



วิทยานิพนธ์

การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

**STUDY ON *Zingiber cassumunar* Roxb. ESSENTIAL OIL
EXTRACTION USING MICROWAVE METHOD**

นางสาวรุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

Study on *Zingiber cassumunar* Roxb. Essential Oil Extraction Using Microwave Method

นามผู้วิจัย นางสาวรุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์บัณฑิต จริโมภาส, D.Sc.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ, M.Eng.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

Study on *Zingiber cassumunar* Roxb. Essential Oil Extraction Using Microwave Method

โดย

นางสาวรุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2550

รุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย 2550: การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี
ไมโครเวฟ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรม
เกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ประชานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, Ph.D. 140 หน้า

การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลเป็นการศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการสกัด
น้ำมันหอมระเหย 3 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ ด้วยเครื่องกลั่น
น้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (Portable Steam Distillation Unit : PSDU) การกลั่นด้วยความดันต่ำ
กว่าความดันบรรยากาศ ด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศ (Rotary Evaporator :RE) และการกลั่นที่ความ
ดันบรรยากาศ ซึ่งได้ทำการทดลองด้วยวิธีการ 3 วิธี ได้แก่ 1) การกลั่นด้วยน้ำ (Hydro Distillation
: HD) 2) การกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction : ME) 3) การกลั่นโดยใช้วิธี
ไมโครเวฟร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด (Ultrasonic-assisted Microwave Extraction :
UME) ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้ทำการกลั่นที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี UME จะใช้คลื่น
อัลตราโซนิกช่วยสกัดเป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที ก่อนทำการกลั่นด้วยไมโครเวฟที่เวลาต่างๆ
เพื่อทดสอบหาปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ได้จากการทดลองในแต่ละวิธี

ผลการทดลองพบว่า การกลั่นด้วยวิธี PSDU มีปริมาณน้ำมัน 0.5060 %w/w สีเหลืองเข้ม
และมีกลิ่นไหม้ เนื่องจากในการกลั่นใช้ความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งในการกลั่นด้วยวิธี RE มี
ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้น้อยมาก แต่น้ำมันมีกลิ่นหอมและมีสีใส และการกลั่นที่ความ
ดันบรรยากาศทั้ง 3 วิธี พบว่าการกลั่นด้วยวิธี ME ที่เวลา 40 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่
กลั่นออกมามากที่สุดคือ 1.0374 %w/w การกลั่นด้วยวิธี HD ที่เวลา 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมัน
หอมระเหย มีปริมาณ 0.92 %w/w และพบว่า การใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดไม่มีผลต่อการสกัด
น้ำมันหอมระเหยจากไพล แต่เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Gas
Chromatography จะได้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี เช่น sabinene, γ -terpinene, α -terpinene
และ DMPBD สูงกว่าการกลั่นด้วยวิธี ME และ PSDU

Rungrudee Pornsakulloeschai 2007: Study on *Zingiber cassumunar* Roxb. Essential Oil Extraction Using Microwave Method. Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Siwalak Pathaveerat, Ph.D. 140 pages.

This research is to study the comparative of the three various kinds of extraction process of essential oil in *Zingiber cassumunar* Roxb. Higher than atmospheric pressure distillation with Portable Steam Distillation Unit (PSDU), lower than atmospheric pressure distillation with Rotary Evaporator (RE) and at atmospheric pressure distillation, which has three test methods 1) Hydro Distillation (HD) 2) Microwave Extraction (ME) 3) Ultrasonic-assisted Microwave Extraction (UME). All three methods, distillation time tests are 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes and by UME, the samples have been distilled by ultrasonic for 10, 20 and 30 minutes before making microwave extraction. The expecting results from this study are yield and quality of essential oil in *Zingiber cassumunar* Roxb.

From this study, The extraction of essential oil from PSDU method is 0.5060 %w/w, the quality is dark yellow color and burnt fragrance, yield from RE is rather small but the quality is clear-yellow color and plant fragrance. At 40 minutes from ME has the highest yield, 1.0374 %w/w. The yield from HD is 0.92 %w/w at 60 minutes. Using UME has no mean in effecting to the received amount but significant in active chemical by using Gas Chromatography (GC) : higher sabinene, γ -terpinene, α -terpinene and DMPBD than PSDU and ME

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาและชี้แนะในส่วนที่บกพร่อง พร้อมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จริโมภาส และรองศาสตราจารย์ วิชา หมั่นทำการ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง ซึ่งดำรงตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอาหารในระหว่างที่ผู้วิจัยดำเนินงานวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญมา ป่านประดิษฐ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความกรุณาเป็นที่ปรึกษา รวมทั้งให้ความสะดวกในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นประโยชน์กับวิทยานิพนธ์นี้สมบุญยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอาหาร และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ รวมทั้งให้คำแนะนำในระหว่างการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณ พี่น้อง วิศวกรรมเกษตรทุกท่าน ที่คอยสนับสนุนและเป็นที่กำลังใจด้วยดีมาตลอด และขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งได้เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ศึกษาเรียนรู้ พัฒนาตนเอง ให้มีความเจริญก้าวหน้าต่อไปในอนาคต

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่บิดา มารดา และญาติ พี่น้อง ทุกคน ที่ได้เป็นกำลังใจคอยสนับสนุนผู้วิจัยมาโดยตลอด

รุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
น้ำมันหอมระเหย	4
ไพล	12
การสกัดน้ำมันหอมระเหย	25
ไมโครเวฟ	40
อัลตราโซนิก	47
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	48
อุปกรณ์และวิธีการ	52
อุปกรณ์	52
วิธีการ	53
ผลและวิจารณ์	58
ผล	58
วิจารณ์	79
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	86
ภาคผนวก ก ข้อมูลการหาปริมาณความชื้น	87
ภาคผนวก ข ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี ME	90
ภาคผนวก ค ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี UME	93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี HD	98
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์สี	101
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญด้วยวิธี Gas Chromatography และคุณลักษณะทางฟิสิกส์ของน้ำมันหอมระเหย จากไพล	108
ภาคผนวก ช มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไพล	119
ภาคผนวก ซ เอกสารตีพิมพ์	130
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	140

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล	15
2	เปรียบเทียบความหนาแน่น ความหนืดและความสามารถในการแพร่ของก๊าซของไพลเหนือวิกฤตและของเหลว	39
3	ตัวอย่างของของไพลเหนือวิกฤต อุณหภูมิวิกฤต และความดันวิกฤต	40
4	คลื่นความถี่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และการแพทย์	44
5	คุณสมบัติด้านไดอิเล็กทริกของวัสดุดิบ	45
6	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลในการกลั่นด้วยวิธี ME	60
7	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลในการกลั่นด้วยวิธี UME	63
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุมคือ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล	64
9	ผลการเปรียบเทียบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี ME และ วิธี UME	66
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุมคือ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล เมื่อเปรียบเทียบการกลั่นด้วยวิธี ME และ วิธี UME	67
11	ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD	69
12	ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU	72
13	ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE	74
14	ปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลจากการเปรียบเทียบการกลั่น 3 วิธี	76
15	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์	77
16	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สี	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ข้อมูลการหาปริมาณความชื้นของไฟล	88
ข1	ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไฟลด้วยวิธี ME	91
ค1	ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไฟลด้วยวิธี UME	94
ง1	ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไฟลด้วยวิธี HD	99
จ1	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเดินทางของน้ำมันหอมระเหยในร่างกาย	8
2	(ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของลิโมนีน (ข) ไลนีน	9
3	(ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของจีรานีออล (ข) เมทานอล	9
4	(ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของซิทรเนลลาล (ข) ซินนามาลดีไฮด์	10
5	สูตรโครงสร้างทางเคมีของคาร์โวน	10
6	(ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของยูจินอล (ข) ไทมอล	11
7	สูตรโครงสร้างทางเคมีของอะนิโทล	11
8	สูตรโครงสร้างทางเคมีของยูคาลิปตอล	12
9	สูตรโครงสร้างทางเคมีของเมทิลซาลิไซเลต	12
10	ไพล	13
11	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของไพล	14
12	การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วย Gas Chromatography	15
13	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Monoterpene	16
14	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Arylbutanoid	18
15	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Cyclobutyl Derivative	19
16	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Curcuminoid Derivative	19
17	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Naphthoquinone	21
18	สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Cyclohexane Derivative	21
19	ครีมไพลจีซาน	25
20	เพอร์โคเลชัน (Percolation)	29
21	ซอกซ์เลต (Soxhlet)	30
22	การกลั่นด้วยน้ำ (Hydro distillation)	33
23	การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation)	34
24	การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation)	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	การสกัดด้วยไขมันเย็น (Enfleurage)	36
26	เครื่องโรตารีอีวาโพเรเตอร์ (Rotary evaporator)	37
27	เฟสไดอะแกรมของสารบริสุทธิ์เมื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิทำให้สารบริสุทธิ์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นของแข็ง เหลว ก๊าซ และของไหลเหนือวิกฤต	38
28	การแสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างง่าย	41
29	โมเลกุลของน้ำที่แสดงประจุไฟฟ้าบวก และลบในตำแหน่งที่ไม่สมมาตรกัน	43
30	(ก) การให้ความร้อนแบบธรรมดา (ข) การให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ	44
31	ส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ	59
32	เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟที่สร้างขึ้น	59
33	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นได้ตามช่วงเวลาด้วยวิธี ME	61
34	กราฟแสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลเฉลี่ยตามช่วงเวลา ด้วยวิธี ME	61
35	ลักษณะสีและการแยกชั้นของน้ำมันหอมระเหย จากไพลในการกลั่นด้วยวิธี ME	62
36	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นได้ด้วยวิธี UME ที่เวลาในการกลั่น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยใช้คลื่นอัลตรา-โซนิกช่วยสกัดที่เวลาต่างๆ กัน	65
37	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นได้ด้วยวิธี UME ที่เวลาในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด 10, 20 และ 30 นาที โดยใช้เวลาในการกลั่นต่างๆ กัน	65
38	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ด้วยวิธี ME และ วิธี UME ที่เวลาในการกลั่น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยใช้คลื่นอัลตรา-โซนิกช่วยสกัดที่เวลาต่างๆ กัน	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
39	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ด้วยวิธี ME และ วิธี UME ที่เวลาในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด 0, 10, 20 และ 30 นาที โดยใช้เวลาในการกลั่นต่างๆ กัน	68
40	กราฟแสดงผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD	70
41	เครื่องกลั่นด้วยน้ำ	70
42	เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก	71
43	ไพลที่ใช้ในการทดสอบ	72
44	ลักษณะการแยกชั้นและสีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ได้จากการกลั่นด้วยวิธี PSDU	72
45	เครื่องกลั่นสุญญากาศ	74
46	ลักษณะการแยกชั้นและสีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE	75
47	สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล	79
48	การวัดสีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องวัดสี	79
ภาพผนวกที่		หน้า
จ1	แผ่นเทียบสี (color chart)	103
จ2	ระบบ L a b color space	106
ฉ1	รายงานการทดสอบและวิเคราะห์	109
ฉ2	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพล	110
ฉ3	มาตรฐานน้ำมันไพลของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	111
ฉ4	Chrom-Card Strip-Chart ของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่สกัดด้วยวิธี UME	112
ฉ5	Chrom-Card Report ของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่สกัดด้วยวิธี UME	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ณ6	Chrom-Card Strip-Chart ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธี ME	114
ณ7	Chrom-Card Report ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธี ME	115
ณ8	Chrom-Card Strip-Chart ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธี PSDU	116
ณ9	Chrom-Card Report ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธี PSDU	117
ณ10	รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์	118
ช1	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไพล	120
ช1	บทความตีพิมพ์ใน International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology	131

การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

Study on *Zingiber cassumunar* Roxb. Essential Oil Extraction Using Microwave Method

คำนำ

มีการใช้น้ำมันหอมระเหย (essential oil) มาตั้งแต่ 4000 ปีก่อนคริสตกาลในพิธีกรรมทางศาสนา โดยการเผาส่วนต่างๆ ของพืชสมุนไพร เช่น เนื้อไม้ ยางไม้ ทำให้เกิดกลิ่นหอมและช่วยให้รู้สึกผ่อนคลาย นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำมันหอมระเหยในการบำบัดรักษาโรค โดยศาสตร์ด้านนี้ได้ถูกบันทึกไว้ในอียิปต์ ว่ามีการใช้พืชสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอมเพื่อมาทำน้ำมันนวด ยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว น้ำหอม และเครื่องสำอาง รวมทั้งใช้ในกระบวนการทำมัมมี่ ในปัจจุบันประเทศที่ผลิตสารหอมที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มประเทศในเอเชีย บราซิล จีน อียิปต์ และอินเดีย ตลาดน้ำมันหอมระเหยที่ใหญ่ที่สุดในโลก ได้แก่ กลุ่มประเทศในยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น (สิริลักษณ์, 2545) ประเทศไทยในปัจจุบัน น้ำมันหอมระเหยมีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน โดยเบื้องต้นน้ำมันหอมระเหยใช้เพื่อแต่งกลิ่น (fragrance) ให้แก่สิ่งของอุปโภคบริโภคมีกลิ่นหอมน่าใช้ เช่น สบู่ ยาสีฟัน แชมพู ครีมนวดผผ เครื่องสำอาง โลชั่น ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในบ้านเรือน ฯลฯ ใช้ในการแต่งกลิ่นอาหาร (flavor) และใช้เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรค โดยเฉพาะปัจจุบันที่มีความนิยมในการดูแลสุขภาพในแนวธรรมชาติบำบัดกันมากขึ้น น้ำมันหอมระเหยคือ สารประกอบอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นและเก็บสะสมไว้ในผนังเซลล์ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น กลีบดอก ผล เปลือกไม้ ราก ลำต้นใต้ดิน และยาง น้ำมันหอมระเหยนี้มีคุณสมบัติระเหยได้ดี อุณหภูมิปกติ พืชผลิตน้ำมันหอมระเหยขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการดึงดูดแมลง ผสมเกสร ไล่แมลงที่เป็นศัตรูพืช ฆ่าเชื้อโรค ฆ่าเชื้อรา ในน้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีสรรพคุณในการบำบัดรักษาโรคในระบบต่างๆ ของร่างกาย ทางจิตใจ และอารมณ์

ไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2544 ประมาณ 320,000 ตารางเมตร ผลิตผลผลิตสด 94,578 กิโลกรัม (องค์การเกษตรกรรม, 2549) สามารถจำหน่ายในรูปของผลผลิตสด ผลผลิตแห้ง ผลิตภัณฑ์แปรรูปน้ำมันไพล และน้ำมันหอมระเหยจากไพล ซึ่งในเหง้าไพลมีปริมาณน้ำมันหอม

ระเหย ประมาณ 0.5-0.9% และมีสารประกอบประเภทโมโนเทอร์ปีนอยด์ (monoterpenoid) และ ฟีนิลิวทานอยด์ (phenylbutanoid) ซึ่งจากการทดลองพบว่า มีฤทธิ์ลดอาการอักเสบ บรรเทา อาการปวดบวม และมีผลเป็นยาชาเฉพาะที่ ซึ่งได้ทำการทดลองผลผลิตผลิตภัณฑ์ภายใต้ชื่อ “ครีม ไพลีชาล” ใช้บรรเทาอาการปวดเมื่อย ปวดบวมจากกล้ามเนื้อ อักเสบ เคล็ดขัดยอก ฟกช้ำ สารประกอบในไพลสามารถต้านฤทธิ์ของฮิสตามีน (histamine) ในการทำให้หลอดเลือดหดตัว จึงมี ศักยภาพในการนำมาใช้เป็นยาบำบัดอาการหอบหืดได้ รวมทั้งมีฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบ ลด การบีบตัวของมดลูก ลำไส้ และกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ไพลเป็นสมุนไพรที่ไม่มี พิษเฉียบพลัน ซึ่งส่วนสำคัญของไพลที่นำมาใช้ประโยชน์คือ น้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในเหง้าไพล

ดังนั้น การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ จึงเป็นอีก ทางเลือกหนึ่งในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มมูลค่าให้กับ ผลผลิต เช่น ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาหรือเครื่องสำอาง และยังช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ เพิ่มขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเปรียบเทียบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยการกลั่น 3 วิธี คือ การกลั่นด้วยความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ การกลั่นด้วยความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ
2. ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ
3. ทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ เปรียบเทียบกับการกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิคช่วยสกัด
4. วิเคราะห์องค์ประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ได้จากการกลั่นประเภทต่างๆ เปรียบเทียบกับการกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

การตรวจเอกสาร

น้ำมันหอมระเหย

1. ความหมายของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นสารอินทรีย์ที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว พืชสร้างน้ำมันหอมระเหยไว้ในเซลล์พิเศษ ในผนังเซลล์ ในต่อมหรือท่อภายในพืช ทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น เป็นเกราะป้องกันการระเหยของน้ำ (ในกรณีที่สภาพอากาศแห้งแล้ง) การไล่แมลงที่เป็นศัตรูพืช และล่อแมลงให้ช่วยผสมเกสร น้ำมันหอมระเหยเกิดขึ้นมาจากการบวนการเจริญเติบโต (metabolism) โดยมีปริมาณและชนิดของสารประกอบแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของพืช ปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว เทคนิคและวิธีการสกัด เป็นต้น (ประเทืองศรี, 2543) ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิธรรมดา ไม่มีสี แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้นานๆ อาจถูกออกซิไดส์ (oxidised) ทำให้สีเข้มขึ้น จึงต้องเก็บไว้ในขวดสีชาปิดสนิท

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) ในทางวิชาการเรียกว่า volatile oil มาจากคำว่า volatile ที่แปลว่า ระเหย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันพืช (fix oil) ที่ไม่ระเหยเมื่อตั้งทิ้งไว้ (สุคเอี่ยม, 2546) ไอรระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะส่งผลให้รู้สึกสดชื่น เบิกบานใจ ปลอดโปร่ง หรือจิตใจสงบเย็น รวมทั้งส่งผลต่อเนื่องไปถึงสภาพร่างกายและระบบการทำงานภายในร่างกาย เช่น ทำให้รู้สึกเจริญอาหาร นอนหลับสบาย มีพลังกำลัง มีความต้องการทางเพศ ทำให้คลายปวดเมื่อย ปวดหัว ปวดหลัง ปวดประจำเดือน คลายเครียด คลายความวิตกกังวล เป็นต้น

สิริลักษณ์ (2545) นำเสนอการกำหนดมาตรฐานน้ำมันหอมระเหยจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) เพื่อให้การรับรองผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทยให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในคุณภาพและเพื่อเป็นประโยชน์ทางการค้า ISO (International of Organization for Standardization) องค์การการค้าระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน ได้ให้คำจำกัดความของน้ำมันหอมระเหย หรือภาษาอังกฤษ คือ essential oil ในเอกสาร ISO 9235:1997 Aromatic natural raw material - vocabulary ไว้ดังนี้ “An essential oil is a product made by distillation with either water or steam or by mechanical processing of citrus rinds or by dry distillation of natural material. Following

the distillation, the essential oil is physically separate from the water phase” มีการนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ในการอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และด้านเภสัชกรรม ดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยให้มีคุณภาพดี และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรม จึงมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหยขึ้น โดยคณะกรรมการวิชาการคณะที่ 861 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยได้กำหนดมาตรฐานแล้ว 7 เรื่อง ดังนี้

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันไพล (Phlai Oil) มาตรฐานเลขที่ มอก.1679-2541
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันดอกกานพลู (Clove Bud Oil) มาตรฐานเลขที่ มอก.1680-2541
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันตะไคร้ (Lemongrass Oil) มาตรฐานเลขที่ มอก.1681-2541
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันตะไคร้หอม (Citronella Oil) มาตรฐานเลขที่ มอก.1682-2541
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันผิวมะกรูด (Makrut Peel Oil) มาตรฐานเลขที่ มอก.2078-2544
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันใบมะกรูด (Makrut Leaf Oil) มาตรฐานเลขที่ มอก.2079-2544
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันโหระพา (Basil Oil Thai type) มาตรฐานเลขที่ มอก.2080-2544

มาตรฐานข้างต้นกำหนดขึ้นโดยผู้แทนจากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องและได้ใช้ข้อมูลการศึกษาวิจัยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย องค์การเภสัชกรรม กรมวิชาการเกษตร กรมวิทยาศาสตร์บริการ และบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-

จีน จำกัด รวมทั้งข้อมูลจากเอกสารมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) เป็นแนวทางกำหนดมาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานน้ำมันหอมระเหยแต่ละเรื่องล้วนมีขอบข่ายกำหนดคุณภาพไว้ ประกอบด้วยบทนิยาม ชื่อทางพฤกษศาสตร์ คุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ลักษณะทั่วไปที่ต้องเป็นของเหลวใส ระบุสีที่ปรากฏ ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำมัน โดยมีกลิ่นเฉพาะตัว และกำหนดคุณลักษณะทางฟิสิกส์ เช่นการละลายในเอทานอล ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ออปติคอลโรเทน ดัชนีหักเห เป็นต้น ตลอดจนกำหนดองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรต่างๆ มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการนำไปใช้ โดยทั้งหมดนี้ต้องมีค่าตามเกณฑ์กำหนดในมาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดในเรื่องการบรรจุ ซึ่งควบคุมด้านภาชนะบรรจุที่ต้องแห้งสะอาด ปิดสนิท และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหอมระเหย หากใช้ภาชนะที่ทำด้วยแก้วต้องกันแสงได้ และต้องมีที่ว่างเหลือในภาชนะบรรจุร้อยละ 5-10 ของความจุ น้ำหนักสุทธิต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก ตลอดจนการแสดงเครื่องหมายและฉลาก ต้องเห็นได้ง่าย อ่านได้ชัดเจน ที่สำคัญต้องให้รายละเอียดตามที่มาตรฐานกำหนด โดยมาตรฐานทั้ง 7 เรื่องได้ให้รายละเอียดการชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน รวมไปถึงวิธีทดสอบตามมาตรฐานไว้อย่างชัดเจน

2. กลไกการทำงานของน้ำมันหอมระเหยต่อร่างกายและระบบต่างๆ ในร่างกาย

2.1 ไอระเหย (vapor)

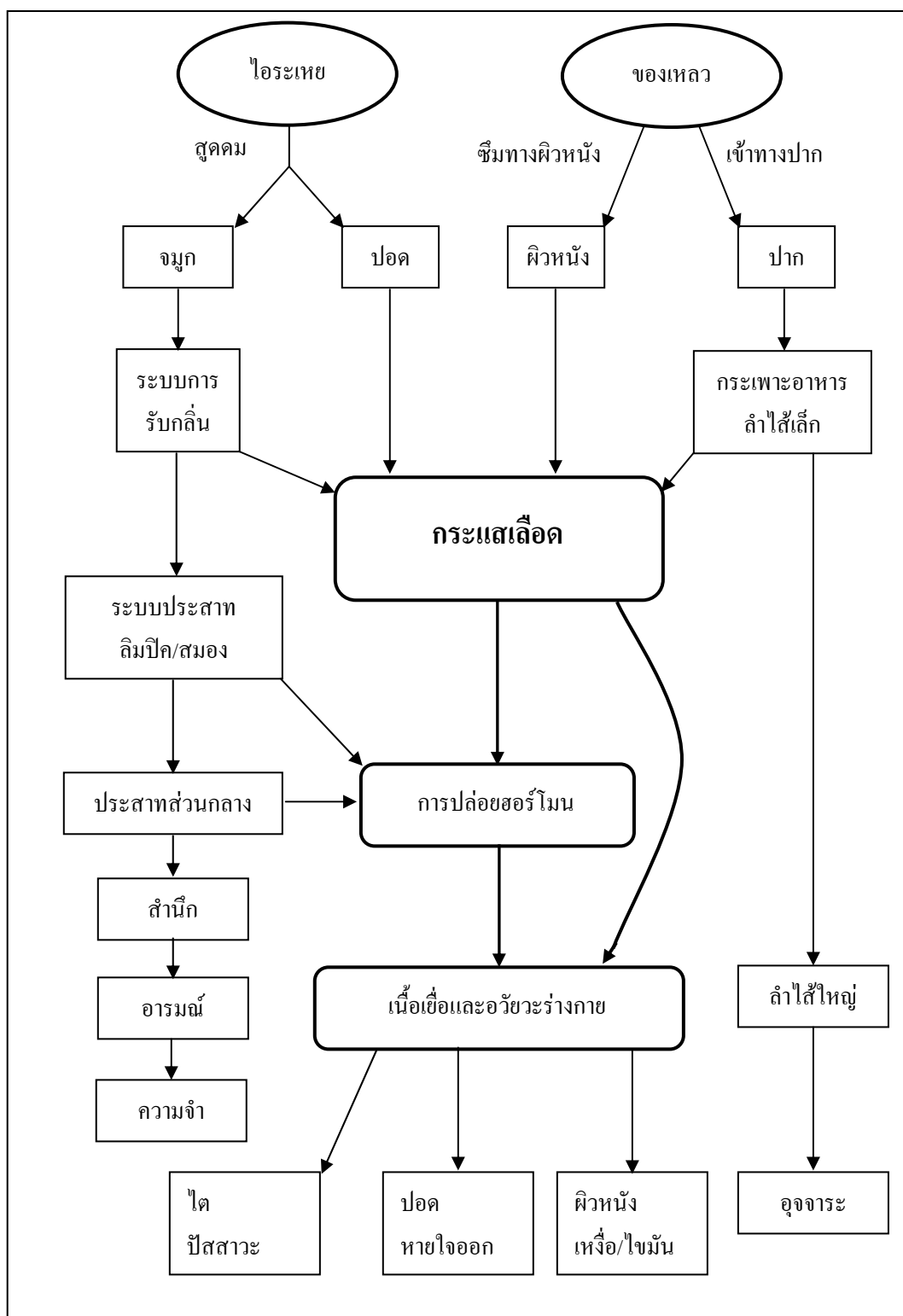
กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยซึ่งอยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหยจะผ่านเข้าทางจมูก โพรงจมูกทั้งสองจะเชื่อมกับเยื่อช่องจมูกซึ่งจะมีลักษณะชุ่มชื้นอยู่เสมอด้วยสารคัดหลั่งจากเยื่อช่องจมูก สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยจะถูกเจือจางจากสารคัดหลั่งนี้ก่อนที่จะผ่านไปเซลล์รับกลิ่น ซึ่งจะแปรเป็นสัญญาณไฟฟ้าเคมีที่จะส่งไปยังเส้นประสาทรับกลิ่น ที่เชื่อมต่อไปยังสมอง สมองส่วนนี้จะแปลความหมายของข้อมูลเปลี่ยนเป็นความรู้สึกหรืออารมณ์ เส้นประสาทรับกลิ่นยังเชื่อมต่อกับสมองส่วนที่เรียกว่า ลิมบิกซิสเต็ม (limbic system) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมอารมณ์และความทรงจำ จะทำการแยกแยะกลิ่น และจดจำกลิ่นต่างๆ ไว้ และเชื่อมต่อกับต่อมพิทูอิทารี (pituitary gland) ซึ่งมีส่วนสำคัญในการควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่อต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบต่างๆ โดยเฉพาะระบบประสาท เช่น สารเอนดอร์ฟิน (endorphin) เป็นต้น อย่างไรก็ตามน้ำมันหอมระเหยเมื่อถูกสูดดมเข้าทางจมูก จะไม่ผ่านเข้าสู่เซลล์รับกลิ่นทั้งหมด แต่จะซึมผ่านเข้าทางผนังเซลล์ของหลอดเลือดตรงบริเวณโพรงจมูกนี้ สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยก็จะแสดงผลต่อระบบการไหลเวียนของโลหิต เช่น

มีผลต่อความดันโลหิตที่สูงขึ้น หรือต่ำลง เป็นต้น นอกจากนั้นไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยก็จะผ่านเข้าหลอดเลือดเข้าไปยังปอด มีผลต่อระบบการหายใจ น้ำมันหอมระเหยจากระบบไหลเวียนของโลหิต และระบบการหายใจก็จะถูกส่งผ่านไปยังเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของระบบอื่นๆ ในร่างกาย เช่น ระบบประสาท ระบบโครงสร้าง (กระดูกและเส้นเอ็น) ระบบกล้ามเนื้อ เป็นต้น แล้วก็จะแสดงผลต่อระบบต่างๆ เหล่านี้ตามแต่คุณสมบัติของสารเคมีในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด น้ำมันหอมระเหยจะอยู่ในร่างกายนาน 4-6 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายทางระบบขับถ่ายต่างๆ เช่น ผ่านทางการหายใจออก ผ่านทางไตออกมากับปัสสาวะ ออกมากับเหงื่อทางผิวหนัง ดังภาพที่ 1

2.2 ของเหลว (liquid)

น้ำมันหอมระเหยที่ผ่านเข้าทางผิวหนัง จะอยู่ในรูปของเหลวโดยใช้น้ำมันพืชเป็นตัวพาหะ นำเอาน้ำมันหอมระเหยซึมผ่านผิวหนังชั้นนอกเข้าสู่ผิวหนังชั้นใน โดยเบี่ยงเบนน้ำมันหอมระเหยจะแสดงผลต่อผิวหนังโดยตรง รวมทั้งต่อมเหงื่อด้วย จากนั้นซึมผ่านเข้าทางผนังเซลล์ของหลอดเลือดเข้าสู่ระบบการไหลเวียนของโลหิต และกระจายไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นยังซึมผ่านเข้าไปสู่ระบบน้ำเหลืองไปยังต่อมน้ำเหลืองต่างๆ ซึ่งจะแสดงผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย รวมทั้งการขับถ่ายของเสียและสารพิษ ก่อนที่จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายทางระบบขับถ่ายต่างๆ

ดังนั้นเมื่อน้ำมันหอมระเหยเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ หรือทางผิวหนังรวมทั้งการรับประทานส่วนประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยก็จะไปส่งผลต่อการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย บางครั้งส่งผลในทางกระตุ้น (stimulating) บางครั้งในทางปรับสมดุล (balancing) และบางครั้งก็ส่งผลในทางสงบ (claming) (คมสันต์, 2548)

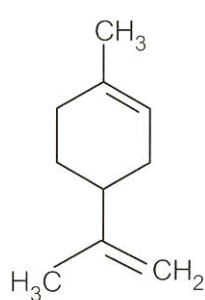


ภาพที่ 1 การเดินทางของน้ำมันหอมระเหยในร่างกาย

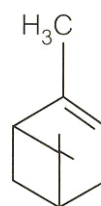
3. ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

จำแนกตามชนิดขององค์ประกอบได้ดังนี้ (รัตนา, 2547)

3.1 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก (hydro-carbon volatile oils) เช่น ลิโมนีน (limonene) ในน้ำมันกระวาน (cardamon oil), ไพนีน (pinene) ในน้ำมันสน (turpentine oil) และในน้ำมันไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb. oil) เป็นต้น



(ก)

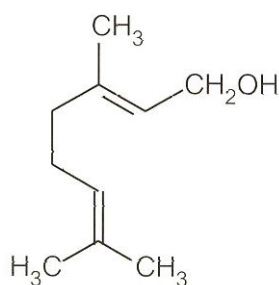


(ข)

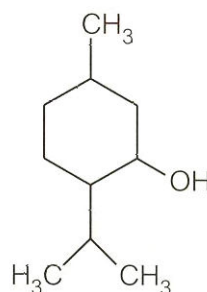
ภาพที่ 2 (ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของลิโมนีน (ข) ไพนีน

ที่มา : รัตนา (2547)

3.2 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบหลัก (alcohol volatile oils) เช่น จีรานีออล (geraniol) ในน้ำมันดอกกุหลาบ (rose oil), เมนทอล (menthol) ในน้ำมันสะระแหน่ (peppermint oil) เป็นต้น



(ก)

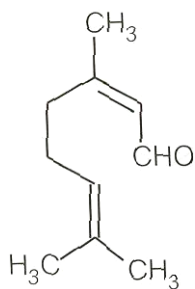


(ข)

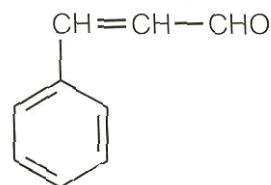
ภาพที่ 3 (ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของจีรานีออล (ข) เมทานอล

ที่มา : รัตนา (2547)

3.3 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกอัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลัก (aldehyde volatile oils) เช่น ซิโตรเนลลาล (citronellal) ในน้ำมันตะไคร้หอม (citronella oil) ซินนามาลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) ในน้ำมันอบเชย (cinnamon oil) เป็นต้น



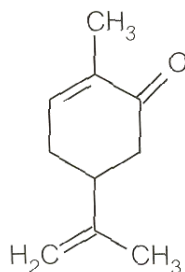
(ก)



(ข)

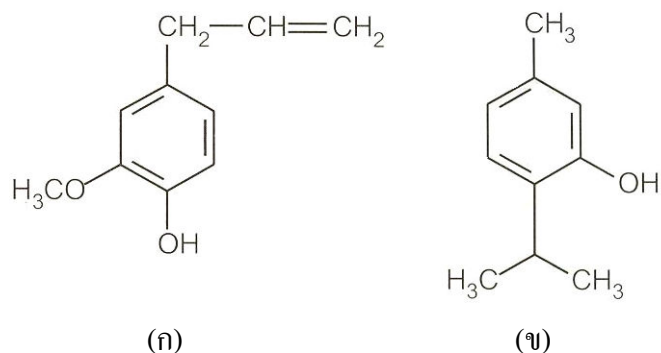
ภาพที่ 4 (ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของซิโตรเนลลาล (ข) ซินนามาลดีไฮด์
ที่มา : รัตนา (2547)

3.5 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกคีโตนเป็นองค์ประกอบหลัก (ketone volatile oils) เช่น คาร์วอน (carvone) ในน้ำมันเทียนดาบก (caraway oil) เป็นต้น



ภาพที่ 5 สูตรโครงสร้างทางเคมีของคาร์วอน
ที่มา : รัตนา (2547)

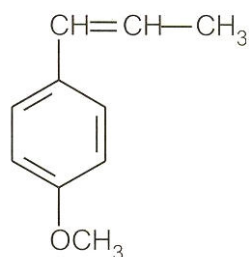
3.6 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกฟีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก (phenol volatile oils) เช่น ยูจีนอล (eugenol) ในน้ำมันกานพลู (clove oil), ไทมอล (thymol) ในน้ำมันไทม์ออยล์ (thyme oil) เป็นต้น



ภาพที่ 6 (ก) สูตรโครงสร้างทางเคมีของยูจีนอล (ข) ไทมอล

ที่มา : รัตนา (2547)

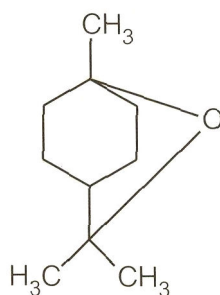
3.7 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกฟีนอลิกอีเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก (phenolic ether volatile oils) เช่น อะนิโทล (anethole) ในน้ำมันจันทน์แปดกลีบหรือน้ำมันโป๊ยกั๊ก (anise oil) และในน้ำมันเทียนข้าวเปลือก (fennel oil) เป็นต้น



ภาพที่ 7 สูตรโครงสร้างทางเคมีของอะนิโทล

ที่มา : รัตนา (2547)

3.8 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก (oxide volatile oils) เช่น ยูคาลิปตอล (eucalyptol) ในน้ำมันยูคาลิปตัส (eucalyptus oil) และในน้ำมันเสม็ดขาว (cajuput oil) เป็นต้น

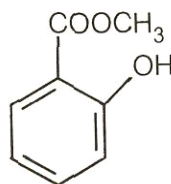


ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างทางเคมีของยูคาลิปตอล

ที่มา : รัตนา (2547)

3.9 น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวกเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก (ester volatile oils)

เช่น เมทิลซาลิไซเลต (methyl salicylate) ในน้ำมันระกำ (wintergreen oil) เป็นต้น



ภาพที่ 9 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเมทิลซาลิไซเลต

ที่มา : รัตนา (2547)

ไพล

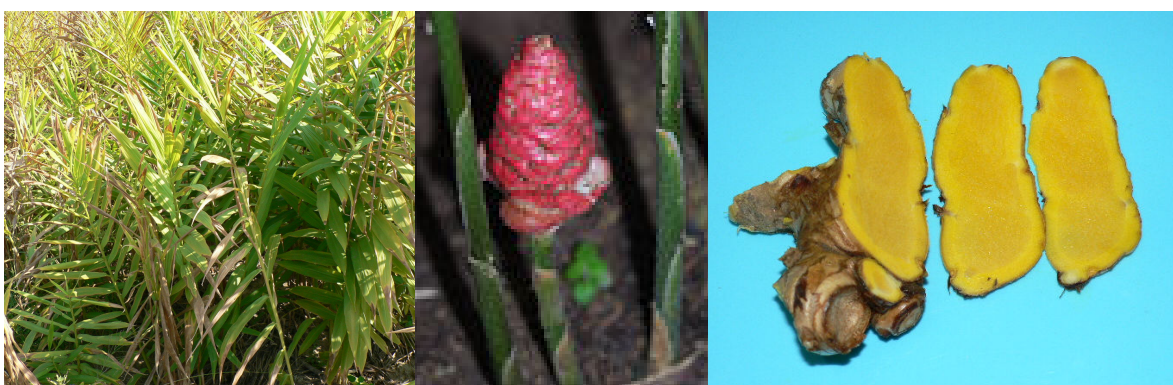
1. ชื่อและพันธุ์

ไพล (Phai) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Zingiber cassumunar* Roxb. หรือ *Zingiber cassumunar* Roxburgh. เป็นพืชในวงศ์ ZINGIBERACEAE ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับขิง ข่า มีชื่อท้องถิ่น คือ ปลูก ปลูกอย (ภาคเหนือ) ว่านไฟ (ภาคกลาง) มั่นสะล่าง (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน) (Farnsworth and Bunyaphatsara, 1992) มีชื่ออังกฤษ คือ Thai Ginger, Bengal Ginger, Cassumunar Ginger, Cassumunar (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2546) และยังพบว่ามียีก 2 พันธุ์ ได้แก่ ไพลดำ มีชื่อท้องถิ่นคือ ไพลม่วง ดากเงาะ (ปัตตานี) จะเงาะ

(มลายู) มีสรรพคุณคล้ายไพลบ้าน แต่ไม่นิยมใช้เนื่องจากหายาก และอีกชนิดหนึ่งคือ ไพลป่า มีฤทธิ์ร้อนแรงกว่าไพลบ้าน (วุฒิ, 2540)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไพลเป็นพืชล้มลุก มีลำต้นอยู่ใต้ดินเรียกว่า เหง้า ซึ่งมีขนาดใหญ่ สีเหลืองอมเขียวและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ลำต้นเทียมแทงขึ้นมาจากดิน สูงประมาณ 80-150 เซนติเมตร (Farnsworth and Bunyapraphatsara, 1992) ลำต้นมีสีเขียว มีใบออกตรงข้ามกัน ลักษณะเรียวยาว เนื้อในบางและปลายแหลม โคนใบแผ่เป็นกาบหุ้มลำต้น ดอกเป็นช่อแทงจากเหง้าใต้ดินโดยตรง มีกลีบประดับสีม่วงซ้อนกันแน่น มีดอกเหลืองนวลอยู่ระหว่างกลีบประดับ ผลมีลักษณะกลม ไพลชอบดินเหนียวปนทรายที่มีอินทรียวัตถุสูง มีการระบายน้ำที่ดี ไม่ชอบน้ำขังและ เพราะจะทำให้รากเน่า ปลุกได้ทั้งที่แดดแจ้งและที่ร่มรำไร ขยายพันธุ์โดยใช้เหง้า (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐานและคณะ, 2537) การเก็บเกี่ยวไพลจะเก็บในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม ซึ่งจะสังเกตเห็นต้นไพลแห้งและพบลงกับพื้น แต่ไม่นิยมเก็บเกี่ยวในช่วงที่ไพลเริ่มแตกหน่อใหม่ เพราะจะทำให้ได้น้ำมันที่มีปริมาณและคุณภาพต่ำ ระยะเก็บเกี่ยวตั้งแต่เริ่มปลุกจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไพลจากบัญชียาหลักแห่งชาติเพื่อใช้ผลิตยา จะมีอายุตั้งแต่ 10-12 เดือนขึ้นไป และใน THP2000 (Thai Herbal Pharmacopeia 2000) ได้ให้คำจำกัดความว่า เหง้าไพลต้องมีอายุ 3 ปี เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการนำไพลไปทำยาหรือสกัดน้ำมัน ซึ่งจะได้ปริมาณมากและมีคุณภาพ



ภาพที่ 10 ไพล

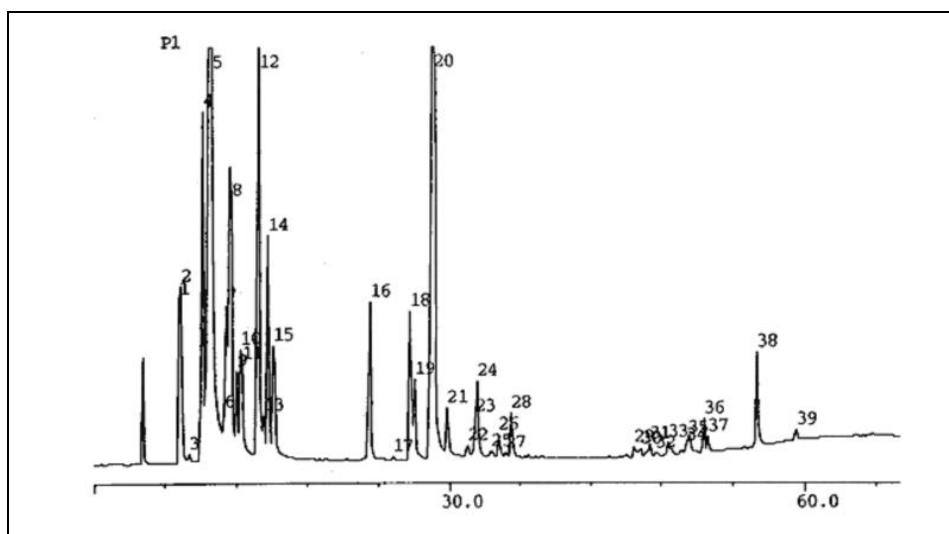


ภาพที่ 11 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของไพล

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลพืชสมุนไพร (ม.ป.ป.)

3. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

ในเหง้าไพลมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.5-0.9 มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสารจำพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก คือ สารประเภทโมโนเทอร์ปีนอยด์ (monoterpenoid) และ เฟนิลิวทานอยด์ (phenylbutanoid) มีฤทธิ์ลดอาการอักเสบ บรรเทาอาการปวดบวม และมีผลเป็นยาชาเฉพาะที่อีกด้วย และมีสารสีเหลืองที่ชื่อว่า curcumin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อหนองได้ดี (องค์การเภสัชกรรม, 2549) รวมทั้งพบสาร compound D สามารถทำให้กล้ามเนื้อหลอดลมคลายตัวได้ รักษาอาการหืดหอบ (ยวดี, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 12 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วย Gas

Chromatography

ที่มา : ฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
(2550)

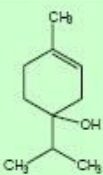
ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

Peak no.	compound	% of composition
1	α -pinene	1.26
2	α -thujene	1.05
3	camphene	0.05
4	β -pinene	2.64
5	sabinene	50.2
6	α -phellandrene	0.21
7	myrcene	1.37
8	α -terpinene	3.35
9	limonene	0.60
10	β -phellamdrene	0.63
11	1,8- cineole	0.60
12	γ -terpinene	5.78
13	β -trans- ocimene	0.34

ตารางที่ 1 (ต่อ)

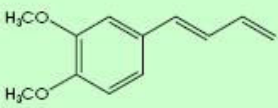
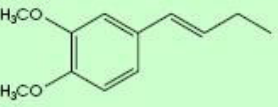
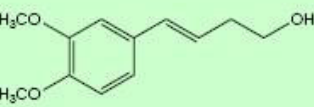
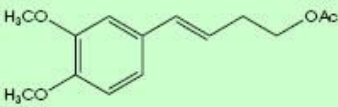
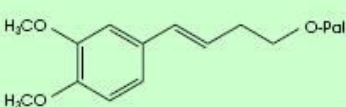
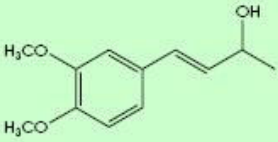
Peak no.	Compound	% of composition
14	<i>p</i> -cymene	1.66
15	terpinolene	1.25
16	<i>cis</i> -sabinene hydrate	1.32
18	<i>trans</i> -sabinene hydrate	1.36
19	<i>trans</i> -menth 2-en-1-ol	0.68
20	terpinene-4-ol	21.62
21	<i>cis</i> -menth-2-en-1-ol	0.51
23	terpinyl acetate	0.13
24	α -terpineol	0.71
28	C ₁₅ H ₂₄	0.39
36	(<i>E</i>)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) but-1-ene	0.22
38	(<i>E</i>)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) but-1-ene	0.72

ที่มา : ฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2550)

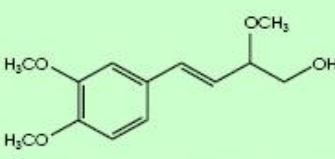
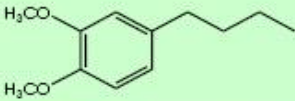
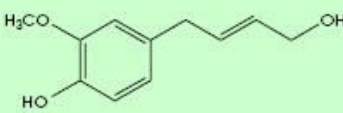
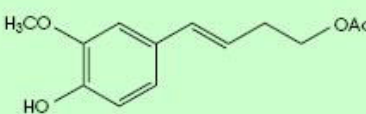
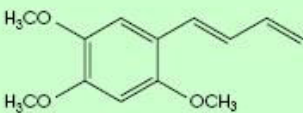
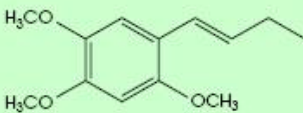
Item	Structure	Biological Activity
1	 Terpinen-4-ol (1)	Anti-inflammatory, Anti-microbial
2	 Sabinene (17)	Anti-microbial

ภาพที่ 13 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Monoterpene

ที่มา : Wanauppathamkul (2003)

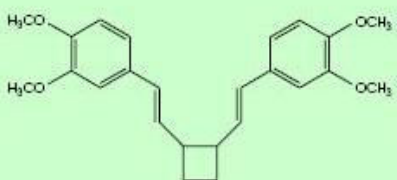
Item	Structure	Biological Activity
1	 (E)-1-(3',4'-Dimethoxyphenyl)butadiene = DMPBD (3)	Anti-inflammatory
2	 (E)-1-(3',4'-Dimethoxyphenyl)but-1-ene (9)	Anti-inflammatory, Analgesic
3	 (E)-4-(3',4'-Dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol (8)	Uterine relaxant, Anti-inflammatory, Smooth muscle relaxant, Anti-histamine
4	 (E)-4-(3',4'-Dimethoxyphenyl)but-3-enyl acetate (4)	Anti-inflammatory
5	 (E)-4-(3',4'-Dimethoxyphenyl)but-3-enyl palmitate (18)	-
6	 (E)-3-Hydroxy-1-(3',4'-dimethoxyphenyl)but- 1-ene (19)	-

ภาพที่ 13 (ต่อ)

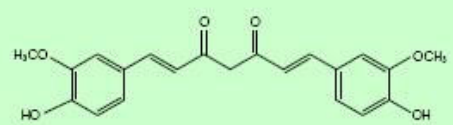
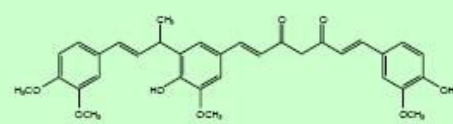
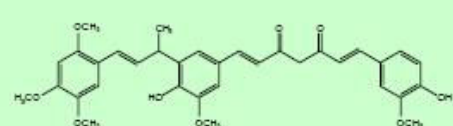
Item	Structure	Biological Activity
8	 (E)-2-Methoxy-4-(3',4'-dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol (21)	-
9	 1-(3',4'-Dimethoxyphenyl)butane (22)	-
10	 (E)-4-(4'-Hydroxy-3'-methoxyphenyl)but-2-en-1-ol (23)	-
11	 (E)-4-(4'-Hydroxy-3'-methoxyphenyl)but-3-enyl acetate (24)	-
12	 4-(2',4',5'-Trimethoxyphenyl)but-1,3-diene (25)	-
13	 (E)-1-(2',4',5'-Trimethoxyphenyl)but-1-ene (26)	-

ภาพที่ 14 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Arylbutanoid

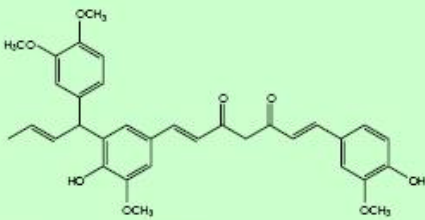
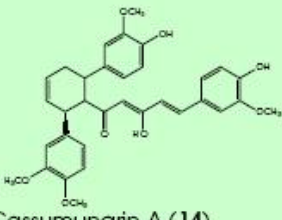
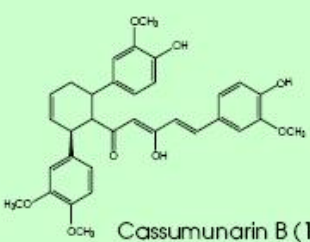
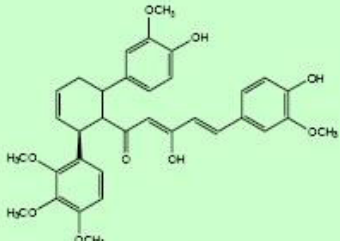
ที่มา : Wanauppathamkul (2003)

Item	Structure	Biological Activity
1	 cis-1,2-bis((E)-3',4'- Dimethoxystyryl)cyclobutane (27)	-

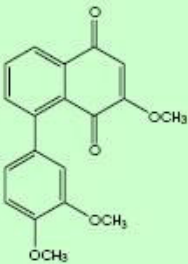
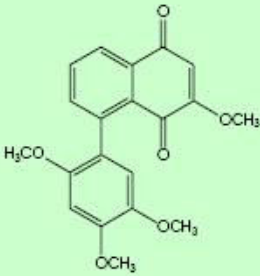
ภาพที่ 15 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Cyclobutyl Derivative
ที่มา : Wanauppathamkul (2003)

Item	Structure	Biological Activity
1	 Curcumin (10)	Anti-inflammatory, Anti-oxidative, Anti-tyrosinase, Anti-microbial
2	 Cassumunin A (11)	Anti-oxidative, Anti-inflammatory
3	 Cassumunin B (12)	Anti-oxidative, Anti-inflammatory

ภาพที่ 16 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Curcuminoid Derivative
ที่มา : Wanauppathamkul (2003)

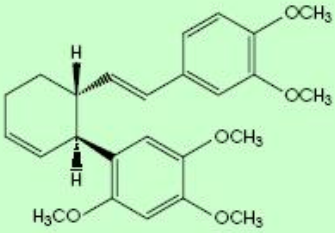
Item	Structure	Biological Activity
4	 Cassumunin C (13)	Anti-oxidative, Anti-inflammatory
5	 Cassumunarin A (14)	Anti-oxidative
6	 Cassumunarin B (15)	Anti-oxidative
7	 Cassumunarin C (16)	Anti-oxidative

ภาพที่ 16 (ต่อ)

Item	Structure	Biological Activity
1	 2-Methoxy-8-(3',4'-dimethoxyphenyl)-1,4-naphthoquinone (28)	-
2	 2-Methoxy-8-(2',4',5'-trimethoxyphenyl)-1,4-naphthoquinone (29)	-

ภาพที่ 17 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Naphthoquinone

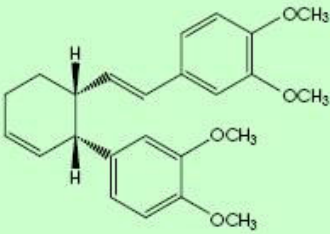
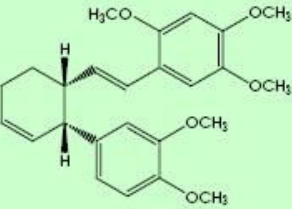
ที่มา : Wanauppathamkul (2003)

Item	Structure	Biological Activity
1	 trans-3-(2',4',5'-Trimethoxyphenyl)-4-((E)-3'',4''-dimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (30)	-

ภาพที่ 18 สูตรโครงสร้างขององค์ประกอบในกลุ่ม Cyclohexane Derivative

ที่มา : Wanauppathamkul (2003)

Item	Structure	Biological Activity
2	cis-3-(2',4',5'-Trimethoxyphenyl)-4-((E)-3'',4''-dimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (31)	-
3	trans-3-(3',4'-Dimethoxyphenyl)-4-(E)-3'',4''-dimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (32)	-
4	trans-3-(3',4'-Dimethoxyphenyl)-4-(E)-2'',4'',5''-trimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (33)	-
5	cis-3-(2',4',5'-Trimethoxyphenyl)-4-((E)-2'',4'',5''-trimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (7)	Anti-inflammatory

Item	Structure	Biological Activity
6	 cis-3-(3',4'-Dimethoxyphenyl)-4-((E)-3'',4''-dimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (5)	Anti-inflammatory
7	 cis-3-(3',4'-Dimethoxyphenyl)-4-((E)-2'',4'',5''-trimethoxystyryl)cyclohex-1-ene (6)	Anti-inflammatory

ภาพที่ 18 (ต่อ)

4. สรรพคุณทางยา

การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ การศึกษาในสัตว์ทดลองหรือในหลอดทดลองพบว่าสารสกัดหรือสารสำคัญของไพลมีฤทธิ์ทางยาหลายประการดังนี้ (ศูนย์ข้อมูลพืชสมุนไพร, ม.ป.ป.)

4.1 ฤทธิ์ด้านการอักเสบ น้ำมันไพล สารสกัดเหง้าไพล และสารในเหง้าไพลหลายชนิด ที่สำคัญ คือ สาร compound D และสาร DMPBD

4.2 ฤทธิ์แก้หอบหืด สาร compound D สามารถต้านฤทธิ์ฮิสตามีนในการทำให้หลอดลมหดตัวได้ จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นยาบำบัดอาการหอบหืดได้

4.3 ฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อเรียบ สารสกัดไพลสามารถลดการบีบรัดตัวของมดลูก ลำไส้ และกระเพาะอาหารของหนูขาว เนื่องจากพบว่าสาร compound D มีฤทธิ์คล้ายกล้ามเนื้อเรียบมดลูก และลำไส้เล็กส่วนปลายของหนูขาว

4.4 ฤทธิ์ในการไล่แมลง น้ำมันหอมระเหยจากไพลใช้ได้ผลดีในการทำผิวหนังป้องกันยุงกัด ซึ่งมีข้อดีที่ใช้น้ำมันไพลใช้แล้วไม่ร้อนผิวหนังและมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ยังช่วยลดอาการอักเสบของผิวหนังได้อีกด้วย

4.5 ฤทธิ์ฆ่าเชื้ออสุจิ สาร terpinen-4-ol ความเข้มข้น 0.016% สามารถฆ่าเชื้ออสุจิได้ 100%

4.6 ฤทธิ์เป็นยาชาเฉพาะที่ น้ำคั้นไพลออกฤทธิ์ต่อ nerve action potential ของเส้นประสาท sciatic ในคางคก ซึ่งคล้ายคลึงกับการออกฤทธิ์ของยาชา Lidocaine

4.7 การทดสอบความเป็นพิษ ไม่พบอาการเป็นพิษเฉียบพลันแม้จะให้สารสกัดไพลด้วยแอลกอฮอล์ 50% ขนาดเท่ากับไพล 10 กรัม/กิโลกรัม ทั้งกรอกทางปากและฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนูถีบจักร และในการทดสอบความเป็นพิษเรื้อรัง ปรากฏว่าไม่พบอาการผิดปกติใดๆ กับสัตว์ทดลอง

จะเห็นได้ว่าไพลนับเป็นพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นยาตัวหนึ่ง หลักฐานทางเภสัชวิทยายืนยันผลการรักษาหืดของไพล อย่างไรก็ตามการใช้เพื่อรักษาหืดยังต้องการวิจัยเกี่ยวกับปริมาณสารสำคัญในการออกฤทธิ์ และการศึกษาพิษระยะยาวก่อน ส่วนฤทธิ์ในการทาถูขนาดเพื่อลดการอักเสบ และฤทธิ์ไล่ยุงสามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากมีหลักฐานทางเภสัชวิทยารับรอง

เคหกิจกรเกษตร (2540) นำเสนอการผลิตน้ำมันเหลืองของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร อ. บ้านฉาง มีสรรพคุณในการแก้ปวดเส้นเอ็น ไขข้อ ปวดตามร่างกาย แก้พิษสัตว์กัดต่อย ทาแผลสด ดมแก้วิงเวียน โดยมีส่วนผสมของ เมนทอล น้ำมันยูคาลิปตัส พิมเสน ขมิ้นผง ไพลแห้ง การบูร โดยมี การนำไพลแห้งและขมิ้นผง แช่ในส่วนผสมของน้ำมันยูคาลิปตัส เมนทอล พิมเสน และการบูร ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ แล้วกรองเอาตะกอนทิ้งก่อนบรรจุขวดจำหน่าย

นรินาม (2543) ได้รวบรวมการศึกษาสรรพคุณทางยาของสารสกัดจากไพล มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบ บรรเทาอาการปวดเนื่องจากเป็นยาชาเฉพาะที่ น้ำมันหอมระเหยจากไพลใช้ทา

ป้องกันยุงได้ 3 ชั่วโมง ซึ่งไม่พบอาการอักเสบหรือระคายเคืองต่อผิวหนัง และมีงานวิจัยการใช้ครีม สารสกัดจากไพลบำบัดความปวดเมื่อย รักษาอาการเคล็ดขัดยอกกล้ามเนื้อหัวใจ และข้อเท้าแพลง รักษารอยขีดของเลือดได้ผิวหนังได้ ซึ่งมีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขายในท้องตลาดควบคุมโดย องค์การเภสัชกรรมฯ ในชื่อ ครีมไพลจิชาล



ภาพที่ 19 ครีมไพลจิชาล

การสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้นนี้จะได้ องค์ประกอบเป็นของผสมหรือสารสกัดอย่างหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาจาก สมุนไพร โดยใช้น้ำยาสกัดหรือตัวทำละลาย (solvent) สารสกัดอย่างหยาบนี้เป็นของผสมของ องค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพรซึ่งมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically active constituents) ซึ่งมักเรียกว่า สารสำคัญ (active constituents) และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทาง เภสัชวิทยา (pharmacologically inactive constituents) ซึ่งเรียกว่า สารเฉื่อย (inert substances) ชนิด และสัดส่วนขององค์ประกอบในสารสกัดจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของสมุนไพรที่ใช้และสภาวะ ที่ใช้ในการสกัด วัตถุประสงค์ของการสกัดพืชสมุนไพร คือ เพื่อสกัดเอาสารสำคัญออกจาก สมุนไพร เพื่อให้ได้สารที่มีความเข้มข้นของสารสำคัญสูง และเพื่อลดขนาด (dose) ของการใช้ สมุนไพรให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

1. น้ำยาสกัดหรือตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการเตรียมสารสกัด ได้แก่ น้ำ (water) แอลกอฮอล์ (alcohol) หรือ สารละลายผสมทั้งสองชนิดนี้ นอกจากนี้อาจใช้กรด ค้าง เติมลงในน้ำยาสกัดเพื่อปรับความเป็น กรด-ด่างของน้ำยาให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ส่วนสารละลายชนิดอื่นๆ เช่น อีเทอร์ (ether) คลอโรฟอร์ม (chloroform) มีใช้บ้างเฉพาะกรณี

1.1 น้ำ จัดเป็นตัวทำละลายที่ดี หาง่ายและราคาถูก แต่การใช้น้ำอย่างเดียวนั้นเป็นตัวทำละลาย ในการสกัดพืชสมุนไพรมีข้อเสียหลายประการคือ สามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมา ได้มาก เช่นเดียวกับสารสำคัญที่ต้องการ สารเนื้อที่ละลายออกมากับน้ำ เช่น น้ำตาล แป้ง นอกจากนี้ น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิสูง ถ้าต้องการทำให้สารสกัดในน้ำเข้มข้นจะต้องใช้อุณหภูมิสูงใน การระเหยให้น้ำออกไป ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายกับสารสำคัญได้ ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้น้ำเดี่ยวๆ เป็นน้ำยาสกัด แต่ใช้ร่วมกับตัวทำละลายอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์ หรือกรด หากเติมกรดเล็กน้อยลงใน น้ำ (acidified water) ใช้สกัดองค์ประกอบสำคัญในพืชสมุนไพรที่มีองค์ประกอบสำคัญเป็น สารประกอบแอลคาลอยด์ ส่วนน้ำที่เติมด่างลงไปเล็กน้อย (alkalised water) จะใช้สกัดพืช สมุนไพรบางชนิด เช่น เปลือกคาสคารา (cascara bark) เป็นต้น

1.2 แอลกอฮอล์ จัดเป็นตัวทำละลายที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ แอลกอฮอล์ มีข้อดี คือ ความจำเพาะ (selectivity) ในการละลายมากกว่าน้ำ มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สามารถระเหยได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือแอลกอฮอล์มีราคาสูงกว่าน้ำ

1.3 น้ำยาผสมแอลกอฮอล์ (hydroalcoholic mixture) เป็นน้ำยาสกัดที่ใช้กันอย่าง กว้างขวาง เนื่องจากสามารถละลายสารสำคัญในพืชสมุนไพรได้ใกล้เคียงกับแอลกอฮอล์ แต่ราคา ถูกกว่า และยังยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย นอกจากนี้การใช้น้ำยาผสม แอลกอฮอล์ ยังช่วยป้องกันการแยกตัวของสารต่างๆ ในสารสกัดเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งมักเกิดขึ้นในกรณี ที่ใช้น้ำอย่างเดียวนในการสกัด

1.4 ตัวทำละลายอินทรีย์ก็อาจใช้ในการสกัดพืชสมุนไพรได้ เช่น เฮกเซน (hexane) และ ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ใช้สกัดพืชสมุนไพรในช่วงต้นเพื่อขจัดสารพวกไขมันออกไป ก่อนที่จะทำการขจัดสารสำคัญ แต่ต้องระเหยเอาน้ำยาสกัดเหล่านี้ออกไปจนหมดก่อนทำการสกัด

ขั้นต่อไป ตัวทำละลายเหล่านี้นิยมใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว (non polar component) เช่น ไขมัน (lipid) สเตียรอยด์ (steroids) เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) เป็นต้น

1.5 คลอโรฟอร์มและอีเทอร์จัดเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว (polarity) ปานกลาง ใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว (non-polar component) ไปจนถึงสารที่มีขั้วปานกลาง

1.6 เมทานอล (Methanol) เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญที่มีขั้ว (polar active constituent) เช่นเดียวกับแอลกอฮอล์ แต่นิยมใช้แอลกอฮอล์มากกว่า เพราะราคาถูกกว่าและมีความเป็นพิษน้อยกว่า

2. การเลือกน้ำยาสกัด

หลังจากทำการเตรียมตัวอย่างพืชสมุนไพรสำหรับการสกัดแล้ว ควรเลือกน้ำยาสกัดให้เหมาะสมกับชนิดของสารที่ต้องการสกัด โดยน้ำยาสกัดดังกล่าวมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 มีความสามารถในการสกัดสารสำคัญมากที่สุด และไม่ละลายหรือละลายองค์ประกอบอื่นๆ ได้น้อย เนื่องจากสารสำคัญส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งอาจมีโครงสร้างสลับซับซ้อนมากน้อยต่างกัน และมีอยู่ในพืชทั้งในสภาพอิสระและรวมตัวกับสารอื่นๆ ในสภาพเกลือ หรือสารประกอบเชิงซ้อน ดังนั้นควรพิจารณาถึงสภาพหรือรูปแบบของสารสำคัญที่ต้องการสกัดนอกเหนือจากขั้วของสารสำคัญดังกล่าว ในการเลือกน้ำยาสกัดมีกฎทั่วไปว่าสิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (like dissolve like) เช่น คุณสมบัติสารสำคัญมีขั้ว ก็ควรเลือกตัวทำละลายหรือน้ำยาสกัดที่มีขั้วเช่นเดียวกันในการสกัด

2.2 มีความคงตัวดี และหาง่าย ราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

2.3 ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป

2.4 สภาพของพืชสมุนไพรที่ทำการสกัด เช่น เมล็ด เป็นส่วนที่มีไขมันอยู่มาก ควรจัดไขมันออกก่อนโดยการสกัดตัวทำละลายอินทรีย์ประเภทไม่มีขั้ว เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น แล้วจึงนำกากพืชที่เหลือไปสกัดต่อด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

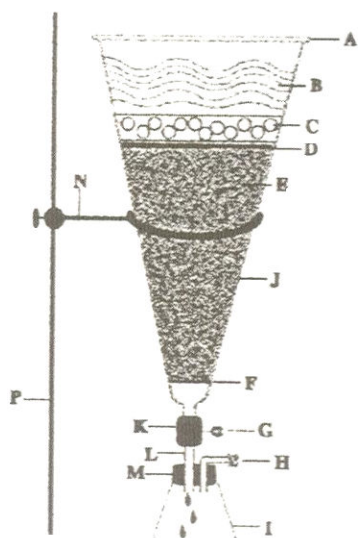
3. วิธีการสกัด

3.1 มาเซอเรชัน (maceration) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชโดยวิธีการหมักสมุนไพรกับน้ำยาสกัดจนกระทั่งเนื้อเยื่อของสมุนไพรอ่อนนุ่มและน้ำยาสกัดสามารถแทรกซึมเข้าไปละลายองค์ประกอบภายในผงสมุนไพรออกมาได้

การหมักสมุนไพรควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทในน้ำยาสกัดที่เหมาะสม จะทำเป็นเวลานาน 7 วัน หรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาหมด ในระหว่างที่หมักผงสมุนไพรอยู่ควรเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราว เพื่อเพิ่มอัตราเร็วของการสกัด เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรองแยกกาก (marc) ออกจากน้ำยาสกัด วิธีการสกัดนี้เหมาะสำหรับพืชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบ ดอก ซึ่งทำให้อ่อนนุ่มได้ง่าย จัดเป็นวิธีที่ใช้น้ำยาสกัดน้อย จึงประหยัด และเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะสมกับการสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน แต่วิธีการสกัดนี้มักจะไม่สามารถแยกองค์ประกอบที่ต้องการออกจากสมุนไพรได้ เนื่องจากไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่ของน้ำยาสกัด เมื่อสารในสมุนไพรละลายออกมาถึงระดับหนึ่งจะเกิดความสมดุลขององค์ประกอบภายในสมุนไพรและน้ำยาสกัดที่ใช้ ทำให้อัตราเร็วในการสกัดลดลง จึงไม่เหมาะที่จะใช้สกัดในกรณีที่ต้องการสารสกัดจากสมุนไพรจนสมบูรณ์

เนื่องจากวิธีการสกัดแบบมาเซอเรชันช้า ใช้เวลานาน จึงมีผู้ดัดแปลงใช้มิกเซอร์ (mixer) หรือโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) มาช่วยทำให้เซลล์พืชแตกออกก่อนทำการสกัด เพื่อย่นระยะเวลาการสกัด ต่อมาพัฒนาใช้เสียงที่มีความถี่สูงเกิน 20,000 เฮิร์ตซ์ ร่วมในการสกัดเรียกวิธีนี้ว่า การสกัดอัลตราซาวด์ (ultrasound extraction) แต่วิธีหลังนี้อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำไปเป็นเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ซึ่งอาจมีผลต่อการสกัด นอกจากนี้อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ต่อสารโดยตรง เพราะขณะที่ใช้การสกัดอัลตราซาวด์ทำให้เกิดช่องว่างและมีอากาศแทรกเข้าไปในตัวทำละลาย

3.2 เพอร์โคเลชัน (percolation) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรโดยการปล่อยให้ น้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบออกจากผงสมุนไพรออกมา โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เพอร์โคเลเตอร์ (percolator)



A = ฝาปิด (cover)

B = น้ำยาสกัด (menstruum)

C = ลูกแก้ว (glass beads)

D = กระดาษกรอง (filter paper)

E = ตัวอย่างพืช (botanical cut or powder)

F = ตะแกรงลวดสแตนเลส (wire mesh # 60 stainless steel)

G = สอปแมนแคลมป์สำหรับปรับความเร็วการไหล
(hoffman clamp to adjust flow)

H = หลอดแก้วโค้งอุดด้วยสำลี (glass tube with cotton plug)

I = ภาชนะบรรจุ (flask or suitable vessel), J = เพอร์โคเลเตอร์ทำด้วยแก้ว (glass conical percolator)

K = ข้างสำหรับหุ้มหลอดแก้ว (rubber tubing), L = หลอดแก้ว (glass tube), M = จุก (stopper)

N = แคลมป์รูปวงแหวน (ring clamp), O = สารสกัดหรือเพอร์โคเลต (percolate), P = ขาตั้ง (stand)

ภาพที่ 20 เพอร์โคเลชัน (Percolation)

ที่มา : รัตนา (2547)

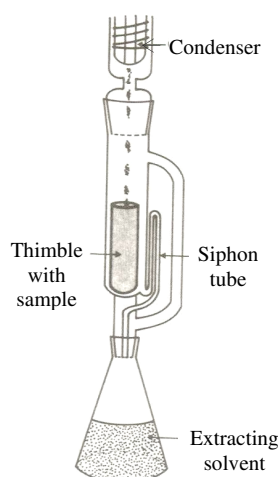
วิธีการทำเพอร์โคเลชัน คือ นำผงสมุนไพรมาหมักกับตัวทำละลายก่อน 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่แล้วค่อยๆ บรรจุลงยาที่ละชั้นลงในเพอร์โคเลเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นคอลัมน์ (column) ปลายเปิดทั้งสองด้าน โดยด้านบนจะกว้างกว่าด้านล่าง เพื่อความสะดวกในการบรรจุผงสมุนไพร ส่วนปลายด้านล่างเปิดปิดได้ เพื่อที่สามารถควบคุมการไหลของสารสกัดหรือเพอร์โคเลตจากเพอร์โคเลเตอร์ได้ เติมน้ำยาละลายหรือน้ำยาสกัด (menstruum) ลงไปให้ระดับน้ำยาสกัดสูงเหนือสมุนไพร ประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงปล่อยให้ น้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรในอัตราเร็วที่เหมาะสม พร้อมกับเติมน้ำยาสกัดใหม่ลงไปเรื่อยๆ อย่าให้แห้ง เก็บเพอร์โคเลตจนการสกัดสมบูรณ์ โดยการตรวจสอบจากเพอร์โคเลตส่วนสุดท้าย นำเพอร์โคเลตที่เก็บได้ทั้งหมดรวมกันนำไปกรอง

วิธีเพอร์โคเลชันจัดเป็นวิธีการสกัดที่ดีสำหรับการสกัดสารสมุนไพรแบบสมบูรณ์และไม่ต้องใช้ความร้อน แต่มีข้อเสีย คือ เปลืองน้ำยาสกัดและใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีการดัดแปลงเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการสกัดสารจะใช้เพอร์โคเลเตอร์ต่อกันหลายตัว และทำให้มีการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายเข้าหากัน

3.3 การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรทำนองเดียวกับเพอร์โคเลชัน แต่ต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยและใช้ชอกซ์เลตเอ็กแทรกเตอร์ (soxhlet extractor) ซึ่งเป็นระบบปิด โดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจากฮีตติ้งแมนเทิล (heating mantle) หรือหม้ออังไอน้ำ น้ำยาสกัดในภาชนะระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาในทิมเบอร์ (thimble) ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ น้ำยาสกัดจะผ่านผงสมุนไพรซ้ำแล้วซ้ำอีกเรื่อยๆ จนกระทั่งองค์ประกอบในสมุนไพรถูกสกัดออกมา เมื่อน้ำยาสกัดในเอกซ์แทรกตึง แชมเบอร์ (extracting chamber) สูงถึงระดับที่จะเกิดกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงไปในภาชนะวนเวียนเช่นนี้ จนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์

วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้เหมาะสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อนและใช้น้ำยาสกัดน้อย ไม่สิ้นเปลือง แต่มีข้อเสีย คือ ไม่เหมาะที่จะใช้กับองค์ประกอบที่ไม่ทนต่อความร้อน และน้ำยาสกัดที่ใช้ไม่ควรเป็นของผสมเพราะจะเกิดการแยกของตัวทำละลายแต่ละชนิดเนื่องจากมีจุดเดือดต่างกัน จะมีผลให้สัดส่วนของน้ำยาสกัดแตกต่างไปจากเดิม และผลการสกัดไม่ดีเท่าที่ควร



ภาพที่ 21 ชอกซ์เลต (Soxhlet)

ที่มา : รัตนา (2547)

4. ปัจจัยในการเลือกวิธีการสกัดสารหอม

แหล่งของสารที่ให้กลิ่นไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ที่มีองค์ประกอบซับซ้อนจะไม่มีวิธีหนึ่งที่ใช้ในการสกัดและทำให้เข้มข้นได้ดีที่สุด แต่ข้อสำคัญวิธีที่ใช้ต้องแสดงสารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่สุด และได้กลิ่นที่มีอยู่จริงในวัตถุที่ให้กลิ่นนั้นๆ โดยจะเลือกวิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ (มนิยา, 2546)

- ความสามารถในการระเหยและจุดเดือดของสารให้กลิ่น
- จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ว่าเป็นการวิเคราะห์ทางคุณภาพหรือปริมาณของสาร
- ความมีขั้วของสาร (polarity) ที่ต้องการสกัดออกจากวัตถุดิบของสารให้กลิ่น
- ความไม่เสถียรของสาร โดยสารประกอบหลายตัวที่ไม่คงตัวอาจเกิดการออกซิเดชันกับอากาศ หรือเกิดการแตกตัวเมื่อสัมผัสความร้อนสูง หรือสัมผัสความเป็นกรด-ด่างที่สูง
- ระดับความเข้มข้นและปริมาณวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ โดยทั่วไปสารที่ให้กลิ่นจะมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำ จึงต้องทำให้เข้มข้นเพื่อนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ
- ความซับซ้อนของกลิ่น องค์ประกอบที่ให้กลิ่นในวัตถุดิบจะมีความซับซ้อนมาก บางครั้งวัตถุดิบบางชนิดมีองค์ประกอบมากกว่า 100 ชนิด ซึ่งจะเกิดความแตกต่างหลายอย่างทั้งในด้านของความมีขั้ว การละลาย และค่า pH
- โครงสร้างของวัตถุดิบ ส่วนใหญ่แล้วสารระเหยต่างๆ จะอยู่ภายในเซลล์ จึงต้องมีการทำลายโครงสร้างเพื่อให้ปล่อยสารออกมา ทำให้ตัวอย่างมีสารที่ไม่ระเหยปะปนอยู่
- รวมทั้งต้องคำนึงถึงความเสถียรของสารระเหยด้วย เช่น ถ้าสลายตัวเมื่อถูกความร้อนก็ควรใช้อุณหภูมิต่ำ หรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายไม่ควรให้ถูกออกซิเจนมาก และมาตรฐานอื่นที่ใช้ตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสม ได้แก่ ควรพิจารณาการทดลองว่าเป็นการวิเคราะห์เพื่อบ่งบอกชนิดของสารระเหยที่ยังไม่รู้จัก หรือวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้น และองค์ประกอบของวัตถุดิบ ซึ่งจะมี

ผลต่อปริมาณสารระเหยที่สกัดได้ เช่น โปรีติน หรือสารโมเลกุลใหญ่ ที่สามารถดูดสารระเหยเอาไว้ได้ นอกจากนี้ องค์ประกอบดังกล่าวยังทำให้เกิดสารแขวนลอย หรือเกิดฟองได้ในขณะที่ทำการกลั่นหรือสกัด

การสกัดสารตัวอย่างต้องมีการปฏิบัติการณ์ขั้นต้นกับสารตัวอย่างก่อนที่จะทำการแยกเอาสารระเหยออกจากส่วนที่ไม่ระเหย อาจจะประกอบด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือมากกว่า เช่น การขจัดสี การบด การปั่นเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน การใช้เครื่องเหวี่ยง การกรอง หรือการคั่น โดยเฉพาะตัวอย่างที่เป็นของแข็งมักต้องนำมาผสมกับน้ำก่อนแล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

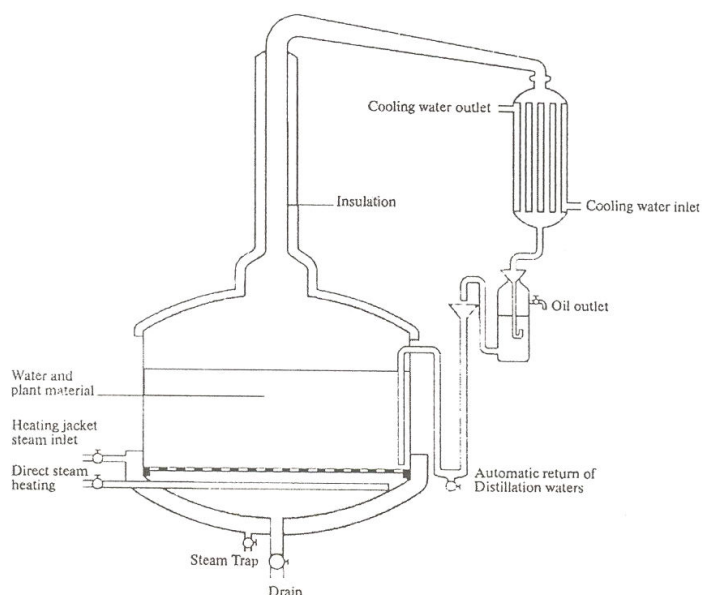
5. การกลั่นน้ำมันหอมระเหย

5.1 การกลั่น (distillation)

การกลั่นเป็นการแยกสารที่ระเหยได้ยากหรือไม่ระเหย โดยอาศัยความร้อนทำให้สารตัวอย่างเดือดจนกลายเป็นไอแล้วทำให้ไอล้วนแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ของเหลวที่ได้นั้นเรียกว่า distillate สำหรับของเหลวที่เหลือในขวดกลั่นเรียกว่า residue ซึ่งเป็นสารที่ไม่ระเหยหรือมีความดันไอสูงกว่า distillate นอกจากนี้การกลั่นยังสามารถใช้แยกสารที่มีจุดเดือดต่างกันมากๆ เครื่องมือที่ใช้ในการกลั่นแบบธรรมดาจะใช้กับสารที่มีจุดเดือดต่างกันมากกว่า 80°C ขึ้นไป แต่ถ้าจุดเดือดของสารแตกต่างกันไม่มากจะต้องใช้เครื่องมือกลั่นลำดับส่วน การกลั่นมีข้อดีกว่าการสกัดโดยตรง เพราะปราศจากการปะปนของสารที่ไม่ระเหย ส่วนข้อเสียคือ ได้สารระเหยที่มีความเข้มข้นน้อย การกลั่นแบ่งได้ 3 วิธี ได้แก่

5.1.1 การกลั่นด้วยน้ำ (hydro distillation) ใช้กับพืชซึ่งไม่ถูกทำลายเมื่อต้ม เนื่องจากพืชที่นำมากลั่นจะแช่อยู่ในน้ำเดือดทั้งหมดหรือลอยอยู่บางส่วนตลอดระยะเวลาการกลั่น สารตัวอย่างที่ผสมอยู่กับน้ำจะถูกให้ความร้อนโดยตรงจากเปลวไฟหรือท่อไอน้ำ การสกัดวิธีนี้ทำให้สารตัวอย่างสัมผัสกับน้ำโดยตรง เมื่อสารตัวอย่างเดือดจะระเหยกลายเป็นไอแล้วควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอยู่ในภาชนะรองรับ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการกลั่นวิธีนี้คือ สารตัวอย่างจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ตรงกลางของหม้อกลั่น (still) มักจะได้รับความร้อนมากกว่าด้านข้าง จึงทำให้สารตัวอย่างไหม้ กลิ่นไหม้จะปะปนมากับน้ำมันหอมระเหย และอาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย ซึ่งแก้ไขโดยการปั่นกววนตลอดเวลา หรือใช้ไอน้ำร้อนหรืออาจ

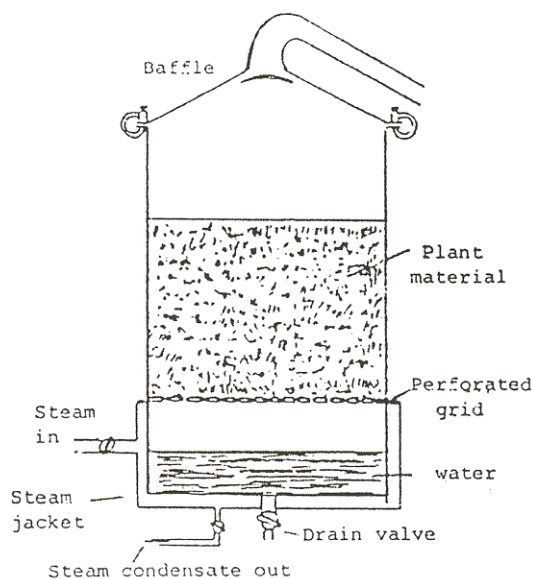
ใช้ closed steam coil จุ่มในหม้อต้ม ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการกลั่นจึงขึ้นกับชนิดของพืชที่นำมากลั่น ด้วยวิธีนี้ใช้กลั่นน้ำมันจากเปลือกไม้ เช่น กลั่นน้ำมันสน (turpentine oil) จากยางสน เป็นต้น (รัตน, 2547)



ภาพที่ 22 การกลั่นด้วยน้ำ (Hydro distillation)

ที่มา : มนินา (2546)

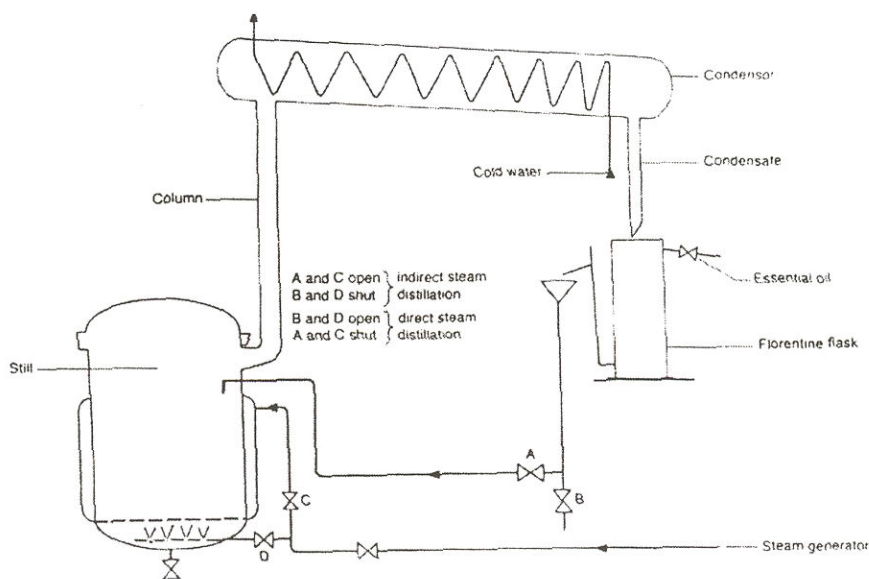
5.1.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation) เป็นกระบวนการกลั่น โดยวางสารตัวอย่างไว้บนตะแกรงเหนือระดับน้ำ แล้วต้มน้ำให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไป ผ่านพืช หรือสารตัวอย่างที่จะกลั่น โดยน้ำจะไม่สัมผัสกับสารตัวอย่าง ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิ่มตัว หรือเรียกว่าไอเปียก ไม่ร้อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด ได้คุณภาพของน้ำมันดีกว่าการกลั่นด้วยน้ำ การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า ใช้ได้กับพืชสด และแห้ง ซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม เช่น กานพลู ซึ่งจะบดให้เป็นผงก่อน



ภาพที่ 23 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation)

ที่มา : มนินา (2546)

5.1.3 การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (steam distillation) เป็นกระบวนการผ่านไอน้ำโดยตรงบนสารตัวอย่างที่วางอยู่บนตะแกรงในหม้อกลั่น ไอน้ำภายนอกอาจเป็นไอน้ำเปียก หรือไอน้ำร้อนจะถูกส่งไปตามท่อใต้ตะแกรงให้ไอน้ำผ่านขึ้นไปบนตะแกรงที่มีสารตัวอย่างอยู่ ไอน้ำต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันหอมระเหยออกจากสารตัวอย่าง น้ำมันหอมระเหยจะถูกสกัดออกมา ข้อดีของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถกลั่นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเอาสารตัวอย่างใส่หม้อกลั่นไม่ต้องเสียเวลารอให้ร้อน ปล่อยไอน้ำเข้าไปได้เลย ทำการกลั่นสารตัวอย่างได้ในปริมาณมาก ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมาก การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจะดำเนินไปได้ดีที่อุณหภูมิสูง แต่ข้อเสียคือ ที่อุณหภูมิสูงสารประกอบพวกเอสเทอร์ (ester) จะถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyzed) ให้เป็นกรด และเป็นแอลกอฮอล์ได้ง่าย ดังนั้นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยคุณภาพดีที่สุด ควรกลั่นที่อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากได้น้ำมันน้อย ควรใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ใช้เวลานานที่สุด การกลั่นจะต้องวัดอุณหภูมิและเวลาให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

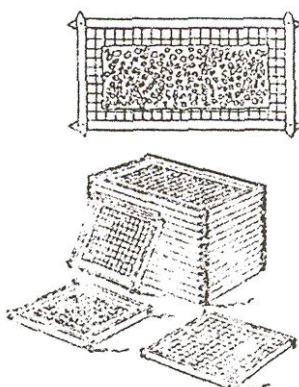


ภาพที่ 24 การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation)

ที่มา : มนินา (2546)

5.2 การบีบหรือการอัด (expression) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ใช้วิธีการกลั่นไม่ได้ เนื่องจากถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน เช่น น้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม (citrus oil) ได้แก่ น้ำมันผิวมะนาว (lemon oil) น้ำมันผิวส้ม (orange oil) การบีบที่นิยม คือ วิธีเอคคิวเอล (ecuelle method) โดยเอาผลไปบีบบนรางที่มีเข็มแหลมๆ อยู่ เข็มต้องยาวพอที่จะแทงผ่านผนังชั้นนอก (epidermis) เพื่อให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะหยดลงไปในรางซึ่งเก็บน้ำมันได้

5.3 วิธีการสกัดด้วยไขมันเย็น (enfleurage) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยของกลีบดอกไม้ต่างๆ ที่สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน เป็นวิธีที่เก็บความหอมได้ดี แต่ก่อนใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำหอม (perfume) วิธีนี้จะใช้ไขมัน (fat) หรือน้ำมันไม่ระเหย (fixed oil) ที่ไม่มีกลิ่น สะอาด และมีความแข็งแรงพอเหมาะ ถ้าแห้งไปจะดูดกลิ่นไม่ดี แต่ถ้ามันไปจะแยกดอกไม้ออกมาได้ยาก ส่วนใหญ่ใช้ไขมันวัว (beef tallow) ร้อยละ 40 กับไขมันหมู (lard) ร้อยละ 60 (รัตนา, 2547) โดยนำตัวดูดซับมาแผ่เป็นแผ่นบางๆ แล้วเอากลีบดอกไม้มาวางเรียงบนตัวดูดซับนาน 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนดอกไม้ใหม่ ทำเช่นนี้ไปจนกว่าตัวดูดซับดูดซับเอาน้ำมันหอมระเหยมากพอ จึงเอาตัวดูดซับมาสกัด น้ำมันหอมระเหยออกด้วยแอลกอฮอล์ที่เย็นจัด จากนั้นนำมาแช่เย็นเพื่อแยกไขมันออกมา แอลกอฮอล์ที่ละลายน้ำมันหอมระเหยออกมาเรียกว่า extratis aux fleurs (extract of flower) นำส่วนที่เหลือเรียกว่า enfleurage absolute หรือ concentrate



ภาพที่ 25 การสกัดด้วยไขมันเย็น (Enfleurage)

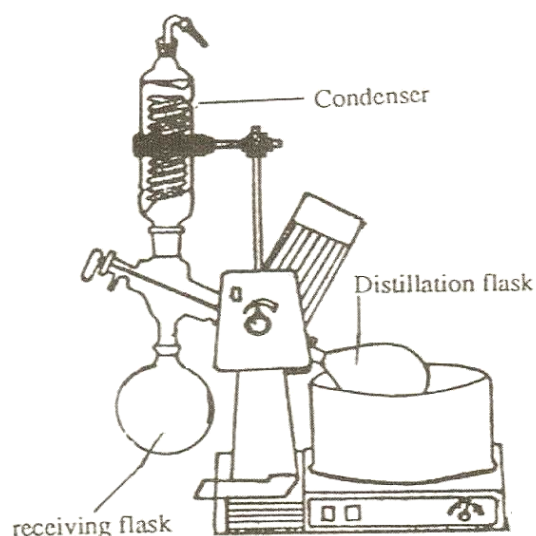
ที่มา : มนินา (2546)

5.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (extraction with solvent) เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งเป็น volatile hydrocarbon เช่น ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) แอซีโตน (acetone) เมทานอล แอลกอฮอล์ เบนซีน (benzene) เฮกเซน (hexane) เป็นต้น วิธีนี้จะควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส จึงทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงผิดไปจากธรรมชาติได้ เหมาะสำหรับพืชที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น ดอกมะลิ ช่อนกลิ่น จึงนำวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายนี้มาใช้ในทางอุตสาหกรรมทำน้ำหอม แต่ต้นทุนการผลิตสูงกว่าการกลั่น

6. การกลั่นในภาวะสุญญากาศ (distillation in vacuo)

เป็นวิธีการทำสารสกัดให้เข้มข้น ซึ่งจัดเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเป็นการระเหยเอาตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัดโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ พร้อมทั้งลดความดันลงให้เกือบเป็นสุญญากาศ โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) เครื่องมือนี้เรียกว่า โรตารีอีวาโพเรเตอร์ (rotary evaporator) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ ภาชนะบรรจุสารสกัดอย่างหยาบที่จะกลั่น (distillation flask) ส่วนคอนเดนเซอร์หรือส่วนควบแน่นไอสารละลาย (condenser) และภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น (receiving flask) โดยสารสกัดอย่างหยาบซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะจะแช่อยู่ในหม้ออ่างไอน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิได้และจะหมุนตลอดเวลาที่ทำงาน เพื่อให้มีการกระจายความร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ภาชนะบรรจุสารสกัดอย่างหยาบนี้จะต่ออยู่กับส่วนควบแน่น ซึ่งมีระบบทำความเย็น

หล่ออยู่ตลอดเวลา ปลายของส่วนควบแน่นจะมีภาชนะรองรับ โดยทั้งระบบจะต่อเข้ากับระบบ สูญญากาศ สารละลายที่ระเหยออกจากภาชนะบรรจุควบแน่นที่บริเวณคอนเดนเซอร์และหยดลง มาในภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น ซึ่งสารละลายดังกล่าวสามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์และ นำกลับมาใช้ใหม่ได้

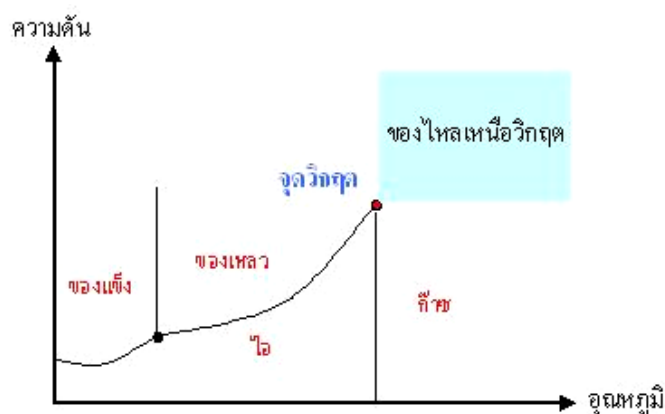


ภาพที่ 26 เครื่องโรตารีอีวาโพเรเตอร์ (Rotary evaporator)

ที่มา : รัตนา (2547)

7. การสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤต

หลักการของไหลเหนือวิกฤต คือ ในสภาวะอุณหภูมิและความดันค่าหนึ่ง สารบริสุทธิ์ใดๆ สามารถเป็นทั้งของเหลวอิ่มตัวและไออิ่มตัว โดยเรียกสภาวะนี้ว่า จุดวิกฤต (critical point) ซึ่งสภาวะนี้สามารถแสดงเป็นจุดในกราฟระหว่างอุณหภูมิและความดันดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 เฟสไดอะแกรมของสารบริสุทธิ์เมื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิทำให้สารบริสุทธิ์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว ก๊าซ และของไหลเหนือวิกฤต
ที่มา : นิตยา (2548)

ถ้าเพิ่มอุณหภูมิหรือความดันสูงกว่าจุดวิกฤตนี้ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของของไหล และเรียกของไหลที่อยู่ในสถานะนี้ว่า ของไหลเหนือวิกฤต (supercritical fluid) ของไหลเหนือวิกฤตมีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ของเหลวหรือก๊าซ ทำให้ของไหลเหนือวิกฤตมีคุณสมบัติต่างๆ คล้ายตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถแพร่ได้มากกว่า และมีความหนืดและแรงตึงผิวน้อยกว่า

นอกจากนี้ของไหลเหนือวิกฤตยังมีคุณสมบัติการส่งถ่ายคล้ายก๊าซ ซึ่งสามารถพาสารที่ต้องการสกัดออกจากตัวอย่างได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 จากคุณสมบัติดังกล่าวของไหลเหนือวิกฤตจึงเหมาะสมต่อการสกัดสารสมุนไพรกว่าภาวะอื่นๆ วิธีสกัดสารสมุนไพรโดยอาศัยของไหลเหนือวิกฤตเป็นวิธีที่หลายประเทศในยุโรปและสหรัฐอเมริกาแนะนำให้ใช้ เพื่อลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการหรือโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอาจสร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมและวิธีนี้ยังใช้เวลาในการสกัดน้อยด้วย

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความหนาแน่น ความหนืดและความสามารถในการแพร่ของก๊าซ ของไหล
เหนียววิกฤตและของเหลว

คุณสมบัติ	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ความหนืด (cP)	ความสามารถในการแพร่ (mm ² /s)
ก๊าซ	1	0.01	1-10
ของไหลเหนียววิกฤต	100-800	0.05-0.1	0.01-0.1
ของเหลว	1000	0.5-1.0	0.001

ที่มา : นิตยา (2548)

การสกัดด้วยของไหลเหนียววิกฤตมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ เป็นตัวทำละลายที่สามารถควบคุมได้โดยการปรับอุณหภูมิหรือความดัน สามารถนำของไหลเหนียววิกฤตกลับมาใช้ใหม่ เป็นตัวทำละลายที่ไม่เป็นอันตรายหรือมีสารตกค้างที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสกัดสารสำคัญที่มีจุดเดือดสูงโดยใช้อุณหภูมิต่ำได้ ไม่จำเป็นต้องทำความสะอาดหรือปรับสภาพของสารสกัดเช่นเดียวกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม สามารถสกัดสารที่สลายตัวโดยอุณหภูมิสูงได้เพราะใช้อุณหภูมิต่ำในการสกัด แต่อย่างไรก็ตามการสกัดของไหลเหนียววิกฤตยังมีข้อเสีย ได้แก่ เครื่องมือมีราคาแพง เนื่องจากการสกัดต้องใช้ความดันสูง ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถทนต่อแรงดันสูงได้ และต้องมีอุปกรณ์ในการอัดเพื่อนำเอาตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ และลดค่าใช้จ่ายของตัวทำละลาย

ชนิดของตัวทำละลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อสารที่ต้องการสกัด ตัวทำละลายควรมีความสามารถในการสกัดสูงเป็นสารเฉื่อย ง่ายต่อการแยกจากสารสกัด และราคาถูกดังแสดงในตารางที่ 3 โดยทั่วไปนิยมใช้คาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

ตารางที่ 3 ตัวอย่างของของไหลเหนือวิกฤต อุณหภูมิวิกฤต และความดันวิกฤต

ของไหล	อุณหภูมิวิกฤต (K)	ความดันวิกฤต (bar)
Carbon dioxide	304.1	73.8
Ethylene	282.4	50.4
Propylene	364.9	46.0
Trifluoromethane (Fluoroform)	299.3	48.6
Chlorotrifluoromethane	302.0	38.7
Trichlorofluoromethane	471.2	44.1
Water	647.3	221.2

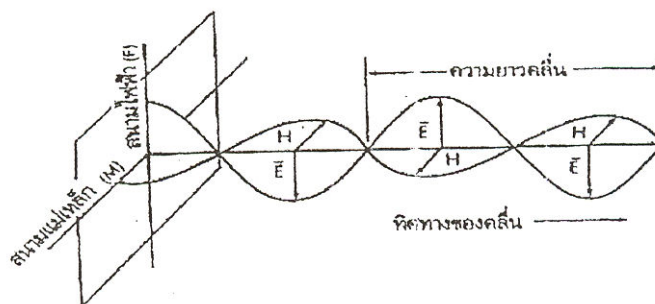
ที่มา : นิตยา (2548)

ไมโครเวฟ (Microwave)

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเกิดขึ้นจากแมกนีตรอนซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำ เช่น 60 เฮิร์ตซ์ (Hertz) ไปเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ศูนย์กลางของประจุลบและประจุบวกเปลี่ยนทิศทางหลายล้านครั้งต่อวินาที (พัชรี, 2545)

แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกตามความถี่หรือความยาวคลื่น ไมโครเวฟต่างๆ จะทำให้เกิดส่วนของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งรวมถึงคลื่นของวิทยุและทีวี ริงส์อินฟราเรดและอัลตรา-ไวโอเล็ต และแสงที่มองเห็นได้ ความถี่ของไมโครเวฟจะอยู่ในช่วงของ 300 ถึง 30,000 MHz ความยาวคลื่นเป็นระยะระหว่างตำแหน่งถัดกันที่เหมือนกันในรูปของหนึ่งวงจรคลื่นสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 28 ในทำนองเดียวกัน



ภาพที่ 28 การแสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างง่าย

ที่มา : พชร (2545)

ความถี่เป็นจำนวนครั้งที่คลื่นที่เคลื่อนที่ผ่าน 1 วงจรหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่าน 2 จุดติดจากกันซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันในคลื่น ทั้งสองเทอมสามารถแสดงความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความยาวคลื่น } \lambda \text{ (เมตร)} = \text{ความเร็ว (เมตร/วินาที)} / \text{ความถี่ (เฮิรตซ์)}$$

2. ลักษณะของคลื่นไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งต่างจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ เช่น คลื่นวิทยุ ตรงที่ความยาวและความถี่คลื่น คลื่นไมโครเวฟจะอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและคลื่นอินฟราเรด โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 0.025-0.75 เมตร ความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความถี่ โดยคลื่นไมโครเวฟความยาวคลื่น 0.025-0.75 เมตร จะสัมพันธ์กับช่วงความถี่ 20,000–400 MHz เนื่องจากความถี่ของคลื่นไมโครเวฟจะมีค่าใกล้เคียงกับคลื่นวิทยุและซ้อนทับกับคลื่นเรดาร์ซึ่งจะทำให้รบกวนระบบสื่อสารได้ ดังนั้นจึงมีการจำกัดการใช้ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ สำหรับการใช้ในอาหาร ความถี่คลื่นที่อนุญาตให้ใช้ได้คือ 2,450 MHz และ 915 MHz

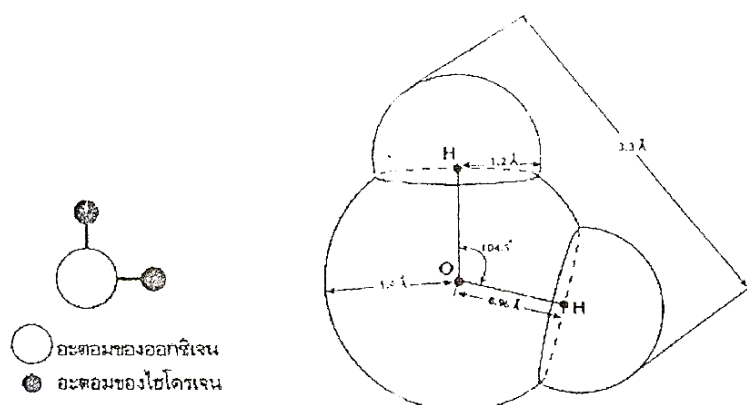
อาหารที่อบด้วยคลื่นไมโครเวฟจะสุกด้วยพลังงานจากคลื่น ซึ่งพลังงานของคลื่นนี้เหมือนคลื่นวิทยุ ตัวคลื่นจะส่งผ่านเข้าไปในอาหาร ในขณะที่กำลังอบอาหารอยู่คลื่นไมโครเวฟจะดูดความชื้นที่มีอยู่ในอาหารและแพร่กระจายเข้าไปในอาหาร ทำให้เกิดความร้อนและทำให้อาหารนั้นสุกด้วยตัวของมันเอง

คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นที่ไม่มีกลิ่นจึงไม่ทำให้รสชาติต่างๆ ของอาหารเสียไป คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถกักเก็บไว้ในอาหาร เพราะเหตุนี้ปัญหากลิ่นตกค้างอยู่ในอาหารจึงไม่มี นอกจากนี้คลื่นไมโครเวฟสามารถจะทะลุผ่านวัตถุบางชนิด เช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก ซึ่งวัตถุเหล่านี้ไม่ดูดซึมหรือสะท้อนพลังงานไมโครเวฟ ดังนั้นวัตถุจึงเป็นวัตถุที่ใช้ได้ดีในการที่จะบรรจุอาหารเข้าเตาไมโครเวฟ

3. หลักการเกิดความร้อนจากคลื่นรังสีไมโครเวฟ

โครงสร้างโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนที่มีประจุลบ ซึ่งแยกออกจากอะตอมของไฮโดรเจนที่มีประจุบวก ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าไดโพลทางไฟฟ้า (electric dipole) ลักษณะไดโพลของปริมาณน้ำในอาหารมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดความร้อนด้วยไมโครเวฟ เนื่องจากประจุไฟฟ้าบวกและลบของโมเลกุลน้ำวางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่สมมาตรกัน ดังแสดงในภาพที่ 29 เมื่อให้รังสีไมโครเวฟหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสลับอย่างรวดเร็วแก่อาหาร ไดโพลในน้ำจะพยายามจัดเรียงตัวตามการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละครั้ง สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนหลายล้านครั้งต่อวินาที ทำให้น้ำหรือโมเลกุลที่มีขั้วต่างๆ หมุนเพื่อรักษาการจัดเรียงตัวด้วยการเปลี่ยนขั้วอย่างรวดเร็ว การหมุนของโมเลกุลต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานกับตัวกลางที่อยู่รอบๆ และเกิดความร้อนขึ้น

ไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับวัตถุต่างๆ ไอออนหรืออนุภาคที่มีประจุจะถูกดึงดูดหรือผลักออกไปโดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งถูกเร่งหรือชนกับโมเลกุลอื่นๆ ทำให้เกิดความร้อนขึ้น การให้ความร้อนที่เป็นแบบไดอิเล็กทริกหรือความร้อนที่เกิดขึ้นภายในวัตถุโดยตรงขณะที่เคลื่อนที่ผ่านไป ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าการให้ความร้อนด้วยวิธีการทั่วไป



ภาพที่ 29 โมเลกุลของน้ำที่แสดงประจุไฟฟ้าบวก และลบในตำแหน่งที่ไม่สมมาตรกัน
ที่มา : ไพบูลย์ (2532) อ้างโดย : พชร (2545)

วัตถุโดยทั่วไปจะประกอบด้วยอนุภาคประจุไฟฟ้าบวกและอนุภาคประจุไฟฟ้าลบจำนวนเท่าๆ กัน จึงทำให้วัตถุนั้นมีลักษณะเป็นกลาง ถ้าวัตถุไม่มีคุณสมบัติการนำ นั่นคือเป็นพวกไดอิเล็กทริก เมื่อนำไปวางในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลจะเคลื่อนที่ไปทิศทางต่างๆ และพยายามเรียงตัวตามสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ โมเลกุลจะทำตัวเหมือนมี 2 ขั้ว และเมื่อหมุนรอบตัวตามแกน โมเลกุลเหล่านี้จะจัดเรียงตัวตามแนวขั้วบวกและขั้วลบ การเสียดสีภายในระหว่างโมเลกุลนี้เองทำให้เกิดผลของความร้อน ที่คลื่นความถี่ 915 MHz โมเลกุลจะมีการเคลื่อนที่ไปมา 915 ล้านครั้งต่อวินาที วัตถุบางชนิดจะมีการเคลื่อนที่ในโมเลกุลมากกว่าวัตถุอีกชนิดหนึ่ง เราเรียกลักษณะนี้ว่าความหวม (lossy) ระดับความหวมจะแปรผันกับความถี่ อุณหภูมิและคุณสมบัติของวัตถุ ถ้าวัตถุมีความหวมมาก วัตถุนั้นจะสามารถดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟได้มาก นั่นคือพลังงานความร้อนจะได้อีกมาก พลังงานไมโครเวฟสามารถที่จะเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$E = hf$$

เมื่อ E = พลังงาน

h = ค่าคงตัวของพลังค์ ซึ่งมีค่า 6.25×10^{-27} เอิร์กต่อวินาที

f = คลื่นความถี่

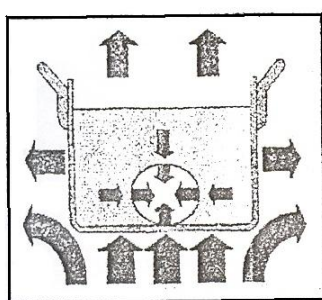
ฉะนั้นถ้าคลื่นความถี่สูง พลังงานที่ได้จะมีค่ามาก เนื่องจากว่าพลังงานไมโครเวฟจะแสดงในเทอมพลังงาน จึงสมควรที่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับพลังงานความร้อนแต่

เนื่องจาก 1 กิโลวัตต์ สามารถทำให้น้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีอุณหภูมิสูงขึ้น 14.4°C ต่อนาที ฉะนั้นพลังงานความร้อนที่จะได้จากกำลังไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ มีค่าเท่ากับ 57 BTU ต่อนาทีต่อกิโลวัตต์ 3,420 BTU ต่อชั่วโมงต่อกิโลวัตต์

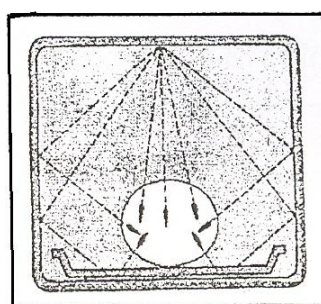
ตารางที่ 4 คลื่นความถี่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และการแพทย์

ความถี่ (ไซเคิล / วินาที)	ความยาวคลื่น (ซม.)
$13,560 * 10^3$	2,220
$27,120 * 10^3$	1,110
$40,680 * 10^3$	73.5
$915 * 10^6$	32.8
$2,450 * 10^6$	12.4
$5,800 * 10^6$	5.17
$22,125 * 10^6$	1.35

ที่มา : ไพนุลย์ (2532) อ้างโดย : พชร (2545)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 30 (ก) การให้ความร้อนแบบธรรมดา (ข) การให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ

ที่มา : พชร (2545)

จำนวนชั่วและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยสนามไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ของอาหาร ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความจุไฟฟ้าของอาหารต่อ

ความจุไฟฟ้าของอากาศซึ่งในบางครั้งอาจเป็นสุญญากาศ ตารางที่ 5 จะแสดงความแตกต่างของค่าดังกล่าวที่ความถี่คลื่น 915 และ 2,450 MHz การเปลี่ยนรูปแบบต่างๆ ของโครงสร้างโมเลกุลซึ่งเกิดจากการเรียงตัวใหม่ของขั้วไฟฟ้าจะให้พลังงานในรูปของความร้อน ทั้งนี้จะมีช่วงเวลา เรียกว่า ช่วงรีแลกเซชัน (relaxation time) ซึ่งเป็นช่วงเวลาล่าช้าเศษหนึ่งส่วนล้านของวินาที ก่อนที่ขั้วจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า ค่าความหนืดของอาหารและอุณหภูมิจะมีผลต่อค่านี้ เช่น เมื่อน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะลดลงอีกและลดลงอีกเมื่อน้ำแข็งถูกทำให้เย็นลงอีก คลื่นไมโครเวฟจึงสามารถเคลื่อนที่ผ่านน้ำแข็งได้ดีกว่าน้ำ อาหารแช่เยือกแข็งซึ่งมีความชื้นสูงจึงดูดซับพลังงานได้มากกว่าตอนที่ละลายแล้ว อาจแสดงความสัมพันธ์ของค่าที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติด้านไดอิเล็กทริกของอาหารต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

$$\varepsilon^* = \varepsilon' + i\varepsilon''$$

เมื่อ ε^* = Complex permittivity

ε' = ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก

ε'' = dielectric loss factor

$$\tan \delta = \varepsilon'' / \varepsilon'$$

= loss tangent ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความถี่ของการแทรกผ่านคลื่นและการกระจายพลังงาน

โดยทั่วไปถ้าวัตถุมีค่า loss factor สูง วัตถุนั้นจะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 5 คุณสมบัติด้านไดอิเล็กทริกของวัตถุดิบ

อาหาร	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้น (%)	ความถี่ (MHz)	ค่าคงที่ ไดอิเล็กทริก	loss factor
เนื้อวัว	25	-	915	62	27
			2,450	61	17
เนื้อหมู	25	-	915	59	26
			2,450	58	16
มันฝรั่ง	25	-	915	65	19
			2,450	64	14

ตารางที่ 5 (ต่อ)

อาหาร	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณความชื้น (%)	ความถี่ (MHz)	ค่าคงที่ ไดอิเล็กทริก	loss factor
แครอท	25	-	915	73	20
			2,450	72	15

ที่มา : วิไล (2543) อ้างโดย : พัชร (2545)

ไมโครเวฟเดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนเส้นตรง ถูกสะท้อนกลับเมื่อกระทบโลหะ เคลื่อนที่ผ่านอากาศ สามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว พลาสติก กระดาษ หรือไม้ได้ หรือถูกดูดซับโดยส่วนประกอบในอาหารซึ่งมีน้ำเป็นส่วนใหญ่ ถ้าคลื่นไมโครเวฟถูกสะท้อนกลับหมดหรือทะลุผ่านวัตถุโดยไม่มีการดูดซับ วัตถุหรืออาหารนั้นก็จะไม่ร้อน อาหารจะร้อนขึ้นเมื่อมีการดูดซับคลื่นหรือพลังงานไว้ ในการให้ความร้อนแก่อาหารจะทำให้สูญเสียพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไป เราใช้คำว่า loss factor หรือ loss tangent เป็นตัวชี้บอกการสูญเสียพลังงานไมโครเวฟในการเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในอาหารหรือบอกว่าการดูดซับไว้ทั้งหมด วัตถุดิบที่ดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้มากคือ วัตถุที่มีการเคลื่อนที่ภายในโมเลกุลมากกว่าวัตถุอีกชนิดหนึ่ง เรียกลักษณะดังกล่าวว่า ความหยาบ (lossy) ระดับความหยาบนี้จะแปรผันกับคลื่นความถี่ อุณหภูมิและคุณลักษณะของวัตถุ ถ้าวัตถุนั้นมีความหยาบมาก วัตถุจะดูดซับพลังงานได้มาก นั่นคือวัตถุจะร้อนมาก

ตารางที่ 5 แสดงค่า ϵ'' และ ϵ' ของอาหารบางชนิด การถ่ายเทความร้อนในอาหารเกิดจากการนำความร้อนเนื่องจากการกระจายพลังงานไม่สม่ำเสมอ แก้ว กระดาษ และโพลีเมอร์ที่ใช้ในการบรรจุมีค่า loss factor ต่ำ คือ โปร่งใสต่อคลื่นไมโครเวฟจึงไม่ร้อน ส่วนโลหะจะสะท้อนคลื่นไมโครเวฟได้เนื่องจากอาหารมีส่วนประกอบและการกระจายของส่วนประกอบต่างๆ ไม่เท่ากัน รูปแบบการทำให้ความร้อนโดยไมโครเวฟจึงต่างกันด้วย

ค่า loss factor ของอาหาร ความยาวคลื่นและความถี่ไมโครเวฟเป็นตัวกำหนดความลึกของการแทรกผ่านโดยคลื่นไมโครเวฟได้ ทั้งนี้เนื่องจากไมโครเวฟจะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนในขณะที่แทรกเข้าไปในอาหาร ยิ่งค่า loss factor สูงก็หมายความว่าเกิดความร้อนมากขึ้นด้วย นั่นคือคลื่นจะแทรกเข้าไปในอาหารได้สั้นลงก่อนที่จะพลังงานทั้งหมดจะถูกใช้ไป ไมโครเวฟที่ความถี่ 915 MHz จะเกิดการสูญเสียพลังงานมากกว่าคลื่นความถี่ 2,450 MHz ในวัตถุนั้นชนิดและ

ตรงข้ามกับวัตถุนิดอื่น หรือได้ผลเท่ากันในวัตถุนิดบางชนิด ถ้าต้องการให้คลื่นแทรกเข้าไปในอาหารได้ลึกๆ ก็ควรเลือกคลื่นความถี่มี loss factor ต่ำ ดังเช่นตัวอย่างที่สภาวะใกล้เคียงกัน ในขณะที่ที่พลังงานของคลื่นที่กระทบสูญเสียไปครั้งหนึ่งแล้ว ความลึกของการทะลุทะลวง (depth of penetration) ของไมโครเวฟซึ่งเป็นระยะทางจากผิวของผลิตภัณฑ์ ความลึกของการทะลุทะลวงขึ้นกับสมบัติทางไฟฟ้าของวัตถุที่ทำให้ร้อนและการสูญเสียหรือการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อนของอาหารและความยาวคลื่นและความถี่ไมโครเวฟ โดยทั่วไปแล้วความถี่ของไมโครเวฟที่ใช้ยังต่ำความสามารถในการทะลุทะลวงยิ่งมาก เช่น พลังงานไมโครเวฟที่ความถี่คลื่น 915 MHz จะทะลุทะลวงได้ลึกกว่าพลังงานไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz เนื่องจากมีความยาวคลื่นที่มากกว่า นอกจากนี้แล้วยังอุณหภูมิมีค่าต่ำๆ ความสามารถในการทะลุทะลวงยิ่งสูงขึ้นเมื่อใช้ความถี่เดียวกัน เตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือนนิยมใช้ที่ความถี่ 2,450 MHz ทั้งนี้เนื่องจากความยาวคลื่นที่ความถี่เหล่านี้สอดคล้องกับขนาดของอาหาร ซึ่งทำให้การให้ความร้อนมีประสิทธิภาพค่อนข้างมากกว่าที่จะใช้ความถี่ที่สูงหรือที่ต่ำกว่าความถี่เหล่านี้

อัลตราโซนิก (ultrasonic)

หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงประมาณ 15 KHz ดังนั้นในความหมายของคำว่าอัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความสูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้สามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ซึ่งเป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง เมื่อความถี่ที่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดของตัวกำเนิดเสียง ความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมาก คลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มิลลิเมตร เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกทำให้นำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่มีความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งกระแszeitเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็จะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้นๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (10^9 Hz) ก็มีใช้กันในหลายๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

คลื่นอัลตราโซนิกเมื่อนำจะทำให้เกิดคลื่นน้ำและฟองอากาศเรียกว่า cavitation ซึ่งเป็นการเกิดคลื่นน้ำและฟองอากาศซ้ำแล้วซ้ำอีกในขนาดที่เล็กมาก (ขนาดไมครอน) ประมาณหนึ่งในหนึ่งล้านเมตร ผลที่ได้คือพลังงานมหาศาล (สามารถทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ถึง $10,000^{\circ}\text{C}$ และทำให้ความดันเพิ่มขึ้นได้ถึง 10,000 PSI)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณิชากร (2546) ได้ศึกษาการนำน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทาผิว โดยสมุนไพรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ อบเชยจีน กานพลู และขมิ้นชัน ซึ่งได้ทดลองเปรียบเทียบวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหย 3 แบบคือ การกลั่นด้วยน้ำ (Hydro distillation) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water-steam distillation) พบว่า อบเชยจีนและกานพลูเหมาะกับการกลั่นด้วยน้ำ ขมิ้นชันเหมาะกับการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด

มนิษา (2546) ได้เปรียบเทียบกระบวนการสกัดกลิ่นหอมจากกุหลาบมอญ โดยได้ทำการสกัดด้วยวิธีคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต การกลั่นด้วยน้ำ การสกัดด้วยไขมันร้อน การสกัดด้วยไขมันเย็น และการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธี gas chromatograph (GC) ในการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิของคาร์บอนไดออกไซด์ 3 ระดับ คือ 40°C , 45°C

และ 50°C ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 0.30 กรัมต่อมิลลิลิตร 0.50 กรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.70 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยกำหนดระยะเวลาในการสกัด 60 นาที พบว่าสภาวะของปัจจัยที่ให้ผลตอบสนองสูงสุดคือ อุณหภูมิ 50°C ความหนาแน่น 0.70 กรัมต่อมิลลิลิตร สามารถสกัดสารฟีนิล-เอทิลแอลกอฮอล์ได้สูงสุด ซึ่งเมื่อพิจารณาความสามารถในการสกัดสารสำคัญได้เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ การกลั่นด้วยน้ำ การสกัดด้วยไขมันร้อน และการสกัดด้วยไขมันเย็น

บุญส่ง (2526) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดมะแว้ง 2 วิธี วิธีแรกโดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย petroleum ether แล้วทำการกลั่นลำดับส่วน วิธีที่สองโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ ในวิธีแรกใช้ตัวอย่างจำนวน 700 กรัม มาสกัดด้วยเครื่องสกัดซอกซ์เลตเอกซ์แทรกเตอร์ (soxhlet extractor) ด้วยตัวทำละลาย petroleum ether ได้ crude oil 84.99 กรัม และกำจัดตัวทำละลายแล้ว นำมากลั่นลำดับส่วนภายใต้ความดันต่ำ ได้น้ำมันหอมระเหยออกมา 2 ส่วน ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC พบว่าทั้ง 2 ส่วนนี้มีส่วนประกอบที่คล้ายกัน ส่วนการสกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ ใช้ตัวอย่างจำนวน 150 กรัม ได้น้ำมันหอมระเหยทั้งหมด 3.57 กรัม จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC พบว่าการสกัดทั้งสองวิธีได้ส่วนผสมของสารที่คล้ายกันมาก และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NMR เปรียบเทียบกับ GC พบว่าสารประกอบหลักคือ limonene

สุรัตน์วุฒิ (2543) ได้พัฒนาเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยใช้กลั่นเพื่อสกัดแยกน้ำมันหอมระเหย (essential oil หรือ volatile oil) ซึ่งไม่ใช่ไขมันพืชทั่วไป (fixed oil) โดยสกัดจากส่วนที่มีน้ำมันหอมระเหยสะสมอยู่ของพืช การออกแบบถึงกลั่นเป็นชนิดเบ็ดเสร็จในถังเดียวขนาดเล็ก โดยใช้ระบบการกลั่นด้วยน้ำ (hydro-distillation) มีระบบควบคุมอุณหภูมิ และความดัน โดยมีส่วนที่ทำการควบแน่น (condenser) แยกต่างหาก สามารถประกอบ หรือถอดชิ้นส่วนออกได้ง่าย ขนย้ายได้สะดวก ทำจากเหล็กปลอดสนิมชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (stainless steel, food grade) สามารถทนแรงดันจากภายในได้ไม่ต่ำกว่า 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งจากรายงานได้มี การนำเสนอผลการทดลองสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่างๆ เช่น เปลือกผลมะนาว 1.97% w/w เปลือกผลมะกรูด 4.6% w/w ใบตะไคร้หอม 0.6% w/w เหง้าไพล 1.2% w/w เป็นต้น

อิสรา และคณะ (2541) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องกลั่นสมุนไพร ขนาดบรรจุ 150-200 กิโลกรัมต่อครั้ง มีระบบแยกน้ำมันและน้ำที่กลั่นออกมากลับเข้าไปยังถังต้มอีกครั้ง ผลการทดสอบ

ที่ได้สามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอมได้ 0.34-0.66% ของน้ำหนักสด กลั่นโหระพา ได้ 0.28-0.43% ของน้ำหนักสด และกลั่นใบมะกรูดได้ 0.82-0.91% ของน้ำหนักสด

นิตยา (2548) ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่นำหลักการของการสกัดโดยอาศัยของไหลเหนือวิกฤต ซึ่งเป็นที่นิยมในการสกัดสารจากพืชสมุนไพร พบว่าประสิทธิภาพการสกัดโดยวิธีกลั่นแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และวิธีการสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤตนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ ปริมาณของสารสกัดที่ได้ไม่แตกต่างกัน แต่คุณภาพของสารสกัดที่ได้แตกต่างกัน โดยการสกัดด้วยการกลั่นแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์หรือไอน้ำจะได้สารสำคัญ รวมทั้งเม็ดสี (pigment) และฟอสโฟลิพิดออกมาด้วย แต่การสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤตสามารถสกัดได้เฉพาะสารสำคัญ ซึ่งแสดงว่าการสกัดโดยอาศัยของไหลเหนือวิกฤตมีความจำเพาะเจาะจงต่อสารที่ต้องการ โดยพิจารณาร้อยละของสารสำคัญ (%yield) แต่ละชนิดที่สูงกว่า และมีความแปรปรวนของแต่ละองค์ประกอบน้อยกว่าวิธีการกลั่นแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ หรือไอน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าในการกลั่นแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายหรือไอน้ำ จะต้องระวังการสลายตัวของสารสกัดเนื่องจากความร้อน (thermal degradation) และได้ทำการเปรียบเทียบการสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤตกับการกลั่นอย่างต่อเนื่อง และการใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าการสกัดโดยอาศัยของไหลเหนือวิกฤตสามารถสกัดสารที่ต้องการได้ และได้ปริมาณสารสกัดแต่ละองค์ประกอบในอัตราสูง และมีความแปรปรวนของแต่ละองค์ประกอบน้อยกว่าวิธีอื่น อีกทั้งยังไม่ต้องผ่านกระบวนการเตรียมสารสกัดก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ รวมทั้งได้ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งการถ่ายโอนความร้อน หรือการถ่ายเทมวลสารมาใช้ในการศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วของตัวทำละลาย ขนาดของอนุภาค และจำนวนถังสกัด ที่มีผลต่อการสกัดสารเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารจากสมุนไพร

Lucchesi *et al.* (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 3 ชนิด คือ basil (*Ocimum basilicum* L.) garden mint (*Mentha crispa* L.) และ thyme (*Thymus vulgaris* L.) โดยทำการสกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟโดยไม่ใช้ตัวทำละลาย (Solvent-free microwave extraction: SFME) ซึ่งเป็นการใช้คลื่นไมโครเวฟในการให้ความร้อนร่วมกับวิธีการกลั่นแห้ง (dry distillation) ที่ความดันบรรยากาศ เป็นเวลา 30 นาที และได้ทำการเปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นแบบเดิมคือ การกลั่นด้วยน้ำ (hydro-distillation: HD) ที่ความดันบรรยากาศ ใช้เวลาในการกลั่น 4.5 ชั่วโมง ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลอง 3 อย่าง คือ 1) สัดส่วนขององค์ประกอบน้ำมันหอมระเหย 2) ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ 3) การใช้พลังงานซึ่งผลปรากฏว่าวิธี SFME มี

ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนประกอบของ oxygenated compound มากกว่า ประหยัดพลังงาน เวลา และวัตถุดิบมากกว่าวิธี HD

Kimbaris *et al.* (2004) ได้เปรียบเทียบการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกลีบกระเทียมสด (*Allium sativum*) โดยวิธีการกลั่นสกัด (simultaneous distillation extraction: SDE) วิธีใช้ไมโครเวฟในการกลั่นสกัดด้วยน้ำ (microwave assisted hydro-distillation extraction: MWHD) และวิธีใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด (ultrasonic-assisted extraction: USE) เปรียบเทียบในเชิงปริมาณและคุณภาพขององค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ ซึ่งการใช้อัลตราโซนิกช่วยในการสกัดนี้เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดกับโมเลกุลที่มีความไวต่อความร้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติประเภทกลั่นและรสชาติของกระเทียม ทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย GC-MS แล้วปรากฏว่าองค์ประกอบบางชนิดมีการเปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องมาจากค่าความร้อนที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน คือวิธี SDE มีการให้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน วิธี MWHD มีการให้ความร้อนในเวลาอันสั้น และวิธี USE เป็นการสกัดที่อุณหภูมิห้อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าความร้อนและระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อการเสื่อมสภาพในเซลล์ของวัสดุเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติด้านกลิ่นและรสชาติซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหย รวมทั้งพบว่าคลื่นความถี่สูงอัลตราโซนิกสามารถทำให้อนุภาคของน้ำสั่นสะเทือน และแตกตัวเป็นละอองเล็กมากๆ ได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ซึ่งถ้านำเอาหลักการนี้มาใช้ในการช่วยสกัดน้ำมันหอมระเหยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดมากขึ้น รวมทั้งยังช่วยลดการเสื่อมสภาพของสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยได้ ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟขึ้น เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งในการทดสอบจะทำการเปรียบเทียบการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธีการดังนี้ คือ การกลั่นที่ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ การกลั่นที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ โดยที่ การกลั่นที่ความดันบรรยากาศ จะใช้วิธีการทดสอบ 3 แบบ คือ การกลั่นด้วยน้ำ การกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ และการกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด โดยจะทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหย และวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญทั้งในส่วน of ปริมาณและคุณภาพ โครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากไพล ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต เช่น ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยา หรือเครื่องสำอาง และยังช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

ใช้เหง้าไพลจากแหล่งปลูกในเขตพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม อายุปลูกประมาณ 10-12 เดือนขึ้นไป เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม เป็นช่วงที่ลำต้นไพลพุดตัวลง ซึ่งในช่วงนี้จะมีการสะสมปริมาณน้ำมันไพลมากที่สุด

ใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นตัวทำละลาย

2. อุปกรณ์

เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction: ME) เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (Portable Seam Distillation Unit: PSDU) (สุรตน์วุฒิ, 2543) เครื่องกลั่นสุญญากาศ (Rotary Evaporator: RE) ยี่ห้อ BÜCHI RotaVapor รุ่น R-220 เครื่องกลั่นด้วยน้ำ (Hydro Distillation: HD) เครื่องล้างอัลตราโซนิก (Ultrasonic Cleaning Bath) ยี่ห้อ NDI ULTRASONIK รุ่น 136H เครื่องปั่นผักผลไม้ (Blender) ยี่ห้อ KASHIWA รุ่น Magic Blender กำลังไฟ 350 W

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี gas chromatography : GC ยี่ห้อ Fisons Instrument model 8000 series คอลัมน์ J&W Scientific, USA แบบ fused-silica-capillary เฟสแบบไม่มีขั้ว DB-5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์ 0.25 mm ยาว 30 m ความหนาของฟิล์ม 0.25 μ m อุณหภูมิเริ่มต้นในคอลัมน์ 50°C ถึงอุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์ 220°C อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิในคอลัมน์ 4°C min⁻¹ อุณหภูมิสารที่ฉีดเข้า 230°C in splitless mode; 0.1 μ l

วิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ CHROMA METER CR-400 ซึ่งวัดสีด้วยระบบ L a b color space

วิธีการ

1. การออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction : ME)

ออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ โดยทำการเจาะเตาอบไมโครเวฟ และต่ออุปกรณ์กลั่น อุปกรณ์ควบแน่น พร้อมทั้งสร้างกล่องครอบเครื่องกลั่นเพื่อป้องกันการรั่วของคลื่นไมโครเวฟ

2. การหาปริมาณความชื้นของไพล

นำไพลที่ปลูกในเขตพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม อายุปลูกประมาณ 10-12 เดือน ขึ้นไป สุ่มตัวอย่างจำนวน 36 ตัวอย่าง เพื่อทำการหาปริมาณความชื้น โดยมีสูตรการคำนวณหาความชื้น ดังนี้

$$\%wb = \frac{\text{Loss in weight} * 100}{\text{Weight in wet sample}}$$

เมื่อ %wb คือ เปอร์เซนต์กระเปาะเปียก

3. แผนการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction)

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

3.1.1 คัดเลือกเฉพาะเหง้าไพลที่สมบูรณ์ ไม่มีแผล หรือแมลงเจาะทำลาย มีสีเหลืองแกมเขียว และกลิ่นหอม นำมาล้างทำความสะอาดแล้วตากให้แห้ง

3.1.2 นำไฟลจากข้อ 3.1.1 น้ำหนัก 300 กรัม ปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด บรรจุลงในภาชนะบรรจุสารสกัดแล้วเติมน้ำ 700 มิลลิลิตร เพื่อทำการทดลองต่อไป

3.2 ศึกษาผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไฟลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.1.2 มาทำการทดสอบการกลั่นโดยใช้กำลังไฟสูงสุดที่ 800 วัตต์ ที่เวลาต่างๆ กัน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ทำการทดสอบทรีตเมนต์ละ 3 ครั้ง

3.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

3.3.1 สุ่มตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.2 ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี gas chromatography และวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์

3.3.2 สุ่มตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.2 ทำการวิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหย

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) ทรีตเมนต์คือ เวลาในการกลั่นที่ระดับต่างๆ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 300 กรัม นำข้อมูลในแต่ละซ้ำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ และความแตกต่างของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4. แผนการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไฟลโดยใช้วิธีไมโครเวฟร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิคช่วยสกัด (Ultrasonic-assisted Microwave Extraction: UME)

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1 และ 3.1.2

4.2 ศึกษาผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 4.1 มาทำการทดสอบโดยการแช่ภาชนะบรรจุสารสกัดลงในเครื่องล้างอัลตราโซนิกที่เวลาต่างๆ กัน คือ 10, 20 และ 30 นาที จากนั้นจึงทำการกลั่นเป็นเวลา 10 นาที ทำการทดสอบทรีตเมนต์ละ 3 ครั้ง

4.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นโดยใช้วิธี UME

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 และ 3.3.2

4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) ทรีตเมนต์ คือ เวลาในการแช่ภาชนะบรรจุสารสกัดลงในเครื่องล้างอัลตราโซนิก ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 300 กรัม นำข้อมูลในแต่ละซ้ำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ และความแตกต่างของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.5 ทำซ้ำข้อ 4.2 ข้อ 4.3 และข้อ 4.4 โดยใช้เวลาในการกลั่นเปลี่ยนเป็น 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ทำการทดสอบทรีตเมนต์ละ 3 ครั้ง

5. แผนการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยการกลั่นด้วยน้ำ (Hydro Distillation: HD)

5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

5.1.1 ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1

5.1.2 นำไพลจากข้อ 5.1.1 น้ำหนัก 300 กรัม ปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด บรรจุลงในภาชนะบรรจุสารสกัดแล้วเติมน้ำ 2,000 มิลลิลิตร เพื่อทำการทดลองต่อไป

5.2 ศึกษาผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องกลั่นด้วยน้ำ

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 5.1.2 มาทำการทดสอบการกลั่น ที่เวลาต่างๆ กัน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ทำการทดสอบทรีตเมนต์ที่ละ 3 ครั้ง

5.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นโดยใช้วิธี HD

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 และ 3.3.2

5.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) ทรีตเมนต์ คือ เวลาในการกลั่นที่ระดับต่างๆ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 300 กรัม นำข้อมูลในแต่ละซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ย แล้วทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ และความแตกต่างของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

6. แผนการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (Portable Steam Distillation Unit: PSDU)

6.1 การเตรียมวัตถุดิบ

6.1.1 ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1

6.1.2 นำไพลจากข้อ 6.1.1 มาหั่นเฉียงหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร หนัก 10 กิโลกรัม บรรจุลงในถังกลั่น แล้วเติมน้ำประมาณ 1/3 ของความสูงของถัง

6.2 ศึกษาผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 6.1.2 มาทำการทดสอบ ตั้งค่าความดัน และอุณหภูมิ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นด้วยวิธี PSDU

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 และ 3.3.2

6.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลในที่ได้จากข้อ 6.2 มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

7. แผนการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศ (Rotary Evaporator : RE)

7.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1 และ 3.1.2

7.2 ศึกษาผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 7.1 มาทำกลั่นโดยทำการตั้งค่าความดันที่ปั๊มสุญญากาศ และตั้งค่าอุณหภูมิของหม้ออ่างไอน้ำ ทำการทดลอง 3 ครั้ง

7.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 และ 3.3.2

7.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลในที่ได้จากข้อ 7.2 มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction : ME)

ส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟมีดังนี้

1.1 เตาอบไมโครเวฟ (Microwave oven)

เป็นเตาอบที่ใช้ในครัวเรือน (household microwave oven) ยี่ห้อ SHARP R-233 ให้กำลังไฟสูงสุด 800 วัตต์ ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ 2,450 MHz มีขนาดภายในเตาอบ 322 x 212 x 330 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งได้ทำการดัดแปลงเพื่อใช้ในงานวิจัย

1.2 ชุดกลั่น ประกอบด้วย

1.2.1 ภาชนะบรรจุสารสกัด (distillation flask) เป็นขวดแก้วก้นกลมชนิดคอขวดสั้น (short necked flask) ขนาดบรรจุ 2,000 มิลลิลิตร ซึ่งทำการขึ้นรูปที่ก้นขวดให้แบนเพื่อให้ตั้งพื้นได้

1.2.2 ภาชนะรองรับน้ำมันหอมระเหย (receiving flask) เป็นขวดแก้ว ขนาดบรรจุ 500 มิลลิลิตร

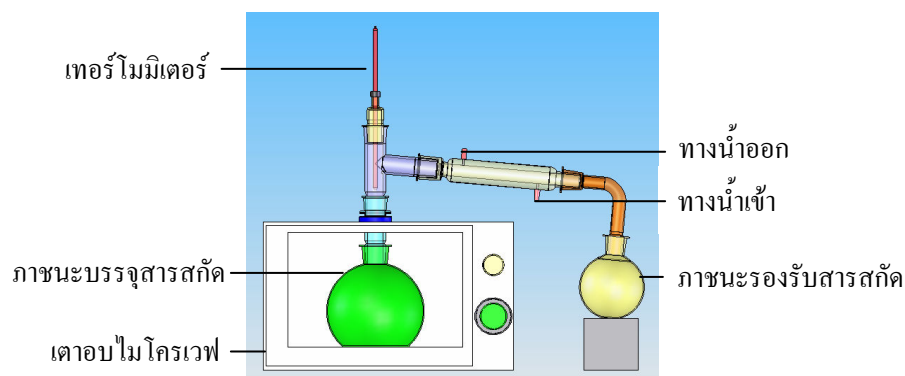
1.2.3 อุปกรณ์ควบแน่น (condenser) ซึ่งประกอบด้วยทางน้ำเข้า (water inlet) อยู่ด้านล่าง และทางน้ำออก (water outlet) ซึ่งอยู่ด้านบนของชุดควบแน่น

1.2.4 เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 200°C

1.3 กล่องครอบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ ใช้เหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ประกอบเป็นกล่องซึ่งมีขนาด 900 x 550 x 500 ลูกบาศก์มิลลิเมตร โดยด้านหน้า

ทำเป็นประตูเลื่อน เปิด-ปิด ซึ่งทำจากหลอดตาข่ายขนาด 1x1 ตารางมิลลิเมตร ประตูมีขนาด 900 x 540 ตารางมิลลิเมตร

1.4 การประกอบเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ ทำการเจาะรูด้านบนของเตาอบไมโครเวฟขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 33 มิลลิเมตร ใส่หน้าแปลนวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 83 มิลลิเมตร ด้านในของรูเจาะนำหลอดตาข่ายขนาด 1x1 ตารางมิลลิเมตร มาม้วนเป็นวงกลมติดรอบรูเจาะ เพื่อป้องกันการรั่วของคลื่นไมโครเวฟ ด้านในของเตาอบทำการถอดมอเตอร์หมุนภาชนะออก เนื่องจากจะทำให้อุปกรณ์กลั่นแตกได้



ภาพที่ 31 ส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ



ภาพที่ 32 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยใช้วิธีไมโครเวฟที่สร้างขึ้น

2. ผลการหาปริมาณความชื้นของไพล

ทำการอบหาความชื้นของไพลจากการสุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 36 ตัวอย่าง คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยได้ 72.25 %wb

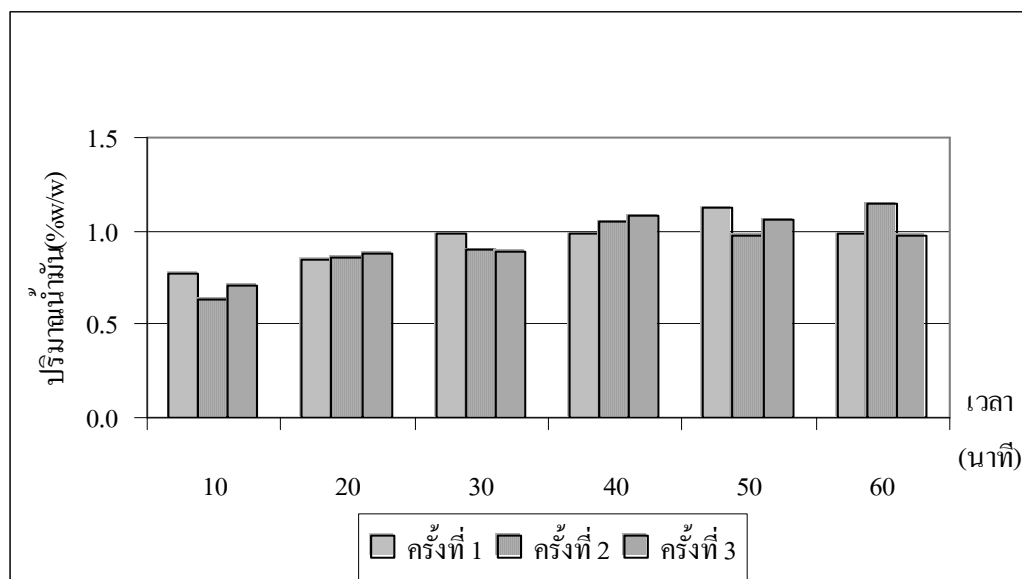
3. ผลการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟ (Microwave Extraction : ME)

ทำการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี ME ซึ่งตั้งค่าการทำงานของเครื่องด้วยกำลังไฟสูงสุด คือ 800 วัตต์ ทำการกลั่นที่เวลา 10, 20, 30, 40 50 และ 60 นาที ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6

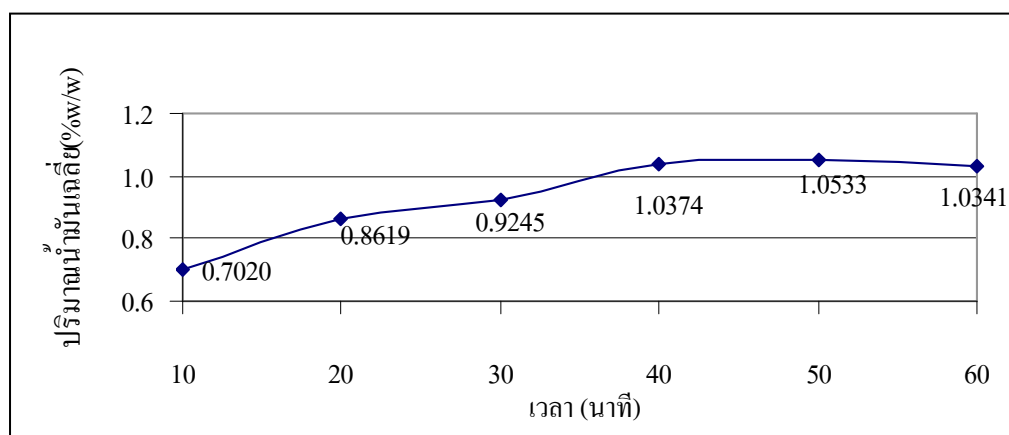
ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลในการกลั่นด้วยวิธี ME

เวลากลั่น (นาที)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
10	2.1061 ^a	0.7020 ^a
	(0.2152)	(0.0717)
20	2.5858 ^b	0.8619 ^b
	(0.0469)	(0.0156)
30	2.7734 ^{bc}	0.9245 ^{bc}
	(0.1497)	(0.0499)
40	3.1123 ^{cd}	1.0374 ^{cd}
	(0.1492)	(0.0498)
50	3.1599 ^d	1.0533 ^d
	(0.2263)	(0.0754)
60	3.1022 ^{cd}	1.0341 ^{cd}
	(0.2840)	(0.0946)

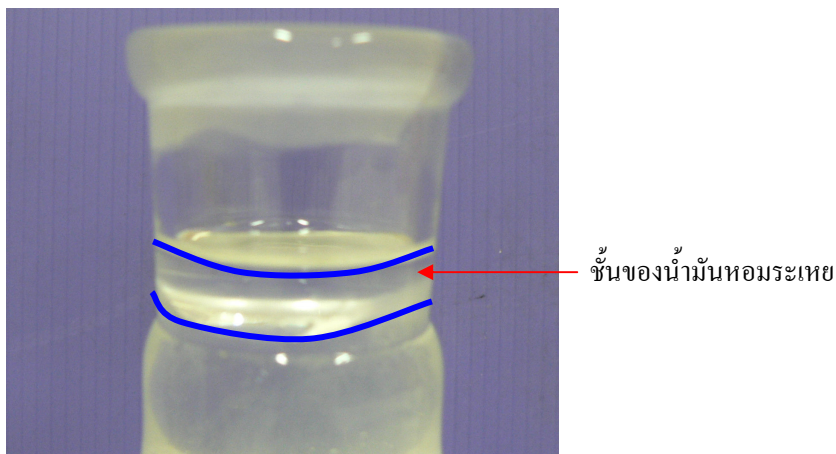
หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และตัวอักษร a, b, c และ d ที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT



ภาพที่ 33 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากปาล์มที่กลั่นได้ตามช่วงเวลาที่ใช้ในการกลั่นด้วยวิธี ME



ภาพที่ 34 กราฟแสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากปาล์มที่กลั่นได้ตามช่วงเวลาที่ใช้ในการกลั่นด้วยวิธี ME



ภาพที่ 35 ลักษณะสีและการแยกชั้นของน้ำมันหอมระเหยจากไพลในการกลั่นด้วยวิธี ME

ภาพที่ 33 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นได้ในแต่ละครั้ง เมื่อนำมาหาปริมาณเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 6 โดยเมื่อทำการกลั่นที่เวลา 10 นาที ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 2.1061 กรัม (0.7020%w/w) เวลา 20 นาที 2.5858 กรัม (0.8619%w/w) เวลา 30 นาที ได้ 2.7734 กรัม (0.9245%w/w) และที่เวลาในการกลั่น 40, 50 และ 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 3.1123 กรัม (1.0374%w/w) 3.1599 กรัม (1.0533%w/w) และ 3.1022 กรัม (1.0341%w/w) ตามลำดับ ปริมาณน้ำมันที่เวลาในการกลั่น 40, 50 และ 60 นาที ไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภาพที่ 34 เป็นการนำค่าเฉลี่ยมาแสดงในรูปแบบกราฟเส้น โดยความชันของกราฟจะแบ่งเป็นสองช่วงคือ ช่วงแรกจะมีความชันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนลดลงและเข้าสู่ช่วงที่สองเมื่อเวลา 40 นาทีซึ่งจะขนานไปกับแกนเวลา หมายความว่าในช่วงแรกปริมาณน้ำมันหอมระเหยแปรผันตรงกับเวลาที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเมื่อทำการกลั่นมาจนถึงเวลา 40 นาที ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในไพลจะกลั่นตัวออกมามากที่สุดจนหมด ถึงแม้จะกลั่นต่อไปเรื่อยๆ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยก็จะไม่เพิ่มขึ้นอีก ทำให้เส้นกราฟที่เวลา 50 และ 60 นาที จึงไม่มีความชัน

เนื่องจากการใช้ไมโครเวฟเป็นแหล่งพลังงานความร้อนซึ่งคลื่นไมโครเวฟเดินทางเป็นเส้นตรง เมื่อผ่านวัตถุจะถูวัตถุนั้นดูดซับคลื่นหรือพลังงานความร้อนไว้ โดยพลังงานความร้อน 1 กิโลวัตต์ สามารถทำให้น้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีอุณหภูมิสูงขึ้น 14.4°C ต่อนาที (พัชร, 2545) ซึ่งจากการทดลองกลั่นด้วยวิธี ME พบว่าต้องใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 8 นาที จึงจะทำให้ของผสมระหว่างไพลกับน้ำเริ่มกลั่นตัวออกมาเป็นหยดน้ำ

ของเหลวที่กลั่นตัวออกมาเป็นของผสมระหว่างน้ำและน้ำมันหอมระเหยจากไพล โดยน้ำมันหอมระเหยมีความหนาแน่นน้อยกว่าและไม่รวมตัวกับน้ำ จึงแยกชั้นลอยอยู่ด้านบนดังภาพที่ 35 แล้วจึงทำการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำ พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีสีเหลืองใส ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นไหม้ปะปน

4. ผลการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด (Ultrasonic-assisted Microwave Extraction :UME)

การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี UME ซึ่งตั้งค่าการทำงานของเครื่องด้วยกำลังไฟสูงสุด คือ 800 วัตต์ ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการแช่ภาชนะบรรจุสารสกัดลงในเครื่องล้างอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที จากนั้นทำการกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที ทรีตเมนต์ละ 3 ครั้ง ทำซ้ำวิธีเดิมแต่เปลี่ยนเวลาในการกลั่น เป็น 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพลในการกลั่นด้วยวิธี UME

เวลากลั่น (นาที)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%w/w)		
	เวลาในการคลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด (นาที)		
	10	20	30
10	0.7374 ^{aA}	0.7744 ^{aA}	0.7173 ^{aA}
	(0.0581)	(0.1412)	(0.0454)
20	0.8726 ^{bcA}	0.8368 ^{bcA}	0.9503 ^{bcA}
	(0.0940)	(0.0320)	(0.0331)
30	0.7635 ^{abA}	0.8682 ^{abA}	0.8035 ^{abA}
	(0.0868)	(0.0159)	(0.0629)
40	0.9841 ^{cdA}	1.0146 ^{cdA}	0.9630 ^{cdA}
	(0.2074)	(0.1387)	(0.1369)
50	1.0213 ^{dA}	0.9819 ^{dA}	1.0285 ^{dA}
	(0.0165)	(0.0530)	(0.2342)
60	0.9191 ^{cdA}	0.9791 ^{cdA}	0.9848 ^{cdA}
	(0.1445)	(0.1571)	(0.0856)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ตัวอักษร a, b, c และ d ที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และตัวอักษร A ที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุมคือ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.563(a)	17	0.033	2.485	.011
Intercept	43.742	1	43.742	3281.719	.000
DT	0.505	5	0.101	7.584	.000
UT	0.008	2	0.004	0.294	.747
DT * UT	0.050	10	0.005	0.374	.950
Error	0.480	36	0.013		
Total	44.785	54			
Corrected Total	1.043	53			

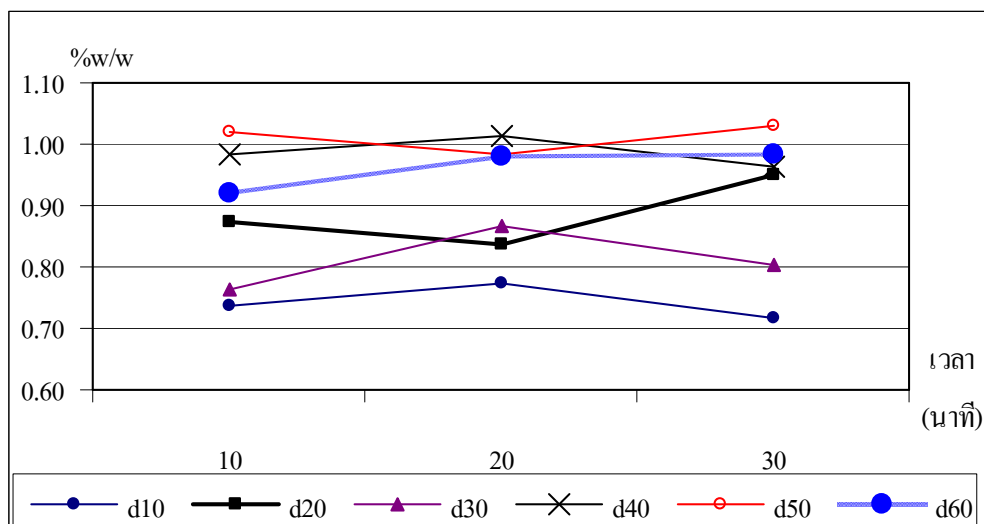
หมายเหตุ a R Squared = 0.540 (Adjusted R Squared = 0.323)

DT หมายถึง เวลาที่ใช้ในการกลั่น

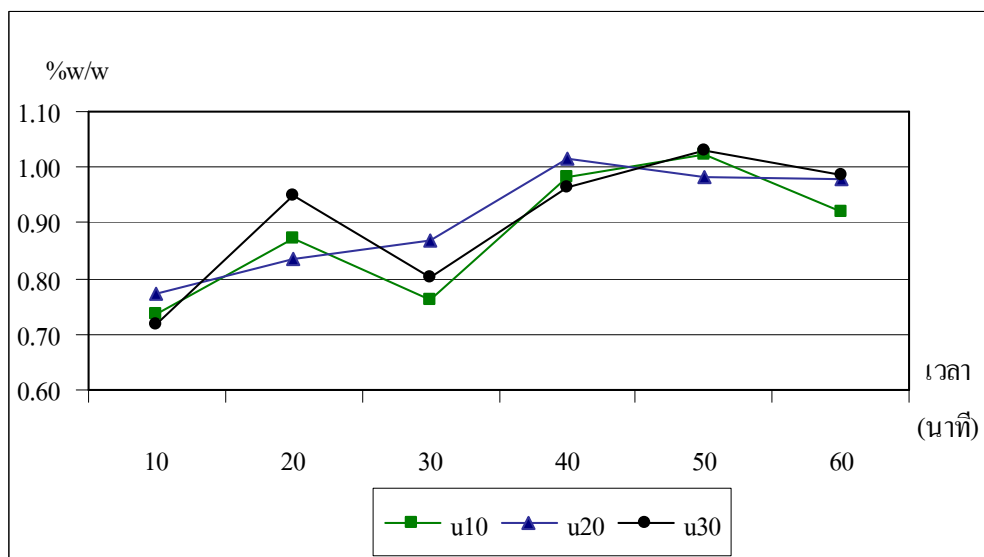
UT หมายถึง เวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด

จากตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุม คือ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล ปรากฏว่ามีเพียง เวลาที่ใช้ในการกลั่นเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT ในส่วนของเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด และ interaction ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกลั่นกับเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และจากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ทุกๆ เวลาในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด และที่เวลาในการกลั่น 40, 50

และ 60 นาที เป็นกลุ่มที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยกลั่นตัวออกมามากที่สุด โดยที่ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 36 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากโพลที่กลั่นได้ด้วยวิธี UME ที่เวลาในการกลั่น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดที่เวลาต่างๆ กัน



ภาพที่ 37 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากโพลที่กลั่นได้ด้วยวิธี UME ที่เวลาในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด 10, 20 และ 30 นาที โดยใช้เวลาในการกลั่นต่างๆ กัน

ของเหลวที่กลั่นตัวออกมาเป็นของผสมระหว่างน้ำและน้ำมันหอมระเหยจากไพล โดย น้ำมันหอมระเหยมีความหนาแน่นน้อยกว่าและไม่รวมตัวกับน้ำ จึงแยกชั้นลอยอยู่ด้านบน แล้วจึงทำการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำ พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีสีเหลืองใส ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นไหม้ปะปน คล้ายกับการกลั่นด้วยวิธี ME

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี ME และ วิธี UME

เวลากลั่น (นาทีก)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%w/w)			
	เวลาในการกลั่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด (นาทีก)			
	0	10	20	30
10	0.7020 ^{aA}	0.7374 ^{aA}	0.7744 ^{aA}	0.7173 ^{aA}
	(0.0717)	(0.0581)	(0.1412)	(0.0454)
20	0.8619 ^{bA}	0.8726 ^{bA}	0.8368 ^{bA}	0.9503 ^{bA}
	(0.0156)	(0.0940)	(0.0320)	(0.0331)
30	0.9245 ^{bA}	0.7635 ^{bA}	0.8682 ^{bA}	0.8035 ^{bA}
	(0.0499)	(0.0868)	(0.0159)	(0.0629)
40	1.0374 ^{cA}	0.9841 ^{cA}	1.0146 ^{cA}	0.9630 ^{cA}
	(0.0498)	(0.2074)	(0.1387)	(0.1369)
50	1.0533 ^{cA}	1.0213 ^{cA}	0.9819 ^{cA}	1.0285 ^{cA}
	(0.0754)	(0.0165)	(0.0530)	(0.2342)
60	1.0341 ^{cA}	0.9191 ^{cA}	0.9791 ^{cA}	0.9848 ^{cA}
	(0.0946)	(0.1445)	(0.1571)	(0.0856)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ตัวอักษร a, b, c และ d ที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และตัวอักษร A ที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุมคือ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และเวลาที่ใช้กลิ่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล เมื่อเปรียบเทียบการกลั่นด้วยวิธี ME และ วิธี UME

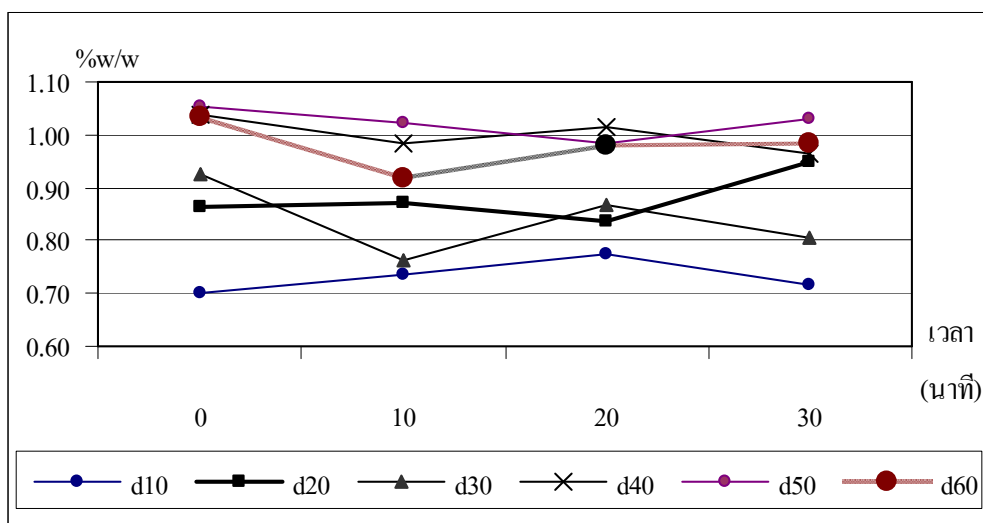
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.862(a)	23	0.037	3.397	.000
Intercept	59.480	1	59.480	5388.338	.000
DT	0.749	5	0.150	13.571	.000
UT	0.025	3	0.008	0.751	.527
DT * UT	0.088	15	0.006	0.534	.908
Error	0.530	48	0.011		
Total	60.872	72			
Corrected Total	1.392	71			

หมายเหตุ a R Squared = 0.619 (Adjusted R Squared = 0.437)

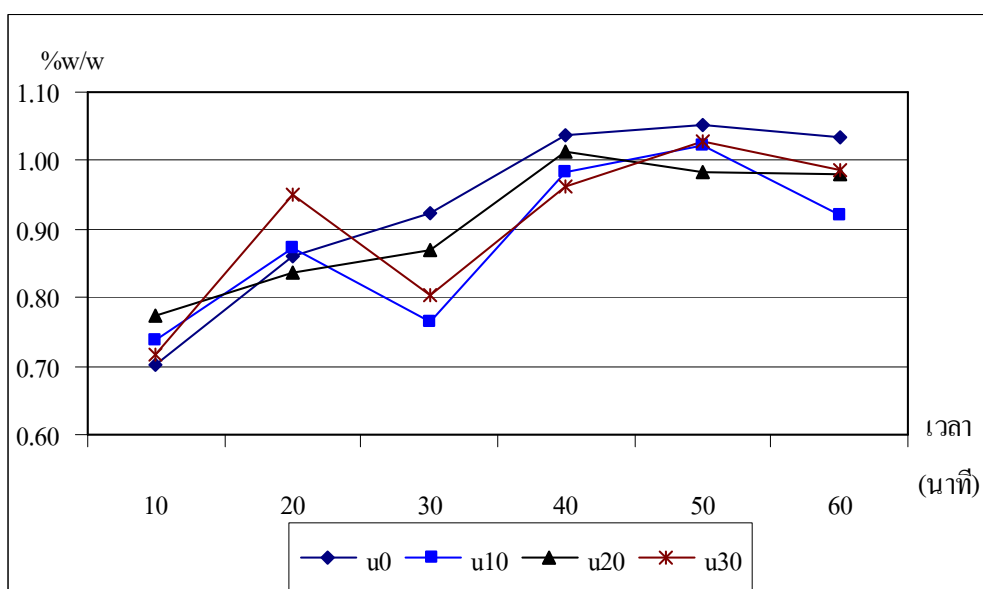
DT หมายถึง เวลาที่ใช้ในการกลั่น

UT หมายถึง เวลาที่ใช้กลิ่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด

จากตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุม คือ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และเวลาที่ใช้กลิ่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล เมื่อเปรียบเทียบการกลั่นด้วยวิธี ME และ วิธี UME ปรากฏว่าผลที่ได้คล้ายกับผลจากการทดลองการกลั่นด้วยวิธี UME นั่นคือ มีเพียงเวลาที่ใช้ในการกลั่นเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT ในส่วนของเวลาที่ใช้กลิ่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด และ interaction ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกลั่นกับเวลาที่ใช้กลิ่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และจากตารางที่ 9 พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ใช้กลิ่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด และที่เวลาในการกลั่น 40, 50 และ 60 นาที เป็นกลุ่มที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยกลั่นตัวออกมามากที่สุด โดยที่ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 38 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ด้วยวิธี ME และ วิธี UME ที่เวลาในการกลั่น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดที่เวลาต่างๆ กัน



ภาพที่ 39 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ด้วยวิธี ME และ วิธี UME ที่เวลาในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัด 0, 10, 20 และ 30 นาที โดยใช้เวลาในการกลั่นต่างๆ กัน

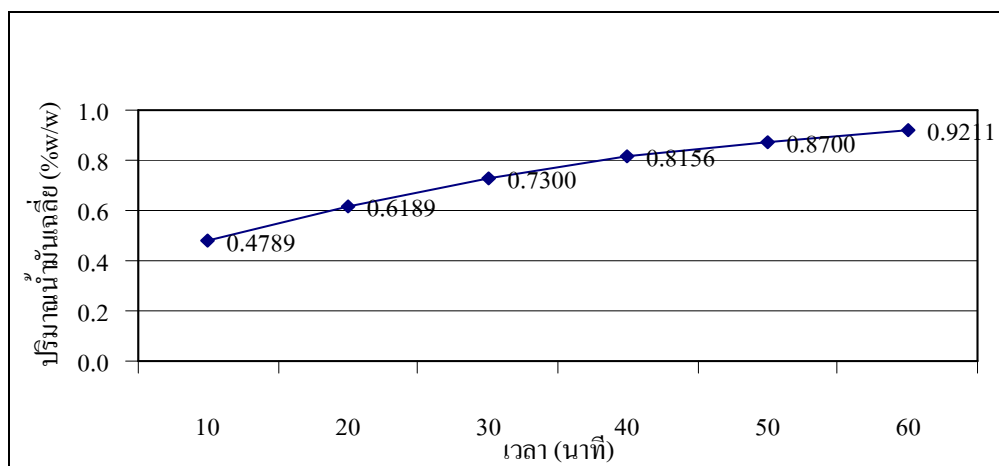
5. ผลการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยการกลั่นด้วยน้ำ (Hydro Distillation: HD)

ภาพที่ 41 แสดงส่วนประกอบของชุดกลั่นด้วยน้ำ ใช้ heating mantle เป็นอุปกรณ์ให้พลังงานความร้อน โดยทำการกลั่นที่อุณหภูมิ 100°C อุณหภูมิของน้ำที่มาจาก cooling เข้าสู่อุปกรณ์ควบแน่น มีอุณหภูมิ 10°C

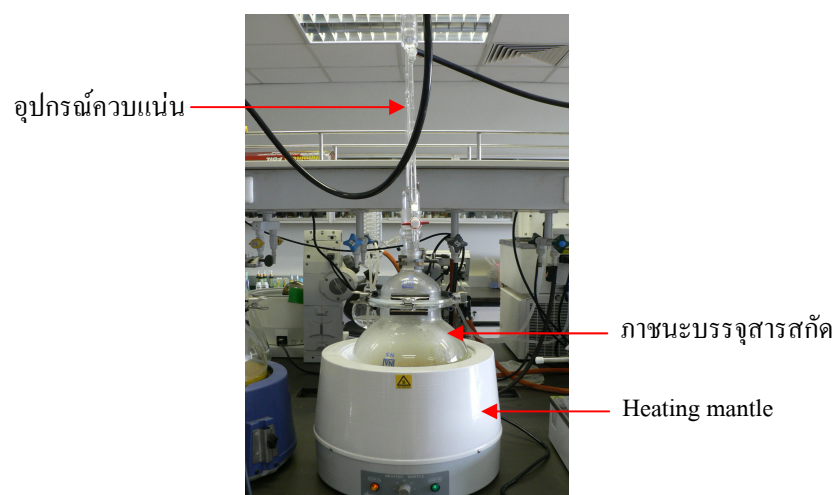
ตารางที่ 11 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
10	1.44 ^a	0.48 ^a
	(0.71)	(0.02)
20	1.86 ^b	0.62 ^b
	(0.14)	(0.04)
30	2.19 ^c	0.73 ^c
	(0.14)	(0.04)
40	2.45 ^{cd}	0.82 ^{cd}
	(0.20)	(0.06)
50	2.61 ^d	0.87 ^d
	(0.19)	(0.06)
60	2.76 ^d	0.92 ^d
	(0.28)	(0.09)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ตัวอักษร a, b, c และ d ที่เหมือนกันในแนวดังแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT



ภาพที่ 40 กราฟแสดงผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD



ภาพที่ 41 เครื่องกลั่นด้วยน้ำ

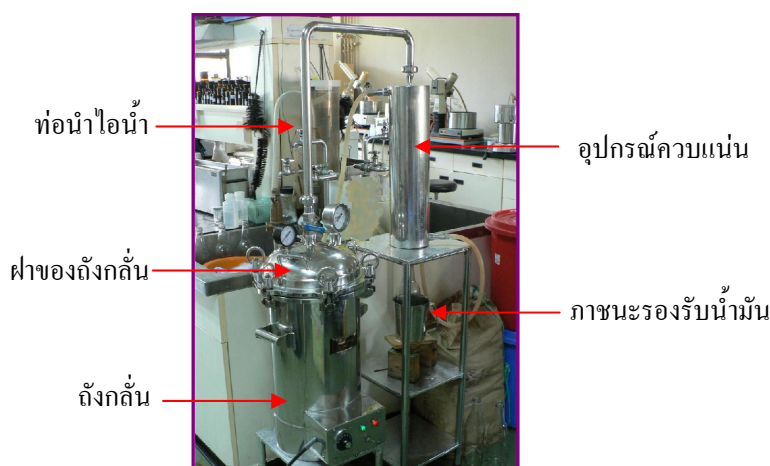
ตารางที่ 11 แสดงผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD โดยเมื่อทำการกลั่นที่เวลา 10 นาที ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 1.44 กรัม (0.48%w/w) เวลา 20 นาที 1.86 กรัม (0.62%w/w) เวลา 30 นาที ได้ 2.19 กรัม (0.73%w/w) และที่เวลาในการกลั่น 40, 50 และ 60 นาที ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 2.45 กรัม (0.82%w/w) 2.61 กรัม (0.87%w/w) และ 2.76 กรัม (0.92%w/w) ตามลำดับ ปริมาณน้ำมันที่เวลาในการกลั่น 40, 50 และ 60 นาที ไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภาพที่ 40 เป็นการนำค่าเฉลี่ยมาแสดงในรูปแบบกราฟเส้น พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยจะแปรผันตรงกับเวลา คือ เมื่อเวลาในการกลั่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่เนื่องจากเวลาที่ทำการทดลองเปรียบเทียบเพียง 60 นาที

และจากการสังเกตพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยยังกลั่นตัวออกมาอีกแต่มีอัตราการกลั่นตัวออกมาอย่างช้าๆ น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีสีเหลืองใส ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นไหม้ปะปน

เนื่องจากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD นี้ใช้แหล่งพลังงานความร้อนจาก heating mantle ซึ่งเป็นการให้ความร้อนโดยการนำความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนสู่ภาชนะบรรจุสารสกัด จึงใช้เวลานานกว่าของผสมระหว่างไพลกับน้ำจะร้อนและเดือด ซึ่งใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 40 นาที จึงเริ่มกลั่นตัวออกมาเป็นหยดน้ำ

6. ผลการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (Portable Steam Distillation Unit: PSDU)

ภาพที่ 42 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก (สุรัตน์วดี, 2543) ดังกลั่นเป็นชนิดเปิดเสร็จในถังเดียว มีขนาดเล็ก โดยใช้ระบบการกลั่นด้วยน้ำ มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความดัน สามารถทนแรงดันจากภายในได้ไม่ต่ำกว่า 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีส่วนประกอบทั้งหมด 5 ส่วน ได้แก่ ถังกลั่น (retort) ฝาของถังกลั่น (retort cover) ท่อนำไอน้ำ (vapor conduct tube) ตัวควบแน่น (condenser) ต่อเข้ากับวาล์วน้ำประปา โดยใช้ น้ำที่อุณหภูมิห้อง ในการควบแน่น ถังรองรับน้ำมันและแยกน้ำมัน (receiver and separator)



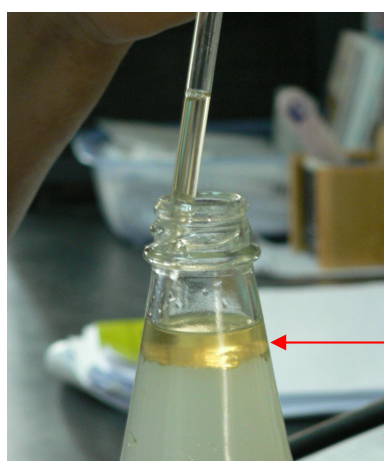
ภาพที่ 42 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก



ภาพที่ 43 ไพลที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 12 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (bar)	ปริมาณน้ำมัน (% w/w)	สี	กลิ่น
1	7	125	30	0.363	เหลืองเข้ม	ไหม้
2	7	125	30	0.566	เหลืองเข้ม	ไหม้
3	7	125	30	0.589	เหลืองเข้ม	ไหม้
เฉลี่ย				0.506		



ชั้นของน้ำมันหอมระเหย

ภาพที่ 44 ลักษณะการแยกชั้นและสีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ได้จากการกลั่นด้วยวิธี PSDU

ตารางที่ 12 แสดงผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU โดยใช้เวลาในการกลั่น 7 ชั่วโมง ความดัน 30 บาร์ และอุณหภูมิ 125°C ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 0.506%w/w จากการสังเกต พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีตะกอนแขวนลอย สีเหลืองเข้ม และมีกลิ่นใหม่ปะปนดังภาพที่ 44 เนื่องจากการใช้ความดันและอุณหภูมิสูงทำให้ไพลที่ทดสอบใหม่จึงมีกลิ่นปะปนมากับน้ำมันหอมระเหยด้วย

7. ผลการศึกษาวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศ (Rotary Evaporator :RE)

การทำงานและส่วนประกอบของเครื่องกลั่นสุญญากาศ หรือเครื่องโรตารีอีวาโพเรเตอร์ (Rotary Evaporator) (รัตนนา, 2547) ดังแสดงในภาพที่ 45 เครื่องจะทำการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ และที่ความดันเข้าใกล้สภาวะสุญญากาศโดยการใช้ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ตัวเครื่องประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ ภาชนะบรรจุสารสกัด (distillation flask) ส่วนคอนเดนเซอร์หรือส่วนควบแน่นไอสารละลาย (condenser) และภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น (receiving flask) โดยภาชนะบรรจุสารสกัดจะเชื่อมต่อในหม้ออ่างไอน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิได้และจะหมุนตลอดเวลา เพื่อกระจายความร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ปลายของส่วนควบแน่นจะมีภาชนะรองรับ โดยทั้งระบบต่อเข้ากับระบบสุญญากาศ สารที่ระเหยออกจากภาชนะจะควบแน่นที่บริเวณคอนเดนเซอร์ และหยดลงมาที่ภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น โดยในการทดลองนี้จะนำเครื่องโรตารีอีวาโพเรเตอร์ ยี่ห้อ BÜCHI RotaVapor รุ่น R-220 มาใช้แทนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธีการกลั่นที่สภาวะต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยระหว่างการกลั่นที่สภาวะเหนือความดันบรรยากาศและการกลั่นในสภาวะสุญญากาศ



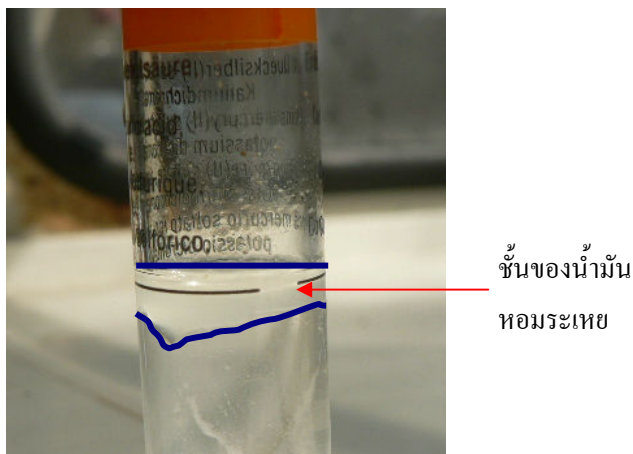
ภาพที่ 45 เครื่องกลั่นสุญญากาศ

ทำการทดลองกลั่นที่สภาวะสุญญากาศโดยมีการตั้งค่าอุณหภูมิที่หม้ออังไอน้ำ 50°C ที่ความดัน 50×10^{-3} บาร์ โดยอุณหภูมิของน้ำที่มาจาก cooling เข้าสู่อุปกรณ์ควบแน่น มีอุณหภูมิ 10°C

ตารางที่ 13 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ความดัน (bar)	ปริมาณน้ำมัน (% w/w)	สี	กลิ่น
1	3	50	50×10^{-3}	-	ใส	หอม
2	3	50	50×10^{-3}	-	ใส	หอม
3	3	50	50×10^{-3}	-	ใส	หอม
เฉลี่ย				-		

ตารางที่ 13 แสดงผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE ซึ่งใช้เวลาในการกลั่น 3 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิของหม้ออังไอน้ำ 50°C ที่ความดัน 50×10^{-3} บาร์ ซึ่งของผสมเริ่มเดือดและกลั่นตัวเป็นหยดออกมาอย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากการใช้ความดันและอุณหภูมิต่ำจึงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยมาก เมื่อสังเกตสีและกลิ่นพบว่ามิกลิ่นหอมและใสไม่มีสี ดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 ลักษณะการแยกชั้นและสีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE

8. ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากไพลจากการวิเคราะห์ด้วย GC

การเปรียบเทียบปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี GC องค์ประกอบที่วิเคราะห์แสดงอยู่ในตารางที่ 14 ซึ่งปริมาณที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันในแต่ละวิธี โดยองค์ประกอบของ α -pinene จากวิธี ME วิธี PSDU และวิธี UME คือ 0.94%, 0.96% และ 1.08% ตามลำดับ องค์ประกอบของ sabinene มีปริมาณ 41.21%, 36.36% และ 42.69% องค์ประกอบของ terpinen-4-ol มีปริมาณ 33.34%, 23.53% และ 27.00% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันไพล (ภาพผนวกที่ ๓) พบว่าเมื่อใช้มาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เปรียบเทียบกับการกลั่นทั้ง 3 วิธี องค์ประกอบ α -terpinene ของการกลั่นด้วยวิธี ME และ UME เพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐาน แต่การกลั่นด้วยวิธี PSDU องค์ประกอบของ α -terpinene และ terpinen-4-ol มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานของ วว. และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) พบว่าการกลั่นทั้ง 3 วิธีมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานอยู่ 3 ชนิดคือ α -pinene, α -terpinene และ terpinen-4-ol

ตารางที่ 14 ปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลจากการเปรียบเทียบการกลั่น 3 วิธี

รายการที่	องค์ประกอบทางเคมี	ME ^a (%) ^d	PSDU ^b (%)	UME ^c (%)
1	α -thujene	tr.	tr.	0.40
2	α -pinene	0.94	0.96	1.08
3	sabinene	41.21	36.36	42.69
4	β -myrcene	1.25	1.18	1.53
5	α -terpinene	1.68	1.89	2.16
6	p-cymene	1.37	1.01	1.11
7	β -phellandrene	0.92	0.83	0.89
8	γ -terpinene	4.71	4.49	5.20
9	sabinene hydrate	0.55	0.50	0.59
10	terpinolene	0.80	7.06	0.89
11	terpinen-4-ol	33.34	23.53	27.00
12	β -esquiphelladrene	1.86	1.20	1.74
13	DMPBD ^e	9.15	9.28	10.28

tr., trace (less than 0.5%)

^a ME หมายถึง การกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟ

^b PSDU หมายถึง การกลั่นด้วยเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็ก

^c UME หมายถึง การกลั่นโดยใช้วิธีไมโครเวฟรวมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

^d % หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่สัมพัทธ์ที่ได้จากก๊าซโครมาโทแกรม

^e DMPBD หมายถึง (*E*-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene)

9. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์ของน้ำมันไพล

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์

คุณลักษณะทางฟิสิกส์	PSDU	ME	มาตรฐาน สมอ.
การละลายใน เอทานอล ที่อุณหภูมิ 20°C	เมื่อละลายน้ำมันไพล 1 ส่วน โดยปริมาตรใน เอทานอลร้อยละ 80 โดย ปริมาตร ปริมาณ 8.4 ส่วน โดยปริมาตรต้องได้ สารละลายใส	เมื่อละลายน้ำมันไพล 1 ส่วน โดยปริมาตรใน เอทานอลร้อยละ 85 โดย ปริมาตร ปริมาณ 6.9 ส่วน โดยปริมาตรต้องได้ สารละลายใส	เมื่อละลายน้ำมันไพล 1 ส่วน โดยปริมาตรใน เอทานอลร้อยละ 80 โดย ปริมาตร ปริมาณ 3 ส่วน โดยปริมาตร ต้องได้ สารละลายใส
ความหนาแน่น สัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 20°C	0.9685	0.8830	0.880-0.925
optical rotation ที่อุณหภูมิ 20°C	+66.32	+9.43	(-34.5) - (-25.5)
ดัชนีหักเห ที่อุณหภูมิ 20°C	1.487	1.487	1.477-1.509

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์ของน้ำมันหอมระเหยจากไพลจากการกลั่น 2 วิธี คือ วิธี ME และ วิธี PSDU เปรียบเทียบกับมาตรฐานของสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) โดยที่น้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี ME มีคุณลักษณะในด้านการละลายในเอทานอล และ optical rotation ที่อุณหภูมิ 20°C มีค่าอยู่นอกเหนือจากเกณฑ์มาตรฐานสมอ. แต่น้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU มีคุณลักษณะทางฟิสิกส์ที่นอกเหนือเกณฑ์มาตรฐาน สมอ. คือ optical rotation และความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 20°C

10. ผลการวิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

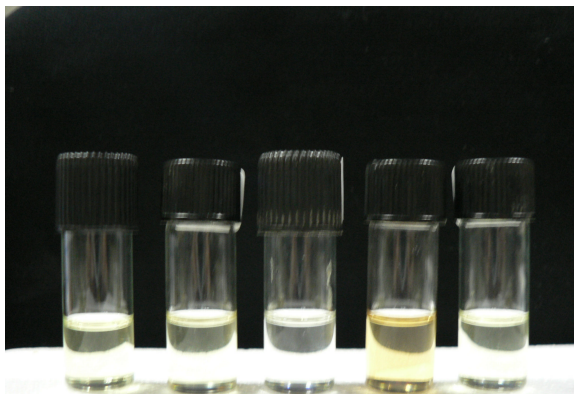
การวิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องวัดสี CHROMA METER CR-400 ซึ่งวิเคราะห์สีด้วยระบบ L a b color space จากตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ได้จากการกลั่น 4 วิธี คือ วิธี ME วิธี UME วิธี HD และวิธี PSDU

ตารางที่ 16 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สี

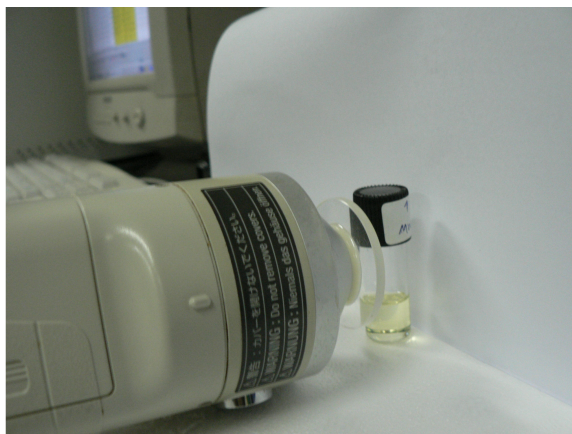
วิธีการกลั่น	L*	a*	b*
ME	67.1533 ^b	-6.8567 ^a	21.3967 ^c
	(0.8603)	(0.1800)	(0.2702)
UME	67.1500 ^b	-5.2667 ^b	19.1900 ^b
	(0.7674)	(0.1582)	(0.1212)
HD	66.5200 ^b	-5.4367 ^b	16.6600 ^a
	(0.5026)	(0.0960)	(0.1453)
PSDU	51.8100 ^a	6.5667 ^c	37.3900 ^d
	(2.7001)	(0.0862)	(0.8443)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ตัวอักษร a, b, c และ d ที่เหมือนกันในแนวดิ่งแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างตามวิธี DMRT

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์สีด้วยระบบ L a b color space (ภาคผนวก จ) จากตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากไพลในการกลั่น 4 วิธี คือ วิธี ME วิธี UME วิธี HD และวิธี PSDU พบว่าค่าความสว่าง L ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยที่ 0 มีค่าเท่ากับสีดำ และ 100 มีค่าเท่ากับสีขาว จากผลการทดลองจะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นด้วยวิธี PSDU มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU มีความสว่างน้อยกว่าวิธี ME วิธี UME และวิธี HD ค่า a เป็นค่าของสีแดงหรือสีเขียว โดยที่เมื่อค่า a มีค่าเป็นบวกแสดงว่ามีค่าของสีแดง และเมื่อ a มีค่าเป็นลบจะมีค่าของสีเขียวมากกว่า จากการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นด้วยวิธี PSDU มีค่า a เป็นค่าบวกแสดงว่าเป็นสีแดงซึ่งแตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยจากวิธีอื่นๆ น้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นด้วยวิธี ME มีสีเขียวมากกว่า วิธี UME และวิธี HD ค่า b เป็นค่าของสีน้ำเงินหรือสีเหลือง โดยเมื่อค่า b เป็นบวกแสดงว่ามีค่าของสีเหลือง และเมื่อค่า b เป็นลบแสดงว่ามีค่าของสีน้ำเงินมากกว่า จากการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่กลั่นด้วยวิธี PSDU มีค่าของสีเหลืองมากที่สุด



ภาพที่ 47 สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล



ภาพที่ 48 การวัดสีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยเครื่องวัดสี

วิจารณ์

จากการทดสอบการกลั่นทั้งสามวิธีผลที่ได้มีความแตกต่างกันทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากไพล ซึ่งในด้านคุณภาพได้ทำการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางฟิสิกส์ และการวิเคราะห์สี

ซึ่งวิธีการกลั่นด้วย PSDU เป็นการกลั่นที่สภาวะความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ ได้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย 0.506%w/w ใช้เวลาในการกลั่นนาน 7 ชั่วโมง จากการสังเกตลักษณะทั่วไปของน้ำมันหอมระเหยจากไพลพบว่า มีสีเหลืองเข้ม มีตะกอนแขวนลอย และมีกลิ่นใหม่ปะปน

ซึ่งเกิดจากการไหม้ของไพลที่ใช้อุณหภูมิและความดันสูงในการทดสอบ แต่ในวิธี RE เป็นวิธีที่กลั่นที่สภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ทำให้ใช้เวลาในการกลั่นนานถึง 3 ชั่วโมง ปริมาณน้ำมันที่ได้มีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ แต่จากการสังเกตลักษณะของน้ำมันหอมระเหยพบว่าสีที่ได้มีสีใส และกลิ่นหอมของไพล

การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ความดันบรรยากาศด้วยวิธี HD วิธี ME และวิธี UME ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการกลั่นเพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ด้วยวิธี HD มีปริมาณมากที่สุดที่เวลา 60 นาที มีปริมาณเฉลี่ย 0.92% w/w และเมื่อทำการกลั่นที่เวลานานขึ้นจะมีน้ำมันหอมระเหยกลั่นตัวออกมาได้อีก แต่ในวิธี ME จะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยออกมามากที่สุดที่เวลา 40 นาที โดยเฉลี่ยประมาณ 1.0374 %w/w หลังจากนั้นปริมาณน้ำมันจะไม่เพิ่มขึ้นอีก และพบว่าวิธี UME โดยมีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ เมื่อสังเกตสีและกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ทั้ง 3 วิธี จะมีสีใสและกลิ่นหอมของไพลโดยไม่มีการไหม้เจือปน แต่เมื่อเวลาผ่านไปน้ำมันจะมีสีที่เข้มขึ้นจนกลายเป็นสีเหลืองอ่อนๆ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธีการกลั่นแบบต่างๆ พบว่า sabinene, γ -terpinene, α -terpinene และ DMPBD จากการกลั่นด้วยวิธี UME มีปริมาณมากกว่าวิธี PSDU และวิธี ME การวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นด้วยวิธี ME และวิธี PSDU มีคุณลักษณะที่อยู่นอกเหนือเกณฑ์มาตรฐานของ สมอ.

และจากการวิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยระบบ L a b color space พบว่าค่าที่วิเคราะห์ได้น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากวิธี PSDU มีค่าความสว่างน้อยที่สุด มีสีค่าของสีแดง และมีสีเหลืองมากกว่าน้ำมันที่กลั่นด้วยวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ และการกลั่นด้วยวิธี ME วิธี UME และวิธี HD มีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน มีค่าของสีเขียว และมีสีเหลืองอ่อนๆ ซึ่งสอดคล้องไปกับการสังเกตลักษณะสีด้วยตาเปล่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี PSDU มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากไพล 0.5060%w/w มีความสว่างของน้ำมันน้อย มีค่าของสีน้ำเงินและสีเหลืองมากกว่าวิธีอื่น มีกลิ่นใหม่ปะปน เนื่องจากในการกลั่นใช้ความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี RE มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้น้อยมากเนื่องจากการใช้อุณหภูมิและความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ แต่น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีกลิ่นหอมและใสไม่มีสี การกลั่นที่ความดันบรรยากาศทั้ง 3 วิธี พบว่า การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี ME ที่เวลา 40 นาที จะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นออกมามากที่สุดคือ 1.0374%w/w หลังจากนั้นปริมาณน้ำมันหอมระเหยจะไม่เพิ่มขึ้นอีก การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เวลากลั่น 60 นาที มีปริมาณ 0.92%w/w แต่เมื่อเวลาในการกลั่นเพิ่มขึ้นน้ำมันหอมระเหยจะกลั่นตัวออกมาได้อีกแต่ในอัตราการกลั่นที่น้อยมาก และพบว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยสกัดไม่มีผลต่อการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพล แต่จะได้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี เช่น sabinene, γ -terpinene, α -terpinene และ DMPBD สูงกว่าวิธี ME และ PSDU การวิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่ได้จากการกลั่นด้วยวิธี ME วิธี UME และวิธี HD มีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน มีค่าของสีน้ำเงินและมีสีเหลืองอ่อน การวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นด้วยวิธี ME และวิธี PSDU มีคุณลักษณะที่อยู่นอกเหนือเกณฑ์มาตรฐานของ สมอ.

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธีไมโครเวฟใช้เวลาในการกลั่นน้อย และได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าวิธีอื่น ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพ จึงเห็นว่าควรมีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการเพื่อส่งเสริมสู่การสกัดในรูปแบบอุตสาหกรรม และหากมีการถ่ายทอดสู่ชุมชนจะเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรสู่เกษตรกรในชุมชนอีกด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เลขาธิการเกษตร สำนักงานเกษตร จังหวัดระยอง. 2540. น้ำมันเหลืองของบ้านฉาง จังหวัดระยอง.
วารสารส่งเสริมการเกษตร 27 (114): 15-16.

คมสันต์ หุตะแพทย์. 2548. น้ำมันหอมระเหยเพื่อการบำบัดรักษา. เกษตรกรรมธรรมชาติ 8 (1):
1-5.

ณิชากร เจริญกุล. 2546. การพัฒนาเจลทาผิวที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน
(*Cinnamomum cassia*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตยา แซ่ลี. 2548. เทคนิคการสกัดสารจากพืชสมุนไพรโดยอาศัยของไหลเหนือวิกฤต. บทความ.
สาขาวิชาเภสัชกรรมและเภสัชเวท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นรินาม. 2543. โพล, น. 13. ใน โครงการฝึกอบรมการใช้และเตรียมยาสมุนไพรให้กับเภสัชกรใน
แหล่งฝึก ระหว่างวันที่ 11-12 พฤษภาคม 2543. คณะเภสัชศาสตร์,
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นรินาม. 2544. องค์ประกอบทางเคมี, น. 34-47. ใน วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน รุ่นที่ 11
ภายใต้โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน รุ่นที่ 1. ฝ่ายปฏิบัติการ
วิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน, นครปฐม.

บุญส่ง คงาทิพย์. 2526. การสกัดและวิเคราะห์ทางปริมาณคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากต้น
มะแว้ง. รายงานการวิจัย. ภาควิชาเคมี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเทืองศรี สินชัยศรี. 2543. การสกัดน้ำมันพืชและน้ำมันหอมระเหยโดยเทคนิคของไหลของ
คาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะเหนือวิกฤต. สำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมันและ
ผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. (อัครา)

ฝ่ายเกษตรและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550.

องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากไพล. น้ำมันหอมระเหยและพืชหอมไทย.

แหล่งที่มา: <http://www.tistr.or.th>, 2 เมษายน 2550.

พัชร อึ้งกุล. 2545. การใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนแก่อาหาร (Microwave Heating for Food). โครงการวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชร อึ้งกุล. 2545. การใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนแก่อาหาร (Microwave Heating for Food). โครงการวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง ไพนุลย์
ธรรมรัตน์ว่าสิก. 2532. กรรมวิธีแปรรูปอาหาร. โอ. เอส. พรินต์ติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.

พัชร อึ้งกุล. 2545. การใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนแก่อาหาร (Microwave Heating for Food). โครงการวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง วิไล
รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สำนักพิมพ์ เท็กซ์ เอนด์เจอร์รัล พับบลิช
เคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

มนิษา เสี่ยงประชา. 2546. การเปรียบเทียบกระบวนการสกัดกลิ่นหอมจากดอกกุหลาบมอญ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุวดี จอมพิทักษ์. ม.ป.ป.. รักษาโรคด้วยสมุนไพร. หอสมุดกลาง 09, กรุงเทพฯ.

รัตนา อินทรานุกุล. 2547. การตรวจสอบและการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่
1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 215น.

วุฒิ วุฒิธรรมเวช. 2540. เกษตรกรรมไทย รวมสมุนไพร ฉบับปรับปรุงใหม่. โอเดียนสโตร์,
กรุงเทพฯ.

ศูนย์ข้อมูลพืชสมุนไพร. ม.ป.ป.. ก้าวไปกับสมุนไพร. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2546. เครื่องสำอางจากสมุนไพร.
ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ

สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน, สถาบันการแพทย์แผนไทย และ ศูนย์ฝึกอบรม
และพัฒนาการสาธารณสุข. 2547. ยาสมุนไพรสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. น้ำมันไพล. มอก. 1679-2541.

ศิริลักษณ์ มาตานิช. 2545. น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย. สมอ สาร 28 (325):
3-6.

สุดเอี่ยม มะสังหลง. 2546. มหัศจรรย์ความหอม Aromatherapy. เกษตรกรรมธรรมชาติ 6 (3):
12-17.

สุรัตน์ วดี จิระจินดา. 2543. เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย. แหล่งที่มา:
<http://www.rdi.ku.ac.th/bk/12/12.htm>, 3 ตุลาคม 2548.

อิสรา เขาระกำ, ประภาศรี สิงห์รัตน์, วิมลศิริ ปัญจธนศักดิ์, สุรัตน์วดี จิระจินดา และไชยวงศ์
หาราช. 2542. เครื่องกลั่นสารสมุนไพร. รายงานการวิจัย. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

องค์การเภสัชกรรม. 2549. ไพล. ฐานข้อมูลพืชสมุนไพร. แหล่งที่มา:
<http://www.medplant.mahidol.ac.th/doac/rpt3.asp?b=0035&n=ไพล>, 11 สิงหาคม 2549.

Farnsworth, N.R. and N. Bunyapraphatsara. 1992. **Thai Medical Plants**. Medical Plant
Information Center, Mahidol University, Bangkok, Thailand.

- Kimbaris, A.C., Nikolaos G. Siatis, Dimitra J. Daferera, Petros A. Tarantilis, Christos S. Pappas and Moschos G. Polissiou. 2004. Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). **Ultrasonics Sonochemistry** 13 (2006). 54-60
- Lucchesi, M.E., Farid Chemat and Jacqueline Smadja. 2004. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. **J of Chromatography A**. 1043 (2004). 323-327
- Sengpracha, M. 2003. **Comparative Extraction Processes of Fragrance in *Rosa damascena* Mill.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai) *Cited* T.H. Parliament. 1986. Sample preparation techniques for gas-liquid Chromatographic analysis of biologically derived aromas. **American Chemical Society**, Washington. DC. 34 p.
- Sengpracha, M. 2003. **Comparative Extraction Processes of Fragrance in *Rosa damascena* Mill.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai) *Cited* T.H. Parliament. 1998. **Solvent extraction and distillation techniques.** Dekker, New York.
- Sengpracha, M. 2003. **Comparative Extraction Processes of Fragrance in *Rosa damascena* Mill.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai) *Cited* H. Sugisawa. 1984. **Prerequisites for sample preparation in flavor analysis.** Dekker, Newyork. 245 p.
- Wanauppathamkul, S. 2003. **Plaitanoids.** 1 ed. The Innovation Development Fund, National Science and Technology Development Agency, Ministry of Science and Technology, Bangkok.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการหาปริมาณความชื้นของไฟล

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลการหาปริมาณความชื้นของไพล

ลำดับที่	น้ำหนักก่อนอบ	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักที่ลดลง	% wb
1	10.60	7.31	3.29	68.96
2	10.41	7.35	3.06	70.61
3	10.71	7.98	2.73	74.51
4	10.96	8.37	2.59	76.37
5	10.94	7.81	3.13	71.39
6	10.46	7.22	3.24	69.02
7	10.59	7.72	2.87	72.90
8	10.81	8.07	2.74	74.65
9	11.17	8.39	2.78	75.11
10	10.51	7.55	2.96	71.84
11	11.01	7.70	3.31	69.94
12	10.35	7.25	3.10	70.05
13	10.25	7.34	2.91	71.61
14	11.73	7.94	3.79	67.69
15	10.79	7.28	3.51	67.47
16	10.26	7.11	3.15	69.30
17	11.41	8.24	3.17	72.22
18	10.89	8.54	2.35	78.42
19	10.08	7.60	2.48	75.40
20	11.70	8.38	3.32	71.62
21	11.84	8.43	3.41	71.20
22	10.56	7.34	3.22	69.51
23	10.92	7.46	3.46	68.32
24	10.64	7.29	3.35	68.52
25	11.55	7.98	3.57	69.09
26	12.26	8.50	3.76	69.33
27	13.07	9.27	3.80	70.93

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ลำดับที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักที่ลดลง (กรัม)	% wb
28	11.92	8.68	3.24	72.82
29	10.78	7.71	3.07	71.52
30	10.26	7.42	2.84	72.32
31	10.98	8.60	2.38	78.32
32	11.33	8.52	2.81	75.20
33	10.88	8.86	2.02	81.43
34	12.16	9.03	3.13	74.26
35	11.31	8.26	3.05	73.03
36	11.46	8.74	2.72	76.27
เฉลี่ย	11.04	7.98	3.06	72.25

ภาคผนวก ข

ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี ME

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี ME

เวลากลั่น (นาทีก)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
		น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
10	1	2.3181	0.7727
	2	1.8879	0.6293
	3	2.1123	0.7041
	เฉลี่ย	2.1061	0.7020
	SD	0.2152	0.0717
20	1	2.5524	0.8508
	2	2.5657	0.8552
	3	2.6394	0.8798
	เฉลี่ย	2.5858	0.8619
	SD	0.0469	0.0156
30	1	2.9461	0.9820
	2	2.6948	0.8983
	3	2.6794	0.8931
	เฉลี่ย	2.7734	0.9245
	SD	0.1497	0.0499
40	1	2.9532	0.9844
	2	3.1346	1.0449
	3	3.2492	1.0831
	เฉลี่ย	3.1123	1.0374
	SD	0.1492	0.0498
50	1	3.3729	1.1243
	2	2.9223	0.9741
	3	3.1846	1.0615
	เฉลี่ย	3.1599	1.0533
	SD	0.2263	0.0754

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

เวลากลับ (นาที)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
		น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
60	1	2.9687	0.9896
	2	3.4283	1.1428
	3	2.9097	0.9699
	เฉลี่ย	3.1022	1.0341
	SD	0.2840	0.0946

ภาคผนวก ค

ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี UME

ตารางผนวกที่ ค1 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี UME

เวลา (นาที)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
กลั่น	อัลตราโซนิก	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
10	10	1	2.2868
		2	2.3365
		3	2.0129
		เฉลี่ย	2.2120
		SD	0.1742
	20	1	2.4901
		2	2.6383
		3	1.8417
		เฉลี่ย	2.3233
		SD	0.4236
	30	1	2.2991
		2	2.1259
		3	2.0308
		เฉลี่ย	2.1519
		SD	0.1360
20	10	1	2.4500
		2	2.4596
		3	2.9434
		เฉลี่ย	2.6176
		SD	0.2821
	20	1	2.6201
		2	2.4699
		3	2.4412
		เฉลี่ย	2.5104
		SD	0.0960

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

เวลา (นาที)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย		
กลิ่น	อัลตราโซนิก	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w	
20	30	1	2.7605	0.9202
		2	2.9575	0.9858
		3	2.8348	0.9449
		เฉลี่ย	2.8509	0.9503
		SD	0.0994	0.0331
30	10	1	1.9967	0.6656
		2	2.3815	0.7938
		3	2.4936	0.8312
		เฉลี่ย	2.2906	0.7635
		SD	0.2606	0.0868
	20	1	2.5767	0.8589
		2	2.5777	0.8592
		3	2.6598	0.8866
		เฉลี่ย	2.6047	0.8682
		SD	0.0476	0.0159
	30	1	2.1973	0.7324
		2	2.4787	0.8262
		3	2.5556	0.8519
		เฉลี่ย	2.4105	0.8035
		SD	0.1886	0.0629
40	10	1	2.5805	0.8602
		2	2.6057	0.8686
		3	3.6708	1.2236
		เฉลี่ย	2.9523	0.9841
		SD	0.6223	0.2074

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

เวลา (นาที)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย		
กลิ่น	อัลตราโซนิก	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w	
40	20	1	2.8746	0.9582
		2	3.5177	1.1726
		3	2.7389	0.9130
		เฉลี่ย	3.0437	1.0146
		SD	0.4160	0.1386
	30	1	2.5394	0.8465
		2	3.3414	1.1138
		3	2.7867	0.9289
		เฉลี่ย	2.8891	0.9630
		SD	0.4107	0.1368
50	10	1	3.1164	1.0388
		2	3.0569	1.0190
		3	3.0183	1.0061
		เฉลี่ย	3.0638	1.0213
		SD	0.0494	0.0164
	20	1	3.0998	1.0333
		2	2.7826	0.9275
		3	2.9543	0.9848
		เฉลี่ย	2.9455	0.9818
		SD	0.1587	0.0529
	30	1	2.3207	0.7736
		2	3.2326	1.0775
		3	3.7030	1.2343
		เฉลี่ย	3.0854	1.0284
		SD	0.7028	0.2342

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

เวลา (นาที)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย		
กลิ่น	อัลตราโซนิก	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w	
60	10	1	2.9302	0.9767
		2	3.0776	1.0259
		3	2.2638	0.7546
		เฉลี่ย	2.7572	0.9190
		SD	0.4336	0.1445
	20	1	2.6070	0.8690
		2	2.7276	0.9092
		3	3.4770	1.1590
		เฉลี่ย	2.9372	0.9790
		SD	0.4713	0.1571
	30	1	2.6818	0.8939
		2	3.1915	1.0638
		3	2.9899	0.9966
		เฉลี่ย	2.9544	0.9847
		SD	0.2566	0.0855

ภาคผนวก ง

ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยใช้วิธี HD

ตารางผนวกที่ ง1 ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไพลด้วยวิธี HD

เวลากลั่น (นาทีก)		ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
		น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
10	1	1.36	0.45
	2	1.45	0.48
	3	1.50	0.50
	เฉลี่ย	1.44	0.48
	SD	0.07	0.02
20	1	1.72	0.57
	2	1.86	0.62
	3	1.99	0.66
	เฉลี่ย	1.86	0.62
	SD	0.14	0.04
30	1	2.22	0.74
	2	2.04	0.68
	3	2.31	0.77
	เฉลี่ย	2.19	0.73
	SD	0.14	0.04
40	1	2.58	0.86
	2	2.22	0.74
	3	2.54	0.89
	เฉลี่ย	2.45	0.82
	SD	0.20	0.06
50	1	2.76	0.92
	2	2.40	0.80
	3	2.67	0.89
	เฉลี่ย	2.61	0.87
	SD	0.19	0.06

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

เวลากลั่น (นาที)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	
	น้ำหนัก (กรัม)	% w/w
60	1	2.99
	2	2.45
	3	2.85
	เฉลี่ย	2.76
	SD	0.28
		0.09

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์สี

การวัดสี

1. องค์ประกอบของสี มี 3 ลักษณะ คือ (นิรนาม, 2544)

1.1 Hue หมายถึง สีพื้นฐานของวัตถุ เช่น เขียว เหลือง แดง น้ำเงิน ตัวอย่างเช่น แอปเปิ้ลสีแดง เลมอนสีเหลือง ท้องฟ้าสีน้ำเงิน ซึ่งคล้ายกับภาษาของสีที่เราเห็นหรือใช้อยู่ทุกวันในการสื่อให้เห็นความแตกต่างของสี ระหว่างวัตถุสองชิ้น

1.2 Chroma หมายถึง ความบริสุทธิ์ของสี ตัวอย่างเช่น ถ้าเราเติมสีน้ำเงินลงในสีเหลือง ความบริสุทธิ์ของสีเหลืองก็จะลดลง

1.3 Brightness หมายถึง ความสว่างหรือความมืดของสี ตัวอย่างเช่น สีเหลืองของเลมอน จะมีความสว่างกว่าสีแดงของเชอร์รี่ ความสว่างนี้สามารถวัดได้ในแนวตั้งฉากจาก 0 ถึง 100 โดยที่ 0 คือ สีดำ และเมื่อค่าเพิ่มขึ้นสีก็จะสว่างขึ้นจนเป็นสีขาว คือ มีค่า 100

2. ปัจจัยที่ทำให้เกิดการมองเห็นสีที่ต่างกัน ได้แก่

2.1 แหล่งของแสง ตัวอย่างเช่น ผลไม้ผลเดียวกันในสภาพแสงธรรมชาติ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงจากหลอดทั้งสแตนก็จะทำให้เรามองเห็นผลไม้ผลเดียวกันแตกต่างกันไปได้

2.2 ความไวในการตอบสนองต่อแสงในตาคน คนที่มีตาปกติ (ตาไม่บอดสี) มีความแตกต่างกันในการมองเห็นสีได้ นอกจากนี้อายุก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสายตาด้วยเช่นกัน

2.3 ความแตกต่างของขนาด ชิ้นตัวอย่างขนาดใหญ่จะให้ความรู้สึกที่สว่างและมีชีวิตชีวกว่าตัวอย่างขนาดเล็ก

2.4 ความแตกต่างของฉาก ผลไม้ที่วางไว้ข้างหน้าฉากที่สว่างจะทำให้ผลไม้ดูสว่างกว่าการวางผลไม้ไว้ที่หน้าฉากที่มืด

2.5 ความแตกต่างของทิศทางการมอง ตัวอย่างเช่นการมองภาพย้อนแสงหรือตามทิศทางการส่องแสงของดวงอาทิตย์ ก็สามารถทำให้สีที่เห็นมืดหรือสว่างแตกต่างกันได้

3. แผ่นเทียบสี (color chart)

ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้มีความพยายามประดิษฐ์คิดค้นวิธีที่จะวัดสีออกมาให้เหมือนกัน เพื่อช่วยให้ทุกคนสามารถตัดสินใจได้ง่ายขึ้น เข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน และมีความถูกต้องมากขึ้น วิธีการแรก คือ การประดิษฐ์แผ่นเทียบสี (color chart) ในที่นี้ขอยกตัวอย่างแผ่นเทียบสีมาตรฐานของ The Royal Horticultural Society เนื่องจากเป็นแผ่นเทียบสีที่เหมาะสมสำหรับการใช้วัดสีสำหรับผลิตผล เช่น ผลไม้ และดอกไม้ เป็นต้น แผ่นเทียบสีมาตรฐานที่ใช้สามารถแบ่งตามสีต่างๆ ออกเป็น 4 เล่ม คือ

เล่มที่ 1 เลขที่ 1-56 ใช้เทียบสีในกลุ่มของสีเหลือง สีส้มเหลือง สีแดงส้ม และสีแดง

เล่มที่ 2 เลขที่ 57-110 ใช้เทียบสีในกลุ่มของสีม่วงแดง สีม่วง สีม่วงน้ำเงิน สีนํ้าเงินม่วง และสีนํ้าเงิน

เล่มที่ 3 เลขที่ 111-154 ใช้เทียบสีในกลุ่มสีเขียวนํ้าเงิน สีเขียว และสีเขียวเหลือง

เล่มที่ 4 เลขที่ 155-202 ใช้เทียบสีในกลุ่มสีเหลืองเทา สีส้มเทา สีแดงเทา สีม่วงเทา สีเขียวเทา สีนํ้าตาลเทา สีดำ และสีขาว



ภาพผนวกที่ จ1 แผ่นเทียบสี (color chart)

วิธีการเทียบสีด้วยแผ่นเทียบสี จะนำวัตถุที่ต้องการเทียบสีวางไว้ใต้แผ่นเทียบสีที่ต้องการเทียบ บริเวณที่เจาะรูไว้ ต้องระวังไม่ให้แผ่นเทียบสีหัก หรือสกปรก มิฉะนั้นค่าที่อ่านได้อาจผิดพลาดได้ และควรเทียบสีภายใต้แสงสว่างธรรมชาติทางทิศเหนือ หรือใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ หลังจากใช้งานเสร็จแล้วควรจัดเก็บแผ่นเทียบสีมาตรฐานในภาชนะบรรจุให้เรียบร้อยอย่างวางทิ้งไว้ข้างนอกเพราะจะทำให้ฝุ่นจับสกปรก และสีของแผ่นเทียบสีซีดจางได้

4. ระบบ Y x y color space

เนื่องจากแต่ละคนมีความสามารถในการรับรู้สีได้แตกต่างกัน ทำให้สีที่เทียบได้แตกต่างกันไป ดังนั้นองค์การนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับเรื่องแสงและสี เช่น The Commission Internationale de l'Eclairage (The CIE) จึงได้ประดิษฐ์ระบบ Y x y color space (color space หมายถึง วิธีที่ใช้ในการแสดงสีของวัตถุหรือแหล่งของแสง โดยการใช้เครื่องหมายบางอย่าง เช่น การใช้ตัวเลข) หรือที่เรียกกระบบ C.I.E. ขึ้นมาในปี 1931 เพื่อให้สามารถวัดสีได้โดยเครื่องมือหรืออุปกรณ์แทนการใช้คน

ระบบ Y x y color space ประกอบด้วยค่า 4 ค่า คือ ค่า Y เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีระดับ 0-100 (สีดำมีค่าเท่ากับ 0 และสีขาวมีค่าเท่ากับ 100) นั้นหมายความว่าค่าความสว่างยิ่งมากค่าของ Y ยิ่งมาก แต่ถ้าความสว่างน้อย ค่าของ Y ก็จะน้อย สำหรับ 2 ค่าที่เหลือนี้เป็นค่าที่แทนสีของแสง 3 สีด้วยกัน คือ x แทนแสงสีแดง y แทนแสงสีเขียว และ z แทนแสงสีน้ำเงิน ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการนำแสงทั้ง 3 สี ในสัดส่วนต่างๆ กันมาฉายลงบนฉากสีขาว จะเกิดเป็นสีต่างๆ กันที่ตาคนสามารถเห็นได้ ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่า x y และ z รวมกันมีค่าเท่ากับ 1 อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าว แม้จะได้ค่าของแสงทั้ง 3 สีออกมาแล้ว แต่คนเราก็ไม่สามารถจินตนาการได้ว่า เมื่อนำแสงทั้ง 3 สีมาผสมกันแล้วในสัดส่วนต่างๆ สีที่ได้นั้นควรเป็นสีอะไร แต่คนที่คุ้นเคยกับการผสมสีมากกว่าผสมแสง เช่น สีแดงผสมสีน้ำเงิน สีเหลืองผสมสีน้ำเงิน และสีแดงผสมสีเหลือง ด้วยเหตุนี้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงเกิดระบบ L a b color space ขึ้นมาในปี 1976

ระบบ L a b color space ก็คล้ายคลึงกับระบบ Y x y color space เช่นกัน โดยที่ระบบนี้จะมีความหมายค่า L เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0-100 (0 เท่ากับสีดำ และ 100 เท่ากับสีขาว) โดยที่ค่าความสว่างมาก ค่าของ L จะมีค่าเข้าใกล้ 100 แต่ถ้าค่าความสว่างน้อย ค่าของ L ก็จะใกล้ 0 เช่นเดียวกับค่า Y โดยที่

$$L = 10\sqrt{Y}$$

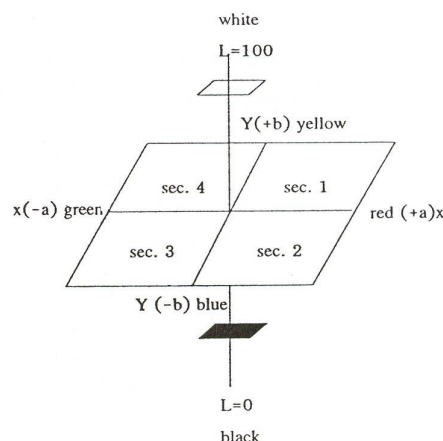
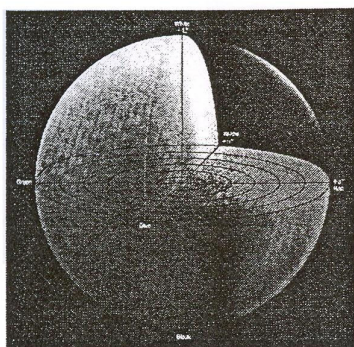
แต่แทนที่ระบบนี้จะมีค่า x y z ก็มีเพียงค่า a และ b เท่านั้น ซึ่งค่า a จะบอกให้เราทราบว่าวัตถุมีสีแดงหรือเขียวมากน้อยเพียงใด ถ้า a มีค่าเป็นบวก ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าวัตถุมีสีแดงอยู่มาก แต่ ถ้า a มีค่าเป็นลบ ก็จะบอกให้เราทราบว่าวัตถุมีสีเขียว ยิ่งค่าติดลบมากแสดงว่าวัตถุมีสีเขียวมาก โดยที่

$$a = \frac{17.5(1.02x - y)}{\sqrt{y}}$$

ทำนองเดียวกับค่า b จะบอกให้เราทราบว่าวัตถุมีสีน้ำเงินหรือเหลืองมากน้อยเพียงใด ถ้า b มีค่าเป็นบวก วัตถุจะมีสีเหลืองมาก แต่ถ้าเป็นลบ แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงินมาก โดยที่

$$b = \frac{7.0(y - 0.847z)}{\sqrt{y}}$$

ตัวอย่างเช่น อ่านค่า L a และ b ของสีผิวมะนาวได้ 61.91, -24.99 และ +31.25 ตามลำดับ ค่า 61.91 บอกให้ทราบว่าค่า L ก่อนข้างสว่าง ค่า a บอกให้ทราบว่า ผลมะนาวมีสีค่อนข้างไปทางสีเขียว ขณะที่ค่า b มีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลมะนาวมีสีค่อนข้างไปทางสีเหลือง และมีสีเหลืองผสมมากกว่าสีเขียว นั่นหมายความว่า ผิวผลมะนาวน่าจะมีสีเขียวอ่อน เป็นต้น หลักการดังกล่าวนี้ใช้หลักการเดียวกับการผสมสีของแม่สีทางวาดเขียนซึ่งประกอบด้วย สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน หากนำสีแดงผสมกับสีเหลืองจะได้สีส้ม แต่ถ้าผสมกับสีน้ำเงินก็จะได้สีม่วง ขณะที่สีเหลืองผสมกับสีน้ำเงินจะได้สีเขียว ด้วยเหตุนี้เองระบบ L a b color space จึงเป็นระบบที่ทำให้คนเข้าใจได้ง่าย และทำให้มีความเห็นไปในแนวทางเดียวกันได้ดีกว่าระบบ x y z color space



ภาพผนวกที่ ๒ ระบบ L a b color space

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสีออกมาโดยการใช้หลักการข้างต้น เพื่อช่วยในการตัดสินใจและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อม และส่งผลให้มนุษย์ตัดสินใจผิดพลาดได้ ตัวอย่างเช่น เครื่องวัดสี Tristimulus Colormeter

การวัดตัวอย่างสามารถทำได้หลายรูปแบบ ตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นผล เช่น ส้ม มะนาว มะม่วง เป็นต้น สามารถวางไว้บนช่องวัดสีตัวอย่างได้โดยตรง แต่ถ้าวัดตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นผง แป้ง เม็ด หรือเป็นน้ำ สามารถวัดได้บรรจุในเซลล์แก้ว ก่อนวางบนช่องวัดสีตัวอย่าง

5. ข้อดีของการใช้เครื่องวัดสี

5.1 สามารถวัดสีได้หลายระบบ เช่น X Y Z , Y x y color space และ L a b color space

5.2 ให้ค่าสีที่เชื่อถือได้ เนื่องจากอาศัยการทำงานของระบบเครื่องตัดสินใจที่วัดได้ ความลำเอียงจะไม่เกิดขึ้น ขณะที่การใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานใช้คนเป็นผู้ตัดสินใจ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น แสง อารมณ์ และอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้มีความลำเอียงเกิดขึ้น และทำให้ค่าสีที่อ่านผิดพลาดได้

5.3 มีแหล่งให้แสงในตัวเครื่องมือเรียบร้อยแล้ว ไม่จำเป็นต้องอาศัยแสงไฟจากธรรมชาติ หรือหลอดไฟจากภายนอกเช่นเดียวกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์สีของน้ำมันหอมระเหยจากไพล

ตารางผนวกที่ จ1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สี

วิธี	ครั้งที่	L*	a*	b*
ME	1	67.64	-6.98	21.50
	2	67.66	-6.94	21.60
	3	66.16	-6.65	21.09
	เฉลี่ย	67.15	-6.86	21.40
	SD	0.86	0.18	0.27
UME	1	68.03	-5.44	19.32
	2	66.62	-5.13	19.08
	3	66.80	-5.23	19.17
	เฉลี่ย	67.15	-5.27	19.19
	SD	0.77	0.16	0.12
HD	1	66.46	-5.42	19.32
	2	66.05	-5.35	16.65
	3	67.05	-5.54	16.52
	เฉลี่ย	66.52	-5.27	16.81
	SD	0.50	0.10	0.14
PSDU	1	54.07	6.55	37.96
	2	48.82	6.49	36.42
	3	52.54	6.66	37.79
	เฉลี่ย	51.81	6.57	37.39
	SD	2.70	0.09	0.84

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญด้วยวิธี Gas Chromatography
และคุณลักษณะทางฟิสิกส์ของน้ำมันหอมระเหยจากไพล



คำขอปรกติที่ ผผ. 02/50	รหัส 02-10-49
รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ ให้แก่ คุณรุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย การทดสอบ/วิเคราะห์ : ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันไหล จำนวน 3 ตัวอย่าง วิธีทดสอบ/วิเคราะห์ : แก๊สโครมาโทกราฟี ภาวะการทดสอบ : คอลัมน์ ; DB-5, 30 m x 0.25 mm, 0.25 µm อุณหภูมิ ; 50°C – 220 °C, 4°C/นาที, Detector ; FID, 230 °C ผลการทดสอบ/วิเคราะห์ : จากการตรวจวิเคราะห์พบว่าน้ำมันไหลมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังตารางที่ 1	
ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์	ผู้ตรวจสอบ
<u>วิยดา ทัพเจริญ</u> (น.ส. วิยดา ทัพเจริญ) นักวิชาการ 5	<u>วิรินทร์ ช่างทอง</u> (นางศิรินันท์ ทับทิมเทศ) นักวิชาการ 8
<u>อนันต์ ฤกษ์อ่ำ</u> (น.ส. อนันต์ ฤกษ์อ่ำ) นักวิชาการ 6	
ฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	
ผู้ตรวจ/รับรอง <u>อรรถกมล คุ้มแสง</u> (นายอรรถกมล คุ้มแสง) ผู้อำนวยการฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ วันที่ 27 ตุลาคม 2549	
ผลการสอบเทียบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการสอบเทียบเท่านั้น ห้ามนำผลการสอบเทียบไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.	

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
 ๓๕ หมู่ ๒๓ เขตในธานี คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
 โทร. (๐๒) ๐๒๕๔๕๕ ๕๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๔๕ ๕๐๐๑
 E-mail : listr@istr.or.th Website : www.istr.or.th

ภาพผนวกที่ ๑1 รายงานการทดสอบและวิเคราะห์



วว.

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพล รหัสต่าง ๆ

หมายเลข	สารประกอบ	ร้อยละ ⁽¹⁾		
		UME40(30)-2	ME 40-3	PSDU
1	α -thujene	0.40	tr	tr
2	α -pinene	1.08	0.94	0.96
3	sabinene	42.69	41.21	36.36
4	β -myrcene	1.53	1.25	1.18
5	α -terpinene	2.16	1.68	1.89
6	p-cymene	1.11	1.37	1.01
7	β -phellandrene	0.89	0.92	0.83
8	γ -terpinene	5.20	4.71	4.49
9	sabinene hydrate	0.59	0.55	0.50
10	terpinolene	0.89	0.80	7.06
11	terpinen-4-ol	27.00	33.34	23.53
12	β -sesquiphellandrene	1.74	1.86	1.20
13	DMPBD ⁽²⁾	10.28	9.15	9.28

tr หมายถึงค่าน้อยกว่า ร้อยละ 0.5

⁽¹⁾หมายถึงร้อยละขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันไพล

⁽²⁾(E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene

ผลการสอบเทียบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการสอบเทียบเท่านั้น
ห้ามนำผลการสอบเทียบไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เลขที่ ๑๒๒ ถนนพหลโยธิน ๕๑ แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ๑๒๒๒๐
โทร. (๐๒) ๐๒๕๔๗ ๕๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๔๗ ๕๐๐๐
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

ภาพผนวกที่ ๑๒ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันไพล



วว.

ภาคผนวก 1
มาตรฐานน้ำมันไพล

สารประกอบ	วว. ¹	สมอ. ²
α -pinene	0.90-4.16	1.00-3.00
sabinene	25.70-40.31	31.00-48.00
α -terpinene	6.25-16.50	8.00-8.00
γ -terpinene	2.00-12.66	6.00-10.00
terpinen-4-ol	25.40-41.50	19.00-36.00
DMPBD ⁽³⁾	0.50-5.88	-

¹วว. หมายถึง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

²สมอ. หมายถึง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

³(E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene

Gas chromatography : Fisons Instrument model 8000 series

คอลัมน์ ; DB-5, 30 m x 0.25 mm, 0.25 μ m, J&W Scientific, USA

อุณหภูมิ ; 50°C – 220 °C, 4°C/นาที,

Detector ; FID, 230 °C

ผลการสอบเทียบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการสอบเทียบเท่านั้น
ห้ามนำผลการสอบเทียบไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

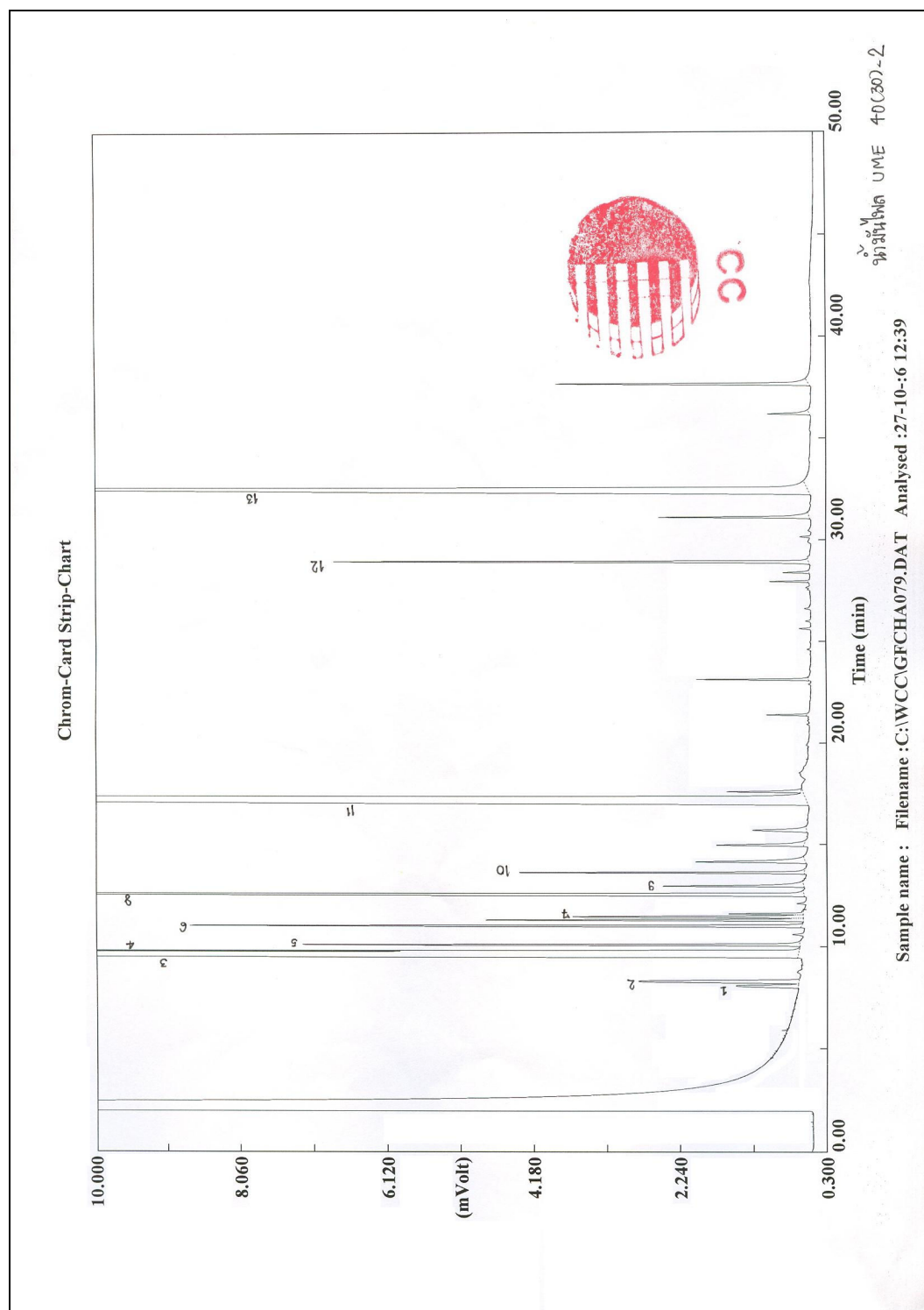
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๑๑ ถนนพหลโยธิน ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐๐

โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๕๕๕๕๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๕๕๕ ๕๐๐๐๔

E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

ภาพผนวกที่ ๑3 มาตรฐานน้ำมันไพลของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงาน
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



ภาพผนวกที่ ๓4 Chrom-Card Strip-Chart ของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่สกัดด้วยวิธี UME

Chrom-Card Report

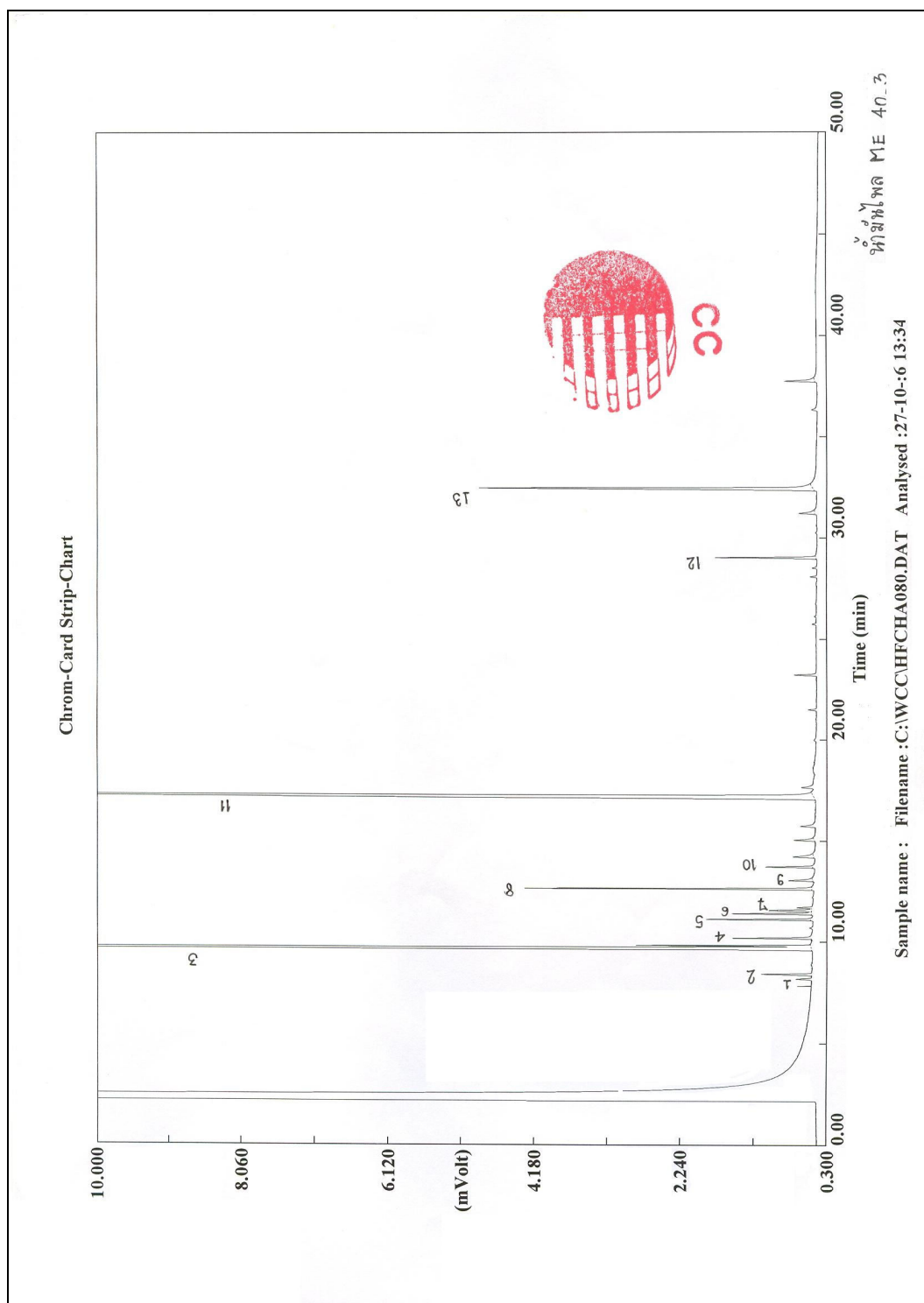
Operator ID : UBON Company Name : C.E. Instruments
 Method Name : External Standard Meth Method File : ESSOIL3.MTH
 Analysed : 10-27-:6 12:39 Printed : 10-30-06 11:23

 Sample # : Not in sequence Channel : Channel A
 Analysis Type : UnkNown Calc. Method : Area %
 Chromatogram : C:\WCC\GFCHA079.DAT

Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
1	0.4047	8.04	63449	FU
2	1.0780	8.28	169030	FU
3	42.6893	9.71	6693388	RS
4	1.5333	10.07	240404	RS
5	2.1645	11.01	339375	RS
6	1.1126	11.29	174442	FU
7	0.8878	11.44	139205	FU
8	0.2176	11.57	34119	FU
9	5.2012	12.55	815510	RS
10	0.5888	12.94	92326	RS
11	0.8938	13.59	140138	RS
12	0.6179	14.13	96889	RS
13	0.4370	14.95	68524	RS
14	0.3299	15.69	51722	RS
15	26.9956	17.31	4232722	TL
16	0.2641	17.57	41416	CR
17	0.1151	21.36	18051	RS
18	0.3351	23.10	52546	RS
19	0.1145	27.91	17953	RS
20	0.0838	28.36	13143	RS
21	1.7415	28.90	273058	RS
22	0.5992	31.07	93956	RS
23	10.2755	32.50	1611134	RS
24	0.1908	36.14	29915	RS
25	1.1282	37.61	176891	RS
Totals	100.0000		15679300	



ภาพผนวกที่ ๑5 Chrom-Card Report ของน้ำมันหอมระเหยจากไพลที่สกัดด้วยวิธี UME



ภาพผนวกที่ ๖ Chrom-Card Strip-Chart ของน้ำมันโพลีที่สกัดด้วยวิธี ME

Chrom-Card Report

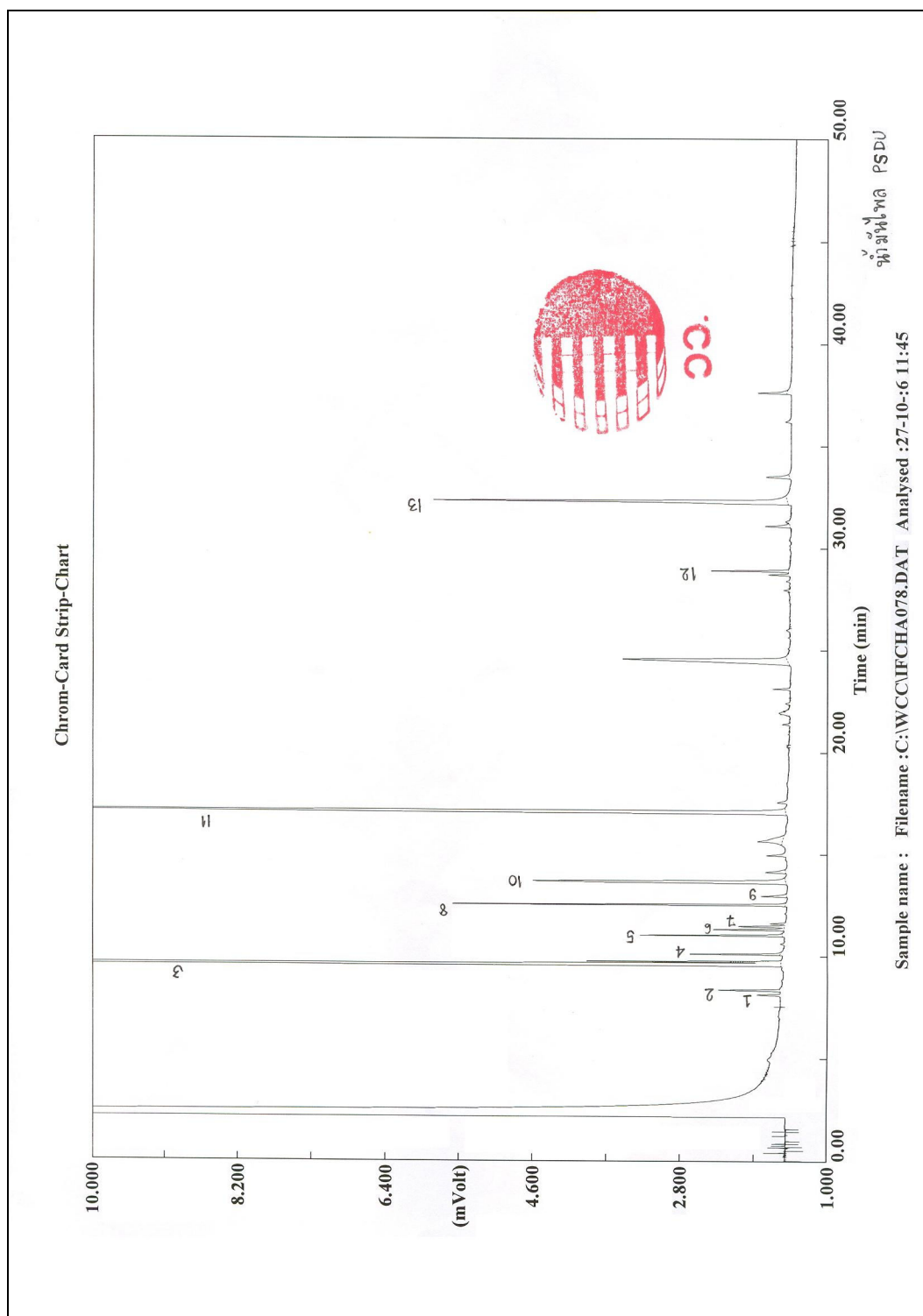
Operator ID : UBON Company Name : C.E. Instruments
 Method Name : External Standard Meth Method File : ESSOIL3.MTH
 Analysed : 10-27-:6 13:34 Printed : 10-30-06 11:25

Sample # : Not in sequence Channel : Channel A
 Analysis Type : UnkNown Calc. Method : Area %
 Chromatogram : C:\WCC\HFCHA080.DAT

Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
1	0.9422	8.39	24203	RS
2	41.2082	9.69	1058511	RS
3	1.2474	10.16	32042	RS
4	1.6821	11.09	43208	RS
5	1.3660	11.38	35087	FU
6	0.9177	11.55	23572	FU
7	4.7056	12.61	120873	RS
8	0.5485	13.02	14089	RS
9	0.7966	13.69	20462	RS
10	0.5923	14.21	15214	RS
11	0.4819	15.04	12380	RS
12	33.3360	17.20	856300	RS
13	1.8580	28.97	47727	RS
14	0.4188	31.18	10759	RS
15	9.1523	32.39	235094	RS
16	0.7464	37.68	19173	RS
Totals	100.0000		2568690	



ภาพผนวกที่ ๗ Chrom-Card Report ของน้ำมันไฟลที่สกัดด้วยวิธี ME



ภาพผนวกที่ ๘ Chrom-Card Strip-Chart ของน้ำมันไฟลที่สกัดด้วยวิธี PSDU

Chrom-Card Report

Operator ID : UBON Company Name
 Method Name : External Standard Meth Method File : ESSOIL3.MTH
 Analysed : 10-27-:6 11:45 Printed : 10-30-06 11:21
 Sample # : Not in sequence Channel : Channel A
 Analysis Type : UnkNown Calc. Method : Area %
 Chromatogram : C:\WCC\IFCHA078.DAT

Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
1	0.9627	8.32	27697	RS
2	36.3623	9.62	1046184	TL
3	1.4950	9.73	43013	CR
4	1.1789	10.10	33917	RS
5	1.8984	11.03	54619	RS
6	1.0125	11.31	29131	FU
7	0.8287	11.46	23842	FU
8	4.4876	12.52	129113	RS
9	0.4888	12.94	14062	RS
10	7.0613	13.65	203161	RS
11	0.4790	14.13	13782	RS
12	1.1582	15.62	33322	RS
13	23.5295	17.07	676971	RS
14	6.8705	24.50	197671	RS
15	1.1989	28.86	34493	FU
16	0.5407	31.05	15556	FU
17	9.2787	32.28	266958	RS
18	0.5943	33.45	17099	RS
19	0.5743	37.57	16523	RS
Totals	100.0000		2877111	



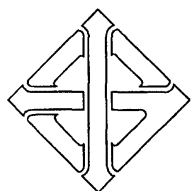
ภาพผนวกที่ ๑๑ Chrom-Card Report ของน้ำมันไพลที่สกัดด้วยวิธี PSDU

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
๓๕ หมู่ ๓ เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
โทร. (๐๖) ๐ ๒๕๔๗๙ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๔๗๙ ๙๐๐๙
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

ภาพผนวกที่ จ10 รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณลักษณะทางฟิสิกส์

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไฟ



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 1679 – 2541

น้ำมันไฟ

PHLAI OIL

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 71.100.60

ISBN 974-608-043-1

ภาพผนวกที่ ข1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันไฟ

**มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
น้ำมันไฟ**

มอก. 1679 – 2541

**สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 2023300**

**ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 23ง
วันที่ 15 มีนาคม พุทธศักราช 2543**

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 861
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหย

ประธานกรรมการ	
ดร.ณรงค์ โฉมเฉลา	
กรรมการ	
ดร.สุทธิเวช ต.แสงจันทร์	ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ
นางสาวทวีผล เดชาติวงศ์ ณ อยุธยา	ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
นางเย็นจิตร เตชะดำรงสิน	
นางนงเยาว์ ทองตัน	ผู้แทนกรมวิชาการเกษตร
นางสาวประเทืองศรี สินชัยศรี	
นางอรรพรรณ หวังศิธรรม	
นางอังกาบ เวสโกสิทธิ์	ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
นางวีรวรรณ แดงแก้ว	
นางณอมศรี วงศ์รัตนสถิตย์	ผู้แทนคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวสุภาพร ตีพพะมงคล	ผู้แทนองค์การเภสัชกรรม
นางวัลภา จุลตุลิตพรชัย	
นางศิริเพ็ญ จริเกษม	ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นางศรินันท์ ทับทิมเทศ	
นางภณิดา นันทวงษ์	ผู้แทนโรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง
นายสุนทร เกียรติธนากร	ผู้แทน บริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด
นายสาคร เกียรติธนากร	
นางบังอร ประดิษฐ์เพชร	
นายพรเทพ เมฆารักษ์ปัญญา	ผู้แทนร้านจันทน์
นายวิศิษฐ์ ลิ้มประนะ	
กรรมการและเลขานุการ	
นางพิมพ์พร บุญสว่าง	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
นางภัทรธิดา โอภาส	
นางสาวสิริลักษณ์ เกิดคล้าย	

เนื่องจากน้ำมันโพลีน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเหง้าของต้นโพลีซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่ปลูกได้ง่ายภายในประเทศ น้ำมันโพลีที่สกัดจากเหง้าของต้นโพลีที่มีอายุเหมาะสมสามารถนำไปใช้เป็นยาหรือ ส่วนประกอบที่สำคัญของยาบางชนิด ดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตน้ำมันโพลีให้มีคุณภาพดี และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ใน อุตสาหกรรมยาต่อไป จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันโพลี ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยใช้ข้อมูลการศึกษาวิจัยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย องค์การเภสัชกรรม กรมวิชาการเกษตร กรมวิทยาศาสตร์บริการ และบริษัท อุตสาหกรรมไทย-จีน จำกัด และข้อมูลจากเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 212-1973 Essential oils - Sampling

ISO 356-1977 Essential oil - Preparation of test sample

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้รับมาตรฐานระหว่างประเทศดังต่อไปนี้มาใช้โดยการอ้างอิง

- (1) ISO 279-1981 Essential oils - Determination of relative density at 20 °C (Reference method) ในเรื่องวิธีทดสอบความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
- (2) ISO 280-1976 Essential oils - Determination of refractive index ในเรื่องวิธีทดสอบดัชนีหักเห ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
- (3) ISO 592-1981 Essential oils - Determination of optical rotation ในเรื่องวิธีทดสอบออปติคอลโรเทชัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
- (4) ISO 875-1981 Essential oils - Evaluation of miscibility in ethanol ในเรื่องวิธีทดสอบการละลาย ในเอทานอล
- (5) ISO 7609-1985 Essential oils - Analysis by gas chromatography on capillary columns - General method ในเรื่องวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 2582 (พ.ศ. 2542)
ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ. 2511
เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
น้ำมันไฟ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511
 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันไฟ มาตรฐานเลขที่
 มอก. 1679-2541 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ประกาศ ณ วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

สุวัจน์ อิปคพิณ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มอก. 1679-2541

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันไพล

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณภาพของน้ำมันไพล

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 น้ำมันไพล หมายถึง น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเหง้า (rhizome) ของไพล โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ
 2.2 ไพล หมายถึง พืชที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า ซิงจีเบอร์ คาสซูนาร์ รอกซ์บ. (*Zingiber cassumunar* Roxb.)
 ในวงศ์ซิงจีเบอเรซีอี (Zingiberaceae)

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

- 3.1 ลักษณะทั่วไป
 เป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ปราศจากตะกอนและสารแขวนลอย ไม่มีการแยกชั้นของน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว
 การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- 3.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์
- 3.2.1 การละลายในเอทานอล
 เมื่อละลายน้ำมันไพล 1 ส่วนโดยปริมาตร ในเอทานอลร้อยละ 80 โดยปริมาตร ปริมาณ 3 ส่วนโดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แล้ว ต้องได้สารละลายใส
 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 875
- 3.2.2 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
 ต้องมีค่า 0.880 ถึง 0.925
 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 279
- 3.2.3 ออปติคอลโรเทนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
 ต้องมีค่า -34.5 องศา ถึง -25.5 องศา
 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 592
- 3.2.4 ดัชนีหักเหที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
 ต้องมีค่า 1.477 0 ถึง 1.509 0
 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ISO 280

-1-

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

มอก. 1679-2541

- 3.3 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ
ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1
การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 7.1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ
(ข้อ 3.3)

รายการที่	องค์ประกอบทางเคมี	เกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละของพื้นที่ผิวสัมพัทธ์
1	แอลฟา-ไพเนน (α -pinene)	1.0 ถึง 3.0
2	ซาบีเนน (sabinene)	31.0 ถึง 48.0
3	แอลฟา-เทอร์ปีเนน (α -terpinene)	3.0 ถึง 8.0
4	แกมมา-เทอร์ปีเนน (γ -terpinene)	6.0 ถึง 10.0
5	เทอร์ปีเนน-4-อล (terpinene-4-ol)	19.0 ถึง 36.0

หมายเหตุ * หมายถึง ร้อยละของพื้นที่ผิวสัมพัทธ์ที่ได้จากแก๊สโครมาโทกราฟี

4. การบรรจุ

- 4.1 ภาชนะบรรจุน้ำมันโพลีต้องแห้ง สะอาด ปิดได้สนิท และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันโพลีที่บรรจุอยู่ หากเป็นภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้วต้องทนแสงได้ด้วย
- 4.2 การบรรจุโพลีเอสเตอร์ที่วางในภาชนะบรรจุ ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 10 ของความจุภาชนะบรรจุ แล้วเก็บไว้ในที่แห้ง เย็น และไม่ถูกแสง
- 4.3 หากมิได้มีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย น้ำหนักสุทธิของน้ำมันโพลีในแต่ละภาชนะบรรจุ ให้เป็น 1 กิโลกรัม 25 กิโลกรัม หรือ 170 กิโลกรัม และต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

5. เครื่องหมายและฉลาก

- 5.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำมันโพลีทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข ตัวเลข หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร
- (1) คำว่า "น้ำมันโพลี"
 - (2) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ของต้นไม้โพลี
 - (3) การฉีกฉีก
 - (4) น้ำหนักสุทธิ เป็นกิโลกรัม
 - (5) วัน เดือน ปีที่บรรจุ และรหัสสถานที่ทำ
 - (6) ชื่อและนามในการบริหาร
 - (7) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน หรือชื่อผู้จำหน่าย พร้อมสถานที่ตั้ง
 - (8) ประเทศที่ทำ
- ในการใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

มอก. 1679-2541

6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 6.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำมันไฟที่หักโดยการวัดเดียวกัน บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- 6.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
- 6.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
- 6.2.1.1 ในกรณีที่มีขนาดบรรจุน้อยกว่า 170 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 6.1 นำไปตรวจสอบเครื่องหมายและฉลาก การบรรจุ และลักษณะทั่วไป ตามลำดับ
- 6.2.1.2 ในกรณีที่มีขนาดบรรจุเท่ากับหรือมากกว่า 170 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ นำไปตรวจสอบเครื่องหมายและฉลาก การบรรจุ และลักษณะทั่วไป ตามลำดับ
- 6.2.1.3 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ข้อ 4. และข้อ 5. จึงจะถือว่าน้ำมันไฟรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 6.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบ ลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก (เฉพาะกรณีที่มีขนาดบรรจุน้อยกว่า 170 ลูกบาศก์เดซิเมตร)
(ข้อ 6.2.1.1)

ขนาดรุ่น (N) หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ
ไม่เกิน 3	ทุกภาชนะบรรจุ
4 ถึง 20	3
21 ถึง 60	4
61 ถึง 80	5
81 ถึง 120	6
เกิน 120	N/20

- 6.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์ และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ
- 6.2.2.1 ในกรณีที่มีขนาดบรรจุน้อยกว่า 170 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ใช้ตัวอย่างที่เฉลี่ยจากข้อ 6.2.1.1 ทุกภาชนะบรรจุ แต่ละภาชนะบรรจุทำให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน โดยการเขย่าหรือใช้เครื่องมือที่เหมาะสม หรือพ่นด้วยก๊าซไนโตรเจนหรืออากาศที่ปราศจากออกซิเจน นำตัวอย่างจากแต่ละภาชนะบรรจุมาปริมาณเท่า ๆ กัน ผสมรวมกันให้ได้ตัวอย่างรวมไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ปิดได้สนิทไม่เกิน 2 ใน 3 ของความจุภาชนะบรรจุตัวอย่าง เดิมสารวัดความชื้นแมกนีเซียมซัลเฟตแอนไฮดรัสหรือโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 150

มอก. 1679-2541

องศาเซลเซียส จนมวลคงที่และบดละเอียดแล้ว ประมาณร้อยละ 15 ของมวลตัวอย่าง เซย่าแรงๆ เป็นเวลา 5 นาที ถึง 10 นาที กรอง แล้วนำตัวอย่างไปทดสอบทันที หากไม่สามารถทดสอบได้ทันที ให้เก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่แห้ง สะอาด ปิดให้สนิท เก็บไว้ในที่เย็นและไม่ให้ออกแสง

6.2.2.2 ในกรณีที่ขนาดบรรจุเท่ากับหรือมากกว่า 170 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ใช้ตัวอย่างที่เหลือจาก ข้อ 6.2.1.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับตัวอย่างที่มีความลึกต่าง ๆ จากระดับผิวหน้าลงไป 5 ตำแหน่งต่อไปในปริมาณเท่า ๆ กัน

- (1) ที่ความลึกประมาณ 1 ใน 10
- (2) ที่ความลึกประมาณ 1 ใน 3
- (3) ที่ความลึกประมาณ 1 ใน 2
- (4) ที่ความลึกประมาณ 2 ใน 3
- (5) ที่ความลึกประมาณ 9 ใน 10

นำตัวอย่างที่ได้มาไปผสมรวมกัน ให้ได้ตัวอย่างรวมไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 6.2.2.1 ตั้งแต่บรรจุในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ปิดได้สนิทจนจบ สำหรับตัวอย่างที่เหลือให้คืนผู้ทำ

6.2.2.3 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.2 และข้อ 3.3 จึงจะถือว่าน้ำมันไหลร่วนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.3 เกณฑ์ตัดสิน

น้ำมันไหลต้องเป็นไปตามข้อ 6.2.1.3 และข้อ 6.2.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำมันไหลร่วนนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

7. การทดสอบ

7.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ

7.1.1 เครื่องมือ

ก๊าซโครมาโทกราฟี แบบกะพัลลารีคอลัมน์ ที่มีภาวะ ดังนี้

- (1) คะพัลลารีคอลัมน์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.20 มิลลิเมตร ถึง 0.35 มิลลิเมตร ยาว ไม่น้อยกว่า 25 เมตร
- (2) สารที่ใช้บรรจุ เป็นพอลิเอทิลีนไกลคอล หรือที่เรียกว่า คาร์โบวอกซ์ 20 เอ็ม (Carbowax 20 M) ที่มีความหนาของฟิล์ม 0.3 ไมโครเมตร
- (3) อุณหภูมิช่องฉีดตัวอย่าง และเครื่องตรวจจับ 250 องศาเซลเซียส
- (4) อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ 75 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์ 250 องศาเซลเซียส
อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิในคอลัมน์ 4 องศาเซลเซียสต่อนาที
- (5) ก๊าซที่ใช้พาตัวอย่าง เป็นก๊าซฮีเลียมหรือไนโตรเจนบริสุทธิ์ มีอัตราการไหล 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

มอก. 1679-2541

- (6) เครื่องตรวจสอบ เป็นชนิดเฟรมไอออนเซชัน
- (7) ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ 2×10^{-4} ลูกบาศก์เซนติเมตร
- (8) อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปในคอลัมน์กับส่วนที่เหลืออกไป (split ratio) ไม่น้อยกว่า 1:100

7.1.2 วิธีวิเคราะห์

ให้ปฏิบัติตาม ISO 7609

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ภาคผนวก ข
เอกสารตีพิมพ์



Faculty of Engineering
Khon Kaen University



Thai Society of
Agricultural Engineering



American Society of
Agricultural and Biological Engineers

STUDY ON *Zingiber cassumunar* Roxb. ESSENTIAL OIL EXTRACTION USING MICROWAVE METHOD

Rungrudee Pornsakulloeschai¹, Siwalak Pathaveerat²

Abstract

This article is to study the comparative extraction processes of essential oil in *Zingiber cassumunar* Roxb. There are hydro distillation or water distillation, Rotary Evaporation Distillation and Microwave Extraction. The hydro distillation using the Portable Steam Distillation Unit (PSDU) which operation was setup with high pressure and temperature, 3 bar and 250°C The BÜNCHI RotaVapor R-220 as Rotary Evaporator (RE) distilled under vacuum pressure, 0.09 bar and low temperature, 90°C. The Microwave Extraction (ME) is a developed extracting the essential oil. It is combination of microwave heating and hydro distillation, performed at atmospheric pressure for 10, 20, 30, 40, 50 and 60 min tested. The extraction of essential oil from *Zingiber cassumunar* Roxb. with Microwave Extraction which the processing condition at 40 min, 300 g came to an end of extract and gave the average yield 1.0374 %w/w, clear-yellow color and plant aroma.

Keywords: *Zingiber cassumunar* Roxb., Essential oil, Microwave Extraction

¹ Graduate student

² Instructor

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakornpathom. 73410

STUDY ON *Zingiber cassumunar* Roxb. ESSENTIAL OIL EXTRACTION USING MICROWAVE METHODRungrudee Pornsakulloeschai³, Siwalak Pathaveerat⁴

Abstract

This article is to study the comparative extraction processes of essential oil in *Zingiber cassumunar* Roxb. There are hydro distillation or water distillation, Rotary Evaporation Distillation and Microwave Extraction. The hydro distillation using the Portable Steam Distillation Unit (PSDU) which operation was setup with high pressure and temperature, 3 bar and 250°C. The BÜNCHI RotaVapor R-220 as Rotary Evaporator (RE) distilled under vacuum pressure, 0.09 bar and low temperature, 90°C. The Microwave Extraction (ME) is a developed extracting the essential oil. It is combination of microwave heating and hydro distillation, performed at atmospheric pressure for 10, 20, 30, 40, 50 and 60 min tested. The extraction of essential oil from *Zingiber cassumunar* Roxb. with Microwave Extraction which the processing condition at 40 min, 300 g came to an end of extract and gave the average yield 1.0374 %w/w, clear-yellow color and plant aroma.

Keywords: *Zingiber cassumunar* Roxb., Essential oil, Microwave Extraction

Introduction

Essential oils may be presented in many different types of plant materials (wood, bark, leaves, stems, flowers, stigmas, rhizome, reproductive parts etc.) at concentrations ranging from thousandths of a percents to one or several percent. Oil is often contained in specialised secretory structures which include secretory cells, ducts, cavities, glandular trichomes etc. The yields of essential oils from seeds can often be high - in the several tens of percentage - but for the majority of other materials, the main range is approximately from 0.1% to 1%. (Burfield, T., 2000)

In Thailand, *Zingiber cassumunar* Roxb. or Plai is a herbal plant that is cultivated in throughout the country. In 2001, there were the cultivated area 320,000 m² and fresh productions were 94,578 kg (The Government of Pharmaceutical Organization, 2006). The marketing has sold in fresh product, dry product, fixed oil and essential oil. There is 0.5-0.9% of essential oil in its rhizome. Our ancestor used its rhizome as medicine that directly rubbed onto the afflicted area. In volatile oil has been utilized as folk remedy and also employed to cure several diseases such as inflammatory disorder, sprain and asthma. Its primarily important pharmacological activity is anti-inflammatory.

Nowadays, several researchers have attempted to extract active compounds from *Zingiber cassumunar* Roxb. to employ in various fields, such as pharmaceutical, cosmetics, perfumes, spa essential oil and etc. So the new extraction process is interested in this seminar that will reduce extraction time, save energy and material and will not destroy the isolation compounds of essential oil.

Botanical Characteristics

Zingiber cassumunar Roxb. is a medicinal plant in Zingiberaceae family originally grown in South East Asia. In Thailand, its vernacular names called in the northern part are Plai, Puu Loi, Puu Loei, whilst in central part is Waan Fai. The plant is a perennial herb, consisting of underground rhizome which is bright yellow-green inside

³ Graduate student

⁴ Instructor

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakornpathom. 73410

with characteristic fragrance, and leafy stem rising up to 80-150 cm. Leaves are simple; oblong-lanceolate; having apex acute; base narrow and clasping the stem by their long sheath; membranaceous texture. Inflorescence is on a separate shoot without normal leaves; consisting of spike cylindric rising up from the rhizome. The active chemicals are sabinene 25.70-40.31%, γ -terpinene 2.00-12.66%, α -terpinene 6.25-16.50%, terpinen-4-ol 25.40-41.50%, and (*E*)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene 0.50-5.88% (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 2003)

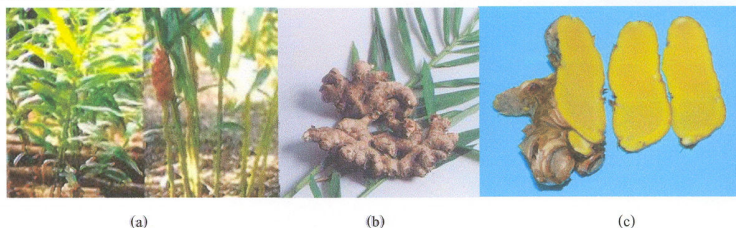


Fig.1 (a) stems and leaves, (b) shape of rhizomes, (c) bright yellow-green inside

Methods of Extracting Essential Oil

The vast majority of essential oils are produced by distillation. There are different processes used, however. In all of them, water is heated to produce steam, which carries the most volatile chemical of the aromatic material with it. The steam is then chilled (in a condenser) and the resulting distillate is collected. The Essential Oil will normally float on top of the Hydrosol (the distilled water component) and may be separated off. (Anonymous, 1997)

- Steam Distillation : True Steam distillation uses an outside source of steam which pipes the steam into the distillation unit, sometimes at high pressure. The steam passes through the aromatic material, and exits into the condenser.

- Hydro-distillation or Water distillation : The botanicals are fully submerged in water, the steam of which contains the aromatic plant molecules. This is the most ancient method of distillation and the most versatile. It's the method most often used in primitive countries. The risk, of course, is that the still can run dry, or be overheated, burning the aromatics and resulting in a burnt smell. Hydro-distillation seems to work best for powders (ie. spice powders, ground wood, etc.) and very tough materials like roots, wood, or nuts.

- Water and steam distillation : A water and steam distillation arrangement can be compared to a kitchen steamer basket, with the botanicals supported in a "basket" over boiling water, thus exposing the plant material only to the rising steam vapors. This is the best method for distilling leafy materials, but doesn't work well for woods, roots, seeds, etc.

- Solvent Extraction : Very delicate aromatics, Jasmine, Linden Blossom, etc. can not survive the process of distillation. To capture their magical aromas, a process of solvent extraction is used. An extracting unit is loaded with perforated trays of blossoms. The blossoms are washed repeatedly with a solvent (usually hexane.) The solvent dissolves all extractable matter from the plant which includes non-aromatic waxes, pigments and highly volatile aromatic molecules. The solution containing both solvent and dissolvable plant material is filtered and the filtrate subjected to low pressure distillation to recover the solvent for further use.

- Carbon Dioxide Extraction : When CO₂ (carbon dioxide) is subjected to high pressure, the gas turns into liquid. This liquid CO₂ can be used as a very inert, safe, "liquid solvent," which will extract the aromatic molecules in a process similar to that used to extract solvent. The advantage, of course, is that no solvent residue remains, since at normal pressure and temperature, the CO₂ simply reverts to a gas and evaporates. CO₂ extraction has given us essences of some aromatics that do not yield essential oils, Rose Hip Seed, and Calendula, for examples. If the

same essential oil is available both as a steam distilled EO and a CO₂ extracted essence, the CO₂ seems to have a richer, more intense scent, since more of the aromatic chemicals are released through this process.

- Cold Pressing: The cold pressed citrus oils are commercial produced just this way, by machines which score the rind and capture the resulting oil. Although many citrus oils are also produced by steam distillation, they seem to lack the vibrancy of the cold pressed oils.

- Florasols/Phytols : This extraction method uses a new type of begin gaseous solvents. In the late 1980s Dr. Peter Wilde first recognized the unique properties of these solvents for the extraction of aromatic oils and biologically active components from plant materials, for use in the food, pharmaceutical, aromatherapy and perfume industries. "Florasol" (R134a), is the solvent upon which the process is based Extraction occurs at or below ambient temperatures, hence there is no thermal degradation of the products. The extraction process utilizes the selectivity of the solvent and produces a free flowing clear oil free of waxes.

Poonsukcharoen, T.(200) extracted *Zingiber cassumunar* Roxb. by superheated water and pressurized liquid extraction using methanol and ethanol as solvent. Several factors affecting extraction efficiencies were varied to achieve the highest yield of analytes. The experimental results, two parameters of superheated water extraction (SWE) and pressurized liquid extraction (PLE) showing same optimum conditions flow rate and static time of 1 mL/min and 5 min, respectively. While extraction temperature and dynamic time presented specific values for each method. For PLE, an optimum temperature was 100°C with a dynamic elution time of 5 min. For SWE, the temperature was optimized at 140°C with a dynamic time of 20 min. Components of *Zingiber cassumunar* Roxb. were remove from aqueous extract using 5mL of hexane. Separation and identification of all components were carried out using GC/FID and GC/MS Conventional extraction methods compared with both techniques were water distillation, solvent sonication and Soxhlet extraction. Consideration in term of component, the highest of terpinene-4-ol was achieved with SWE (51.56%), while its lowest yield was obtained from both methanol (10.48%) and ethanol PLE (12.34%). Among all techniques, PLE showed most preferential, as it produced highest amount of DMPBD and terpinene-4-ol, noticing from a comparison between each peak area ratio obtained from each extraction method. Besides, PLE is also the best method for extracting monoterpene compounds, achieving highest efficiency. Two novel developing methods, SWE and PLE, gave several advantages, i.e. short extraction time and sample preparation, reduce solvent waste, as well as low extraction cost. In addition, the use of high pressure can increase the contact between extracting solvent and sample matrix, thus promoting the solvent property.

Kimbaris *et al.*(2004) had compared of traditional simultaneous distillation extraction (SDE), microwave assisted hydrodistillation extraction (MWHD) and ultrasound-assisted extraction (USE), for the extraction of essential oils from fresh garlic (*Allium sativum*) cloves. Each method is evaluated in terms of qualitative and quantitative composition of the isolated essential oil. The highly reactive sulfur molecules of the garlic volatile fraction show variable response to the different isolation methods. The application of ultrasound for the extraction of the essential oil is considered to cause a lesser damage of thermal-sensitive molecules, thus, providing a better approach of the compounds primarily responsible for the characteristic fragrance and taste of freshly chopped garlic. All heat-involving isolation procedures have been shown to differentiate the volatile-fraction profile as analyzed by GC-MS. Especially when grouping the compounds into cyclic and acyclic, the percentage concentrations drop from 77.4% to 8.7% for the acyclic while that of the cyclic compounds increase from 4.7% to 70.8%. The observed fact may be attributed to the effect of the heat applied, which changes from harsh thermal treatment (SDE) to short time thermal (MWHD) and room-temperature isolation (USE). The use of USE proves to be crucial in order to provide reliable insight into garlic's chemistry.

Lucchesi *et al.*(2004) had studied in solvent-free microwave extraction (SFME) that was a combination of microwave heating and dry distillation, performed at atmospheric pressure without added any solvent or water.

Isolation and concentration of volatile compounds are performed by a single stage. SFME has been compared with a conventional technique, hydro-distillation (HD), for the extraction of essential oil from three aromatic herbs: basil (*Ocimum basilicum* L.), garden mint (*Mentha crispa* L.), and thyme (*Thymus vulgaris* L.). The essential oils extracted by SFME for 30 min were quantitatively (yield) and qualitatively (aromatic profile) similar to those obtained by conventional hydro-distillation for 4.5 h. The SFME method yields an essential oil with higher amounts of more valuable oxygenated compounds, and allows substantial savings of costs, in terms of time, energy and plant material. SFME is a green technology and appears as a good alternative for the extraction of essential oils from aromatic plants.

The aim of this work is to present the Microwave Extraction (ME) for the extraction of essential oil from *Zingiber cassumunar* Roxb. and compare the results with those obtained by other techniques.

Materials and Methods

Zingiber cassumunar Roxb./Plai

The rhizomes of *Zingiber cassumunar* Roxb. were purchased from farmers in Kampaengsaen (Thailand), they were 10-12 months. The initial moisture of each sample was 72%wb. Solvent was used for examination of *Zingiber cassumunar* Roxb. samples being water. The experimental methods were compared the extraction by Portable Steam Distillation Unit (Jivajinda, 2000), Rotary Evaporator and Microwave extraction.

Portable Steam Distillation Unit

The Portable Steam Distillation Unit (PSDU) consists of five parts, retort, retort cover, vapor conduct tube, condenser and receiver and separator as shown in Fig. 2. Retort's volume is 10 l. Ten kilograms of *Zingiber cassumunar* Roxb. were cleaned and sliced 2 mm/piece and put them on screen in retort. The extraction solvent, water was filled into the retort 3 l. Next, the operation was setup to have high pressure and temperature 3 bar and 250°C, then closed a retort cover tightly. For the condensation of vapor, the condenser was cooled with water (at room temperature). The distillation was continued until no more essential oil was obtained. For the determination of the procedure yield in oil by used the dropper for take the volatile oil and calculated for %w/w.

Rotary Evaporator Distillation

The BÜNCHI RotaVapor R-220, Rotary Evaporator (RE) distilled under vacuum pressure and low temperature that consists of vacuum pump, distillation flask, condenser, receiving flask as shown in Fig. 3. The 1.5 kg. samples were blended by blender then filled them with water in a distillation flask and assembled to the machine. The rotation distillation flask dipped into the water bath. Next, the operation was setup to have vacuum 0.09 bar, temperature in water bath was 90°C. The RE distilled until no more essential oil was obtained. For the condensation of vapor, the condenser was cooled with low temperature water (20°C). The *Zingiber cassumunar* Roxb. oil was collected then calculated for percentage of yield.

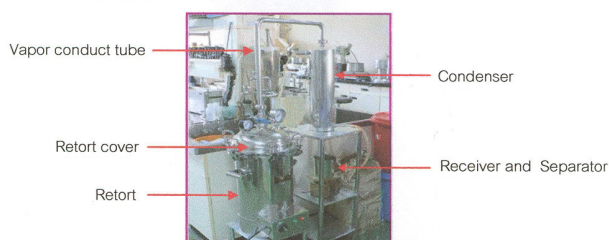


Fig.2 Portable Steam Distillation Unit

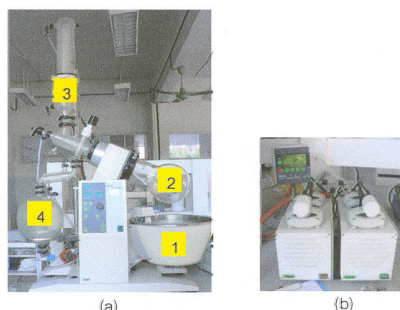


Fig.3 BÜNCHI RotaVapor R-220 (a) Rotary Evaporator 1) water bath. 2) distillation flask. 3) condenser. 4) receiving flask (b) Vacuum pump

Microwave Extraction

The Microwave Extraction (ME) was designed and constructed. It has been performed in the household microwave oven, SHARP R-233. The microwave oven has been modified in laboratory and the microwave energy can be continuously transmitted to the reactor. Its maximum output power is 800 W with 2450 MHz of microwave irradiation frequency. The dimensions of inner cavity are 322 mm x 212 mm x 330 mm. A reactor is 2000 ml short necked flask. During the experiments, time and power were controlled with the control panels. Vapor temperature was measured by thermometer inserted directly into apparatus. The Microwave Extraction apparatus is illustrated in Fig. 4 and Fig. 5. The ME procedure performed at atmospheric pressure, 300 g of blended rhizome of *Zingiber cassumunar* Roxb. with 700 ml water were put into reactor, which were heated using high power, 800 W at 100°C for 10, 20, 30, 40, 50 and 60 min. The each experiment was performed three times. The distillate was concentrated continuously by a cooler outside the microwave oven. There were essential oil and aqueous phase in the concentrated distillate. The oil was collected then calculated for percentage of yield.

Gas chromatography

A J&W Scientific, USA was used for gas chromatography analysis fitted with a fused-silica-capillary column with an apolar stationary phase DB-5 (30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m film thickness). The column temperature progress from 50 to 220°C at 4°C min⁻¹. Injection was performed at 230°C in splitless mode; 0.1 μ l of sample was injected.

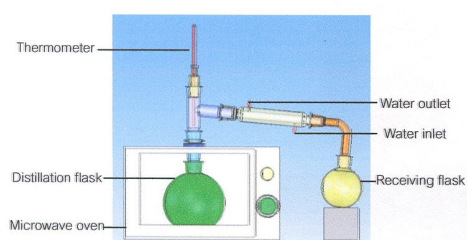


Fig. 4 Composition of Microwave Extraction



Fig. 5 Microwave Extraction

Results and discussions

Comparison of PSDU and RE

As is shown in Table 1 an extraction time of 6 h with PSDU provided yields comparable to those obtained after the same time by means of RE. The ultimate yield of essential oil obtained from *Zingiber cassumunar* Roxb. was 0.36%w/w by PSDU and a little by RE. Since unsuitable apparatus of RE, the little obtainable oil could not take from receiving flask. After the procedure of PSDU and opening cell, the rhizome changed from yellow to be browner and became very soft. The essential oil from first method has burnt smell and yellow color because of high pressure and high temperature. As rhizome from another method was not changed its color. The essential oil of RE has clear color and good aroma since the operation was under atmospheric pressure and low temperature. Fig.6 (a) and (b) are the color of essential oil these procedures.

Table 1 The comparison of Portable Steam Distillation Unit and Rotary Evaporator Distillation

Method	Operated time (h)	Pressure (bar)	Temperature (°C)	Yield % (w/w)	color	fragrance
PSDU	6	3	250	0.36	yellow	burnt plant
RE	6	0.09	90	-	clear	plant

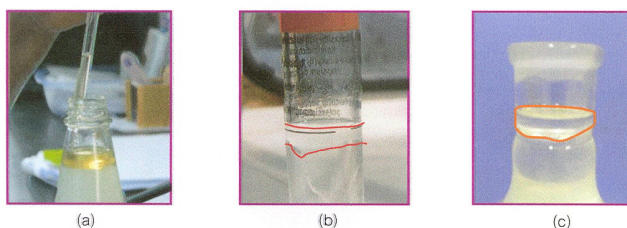


Fig. 6 Layer of *Zingiber cassumunar* Roxb. oil (a) PSDU (b) RE (c) ME

Microwave Extraction

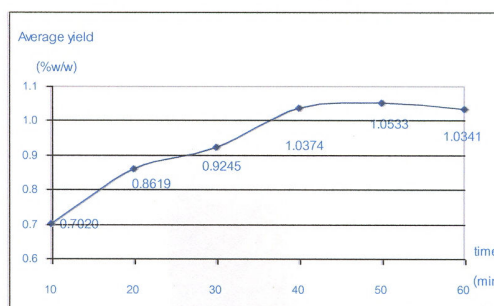
As is shown in Table 2 and Fig.8, an extraction heat used 800 W for 10, 20, 30, 40, 50 and 60 min. The each experiment was performed three times. The extraction temperature is equal to boiling temperature of water at atmospheric pressure (100°C). To reach this extraction temperature and thus obtain the distillation of first essential oil droplet, it is necessary to heat for 5 min. Yield of each experiment is expressed in grams of essential oil and %w/w (percentage of grams of oil per 300 grams of sample). The ME which the processing condition at 40 min came to an end of extract and gave the average yield 1.0374 %w/w, clear-yellow color and plant aroma as shown in Fig.6 (c).

Composition of essential oil

The comparison of chemical compositions, yield and detailed composition of each extract is reported in Table 3. Sabinene, γ -terpinene, α -terpinene, terpinen-4-ol and (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene were the main active components in the essential oil extracted from *Zingiber cassumunar* Roxb. but the relative amounts differed for the two extraction methods. Sabinene is the most abundant component present at 41.21% and 36.36%, respectively for ME and PSDU. Terpinene-4-ol is present at 33.34% and 23.53%, respectively for ME and PSDU.

Table 2 Weight and percentage of yield of Essential oil by Microwave Extraction

no.	W(g)	%w/w	no.	W(g)	%w/w
10_1	2.3181	0.7727	40_1	2.9532	0.9844
10_2	1.8879	0.6293	40_2	3.1346	1.0449
10_3	2.1123	0.7041	40_3	3.2492	1.0831
20_1	2.5524	0.8508	50_1	3.3729	1.1243
20_2	2.5657	0.8552	50_2	2.9223	0.9741
20_3	2.6394	0.8798	50_3	3.1846	1.0615
30_1	2.9461	0.9820	60_1	2.9687	0.9896
30_2	2.6948	0.8983	60_2	3.4283	1.1428
30_3	2.6794	0.8931	60_3	2.9097	0.9699

Fig. 7. Average yield for the ME from *Zingiber cassumunar* Roxb. oilTable 3 Chemical compositions and yields of essential oils obtained by ME and PSDU extraction from the rhizome of *Zingiber cassumunar* Roxb.

No.	Compounds	ME ^a (%)	PSDU ^b (%)	No.	Compounds	ME ^a (%)	PSDU ^b (%)
1	α -thujene	tr.	tr.	8	γ -terpinene	4.71	4.49
2	α -pinene	0.94	0.96	9	sabinene hydrate	0.55	0.50
3	sabinene	41.21	36.36	10	terpinolene	0.80	7.06
4	β -myrcene	1.25	1.18	11	terpinen-4-ol	33.34	23.53
5	α -terpinene	1.68	1.89	12	β -esquiphelladrene	1.86	1.20
6	p-cymene	1.37	1.01	13	DMPBD ^c	9.15	9.28
7	β -phellandrene	0.92	0.83				

tr., trace (less than 05%)

^a ME, Microwave Extraction^b PSDU, Portable Steam Distillation Unit^c DMPBD, (*E*-1—(3,4-dimethoxyphenyl)butadiene

Conclusions

The experiments for using the PSDU and RE were compared the percentage of yield, extraction time, color and fragrance. The results for both methods achieved very low percentage yield and long extraction time. For the essential oil from steam distillation method was yellow color and burnt smell on the other hand the other methods were not. Since high pressure and temperature, caused burned materials and degraded the heat sensitive compositions. The ME method is combination of microwave heating and hydro distillation. It provides more valuable essential oil, yield, fragrance and color. The oil was obtained average 1.0374%w/w for 40 min. For GC analysis, the main active components; Sabinene, γ -terpinene, and terpinen-4-ol by ME extraction has more valuable than PSDU extraction and allows substantial saving of energy, time and a reduced environmental burden (less CO₂ rejected in the atmosphere). All the advantages make ME a good alternative for the extraction of essential oil from *Zingiber cassumunar* Roxb.

References

- Kimbaris, A.C., Nikolaos G. Siatas, Dimitra J. Daferera, Petros A. Tarantilis, Christos S. Pappas and Moschos G. Polissiou. 2004. Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry* 13(2006). 54-60
- Lucchesi, M.E., Farid Chemat and Jacqueline Smadja. 2004. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *J of Chromatography A*, 1043(2004). 323-327
- Fransworth, R.N., and Bunyapraphatsara, N. 1992. *Thai Medical Plants Recommended for Primary Health Care System*. Medical Plant Information Center, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Bangkok.
- Poonsukcharoen, T. 2004. *Pressurized Liquid and Superheated Water Extraction of Chemical Constituents from Zingiber cassumunar Roxb*. Master of Science (Chemistry), Major Field: Analytical Chemistry, Department of Chemistry. Kasetsart University, Bangkok.
- Thailand Institute of Scientific and Technological Research. 2003. *Cosmetics from Herbs*. SE-ED, Bangkok.
- Anonymous. 1997. *Method of Extracting Essential Oils*
Source: <http://www.aromathymus.com>
- Burfield, T. 2000. *Essential Oil : A Short Guide*
Source: <http://www.users.globalnet.co.uk/~nodice/new/essential/essentialoils.htm>
- Jivajinda, S. 2000. *Portable Steam Distillation Unit*
Source: <http://www.rdi.ku.ac.th/bk/12/12.htm>
- The Government of Pharmaceutical Organization. 2006. *Plai*.
Source: <http://www.medplant.mahidol.ac.th/doae/rpt3.asp?b=0035&n>

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวรุ่งฤดี พรสกุลเลิศชัย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	31 มกราคม 2518
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีเมื่อปีการศึกษา 2537 ณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำเร็จการศึกษาเมื่อปีการศึกษา 2541 เข้าทำงานเป็นลูกจ้างชั่วคราวในตำแหน่งนักวิชาการเกษตร ณ ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จนถึงปี 2545 สอบบรรจุเข้ารับราชการในตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา สังกัดกองงานวิทยาเขต สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการศึกษา 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เทเวศร์ กรุงเทพฯ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนข้าราชการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร