สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสกัดน้ำมันหอมระเหยภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

Distillation of Essential Oils Under Vacuum Pressure Conditions

T103090

โดย

นายการฉิก นันทสันติ

นายกุลดิลก กาลเขว้า

นางสาวเกษร เอี่ยมสะอาด

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103090
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ค. 2552

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสกัดน้ำมันหอมระเหยภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

Distillation of Essential Oils Under Vacuum Pressure Conditions

ผู้จัดทำ

1.นายการณิก นันทสันติ รหัสประจำตัว 48010045

2.นายกุลดิลก กาลเขว้า รหัสประจำตัว 48010062

3.นางสาวเกษร เอี่ยมสะอาด รหัสประจำตัว 48010072

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ณัตวิภา เจียระไนวชิระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัดน้ำมันหอมระเหยภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

นายการณิก นันทสันติ 48010045
นายกุลดิลก กาลเขว้า 48010062
นางสาวเกษร เอี่ยมสะอาด 48010072
ผศ.ดร.ณัตวิภา เจียระไนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอมและตะไคร้บ้านกระทำโดย วิธีการกลั่นโดยใช้น้ำภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาผลของความดันที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและระยะเวลาในการสกัดรวมถึงตัวแปรที่มีผลต่อการสกัดน้ำมัน ได้แก่ อุณหภูมิการเดือดของน้ำและอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น โดยทำการทดลองกับวัตถุดิบ 3 อย่าง คือ ใบตะไคร้หอม ใบตะไคร้บ้าน และต้นตะไคร้บ้าน ที่ความดันที่ต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมัน จากการทดลองพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันของวัตถุดิบทั้งหมด คือ 2 ชั่วโมง สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากใบตะไคร้หอมคือความดัน 210 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 68°C อัตราน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 0.47 กรัมต่อชั่วโมง ใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 310 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 75°C อัตราน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 0.31 กรัมต่อชั่วโมง และต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 310 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 75°C อัตราน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 0.47 กรัมต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Distillation of Essential Oils Under Vacuum Pressure Conditions

Karanik Nanthasanti 48010045

Koondilok Karnkhwao 48010062

Kesorn Iamsaard 48010072

Assist. Prof. Nuthvipa Jayranaiwachira Advisor

2551

Abstract

The extraction processes of essential oil from citronella grass (Cymbopogon Nardus Rendle) and lemongrass (Cymbopogon citrates (DC) Stapf.) using water distillation method were taken place under vacuum pressure conditions. In this project, effects of vacuum pressure, including with boiling temperature of water and cooling water, to quantity and extraction time of the essential oil were studied. The experiments were performed using three types of samples, as leaves of citronella grass, leaves of lemongrass and lemongrass stems, respectively. From the experimental results, the best extraction period for all samples is the first two hours of the process. The suitable operating conditions are at pressure and temperature of 210 mmHg and 68°C for leaves of citronella grass with extraction rate of 0.47g/h, 310 mmHg and 75°C for leaves of lemongrass with extraction rate of 0.31 g/h, and 310 mmHg and 75°C for lemongrass stems with extraction rate of 0.37 g/h.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี โดยได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัตวิภา เจียระไนวชิระ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นบุคคลที่เป็นแรงบันดาลใจในการทำโครงงานเรื่องนี้ ที่ได้ช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆในการทำโครงงาน ผลักดันให้เกิดความก้าวหน้า ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และดูแลเอาใจใส่การทำโครงงานเป็นอย่างดี ให้กำลังใจในการทำโครงงานเสมอมาจนโครงงานเล่มนี้เสร็จสิ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ทางวิชาการเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำโครงงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้คำปรึกษาตลอดจนเป็นกำลังใจให้ต่อสู้กับอุปสรรคต่าง ๆ ร่วมทุกข์ ร่วมสุข ด้วยกันเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจในวันที่ท้อแท้ให้ก้าวต่อไป และให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง เป็นทุกสิ่งทุกอย่าง ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้

คุณประโยชน์อันพึงได้จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัย โปรดคลบันดาลปกปักษ์รักษาให้ทุกท่านมีสุขภาพพลานามัยสมบูรณ์แข็งแรงและมีความสุขตลอดไป

ขอขอบพระคุณ

นายการณิก นันทสันติ

นายกุลดิลก กาลเขว้า

นาวสาวเกษร เอี่ยมสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ช

สารบัญรูป ฌ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.6 วิธีดำเนินการ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหย 6

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 13

2.3 หลักการทำระเหยภายใต้สูญญากาศ (Vacuum Evaporating) 14

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการระเหย 15

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อจุดเดือดของของเหลว (factors influencing liquid boiling) 18

2.6 ปั๊มกลโรตารี (Mechanical rotary pump) 19

2.7 ทฤษฎีการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลย่อย 22

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการนำความร้อน 24

2.9 การวัดความดันสูญญากาศ (Vacuum measurement) 25

2.10 ตะแกรงร่อน (Sieving) 30

2.11 คอนเดนเซอร์ (Condenser) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
3.1 การออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
3.1.1 ขนาดถัง 33
3.1.2 การหาความหนาของถัง 35
3.1.3 การออกแบบคอนเดนเซอร์ 36
3.2 แบบจำลองการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 37
บทที่ 4 อุปกรณ์การทดลองและการออกแบบการทดลอง
4.1 การทดลองจากเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย
4.1.1 อุปกรณ์การทดลอง 39
4.1.2 สภาวะที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 44
4.1.3 การออกแบบการทดลอง 44
4.1.4 วิธีการทดลอง 45
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์และวิเคราะห์ผลการทดลอง
5.1 ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่าง ๆเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด
5.1.1 ใบตะไคร้หอม 49
5.1.2 ใบตะไคร้บ้าน 54
5.1.3 ต้นตะไคร้บ้าน 59
5.2 ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยในสภาวะวัตถุดิบแช่แข็งและไม่แช่แข็งที่ความดันต่ำสุด
5.2.1 ใบตะไคร้บ้าน ความดัน 160 mmHg. แบบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง 64
5.2.2 ต้นตะไคร้บ้าน ความดัน 210 mmHg. แบบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง 66
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผล
6.1 สรุปผลการทดลอง 68
6.2 สรุปผลการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดน้ำมันหอมระเหย 69
6.3 ข้อเสนอแนะ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 71

ก. ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเดือดของน้ำ และความดันบรรยากาศ 72

ข. ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด 74

เอกสารอ้างอิง 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินการ 5

ตารางที่ 2.1 ความดันไอของปรอท ที่อุณหภูมิต่างๆ หน่วยเป็น (torr) 14

ตารางที่ 2.2 การแปลงค่าหน่วย 26

ตารางที่ 2.3 อุปกรณ์วัดความดันและช่วงใช้งาน 27

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของปริมาตรเส้นผ่านศูนย์กลางและ ความสูงระดับน้ำในถัง 34

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาถัง 35

ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปผลการออกแบบ 38

ตารางที่ 5.1 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดันต่างๆ 53

ตารางที่ 5.2 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ 58

ตารางที่ 5.3 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ 61

ตารางที่ 5.4 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg. (แช่แข็งและไม่แช่แข็ง) 64

ตารางที่5.5 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 210 mmHg. (แช่แข็งและไม่แช่แข็ง) 66

ตาราง ก.1 Bolling point of water - pressure/ temperature relationship table 72

ตารางที่ ข.1 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 210 mmHg 74

ตารางที่ ข.2 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 360 mmHg 75

ตารางที่ ข.3 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 510 mmHg 76

ตารางที่ ข.4 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 760 mmHg 77

ตารางที่ ข.5 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg 78

ตารางที่ ข.6 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 310 mmHg 79

ตารางที่ ข.7 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 460 mmHg 80

ตารางที่ ข.8 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 560 mmHg 81

ตารางที่ ข.9 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 760 mmHg 82

ตารางที่ ข.10 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 210 mmHg 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข.11 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 310 mmHg 84
ตารางที่ ข.12 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 430 mmHg 85
ตารางที่ ข.13 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 560 mmHg 86
ตารางที่ ข.14 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน760 mmHg 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การกลั่นโดยใช้น้ำ (Water distillation) 7
รูปที่ 2.2 การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (Water-steam distillation) 8
รูปที่ 2.3 การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (Steam distillation) 9
รูปที่ 2.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) 10
รูปที่ 2.5 การสกัดโดยใช้ไขมัน (extraction by animal fat) 11
รูปที่ 2.6 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (supercritical carbondioxide fluid extraction) 12
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vapor Pressure (mmHg) กับอุณหภูมิ (°C) 13
รูปที่ 2.8 ปั๊มโรตารีแบบเวน 20
รูปที่ 2.9 ปั๊มกลโรตารีแบบเวน 21
รูปที่ 2.8 เกจบัวดอง 29
รูปที่ 2.9 ตะแกรงสแตนเลส ชนิด Plain weave 30
รูปที่ 2.10 A simple Condenser 31
รูปที่ 3.1 แสดงภาพของคอนเดนเซอร์ 36
รูปที่ 3.2 แบบจำลองการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 37
รูปที่ 4.1 Bath 40
รูปที่ 4.2 หม้อสกัดน้ำมันหอมระเหย 40
รูปที่ 4.3 คอนเดนเซอร์ 41
รูปที่ 4.4 ปั๊มสูญญากาศ 41
รูปที่ 4.5 ปั๊มน้ำ 41
รูปที่ 4.6 ชุดสกัดน้ำมันหอมระเหย 42
รูปที่ 4.7 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) 42
รูปที่ 4.8 บิวเรต 42
รูปที่ 4.9 วัตถุดิบในการทดลอง 43
รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้หอมที่ 210 mmHg 49
รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้หอมที่ 360 mmHg 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้หอมที่ 510 mmHg 50
รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้หอมที่ 760 mmHg 51
รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้หอมที่ความดันต่างๆ 52
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสุทธิของใบตะไคร้หอมและความดัน 52
รูปที่ 5.7 น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้หอมที่ได้จากการกลั่น 53
รูปที่ 5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 160 mmHg 54
รูปที่ 5.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg 54
รูปที่ 5.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 460 mmHg 55
รูปที่ 5.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg 55
รูปที่ 5.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg 56
รูปที่ 5.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ 57
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสุทธิจาก ใบตะไคร้บ้าน และความดัน 57
รูปที่ 5.15 น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้บ้านที่ได้จากการกลั่น 58
รูปที่ 5.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 210 mmHg 59
รูปที่ 5.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 430 mmHg 60
รูปที่ 5.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg 60
รูปที่ 5.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg 61
รูปที่ 5.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ 62
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสุทธิจาก ต้นตะไคร้บ้าน และความดัน 62
รูปที่ 5.23 น้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้บ้านที่ได้จากการกลั่น 63
รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันของใบตะไคร้บ้านและเวลา เปรียบเทียบที่สภาวะแช่แข็งและไม่แช่แข็ง 65
รูปที่ 5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันของใบตะไคร้บ้านและเวลา เปรียบเทียบที่สภาวะแช่แข็งและไม่แช่แข็ง 67
รูปที่ 5.26 แผนภูมิแสดงน้ำหนักน้ำมันที่เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบที่สภาวะแช่แข็งและไม่แช่แข็ง 67
รูปที่ ข.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา 74
ของใบตะไคร้หอมที่ 210 mmHg 75
รูปที่ ข.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา 76
ของใบตะไคร้หอมที่ 360 mmHg
รูปที่ ข.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา 77
ของใบตะไคร้หอมที่ 510 mmHg
รูปที่ ข.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา 78
ของใบตะไคร้หอมที่ 760 mmHg
รูปที่ ข.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา 79
ของใบตะไคร้บ้านที่ 160 mmHg
รูปที่ ข.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา 80
ของใบตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ข.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 460 mmHg 81

รูปที่ ข.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg 82

รูปที่ ข.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของใบตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg 83

รูปที่ ข.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 210 mmHg 84

รูปที่ ข.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg 85

รูปที่ ข.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 430 mmHg 86

รูปที่ ข.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันรัฐบาลให้ความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมน้ำหอมมากขึ้น เนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปเกษตรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมสนับสนุนการผลิตอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องอุปโภคบริโภค ยา และเครื่องสำอาง และสามารถกระจายรายได้สู่เกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งจากการสำรวจพบว่าปริมาณและมูลค่าการนำเข้าน้ำมันหอมระเหยของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2546 ปริมาณการนำเข้าน้ำมันหอมระเหยและผลิตภัณฑ์เท่ากับ 34,461 ตัน มูลค่า 14,800 ล้านบาท เมื่อเทียบกับช่วงระยะ 5 ปีที่ผ่านมาพบว่ามีอัตราการขยายตัวของปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.7 ต่อปีและร้อยละ 76.3 ต่อปีตามลำดับ ด้านการส่งออกน้ำมันหอมระเหยและผลิตภัณฑ์ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน โดยทั้งปริมาณและมูลค่าการส่งออก คือ ในปี 2546 ปริมาณการส่งออกน้ำมันหอมระเหยและผลิตภัณฑ์เท่ากับ 148,220 ตัน มูลค่า 19,096 ล้านบาทเมื่อเทียบกับในช่วงระยะ 5 ปีที่ผ่านมามีอัตราการขยายตัวทั้งปริมาณและมูลค่ามีการขยายตัวถึง 1.4 และ 1.6 เท่าตัวตามลำดับ โดยตลาดส่งออกที่สำคัญคือ ประเทศในแถบยุโรป สหรัฐอเมริกา และจีน [9] เนื่องจากความต้องการน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องผลิตน้ำมันหอมระเหยมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณและมูลค่าการนำเข้าในอนาคตได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังจะเป็นการส่งเสริมการส่งออกทั้งน้ำมันหอมระเหยและผลิตภัณฑ์อีกด้วย โดยการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่ต่างประเทศไม่สามารถผลิตได้ โดยอาศัยวัตถุดิบภายในประเทศ เช่น กระชาย มะกรูด ใบเตย หญ้าแฝก ไม้ดอกเมืองร้อนประเภทต่างๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่แปลกแตกต่างจากที่มีอยู่ในตลาด ปัญหาที่สำคัญที่สุดของอุตสาหกรรมน้ำหอมได้แก่การใช้วัตถุดิบในปริมาณที่เยอะมาก และใช้เวลานานในการสกัดน้ำมันแต่ละครั้ง จึงได้วางแผนคิดค้นและทดลองวิธีการสกัดน้ำมันที่เหมาะสมกับพืชที่จะนำมาทำการสกัด ตลอดจนควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับสภาวะความดันบรรยากาศที่แตกต่างกัน

กรรมวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญก่อนการนำน้ำมันหอมระเหยไปประยุกต์ ใช้งานด้านต่าง ๆ เพราะการสกัดน้ำมันจากพืชสมุนไพรในแต่ละครั้งนั้นจะได้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งในการสกัดน้ำมันหอมะเหยในแต่ละครั้งจะต้องทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของพืชที่จะนำมาสกัด เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน อาทิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่าง สี กลิ่น ความสามารถในการทนความร้อนเป็นต้น การสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันปกติใช้เวลานานพอสมควร ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานและเวลา เนื่องด้วยหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของการระเหยและการเดือดของน้ำที่สภาวะปกติ (760 mmHg) น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100°C แต่เมื่อมีความดันบรรยากาศต่ำลง (ต่ำกว่า 760 mmHg) ทำให้จุดเดือดของน้ำลดต่ำลง (ต่ำกว่า 100°C) ด้วยหลักการพื้นฐานนี้จะทำให้สามารถลดอุณหภูมิการระเหยของเหลวโดยควบคุมความดันในกระบวนการผลิต และด้วยหลักการการลดความดันดังกล่าวจึงนำไปสู่แนวคิดการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันสูญญากาศ คือ การลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศซึ่งส่งผลให้จุดเดือดของของเหลวต่ำลงและลดความร้อนของของเหลวถูกพาไปกับไอ เป็นผลดีต่อการรักษาคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย ช่วยลดพลังงานและประหยัดเวลาได้อีกทางหนึ่ง

โครงงานนี้จึงจะทำการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันสุญญากาศ โดยทำการศึกษาหาความดันที่เหมาะสมและอุณหภูมิของของเหลวที่ลดลง รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ นอกจากนี้โครงงานนี้อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยในอนาคตโดยการรักษาคุณภาพและสามารถส่งออกต่างประเทศเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำมันหอมระเหยของไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
2) เพื่อทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอม ของตะไคร้หอม และตะไคร้บ้าน (ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ และเวลา)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็กภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
2) ทำการทดลองถึงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสกัดน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ ความดันบรรยากาศที่เหมาะสม อุณหภูมิของของเหลว และระยะเวลา
3) ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 2 ชนิดคือ ใบตะไคร้หอม ใบและลำต้นตะไคร้บ้าน ด้วยวิธีการกลั่นโดยใช้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุชาดา ไชยสวัสดิ์ และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงโดยวิธีการกลั่นด้วย Rotary Evaporator ได้ทำการออกแบบกระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิง โดยกระบวนการที่ออกแบบขึ้นนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการหั่นขิงสด และบดให้ละเอียดเพื่อนำส่วนที่บดละเอียดมาทำการบีบน้ำมันออกโดยใช้เครื่องบีบและนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยต่อโดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำด้วยเครื่องกลั่นไอน้ำที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่อง Rotary Evaporator ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดโดยใช้การกลั่นด้วยไอน้ำด้วยเครื่องกลั่นที่พัฒนาขึ้นและเครื่อง Rotary Evaporator พบว่าได้น้ำมันหอมระเหยเป็น 2.06 เท่า ซึ่งวิธีการสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำของขิงด้วย Rotary Evaporator ให้ผลผลิตสูงกว่าเครื่องกลั่นที่พัฒนาขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใช้เครื่องกลั่นที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสภาวะของการกลั่นได้มากนักในขณะที่ Rotary Evaporator สามารถปรับสภาวะ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นอย่างแท้จริงก่อนดำเนินการสกัด กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงที่ออกแบบขึ้นนี้สามารถใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ในกระบวนการผลิตได้ทั้งหมด

ปัญจพนธ์ นามวงศ์ และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาเครื่องน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เพื่อทำการศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้น โดยศึกษาหาช่วงความดันที่เหมาะสม รวมถึงการหาประสิทธิภาพการระเหยเพื่อให้ได้น้ำกะทิเข้มข้นที่มีคุณภาพสะดวกต่อการบริโภค จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการทำการระเหยที่เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยายกาศเครื่องนี้สามารถทำได้ คือระยะเวลาในการทำระเหย 2 ชั่วโมงที่สภาวะความดัน 80 mmHgอุณหภูมิ 40-42 °C ซึ่งแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ น้ำกะทิเข้มข้นที่มีปริมาณน้ำลดลง โดยที่คุณภาพของน้ำกะทิยังคงสภาพที่ดีอยู่ ซึ่งสามารถปรุงแต่งรสชาติของน้ำกะทิได้ เช่น การทำให้หวานขึ้น หรือการใส่สี เป็นต้น

ชัยยา นิปุณะและคณะ [6] ได้ศึกษาการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องผลิตเนื้อและน้ำผักผลไม้แบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศจากเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศเดิม พบว่าการระเหยน้ำออกจากเนื้อและน้ำผักผลไม้ไว้ ด้วยหลักทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของการระเหย และการเดือดของน้ำ ในสาวะความดันบรรยากาศปกติ น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100°C และเมื่อมีความดันบรรยากาศต่ำลง (ต่ำกว่า760 mmHg) น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C และจะแปรผันตามกันถ้าความดันยิ่งต่ำลงอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำก็ต่ำลงด้วย ด้วยหลักการพื้นฐานนี้ จะทำให้เราสามารถลดอุณหภูมิในการระเหยน้ำออกจากเนื้อและน้ำผักผลไม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยควบคุมความดันในกระบวนการผลิต ข้อดีของการลดอุณหภูมิคือจะทำให้สามารถทำการระเหยน้ำในอุณหภูมิต่ำจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีสีสันสวยงาม ไม่ไหม้หรือสีเข้ม คงรสชาติหอมหวานตามธรรมชาติไว้ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะและคุณภาพเหมือนของสด

ปิยานุช ยศคำลือ และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาผลของการใช้สุญญากาศในการแช่อิ่มว่านหางจระเข้ การออกแบบโดยใช้สุญญากาศก่อนการแช่อิ่ม และการประเมินความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้ระบบดังกล่าวเพื่ออุตสาหกรรมขนาดกลาง พบว่า ปริมาณการสูญเสียน้ำ (water loss) น้อยกว่า มีการดูดซึมสารละลายออสโมติก(น้ำเชื่อม) มากขึ้นมีปริมาตรเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า มีความใสมากกว่า และดูน่ารับประทานเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแช่อิ่มที่บรรยากาศปกติ

ขนิษฐา ดีหนูและคณะ [8] ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำซุปเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยอาศัยหลักการของความดันโดยการใช้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศเพื่อเปรียบเทียบการใช้เครื่องระเหยในบรรยากาศปกติ ซึ่งจะพบว่าจากหลักการของความดันโดยการใช้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศทำให้จุดเดือดของน้ำซุปลดลง เป็นผลดีต่อการรักษาคุณค่าทางโภชนาการและคุณค่าด้านต่าง ๆ ที่อาจถูกทำลายด้วยความร้อนสูง ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ช่วยลดพลังงานความร้อนและระยะเวลา

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้หอม ใบตะไคร้บ้าน และต้นตะไคร้บ้านได้โดยอาศัยหลักการพื้นฐานที่ความดันบรรยากาศต่ำกว่า 760 mmHg และสามารถนำเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยตลอดจนกระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยขนาดใหญ่ ก่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยในอนาคต โดยพัฒนาสร้างเป็นเครื่องที่มีขนาดเหมาะสมกับอุตสาหกรรมต่อไป อีกทั้งยังเป็นการช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้และสามารถแปรรูปสมุนไพรไทยส่งออกสู่ต่างประเทศมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 วิธีการดำเนินงาน

โครงงานนี้เริ่มต้นด้วยการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย คือ ทฤษฎีและหลักการระเหย หลักการของระบบสูญญากาศ การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลย่อย วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย จากนั้นจึงทำการออกแบบคอนเดนเซอร์ ถังสกัดน้ำมันหอมระเหย

ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และตะไคร้หอม นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน หาข้อบกพร่อง และวิธีการปรับปรุงแก้ไข สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตารางที่1.1 ตารางการดำเนินการ

ขั้นตอนดำเนินงาน	พ.ศ. 2551							พ.ศ. 2552		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. หาข้อมูลเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←	→								
2. ออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย		←	→							
3. สร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย				←	→					
4. ทดสอบถังครั้งที่ 1					←	→				
5. วิเคราะห์ผลและแก้ไขข้อบกพร่อง					←	→				
6. ทดสอบเครื่องครั้งที่ 2						←	→			
7. วิเคราะห์ผลและแก้ไขข้อบกพร่อง							←	→		
5. สรุปผลและเขียนรายงาน								←	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหย [9]

น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ และเป็นของเหลวใสที่ไม่มีสีหรือสีอ่อน ๆ มีกลิ่นเฉพาะ เมื่อได้รับความร้อนน้ำมันเหล่านี้จะระเหยไปซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชแต่ละชนิด

"น้ำมันหอมระเหย" เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อนที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ ได้จากการสกัดน้ำมันที่พืชสร้างขึ้น โดยเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืชเช่น กลีบดอก ผิวของผล เกสร ราก หรือเปลือกของลำต้น เป็นต้นมักมีกลิ่นหอมระเหยง่าย เวลาที่ได้รับความร้อนของอนุภาพเล็ก ๆ ของน้ำมันหอมระเหยจะระเหยออกมาเป็นไอ ทำให้เราได้กลิ่นหอม ลักษณะทั่วไป เป็นของเหลว ใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด เช่น น้ำมันตะไคร้หอมประกอบด้วย genaniol, citronella และ borneol เป็นต้น

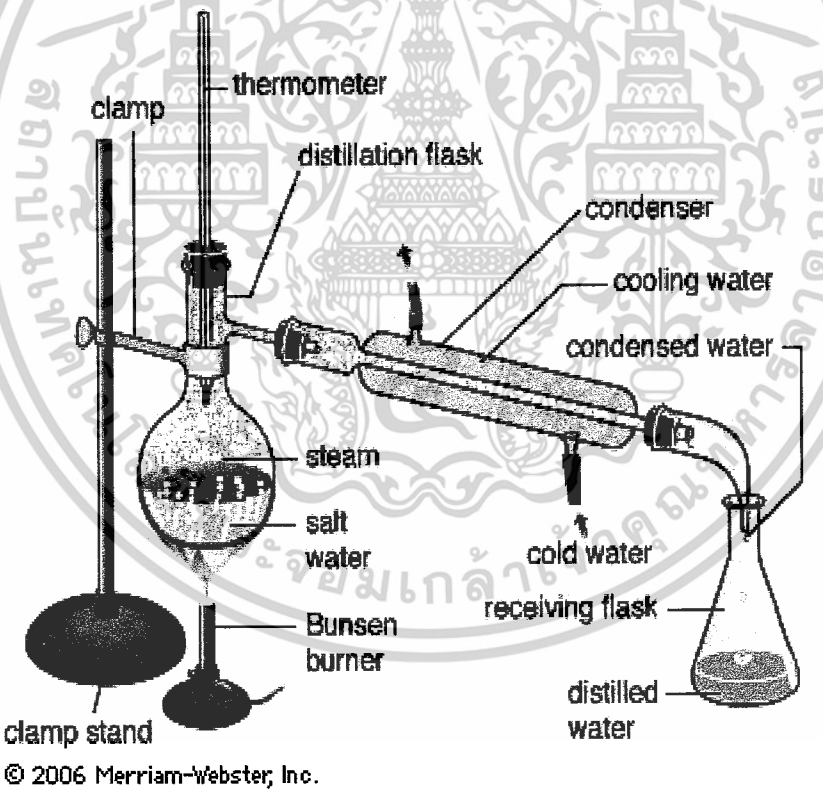
ประเทศผู้ผลิตน้ำมันหอมระเหยที่สำคัญได้แก่กลุ่มประเทศในเอเชีย เช่น จีน อียิปต์ อินเดีย และ กลุ่มในอเมริกาใต้ เช่น สหรัฐอเมริกา และบราซิล ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันหอมระเหยของโลกในปี ค.ศ. 1994 มีมูลค่าถึง 1,400 ล้านเหรียญสหรัฐ ประเทศในยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นเป็นตลาดน้ำมันหอมระเหยที่ใหญ่ที่สุด น้ำมันหอมระเหยที่สำคัญที่ประเทศยุโรปนำเข้าได้แก่ น้ำมันจากตะไคร้หอม เปลือกส้ม กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้ มินต์ กุหลาบและแฝกหอม "น้ำมันหอมระเหย" เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ มากมาย อาทิ อุตสาหกรรมน้ำหอม เช่น น้ำมันกุหลาบ น้ำมันมะลิ น้ำมันดอกเจอเรเนี่ยม เป็นต้น ด้านอุตสาหกรรมยา เช่น น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันกานพลู น้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันไพลช้ำ น้ำมันเปปเปอร์มินต์ เป็นต้น ด้านสุวคนธบำบัด เช่นน้ำมันกระดังงา น้ำมันลาเวนเดอร์ น้ำมันคาโมมายด์ น้ำมันโหระพา น้ำมันแฝกหอม น้ำมันมะนาว น้ำมันยูคาลิปตัส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ [10]

2.1.1 การกลั่นโดยใช้น้ำ

วิธีนี้สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์สำหรับการกลั่น เช่น หม้อกลั่น, เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับน้ำมัน หลักการของวิธีนี้คือให้ไอน้ำเป็นตัวพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชออกมาพร้อมกัน เมื่อผ่านเครื่องควบแน่น ไอน้ำและไอของน้ำมันหอมระเหยจะควบแน่นเป็นของเหลว ได้น้ำมันหอมระเหย และน้ำแยกชั้นกัน หลังจากนั้นจึงแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำ วิธีการก็คือ บรรจุพืชที่ต้องการสกัดน้ำมันหอม ระเหยลงในหม้อกลั่น เติมน้ำพอท่วม แล้วต้มจนน้ำเดือด เมื่อน้ำเดือดระเหยเป็นไอ ไอน้ำจะช่วยพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชออกมาพร้อมกัน เมื่อผ่านเครื่องควบแน่น ไอน้ำและไอของน้ำมันหอมระเหยจะควบแน่นเป็นของเหลว ได้น้ำมันหอมระเหย และน้ำ แยกชั้นจากกัน



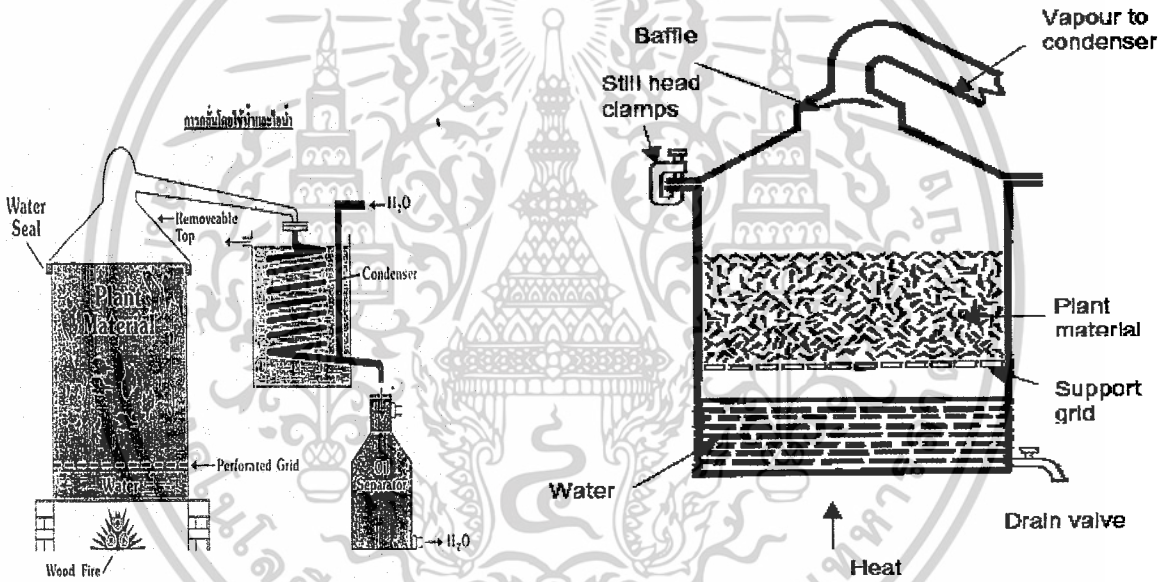
รูปที่ 2.1 การกลั่นโดยใช้น้ำ (Water distillation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกลั่นพืชปริมาณน้อยๆ ในห้องปฏิบัติการ เราสามารถทำได้ โดยใช้ชุดกลั่นที่ทำจากเครื่องแก้ว เรียกว่า ชุดกลั่นชนิด Clevengerส่วนการกลั่นพืชปริมาณมาก ควรใช้เครื่องกลั่นที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อาจทำด้วยเหล็กสเตนเลส หรือทองแดง โดยอาศัยหลักการเดียวกัน

การกลั่นโดยใช้น้ำนี้ มีข้อดี คือ เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ในการกลั่น ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ก็มีข้อเสีย คือ ในกรณีที่ต้องกลั่นพืชปริมาณๆ ความร้อนที่ให้สู่หม้อกลั่นจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งหม้อกลั่น พืชที่อยู่ด้านล่างใกล้กับเตา อาจเกิดการไหม้ได้ ทำให้น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ มีกลิ่นเหม็นไหม้ติดปนมา อีกทั้งการกลั่นโดยวิธีนี้ พืชจะต้องสัมผัสกับน้ำเดือดโดยตรงเป็นเวลานาน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย เกิดการเปลี่ยนแปลงไปบ้างบางส่วน

2.1.2 การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ



รูปที่ 2.2 การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (Water-steam distillation)

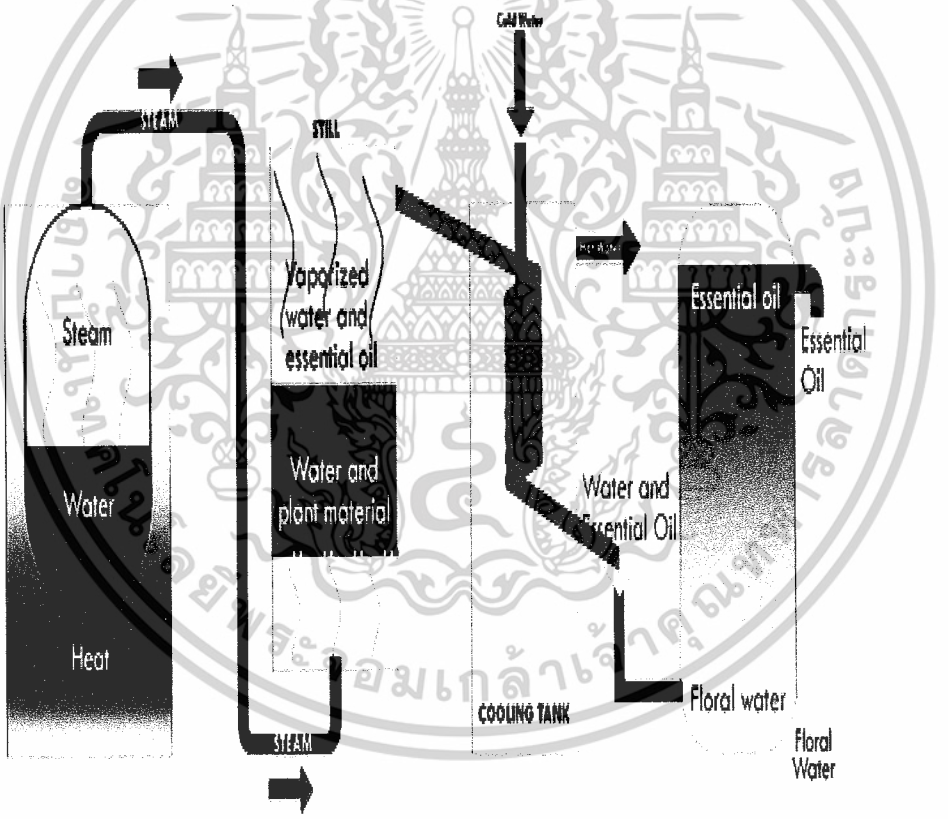
วิธีนี้มีหลักการคล้ายกับการกลั่นโดยใช้น้ำ แต่แตกต่างตรงที่ภายในหม้อกลั่นจะมีตะแกรงสำหรับวางพืชไว้เหนือระดับน้ำ เมื่อให้ความร้อน โดยเปลวไฟ หรือไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler), น้ำภายในหม้อกลั่น จะเดือดกลายเป็นไอ การกลั่นโดยวิธีนี้ พืชที่ใช้กลั่นจะไม่สัมผัสกับความร้อนโดยตรง ทำให้คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยดีกว่าวิธีแรก น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้โดยวิธีนี้ได้แก่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันไพล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ

การกลั่นโดยวิธีนี้ ก็คล้ายกับวิธีการกลั่นโดยการใช้น้ำและไอน้ำ แต่ไม่ต้องเติมน้ำลงในหม้อกลั่น เมื่อบรรจุพืชลงบนตะแกรงแล้ว ผ่านความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอน้ำ ไอน้ำจะช่วยน้ำมันหอมระเหยในพืช ระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว

วิธีนี้มีข้อดี คือ เวลาที่ใช้ในการกลั่นจะสั้นกว่า ปริมาณน้ำมันมีคุณภาพ และปริมาณดีกว่า แต่ไม่เหมาะกับพืชที่มีลักษณะบาง เช่น กลีบกุหลาบ เพราะไอน้ำจะทำ ให้กลีบกุหลาบรวมตัวกันเป็นก้อน น้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในกลีบกุหลาบไม่สามารถออกมา พร้อมไอน้ำได้ทั้งหมด ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยลง หรือไม่ได้เลย การกลั่นน้ำมันกุหลาบจึงควรใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำจะเหมาะสมกว่า



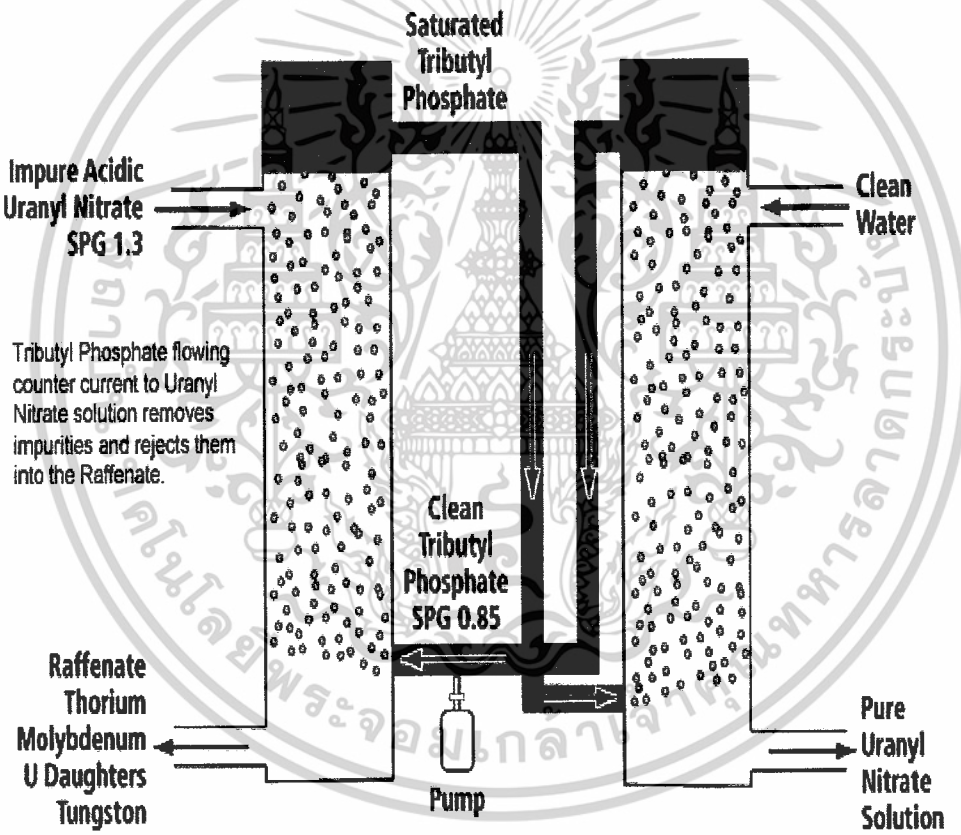
รูปที่ 2.3 การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (Steam distillation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย

คือ จะใช้ตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันหอม และระเหยได้เร็ว เป็นตัวสกัด เช่น แอลกอฮอล์ อะซีโตน เฮกเซน เมื่อละลายออกมาแล้วจึงนำไปแยกสารละลายออก โดยการกลั่นที่อุณหภูมิเหมาะสมซึ่งมีน้ำมันหอมเท่านั้นที่แยกออกมา

การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีนี้จะใช้กับดอกไม้ที่ไม่สามารถใช้วิธีกลั่น โดยใช้ไอน้ำได้ เนื่องจากองค์ประกอบของสารหอมระเหยในดอกไม้จะสลายตัวเมื่อ ถูกความร้อนสูง ดังนั้นจึงใช้ตัวทำละลาย

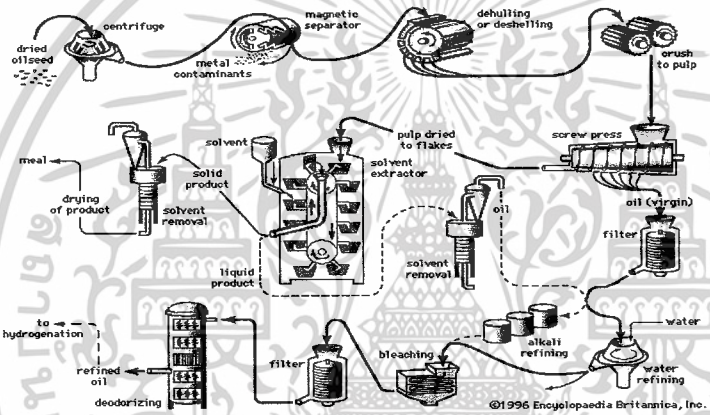


รูปที่ 2.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การสกัดโดยใช้ไขมัน

การสกัดโดยใช้ไขมันเป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม มักใช้กับดอกไม้กลีบบาง เช่นมะลิ ซ่อนกลิ่น ดอกกุหลาบโดยจะใช้ไขมันประเภทน้ำมันหมูเกลี่ยลงบนถาดไม้ แล้วนำ ดอกไม้มาเกลี่ยทับเป็นชั้นบางๆ จนเต็มถาด ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนดอกไม้ ชุดใหม่ ทำซ้ำประมาณ 7-10 ครั้ง ไขมันจะดูดซับสารหอมไว้เรียกไขมันที่ดูดซับ สารหอมนี้ว่า pomade หลังจากนั้นใช้เอทธานอลละลายสารหอมออกจากไขมัน นำไประเหยไล่ตัวละลายออกที่อุณหภูมิและความกดดันต่ำ จะได้หัวน้ำหอมชนิด concrete เมื่อแยกส่วนที่เป็นไขมันออกโดยการนำมาละลายเอทธานอลแล้ว แช่เย็นเพื่อแยกส่วนที่เป็นไขออก หลังจากระเหยไล่ตัวละลายออกจะได้หัวน้ำหอมชนิด absolute ซึ่งจัดเป็นหัวน้ำหอมชนิดดีและราคาแพงที่สุด ข้อเสียของวิธีการนี้คือใช้เวลานาน



รูปที่ 2.5 การสกัดโดยใช้ไขมัน (extraction by animal fat)

- การสกัดด้วยไขมันเย็น

คือ การใช้ไขมันมาดูดกลิ่นหอมของดอกไม้ที่หอมมากและตลอดเวลา เช่น มะลิ โดยใช้ไขมันที่ไม่มีกลิ่นและสะอาด มาอัดแล้วเคลือบแผ่นแก้วที่เตรียมไว้ทั้ง 2 ด้าน จากนั้นจึงนำดอกไม้มาวาง ให้ดอกไม้หมดกลิ่น จึงเอาชุดใหม่ไปวางแทน จนกว่าไขมันอิ่มตัวด้วยกลิ่นหอม แล้วนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายให้ได้น้ำมันหอมบริสุทธิ์

- การสกัดด้วยไขมันร้อน

เหมาะกับดอกไม้ที่กลิ่นจะหายไปทันทีเมื่อโดนเด็ดจากต้น วิธีจะคล้ายไขมันเย็น แต่อุ่นไขมันให้ร้อนขึ้นที่ 80 องศาเซลเซียส แช่ดอกไม้ลงไปประมาณ ½ ชม. แล้วทำให้เย็น สุดท้ายอุ่นให้ร้อนอีกครั้ง เพื่อหลอมไขมันที่มากับน้ำอุ่น แล้วนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายให้ได้น้ำมันหอมบริสุทธิ์

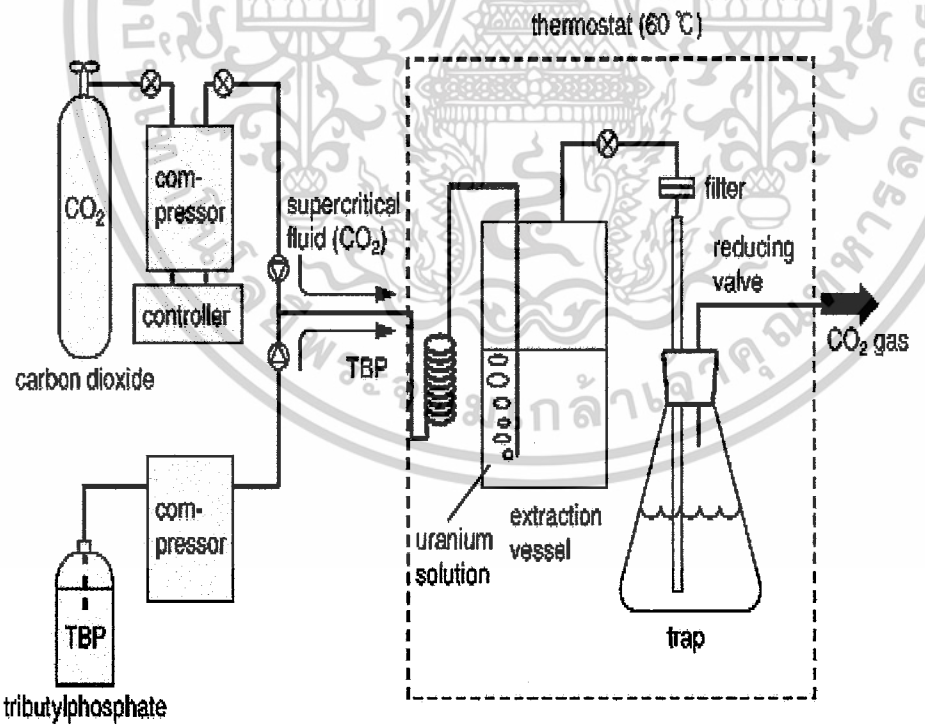
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 วิธีการคั้นหรือบีบ

วิธีนี้มักใช้กับเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด วิธีการคือการนำเปลือกของผลไม้มาบีบ จะทำให้เซลล์กระเปาะที่เก็บน้ำมันหอมระเหยแตกออกมา และปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นออกมาที่ได้จะมีกลิ่นและคุณภาพดี เหมาะที่จะใช้ในการผลิตครั้งละมากๆ เช่น พืชตระกูลส้ม เอาเปลือกหั่นชิ้นเล็กๆ เข้าเครื่องบีบ ก็จะได้น้ำมันหอมออกมา

2.1.7 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้โดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยเรียกวิธีนี้ว่า Supercritical Carbondioxide Fluid Extraction ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ เหมาะสำหรับการสกัดสารที่สลายตัวง่ายเมื่อ ถูกความร้อน โดยปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกทำให้เป็นของเหลวที่ความดันสูง เป็นวิธีที่ปัจจุบันนิยมใช้กันมากเพราะจะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นดี มีความบริสุทธิ์สูง แต่วิธีนี้จะมีต้นทุนการผลิตที่สูง

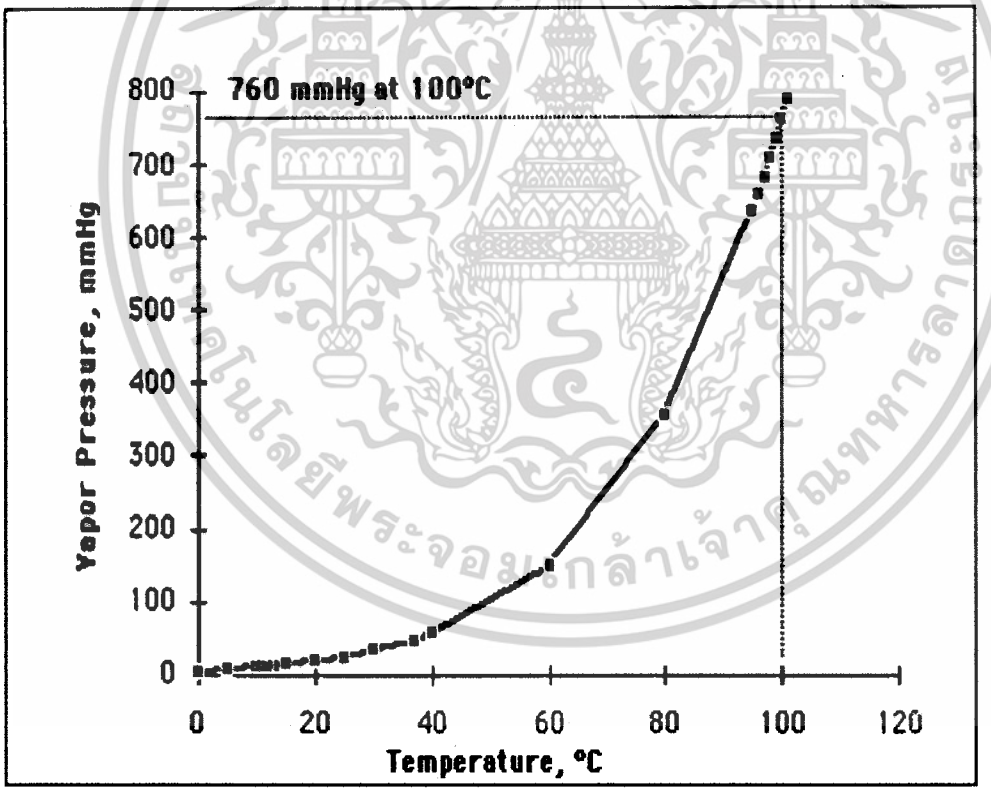


รูปที่ 2.6 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (supercritical carbondioxide fluid extraction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ปกติของเหลวสามารถหนีหลุดออกจากผิวของของเหลวไปเป็นก๊าซได้ (ระเหย) ถ้าความดันเหนือผิวเท่ากับความดันบรรยากาศปกติ โมเลกุลที่หนีจากผิวได้จะมีน้อย แต่ที่ความดันสุญญากาศ คือที่ที่มีความดันต่ำหว่าความดันบรรยากาศปกติ (760 mmHg) ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่ความดันต่ำลงจะส่งผลให้จุดเดือดของการกลายเป็นไอของของเหลวต่ำลง (ต่ำกว่า 100°C)(รูปที่ 2.7) โมเลกุลจะหนีหลุดออกไปได้ง่ายพร้อมกับการพาความร้อนออกไปกับไอซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของของเหลวลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเมื่อโมเลกุลหนีหลุดออกไป (ระเหย) ปริมาณของแข็งที่หลงเหลืออยู่ในของเหลวนั้นจะมีมากขึ้นซึ่งทำให้จุดเดือดของของเหลวสูงขึ้นเพราะฉะนั้นการลดความดันในถังสกัดน้ำมันหอมระเหยจะทำให้ของเหลวระเหยออกไปในระดับหนึ่งเท่านั้นจากนั้นจะอยู่ในสภาวะสมดุลไม่มีการระเหยอีก



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Saturation Vapor Pressure (mmHg) กับอุณหภูมิ ($^{\circ}$C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการทำระเหยภายใต้สูญญากาศ (Vacuum Evaporating) [3]

ปกติโมเลกุลของเหลวสามารถหนีหลุดออกจากผิวของเหลวไปเป็นก๊าซได้ ถ้าความดันเหนือผิวเท่าความดันบรรยากาศปกติ โมเลกุลที่หนีจากผิวได้จะมีน้อย แต่ที่ความดันสูญญากาศโมเลกุลจะหนีออกไปได้ง่ายโมเลกุลที่หลุดออกจากผิวของเหลวอาจชนกับผิวของภาชนะหรือกลับคืนของเหลวได้ใหม่ ความดันในขณะที่จำนวนโมเลกุลหนีออกเท่ากับจำนวนที่กลับคืนเรียกว่า ความดันไออิ่มตัว (saturated vapour pressure) ของสารนั้น

สารทุกชนิดมีความดันไอ ถ้าสารใดมีความดันไอสูงที่อุณหภูมิปกติ สารนั้นไม่เหมาะสำหรับใช้งานในสุญญากาศ

ตารางที่2.1 ความดันไอของปรอท ที่อุณหภูมิต่างๆ หน่วยเป็น (torr)

อุณหภูมิ (°C)	30	20	10	0	-20
ความดันไอ (torr)	2.78×10^{-3}	1.2×10^{-3}	4.9×10^{-4}	1.85×10^{-4}	1.8×10^{-5}

ความดันไอมีความสำคัญในงานสูญญากาศคือ

(1) ของเหลวใดๆ ที่ยังหลงเหลืออยู่ภายในภาชนะสูญญากาศจะเป็นแหล่งกำเนิดของไอตลอดเวลา ความดันของสูญญากาศที่สร้างได้จะเป็นเพียงแต่ความดันไออิ่มตัวเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องขจัดของเหลวภายในภาชนะให้หมด

(2) การลดอุณหภูมิใด ๆ ในภาชนะ จะเป็นการลดความดันไออิ่มตัว จึงใช้หลักนี้ในการออกแบบที่ดักไอใช้ความเย็น (cold trap) ปั๊มใช้ความเย็น (cryogenic pump) หรือฉากกั้นใช้ความเย็น

(3) การทำงานของปั๊มแบบโรตารีจะมีช่วงอัดก๊าซที่ความดันสูง ไอของเหลวที่อยู่ภายในปั๊มในสภาพที่ไม่อิ่มตัวจะเกิดการควบแน่นภายใต้ความดันสูงและละลายในน้ำมันปั๊มซึ่งจะระเหยเป็นไอได้อีกเมื่อปั๊มอยู่จังหวะความดันต่ำทำให้การลดความดันของก๊าซในภาชนะสุญญากาศได้ผลลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่มีความชื้นเมื่อนำไปอยู่ภายใต้สูญญากาศความชื้นจะถูกขจัดออกได้เนื่องจากความดันสูญญากาศต่ำกว่าความดันไอของน้ำ

การทำงานของปั๊มแบบโรตารีจะมีช่วงอัดก๊าซที่ความดันสูง ไอของเหลวที่อยู่ภายในปั๊มในสภาพที่ไม่อิ่มตัวจะเกิดการควบแน่นภายใต้ความดันสูงและละลายในน้ำมันปั๊มซึ่งจะระเหยเป็นไอได้อีกเมื่อปั๊มอยู่จังหวะความดันต่ำทำให้การลดความดันของก๊าซในภาชนะสูญญากาศได้ผลลดลง

การขจัดไอทำได้โดยใช้ปั๊มสูญญากาศเชิงกลหรือปั๊มขับไอ(Steam ejector)ควบคู่ไปกับเครื่องควบแน่น ความเย็นที่อุณหภูมิประมาณ -35°C เครื่องควบแน่นความเย็นจัดจะช่วยขจัดไอออกจากห้องสูญญากาศ เนื่องจากผลต่างของความดันไอของสารกับความดันไอของสารกับความดันกับความดันไอของน้ำแข็งที่เครื่องควบแน่นเช่น วัสดุที่อุณหภูมิ –10องศา ความดันไออาจมีค่าประมาณ 2 torr ถ้าให้อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น –40 องศาเซลเซียส ความดันไอของน้ำแข็งจะมีค่า 0.093 torr ผลต่างของความดันนี้เพียงพอจะขจัดไอออกจากห้องสูญญากาศกรณีอาหารที่ไม่ทนต่อความร้อน Heat Sensivity การระเหยควรทำภายใต้ความดันสูญญากาศค่อนข้างสูง(ความดันต่ำ)จะทำให้ผลิตภัณฑ์ระเหยที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจึงสามารถลดความเสียหายเนื่องจากความร้อนได้

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการระเหย

การระเหย (evaporation) คือ การกำจัดน้ำบางส่วนออกจากอาหารเหลว ด้วยการต้มโดยอาศัยความแตกต่างระหว่างความสามารถในการระเหยของน้ำและตัวทำละลาย ในระหว่างการระเหย การถ่ายเทความร้อนแฝงจากตัวกลางให้ความร้อน เช่น ไอน้ำไปยังอาหารและความร้อนสัมผัสจะทำให้อุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้นจนถึงจุดเดือด ความดันไอของอาหารเหลวจะสูงขึ้นและไอน้ำจะถ่ายเทความร้อนแฝงในการระเหย ทำให้เกิดฟองไอขึ้นในของเหลว ไอน้ำจะถูกกำจัดออกไปจากผิวหน้าของน้ำเดือด อัตราการระเหยกำหนดได้จากอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังอาหารและอัตราระเหยกำหนดได้จากอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังอาหารและอัตราการถ่ายมวลของไอน้ำจากอาหารความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงเรียกว่า “ความร้อนสัมผัส” (Sensible Heat)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะ

เมื่อสสารได้รับพลังความร้อน (โดยไม่ต้องทำงาน) ตามปกติอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น (ยกเว้นกำลังเปลี่ยนสถานะ) ปริมาณความร้อนที่พอดีทำให้สารทั้งก้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C เรียกว่า ความจุความร้อน (heat capacity) ถ้าให้ Q เป็นพลังงานความร้อนที่สสารได้รับ ทำให้สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT $(T_1 - T_2)$ โดย $T_1 < T_2$ และ C เป็นความจุความร้อนของสสาร

$$Q = C\Delta T \tag{2.1}$$

ความจุความร้อนจำเพาะ (c) ของสสาร คือ ความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลของสสารดั้งนั้นถ้าพลังงานความร้อน Q ถูกถ่ายเทให้แก่มวลสสาร มวล (m) kg และทำให้อุณหภูมิของมันเปลี่ยนไป ΔT ความจุความร้อนจำเพาะ c คือ

$$C = Q/m\,\Delta T \tag{2.2}$$

มีหน่วยเป็น J/kg°C หรือ cal/g°C

ด้วยนิยามของความจุความร้อนจำเพาะนี้ จึงสามารถหาพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทระหว่างสสารที่มีมวล (m) และสิ่งแวดล้อมของมันได้ เมื่ออุณหภูมิของสสารเปลี่ยนแปลง ได้เป็น

$$Q = mc\Delta T \tag{2.3}$$

จากสมการ จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔT $(T_1 - T_2)$ จะเป็นค่าบวก (+) ทำให้ Q มีค่าเป็นบวกด้วย ซึ่งหมายความว่า พลังงานความร้อนถูกถ่ายเท จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สสาร แต่เมื่ออุณหภูมิของสสารลดลง คือ ΔT $(T_1 - T_2)$ $(T_1 < T_2)$ จะมีค่าเป็น (-) ทำให้ค่า Q มีค่าเป็นลบด้วย ซึ่งหมายความว่าพลังงานความร้อนถูกถ่ายเทออกจากสสารสู่สิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความร้อนแฝง (Latent heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารซึ่งมี 2 ประเภท คือ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอความร้อนแฝงของสารแต่ละชนิดมีค่าเฉพาะตัว

1. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว(Latent of Fusion) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนสถานะของแข็งให้กลายเป็นของเหลว ณ จุดหลอมเหลวของสาร

ตัวอย่างเช่น ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเท่ากับ 334.8 กิโลจูลต่อกิโลกรัม หมายความว่า ถ้าต้องการทำให้น้ำแข็ง 1 กิโลกรัม ที่ 0 องศาเซลเซียส เปลี่ยนน้ำ 1 กิโลกรัม ที่ 0°C ต้องใช้พลังงาน 334.8 กิโลจูล

2. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of vaporization) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนสถานะของเหลวให้กลายเป็นไอของน้ำเท่ากับ 2256 กิโลจูลต่อกิโลกรัมมายความว่า ถ้าต้องการทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม ที่ 100 °C ต้องใช้พลังงาน 2256 กิโลจูล

ความร้อนแฝงจำเพาะ (Specific Latent Heat = L) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุมวล 1 หน่วย เปลี่ยนสถานะให้หมดพอดี โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน

$$Q = ml \qquad (2.4)$$

ถ้าให้ Q = ปริมาณความร้อน

m = มวลของวัตถุที่เปลี่ยนสถานะ

ความร้อนสัมผัส Sensible Heat

เมื่อสสารได้รับพลังงานความร้อน ตามปกติอุณหภูมิของสารจะเพิ่มขึ้น (ยกเว้นกำลังเปลี่ยนสถานะ) ปริมาณความร้อนที่พอดีทำให้สารทั้งก้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 °C เรียกว่า ความจุความร้อน (Heat capacity) ถ้าให้ Q เป็นพลังงานความร้อนที่สสารได้รับ ทำให้สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT และ C เป็นความจุความร้อนของสสาร

$$Q = mc\Delta T \qquad (T2 < T1) \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

103090

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อจุดเดือดของของเหลว (factors influencing liquid boiling)

แรงขับเคลื่อน (Driving force)ของการถ่ายเทความร้อนในตัวแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระเหยคือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างไอน้ำ และของเหลวที่ถูกทำให้ร้อน ซึ่งอุณหภูมิของของเหลวนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

2.5.1 ความดันภายนอก (external pressure)

ของเหลวจะเดือดก็ต่อเมื่อความดันไอของของเหลวเท่ากับความดันภายนอกที่กระทำต่อของเหลวในกรณีที่ตัวทำละลายเป็นน้ำ ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอและอุณหภูมิดังแสดงในภาคผนวกตารางที่ ก.

2.5.2 ปริมาณตัวถูกละลายและจุดเดือดสูงขึ้น (dissolved solute-boiling point rise: BPR)

จุดเดือดของสารละลายจะสูงกว่า จุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดันเดียวกันยิ่งสารละลายมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จุดเดือดก็จะสูงขึ้น ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิไอน้ำและของของเหลวลดลงและอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงอย่างมากด้วยอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ลดลงนี้ จะต้องนำไปพิจารณาเมื่อออกแบบเครื่องระเหย

2.5.3 ไฮโดรสเตติก – เฮด (hydrostatic head)

ที่ระดับใดๆ ที่ต่ำกว่าผิวอิสระ (free surface) ความดันของของเหลว ณ ระดับนั้นจะเท่ากับผลรวมของความดันที่ระดับผิวนั้นและความดันที่เทียบเท่ากับผลรวมของความดันที่ระดับผิวนั้นและความดันที่เทียบเท่ากับ ไฮโดรสะเตติกเฮด (ระยะแนวดิ่งจากผิวอิสระจนถึงระดับที่พิจารณา) ดังนั้นอุณหภูมิจุดเดือดของของเหลวในเครื่องระเหยจะเพิ่มขึ้นเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น และมีผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างไอน้ำและของเหลวเดือดลดลง ซึ่งอาจนำไปสู่การให้ความร้อนแของเหลวมากเกินไป (overheating) จนของเหลวร้อนยิ่งยวด (super-heated) ได้การให้ความร้อนมากเกินไป (overheating) จนของเหลวร้อนยิ่งยวด (super-heated) ได้การให้ความร้อนมากเกินไป จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์ (heat damage) ผลของไฮโดรสเตติกเฮต จะเด่นชัดมากขึ้นในเครื่องระเหยสูญญากาศ และเป็นปัญหาของเครื่องระเหยแบบท่อยาว (long-tube evaporators)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ปั๊มกลโรตารี (Mechanical rotary pump)

ปั๊มกลเป็นปั๊มที่ใช้ในการสร้างสูญญากาศขั้นต้น สามารถสร้างสูญญากาศไม่ต่ำกว่า -10 torr หลักการอย่างง่าย ๆ คือ ก๊าซหรืออากาศในภาชนะจะถูกขับออกโดยการเคลื่อนไหวของลูกสูบ ทำให้ก๊าซในห้องสูบมีความดันเพิ่มมากขึ้นจนมากกว่าความดันบรรยากาศภายนอกก๊าซจะถูกขับออกมา

2.6.1 ปั๊มกลโรตารีแบบเวน (Rotary vane pump)

ปั๊มประกอบด้วยโลหะเป็นรูปทรงกระบอกกลวง เรียกว่า สเตเตอร์ (stator A) ภายในทรงกระบอก กลวง มีแท่งโลหะรูปทรงกระบอกหมุนได้โดยมอเตอร์ไฟฟ้า เรียกว่า โรเตอร์ (rotor, B) แกนของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ทำให้มันแตะผิวของสเตเตอร์พอดี มีช่องห่างเพียง 0.001นิ้ว บริเวณที่แตะผิวด้านบนนี้เรียกว่า top seal rotor จะถูกเจาะเป็นร่องเพื่อติดเวร (van, EC) 2อัน เวน 2 อันนี้ จะถูกดันด้วยสปริงให้แตะกับผิวสเตเตอร์ตลอดเวลา

การทำงานของปั๊มจะเข้าใจได้ง่าย (รูปที่ 2.8) การทำงานอาจแบ่งเป็น จังหวะ a, b, c คือ

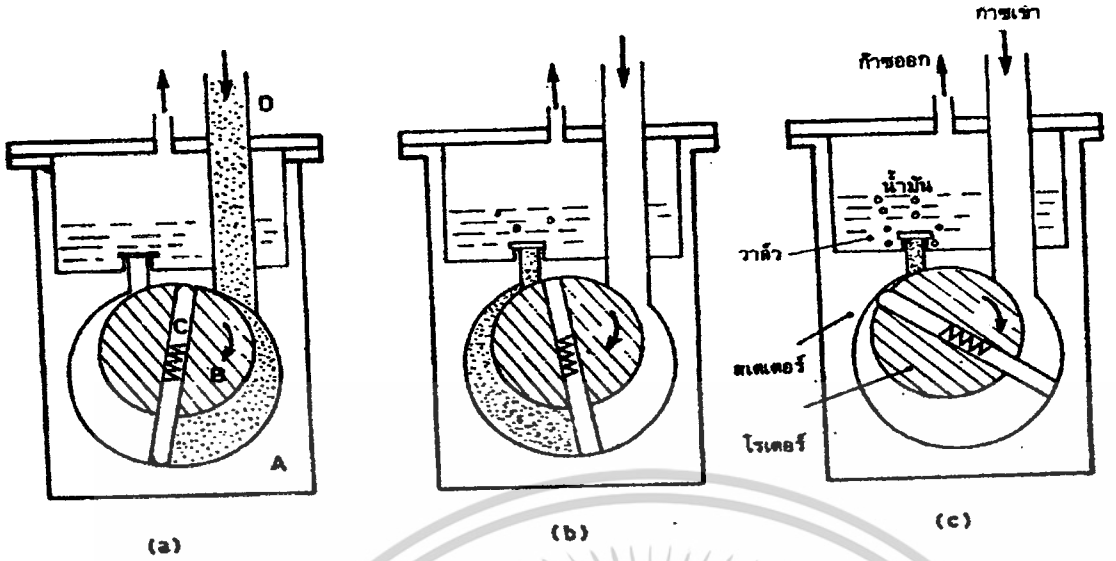
(a) โรเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกาทำให้ก๊าซถูกดูดออกจากภาชนะสุญญากาศเข้าตัวปั๊มทางช่องD

(b) เมื่อโรเตอร์หมุนไปเกือบ 180 ก๊าซที่ถูกดูดเข้าจะถูกอัด แล้วส่งออกทางลิ้น E (discharge value) ปกติลิ้นนี้จะปิดและมีน้ำมันปั๊มอยู่โดยรอบ ก๊าซที่ถูกขับออกจากปั๊มนี้จะต้องมีความดันเหนือความดันบรรยากาศปกติเล็กน้อย

(c) ก๊าซถูกอัดส่งออกจนเกือบหมด ก๊าซจากภาชนะสุญญากาศจะถูกเวนดูดเข้าไปยังช่องว่างในสเตเตอร์อีกครั้งหนึ่ง

โรเตอร์จะหมุนเร็วหลายร้อยพันรอบต่อนาที จึงขับก๊าซออกจากภาชนะสุญญากาศได้เร็ว น้ำมันปั๊มบางส่วนสามารถผ่านเข้าไปในสเตเตอร์ได้เล็กน้อย เพื่อใช้เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างเวนกับผิวสเตเตอร์ อัตราส่วนระหว่างความดันก๊าซที่ถูกขับออกกับก๊าซที่ถูกดูดเข้าเรียกว่า อัตราส่วนการอัดปั๊ม (pump compression ratio) ดังนั้นในการสร้างความดันราว 10^{-2} torr ปั๊มจะต้องมีอัตราส่วนการอัดถึง 10^{5} เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ปั๊มโรตารีแบบแวน

โรเตอร์จะหมุนเร็วหลายร้อยหลายพันรอบต่อนาที จึงขับก๊าซออกจากภาชนะสุญญากาศได้เร็วน้ำมันปั๊มบางส่วนสามารถเล็ดลอดผ่านเข้าไปในสเตเตอร์ได้เล็กน้อย เพื่อใช้เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างเวนกับผิวสเตเตอร์ อัตราส่วนระหว่างความดันก๊าซที่ถูกขับออกกับก๊าซที่ถูกดูดเข้าเรียกว่าอัตราส่วนการอัดปั๊ม (pump compression ratio) ดังนั้นในการสร้างความดันราว 10^{-2} torr ปั๊มจะต้องมีอัตราส่วนการอัดถึง 10^{5} เท่า ปั๊มกลโรตารีแบบแวนนี้ คิดประดิษฐ์ขึ้นโดย gaede ในปี ค.ศ. 1905 และเป็นแบบที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการวิจัย

ประสิทธิภาพของปั๊มขึ้นอยู่กับ

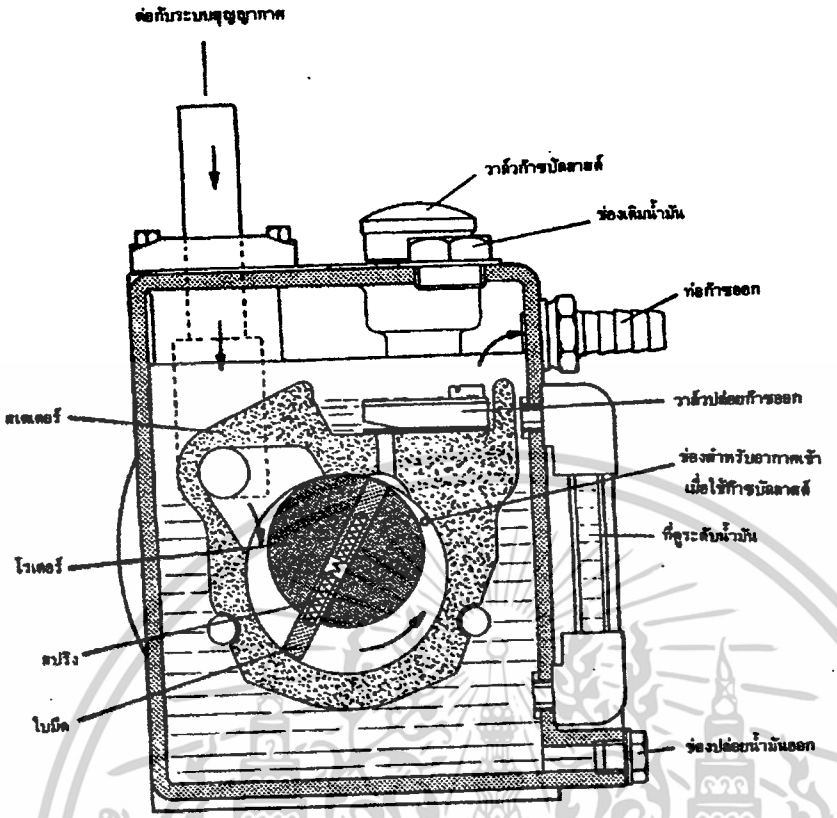
(1) ผิวของสเตเตอร์และโรเตอร์ต้องสะอาด มันเรียบและที่ซีลด้านบนจะต้องไม่สึกกร่อนง่าย

(2) การซีลระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์ อาศัยน้ำมันเป็นตัวซีลหล่อลื่น และระบายความร้อนไปในตัว

(3) ก๊าซที่อัดเพื่อขับออกจากปั๊มอาจมีไอน้ำปะปนอยู่ ไอน้ำหรือไอของของเหลวนี้อาจละลายในน้ำมันที่ความดันสูงจึงไม่ถูกขับออกโดยง่าย แต่จะถูกนำกลับเข้าไปในห้องสเตเตอร์ได้อีก ทำให้ประสิทธิภาพการปั๊มลดลง วิธีแก้ให้ใช้ ก๊าซบัลลัสต์ (gas ballast)

(4) การรั่วของก๊าซที่ถูกอัดที่ซีลตอนบน และซีลระหว่างแวนกับสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ปั๊มกลโรตารีแบบแวน

2.6.2 ความเร็วปั๊ม (Pumping-speed, S) และอัตราขับ (Throughout) หรือ Mass flow, Q)

ความเร็วปั๊ม ไม่ว่าจะเป็นปั๊มแบบใด หาได้จากอัตราของปริมาตรก๊าซที่ปั๊มได้ต่อเวลา

$$S_p = \frac{dV}{dt} \tag{2.6}$$

เมื่อ V เป็นปริมาตรของก๊าซ

หน่วยความเร็วของปั๊มมักใช้ (1-s)

ความเร็วปั๊มจะไม่คงที่ แต่เปลี่ยนไปตามความดัน

ส่วนอัตราขับเป็นผลคูณของความเร็วปั๊มกับความดันที่บริเวณช่วงเข้าปั๊ม (inlet pressure, P)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = P_{in} \frac{dV}{dt}$$
$$= P_{in} S_p \qquad (2.7)$$

2.7 ทฤษฎีการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลย่อย [2]

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่ายจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้านกลศาสตร์วัสดุ พลศาสตร์ วัสดุศาสตร์และอื่น ๆ มาประกอบเข้าด้วยกันซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานและการนำไปใช้

2.7.1 ภาชนะความดันผนังบาง (thin- walled pressure vessel)

ภาชนะผนังบาง หมายถึง ภาชนะที่ความหนาของผนังมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับรัศมีความโค้ง ถ้าให้ t เป็นความหนา และR เป็นรัศมีความโค้ง ถ้า R/t มีค่ามากกว่า 10 ก็อาจจัดได้ว่าเป็นภาชนะผนังบาง

ภาชนะความดันผนังบาง โดยปกติจะมีรูปร่างลักษณะเป็นทรงกลม ทรงกระบอกหรือรูปวงรี จุดประสงค์เพื่อบรรจุของเหลวหรือก๊าซภายใต้ความดัน ในทางปฏิบัติภาชนะความดันประกอบด้วยเปลือกหรือผนังเพื่อบรรจุที่มีความดันด้วย Flange Ring และยึดด้วยรอยต่อและทนต่อแรงดันสูง

สำหรับภาชนะผนังบางทรงกลมซึ่งภายใต้บรรจุก๊าซความดัน p ความเค้นที่เกิดขึ้นภายในผนังตามทฤษฎีของภาชนะผนังบาง มีค่าเท่ากับ

$$\sigma = PR/2T \qquad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนภาชนะผนังบางทรงกระบอกกลวง ความเค้นสูงสุดจะเกิดในแนวความโค้ง เรียกว่าความเค้นรัด (hoop stress) หรือความเค้นในแนวเส้นรอบวง (circumferential stress) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\sigma_h = PR/T \qquad (2.9)$$

ส่วนความเค้นที่เกิดขึ้นตามแนวแกนของทรงกระบอก เรียกว่าความเค้นในแนวแกน (longitudinal stress) มีค่าน้อยกว่าความเค้นในแนวเส้นรอบวงครึ่งหนึ่งนั่นคือ

$$\sigma_l = PR/T \qquad (2.10)$$

โดยปกติแล้วการทำภาชนะความดันส่วนมากจะมีตะเข็บหรือรอยต่อ ซึ่งบริเวณตะเข็บจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าบริเวณเนื้อผนัง เพราะฉะนั้นความหนาของผนังที่คำนวณได้จากสมการ (2.9) หรือสมการ (2.10)จึงไม่ได้ความปลอดภัยเท่าที่ต้องการ ดังนั้นจึงควรใช้ความหนาของผนังที่คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้คือ

$$\sigma = PR/2T \qquad (2.11)$$

ภาชนะผนังบางทรงกระบอกกลวง ความเค้นสูงสุดจะเกิดในแนวความโค้ง เรียกว่าความเค้นรัด (hoop stress) หรือความเค้นในแนวเส้นรอบวง (circumferential stress) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\sigma = PR/T \qquad (2.12)$$

ส่วนความเค้นที่เกิดขึ้นตามแนวแกนของทรงกระบอก เรียกว่าความเค้นในแนวแกน (longitudinal stress) มีค่าน้อยกว่าความเค้นในแนวเส้นรอบวงครึ่งหนึ่งนั่นคือ

$$\sigma = PR/2T \qquad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้วการทำภาชนะความดันส่วนมากจะมีตะเข็บหรือรอยต่อ ซึ่งบริเวณตะเข็บจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าบริเวณเนื้อผนัง เพราะฉะนั้นความหนาของผนังที่คำนวณได้จากสมการ (2.13) หรือสมการ (2.13)จึงไม่ได้ความปลอดภัยเท่าที่ต้องการ ดังนั้นจึงควรใช้ความหนาของผนังที่คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้คือ

สำหรับภาชนะผนังบางทรงกลม

$$t = pR/2n\sigma \qquad (2.14)$$

สำหรับภาชนะผนังบางทรงกระบอก

$$t = pR/n\sigma \qquad (2.15)$$

โดย n คือประสิทธิภาพของตะเข็บหรือรอยต่อ

โดยทั่วไปแล้วการออกแบบภาชนะผนังบางจะต้องทำตามเกณฑ์ของภาชนะความดันทั้งนั้นเพื่อให้ได้ความปลอดภัยและภาชนะที่ใช้จะได้มาตรฐานเพียงพอ

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการนำความร้อน

ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบ การถ่ายเทพลังงานในแง่ของความร้อนนั้นไม่สามารถที่จะวัดโดยตรงได้ แต่สามารถพิจารณาได้จากวิธีการทางฟิสิกส์ เพราะว่าความร้อนเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิซึ่งเป็นคุณสมบัติที่วัดได้ โดยการสังเกตพบว่า เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นในระบบแล้วจะมีการไหลของความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

เราสามารถแยกพิจารณาการถ่ายเทความร้อนเป็น 3 แบบคือการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี อันที่จริงและการกระจายตัวของอุณหภูมิในตัวกลางหนึ่งจะถูกควบคุมโดยการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 แบบ จึงไม่สามารถแยกแบบใดแบบหนึ่งได้ อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกเราจะแยกพิจารณาแบบใดแบบหนึ่ง เช่น พิจารณาการนำความร้อนอย่างเดียวเมื่ออิทธิพลการพาและการแผ่รังสีน้อยมาก ตัวอย่าง เช่น โลหะที่มีค่าการนำความร้อนสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการพาความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำความร้อนเป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยเคลื่อนที่แบบจลน์(Kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง

การหาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่นำมาพิจารณา คือ การนำความร้อนผ่านทรงกระบอกกลวงซึ่งหาได้จากสมการ

$$Q = UA\Delta T \qquad (2.16)$$

โดยที่ $U = 1/R_{cond}$

2.9 การวัดความดันสุญญากาศ (Vacumm measurement)

2.9.1 หน่วยวัดความดัน

ความดันในระบบสุญญากาศมีช่องกว้างมาก ตั้งแต่ความดันบรรยากาศ (760 torr หรือ 1000 mbar) ไปจนถึง 10^{-12} torr ช่วงความดันอาจแบ่งได้เป็น

ความดันสูญาญากาศหยาบ (rough vacumm)	760-1 torr
ความดันสุญญากาศปานกลาง (medium vacumm)	1-10^{-3} torr
ความดันสูญญากาศต่ำ (high vacumm)	10^{-3} -10^{-8} torr
ความดันสูญญากาศมาก (ultrahigh vacumm)	< 10^{-8} torr

หน่วยวัดความดัน นิยมใช้หน่วย torr(mmHg) ในระบบ S.I จะใช้หน่วย pascal (pa) ซึ่ง 1 Pa มีค่าเท่ากับ 1 $N.m^{-2}$ หรือใช้ milibar (mbar) และ 1 bar = $1x10^5$ Pa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การแปลงค่าหน่วย

	torr	mbar	bar	pascal	atm
1 torr =	1	1.333	$1.33x10^{-3}$	133.3	$1.316x10^{-3}$
1 mbar =	0.75	1	0.001	100	$9.87x10^{-4}$
1 bar =	750	1000	1	$1x10^{-5}$	$9.87x10^{-1}$
1 pascal =	0.0075	0.01	$1x10^{-5}$	1	$9.87x10^{-6}$
1 atm =	760	1013	1.013	101325	1

2.9.2 อุปกรณ์วัดความดัน

อุปกรณ์วัดความดันอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การขยายตัว หดตัวของก๊าซ เมื่อความดันเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนค่าการนำความร้อยของโลหะภายใต้สิ่งแวดล้อมที่เป็นก๊าซชนิดต่าง ๆ หรืออาศัยหลักการแตกตัวของก๊าซชนิดต่าง ๆ กันที่ความดันต่างกัน จะขอสรุปแบบของอุปกรณ์ช่วงความดันที่วัดได้ และหลักการโดยย่อในตารางที่ 3.2 เฉพาะแบบที่นิยมใช้กันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 อุปกรณ์วัดความดันและช่วงใช้งาน

ชนิดหรือแบบ	ช่วงความดันที่วัดได้	หลักการ
มาโนมิเตอร์	760 - 1 torr	การเปลี่ยนแปลงระดับปรอทเนื่องจากความดัน
เกจบัวตอง	760 - 10 torr	การเปลี่ยนแปลงขนาดของภาชนะปิดภายใต้ความดัน
เกจแอนีรอยด์	760 - 20 torr	การเปลี่ยนแปลงขนาดของภาชนะปิดภายใต้ความดัน
หลอดดิชาร์จ	5 – 0.01 torr	การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะดิสชาร์ทไฟฟ้า เมื่อความดันเปลี่ยนแปลง
เกจแม็คลาวด์	$10 - 10^{-6}$ torr	การเปลี่ยนแปลงระดับปรอท
เกจพิรานิ	$760 - 10^{-3}$ torr	ความต้านทานขดลวดเปลี่ยนตามการนำความร้อนของก๊าซ
เกจเทอร์โมคับเปิล	$760 - 10^{-3}$ torr	การนำความร้อนของก๊าซ
เกจเพ็นนิง	$10^{-2} - 10^{-6}$ torr	การไอออนไนเซชันของก๊าซภายใต้สนามแม่เหล็กและไฟฟ้า
เกจไอออนไนเซชันขั้วคาโทดร้อน	$10^{-3} - 10^{-11}$ torr	การไอออนไนเซชันของก๊าซ
เกจแอลฟาครอน	$760 - 10^{-3}$ torr	การไอออนไนเซชันของก๊าซเมื่อรับรังสี
เกจบาราตรอน	$760 - 10^{-4}$ torr	การเปลี่ยนค่าคาพาซิแตนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเลือกใช้อุปกรณ์วัดความดัน ควรพิจารณาองค์ประกอบหรือข้อมูลที่เกี่ยวกับอุปกรณ์วัดดังนี้

(1) ช่วงความดันที่วัดได้ ควรจะครอบคลุมความดันสูญญากาศที่ต้องการวัด หัววัดบางหัวจะทำงานที่ความดันต่ำมากเช่น หัววัดเกจไอออนไนเซชันถ้าใช้ความดันสูงกว่า 10^{-3} torr หัววัดจะชำรุดระบบสูญญากาศจึงมักใช้หัววัด 2 แบบ คือ วัดความดันในช่วง $760 - 10^{-3}$ torr ช่วงหนึ่งและต่ำกว่า 10^{-3} torr อีกช่วงหนึ่ง

(2) ความละเอียดของสเกลวัด อุปกรณ์วัดความดันหลายแบบจะวัดความดันที่อ่านในสเกล log และอ่านสเกลเชิงเส้นตรงได้ในบางช่วง อุปกรณ์บางแบบจึงใช้อ่านความดันได้อ่างหยาบ ๆ เกจไอออนไนเซชัน สามารถอ่านในสเกลเชิงเส้นได้

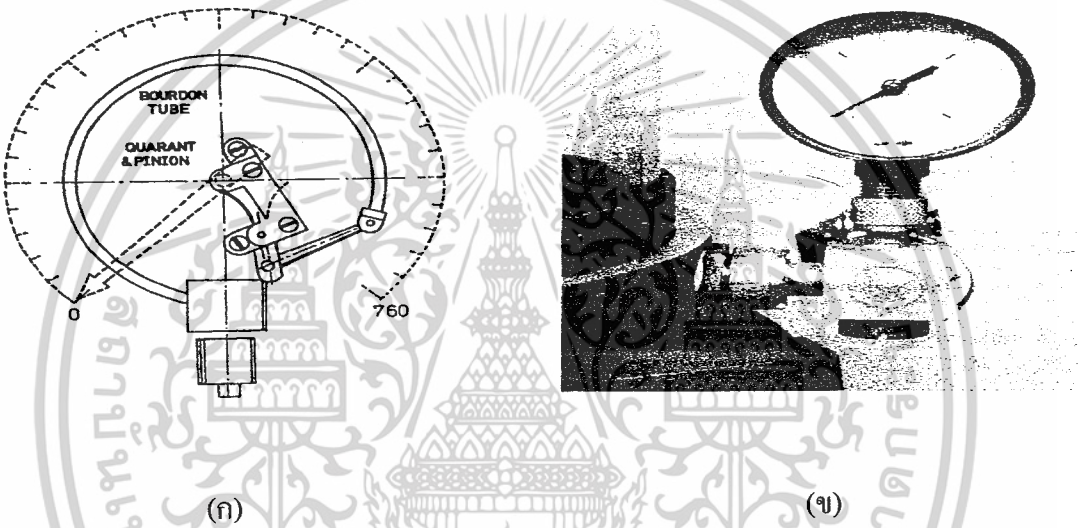
(3) ความไวต่อก๊าซปั๊ม อุปกรณ์วัดความดันหลายแบบอาศัยหลักการนำความร้อนของก๊าซหรือการแตกตัวของก๊าซ ดังนั้นเมื่อใช้กับก๊าซต่างชนิดกันจะให้ความไวต่างกัน จึงต้องทราบค่าแก้หรือค่าเปรียบเทียบของก๊าซต่าง ๆ อุปกรณ์ประเภทนี้มักจะใช้ไนโตรเจนหรืออากาศแห้งมาตรฐาน

(4) ข้อมูลจำเพาะเกี่ยวกับอุปกรณ์ ควรทราบว่าหัววัดความดันสามารถแสดงค่าตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความดันได้เร็วช้าเพียงใด ผลของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ ความแม่นยำ ตลอดจนรายละเอียดเกี่ยวกับขนาดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ อะไหล่ การติดตั้ง ข้อควรระวังต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 เกจบัวดอง (Bourdon gauge)

เกจบัวดองเป็นอุปกรณ์วัดความดันก๊าซ ใช้วัดความดันในช่วง 760 - 10 torr เกจบัวดองประกอบด้วยขดท่อกลวง มีภาคตัดขวางเป็นรูปรี ด้านหนึ่งปิด อีกด้านหนึ่งต่อกับภาชนะที่ต้องการวัดความดัน ถ้าความดันในท่อกลวงเพิ่มขึ้น ภาคตัดขวางจะเปลี่ยนจากรูปรี เป็น รูปวงกลม แล้วจะทำให้ขดท่อกลวงขยายตัวออก ถ้าความดันน้อยลง ขดท่อจะมีรัศมีน้อย การขยายตัวหรือหดตัวของขดลวด จะทำให้เข็มกระดิกชี้ค่าความดันบนสเกล



(ก) (ข)

รูปที่ 2.8 เกจบัวดอง (ก) ภาพวาดเกจบัวดอง (ข) ภาพของเกจบัวดองในปัจจุบัน

เนื่องจากค่าของความดันที่วัดได้ขึ้นอยู่กับผลต่างของความดันภายในและภายนอกขดท่อ จึงไม่อาจใช้วัดค่าความดันสมบรูณ์ (Absolute Pressure) ได้ และอาจมีค่าผิดพลาดอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศภายนอก

ความดันสมบูรณ์ที่วัดได้ = ความดันบรรยากาศ – ค่าที่อ่านได้จากหน้าปัด

การถ่ายเทความร้อนลดลงอย่างมากด้วยอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ลดลงนี้ จะต้องนำไปพิจารณาเมื่อออกแบบเครื่องระเหย

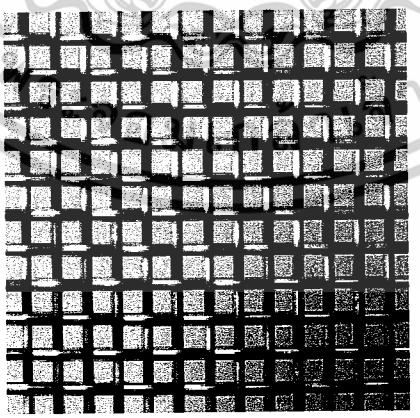
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ตะแกรงร่อน (Sieving) [11]

การร่อนด้วยตะแกรงเป็นวิธีการแยกอนุภาค การออกแบบตะแกรงร่อนเป็นแบบง่ายๆ เพื่อใช้แบ่งแยกขนาดของผงฝุ่นเป็นช่วงๆ โดยประมาณ โดยปกติตะแกรงร่อนจะผลิตให้มีขนาดและรูปร่างของขอบบนและขอบล่างของตัวตะแกรงสามารถซ้อนกันได้ในแนวดิ่ง เพื่อตัวอย่างจะได้ผ่านจากชั้นบนไปสู่ชั้นล่างตามขนาดของช่องตะแกรง

ตะแกรงร่อนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องตะแกรงที่เท่ากัน (sieve equivalent diameter) หมายถึงอนุภาคที่มีขนาดรูปทรงกลมสามารถผ่านช่องตะแกรงนั้นๆ ไปได้ และเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องระบุให้ชัดเจนว่าเราใช้ตะแกรงที่มีรูแบบช่องสี่เหลี่ยมหรือรูกลม (ที่เกิดจากการถักทอ (woven wire cloth) หรือเจาะรูด้วยเครื่อง (perforated metal plate)) เนื่องจากอนุภาครูปทรงกลมที่มีขนาด 100 ไมโครเมตร จะสามารถผ่านตะแกรงที่มีรูสี่เหลี่ยมหรือรูกลมขนาด100 ไมโครเมตร แต่อนุภาคที่ไม่ใช่รูปทรงกลม อาจผ่านรูตะแกรงแบบหนึ่งแต่ไม่ผ่านรูตะแกรงอีกแบบหนึ่ง เช่น ก้อนสี่เหลี่ยมขนาด 100 ไมโครเมตร จะผ่านรูสี่เหลี่ยมขนาด 100 ไมโครเมตร แต่จะไม่ผ่านรูกลมขนาด 100 ไมโครเมตร ด้วยเหตุนี้อนุภาคจึงผลต่อการเลือกใช้ตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่เท่ากันของตะแกรงที่มีรูตะแกรงรูปทรงกลมหรือที่มีรูตะแกรงรูปทรงสี่เหลี่ยมอนุภาคจะรอดผ่านรูตะแกรงได้นั้น ต้องมีขนาดพื้นที่ตัดขวาง (cross-section area) น้อยกว่าพื้นที่ตัดขวางของช่องตะแกรงและอนุภาคจะต้องมีมิติสองด้าน น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงจึงจะผ่านช่องตะแกรงนั้นได้

ตัวอย่างของตะแกรงที่ใช้ในการทดลองคือ ตะแกรงสแตนเลส แบบ Plain weave



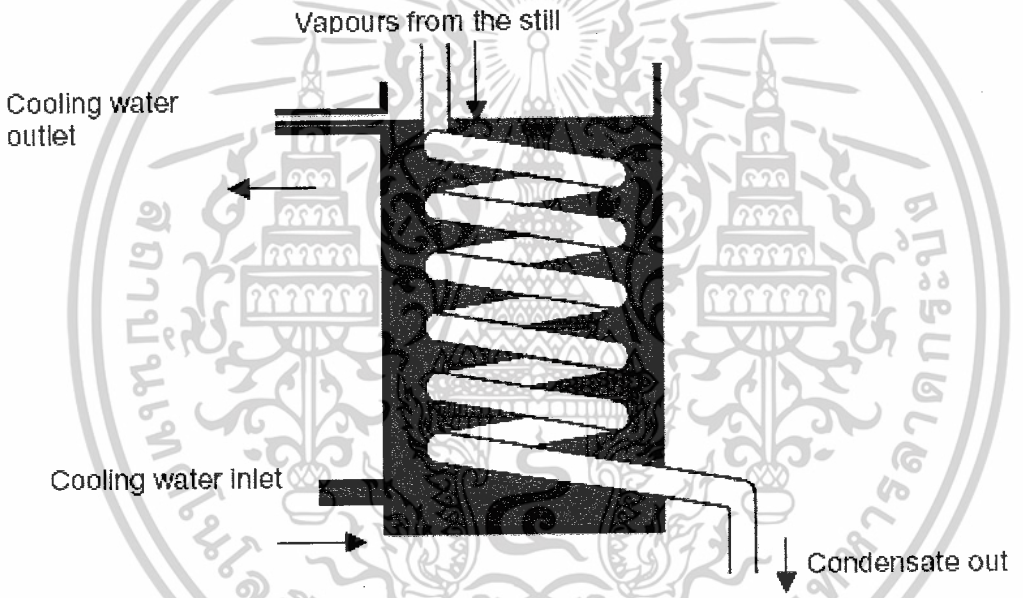
รูปที่ 2.9 ตะแกรงสแตนเลส ชนิด Plain weave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตะแกรงสแตนเลสลายทั่วไปมีลักษณะการทอแต่ละเส้นสลับกันระหว่างแนวตั้งและแนวนอนทำมุม90° มีความละเอียดของตะแกรงตั้งแต่เบอร์ (#)10-200 ใช้สำหรับงานกรองทั่วไป เครื่องมือร่อนต่างๆ มุ้งลวด

2.11 คอนเดนเซอร์ (Condenser) [13]

คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ ให้สารทำความเย็นในสถานะแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลว ด้วยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นนั้น กล่าวคือ สารทำความเย็นในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกส่งมาจากคอมเพรส เมื่อถูกระบายความร้อนแผ่งออก จะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดัน และอุณหภูมิสูงอยู่



รูปที่ 2.10 A simple Condenser

คอนเดนเซอร์ มีอยู่ 3 ชนิดพื้นฐานคือ คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลม (air-cooled) คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled) and คอนเดนเซอร์ที่อาศัยหลักการระเหยของน้ำ(evaporative) โดยที่ คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลม (air cooled) และ คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled) จะใช้กันแพร่หลายแต่ คอนเดนเซอร์ที่อาศัยหลักการระเหยของน้ำ(evaporative) จะถูกใช้เมื่อน้ำมีสิ่งปนเปื้อนทำให้ไม่สามารถใช้แบบระบายความร้อนด้วยน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลม (Air Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลมประเภทนี้ ประกอบด้วยท่อขนาดเล็กจำนวนหลายชั้น โดยที่ผิวด้านนอกของท่อจะสัมผัสกับ ครีบ (fin) เพื่อถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นไปสู่อากาศภายนอก ดังแสดงในรูป การควบแน่นเกิดขึ้นขณะที่สารทำความเย็นไหลผ่านท่อทางด้านขาเข้าไปสู่ท่อด้านออกและไปที่ ถังเก็บน้ำยา (liquid receiver)

- คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled condenser)

คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำประเภทนี้ ประกอบด้วย ท่อ และเปลือกหุ้ม (shell and tube) ซึ่งจะมีน้ำไหลอยู่ภายในท่อ การทำงานคือ ไอของสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์ด้านเปลือกหุ้ม และจะควบแน่นอยู่ที่ผิวด้านนอกของท่อ

คอนเดนเซอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยท่อที่ปลายสองด้านยาวไปถึง เปลือก การต่อท่อ Purge ที่ด้านบนของคอนเดนเซอร์ เป็นการระบายอากาศ หรือแก๊สที่ไม่ต้องการ ที่สะสมอยู่ในระบบให้ออกไปความสามารถในการทำงานของคอนเดนเซอร์ชนิดนี้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณน้ำหมุนเวียนอุณหภูมิของสารทำความเย็น ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อไหร่ก็ตามที่ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของไอสารทำความเย็นและน้ำ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ถ้าความแตกต่างของอุณหภูมิมีมากขึ้น ความสามารถในการทำงานก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการใช้น้ำเย็นจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการทำงานของ condenser

- คอนเดนเซอร์ที่อาศัยหลักการระเหยของน้ำ(evaporative)

คอนเดนเซอร์ประเภทนี้ จะทำงานอยู่บนพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อนจากการควบแน่นน้ำยาทำความเย็นที่คอยล์โดยอาศัยสเปรย์น้ำฉีด ไปที่ผิวท่อของคอนเดนเซอร์ที่ร้อน และมีแรงลมช่วยเป่าให้ไอน้ำที่ระเหยระเหยตัวได้ดีขึ้น การระเหยแบบนี้ ตัวคอยล์และคอนเดนเซอร์เป็นตัวเดียวกัน โดยมีน้ำยาทำความเย็นควบแน่นภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

3.1 การออกแบบเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ปัจจัยและเงื่อนไขของอุปกรณ์

1. ฟังก์ชั่นของอุปกรณ์
   ก) ตัวถังสามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ในช่วงการทำระเหย
   ข) มีเทอร์โมมิเตอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิของน้ำในถังความดัน
   ค) สามารถควบคุมความดันภายในถังให้คงที่ในระหว่างการทำระเหย
2. ความสามารถของอุปกรณ์
   ก) ถังความดันออกแบบให้รับปริมาณน้ำได้ 3 ลิตร
   ข) ถังเป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อนและแรงดันได้ดี
   ค) คอนเดนเซอร์สามารถควบแน่นไอของน้ำมันหอมระเหยให้ตกลงมาเป็นน้ำได้

3.1.1 ขนาดถัง

กำหนดให้ : ต้องการปริมาตรน้ำสำหรับต้มต่ำสุด 2 ลิตร
ต้องการปริมาตรน้ำสำหรับต้มสูงสุด 4 ลิตร
ต้องการให้ถังมีระยะเผื่ออากาศสำหรับวางวัสดุสูง 10 - 15 cm
จากความสัมพันธ์ของ ปริมาตร เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของทรงกระบอก คือ

$$V = (\pi d^2/4)xh \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของปริมาตร เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงระดับน้ำในถัง

2000 cm^3		3000 cm^3		4000 cm^3	
d	h	d	h	d	h
15	11.32343	15	16.98514	15	22.64685
16	9.952229	16	14.92834	16	19.90446
17	8.815816	17	13.22372	17	17.63163
18	7.86349	18	11.79523	18	15.72698
19	7.057537	19	10.5863	19	14.11507
20	6.369427	20	9.55414	20	12.73885
21	5.777258	21	8.665887	21	11.55452
22	5.263989	22	7.895984	22	10.52798
23	4.816202	23	7.224303	23	9.632403
24	4.423213	24	6.63482	24	8.846426
25	4.076433	25	6.11465	25	8.152866
26	3.768892	26	5.653337	26	7.537783
27	3.494884	27	5.242327	27	6.989769
28	3.249708	28	4.874561	28	6.499415
29	3.029454	29	4.544181	29	6.058908
30	2.830856	30	4.24685	30	5.661713
31	2.651166	31	3.976749	31	5.302332
32	2.488057	32	3.732086	32	4.976115

จากสมการออกแบบถังมาตรฐาน คือ

$$H/D_t = 1 \qquad (3.2)$$

จากหม้อ stainless steel AISI 304 ที่สามารถหาได้ง่ายทั่วไปตามท้องตลาด ได้หม้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 cm สูง 22 cm เมื่อเทียบกับตารางที่ 3.1 ซึ่งได้ความสูงระดับน้ำเท่ากับ 10.5 cm รวมกับระยะวางวัสดุ 11.5 cm ได้ความสูง 22 cm พอดี ซึ่งตรงกับอัตราส่วนที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การหาความหนาของถัง

จากสูตรหาความหนาของถังผนังบาง $\sigma = PR/t$ หรือ $\sigma = PD/2t$

ออกแบบที่สภาวะความดันในถังไม่น้อยกว่า 1 kPa ความดันบรรยากาศคือ 101.325 kPa

ความดันแตกต่างจึงเท่ากับ 0.1 N/mm^2

ค่า stress ของ stainless steel AISI 304 มีค่าเท่ากับ 35 ksi หรือเท่ากับ 241.325 N/mm^2

ค่า safety factor = 5

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาถังจากสูตร $\sigma = PD/2t$

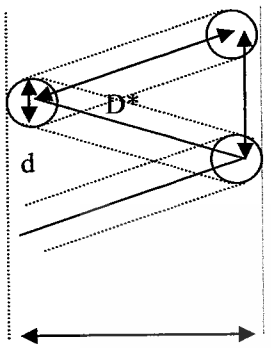
d(cm)	t^2 (mm)	d(cm)	t^2 (mm)
15	0.155392	25	0.258987
16	0.165752	26	0.269346
17	0.176111	27	0.279706
18	0.186471	28	0.290065
19	0.19683	29	0.300425
20	0.207189	30	0.310784
21	0.217549	31	0.321144
22	0.227908	32	0.331503
23	0.238268	33	0.341863
24	0.248627	34	0.352222

จากตารางที่ 3.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 22 cm ต้องใช้ความหนาอย่างน้อย 0.23 mm จากหม้อในข้างต้นสามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากมีความหนามากกว่าที่คำนวณได้

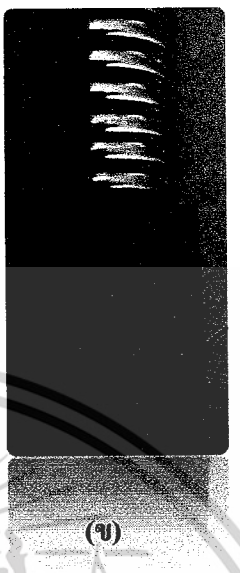
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบคอนเดนเซอร์

การคำนวณความยาวท่ออะลูมิเนียม



(ก)



(ข)

รูป 3.1 แสดงภาพของคอนเดนเซอร์ (ก) แสดงการคำนวณความยาวของอลูมิเนียม

(ข) ภาพคอนเดนเซอร์

กำหนด : ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D) = 7.5 cm ยาว (H) = 60 cm

เส้นผ่านศูนย์กลางของท่ออะลูมิเนียม (d) = 1 cm

h = ½ x ระยะพิช ; ระยะพิช = 2 cm

h = 1 cm

D* = ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางใหม่ที่ใช้คำนวณ

$D^* = (D^2+h^2)^{1/2}$ = 6.08 cm

จำนวนขดของท่ออะลูมิเนียมตลอดความยาวท่อ PVC = ความยาวท่อ PVC / ระยะพิช

= 37.5 ขด

ความยาวของท่ออะลูมิเนียมต่อ1ขด (l) = 3.14 x (D*)

= 19.12 cm

ดังนั้นความยาวทั้งหมดของท่ออะลูมิเนียม (L) = l x จำนวนขด

= 716.9 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

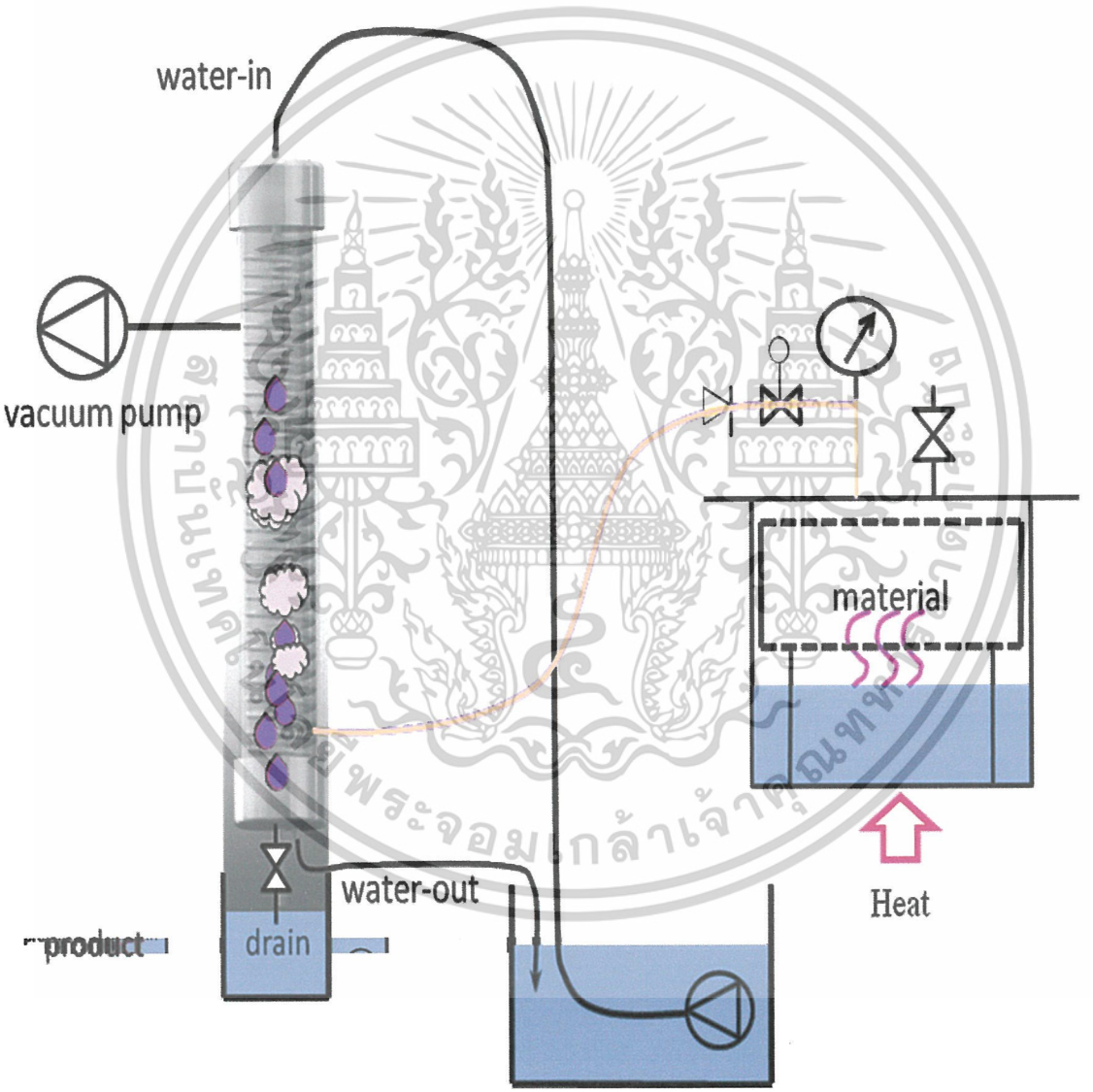
ปริมาณน้ำที่ไหลภายในท่ออะลูมิเนียมหาได้จากสูตร $\pi r^2 \times L$

โดย r คือรัศมีภายในท่ออะลูมิเนียม = 0.4 cm

$V_{tube} = (3.14 \times 0.4^2 \times 717)$

$= 360\ cm^3$

3.2 แบบจำลองการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ



รูปที่ 3.2 แบบจำลองการสร้างเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปผลการออกแบบ

รายการ		ข้อมูล
ถังทรงกระบอก	material type	AISI 304 Stainless steel
	Diameter	22 cm
	High	22 cm
ความจุ	ความจุถัง	8 ลิตร
	ปริมาณน้ำสูงสุด	4 ลิตร
	ปริมาณน้ำต่ำสุด	2 ลิตร
สภาวะทดลอง	อุณหภูมิ	< 80 °C
	ความดัน	< 760 mmHg
คอนเดนเซอร์	material type	Plastic PVC
	ความยาว	75 cm
	Diameter	3 in.
ท่ออะลูมิเนียม	ความยาว	>7.2 m
	Diameter	1 cm
	ปริมาณน้ำในท่อ	>0.36 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์การทดลองและการออกแบบการทดลอง

การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

4.1 การทดลองสกัดน้ำมันจากเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย

4.2 การแยกชั้นของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้สารละลายเฮกเซน

4.1 การทดลองจากเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย

การทดลองสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยได้นำหลักการการทำการระเหยแบบสูญญากาศและการหลักการควบแน่น โดยอาศัยคอนเดนเซอร์มาศึกษาและออกแบบให้มีขนาดเล็กลงและสะดวกต่อการทดลองซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

4.1.1.1 Bath อ่างน้ำสำหรับเพิ่มอุณหภูมิของน้ำโดยสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำโดยการตั้งค่าอุณหภูมิได้ตามต้องการ ซึ่งภายในอ่างน้ำจะประกอบด้วยคอยด์ร้อนซึ่งทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำมาจากอลูมิเนียม

4.1.1.2 หม้อสกัดน้ำมันหอมระเหยที่สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ทำมาจาก stainless steel AISI 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 cm สูง 22 cm ความจุถัง 8 ลิตร

4.1.1.3 คอนเดนเซอร์ ภายนอกทำมาจากท่อ ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.5 cm ยาว 60 cm ภายในบรรจุด้วยขอท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm ยาวทั้งหมด 7.2 m เพื่อทำการควบแน่นน้ำมันหอมระเหย

4.1.1.4 ปั๊มสูญญากาศ ขนาด 4.5 m^3/hr ทำการติดตั้งต่อกับหม้อสกัดน้ำมันหอมระเหยและต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ สามารถปรับค่าความดันได้

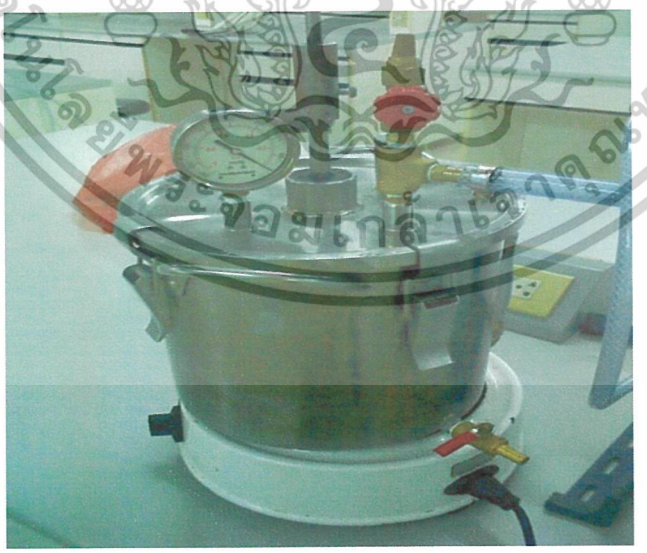
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.5 ปั๊มน้ำ ขนาดเล็ก อัตราการไหล 2.5 ลิตร/ชั่วโมง ทำการติดตั้งในกล่องโฟมเพื่อใช้ในการไหลเวียนของน้ำเข้า- ออกจากคอนเดนเซอร์และต่อเข้ากับสายยางสามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้

4.1.1.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) FLUKE HYDRA,2620 A INPUT MODULE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ โดยต้องต่อกับสาย Thermocouple

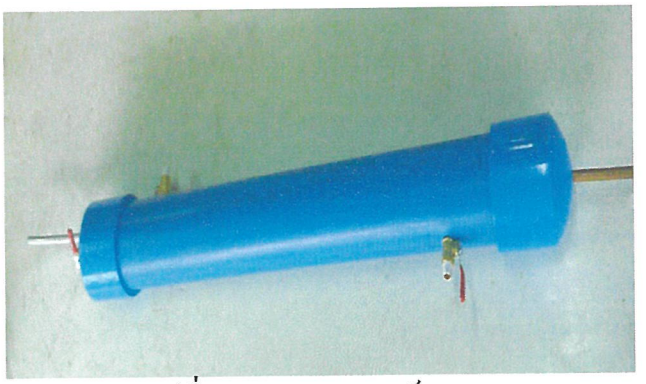
4.1.1.7 บิวเรต ใช้สำหรับแยกชั้นของน้ำมันและชั้นของน้ำออกจากกันทำมาจากหลอดแก้ว

รูปที่ 4.1 Bath

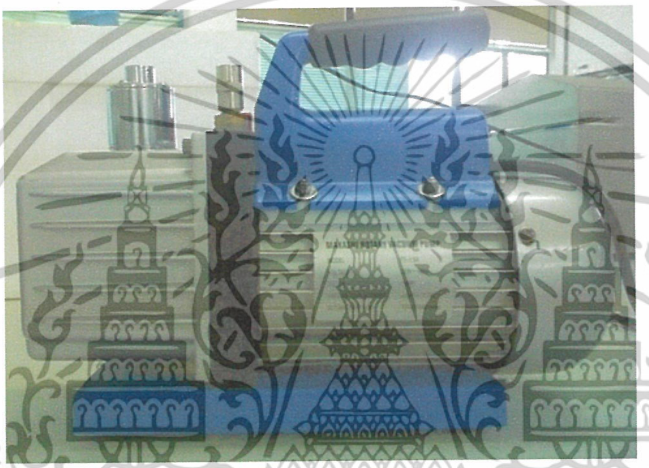


รูปที่ 4.2 หม้อสกัดน้ำมันหอมระเหย

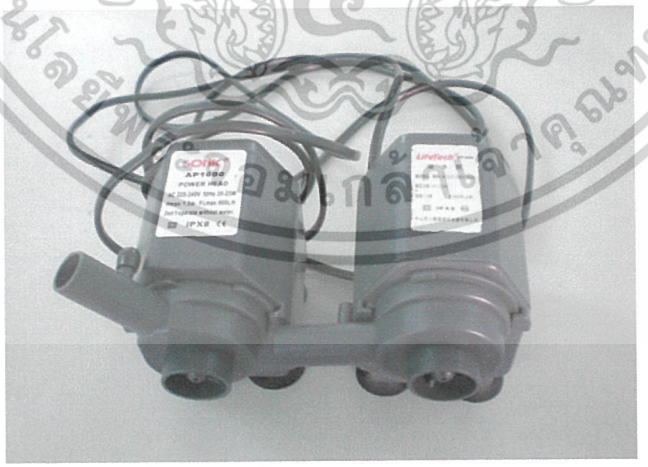
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 คอนเดนเซอร์



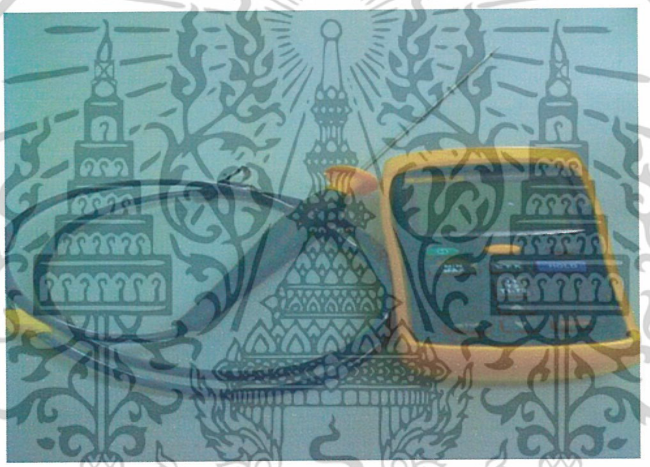
รูปที่ 4.4 ปั๊มสูญญากาศ



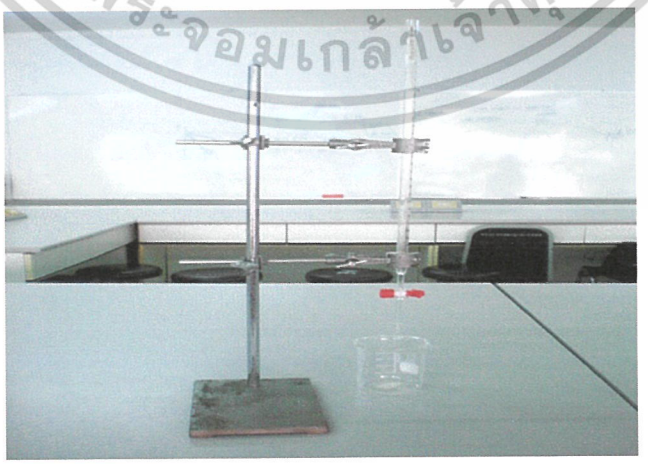
รูปที่ 4.5 ปั๊มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 ชุดสกัดน้ำมันหอมระเหย



รูปที่ 4.7 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) FLUKE HYDRA



รูปที่ 4.8 บิวเรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.9 วัตถุดิบในการทดลอง (ก) ใบตะไคร้หอม (ข) ใบตะไคร้บ้าน (ค) ต้นตะไคร้บ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 สภาวะที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

1. ถังความดัน ใช้งานที่ความดันแตกต่างกัน เช่น 680,500 ,300,200 mmHg
2. Bath ควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าประมาณ 60-100 องศาเซลเซียส
3. ปั๊มสูญญากาศ มีขนาด 4.5 m^3/hr ต่อเข้ากับถังความดันเพื่อลดความดันให้ต่ำลง
4. ชุดคอนเดนเซอร์ ใช้น้ำอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นน้ำหล่อเย็นตลอดเวลา
5. ปั๊มน้ำขนาด 2.5 ลิตร/ชั่วโมง ทำหน้าที่ปั๊มน้ำหล่อเย็นเข้าสู่คอนเดนเซอร์

4.1.3 การออกแบบการทดลอง

4.1.3.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม ทำการทดลองที่ 4 สภาวะ ได้แก่

(1) ความดัน 210 มิลลิเมตรปรอท
(2) ความดัน 360 มิลลิเมตรปรอท
(3) ความดัน 510 มิลลิเมตรปรอท
(4) ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

4.1.3.2 การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้(บ้าน) ทำการทดลองที่ 5 สภาวะ ได้แก่

(1) ความดัน 160 มิลลิเมตรปรอท
(2) ความดัน 310 มิลลิเมตรปรอท
(3) ความดัน 460 มิลลิเมตรปรอท
(4) ความดัน 560 มิลลิเมตรปรอท
(5) ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้(บ้าน) ทำการทดลองที่ 5 สภาวะ ได้แก่

(1) ความดัน 210 มิลลิเมตรปรอท
(2) ความดัน 310 มิลลิเมตรปรอท
(3) ความดัน 430 มิลลิเมตรปรอท
(4) ความดัน 560 มิลลิเมตรปรอท
(5) ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

4.1.4 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยการใช้เครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหยที่สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ซึ่งมีการควบคุมความดันให้แตกต่างกันเพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดของพืชมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาความดันบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ และระยะเวลาที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิดเพื่อให้ได้คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ดีที่สุด โดยทำการทดลองกับวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ใบตะไคร้หอม ใบตะไคร้บ้าน ต้นตะไคร้บ้าน และแต่ละวัตถุดิบมีวิธีการทดลองดังนี้

ใบตะไคร้หอม

(1) เติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 4 ลิตรลงใน Bath ตั้งค่าอุณหภูมิของ Bathไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส นำหม้อสกัดน้ำมันหอมระเหยมาวางลงใน Bath รอสักครู่จนกระทั่งอุณหภูมิถึงประมาณ 65-90 องศาเซลเซียส

(2) เติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 3 ลิตรลงในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย

(3) นำใบตะไคร้หอมมาปั่นให้เป็นฝอยละเอียด จำนวน 500 กรัม เทใบตะไคร้หอมลงในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย ซึ่งต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ ปั๊มน้ำและปั๊มดูดอากาศ

(4) เปิดปั๊มน้ำให้ทำงานโดยใช้น้ำอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นน้ำหล่อเย็นผ่านเข้าสู่คอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) เปิดปั๊มดูดอากาศให้ทำงาน เริ่มจับเวลาและจดบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 15 นาที บันทึกผล โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 65-80 องศาเซลเซียสและทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจนกระทั่งปริมาณน้ำในถังสกัดแห้งหมด

(6) ปรับค่าความดันโดยการเปิด globe valve ให้ค่าความดันอยู่ในช่วงที่ต้องการ

(7) ทำการเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมัน และสีของน้ำมันที่ได้จากการสกัดในแต่ละความดันบรรยากาศที่ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

(8) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความดันเป็น 210, 360 ,510 ,760 mmHg ตามลำดับ

(9) นำผลการทดลองที่ได้ในแต่ละความดันมาเปรียบเทียบเพื่อหาสภาวะการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมที่ดีที่สุด

ใบตะไคร้บ้าน

(1) เติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 5 ลิตรลงใน Bath ตั้งค่าอุณหภูมิของ Bathไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส นำหม้อสกัดน้ำมันหอมระเหยมาวางลงใน Bath รอสักครู่จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 65-90 องศาเซลเซียส

(2) เติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 4 ลิตรลงในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย

(3) นำใบตะไคร้สดมาปั่นให้เป็นฝอยละเอียดจำนวน 800 กรัม นำมาเทลงบนตะแกรงภายในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย ซึ่งต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ ปั๊มน้ำและปั๊มดูดอากาศ

(4) เปิดปั๊มน้ำให้ทำงานโดยใช้น้ำอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นน้ำหล่อเย็นผ่านเข้าสู่คอนเดนเซอร์

(5) เปิดปั๊มดูดอากาศให้ทำงาน เริ่มจับเวลาและจดบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 15 นาที บันทึกผล โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 65-80 องศาเซลเซียสและทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจนกระทั่งน้ำระเหยหมด

(6) ปรับค่าความดันโดยการเปิด globe valve ให้ค่าความดันอยู่ในช่วงที่ต้องการ

(7) ทำการเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันและสีของน้ำมันที่ได้จากการสกัดในแต่ละความดันบรรยากาศที่ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

(8) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความดันเป็น 160,310,460,560 และ 760 mmHg ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(9) นำผลการทดลองที่ได้ในแต่ละความดันมาเปรียบเทียบเพื่อหาสภาวะการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้ (บ้าน) ที่ดีที่สุด

ต้นตะไคร้บ้าน

(1) เติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 5 ลิตรลงใน Bath ตั้งค่าอุณหภูมิของ Bathไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส นำหม้อสกัดน้ำมันหอมระเหยมาวางลงใน Bath รอสักครู่จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 65-90 องศาเซลเซียส

(2) เติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาตร 3 ลิตรลงในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย

(3) นำต้นตะไคร้บ้านสดมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆและตำให้ละเอียด จำนวน 800 กรัม มาเทลงในถังสกัดน้ำมันหอมระเหย ซึ่งต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ ปั๊มน้ำและปั๊มดูดอากาศ

(4) เปิดปั๊มน้ำให้ทำงานโดยใช้น้ำอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นน้ำหล่อเย็นผ่านเข้าสู่คอนเดนเซอร์

(5) เปิดปั๊มดูดอากาศให้ทำงาน เริ่มจับเวลาและจดบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 15 นาที บันทึกผล โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 65-80 องศาเซลเซียสและทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจะกระทั่งนำระเหยหมด

(6) ปรับค่าความดันโดยการเปิด globe valve ให้ค่าความดันอยู่ในช่วงที่ต้องการ

(7) ทำการเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันและสีของน้ำมันที่ได้จากการสกัดในแต่ละความดันบรรยากาศที่ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

(8) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความดันเป็น 210,310,430,560และ 760mmHg ตามลำดับ

(9) นำผลการทดลองที่ได้ในแต่ละความดันมาเปรียบเทียบเพื่อหาสภาวะการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้บ้านที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 2</u> การแยกชั้นของน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดจะไม่แยกชั้นน้ำ จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีมาเป็นตัวแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำซึ่งเฮกเซนเป็นสารเคมีที่ไม่มีขั้วเช่นเดียวกับน้ำมันเมื่อใส่ลงไปในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดจะไปจับกับน้ำมันซึ่งเป็นสารละลายที่มีไม่มีขั้วเหมือนกัน ทำให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันเกิดขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

(1) นำน้ำที่ผ่านการคอนเดนในทุก ๆ 1 ชั่วโมงมาเทลงในบีกเกอร์

(2) ชั่งน้ำหนักของสารละลายเฮกเซน

(3) นำสารละลายเฮกเซนมาเทลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำที่ได้จากการคอนเดน ทำการคนอย่างแรงจนกระทั่งมีฟองเกิดขึ้นและเกิดการแยกชั้นของกับน้ำมันอย่างชัดเจน ทิ้งไว้สักครู่

(4) ทำการแยกน้ำกับน้ำมันโดยเทน้ำและน้ำมันลงในบิวเลต

(5) นำน้ำมันกับเฮกเซนมาเทลงบีกเกอร์ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ จนกระทั่งเฮกเซนระเหยหมด

(6) ชั่งน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่ได้ บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

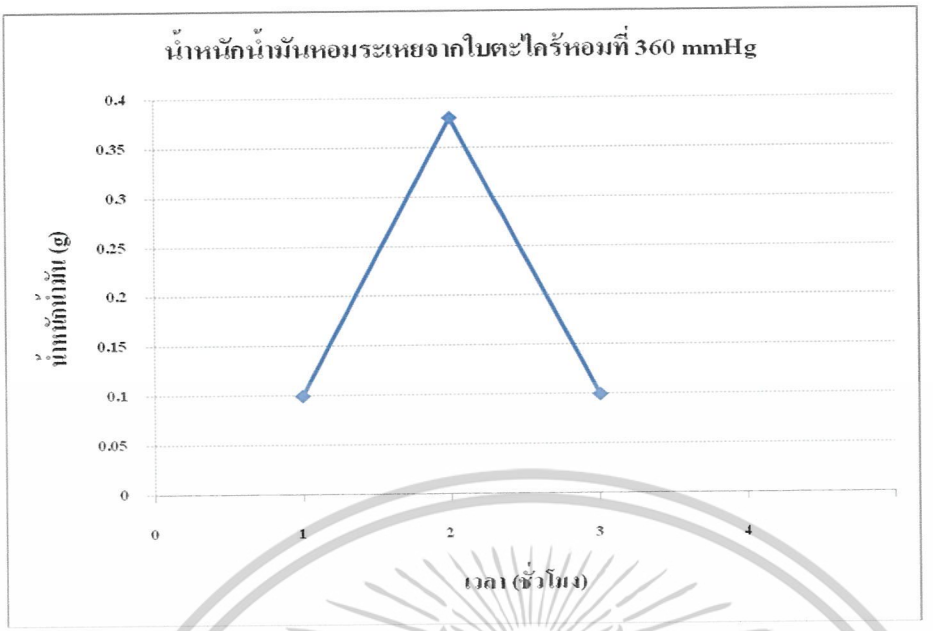
5.1 ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด

5.1.1 ใบตะไคร้หอม

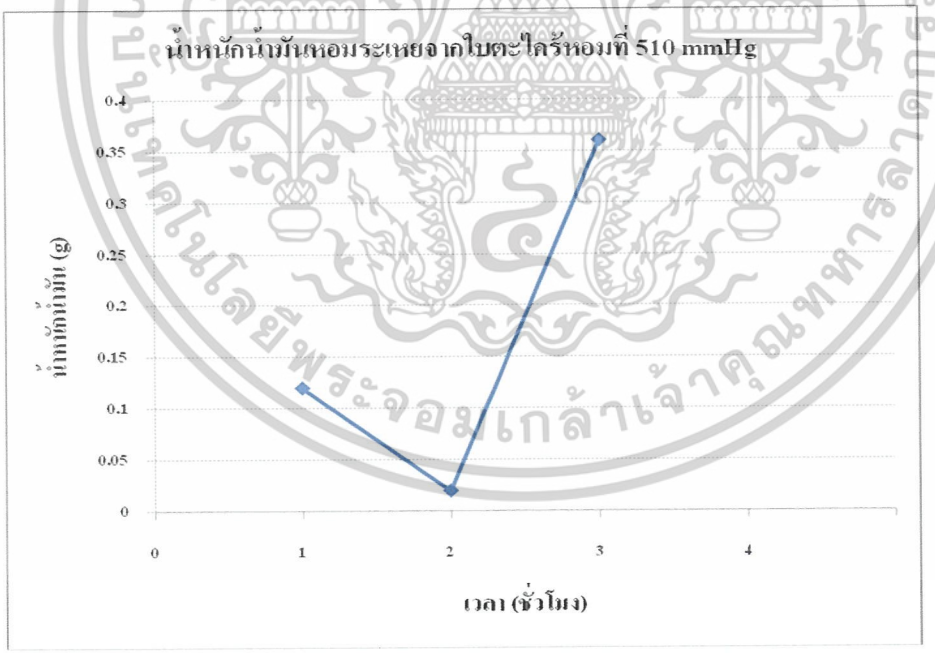
5.1.1.1 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดันต่างๆ

รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 210 mmHg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 360 mmHg



รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 510 mmHg

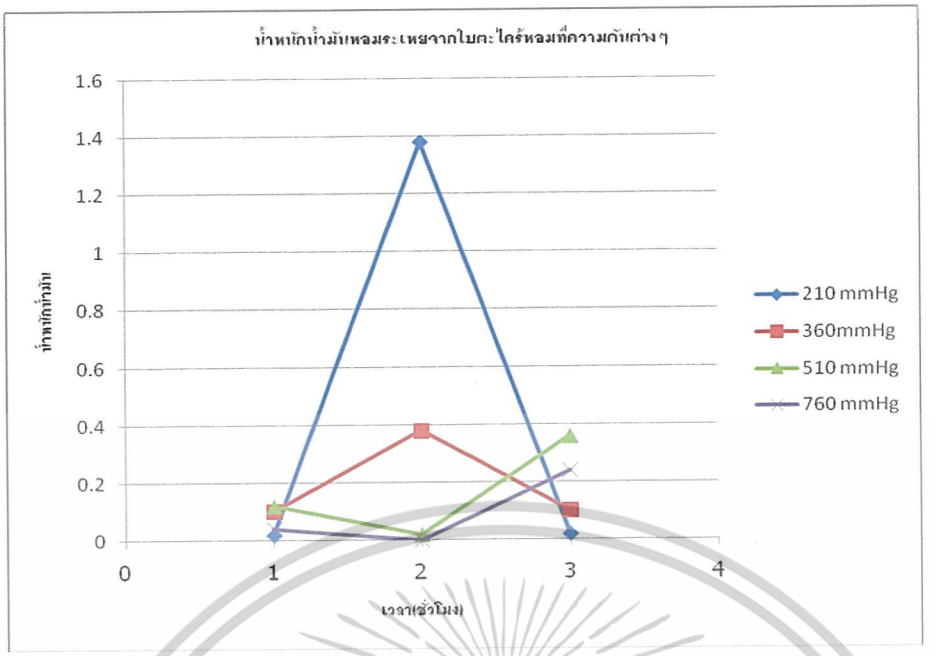
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 760 mmHg

ตารางที่5.1 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดันต่างๆ

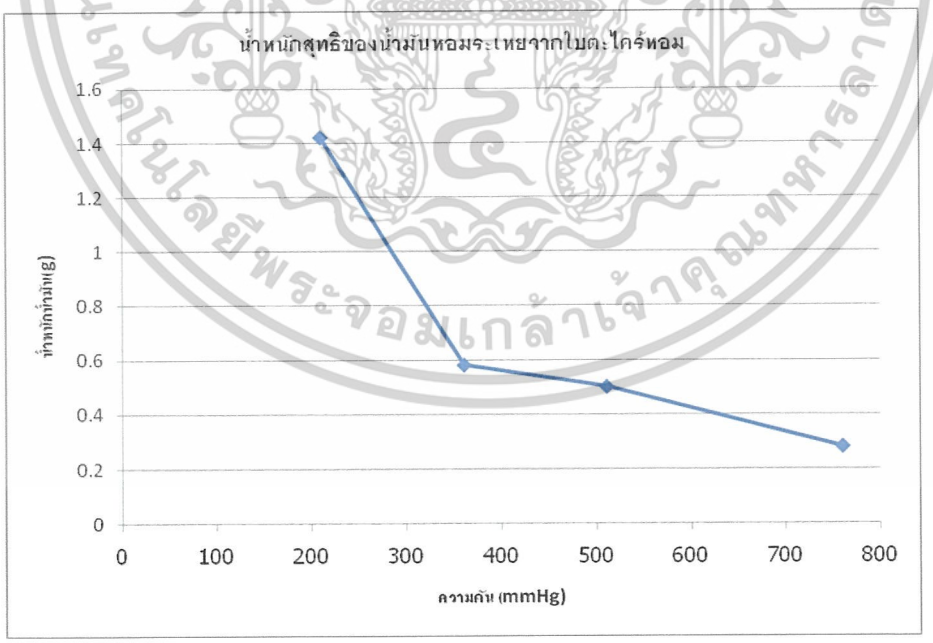
การทดลองที่ 1 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดันต่างๆ ใบตะไคร้หอมจำนวน 1 กิโลกรัม				
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม) ที่ความดัน			
	210 mmHg	360 mmHg	510 mmHg	760 mmHg
1	0.02	0.10	0.12	0.04
2	1.38	0.38	0.02	0.00
3	0.02	0.10	0.36	0.24
รวม	1.42	0.58	0.50	0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



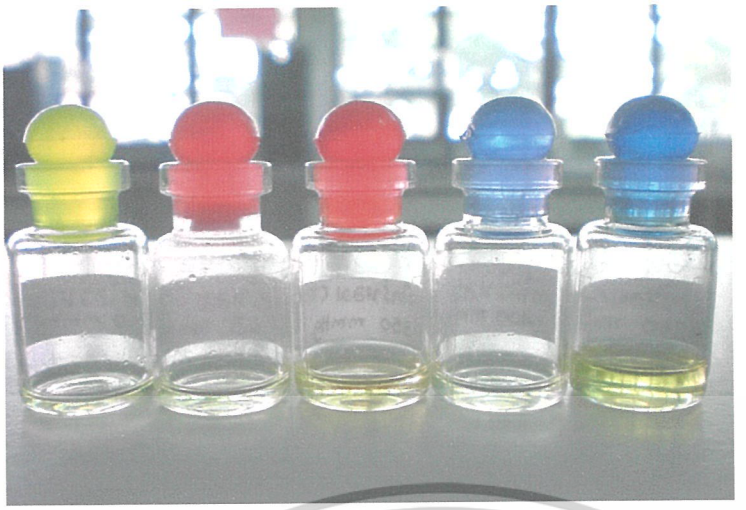
รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ความดันต่างๆ

5.1.1.2 น้ำหนักสุทธิน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 210, 360, 510 และ 760 mmHg.



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสุทธิของใบตะไคร้หอมและความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้หอมที่ได้จากการกลั่น

5.1.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

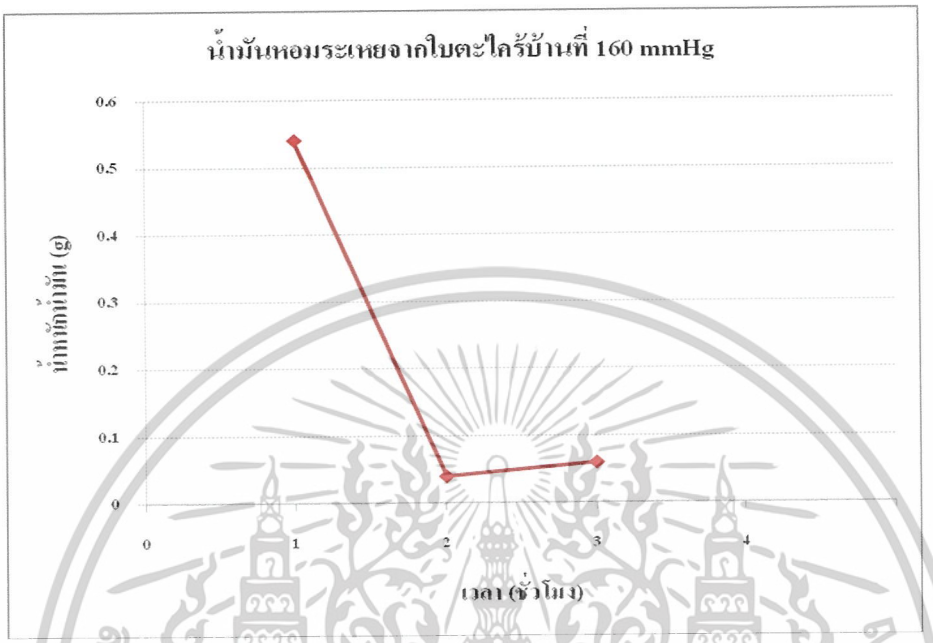
จากการทดลองเป็นระยะเวลา3ชั่วโมง ที่ความดัน 210และ360 mmHg. พบว่าน้ำมันจะออกมาในชั่วโมงที่2มากที่สุดดังรูปที่ 5.1 และ 5.2 ต่างจากรูปที่ 5.3 และ 5.4 ซึ่งน้ำมันจะเริ่มออกมาในชั่วโมงที่3 ทำให้ทราบได้ว่าที่ความดันต่ำจะทำให้ปริมาณน้ำมันออกมาได้เร็วขึ้น

หากวิเคราะห์ดูจากรูปที่ 5.5 และ 5.6 ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำมันสุทธิที่ 3 ชั่วโมงเทียบในแต่ละความดัน พบว่าที่ความดัน 210 mmHg จะผลิตน้ำมันออกมาได้มากที่สุด มากกว่าที่ความดันบรรยากาศถึง5 เท่า เมื่อเทียบที่ระยะเวลาการผลิตเท่ากันคือ 3 ชั่วโมง ตามมาด้วยที่ความดัน 360, 510 และ 760 mmHg ได้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด

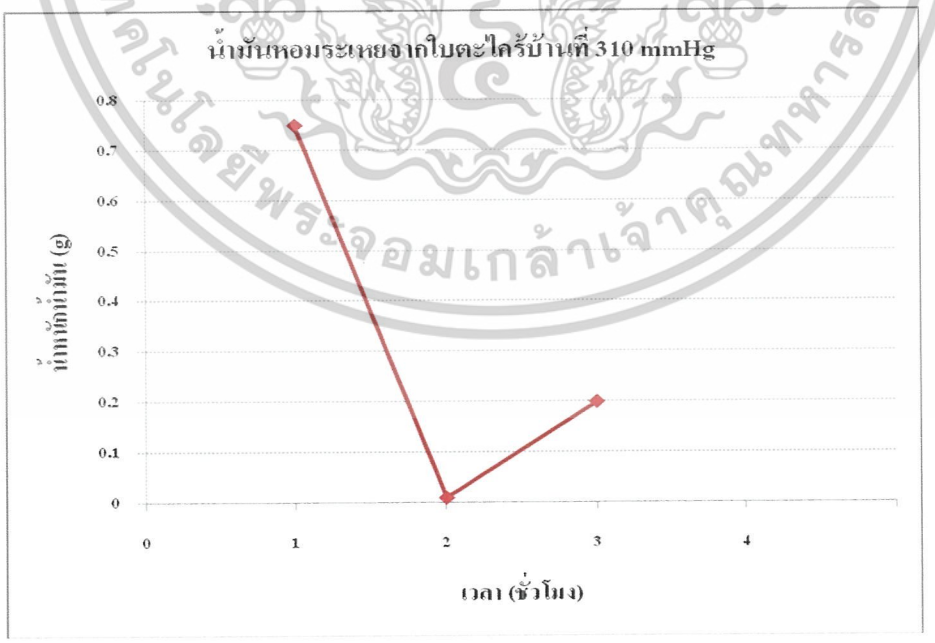
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ใบตะไคร้บ้าน

5.1.2.1 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ

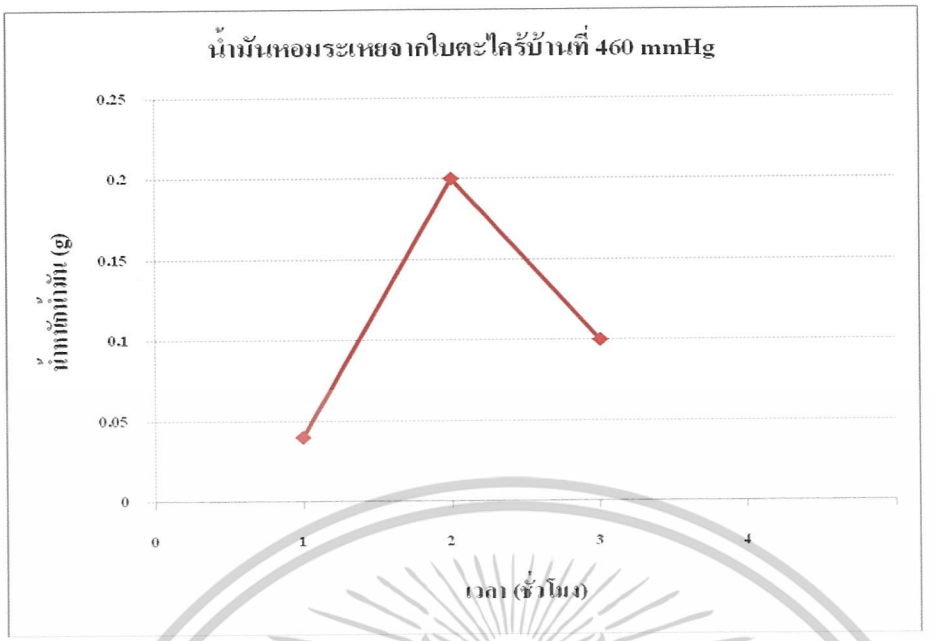


รูปที่ 5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 160 mmHg

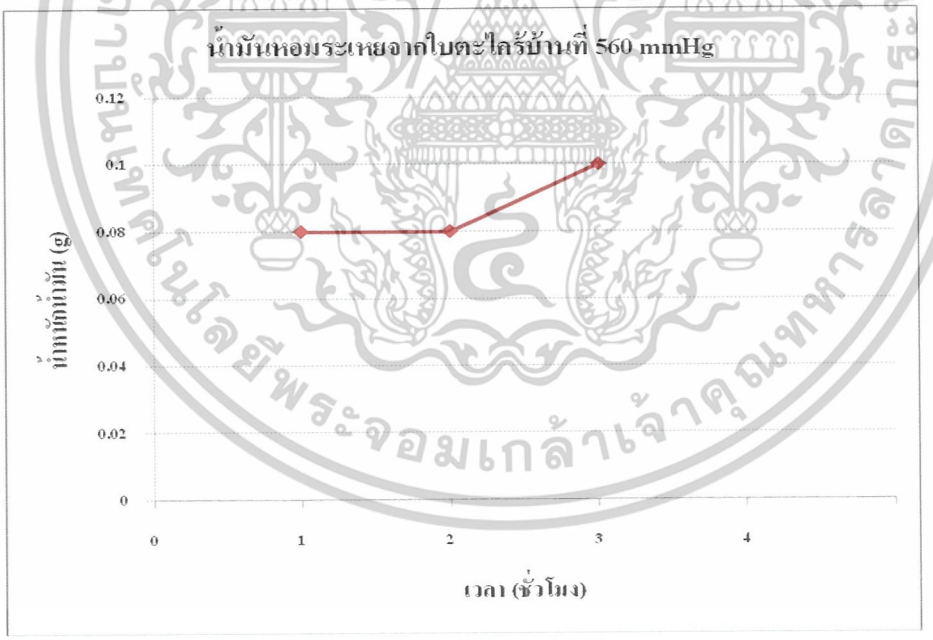


รูปที่ 5.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

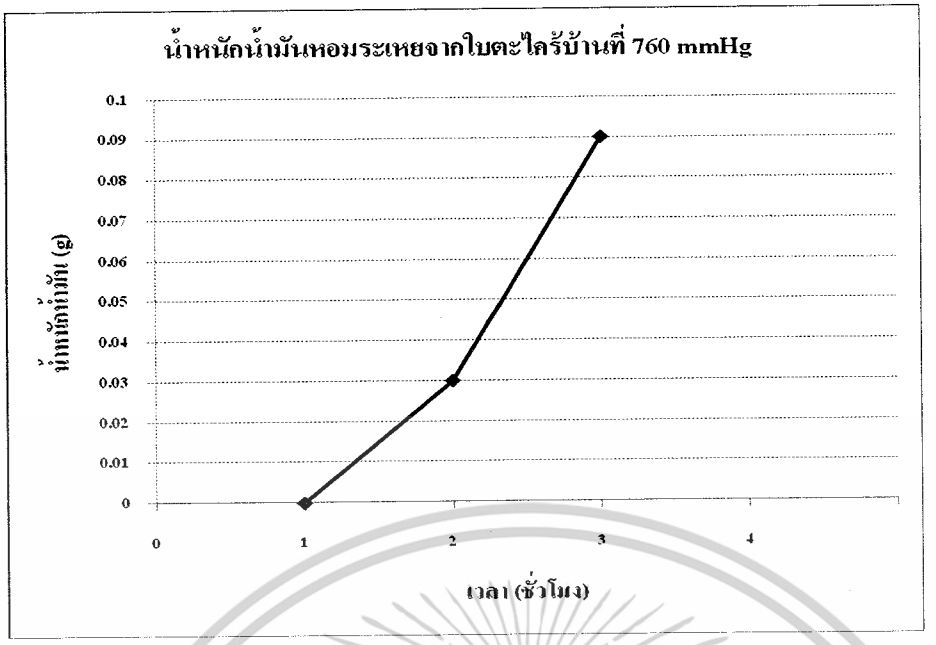


รูปที่ 5.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 460 mmHg



รูปที่ 5.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

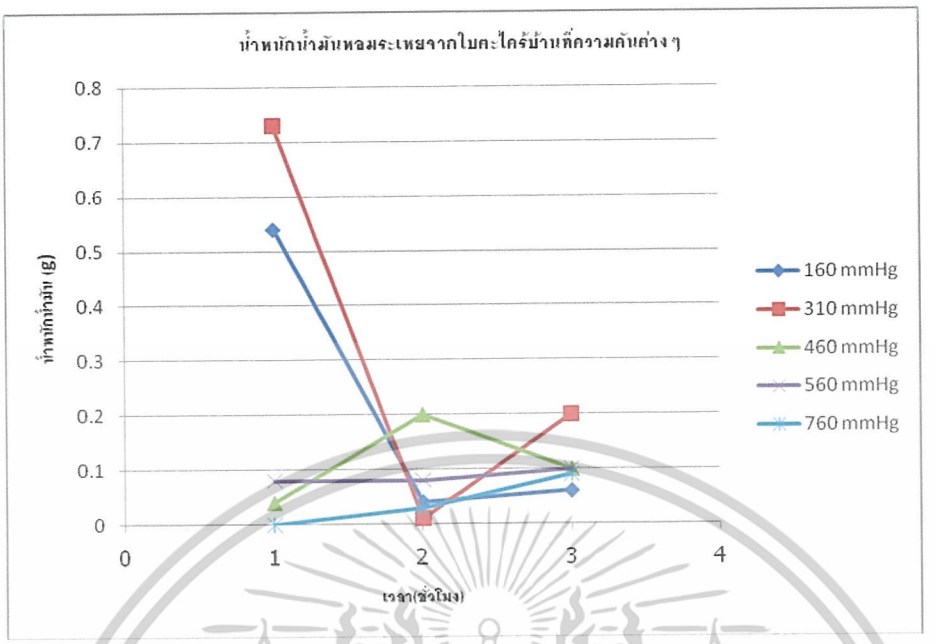


รูปที่ 5.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg

ตารางที่5.2 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ

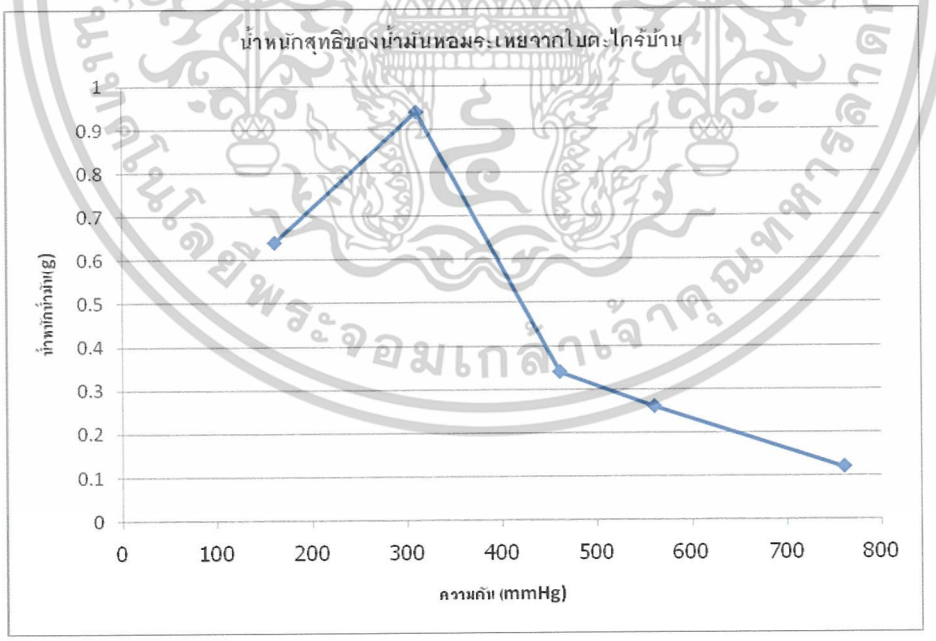
การทดลองที่ 2 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม					
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม) ที่ความดัน				
	160 mmHg	310 mmHg	460 mmHg	560 mmHg	760 mmHg
1.00	0.54	0.73	0.04	0.08	0.00
2.00	0.04	0.01	0.20	0.08	0.03
3.00	0.06	0.20	0.10	0.10	0.09
รวม	0.64	0.94	0.34	0.26	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



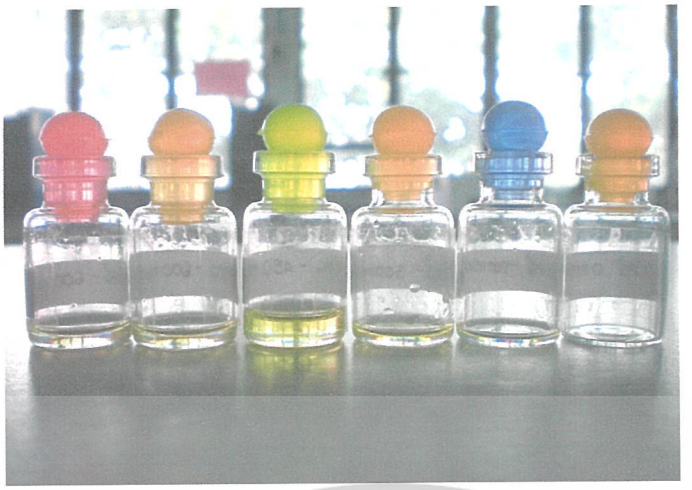
รูปที่ 5.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ

5.1.2.2 น้ำหนักสุทธิน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160,310,460,560, และ 760 mmHg.



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสุทธิจากใบตะไคร้บ้าน และความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้บ้านที่ได้จากการกลั่น

5.1.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นระยะเวลา3ชั่วโมง ที่ความดัน 160และ310 mmHg. พบว่าน้ำมันจะออกมาในชั่วโมงแรกมากที่สุดดังรูปที่ 5.8 และ 5.9 ต่างจากรูปที่ 5.10 ซึ่งน้ำมันจะเริ่มออกมาในชั่วโมงที่ 2 และรูปที่ 5.11 ซึ่งน้ำมันจะเริ่มออกมาในชั่วโมงที่ 3 ทำให้ทราบได้ว่าที่ความดันต่ำจะทำให้ปริมาณการกลั่นตัวของน้ำมันจะออกมาได้เร็วขึ้น

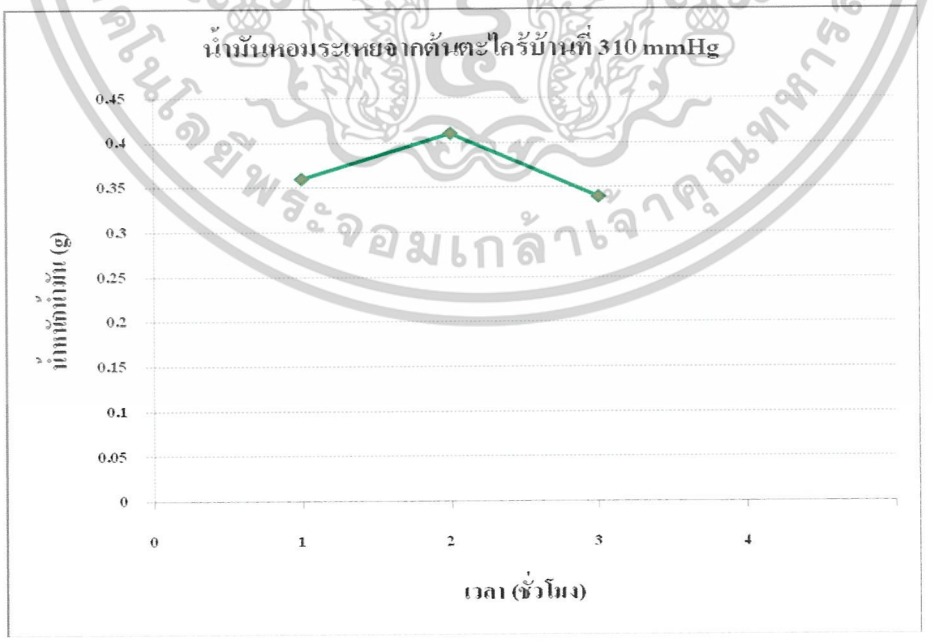
หากวิเคราะห์ดูจากรูปที่ 5.13 และ 5.14 ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำมันสุทธิที่ 3 ชั่วโมงเทียบในแต่ละความดัน พบว่าที่ความดัน 310 mmHg จะผลิตน้ำมันออกมาได้มากที่สุด มากกว่าที่ความดันบรรยากาศถึง 8.3 เท่า เมื่อเทียบที่ระยะเวลาการผลิตเท่ากันคือ 3 ชั่วโมง ตามมาด้วยที่ความดัน 160, 460, 560 และ 760 mmHg ได้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ต้นตะไคร้บ้าน

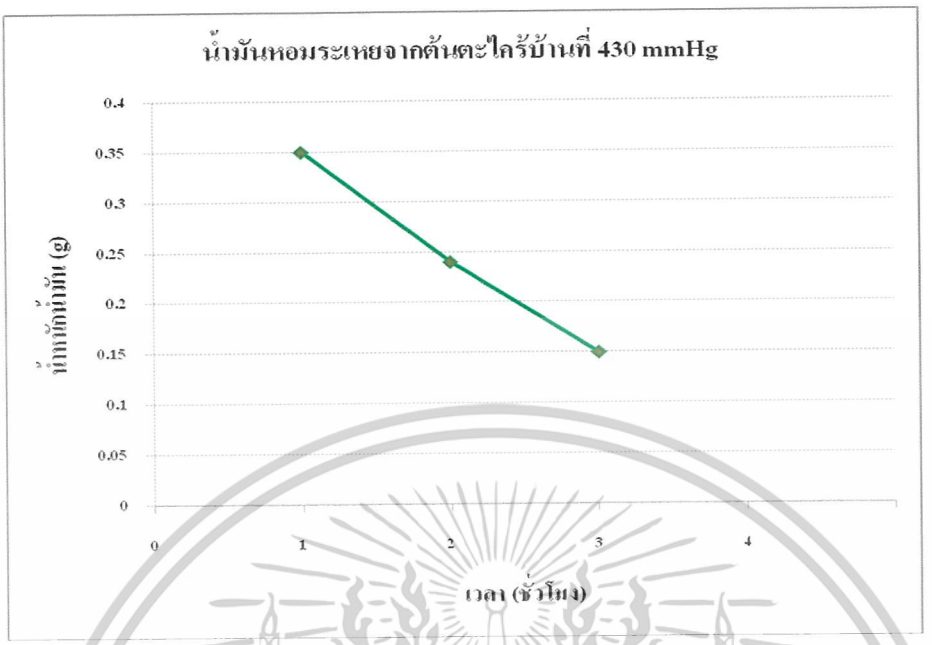
5.1.3.1 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ

รูปที่ 5.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 210 mmHg

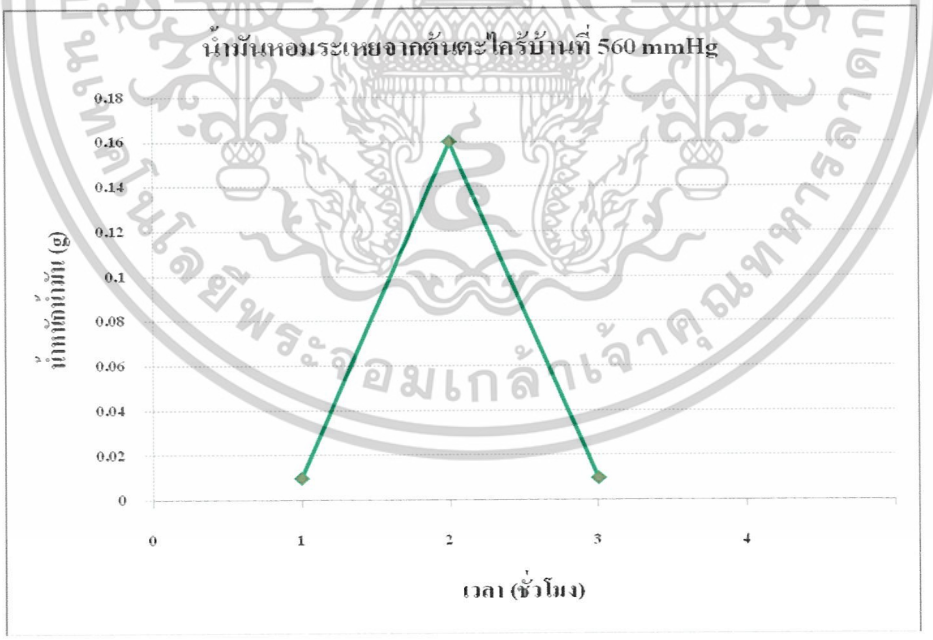


รูปที่ 5.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 430 mmHg



รูปที่ 5.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg

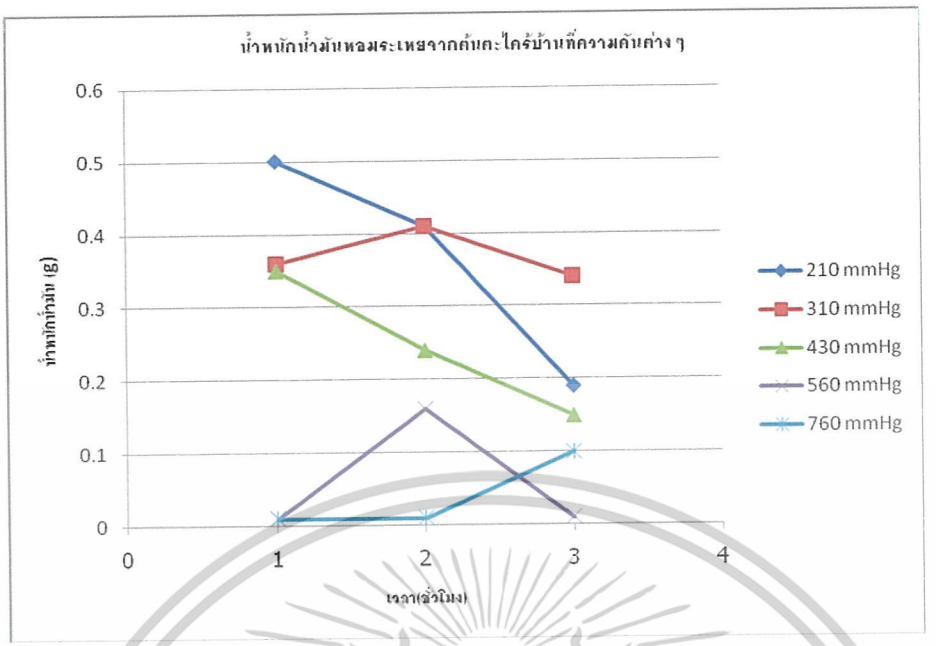
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg

ตารางที่5.3 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ

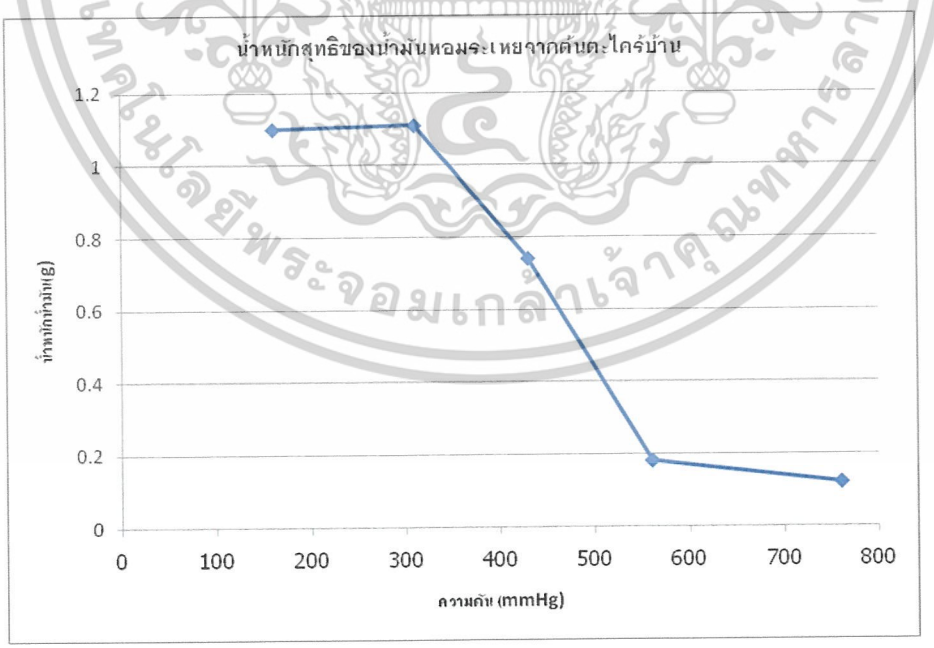
การทดลองที่ 3 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม					
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม) ที่ความดัน				
	210 mmHg	310 mmHg	430 mmHg	560 mmHg	760 mmHg
1.00	0.50	0.36	0.35	0.01	0.01
2.00	0.41	0.41	0.24	0.16	0.01
3.00	0.19	0.34	0.15	0.01	0.10
รวม	1.10	1.11	0.74	0.18	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



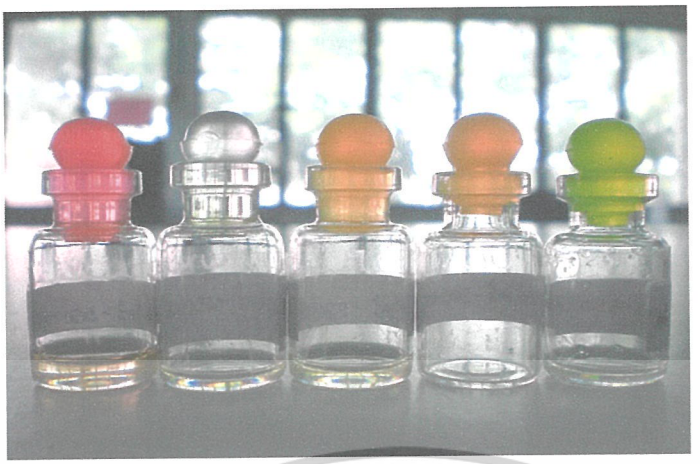
รูปที่ 5.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันและเวลา ของต้นตะไคร้บ้านที่ความดันต่างๆ

5.1.3.2 น้ำหนักสุทธิน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 210,310,430,560, และ 760 mmHg.



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสุทธิจากต้นตะไคร้บ้าน และความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 น้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้บ้านที่ได้จากการกลั่น

5.1.3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นระยะเวลา3ชั่วโมง ที่ความดัน 210 และ 430 mmHg. พบว่าน้ำมันจะออกมาในชั่วโมงแรกมากที่สุด แต่ที่ความดัน 210 mmHg. จะได้น้ำมันปริมาณมากกว่า ดังรูปที่ 5.16 และ 5.18 และที่ความดัน 310 mmHg ปริมาณน้ำมันได้มากพอๆกันทั้งสามชั่วโมงแต่ในชั่วโมงที่2จะได้มากที่สุด ดังรูป 5.17 ส่วนที่ความดัน 560 mmHg น้ำมันจะเริ่มออกมาในชั่วโมงที่ 2 ดังรูปที่ 5.19 และที่ความดัน 760 mmHg น้ำมันจะเริ่มออกมาในชั่วโมงที่ 3 ดังรูป 5.20

หากวิเคราะห์ดูจากรูปที่ 5.22 ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำมันสุทธิที่ 3 ชั่วโมงเทียบในแต่ละความดัน พบว่าที่ความดัน 210 และ 310 mmHg จะผลิตน้ำมันออกมาได้มากที่สุด ซึ่งทั้งสองความดันนี้ได้ปริมาณพอๆกัน ซึ่งได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าที่ความดันบรรยากาศถึง 8.9 เท่า เมื่อเทียบที่ระยะเวลาการผลิตเท่ากันคือ 3 ชั่วโมง ตามมาด้วยที่ความดัน 430, 560 และ 760 mmHg ได้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยในสภาวะวัตถุดิบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง ที่ความดันต่ำสุด

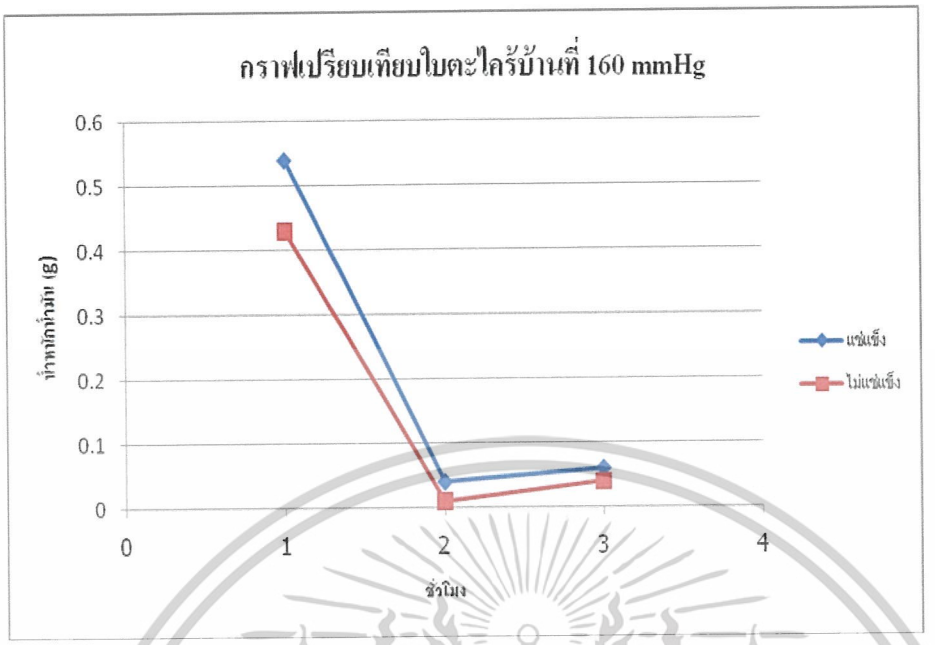
5.2.1 ใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg. แบบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง

ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบถึง ผลของการแช่แข็งของใบตะไคร้บ้าน ที่มีต่อปริมาณน้ำมันที่ผลิตออกมาที่ความดัน 160 mmHg เมื่อดูจากกราฟรูปที่ 5.24 จะเห็นได้ว่าที่สภาวะใบตะไคร้บ้านถูกแช่แข็ง จะได้ปริมาณน้ำมันในแต่ละชั่วโมงเพิ่มขึ้นจากที่สภาวะไม่แช่แข็ง และเมื่อวิเคราะห์จากรูปที่ 5.26 จะเห็นว่าน้ำหนักน้ำมันที่ได้จากสภาวะแช่แข็งเพิ่มขึ้นจาก 0.48 g เป็น 0.64 g นั่นคือปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นถึง 34%

ตารางที่5.4 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg.(แช่แข็งและไม่แช่แข็ง)

การทดลองที่ 4 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg (กรัม) ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	สภาวะการทดลอง	
	แช่แข็ง	ไม่แช่แข็ง
1.00	0.54	0.43
2.00	0.04	0.01
3.00	0.06	0.04
รวม	0.64	0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันของใบตะไคร้บ้านและเวลาเปรียบเทียบที่สภาวะแช่แข็งและไม่แช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

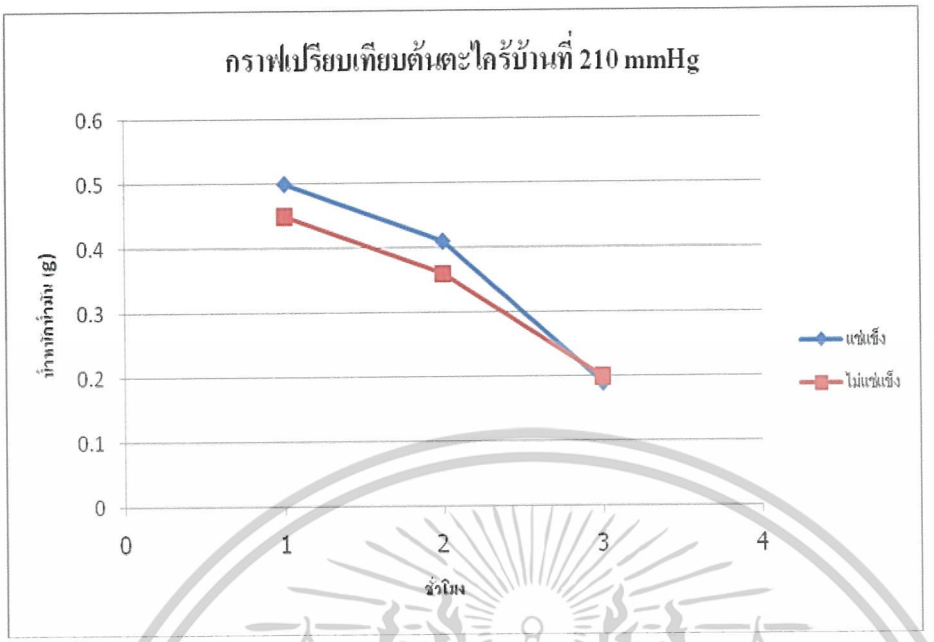
5.2.2 ต้นตะไคร้บ้าน ที่ความดัน 210 mmHg. แบบแช่แข็งและไม่แช่แข็ง

ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบถึง ผลของการแช่แข็งของใบตะไคร้บ้าน ที่มีต่อปริมาณน้ำมันที่ผลิตออกมาที่ความดัน 210 mmHg เมื่อดูจากกราฟรูปที่ 5.25 จะเห็นได้ว่าที่สภาวะใบตะไคร้บ้านถูกแช่แข็ง จะได้ปริมาณน้ำมันในแต่ละชั่วโมงเพิ่มขึ้นจากที่สภาวะไม่แช่แข็ง และเมื่อวิเคราะห์จากรูปที่ 5.26 จะเห็นว่าน้ำหนักน้ำมันที่ได้จากสภาวะแช่แข็งเพิ่มขึ้นจาก 1.01 g เป็น 1.10 g นั่นคือปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นถึง 8%

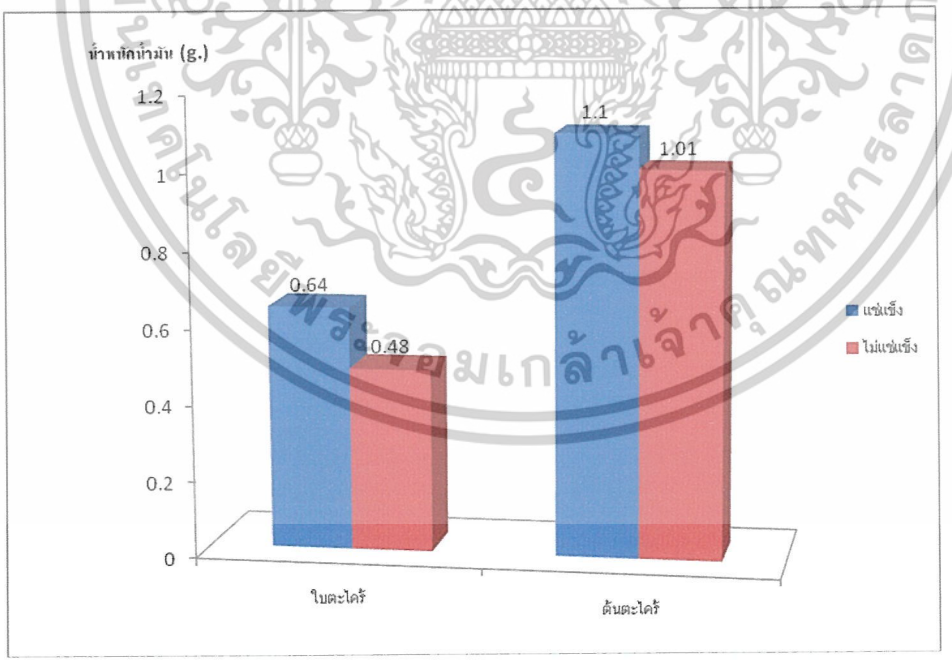
ตารางที่5.5 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 210 mmHg.(แช่แข็งและไม่แช่แข็ง)

การทดลองที่ 5 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 210 mmHg (กรัม) ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	สภาวะการทดลอง	
	แช่แข็ง	ไม่แช่แข็ง
1.00	0.50	0.45
2.00	0.41	0.36
3.00	0.19	0.20
รวม	1.10	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันของใบตะไคร้บ้านและเวลาเปรียบเทียบที่สภาวะแช่แข็งและไม่แช่แข็ง



รูปที่ 5.26 แผนภูมิแสดงน้ำหนักน้ำมันที่เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบที่สภาวะแช่แข็งและไม่แช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผล

6.1 สรุปผลการทดลอง

การสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศแบ่งออกเป็น 3 การทดลองคือ การทดลองสกัดน้ำมันจากใบตะไคร้หอม ใบตะไคร้บ้าน และต้นตะไคร้บ้าน ซึ่งการทดลองจากใบตะไคร้หอมจะใช้ใบตะไคร้หอมปั่นละเอียดจำนวน 500 กรัมและน้ำปริมาตรเริ่มต้นครั้งละ 3 ลิตร ส่วนการทดลองจากใบตะไคร้บ้านละต้นตะไคร้บ้านจะใช้ใบและต้นตะไคร้บ้านปั่นละเอียดจำนวน 800 กรัมและน้ำปริมาตรเริ่มต้นครั้งละ 4 ลิตร ปั๊มสูญญากาศสามารถลดความดันได้ตั้งแต่ 50- 760 มิลลิเมตรปรอท ความเร็วในการดูดอากาศ 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ปั๊มสูญญากาศสามารถดูดไอออกจากถังได้โดยตรง ในการทดลองแต่ละครั้งจะต้องใช้น้ำหล่อเย็นให้กับคอนเดนเซอร์ซึ่งมีอุณหภูมิ 0-3°C หลังจากนั้นนำน้ำที่ได้จากการควบแน่นมาแยกน้ำมันออกจากน้ำโดยใช้สารละลายเฮกเซน

จากการทดลองจะได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบสกัดที่ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศคือ

1.ใบตะไคร้หอม ความดัน 210 mmHg จะผลิตน้ำมันออกมาได้มากที่สุด

2.ใบตะไคร้บ้าน ความดัน 310 mmHg จะผลิตน้ำมันออกมาได้มากที่สุด

3.ต้นตะไคร้บ้าน ความดัน 210 และ 310 mmHg จะผลิตน้ำมันออกมาได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 สรุปผลการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดน้ำมันหอมระเหย

6.2.1 ใบตะไคร้หอม

จากการทดลองโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบสกัดที่ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ความดัน 210 mmHg อัตราน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 0.47 กรัมต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ (760 มิลลิเมตรปรอท)พบว่ามากกว่า 5 เท่า ที่ระยะเวลาการผลิตเท่ากัน

อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้หอม คือ 68°C ระยะเวลาในการสกัดน้ำมันที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมง

6.2.2 ใบตะไคร้บ้าน

จากการทดลองโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบสกัดที่ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ความดัน 310 mmHg อัตราน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 0.31 กรัมต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ (760 มิลลิเมตรปรอท)พบว่ามากกว่า 8.3 เท่า ที่ระยะเวลาการผลิตเท่ากัน

อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้บ้าน คือ 75°C ระยะเวลาในการสกัดน้ำมันที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมง

การแช่แข็งของใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg น้ำหนักน้ำมันสะสมที่ได้จากสภาวะแช่แข็งเพิ่มขึ้นจาก 0.48 g เป็น 0.64 g คือปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นถึง 34%

6.2.3 ต้นตะไคร้บ้าน

จากการทดลองโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบสกัดที่ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

ความดัน 310 mmHg อัตราน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเท่ากับ 0.47 กรัมต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ (760 มิลลิเมตรปรอท)พบว่ามากกว่า 8.9 เท่า ที่ระยะเวลาการผลิตเท่ากัน คือ 3 ชั่วโมง

อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้บ้าน คือ 75°C ระยะเวลาในการสกัดน้ำมันที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมง

การแช่แข็งของใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 210 mmHg น้ำหนักน้ำมันสะสมที่ได้จากสภาวะแช่แข็งเพิ่มขึ้นจาก 1.01 g เป็น 1.10 g คือปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นถึง 8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยภายใต้สภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศมีดังนี้

1.การให้ความร้อนของฮีตเตอร์แก่ระบบ ยังไม่สามารถที่จะกำหนดอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ เพราะว่าภายในฮีตเตอร์ประกอบด้วยเทอร์โมสตัส ทำให้ฮีตเตอร์ตัดไฟอัตโนมัติ

ควรใช้ฮีตเตอร์ที่มีการออกแบบให้สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลา สามารถปรับค่าได้ตามที่ต้องการ และควรที่จะมีการหุ้มฉนวนฮีตเตอร์เพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนของฮีตเตอร์ขณะปฏิบัติการ

2.ประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ลดลงเนื่องจากไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นในระบบคอนเดนเซอร์ให้คงที่ได้

ควรออกแบบคอนเดนเซอร์ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการทดลองและควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้คงที่ตลอดเวลา

3.การใช้สารละลายเฮกเซนเป็นตัวแยกน้ำมันออกจากน้ำควรใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากเป็นสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ ถ้าหากนำมาใช้อย่างไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเดือดของน้ำและความดันบรรยากาศ

ข. ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่าง ๆเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตาราง ก.1 Bolling point of water - pressure/ temperature relationship table

Water Temperature		Absolute Pressure			
°F	°C	lb/in^2	kN/m^2	in.Hg	mm.Hg
10	-12.22	0.031	0.213745	0.063	1.6002
20	-6.67	0.5	0.34475	0.103	2.6162
30	-1.11	0.081	0.558495	0.165	4.191
32	0.00	0.089	0.613655	0.18	4.572
34	1.11	0.096	0.66192	0.195	4.953
36	2.22	0.104	0.71708	0.212	5.3848
38	3.33	0.112	0.77224	0.229	5.8166
40	4.44	0.122	0.84119	0.248	6.2992
42	5.56	0.131	0.903245	0.268	6.8072
44	6.67	0.142	0.97909	0.289	7.3406
46	7.78	0.153	1.054935	0.312	7.9248
48	8.89	0.165	1.137675	0.336	8.5344
50	10	0.178	1.22731	0.362	9.1948
60	15.56	0.256	1.76512	0.522	13.2588
70	21.11	0.363	2.502885	0.739	18.7706
80	26.67	0.507	3.495765	1.032	26.2128
90	32.22	0.698	4.81271	1.422	36.1188
100	37.78	0.95	6.55025	1.933	49.0982
110	43.33	1.275	8.791125	2.597	65.9638
120	48.89	1.693	11.67324	3.448	87.5792

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

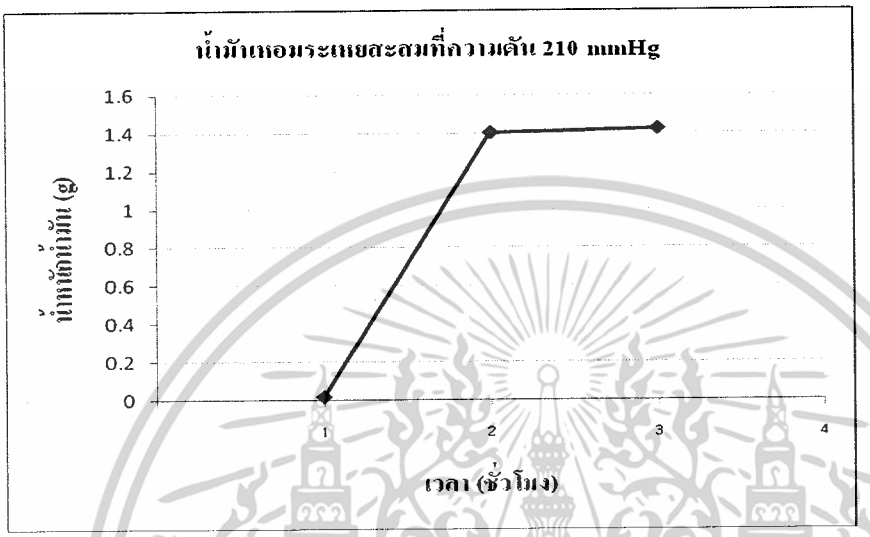
Water Temperature		Absolute Pressure			
°F	°C	lb/in^2	kN/m^2	in.Hg	mm.Hg
130	54.44	2.224	15.33448	4.527	114.9858
140	60	2.89	19.92655	5.881	1493774
150	65.56	3.719	25.64251	7.573	192.3542
160	71.11	4.742	32.69609	9.656	245.2624
170	76.67	5.994	41.32863	12.203	309.9562
180	82.22	7.512	51.79524	15.295	388.493
190	87.78	9.34	64.3993	19.017	483.0318
200	93.33	11.526	79.47177	23.468	596.0872
210	98.89	14.123	97.37809	28.754	730.3516
212	100.00	14.696	101.3289	29.921	759.9934

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดลองการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ความดันต่าง ๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด

1.ตะไคร้หอม

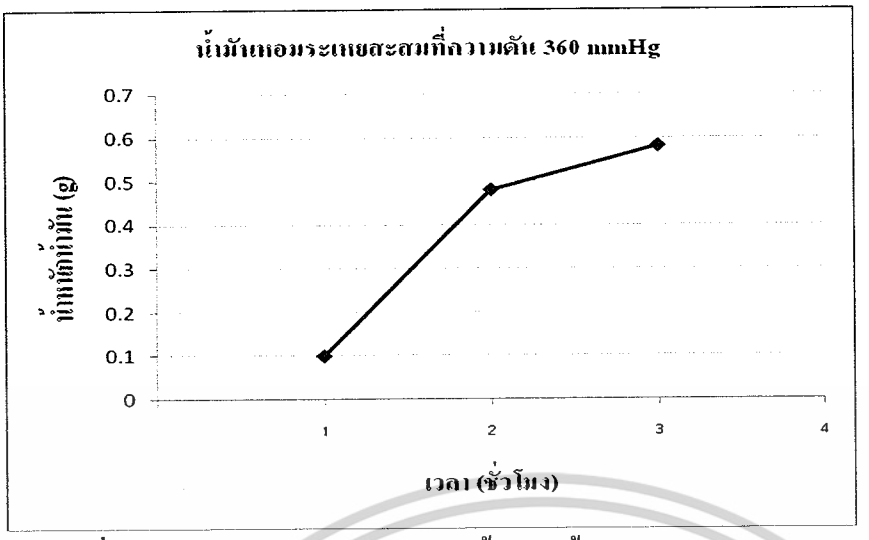


รูปที่ ข.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 210 mmHg

ตารางที่ ข.1 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 210 mmHg

การทดลองที่ 1 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน210 mmHg ใบตะไคร้หอมจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.02	0.02
2	1.38	1.40
3	0.02	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

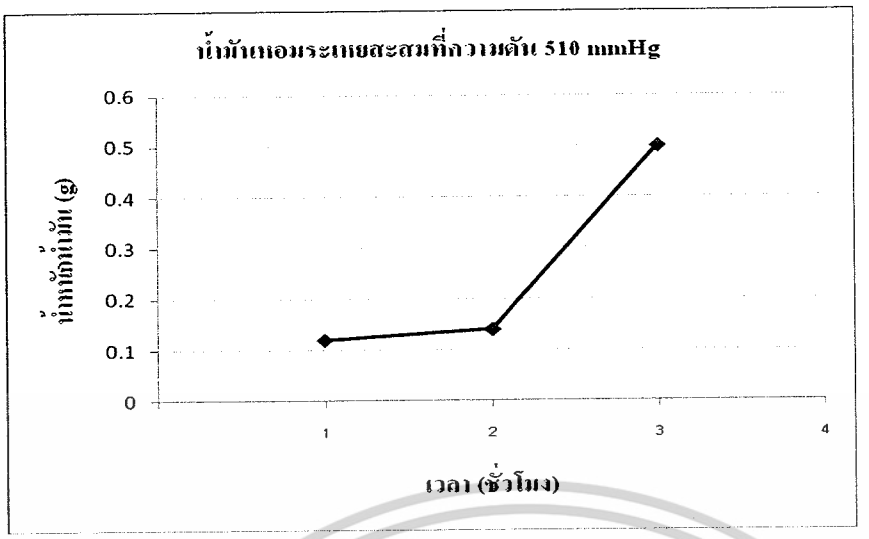


รูปที่ ข.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 360 mmHg

ตารางที่ ข.2 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 360 mmHg

การทดลองที่ 2 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน360 mmHg ใบตะไคร้หอมจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.10	0.10
2	0.38	0.48
3	0.10	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

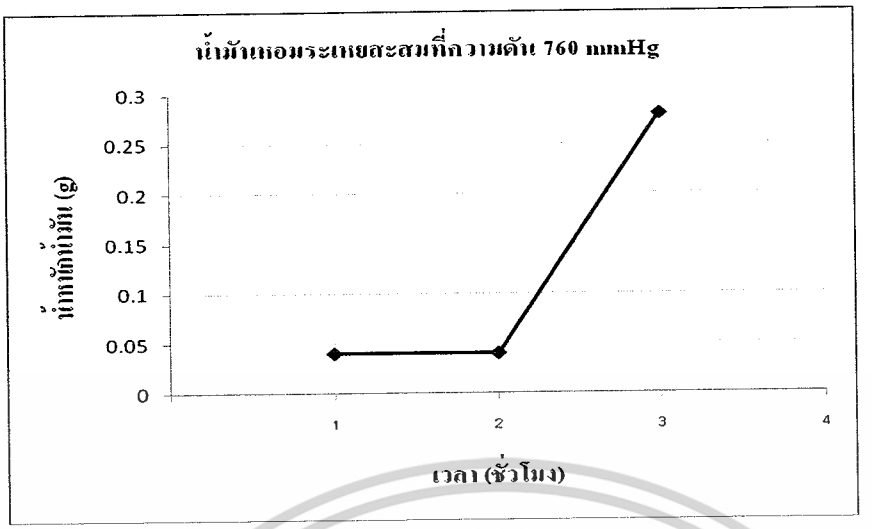


รูปที่ ข.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 510 mmHg

ตารางที่ ข.3 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 510 mmHg

การทดลองที่ 3 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน510 mmHg ใบตะไคร้หอมจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.12	0.12
2	0.02	0.14
3	0.36	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



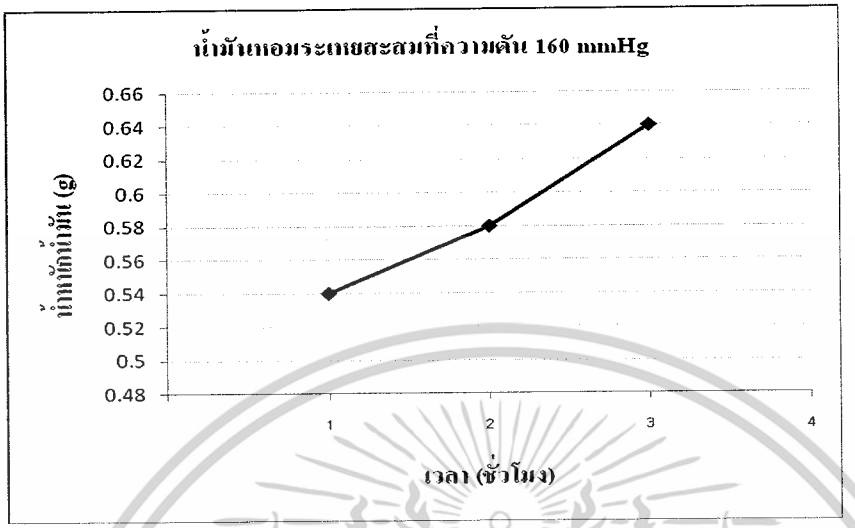
รูปที่ ข.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้หอมที่ 760 mmHg

ตารางที่ ข.4 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน 760 mmHg

การทดลองที่ 4 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้หอมที่ความดัน760 mmHg ใบตะไคร้หอมจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.04	0.04
2	0.00	0.04
3	0.24	0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ตะไคร้บ้าน

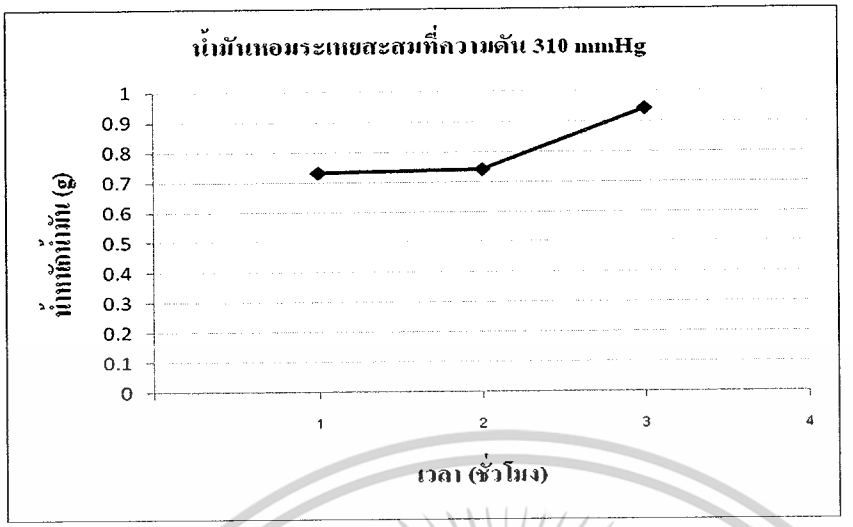


รูปที่ ข.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 160 mmHg

ตารางที่ ข.5 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 160 mmHg

การทดลองที่ 1 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน160 mmHg ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.54	0.54
2	0.04	0.58
3	0.06	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

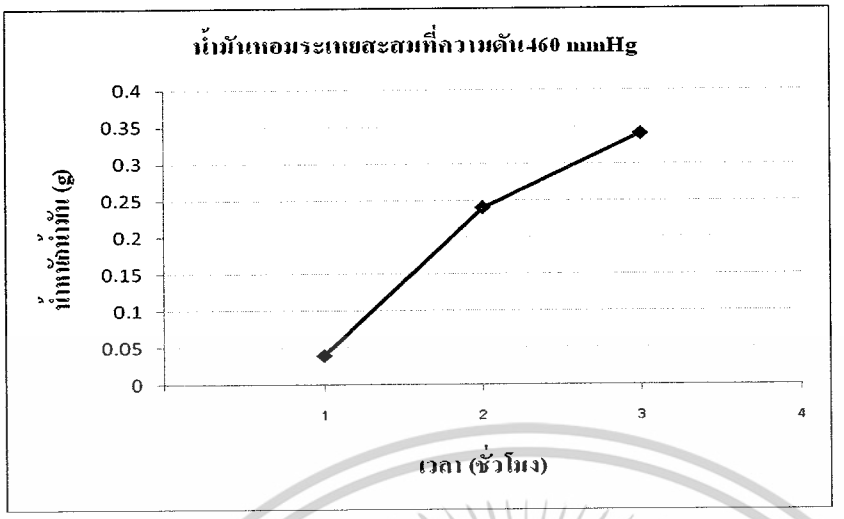


รูปที่ ข.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg

ตารางที่ ข.6 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 310 mmHg

การทดลองที่ 2 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน310 mmHg ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.73	0.73
2	0.01	0.74
3	0.20	0.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

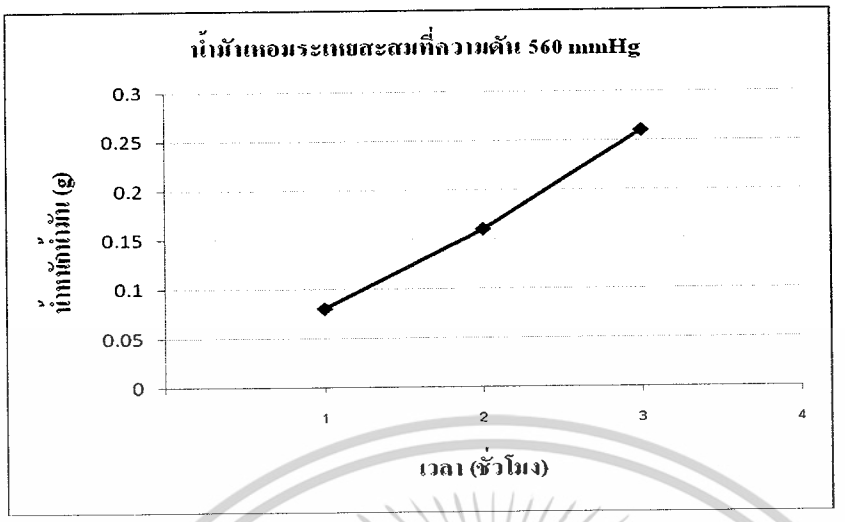


รูปที่ ข.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 460 mmHg

ตารางที่ ข.7 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 460 mmHg

การทดลองที่ 3 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน460 mmHg ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.04	0.04
2	0.20	0.24
3	0.10	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

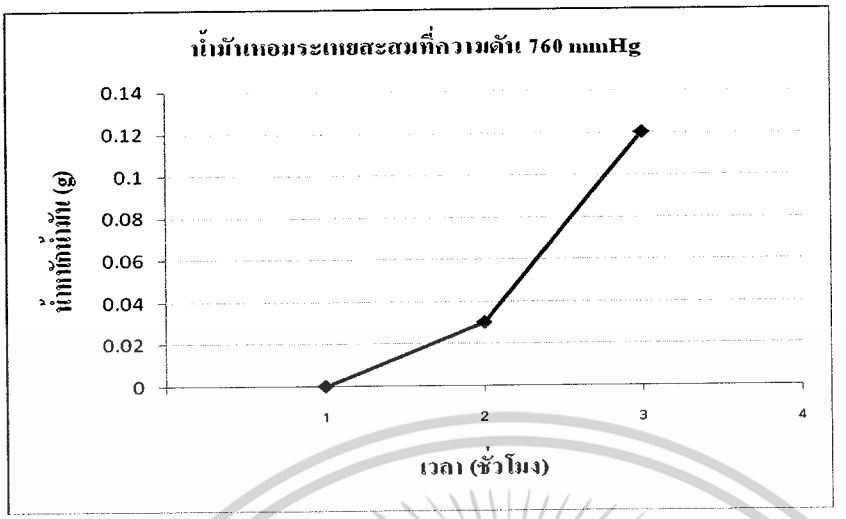


รูปที่ ข.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg

ตารางที่ ข.8 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 560 mmHg

การทดลองที่ 4 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน560 mmHg ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.08	0.08
2	0.08	0.16
3	0.10	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



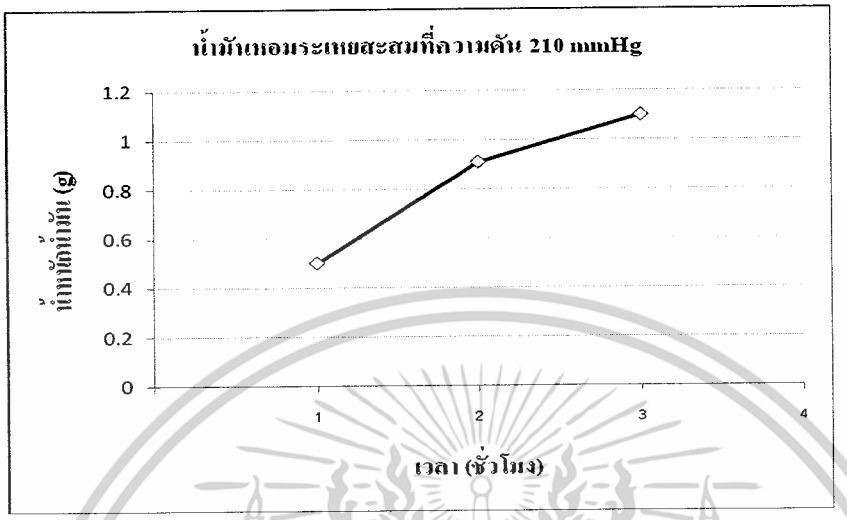
รูปที่ ข.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของใบตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg

ตารางที่ ข.9 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน 760 mmHg

การทดลองที่ 5 น้ำหนักน้ำมันจากใบตะไคร้บ้านที่ความดัน760 mmHg ใบตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.00	0.00
2	0.03	0.03
3	0.09	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ต้นตะไคร้บ้าน

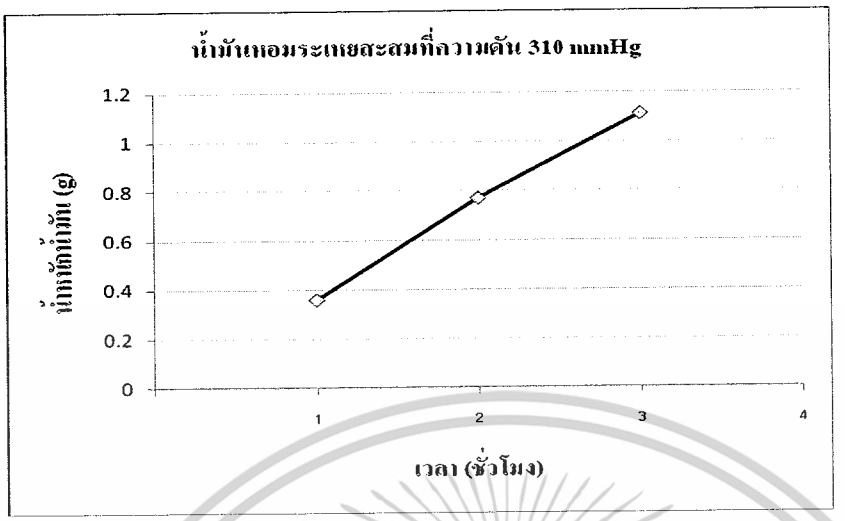


รูปที่ ข.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 210 mmHg

ตารางที่ ข.10 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 210 mmHg

การทดลองที่ 1 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน210mmHg ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.50	0.50
2	0.41	0.91
3	0.19	1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

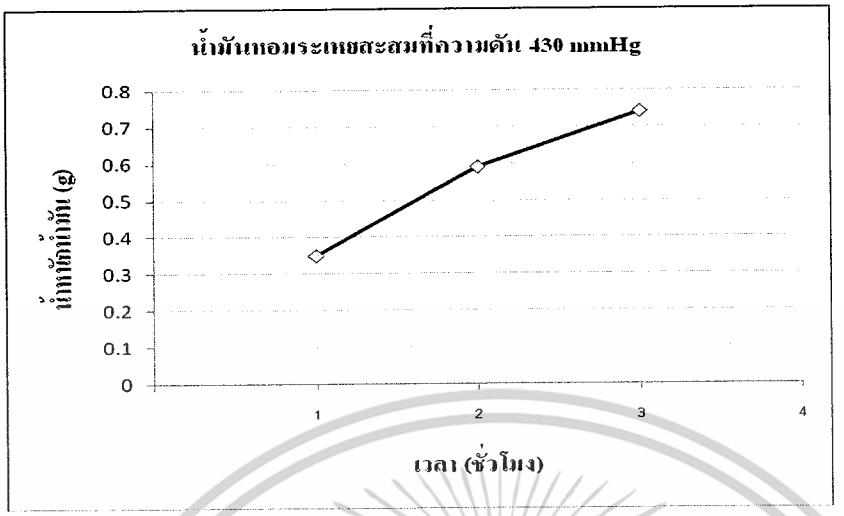


รูปที่ ข.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 310 mmHg

ตารางที่ ข.11 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 310 mmHg

การทดลองที่ 2 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน310 mmHg ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.36	0.36
2	0.41	0.77
3	0.34	1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

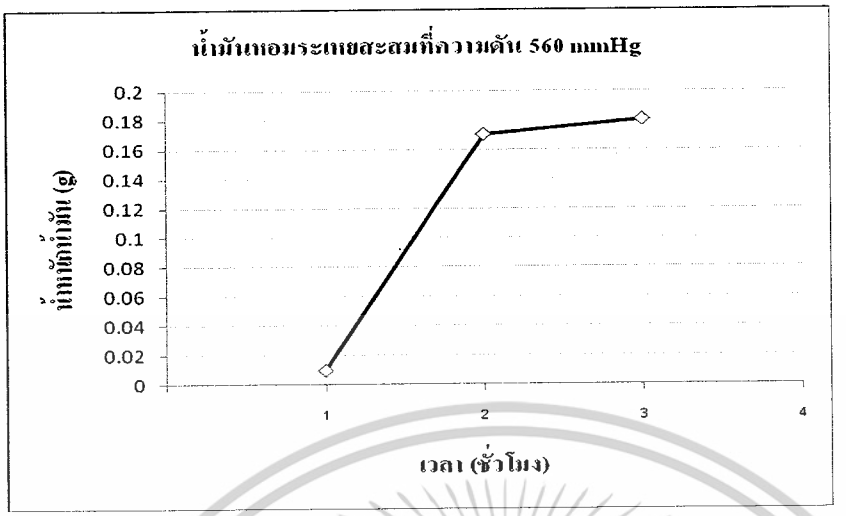


รูปที่ ข.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 430 mmHg

ตารางที่ ข.12 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 430 mmHg

การทดลองที่ 3 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 430 mmHg ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.35	0.35
2	0.24	0.59
3	0.15	0.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

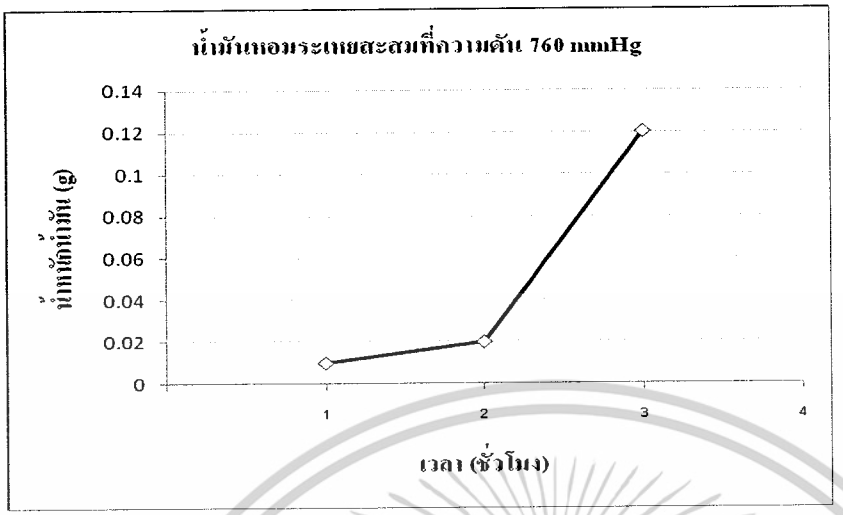


รูปที่ ข.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 560 mmHg

ตารางที่ ข.13 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน 560 mmHg

การทดลองที่ 4 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน560 mmHg ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.01	0.01
2	0.16	0.17
3	0.01	0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำมันสะสมและระยะเวลาของต้นตะไคร้บ้านที่ 760 mmHg

ตารางที่ ข.14 ตารางน้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน760 mmHg

การทดลองที่ 5 น้ำหนักน้ำมันจากต้นตะไคร้บ้านที่ความดัน760 mmHg ต้นตะไคร้บ้านจำนวน 1 กิโลกรัม		
เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	
	ปริมาณน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันสะสม
1	0.01	0.01
2	0.01	0.02
3	0.10	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

หนังสือทั่วไป

[1] รศ.มนตรี พิรุณเกษตร, **การถ่ายเทความร้อน**. พิมพ์ครั้งที่1, บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด

[2] รศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ รศ.ชาญ ถนัดงาน, **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.** บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

[3] ชัยวิทย์ ศิลาวัชนาไนย, 2526. **ฟิสิกส์และเทคโนโลยีของระบบสูญญากาศ.** พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.

วิทยานิพนธ์

[4] สุชาดา ไชยสวัสดิ์ และคณะ. 2548. **การพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงโดยวิธีการกลั่นด้วย ROTARY EVAPORATOR**, กรุงเทพ ฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[5] ปัญญาพนธ์ นามวงศ์ และคณะ. 2546, **เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นที่ระเหยต่ำกว่าบรรยากาศ**. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[6] ชัยยา นิปุณะ และคณะ. 2549, **การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องผลิตเนื้อและน้ำผลไม้เข้มข้น แบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ**, ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] ปิยานุช ยศคำลือ และคณะ2549. **ผลของการใช้สุญญากาศในการแช่อิ่มว่านหางจระเข้**, กรุงเทพ ฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[8] ขนิษฐา ดีหนูและคณะ. 2550, **การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำซุปเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ**, ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

[9] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์[Online]
Available : www.oae.go.th

[10] น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย[Online]
Available : http://library.tisi.go.th/multim/bulletin/2545/325Jul02.pdf

[11] ตะแกรงสแตนเลส แบบ Plain weave [Online]
Available : http://bkkmesh.blogspot.com/2008/04/plain-weave.html

[12] วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย [Online]
Available : http://www.tistr.or.th/pharma/Essen_ext.htm

[13] Distillation of essential oils, small scale [Online]
Available : http://itdg.org/docs/technical_information_service/essential_oils.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้