป็นการรักษาอาการภายนอกโดยทั่วไปไม่แนะนำให้ใช้น้ำมันหอมระเหยติดต่อกันเป็นเวลานานมากกว่า 12 สัปดาห์ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีความเข้มข้นสูงมากอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังได้ก่อนนำไปใช้จึงควรที่จะเจือจางน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.1-2.0 เปอร์เซ็นต์ และข้อควรจำ (Aromatherapy) การบำบัดด้วยกลิ่นนั้นเป็นการรักษาทางเลือกมิใช่การรักษาหลักและมักนิยมใช้เพื่อการผ่อนคลายร่างกาย และจิตใจเสียมากกว่าควรปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์ผู้ให้การรักษาตามปกติ

5. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย เป็นองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยหลายชนิดที่มีความแตกต่างกันไปในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์สามารถทำได้ 4 วิธี

1) การวิเคราะห์แบบแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดคอลัมน์ที่นิยมใช้เป็นแบบ capillary ภายในจะบรรจุ และเคลือบด้วยเฟสนิ่ง (Stationaryphase) เช่น DB-1, Carbowax, OV-1, OV-101 ฯลฯ ในการเลือกชนิดของเฟสนิ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะมีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกสารและการวิเคราะห์หากเลือกไม่เหมาะสมอาจเกิดความผิดพลาด และทำให้การวิเคราะห์เป็นไปได้ยาก เครื่องตรวจวัดที่นิยมใช้ได้แก่ Fid (The flame ionization detector) ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยบางชนิด

2) การวิเคราะห์แบบ (High performance liquid chromatography) เป็นเทคนิคอีกชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยแต่ไม่เป็นที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะใช้คอลัมน์ชนิด Normal phase

3) การวิเคราะห์แบบ (Hyphenated) และการวิเคราะห์แบบ Multidimensionnal gas chromatography hyphenated หรือ Multidimensionnal เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเป็นการนำเทคนิคตั้งแต่ 2 เทคนิคขึ้นไปนำมาวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโดยอาจนำเครื่องมือชนิดเดียวกันมาต่อพ่วงเข้าด้วยกันเช่น GC-MS เป็นเทคนิคที่นิยมใช้มากที่สุด เพื่อเป็นการตรวจสอบ และยืนยันผลที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งแรกด้วย GC-FID

4) การวิเคราะห์แบบ (Nuclear magnetic resonance spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างของสารในน้ำมันหอมระเหยโดยดูจากค่าการดูดกลืนพลังงานเรโซแนนซ์ของอะตอมของโปรตอนและคาร์บอนในโมเลกุลของสารนั้นๆ

6. น้ำมันหอมระเหย ในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดประกอบด้วยสารประกอบธรรมชาติหลักที่มีปริมาณประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ อยู่ประมาณ 3-10 ชนิด และมีสารประกอบอื่นๆ อีกกว่า 10 ชนิดในปริมาณที่ลดน้อยลงไปหรืออาจมีมากกว่า 100 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยของพืชบางชนิดเป็นส่วนประกอบเข้าด้วยกันที่ทำให้ให้น้ำมันหอมระเหยในพืชแต่ละชนิดมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และแตกต่างกันเป็นผลมาจากวิธีการเพาะปลูก การดูแลรักษาดิน ปุ๋ย และสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกทำให้น้ำมันหอมระเหยแท้ที่ได้มาจากพืช 100 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติทางด้านการให้กลิ่นหอมพึงพอใจ คุณสมบัติทางการแพทย์ในการบำบัดรักษาทั้งร่างกายและจิตใจซึ่งแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลายมีสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกันหรือมีสารที่ความคล้ายคลึงกันในปริมาณที่น้อยมากทำให้การวิเคราะห์ค่อนข้างยุ่งยากมีการจัดทำด้านระบบมาตรฐานด้านคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยโดยหน่วยงานต่างๆ เพื่อช่วยในการรับรองความปลอดภัยและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด ระบบมาตรฐานด้านคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่สำคัญ และเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ได้แก่

- 1) The International Organization for Standardization (ISO)
- 2) The Essential Oil Association of the United State (EOA)
- 3) The International Fragrance Research Association (IFRA)
- 4) The Food and Drug Administration of the United State (FDA)
- 5) The Flavor and Extracts Manufacturers Association of the USA(FEMA)
- 6) The International Federation of Essential Oils and AromaTrade (IFEAT)

7. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันหอมระเหย

- 1) ขนาดหรือปริมาณของวัตถุดิบ
- 2) ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ
- 3) เวลาที่ใช้ในการสกัด
- 4) อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น
- 5) อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อสารที่ใช้สกัด
- 6) วิธีการสกัด

มะนาว

มะนาวเป็นพืชเศรษฐกิจ ซึ่งมีชื่อทางสามัญ (Common lime) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ (Citrus aurantifolia swingle) จะมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้ต้นขนาดเล็กมีความสูงประมาณ 2-5 เมตร ลักษณะต้นมะนาวเป็นไม้พุ่มเตี้ยเปลือกลำต้นเรียบสีขาวยาวขนน้ำตาลก้านมีหนามเล็กน้อยมักมีใบดกยาวเรียวเล็กน้อยคล้ายใบส้มแผ่กิ่งก้านสาขากว้างหนามแหลมแข็งตามกิ่งก้านบริเวณซอกใบออกดอก สีขาวอมเหลืองเป็นช่อสั้นๆ ประมาณ 5-7 ดอก จะมีดอกผลตลอดทั้งปีแต่ในช่วงหน้าแล้งจะออกผลน้อยและมีน้ำน้อย ส่วนผลของมะนาวมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมผิวเรียบเกลี้ยงสีเขียวเข้มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-4.5 เซนติเมตร ส่วนผลแก่จะมีสีเหลืองมีรสเปรี้ยวจัดอยู่ในสกุลส้ม (Citrus) มีผลสีเขียวในผลมะนาวมีน้ำมันหอมระเหยถึง 7 เปอร์เซ็นต์ แต่กลิ่นไม่ฉุนอย่างมะกรูดน้ำมะนาวจึงมีประโยชน์สำหรับไว้ใช้เป็นส่วนผสมน้ำยาทำความสะอาดเครื่องหอม และการบำบัดด้วยกลิ่น (Aromatherapy) หรือน้ำยาล้างจานส่วนคุณสมบัติที่สำคัญทางด้านการแพทย์สามารถช่วยป้องกันโรคลึกลับเปิดเพราะมะนาวมีวิตามินซีเป็นปริมาณมาก

เมื่อสุกจัดจะเป็นสีเหลืองเปลือกบางภายในมีเนื้อแบ่งเป็นกลีบๆ ชุ่มน้ำมากมะนาวเป็นพืชพื้นเมืองในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ผู้คนจะใช้ประโยชน์จากผลมะนาวมาเป็นเวลานาน เพื่อนำผลมะนาวใช้ปรุงรสเปรี้ยวในอาหารหลายประเภทแล้วยังนำมาใช้เป็นเครื่องดื่มผสมเกลือ และน้ำตาล ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีทั้งในประเทศและต่างประเทศทั่วโลก นอกจากนี้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์บางชนิดยังนิยมนำผลมะนาวมาเป็นชั้นบางๆ เสียบไว้กับขอบแก้วเพื่อใช้แต่งกลิ่นและให้สวยงามที่มีคุณค่านิยมใช้เป็นเครื่องปรุงรสนอกจากนี้ยังถือว่ามีคุณค่าทางโภชนาการ

1. ประโยชน์ของมะนาว สำหรับใช้เป็นส่วนผสมน้ำยาทำความสะอาดเครื่องหอม และการบำบัดด้วยกลิ่น (Aromatherapy) หรือน้ำยาล้างจาน และในผลมะนาวมีน้ำมันหอมระเหยถึง 7 เปอร์เซ็นต์ ให้กลิ่นสดชื่นเพราะมีส่วนประกอบของสารซิโตรเนลลัล (Citronellal) ซิโตรเนลลิลอะซิเตต (Citronellyl acetate) ลิโมนีน (Limonene) ไลนาลูล (Linalool) เทอร์พีนอล (Terpeneol) ฯลฯ รวมทั้งมีกรดซิตริก (Citric acid) กรดมาลิก (Malic acid) และกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) ซึ่งถือเป็นกรดผลไม้ (Alpha hydroxy acids) นอกจากนี้ยังช่วยให้ผิวหน้าที่เสื่อมสภาพหลุดลอกออกไปพร้อมกับช่วยกระตุ้นการสร้างเซลล์ใหม่ช่วยให้รอยด่างดำหรือรอยแผลเป็นจางลง

มะนาวต้องมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อให้อยู่ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทางทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลของพันธุ์มะนาวแหล่งที่ปลูกหรือตามความต้องการของตลาดมีปริมาณน้ำคั้นไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณน้ำหนักของน้ำคั้นเทียบกับน้ำหนักของผลมะนาวผิวของผลมะนาวควรมีสีเขียวแต่อาจมีแต้มสีเหลือง (yellow patches) รวมกันได้ไม่ควรเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของผลมะนาว



ภาพที่ 2-8 แสดงผลมะนาวไทย

2. ชนิดสายพันธุ์ของมะนาว

1) มะนาวแป้น จะมีลักษณะลำต้นจะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กทรงกลมแป้นเปลือกบาง มีน้ำมาก บำรุงรักษาเหมือนมะนาวทั่วไป มีหลายสายพันธุ์ให้ผลผลิตตลอดปีไม่ต้องบำรุงมากออกผลง่าย ในฤดูแล้ง และส่วนใหญ่ไม่ค่อยทนโรค

2) มะนาวนิ้วมือหรือมะนาวคาเวียร์ จะมีลักษณะคล้ายถุงน้ำมีหลายสีหลายกลิ่น หลายรส จะรูปทรงแปลกตา สีสวยสดใสลื่นเป็นเอกลักษณ์ รสชาติหลากหลาย แคมป์ปัจจุบันหาปลูกได้ง่ายมากขึ้น และเป็นพืชนำเข้าจากต่างประเทศต้นแม่พันธุ์จึงมีราคาค่อนข้างสูง

3) มะนาวหวาน จะมีลักษณะเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2-4 เมตร กลิ่นหอมแรงผลทรงกลม มีขนาดใหญ่กว่ามะนาวปกติทั่วไป และเปลือกบางสีเขียวคล้ำเนื้อฉ่ำน้ำสีเหลืองหรือสีแดงเรื่อคล้าย ส้มเขียวหวานไม่มีเมล็ดให้น้ำมากรสชาติหวานปนเปรี้ยวเล็กน้อยออกดอกออกผลตลอดทั้งปี

4) มะนาวตาฮิติ จะมีลักษณะผลรูปไข่ ให้น้ำมาก ไม่มีเมล็ดออกผลตลอดทั้งปีแม้ช่วง นอกฤดู อีกทั้งยังมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติเป็นเอกลักษณ์แอบเปรี้ยวกว่ามะนาวส่วนใหญ่ แต่ก็มี ความหวานเล็กน้อย

5) มะนาวยักษ์หรือมะนาวควาย จะมีลักษณะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวดอกออกสีขาวอม ม่วงผลกลมใหญ่เท่าส้มโอขนาด 1 กิโลกรัม ขึ้นไป เปลือกหนาผิวเรียบตอนอ่อนเป็นสีเขียวตอนสุกเป็น สีเหลืองมะนาวไม่มีเมล็ดนิยมปลูกตามหมู่บ้านชาวเขาภาคเหนือขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งชอบดินร่วน ปนทรายไม่ชอบดินชื้นและดูแลง่ายเหมือนมะนาวทั่วไป

6) มะนาวไร่เมล็ดหรือมะนาวทุลเกล้า จะมีลักษณะคล้ายต้นส้มโอ แต่เล็กกว่ากิ่งก้าน มีหนามแต่ไม่มากใบหนาดอกสีขาวมีกลิ่นหอมผลทรงกลมขนาดใหญ่เกือบเท่าลูกเทนนิสเปลือกจะหนา และบางตามสภาพอากาศไม่มีเมล็ดให้น้ำเยอะรสเปรี้ยวจัดออกผลตลอดทั้งปียิ่งต้นมะนาวอายุมากติด ผลมาก

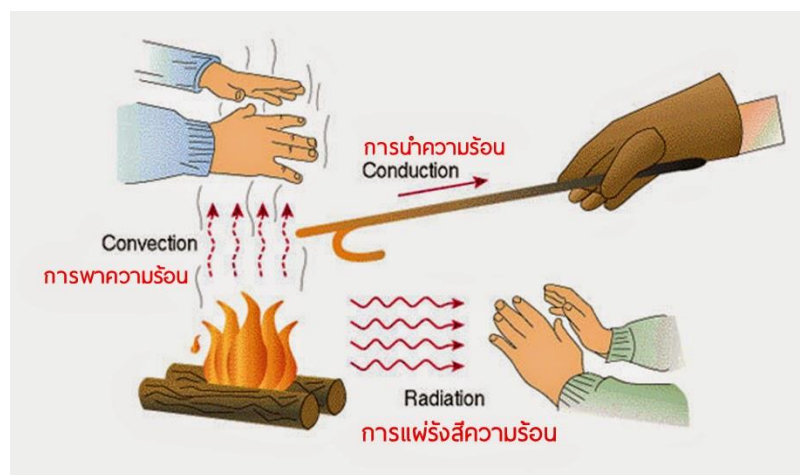
7) มะนาวแป้นรำไพ จะมีลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสูงประมาณ 2-4 เมตร เปลือกเรียบ กิ่งอ่อนมีหนามแหลม ใบทรงรียาว ปลายใบแหลม โคนใบมน ขอบใบหยัก แผ่นใบมีจุดกระจาย ส่วนดอกออกสีขาว ผลทรงกลมแป้นขนาดใหญ่ ผิวเกลี้ยงผลดกเปลือกบาง เมล็ดขยาวยาว ราคาต้นพันธุ์ถูก จุดด้อยไม่ทนโรคแคงเกอร์และโรครากเน่า

8) มะนาวเลมอน มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กทรงพุ่มลำต้นและกิ่งก้านมีหนามแหลมยาวที่ปลายยอดใบหนาทรงรีผิวใบเรียบเป็นมันมีกลิ่นหอมรสชาติเปรี้ยว และมีเมล็ดทรงรีสีขาวนวลจำนวนมากผลผลิตเร็วชอบดินร่วนปนทรายที่ระบายน้ำดีชอบอากาศร้อนแต่แดดไม่จัดต้องการน้ำพอชุ่ม

ผลของมะนาวทุกผลต้องมีลักษณะเป็นมะนาวทั้งผลอาจมีหรือไม่มีหัวผลก็ได้ กรณีไม่มีหัวผลมะนาวบริเวณหัวผลที่ถูกปลิดออกต้องไม่ฉีกขาด สด สภาพดีไม่มีรอยชำไม่มีรอยแตกเฉาหรือไม่เน่าเสียที่ทำให้ไม่เหมาะสมกับการบริโภคสะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ไม่มีความเสียหายเนื่องจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพภายในของมะนาวไม่มีความชื้นที่ผิดปกติจากภายนอกทั้งนี้ไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดหลังจากนำมะนาวออกจากห้องเย็นที่ไม่มีความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิสูง และไม่มีการปนหรือรสชาติที่ผิดปกติในผลของมะนาว

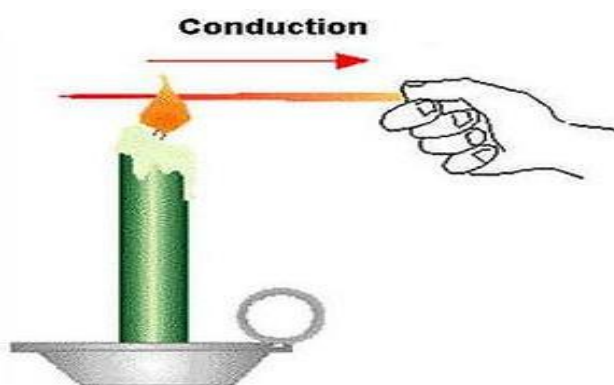
หลักการถ่ายเทความร้อน

การที่ความร้อนเคลื่อนที่จากจุดๆ หนึ่งไปยังอีกจุดๆ หนึ่ง ซึ่งมี 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี การเคลื่อนที่ของความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้ จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่กลไกที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนแต่ละวิธีแตกต่างกันซึ่งครีบบระบาย ความร้อนโดยวิธีการพา และมีอากาศเป็นสารตัวกลาง



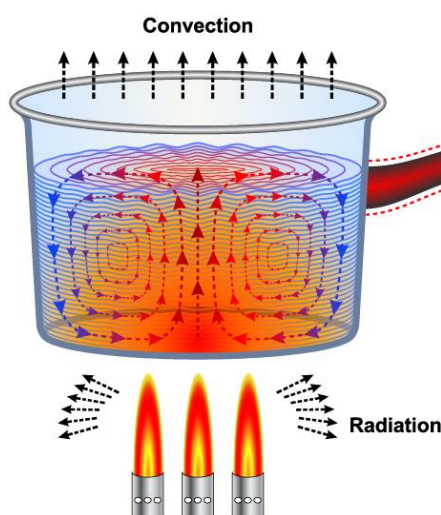
ภาพที่ 2-9 แสดงการถ่ายเทความร้อน (ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง, 2558)

1. การนำความร้อน (Conduction) การที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางที่ติดกัน แต่มีอุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อนความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสารโดยที่โมเลกุลไม่เคลื่อนที่การนำความร้อนจะเกิดได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง



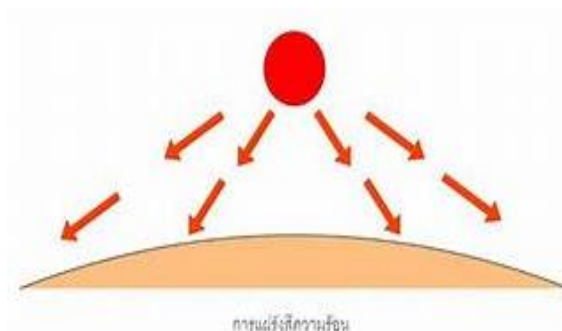
ภาพที่ 2-10 แสดงการนำความร้อน (ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง, 2558)

2. การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายโอนความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็ง และของไหลของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาจากผิวของของแข็ง กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยวิธีการนำพาได้นั้น เกิดจากผลรวมของการนำความร้อนการสะสมพลังงานและการเคลื่อนที่ของการไหล



ภาพที่ 2-11 แสดงการพาความร้อน (ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง, 2558)

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การที่ความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยมิต้องอาศัยตัวกลางแผ่รังสีความร้อนออกรอบตัว เช่น การนำ และการพาในการแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่ได้ดีในสุญญากาศ

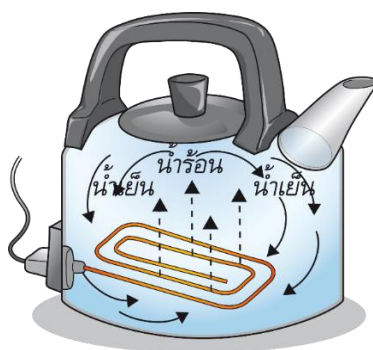


ภาพที่ 2-12 แสดงการแผ่รังสีความร้อน (ตรีพัฒน์ แซ่ฟู่, 2550)

พลังงานความร้อน

เป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานความร้อนมาจากดวงอาทิตย์ พลังงานในของเหลวร้อนได้พื้นพิภพ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานน้ำในหม้อต้มน้ำ พลังงานเปลวไฟ ผลของความร้อนทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงขึ้นหรือมีการเปลี่ยนสถานะพลังงานความร้อนทางเคมี และเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลโดยอาศัยความร้อนจากการต้มทำให้เดือดเพื่อนำแรงดันของไอน้ำให้เคลื่อนที่ทำให้เกิดพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์

พลังงานความร้อน หมายถึง พลังงานที่ถ่ายเทจากสสารระบบหนึ่งไปยังสสารหนึ่ง โดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ ในทางเทอร์โมไดนามิกส์ ความร้อนเป็นพลังงานที่ถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปสู่วัตถุอีกอันหนึ่ง หากวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่แหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำเสมอ โดยจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้แทนความร้อน คือ Q หน่วยของปริมาณความร้อนในระบบ SI คือ kJ ในระบบ อังกฤษ คือ Btu



ภาพที่ 2-13 แสดงพลังงานความร้อน (ตรีพัฒน์ แซ่ฟู่, 2550)

การเปลี่ยนสถานะของมวลสารสามารถเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งโดยมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง คำนวณหาพลังงานการเปลี่ยนสถานะของสาร

$$\text{จากสมการแทนค่าจะได้ } Q = mL \quad (2.1)$$

แทนค่า Q = ปริมาณความร้อนหรือค่าความร้อนแฝงที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะ (cal)

m = มวลของสาร (g)

L = ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร (cal/g)

$$\text{จากสมการแทนค่าจะได้ } Q = mc\Delta t \quad (2.2)$$

แทนค่า Q = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลด หรือเพิ่มอุณหภูมิของสารนั้น (cal)

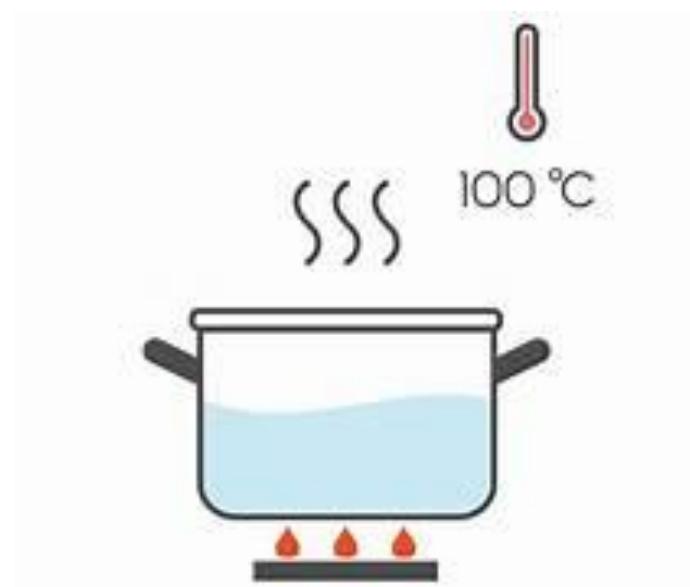
m = มวลของสาร (g)

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสาร (ของน้ำมีค่า = 1)

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ($^{\circ}\text{C}$)

การเดือด

การเดือดเป็นการกลายเป็นไออย่างรวดเร็วของของเหลวซึ่งเกิดขึ้นเมื่อของเหลวได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนถึงจุดเดือด อุณหภูมิที่ความดันไอของของเหลวนั้นเท่ากับความดันแวดล้อมที่กดลงบนของเหลว ขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของเหลวจะระเหยขึ้นจากพื้นผิวแต่ที่จุดเดือดฟองไอ (Vapor bubble) มาจากของของเหลว (Liquid) ทั้งหมดปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้เมื่อความดันไอสูงพอที่จะชนะความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) หรือที่ความดันหนึ่งบาร์ (Bar) เพื่อที่ฟองจะสามารถขยายได้ความแตกต่างระหว่างการกลายเป็นไอกับการเดือด คือ กลไกมากกว่าทางอุณหพลศาสตร์จุดเดือดของของเหลวจะลดต่ำลงเมื่อความดันแวดล้อมลดลง ซึ่งเปลี่ยนแปลงสถานะของสารจากของเหลวให้กลายเป็นไอ



ภาพที่ 2-14 แสดงการเดือด (ตรีพัฒน์ แซ่พู่, 2550)

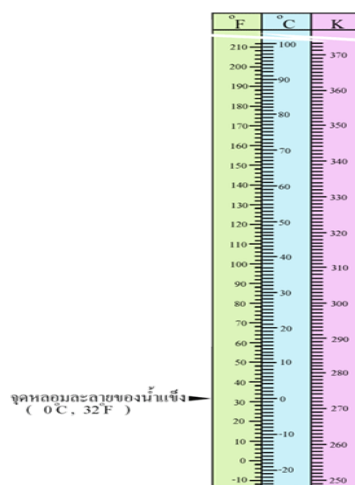
1 ลักษณะการเดือด

- 1) ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยความร้อนอิสระ
- 2) ฟองเริ่มเกิดขึ้นเป็นผิวที่ให้ความร้อนและฟองอากาศเคลื่อนที่ขึ้นไปยังผิวอิสระโดยตรง
- 3) จุดการเดือดจะทวีความรุนแรงมากขึ้นจนกระทั่งมีการรวมตัวของฟองอากาศที่เกิดขึ้นโดยตรง และรวมกับฟองส่วนอื่นซึ่งลักษณะการเกิดขึ้นจะเป็นไปอย่างรวดเร็วฟองที่เป็นไอน้ำในแนวแกนที่เกิดขึ้นจริงเคลื่อนที่ไปสู่ผิวอิสระ
- 4) ลักษณะการเกิดฟองอากาศจะเกิดขึ้นรวดเร็วมากในบริเวณผิวที่ให้ความร้อน และเป็นตัวป้องกันไม่ให้ของไหลเคลื่อนที่สู่บริเวณนั้นซึ่งค่าความต้านทานจะเพิ่มมากขึ้นและจะทำให้ลดปริมาณของฟลักซ์ความร้อนลงซึ่งปริมาณที่ถ่ายเทความร้อนลดลงขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิแตกต่างที่เพิ่มขึ้น เพราะว่าฟิล์มที่เกิดขึ้นนั้นจะไม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงทำให้ลักษณะที่ไม่เสถียรเป็นอย่างยิ่ง
- 5) ฟิล์มที่เกิดขึ้นบนผิวอุปกรณ์ให้ความร้อนกลับมามีเสถียรในขณะที่ผลรวมอุณหภูมิ ΔT เกิดขึ้นจริงประมาณ 1000 องศาฟาเรนไฮต์ และจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนขึ้นทำให้ ค่าความร้อนมีค่ามากกว่าส่วนอื่น และค่าฟลักซ์ความร้อนจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งด้วยค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ΔT ค่าฟลักซ์ความร้อนจะถึงจุด (Burnout point) โดยพิจารณาปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่เพิ่มขึ้น เพราะว่าค่าของ ΔT เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นในผิวของเหลว (Vapor blanket) ที่บริเวณผิวรอบๆ อุปกรณ์ให้ความร้อนผลจากการสมดุลค่าความร้อนทั้งสองจะทำให้เกิดสภาวะการเดือดวิกฤต

อุณหภูมิ

การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสารที่พลังงานความร้อนให้กับสารอะตอมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นแต่เมื่อลดพลังงานความร้อนอะตอมของสารจะเคลื่อนที่ช้าลงทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง โดยมีหน่วยการวัดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับมาตราส่วน ดังนี้

- 1) การวัดที่อุณหภูมิมองศาเซลเซียส ที่จุดเยือกแข็งของน้ำที่ค่าเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส และที่จุดเดือดที่ค่าเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส
- 2) การวัดที่อุณหภูมิมองศาฟาเรนไฮต์ ที่จุดเยือกแข็งของน้ำที่ค่าเท่ากับ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และที่จุดเดือดที่ค่าเท่ากับ 212 องศาฟาเรนไฮต์
- 3) การวัดที่อุณหภูมิมองศาเคลวิน จะมีจุดเยือกแข็งและจุดเดือดที่ค่าเท่ากับ 273 องศาเคลวิน



ภาพที่ 2-15 แสดงการเปรียบเทียบวัดค่าอุณหภูมิ (ธนาพล สุขชนะ, 2552)

วัฏจักรการทำความเย็น

เป็นระบบทำความเย็นโดยใช้ระบบอัดไออาศัยกระบวนการอัดไอเพื่อให้สารทำความเย็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนที่มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยเครื่องอัด (Compressor) การอัดให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบเพื่อให้สารทำความเย็นสามารถถ่ายเทความร้อนให้อากาศได้คายความร้อนจากสารทำความเย็นให้บรรยากาศภายนอก ที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์เครื่องควบแน่นขณะที่สารทำความเย็นถ่ายเทความร้อนจะเปลี่ยนแปลงสถานะจากก๊าซเป็นสถานะของเหลวหลังจากสารทำความเย็นถูกลดความดันให้มีความดันลดต่ำลงด้วยอุปกรณ์ลดความดัน (Pressure reducer) หรือที่เรียกว่าวาล์วขยายตัว (Expansion valve) ต้องทำให้สารทำความเย็นมีความดันลดลงในระดับที่ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิพื้นผิวการทำความเย็น เพื่อให้สารทำความเย็นสามารถรับการถ่ายเทความร้อนจากอากาศหรือวัตถุในบริเวณที่ทำความเย็นได้กระบวนการดูดซับความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นสู่สารทำความเย็นเกิดขึ้นในอุปกรณ์เครื่องระเหย เนื่องจากทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะของเหลวเป็นสถานะก๊าซก่อนถูกดูดเข้าสู่เครื่องอัดเพื่อเพิ่มความดัน

1. ลักษณะการทำงานของทำความเย็นระบบอัดไอ มี 4 แบบ ดังนี้

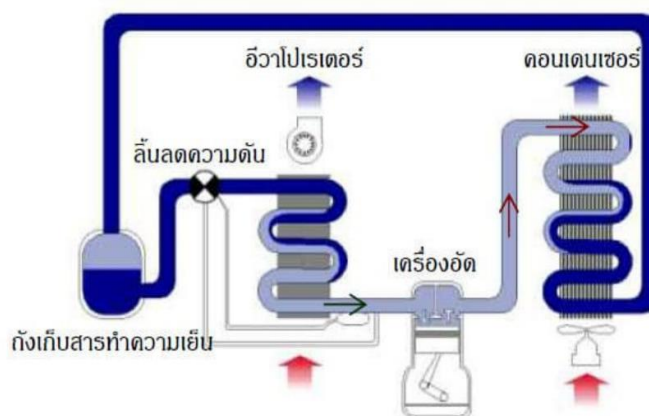
1) กระบวนการอัดสารทำความเย็น สารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนในสถานะก๊าซให้มีความดันสูง และอุณหภูมิสูงด้วยเครื่องอัด

2) กระบวนการคายความร้อนจากสารทำความเย็นให้บรรยากาศภายนอกในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะก๊าซเป็นสถานะของเหลวกระบวนการเกิดขึ้นผ่านอุปกรณ์ เรียกว่า เครื่องควบแน่น

3) กระบวนการลดความดันที่ทำให้สารทำความเย็นมีความดันลดต่ำลงด้วยอุปกรณ์ลดความดัน (Pressure reducer) หรือที่มักเรียกว่า วาล์วขยายตัว หรือวาล์วควบคุมสารทำความเย็น

4) กระบวนการดูดซับความร้อนออกจากตู้เย็น หรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็นของ

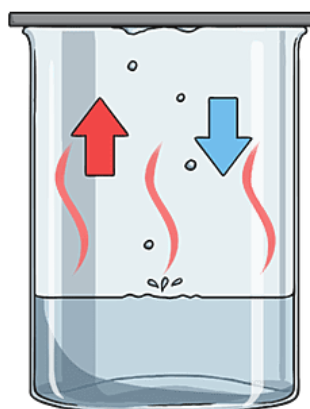
สารทำความเย็นขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะของเหลวเป็นสถานะก๊าซ กระบวนการเกิดขึ้นผ่านอุปกรณ์ เรียกว่า เครื่องระเหย



ภาพที่ 2-16 แสดงระบบการทำความเย็นโดยใช้ระบบอัดไอน้ำ (ธนาพล สุขชนะ, 2552)

การควบแน่น

เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะจากไอน้ำ (Vapor) เป็นน้ำในสถานะของเหลวเนื่องจากการเย็นตัวลงหรือสูญเสียพลังงานความร้อนส่งผลให้อนุภาคในองค์ประกอบของไอน้ำหรือสารในสถานะของก๊าซหรือไอน้ำเคลื่อนที่ได้ช้าลง เกิดแรงดึงดูดหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากขึ้น จนเกิดเป็นหยดน้ำการควบแน่นจึงถือเป็นกระบวนการตรงกันข้ามกับการระเหย (Vaporization) หรือกระบวนการเปลี่ยนสถานะของสารจากของเหลวไปเป็นก๊าซ



ภาพที่ 2-17 แสดงการควบแน่น (สุจินต์ นุชประเสริฐ, 2559)

การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงาน

1. การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง LPG

$$\text{ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง LPG} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (kg)} - \text{น้ำหนักสุดท้าย (kg)}}{1 \text{ hr}} \quad (2.3)$$

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต} = \text{ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/hr)} \times \text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)} \quad (2.4)$$

$$\text{อัตราค่าพลังงานเชื้อเพลิง} = \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต (kg)} \times \text{ราคา LPG ปัจจุบัน} \quad (2.5)$$

2. การหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

การหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต

$$\text{สมการ } w = P \times t \quad (2.6)$$

w = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW-hr หรือ unit)

P = กำลังไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW)

t = จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)

3. การหาอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต

$$\text{สมการ } A = w \times f \quad (2.7)$$

A = อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต (kW -hr)

w = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW -hr หรือ unit)

f = หน่วยของกระแสไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (หน่วย หรือ unit)

4. การคิดอัตราค่าพลังงานไฟฟ้า

$$\text{อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า} = \text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน} \quad (2.8)$$

5. การหาอัตราพลังงานไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น (MJ/hr)

$$\text{พลังงานของเครื่องควบแน่น} = \frac{\text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต (kw-hr)} \times 3600 \text{ s}}{\text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)}} \quad (2.9)$$

6. การหาอัตราการใช้พลังงานจำเพาะ

ความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานจำเพาะ Specific Energy Consumption : SEC คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำมันหอมระเหยต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้

$$\text{อัตราการใช้พลังงานรวม} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (MJ/hr)} + \text{เชื้อเพลิง LPG (MJ/hr)} \quad (2.10)$$

7. การหาความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานจำเพาะ

$$\text{SEC} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)} \times \text{อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวม (MJ/hr)}}{\text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)}} \quad (2.11)$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิระศักดิ์ เพียรเจริญ และจารุวัฒน์ เจริญจิต (2546) ทดลองเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำ และไอน้ำภายในหม้อกลั่นจะมีตะแกรงสำหรับใส่วัตถุดิบสมุนไพร เช่น ใบมะกูด ผลมะกูด และตะไคร้หอมปริมาณครึ่งละ 5 กิโลกรัม ไวเหนื่อระดับน้ำจากนั้นจึงปิดฝาและล็อกให้สนิททำการเติมน้ำสะอาดปริมาณ 20-25 ลิตรเข้าไปในถังโดยการใส่ไวเหนื่อระดับฮีตเตอร์เพียงเล็กน้อยเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานให้ความร้อนด้วยกำลังไฟ 3,500 วัตต์ เมื่อน้ำเดือดจนกลายเป็นไอน้ำที่อ้อมตัวหรือไอบียกใช้เวลา 40 นาที ไอน้ำจะลอยไปสัมผัสกับวัตถุดิบซึ่งอยู่เหนื่อระดับน้ำร้อนไอน้ำจะไปละลายสารเคมีและน้ำมันที่อยู่ทั่ววัตถุดิบจนลอยไปปะปนกับไอน้ำและเข้าผ่านไปยังถังคอนเดนเซอร์ไอน้ำภายในท่อจะสัมผัสกับน้ำหล่อเย็นที่มีการควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ที่ประมาณ 15-25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิปกติทำให้อไอน้ำเปลี่ยนสภาพกลายเป็นของเหลวซึ่งมีน้ำและน้ำมันปะปนมาด้วย การกลั่นใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง จนได้เป็นน้ำกลั่นหรือน้ำที่มีการแยกเป็น 2 ส่วน คือน้ำมันจากสมุนไพรที่ลอยอยู่ด้านบน และน้ำจากการกลั่นที่อยู่ด้านใต้ได้ปริมาณน้ำมัน 30-50 ซีซี สามารถนำน้ำทั้ง 2 ส่วน มาแยกออกจากกันด้วยวิธีการค่อยๆ เทออกมาทั้งนี้ปริมาณน้ำมันจากการสกัดจากพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดสมุนไพรและอุณหภูมิน้ำที่มีการควบคุมไว้การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่กลั่นออกจะไม่สัมผัสกับความร้อนโดยตรงทำให้น้ำมันหอมระเหยมีคุณภาพสูง



ภาพที่ 2-18 เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำและไอน้ำ (จิระศักดิ์ เพียรเจริญ และจารุวัฒน์ เจริญจิต, 2546)

ธีรศิลป์ ชมแก้ว (2551) การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่นและกลั่นด้วยไอน้ำ โดยออกแบบหม้อต้มน้ำขนาด 25 ลิตร ใช้พลังงานความร้อนจากเตาแก๊สแอลพีจีสามารถสกัดได้ทั้งต้มกลั่น และกลั่นด้วยไอน้ำ ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ขนาดของ วัตถุดิบ อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น อัตราส่วนของขิงต่อตัวทำละลาย จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสม ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยสูงสุด คือการสกัดด้วยวิธีต้มกลั่นโดยใช้ขิงป่นละเอียดอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น 15 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของขิงต่อน้ำในการสกัด คือ 0.1:1 โดยน้ำหนักระยะเวลาการสกัด 60 นาที ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 2-19 แสดงเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิง (ธีรศิลป์ ชมแก้ว, 2551)

พิเชษฐ์ เทบารุง และสมศักดิ์ ระย่น (2550) ออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลผลิตทางการเกษตรขนาด 100 ลิตร ระบบให้ความร้อนของ หม้อต้มไอน้ำจะใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงแอลพีจีหอควบแน่นไอน้ำหล่อเย็นด้วยระบบไหลเวียนน้ำหล่อเย็น ขนาด 100 ลิตร จัดวางในชั้นวางที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกจากการทดลองพบว่าสามารถสกัด น้ำมันหอมระเหยเปลือกผิวมะกรูด 0.67 เปอร์เซ็นต์ ใบมะกรูด 0.27 เปอร์เซ็นต์ ใบยูคาลิปตัส 0.19 เปอร์เซ็นต์ ใบตะไคร้หอม 0.15 เปอร์เซ็นต์ ดอกกุหลาบ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ผิวส้มโอ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ใบกระเพรา 0.11 เปอร์เซ็นต์ เปลือกมะนาว 0.04 เปอร์เซ็นต์ และใบเตย 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



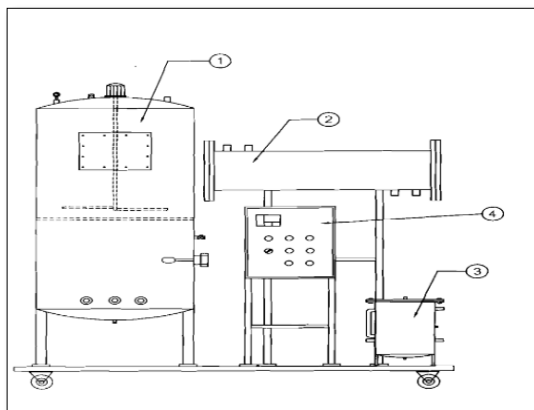
ภาพที่ 2-20 แสดงเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (พิเชษฐ์ เทบารุง และสมศักดิ์ ระย่น, 2550)

สุรินทร์ดี จิระจินดา (2545) ได้ออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็กเพื่อสกัดแยกน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil) จากส่วนที่มีน้ำมันหอมระเหยสะสมอยู่ของพืชโดยออกแบบให้เป็นถังกลั่นชนิดที่ใช้ระบบการกลั่นด้วยน้ำ (Hydro distillation) จะต้องมีการควบคุมการควบแน่นของพืชที่ใช้ในการกลั่น และจะต้องวางพืชที่ต้องการกลั่นไว้บนตะแกรงอยู่ด้านบนไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านบนตะแกรงที่ใส่พืชซึ่งจะทำให้ น้ำมันหอมระเหยถูกไอน้ำก็จะระเหยออกมาโดยแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาจากน้ำความจุของกลั่นขนาด 200 ลิตร มีลักษณะเป็นรูปทรงบาตรภายในออกแบบเป็น 2 ชั้น มีความหนา 3 มิลลิเมตร ตรงกลางระหว่างชั้นบุด้วยฉนวนกันความร้อนใช้อุปกรณ์ควบคุมความร้อนด้วยฮีตเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ กำลังไฟขนาด 4,500 วัตต์ เพื่อกระจายความร้อนให้ทั่วถึงเพื่อประหยัดพลังงาน



ภาพที่ 2-21 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (สุรินทร์ดี จิระจินดา, 2545)

ชัยยะ ประณีตพลกรัง และคณะ (2546) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด โดยใช้ปริมาณผิวมะกรูดที่ 20 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการกลั่นที่ 6 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นในการควบแน่นไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และใช้อุณหภูมิในการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส และ 120 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์อุณหภูมิในการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส ได้น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดเฉลี่ยที่ 0.687 กิโลกรัม และคิดเป็นร้อยละได้ 3.44 เปอร์เซ็นต์ จากชุดแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำอุณหภูมิในการต้มที่ 120 องศาเซลเซียส ได้น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดเฉลี่ยที่ 0.70 กิโลกรัม และคิดเป็นร้อยละได้ 3.50 เปอร์เซ็นต์ จากชุดแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำจากการทดลองการกลั่นที่อุณหภูมิในการต้มที่แตกต่างกันจากการทดลองทำให้ทราบว่าปริมาณของน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดมีความแตกต่างกันน้อยมาก และจากการเผ่าระวังควรตรวจเช็คการทำงานของเครื่องในระหว่างการทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดพบว่าในส่วนของชุดแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำยังมีน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดเหลืออยู่อีกบางส่วนซึ่งแสดงว่าเครื่องสามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดได้มากกว่า 3.50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะต้องปรับปรุงในส่วนของชุดแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2-22 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด (ชัยยะ ประณีตพลกรัง และคณะ, 2546)

นฤเบศร์ หนูไสเพ็ชร และอุดม รินคำ (2555) ทำการทดสอบและประเมินผลเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็กแบบหอกกลั่นทรงกรวยขนาดเล็ก ซึ่งมีปริมาตรบรรจุ 30 ลิตร โดยบรรจุน้ำประมาณ 7-10 ลิตร บรรจุพืชสมุนไพร ประมาณ 5-10 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับชนิดของสมุนไพรโดยให้ความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้าขนาด 2 กิโลวัตต์ น้ำถูกต้มเดือด 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอน้ำผ่านพืชสกัดเอาน้ำมันออกมาไหลผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็นทำให้การกลั่นมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการทดสอบได้ทำการกลั่นพืชสมุนไพร 4 ชนิด คือ ใบมะกรูด ผิวมะกรูด ใบตะไคร้หอม และใบโหระพาหอมชนิดละ 5 กิโลกรัม ทดสอบการกลั่นจำนวน 3 รอบ ของพืชแต่ละชนิดระยะเวลาการกลั่นครั้งละประมาณ 3 ชั่วโมง พบว่าผิวมะกรูดให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด 25 มิลลิลิตร รองลงมาเป็นตะไคร้หอม 20 มิลลิลิตร ใบมะกรูด 18 มิลลิลิตร และใบโหระพาหอม 15 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยเครื่องที่ใช้การกลั่นเหมาะสมกับธุรกิจสปาและสถานเสริมความงามเนื่องจากสามารถนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ได้ทันทีผลพลอยได้จากการกลั่น คือ น้ำสกัดจากสมุนไพรเข้มข้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่งโดยมีส่วนประกอบ 1) ชุดหม้อต้ม 2) ฝาครอบและหอกกลั่น 3) ชุดน้ำหล่อเย็น 4) ชุดน้ำหล่อเย็น 5) หลอดกรวยแก้วแยกสาร



ภาพที่ 2-23 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (นฤเบศร์ หนูไสเพ็ชร และอุดม รินคำ, 2555)

นำพล พิพัฒน์ไพบูรณ์ และคณะ (2557) การออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบเทอร์โมไซฟอนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายในท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 27 มิลลิเมตร หนา 0.75 มิลลิเมตร มีความยาวรวม 500 มิลลิเมตร ใช้สารเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารทำงาน ท่อเทอร์โมไซฟอนมีความยาว 200 มิลลิเมตร จำนวน 5 แท่งติดตั้งภายในหม้อกลั่นใส่ไบยูคาลิปตัส สับละเอียด 2,500 กรัม ระยะเวลา 180 นาทีต่อรอบ อุณหภูมิควบคุมแน่น 10 องศาเซลเซียส อัตราการไหล น้ำหล่อเย็น 1.5 ลิตรต่อนาที อุปกรณ์ควบคุมฮีตเตอร์ควบคุมอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง พบว่าส่งผลโดยตรงต่อการกระจายความร้อนภายในหม้อกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้อย่างรวดเร็วส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง และปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



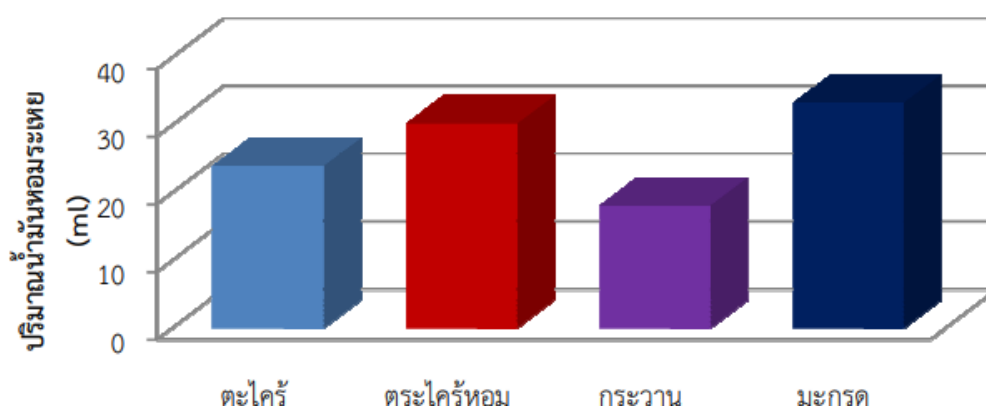
ภาพที่ 2-24 แสดงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบเทอร์โมไซฟอน (นำพล พิพัฒน์ไพบูรณ์ และคณะ, 2557)

ชนาพล สุขชนะ (2552) ศึกษาการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความดันลดในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ที่มีลวดอยู่ภายในโดยใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 15.87 มิลลิเมตร ภายใน 24.40 มิลลิเมตร ขนาดความยาว 2 เมตร ขนาดผ่าศูนย์กลางเส้นลวดที่ใช้ทำแปรงลวด 0.2 มิลลิเมตร ลักษณะกลมมีความหนาแน่นเฉลี่ย 3 ระดับ 100, 200 และ 300 เซนติเมตร ทำการทดลองที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของน้ำร้อนระหว่าง 6,000-24,000 เป็นการไหลแบบสวนทางกันที่อุณหภูมิทางเข้าน้ำร้อน 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิทางเข้าน้ำเย็น 15 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราความร้อนสัมประสิทธิ์พาความร้อน และค่าเลขนัสเซลล์สูงขึ้น 61.34, 81.75 และ 122.98 เปอร์เซ็นต์ ตามความหนาแน่นของแปรงลวดภายในท่อ



ภาพที่ 2-25 แสดงเครื่องทำความเย็น (ธนาพล สุขชนะ, 2552)

โพธิ์ทอง ประณีตพลกรัง และประพนธ์ ลีกุล (2561) เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรโดยใช้พลังงานชีวมวลสำหรับชุมชนโดยออกแบบหม้อต้มทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร ถังควบแน่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร เตาชีวมวลดัดแปลงใช้ถังแก๊สขนาดเล็กผลการทดลองกลั่นพืชสมุนไพรได้แก่ ตะไคร้ ตะไคร้หอม กระวาน และมะรูด โดยน้ำหนักของพืชที่ใช้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 5 กิโลกรัม ทั้ง 4 ชนิด ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นออกมา พบว่า ตะไคร้ได้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย 24.01 ซีซี ตะไคร้หอมได้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย 30.25 ซีซี กระวานได้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย 18.12 ซีซี และมะรูดได้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย 24.28 ซีซี การเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยในช่วงเวลาต่างๆ ของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และช่วงเวลาที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นของพืชสมุนไพรแต่ละชนิดก็แตกต่างกันด้วย



ภาพที่ 2-26 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหย (โพธิ์ทอง ประณีตพลกรัง และประพนธ์ ลีกุล, 2561)

เจนูรวาตี กาเร็ง และนักรูจี เจ๊ะซอ (2547) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งโดยใช้วิธีการปั่นเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ พบว่าเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในสถานะเดียวกันได้ ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตภายใต้สถานะ อุณหภูมิ 313 และ 323 องศาเซลวิน ความดัน 1 และ 25 เมกะปาสคาล โดยศึกษาผลกระทบของ แรงดันขนาดของเปลือกส้มที่อยู่ในช่วง 0.1-10 มิลลิลิตร และการไหลของมวลตัวทำลายในช่วง 0.5-3.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเพิ่มความดันในการสกัดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ การเพิ่มขนาดอนุภาพของเปลือกส้มจะลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

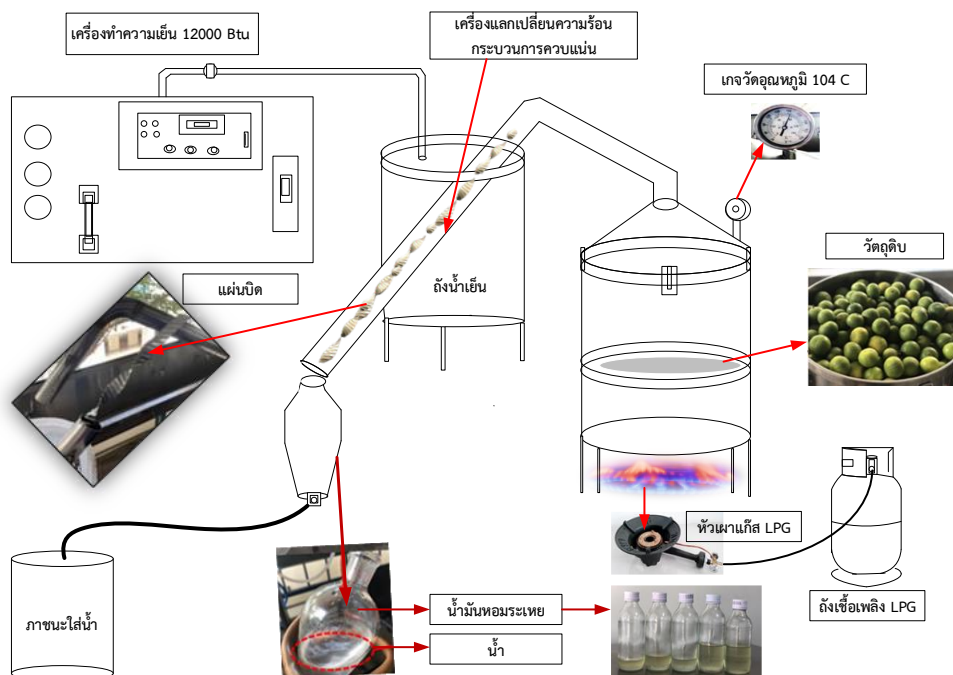
สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ได้มีผู้วิจัยหลายท่านได้สร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยไอน้ำจากพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ รวมทั้งมะนาวแต่ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ซึ่งสังเกตได้จากเครื่องสกัด น้ำมันหอมระเหยต้องอาศัยพลังงานความร้อนจากพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดสูงถึง 4500 วัตต์ ซึ่งได้ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยประมาณ 25 มิลลิลิตร ในแต่ละรอบการผลิตนอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณ น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิของน้ำควบแน่น และเพิ่มขึ้นตามการ เพิ่มขึ้นของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละรอบการผลิต ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เกี่ยวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวด้วยการใช้แผ่นปิดผิวคลื่นสอดใส่เข้าไปในท่อแลกเปลี่ยน ความร้อนทำให้เกิดการหมุนวนของของไหลที่ไหลผ่านเครื่องควบแน่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกลั่นอีก ทั้งยังได้ศึกษาถึงปริมาณของมวลผลมะนาวที่ใช้ในการทดลองและอุณหภูมิน้ำควบแน่นที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวเพิ่มมากขึ้นและลดต้นทุนด้านพลังงานในกระบวนการ ผลิตให้ลดลง

บทที่ 3

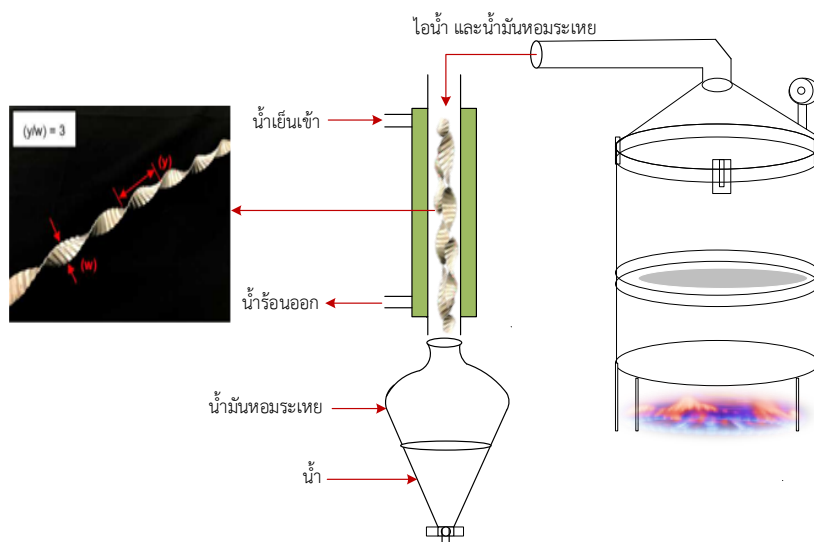
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวโดยวิธีการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ เป็นการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวไทย จากการทดลองบันทึกวัดหน่วยกระแสไฟฟ้าที่มีเตอร์ และชั่งน้ำหนักถึงเชื้อเพลิงแอลพีจี แล้วนำน้ำสะอาดใส่ในถังสแตนเลสโดยประมาณ 1/3 นำผลมะนาวที่ล้างทำความสะอาดเตรียมไว้ที่มวลงมะนาวทดลองใส่ลงบนตะแกรงภายในถังกลั่นพร้อมปิดฝาถังกลั่นให้สนิทล๊อคฝาถังให้แน่นเพื่อป้องกันแรงดันภายในระบบถังกลั่น แล้วนำแผ่นบิตใส่ไปภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่กระบวนการควบแน่นพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ส่วนต่างๆ จุดไฟหัวเผาแก๊ส และปรับแปลวไฟระดับกลางที่หัวปรับจ่ายเชื้อเพลิงแอลพีจี จะช่วยให้ได้ความร้อนที่เพียงพอต่อการทดลองจะช่วยให้ประหยัดเชื้อเพลิง และเปิดสวิตช์ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ใช้ทำความเย็นและปรับตั้งอุณหภูมิที่ทดลอง และเปิดระบบปั้มน้ำไฟฟ้าให้น้ำเย็นไหลผ่านท่อน้ำเย็นไปยังท่อแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำควบแน่นรอให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนจากไอน้ำ และไอน้ำมันหอมระเหยการควบแน่นเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำเป็นของเหลวไหลผ่านอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงที่มีอัตราส่วนการบิด (y/w) คงที่เท่ากับ 3 และควบคุมอุณหภูมิแรงดันภายในถังกลั่นด้วยไอน้ำจากเกจวัดอุณหภูมิไม่เกิน 104 องศาเซลเซียส รอผลการทดลองในแต่ละชั่วโมง น้ำและน้ำมันหอมระเหยไหลหยดลงในภาชนะที่รองรับจะมีน้ำกับน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นมาแยกตัวจากกันโดยน้ำจะอยู่ส่วนล่างและน้ำมันหอมระเหยจะลอยอยู่ส่วนบนภาชนะที่รองรับ โดยใช้ Syringe เก็บปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สะสมในแต่ละชั่วโมง



ภาพที่ 3-1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว

การออกแบบการทดลองเป็นกระบวนการเพิ่มอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงที่มีอัตราส่วนการบิด (y/w) ของของไหลเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำเป็นของเหลว และเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยนำไปใช้ในกระบวนการควบแน่นเท่ากับ $(y/w) = 3$



ภาพที่ 3-2 แสดงขอบเขตการทดลอง

การจำลองโครงสร้างของไหลภายในท่อของไอน้ำและน้ำมันหอมระเหย กรณีท่อเปล่าไม่มีการใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควง (แผ่นบิด) ในการทดลองโดยการฉีดสีต่างๆ เข้าไปในท่อของของไหล จะเห็นได้ว่าเส้นสีฟ้าและเส้นสีเขียวโอกาสการสัมผัสผิวรอบนอกของท่อน้อยกว่าเส้นสีแดง และสีส้มจะไหลสัมผัสติดผิวรอบนอกของท่อ



ภาพที่ 3-3 แสดงโครงสร้างกระบวนการไหลของของไหลในท่อเปล่า

การจำลองโครงสร้างของไหลภายในท่อของไอน้ำและน้ำมันหอมระเหย กรณีใส่แผ่นปิดอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนในการทดลองโดยการฉีดสีเข้าไปภายในท่อของของไหลจะเห็นได้ว่าเส้นสีต่างๆ มีการสับสนได้มากขึ้น



ภาพที่ 3-4 แสดงโครงสร้างกระบวนกรไหลของของไหลในท่อสอดใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวน

อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องทำน้ำเย็น ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้า และไหลออกจากเครื่องทำความเย็นโดยกระบวนการผลิตน้ำเย็นภายในเครื่องทำความเย็นควบคุมระบบการทำงานแบบอัตโนมัติเพื่อไหลส่งผ่านท่อน้ำเย็นเข้าไปที่ถังน้ำเย็นให้เปลี่ยนสถานะจากความร้อนของไอน้ำที่ไหลผ่านภายในท่อเป็นของเหลวโดยผ่านกระบวนการควบแน่นภายในท่อที่ผ่านถังน้ำเย็น



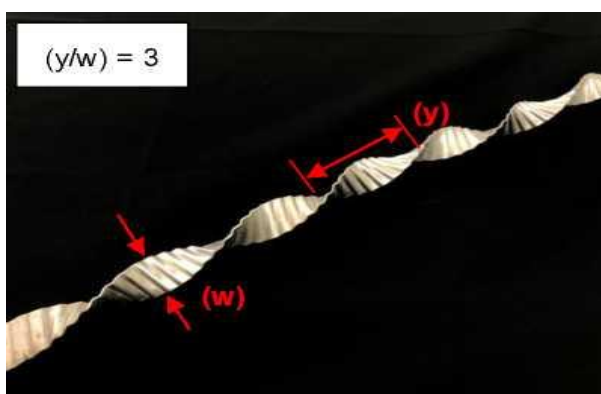
ภาพที่ 3-5 แสดงเครื่องทำน้ำเย็น

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นอุปกรณ์ผลิตมาจากสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว (508 mm) ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อนของของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่งโดยของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เพื่อลดความดัน ลดพลังงานกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพของการระบายความร้อน



ภาพที่ 3-6 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

3. อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงโดยอัตราส่วนการบิด (y/w) เท่ากับ 3 ทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากแผ่นบิดทำให้เกิดการไหลหมุนควงและมีลักษณะการไหลจะหมุนไปคล้ายๆเกลียวตลอดความยาวของแผ่นบิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วของการไหลทำให้ของไหลเกิดการไหลแบบปั่นป่วนสูงขึ้น



ภาพที่ 3-7 แสดงอุปกรณ์การไหลหมุนควง

4. ถังสแตนเลส สำหรับใส่น้ำและวัตถุดิบในการกลั่น ทำหน้าที่บรรจุน้ำ และวัตถุดิบที่จะใช้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 3-8 แสดงถังสแตนเลส

5. เกจวัดอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่สามารถแสดงค่าการวัดอุณหภูมิได้ทันทีผ่านเข็มที่ชี้อยู่บนหน้าปัดของเกจวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3-9 แสดงเกจวัดอุณหภูมิ

6. กรวยแยกสาร ใช้สำหรับการที่แยกสารเนื้อผสมกันออกจากกัน เพื่อนำสารที่ได้นั้นไปใช้ประโยชน์ตามต้องการ



ภาพที่ 3-10 แสดงกรวยแยกสาร

7. ถังน้ำเย็น ใช้สำหรับให้ท่อเกิดการคอนเดนเซอร์แบบน้ำไหลหมุนวน



ภาพที่ 3-11 แสดงถังน้ำเย็น

8. ท่อน้ำเย็นและท่อน้ำร้อน ท่อน้ำเย็นทำหน้าที่ในการพาน้ำเย็นไหลเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน และท่อน้ำร้อนทำหน้าที่พาน้ำร้อนที่ได้หลังจากการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วออกจากระบบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว (12.7 mm)



ภาพที่ 3-12 แสดงท่อน้ำเย็นและท่อน้ำร้อน

9. หัวเผาแก๊สแอลพีจี ชนิด KB5 เป็นหัวเผาแก๊สที่ให้ความร้อนสูง 20 กิโลวัตต์ ทำหน้าที่ให้ความร้อนในการเดือดของน้ำเพื่อให้ น้ำเดือดระเหยกลายเป็นไอ



ภาพที่ 3-13 แสดงหัวเผาแก๊ส LPG

10. แก๊สแอลพีจี มีจุดเดือดต่ำมากมีค่าเท่ากับ -42 องศาเซลเซียส ค่าความหนาแน่น คือ ปริมาตรจำเพาะ โพรเพนมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่ง มีหน่วยเป็น กิโลแคลอรี กิโลกรัม องศาเซลเซียส หรือบีทียู ปอนด์ องศาฟาเรนไฮต์ เช่น เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นต้น



ภาพที่ 3-14 แสดงถังแก๊ส LPG

วิธีการทดลอง

1. ก่อนการทดลองบันทึกวัดหน่วยกระแสไฟฟ้าที่มิเตอร์และชั่งน้ำหนักถังเชื้อเพลิงแอลพีจี
2. นำน้ำสะอาดใส่ลงไปในถังสแตนเลส โดยประมาณ $1/3$ ถังสแตนเลสหรือถังกลั่น
3. นำวัตถุดิบผลมะนาวที่ล้างทำความสะอาดเตรียมไว้ ที่มีมวลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ใส่ลงไปในตะแกรงภายในถังกลั่นของแต่ละรอบของมวลผลมะนาวทดลอง
4. ปิดฝาถังกลั่นให้สนิท และล็อกฝาถังให้แน่นเพื่อป้องกันแรงดันภายในระบบถังกลั่น
5. นำแผ่นบิตใส่ไปภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนกระบวนการควบแน่น และติดตั้งอุปกรณ์ส่วนต่างๆของกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยพร้อมตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์
6. จุดไฟหัวเผาแก๊สและปรับแปลวไประดับกลางที่หัวปรับจ่ายเชื้อเพลิงแอลพีจีจะช่วยให้ได้ความร้อนที่เพียงพอต่อการทดลองไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะช่วยให้ประหยัดเชื้อเพลิงแอลพีจี
7. เปิดสวิตช์ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ใช้ทำความเย็นและปรับตั้งอุณหภูมิที่ทดลอง
8. รอผลการทดลองในแต่ละชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิแรงดันภายในถังกลั่นจากเกจวัดอุณหภูมิไม่เกิน 104 องศาเซลเซียส
9. เก็บปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สะสมได้ในแต่ละชั่วโมงโดยใช้ Syringe ดูดเก็บน้ำมันหอม
10. หลังการทดลองบันทึกวัดหน่วยกระแสไฟฟ้าที่มิเตอร์ และชั่งน้ำหนักถังเชื้อเพลิงแอลพีจี และสรุปผลการทดลองในแต่ละครั้งการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง LPG (kg/ hr)

$$\text{ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง LPG} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (kg)} - \text{น้ำหนักสุดท้าย (kg)}}{1 \text{ (hr)}}$$

2. การหาปริมาณเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ในการผลิต (kg)

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต} = \text{ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} \times \text{จำนวนชั่วโมงการผลิต}$$

3. การหาอัตราค่าเชื้อเพลิง LPG (kg/บาท)

$$\text{อัตราค่าพลังงานเชื้อเพลิง LPG} = \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต} \times \text{ราคาปัจจุบัน}$$

4. การหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW -hr)

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต} = \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้การผลิต} \times \text{จำนวนชั่วโมงการผลิต}$$

$$\text{สมการ } w = P \times t$$

$$w = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW-hr หรือ unit)}$$

$$P = \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW)}$$

$$t = \text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)}$$

5. การหาอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต (kW -hr หรือ หน่วย)

$$\text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต} \times \text{หน่วยกระแสไฟฟ้า}$$

$$\text{สมการ } A = w \times f$$

$$A = \text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต (kW -hr)}$$

$$w = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (kW -hr หรือ unit)}$$

$$f = \text{หน่วยกระแสไฟฟ้าที่ใช้การผลิต (หน่วย หรือ unit)}$$

6. อัตราการคิดค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/kW -hr)

$$\text{อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า} = \text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน}$$

7. การหาอัตราพลังงานไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น (MJ/hr)

$$\text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต} \times 3600 \text{ s}$$

$$\text{การใช้ไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น} = \frac{\text{อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าการผลิต} \times 3600 \text{ s}}{\text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr)}}$$

8. การหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวม (MJ/hr)

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวม} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิต} + \text{เชื้อเพลิง LPG}$$

9. การหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/cc)

$$SEC = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงการผลิต (hr) X อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวม (MJ/hr)}}{\text{ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ (cc)}}$$

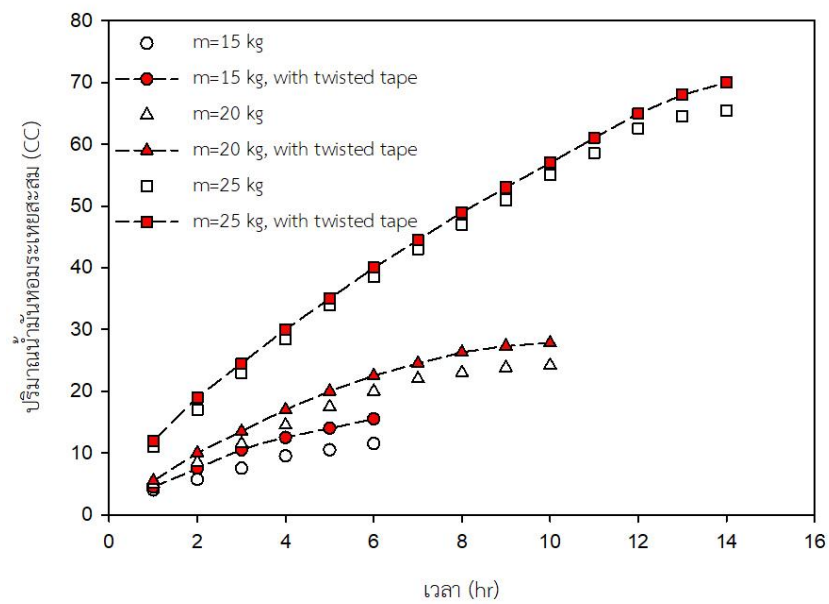
บทที่ 4

ผลการทดลอง

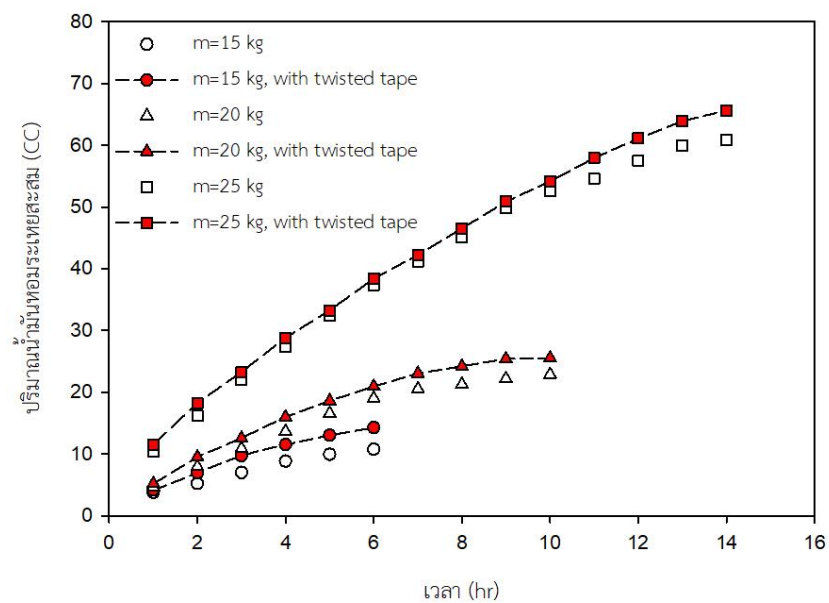
บทนี้เป็นการนำเสนอผลการทดลองผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ โดยได้ศึกษาอิทธิพลของแผ่นบดสร้างโดยการไหลแบบหมุนควงที่มีอัตราส่วนการบด (y/w) คงที่เท่ากับ 3 ภายใต้เงื่อนไขการทดลองใช้มวลผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม โดยมีอุณหภูมิของน้ำควบแน่นที่ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

อิทธิพลของแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย

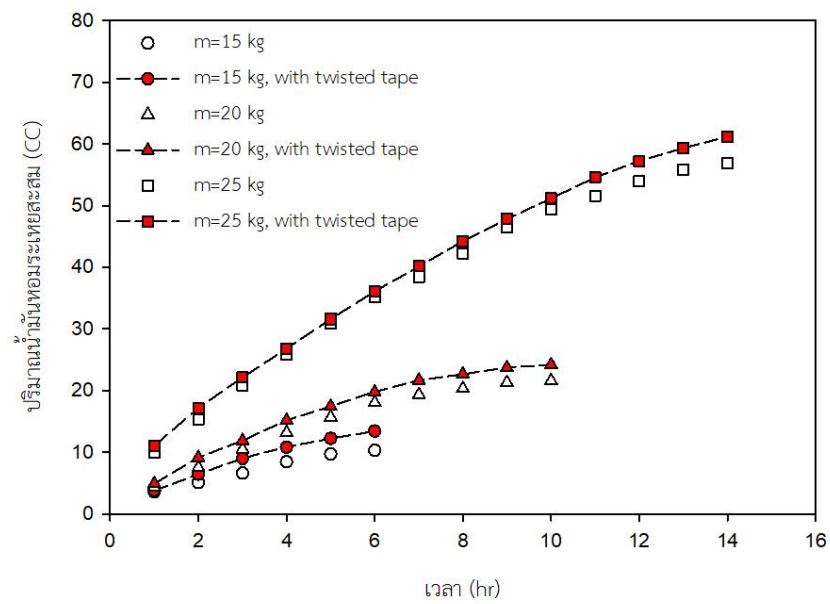
จากภาพที่ 4-1 ถึง 4-3 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ (แกน Y) ภายใต้ระยะเวลาในการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหย (แกน X) สำหรับที่อุณหภูมิของน้ำควบแน่นที่ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลที่ได้แนะนำให้ชวนให้อ่านหัวข้อนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของการใส่แผ่นบดสร้างการไหลแบบหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (ท่อควบแน่นน้ำมันหอมระเหย) เปรียบเทียบกับกรณีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเปล่า ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของชั่วโมงการกลั่นในขณะที่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการติดตั้งแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงจะช่วยให้ไอน้ำกับน้ำมันหอมระเหยเกิดการหมุนควงและช่วยให้ไอน้ำที่อยู่กลางท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดการถ่ายเทความร้อนกับผนังท่อได้ดีส่งผลให้เกิดการควบแน่นของน้ำ และน้ำมันหอมระเหยได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในกรณีติดตั้งแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงจึงมากกว่ากรณีท่อเปล่าทุกกรณีศึกษาโดยผลของการติดตั้งแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับที่อุณหภูมิควบแน่นคงที่เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่ากรณีท่อเปล่าประมาณ 34.7, 14.8 และ 6.9 เปอร์เซ็นต์ ที่มวลผลมะนาวเท่ากับ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ผลของการติดตั้งแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับที่อุณหภูมิควบแน่นคงที่เท่ากับ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ให้ค่าสูงกว่ากรณีท่อเปล่าประมาณ 32.7, 11.8 และ 7.7 เปอร์เซ็นต์ และ 31.3, 12.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ที่มวลผลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ภาพ 4-4 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมของการทดลองในแต่ละกรณีพบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของมวลผลมะนาว และเพิ่มขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิควบแน่นโดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่ได้จากการทดลองที่มวลผลมะนาวสูงสุดเท่ากับ 25 กิโลกรัม ในกรณีการติดตั้งแผ่นบดมีค่าสูงสุดถึง 70, 65.6 และ 61.2 มิลลิลิตร สำหรับที่อุณหภูมิควบแน่นคงที่ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



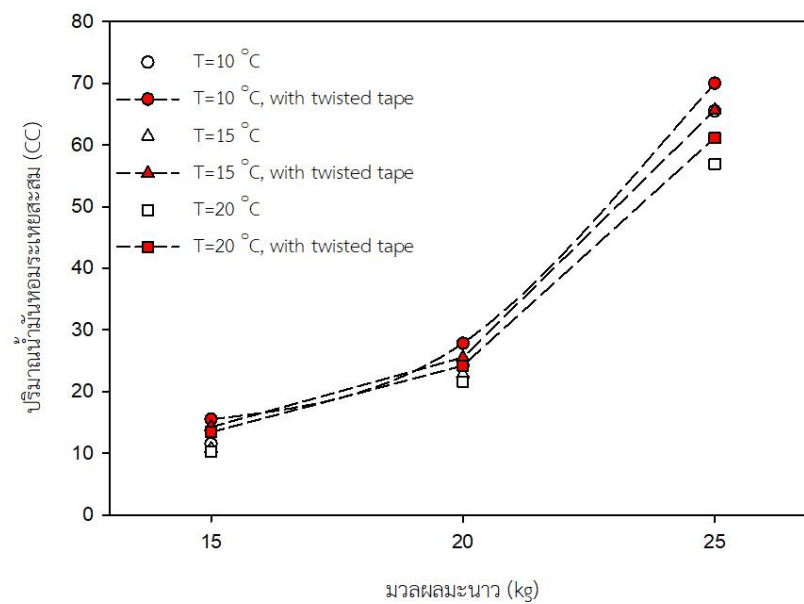
ภาพที่ 4-1 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น, $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$



ภาพที่ 4-2 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น, $T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$



ภาพที่ 4-3 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น, $T=20^{\circ}\text{C}$



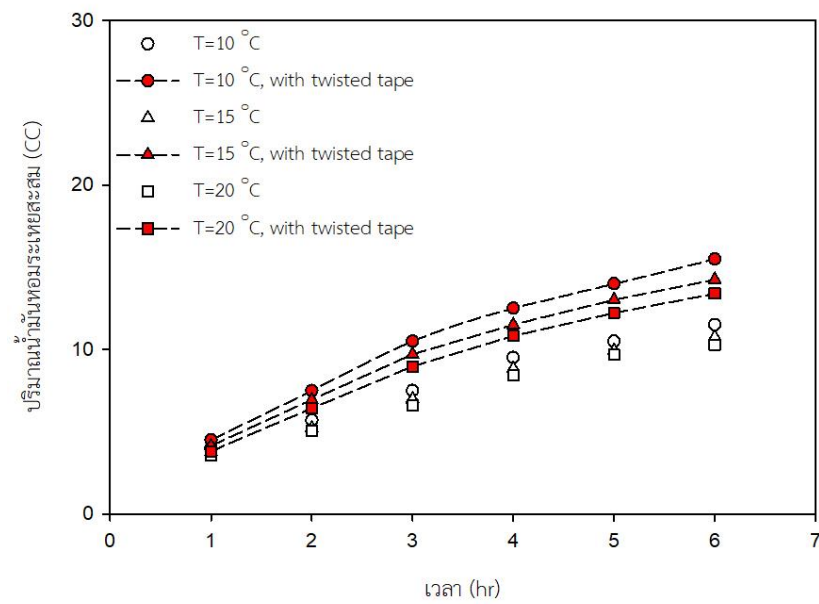
ภาพที่ 4-4 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสม

อิทธิพลของมวลผลมะนาวต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย

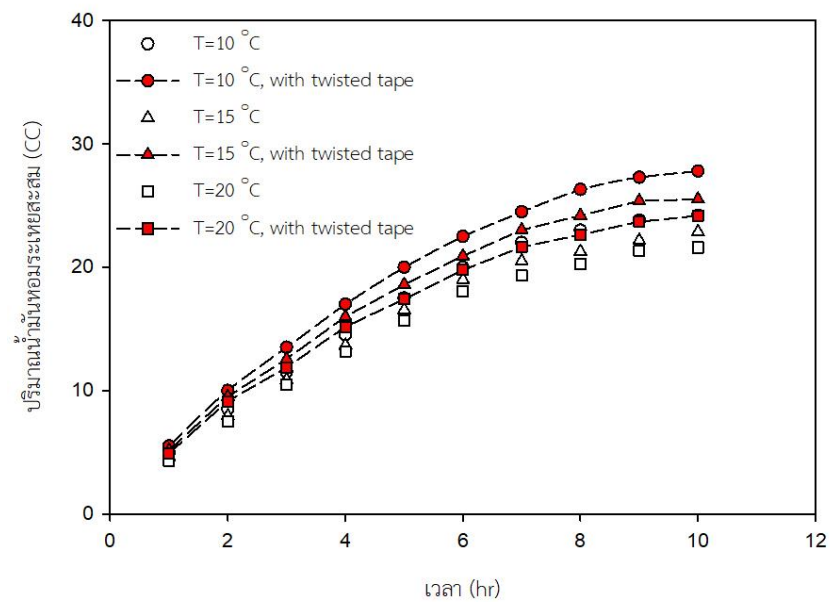
จากภาพที่ 4-4 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ (แกน Y) ภายใต้ระยะเวลาในการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหย (แกน X) สำหรับมวลผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ผลที่ได้นำเสนอในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของมวลผลมะนาวต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย กรณีการติดตั้งแผ่นบิตสร้างการไหลแบบหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และเปรียบเทียบกับกรณีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเปล่า ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของมวลผลมะนาว เมื่อพิจารณาในกรณีใส่แผ่นบิตภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันพบว่ากรณีการทดลองที่มวลผลมะนาวเท่ากับ 25 กิโลกรัม ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด โดยสูงกว่ากรณีมวลผลมะนาวเท่ากับ 15 และ 20 กิโลกรัม ประมาณ 34.7 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับที่อุณหภูมิน้ำควบแน่นเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิน้ำควบแน่นเพิ่มขึ้นเป็น 15 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากมวลผลมะนาวเท่ากับ 25 กิโลกรัม ยังคงให้ค่าสูงกว่ากรณีมวลผลมะนาวเท่ากับ 15 และ 20 กิโลกรัม ประมาณ 32.7 และ 11.8 เปอร์เซ็นต์ และ 31.3 และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลเปรียบเทียบกรณีท่อเปล่าที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ที่มวลผลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยค่าต่ำกว่ากรณีใส่แผ่นบิต 25.8, 12.9 และ 6.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อิทธิพลของอุณหภูมิน้ำควบแน่นต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย

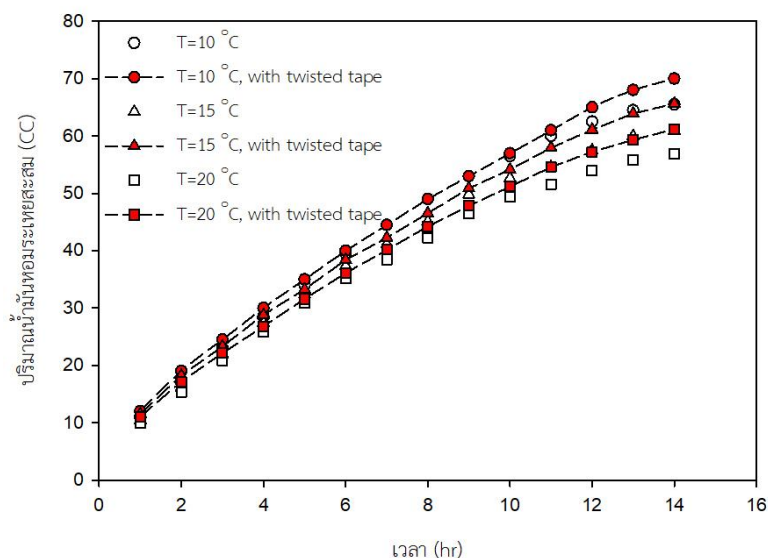
จากภาพที่ 4-5 ถึง 4-7 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ (แกน Y) ภายใต้ระยะเวลาในการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหย (แกน X) สำหรับที่มวลผลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ที่ได้นำเสนอในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำควบแน่นต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิน้ำควบแน่น เมื่อพิจารณาในกรณีใส่แผ่นบิตภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันพบว่ากรณีการทดลองที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีอุณหภูมิน้ำควบแน่น 15 และ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 6.7 และ 14.37 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลผลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ในขณะที่มวลผลมะนาวเพิ่มขึ้นเป็น 15 และ 20 กิโลกรัม พบว่าปริมาณอุณหภูมิน้ำควบแน่นที่ 10 องศาเซลเซียส ยังคงให้ค่าสูงกว่ากรณีอุณหภูมิน้ำควบแน่น 15 และ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 32.7 และ 31.3 เปอร์เซ็นต์ และ 11.8 และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลเปรียบเทียบกรณีท่อเปล่าที่มวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยค่าต่ำกว่ากรณีใส่แผ่นบิต 6.4, 7.1 และ 7.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4-5 แสดงปริมาณน้ำน้หอมระเหยสะสมที่มวลผลมะนาว, m=15 kg



ภาพที่ 4-6 แสดงปริมาณน้ำน้หอมระเหยสะสมที่มวลผลมะนาว, m=20 kg

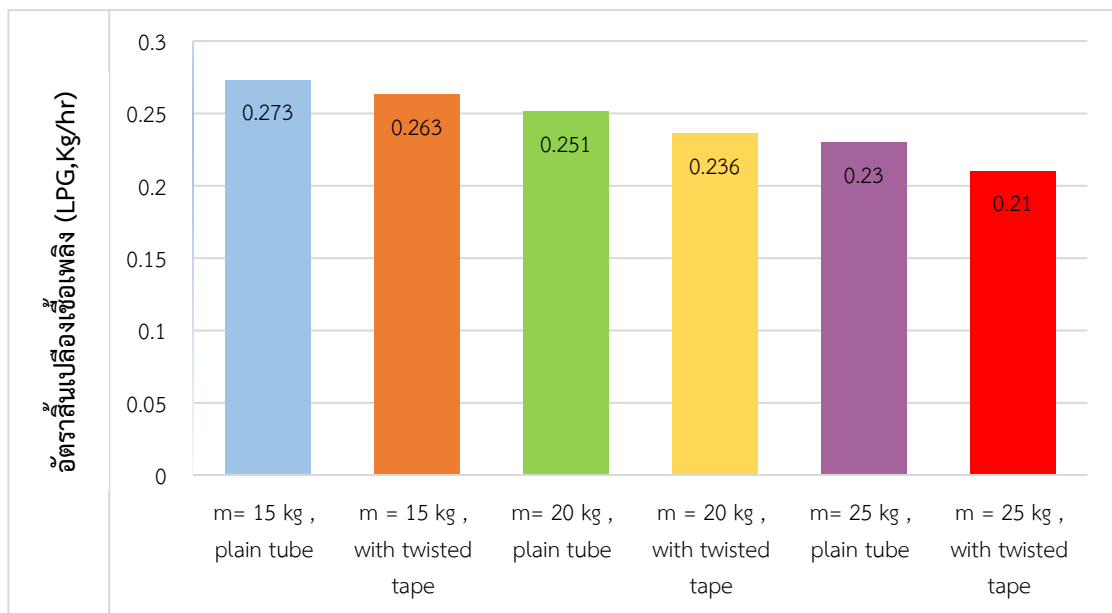


ภาพที่ 4-7 แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยสะสมที่มีวลผลมะนาว, $m=25$ kg

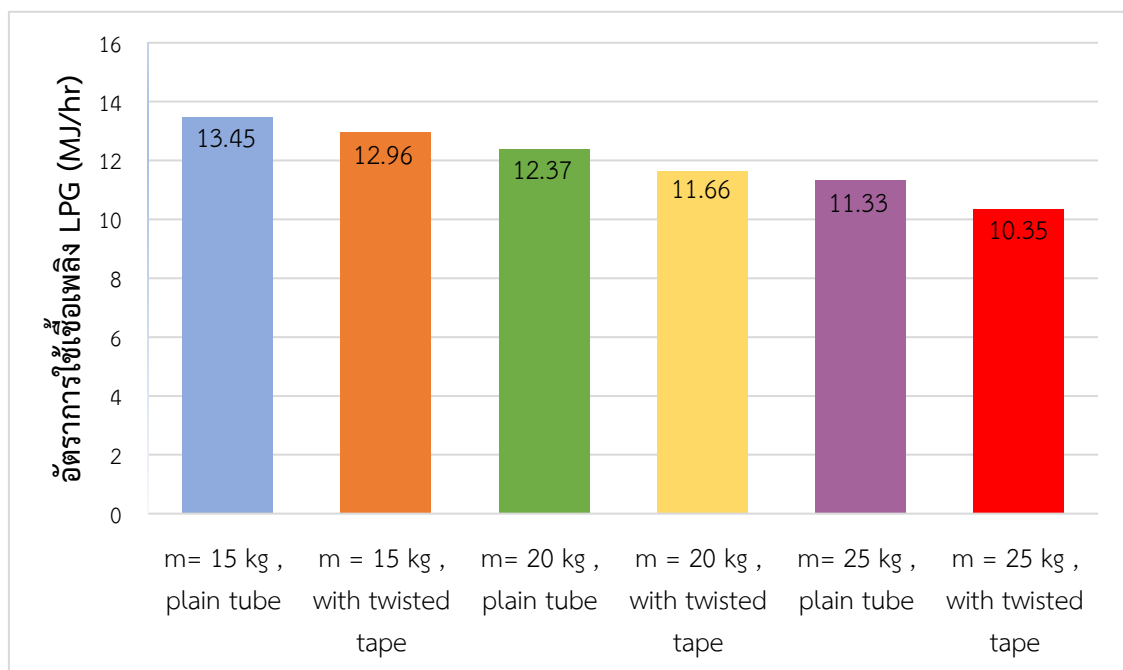
การประเมินต้นทุนการผลิต

1. ต้นทุนด้านพลังงาน

ในการทดลองการผลิตไอน้ำเพื่อเป็นตัวกลางสำหรับพาน้ำมันหอมระเหยออกจากผิวของผลมะนาวได้ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีภายใต้เงื่อนไขการทดลองแต่ละกรณี ดังแสดงในภาพที่ 4-8 ที่แสดงความสัมพันธ์อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยสำหรับผลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม จากการทดลองพบว่ากรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนสามารถช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่าได้ ขณะที่ใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนสำหรับกรณีการทดลองจำนวนผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 0.263, 0.236 และ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และในกรณีท่อเปล่าพบว่าการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 0.273, 0.251 และ 0.23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยกรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนมีการใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่ากรณีท่อเปล่าประมาณ 3.80, 6.36 และ 9.52 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อพิจารณากรณีผลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ร่วมกับอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนพบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตน้ำมันหอมระเขยน้อยกว่ากรณีผลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัม ถึง 25.24 และ 12.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อน และสร้างไอน้ำที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 1.5 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับแปลงไฟลงระดับต่ำที่หัวปรับจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีที่อุณหภูมิน้ำควบแน่นเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส ในการทดลองผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ กรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวน จะช่วยให้การใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจಿನ้อยกว่ากรณีท่อเปล่า



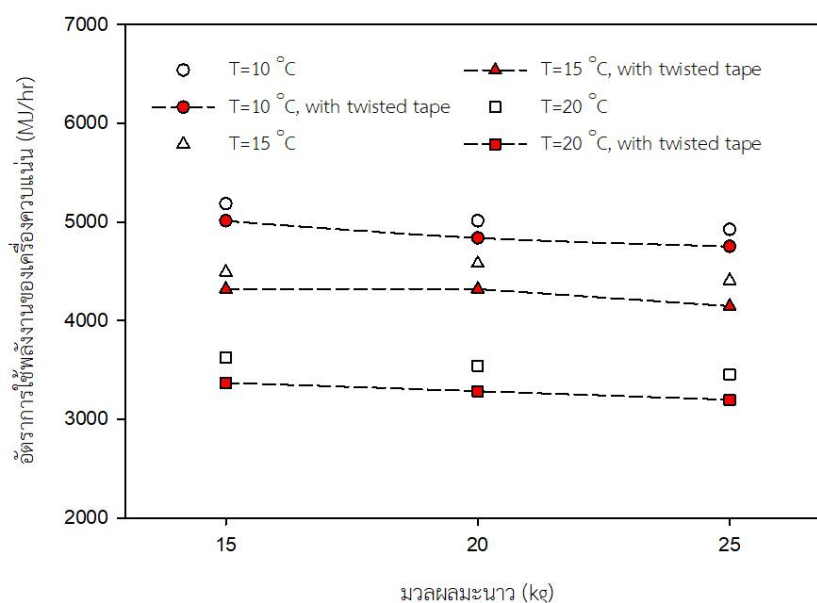
ภาพที่ 4-8 แสดงอัตราการรั่วไหลของแก๊ส LPG



ภาพที่ 4-9 แสดงอัตราการรั่วไหลของแก๊ส LPG

2. ต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องควบแน่น

จากภาพที่ 4-10 แสดงความสัมพันธ์อัตราการใช้พลังงานของเครื่องควบแน่น (แกน Y) ภายใต้การทดลองการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมวลผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม (แกน X) ผลที่ได้นำเสนอในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องควบแน่นต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย กรณีการติดตั้งแผ่นบิตสร้างการไหลแบบหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และเปรียบเทียบกับกรณีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเปล่า เมื่อพิจารณาในกรณีใส่แผ่นบิตภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันสามารถช่วยลดต้นทุนอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกระบวนการควบแน่นการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่าผลจากการทดลองพบว่ากรณีอุณหภูมิ น้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่ากรณีอุณหภูมิ น้ำควบแน่น 15 และ 20 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยที่ 6.2 และ 8.1 เพอร์เซ็นต์ สำหรับมวลผลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ในกรณีที่มวลผลมะนาว 15 และ 20 กิโลกรัม พบว่าปริมาณอุณหภูมิ น้ำควบแน่น ที่ 10 องศาเซลเซียส ยังมีอัตราการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่ากรณีอุณหภูมิ น้ำควบแน่น 15 และ 20 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยที่ 4.0 และ 6.0 และ 7.6 และ 7.8 เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณากรณีท่อเปล่าที่อุณหภูมิ น้ำควบแน่น 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส สำหรับมวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับผลิตน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีใส่แผ่นบิต ประมาณ 3.5, 5.8 และ 7.5 เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

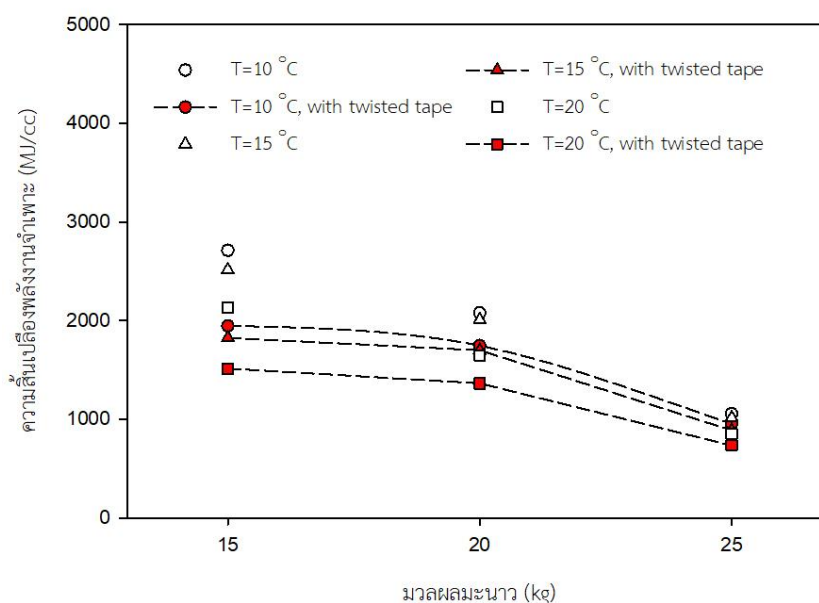


ภาพที่ 4-10 แสดงอัตราการใช้พลังงานของเครื่องควบแน่น

3. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

จากภาพที่ 4-11 แสดงความสัมพันธ์อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะภายใต้การทดลอง การกลั่นน้ำมันหอมระเหยมวลผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับผลที่ได้นำเสนอใน หัวข้อนี้เป็นการศึกษาต้นทุนด้านความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ออัตราการผลิตน้ำมันหอมระเหย ผลจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิน้ำควบแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการลดลงของความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะ เมื่อพิจารณาในกรณีใส่แผ่นปิดภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันกรณีการผลิต น้ำมันหอมระเหยที่มวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม สำหรับอุณหภูมิน้ำควบแน่น 20 องศาเซลเซียส มีค่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำที่สุดเท่ากับ 733.7 เมกะจูลต่อซีซี โดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย เท่ากับ 61.2 มิลลิลิตร ในกรณีมวลผลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัม พบว่าอัตราความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 20 องศาเซลเซียส ยังคงให้ค่าต่ำกว่ากรณีอุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 1944.8 และ 1744.6 เมกะจูลต่อซีซีและ 1823.1 และ 1697.3 เมกะจูลต่อซีซี

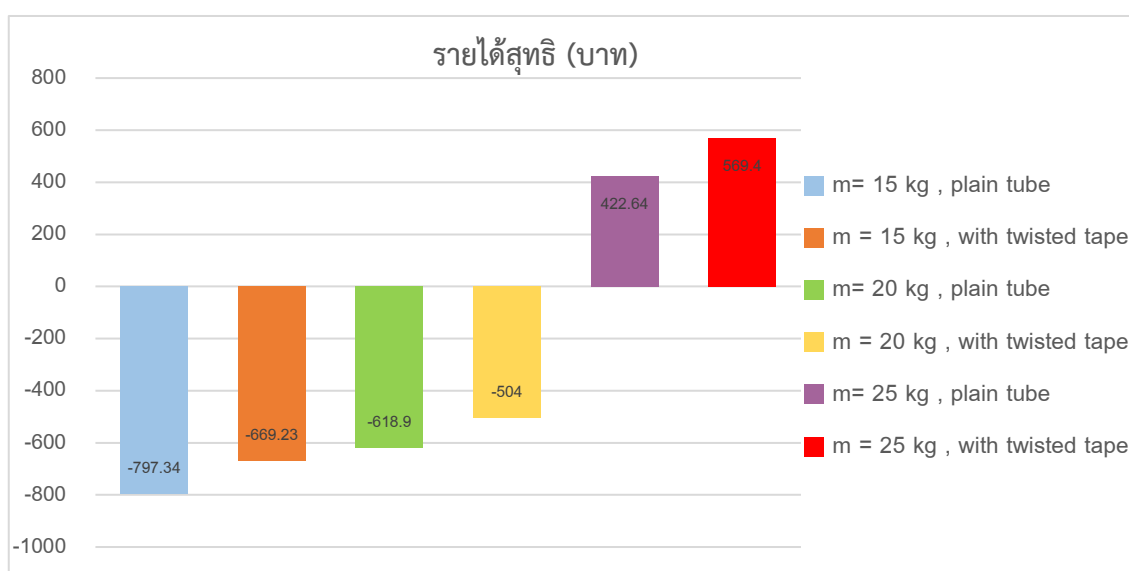
ผลการพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงาน พบว่ากรณีการผลิตน้ำมันหอมระเหยที่มวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับกรณีใส่แผ่นปิดสร้างการไหลหมุนควงมี การใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 952.4 เมกะจูลต่อซีซี เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีผลการทดลอง ที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 20 องศาเซลเซียส จะลดพลังงานการผลิตน้ำมันหอมระเหยมากกว่าที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส และเมื่อ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการผลิตผลเกิดการขาดทุนเนื่องจากได้ปริมาณ น้ำมันหอมระเขยน้อยไม่เพียงพอต่อราคาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 4-11 แสดงความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

4. รายได้สุทธิจากน้ำมันหอมระเหย

จากภาพที่ 4-12 แสดงความสัมพันธ์รายได้สุทธิจากการการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาว ด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ ผลจากการทดลองพบว่าการผลิตน้ำมันหอมระเหยที่มวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับกรณีใส่แผ่นบิตสร้างการไหลหมุนควงโดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด 70 มิลลิลิตร รายได้สุทธิจากการผลิตน้ำมันหอมระเหยจำนวนเงิน 569.4 บาท และกรณีท่อเปล่ามีรายได้สุทธิจากการผลิตน้ำมันหอมระเหยจำนวนเงิน 422.64 บาท เมื่อเปรียบเทียบกรณีใส่แผ่นบิตสร้างการไหลหมุนควงจะมีรายได้สุทธิมากกว่ากรณีท่อเปล่าจำนวนเงิน 146.76 บาท และกรณีมวลผลมะนาว ที่ 15 และ 20 กิโลกรัม โดยมีได้รายได้สุทธิจากการผลิตน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่ามวลผลมะนาว ที่ 25 กิโลกรัม พิจารณาจากการทดลองพบว่าการขาดทุน เนื่องจากได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยไม่เพียงพอต่อราคาต้นทุนที่ใช้ในการผลิต



ภาพที่ 4-12 แสดงรายได้สุทธิการผลิตน้ำมันหอมระเหย

5. การคำนวณรายได้สุทธิการผลิตน้ำมันหอมระเหย

จากตารางที่ 4-1 แสดงตารางความสัมพันธ์การคำนวณรายได้สุทธิการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ ผลจากการทดลองพบว่าการผลิตน้ำมันหอมระเหยมวลผลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับกรณีใส่แผ่นบิตสร้างการไหลหมุนควงมีการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 18.48 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง มีต้นทุนการใช้พลังงานทั้งหมด 180.60 บาท มวลผลมะนาวทดลอง 25 กิโลกรัม จำนวนเงิน 750 บาท ค่าแรง 2 วัน จำนวนเงิน 600 บาท รวมต้นทุนการผลิตน้ำมันหอมระเหยจำนวนเงิน 1,530.60 บาท โดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 70 มิลลิลิตร จำหน่ายได้ราคา 2,100 บาท โดยมีรายได้สุทธิจากการผลิตน้ำมันหอมระเหยจำนวนเงิน 569.4 บาท เมื่อพิจารณาจากกรณีใส่แผ่นบิตสร้างการไหลหมุนควงจะมีรายได้สุทธิมากกว่ากรณีท่อเปล่าเท่ากับ 34.72 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบกับ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

บทนี้เป็นการนำเสนอสรุปผลการทดลองผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวด้วยเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ โดยได้ศึกษาอิทธิพลของแผ่นปิดสร้างโดยการไหลแบบหมุนควงที่มีอัตราส่วนการปิด (y/w) คงที่เท่ากับ 3 ภายใต้เงื่อนไขการทดลองใช้มวลผลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม โดยมีอุณหภูมิของน้ำควบแน่นคงที่เท่ากับ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ผลการทดลองการติดตั้งแผ่นปิดสร้างการไหลหมุนควงจะช่วยให้ไอน้ำกับไอน้ำมันหอมระเหยเกิดการหมุนควงและช่วยให้ไอน้ำที่อยู่กลางท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดการถ่ายเทความร้อนกับผนังท่อได้ดีส่งผลให้เกิดการควบแน่นของน้ำและน้ำมันหอมระเหยได้ดียิ่งขึ้นโดยที่อุณหภูมิน้ำควบแน่นเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส ที่มวลผลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่าค่าเฉลี่ย 34.7, 14.8 และ 6.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. ผลการทดลองมวลผลมะนาว ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของมวลผลมะนาว โดยที่มวลผลมะนาวเท่ากับ 25 กิโลกรัม ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีมวลผลมะนาว 15 และ 20 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 34.7 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. ผลการทดลองอุณหภูมิน้ำควบแน่น ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีค่าเพิ่มขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิน้ำควบแน่น โดยที่อุณหภูมิน้ำควบแน่นเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีอุณหภูมิน้ำควบแน่น 15 และ 20 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 6.7 และ 14.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. ผลการพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงาน พบว่ากรณีการผลิตน้ำมันหอมระเหยที่มวลผลมะนาว 25 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิน้ำควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับกรณีใส่แผ่นปิดสร้างการไหลหมุนควงมีการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 952.4 เมกะจูลต่อซีซี มีรายได้สุทธิจากการผลิตน้ำมันหอมระเหยจำนวนเงิน 569.4 บาท

ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตน้ำมันหอมระเหยจะมีปริมาณเชื้อเพลิงแอลพีจีปริมาณมากทำให้ความร้อนสูงมากขึ้นช่วงระยะหนึ่ง และเมื่อมีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงแอลพีจีปริมาณมากขึ้นจึงทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงแอลพีจีมีปริมาณน้อยลงทำให้ปริมาณไฟหรือความร้อนน้อยลงต้องปรับเปลวไฟให้สูงขึ้นและไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิความร้อนคงที่ต่อการผลิตน้ำมันหอมระเหยได้ ควรติดตั้งฮีตเตอร์เพื่อควบคุมอุณหภูมิความร้อนเชื้อเพลิงแอลพีจีในการผลิตน้ำมันหอมระเหย

2. การประหยัดพลังงานกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นควรใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำมันหอมระเหย

บรรณานุกรม

- กฤษณพงษ์ คำบุญมา. (2549). การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อกลมโดยการสอดใส่แผ่นบิต. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- กนกวรรณ ปรีชารัตน์ และเกตุวดี ใจปัญญา. (2547). การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้หอม. สาขาวิชาเคมี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน. กระทรวงพลังงาน.
- คมสัน หุตะแพทย์. (2549). การสกัดน้ำมันหอมระเหยการใช้ประโยชน์และการทำผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.
- จิระศักดิ์ เพียรเจริญ และจารุวัฒน์ เจริญจิต. (2546). เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำและไอน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- เจนูรวาตี กาเร้ง และนัฏฐจี เจ๊ะขอ. (2547). การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ. ปรินญา นิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- ชญาดา กลิ่นจันทร์, ซาลี ตระกูล, ชรินทร์ บัญมา, และพัชรี เพชรไทย. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะนาวเพื่อสร้างมูลค่า. สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- ชัยยะ ปราณีตพลกรัง, นฤทธิ คชฤทธิ์, ไพฑูรย์ พูลสุขโข, ศักดิ์ชัย จันทศรี, และปราโมทย์ พูนนายม. (2546). ออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ฐาปณีย์ หงส์รัตนารกิจ. (2550). น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุนทรียภาพ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์วิบูลย์การปก.
- ตรีพัฒน์ แซ่พู่. (2550). การกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคปั๊มฟอง. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง. (2558). การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดเคยูชั่น.
- ธนาพล สุขชนะ. (2554). การถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความดันลดในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ที่มีลวดอยู่ภายใน. มหาวิทยาลัยปทุมธานี.
- ธีรศิลป์ ชมแก้ว. (2551). การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงด้วยวิธีการต้มกลั่นและกลั่นด้วยไอน้ำ. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นฤเบศร์ หนูใส่เพชร และอุดม รินคำ. (2555). การทดสอบและประเมินผลเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็กแบบหอกกลั่นทรงกรวย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43 (3) : 31-34.
- นุรัตน์ ดอกไม้, สมิต์ เอี่ยมสอาด, ปรัชญา मुखดา. และขวัญชัย หนาแน่น (2564). การเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนในท่อกลมโดยใช้แผ่นบิตผิวคลื่นตัววี. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- นำพล พิพัฒน์ไพบูรณ์, สันหวัง ทองแดง, บัญชา ลำเลิศ, จริญญา มงคลวัย, และสมพร หงส์ก. (2557). เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบเทอร์โมไซฟอน. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. วิทยาเขตสกลนคร.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- บริษัท สยาม วรดา 59 จำกัด. (2558). การผลิตน้ำมันหอมระเหย. เพชรบุรี.
- เบญจศักดิ์ บัวสรวง. (2549). การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรด้วยไอน้ำ. วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประพจน์ ทศภานนท์, ขวัญชัย หนาแน่น, และสมิทธิ์ เอี่ยมสะอาด. (2558). อิทธิพลของตัวขวางปิดเกลียวต่อสมรรถนะทางความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน. การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 14 เชียงใหม่.
- ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์, พิมพ์พิจิตร ไชยเจริญชัย, และสุวัฒนา ดันน์. (2561). การแยกสารเนื้อเดียวและการการด้วยตัวทำละลาย. วารสารวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 8 (1).
- พิเชษฐ์ เทบารุง และสมศักดิ์ ระย่น. (2550). เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. วิทยาเขตสกลนคร.
- โพธิ์ทอง ประณีตพลกรัง และประพันธ์ ลีกุล. (2562). เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรโดยใช้พลังงานชีวมวลสำหรับชุมชน. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- วิภาวรรณ นิละพงษ์, บุษบา ผลโยธิน, และวันแข็ง สิทธิกิจโยธิน. (2561). การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรการสกัดด้วยไอน้ำและการสกัดด้วยตัวทำละลาย. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 29 (1) : 157-166.
- สถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์. (2561). การสกัดแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์. มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุจินต์ นุชประเสริฐ. (2559). การเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดใส่แผ่นปิดเดียวกับแผ่นปิดกากบาท. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- สุรินทร์ดี จิระจินดา. (2545). เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุนทร พรหมขุนทอง, อุทัย ผ่องศรีมี, เพชรพิสิฐ เอี่ยมสะอาด, และเสนีย์ ศิริไชย. (2560). การศึกษาประสิทธิภาพของสารแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำที่เป็นกรดน้ำที่เป็นกลางและน้ำที่เป็นด่างของอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การประชุมวิชาการเรื่อง ถ่ายทอดพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน
และกระบวนการ ครั้งที่ 23

บทความเรื่อง อิทธิพลของแผ่นปิดสร้างการไหลหมุนวนในการสกัดน้ำมันหอมระเหย
จากมะนาวโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ



สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ประชุมวิชาการ
เรื่องการถ่ายเทพลังงาน
ความร้อนและมวลในอุปกรณ์
ด้านความร้อนและกระบวนการ
(ครั้งที่ 23)

ระหว่างวันที่ 14-15 มีนาคม 2567
ณ โรงแรม อีโค โคซี่ มีช พรอนท์ รีสอร์ท
จังหวัดเพชรบุรี

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
A10	การหาค่าเหมาะที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศชนิดฉีดไอที่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชั้นกลาง MULTI-OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM OPTIMIZATION OF AIR CONDITIONING SYSTEMS WITH INTERMEDIATE HEAT EXCHANGERS	103
A11	คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนเชิงเปรียบเทียบบนพื้นผิวของแผ่นกั้นช่องการไหลที่มีแผ่นกั้นโดยติดตั้งพินลักษณะต่างกัน COMPARATIVE HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS FOR A CHANNEL WITH BAFFLES WALL-INSTALLED DIFFERENT PIN ARRANGEMENTS	110
A12	อิทธิพลของแผ่นบิดสร้างการไหลหมุนวนในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ INFLUENCE OF TWISTED TAPE SWIRL GENERATOR FOR CONTROLLING ESSENTIAL OIL EXTRACTION BY STEAM DISTILLATION	118
A13	อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกต่อสมรรถนะเชิงความร้อนของท่อลูกฟูก 3 ร่อง THE EFFECT OF DEPTH RATIO ON THERMAL PERFORMANCE OF A 3-START CORRUGATED TUBE	122
A14	การพัฒนาชุดเสริมประสิทธิภาพเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบขดเกลียวด้วยวิธีการจำลองการไหลภายใน ENHANCEMENT OF HEAT TRANSFER OF FLUID FLOW IN HELICAL COIL HEAT EXCHANGER BY TWISTED TAPE AT THE COIL INLET AND OUTLET	129
A15	สมรรถนะทางความร้อนของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมโดยเทคนิคการกลั่นด้วยไอน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ THERMAL PERFORMANCE ON CITRONELLA GRASS ESSENTIAL OIL EXTRACTOR BY STEAM DISTILLATION WITH HYBRID SOLAR ENERGY-HEATER	136
A16	การศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของของไหลในท่อที่สอดใส่แผ่นตรงติดครีป EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON HEAT TRANSFER PERFORMANCE OF FLUID FLOW IN TUBE WITH RIB TAPE INSERTS.	141
A17	การศึกษาเชิงตัวเลขของผลกระทบของระยะห่างของเจ็ทของการไหลปะทะแบบปั่นป่วนจากเจ็ทแบบช่องคู่ต่อลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อน EFFECT OF JETS SPACING FROM TWIN IMPINGING TURBULENT SLOT-JETS ON FLOW AND HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS: A NUMERICAL STUDY	146

อิทธิพลของแผ่นบิดสร้างการไหลหมุนควงในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ

INFLUENCE OF TWISTED TAPE SWIRL GENERATOR FOR CONTROLLING ESSENTIAL OIL EXTRACTION BY STEAM DISTILLATION

จลลภ พันธ์สิงห์

ดวงฤดี ชูตระกูล

พิเชฐ นิลดวงดี

ขวัญชัย พานาแน่น

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

38 หมู่ 8 ถนนหาดเจ้าสำราญ

ตำบลนาไร่ อำเภอมือง

จังหวัดเพชรบุรี 76000

E-mail: saraban@pbru.ac.th

Tel: 094-580-7773

สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก

กรุงเทพมหานคร 10530

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้แผ่นบิดในการสร้างการไหลหมุนควงภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อการควบคุมการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว ในการทดลองนี้ใช้เครื่องกลั่นทำจากสแตนเลส 50 ลิตร ที่ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง และสร้างไอน้ำที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส ที่อัตรา 1.5 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำหล่อเย็นที่ประมาณ 5 องศาเซลเซียส ในการทดลองใช้มะนาวแบบเต็มลูก และมวลทดลองที่แตกต่างกันคือ 15, 20, และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ แผ่นบิดที่ใช้มีอัตราส่วนการบิดงอที่ y/w เท่ากับ 3.0 ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่า การติดตั้งแผ่นบิดสร้างการไหลหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น จากกรณีท่อเปล่าเฉลี่ยได้มากขึ้นเท่ากับ 34.7, 25, และ 6.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลมะนาว 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผ่นบิด, ท่อเปล่า, น้ำมันหอมระเหย, มะนาว

Abstract

This research investigates the influence of twisted tapes on the swirl flow within a heat exchanger tube for controlling the condensation of essential oil extraction from lime. A 50-liter stainless steel still, fueled by LPG, was used to produce steam at a temperature of 104 degrees Celsius with a rate of 1.5 liters per hour. The cooling water, maintained at approximately 5 degrees Celsius, was employed for condensation. Limes used in the experiment were whole fruits with masses of 15, 20, and 25 kilograms, respectively. The twisted tapes with a constant twist ratio (y/w) of 3.0 were utilized. The results showed that the installation of twisted tapes in the heat exchanger tube increased the swirl flow, leading to higher yields of lime essential oil compared to the plain tube case. The percentage increase was found to be 34.7, 14.8, and 6.9 for lime masses of 15, 20, and 25 kilograms, respectively.

Keywords: twisted tape, plain tube, essential oils, lime

1. บทนำ

ปัจจุบันมะนาวเป็นพืชเศรษฐกิจ [1] มีชื่อทางสามัญ (Common lime) มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมมีรสเปรี้ยวไว้สำหรับการบริโภค [2] จึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกมะนาวเป็นจำนวนมาก และในทุกๆ ปีเกษตรกรจะพบ [3] ปัญหาเรื่องของราคามะนาวตกต่ำทำให้เกษตรกรเดือดร้อนขายผลผลิตไม่ได้จึงส่งผลให้เกษตรกรปล่อยมะนาวไว้ในต้นไม่เก็บเกี่ยวผลมะนาว เนื่องจากไม่คุ้มทุนกับค่าแรงงานในการเก็บ [4] และแนวทางการแก้ปัญหาของราคามะนาวตกต่ำ คือการแปรรูปมะนาวแบบไทยๆ หลายรูปแบบเข้ามามีบทบาทอย่างแพร่หลาย โดยแนวคิดการแปรรูป

ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวเพื่อออกจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศเพิ่มจำนวนมากขึ้น [5] ในขณะเดียวกันกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยกำลังประสบปัญหาด้านทุนกระบวนการผลิตด้านพลังงานปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [6] แนวคิดการแก้ไขปัญหาด้านทุนกระบวนการผลิตด้านพลังงานของการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวโดยมีแนวทาง [7] การพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยตามกระบวนการเครื่องผลิตไอน้ำ (Boiler) จะเปลี่ยนน้ำภายในหม้อต้มจากสถานะของเหลวหรือน้ำกลายเป็นไอน้ำไหลผ่านท่อเข้ามาเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อสกัดนำน้ำมันหอม

ระเหยออกจากผลมะนาว และเครื่องทำความเย็นที่ใช้สำหรับกระบวนการควบแน่นไอน้ำควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ [9] เพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีการไหลของความร้อนผ่านด้วยแผ่นปิดโดยการไหลแบบหมุนวนช่วยให้กระบวนการกลั่นลดต้นทุนพลังงานระยะเวลาการกลั่นซึ่งจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากผลมะนาวเพิ่มขึ้นโดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัตถุดิบมะนาวจากอำเภอท้ายเหมือง จังหวัดเพชรบุรี สำหรับการทดลองโดยการทดลองกับมะนาวแบบเต็มผล [9] อ้างอิงข้อมูลของผู้ประกอบการจากบริษัทราวตา 59 จำกัด ที่เลือกใช้มะนาวแบบเต็มผลในการทดลองเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากวัตถุดิบมะนาวแบบเต็มผลมีคุณภาพสูงกว่า กรณีนำ มะนาวที่ผ่านการคั้นน้ำมะนาวแล้วมาผลิตนอกจากนั้น [10] ต้นทุนการผลิตยังต่ำกว่าเนื่องจากไม่มีขั้นตอนของการเตรียมเปลือกมะนาว เพื่อศึกษาอิทธิพลของแผ่นปิดโดยการไหลแบบหมุนวน จำนวนผลมะนาวและอุณหภูมิไอน้ำควบแน่นน้ำมันหอมระเหยที่มีผลต่อปริมาณ และคุณภาพน้ำมันหอมระเหยมะนาวที่มีผลต่อต้นทุนด้านพลังงานและระยะเวลาในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

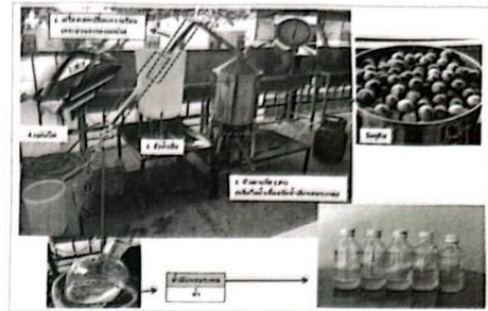
2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์

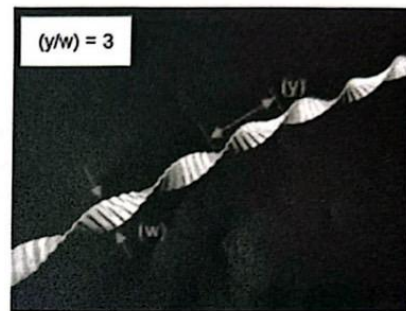
การออกแบบอุปกรณ์และวิธีการทำงานของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยประเภทมะนาวจากเครื่องกลั่นไอน้ำ จากรูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การทดลอง เริ่มจากการนำน้ำสะอาดใส่ลงไปในถังสแตนเลสขนาด 50 ลิตร โดยประมาณ 1/3 ถังสแตนเลสและนำวัตถุดิบผลมะนาวที่เตรียมไว้ใส่ลงบนตะแกรงภายในถังสแตนเลสพร้อมปิดฝาถังสแตนเลสให้สนิทและล็อกฝาถังให้แน่นเพื่อป้องกันแรงดันภายในระบบ จากนั้นจุดประกายไฟที่หัวเผาแก๊ส LPG ชนิด KB5 พร้อมปรับแรงดันไฟในระดับปานกลางเพื่อประหยัดพลังงาน ซึ่งให้ความร้อนสูงในการเดือดของน้ำ 25 กิโลวัตต์ โดยควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 104 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำเดือดระเหยกลายเป็นไอน้ำ โดยสังเกตจากเกววัดอุณหภูมิ และลำดับขั้นตอนต่อไปเติมน้ำและน้ำแข็งลงไปจนถึงน้ำเย็นควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ใช้ทำความเย็นประมาณ 5 องศาเซลเซียส แล้วนำแผ่นปิดสร้างการไหลหมุนวนมีขนาดความยาว 300 มิลลิเมตร ใส่ที่บริเวณส่วนท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในกระบวนการควบแน่น แล้วรอให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นไอน้ำ จนกระทั่งน้ำมันหอมระเหยเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำเป็นของเหลวไหลมาตามท่อโดยผ่านอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนที่มีอัตราส่วนการบิดของไหลหยดลงมาในกรวยแยกสาร จะมีน้ำกับน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นมาแยกตัวจากกันโดยน้ำจะอยู่ส่วนล่างส่วนน้ำมันหอมระเหยจะลอยอยู่ส่วนบนกรวยแยกสาร

จากรูปที่ 2 แสดงแผ่นปิดสร้างการไหลหมุนวน เป็นการออกแบบเพิ่มอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนที่ใช้มีอัตราส่วนการบิดคงที่ y/w เท่ากับ 3.0 ซึ่งเป็นค่าที่ให้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสูง [9] แผ่นปิดจะทำให้เกิดการไหลหมุนวนและมีลักษณะการไหลจะหมุนไปคล้าย ๆ เกลียวตลอดความยาวของแผ่นปิด

ช่วยเพิ่มการหมุนวนของการไหลของไอน้ำและไอน้ำมันหอมระเหยสำหรับกลไกการควบแน่นได้ดีขึ้น



รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2 แผ่นปิดสร้างการไหลหมุนวน

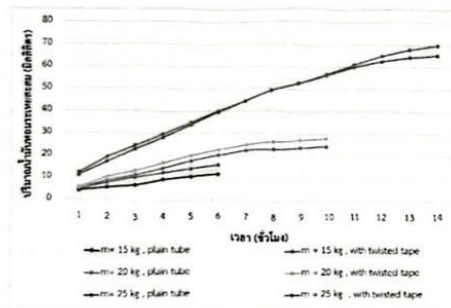
2.2 วิธีการวิจัย

เริ่มต้นขั้นตอนกระบวนการทดลองซึ่งปริมาณน้ำหนักแก๊ส LPG บันทึกข้อมูลก่อนการทดลอง จากนั้นนำน้ำสะอาดใส่ลงไปในถังสแตนเลส โดยประมาณ 1/3 ถังสแตนเลส และนำวัตถุดิบผลมะนาวที่เตรียมไว้ใส่ลงบนตะแกรงภายในถังสแตนเลสเพื่อทำการนิ่ง พร้อมปิดฝาถังสแตนเลสให้สนิทและล็อกฝาถังให้แน่นเพื่อป้องกันแรงดันภายในระบบ และนำแผ่นปิดสร้างการไหลหมุนวนมีขนาดความยาว 300 มิลลิเมตร ใส่ที่บริเวณส่วนปลายของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในกระบวนการควบแน่น จากนั้นจุดประกายไฟที่หัวเผาแก๊ส LPG พร้อมปรับแรงดันไฟในระดับปานกลางเพื่อประหยัดพลังงานและทำให้น้ำเดือดระเหยกลายเป็นไอน้ำ โดยควบคุมอุณหภูมิภายในถังสแตนเลสไม่เกิน 104 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมน้ำและน้ำแข็งลงไปจนถึงน้ำเย็น ที่ควบคุมอุณหภูมิความเย็นประมาณ 5 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนสถานะจากไอน้ำเป็นของเหลวไหลมาตามท่อโดยผ่านอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนหยดลงมาในกรวยแยกสาร เก็บค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในแต่ละชั่วโมงจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง และซึ่งปริมาณน้ำหนักแก๊ส LPG บันทึกข้อมูลหลังการทดลอง

3. ผลการวิจัย

3.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

จากรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลาจากชั่วโมงแรกจนถึงชั่วโมงสุดท้ายที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบไอน้ำ (แกน Y) และระยะเวลาในการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยในแต่ละชั่วโมง (แกน X) จากการทดลอง พบว่าในชั่วโมงที่สูงสุดจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นมากที่สุด 70 มิลลิลิตร ที่มวลมะนาว 25 กิโลกรัม เพราะน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในผิวมะนาวมีสัดส่วนระหว่างไอน้ำกับมะนาวคือน้ำมันมีความเข้มข้นสูง จึงทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณที่มาก หลังจากนี้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทดลองมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาชั่วโมงในการทดลองที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของผลมะนาวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเพิ่มมากขึ้น น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทดลองยังมีค่ามากกว่าตามที่ได้การทดลองที่เวลาเดียวกันขณะที่การทดลองใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเปรียบเทียบกับกรณีท่อเปล่าพบว่าอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวมากกว่าท่อเปล่า 5 มิลลิลิตร ที่มวลมะนาว 25 กิโลกรัม เพราะอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงมีการปั่นวนช่วยทำให้ไอน้ำน้ำมันหอมระเหยและไอน้ำที่อยู่ตรงกลางท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสพื้นผิวท่อและแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่ากรณีท่อเปล่าโดยกรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงได้น้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่า 34.8, 14.9 และ 6.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่พิจารณาถึงการทดลองการต้มมวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ร่วมกับอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงได้น้ำมันหอมระเหยมากที่สุดถึง 70 มิลลิลิตร โดยมากกว่ากรณีมวลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัมถึง 351.6 และ 151.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

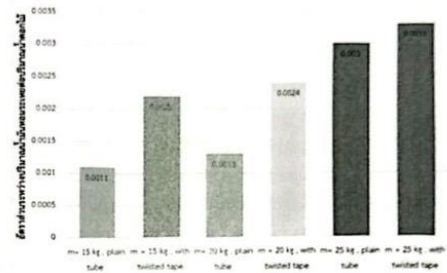


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยกับเวลา

3.2 อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่อปริมาณน้ำคอกไม่

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงความสัมพันธ์การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างน้ำมันหอมระเหยต่อปริมาณน้ำคอกไม่จากการทดลองพบว่ากรณี

ใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงมีความเข้มข้นสูงกว่ากรณีท่อเปล่า เนื่องจากการใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงทำให้อัตราการไหลของไอน้ำน้ำมันหอมระเหยและไอน้ำที่มีอัตราการไหลที่ช้าลง จึงทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากกว่ากรณีท่อเปล่า โดยกรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงมีความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่า 100, 84.6 และ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่พิจารณาถึงการทดลองการต้มมวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ร่วมกับอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควง ได้ปริมาณความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยต่อปริมาณน้ำคอกไม่มากที่สุดถึง 0.0033 มิลลิลิตร โดยมากกว่ากรณีมวลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัม ถึง 50 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้การที่มวลของมะนาวมีผลต่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากกลั่นน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีผลมาจากช่องว่างภายในถังกลั่นน้ำมันหอมระเหย ยังมีช่องว่างภายในถังน้อยทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีความเข้มข้นที่มากขึ้น และสามารถทำให้ไอน้ำน้ำมันหอมระเหยมีอัตราการไหลที่สมบูรณ์ และแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากกว่าปริมาณผลมะนาวที่มีมวลน้อยกว่า ในขณะที่มีช่องว่างภายในถังกลั่นน้ำมันหอมระเหยมากไอน้ำน้ำมันหอมระเหยจะวนอยู่ภายในถังและไม่ได้รับการแลกเปลี่ยนความร้อน

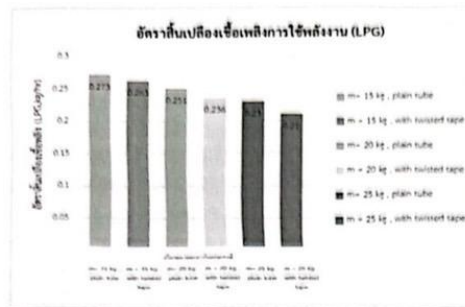


รูปที่ 4 อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่อปริมาณน้ำคอกไม่

3.3 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงการใช้พลังงาน (LPG)

จากรูปที่ 5 เป็นการแสดงความสัมพันธ์อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงการใช้พลังงาน จากการทดลองพบว่ากรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงสามารถช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่าได้ ขณะที่ใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงสำหรับการทดลองจำนวนมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 0.263, 0.236 และ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และในกรณีท่อเปล่าพบว่าการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 0.273, 0.251 และ 0.23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนี้ระยะเวลาชั่วโมงการทดลองพบว่ากรณีใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงมีการใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่ากรณีท่อเปล่าประมาณ 3.80, 6.36 และ 9.52 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัมตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อพิจารณากรณีมวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ร่วมกับ

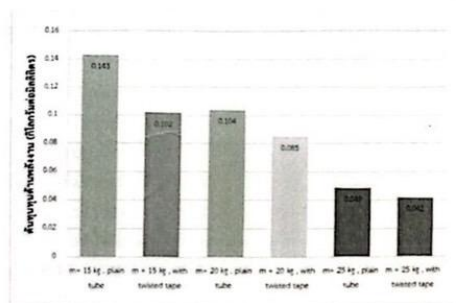
อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงพบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่ากรณีมวลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัม ถึง 25.24 และ 12.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 5 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงการใช้พลังงาน (LPG)

3.4 ต้นทุนด้านพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหย

จากรูปที่ 6 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนด้านพลังงานการผลิตน้ำมันหอมระเหย (แกน Y) และการทดลองกลั่นน้ำมันหอมระเหยมะนาวในแต่ละครั้ง (แกน X) จากการทดลองพบว่า การทดลองมวลมะนาวที่ 15 กิโลกรัม จะมีการใช้ค่าพลังงานมากกว่าการทดลองมวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม เพราะการให้ความร้อนและระยะเวลาที่เท่ากัน แต่ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทดลองน้อยกว่ามวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ขณะที่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงสำหรับการทดลองจำนวนมะนาวที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัม พบว่ามีการใช้ต้นทุนด้านพลังงานที่น้อยกว่ากรณีท่อเปล่าที่ 42, 17.65 และ 16.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการเพิ่มมวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ร่วมกับอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงพบว่ามีการใช้ต้นทุนด้านพลังงานสำหรับการผลิตน้ำมันหอมระเหยเพียง 0.042 กิโลกรัมต่อมิลลิลิตร โดยอัตราการใช้พลังงานสำหรับผลิตน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่ากรณีมวลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัม ถึง 138.1 และ 102.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 6 ต้นทุนด้านพลังงานการผลิตน้ำมันหอมระเหย

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองกรณีใส่แผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงสามารถช่วยให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากรณีท่อเปล่าโดยที่มวลทดสอบ 25 กิโลกรัม ร่วมกับใส่อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดถึง 70 มิลลิลิตร ซึ่งมากกว่ากรณีมวลมะนาวที่ 15 และ 20 กิโลกรัมถึง 351.6 และ 151.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นทุนด้านพลังงานสำหรับการกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยจะมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของมวลมะนาว ซึ่งกรณีมวลมะนาวที่ 25 กิโลกรัม ร่วมกับแผ่นบดสร้างการไหลหมุนควงมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับเงื่อนไขการนำไปใช้ผลิตน้ำมันหอมระเหยโดยมีการใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่ากรณีมวลมะนาว 15 และ 20 กิโลกรัมถึง 25.2 และ 12.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนการทํารายงานครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเกษตรกิจการเกษตร. 2542.มะนาว.กำแพงเพชร. สืบค้นจาก <https://th.wikipedia.org>
- [2] สถาบันวิจัยและพัฒนา. 2563. มะนาวไทย.มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. สืบค้นแหล่งที่มา. <http://srdi.yru.ac.th/bcq/page/1011/>
- [3] ลักษณะมะนาว. สืบค้นจาก : <https://th.wikipedia.org/wiki>
- [4] ชญาดา กลิ่นจันทร์ และคณะ. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะนาวเพื่อสร้างมูลค่า.มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
- [5] ฐานันท์ หงส์นารกิจ. 2550.น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุคนธบำบัด สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
- [6] นฤเบศร์ หนูโสพิษฐ์ และอุดม รินคำ. 2555. การทดสอบและประเมินผลเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็กแบบหอกกลั่นทรงกรวย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(3) พิเศษ 31-34.
- [7] คมสัน หุตะแพทย์. 2549.การสกัดน้ำมันหอมระเหยการใช้ประโยชน์และการทำผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.
- [8] นุรัตน์ ดอกไม้. 2564. การเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนในท่อกลมโดยใช้แผ่นบดผิวคลื่นตัววี. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
- [9] บริษัทสยามวราดา 59 จำกัด. ประกอบธุรกิจประเภทการผลิตโดยให้บริการด้านการผลิตน้ำมันหอมระเหย. สืบค้นจาก : <https://data.creden.co/company/general/0765558000167>
- [10] การใช้พลังงานวิเคราะห์ต้นทุน. สืบค้นจาก: <https://www.ditv.ac.th/teachplan/episode/2010>