



รายงานการวิจัย

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา
Essential Oil Extraction from Agarwood

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารีสา จินะดิษฐ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ

นายชวัลย์ สุขมัน

RMUTK - CARIT



3 2000 00095620 3

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณเงินแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา

Essential Oil Extraction from Agarwood

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารีสา จินะคิษฐ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ
นายชัชวาลย์ สุขมันน์

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

RMUTK - CARIT



3 2000 00095620 3



โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ตัวแปรที่ศึกษา คือ ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิในการสกัด และน้ำหนักไม้กฤษณาในการสกัด ซึ่งศึกษาตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ ตัวทำละลายเอทานอล เอทิลแอซีเตต เฮกเซน และไดคลอโรมีเทน ปริมาณไม้กฤษณาที่ใช้ในการสกัด คือ 70, 80, 90 และ 100 g ต่อปริมาตรตัวทำละลาย 600 mL และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 30, 33, 36, และ 39 °C วิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรมิเตอร์ จากผลการคำนวณทางสถิติพบว่า น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ และปริมาณเอทิล-ออกโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ ขึ้นอยู่กับชนิดตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ตัวทำละลายที่เหมาะสมคือ ไดคลอโรมีเทน ศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยแปรชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ ไดคลอโรมีเทน เอทานอล เอทิลแอซีเตต และเฮกเซน พบว่าปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ คือ 2.30, 1.91, 0.74 และ 0.08% ตามลำดับ

ABSTRACT

The objective of this research was to extract essential oil from agarwood by Latin Squares Design. The variables were as follows : solvent, agarwood weight and extraction temperature. Four kinds of solvents were dichloromethane, hexane, ethyl acetate and ethanol. The agarwood weight were 70, 80, 90 and 100 g per solvent volume 600 mL. Extraction temperature were 30, 33, 36 and 39 °C. It was analysed by using gas chromatograph mass spectrometer. From the statistical analysis result, it was found that the weight of essential oil and quantity of ethyl-ortho-methoxy-methylbenzyl alcohol depends significantly on kind of solvent. The suitable solvent was dichloromethane.

The effects of solvents for essential oil extraction from agarwood were studied. Four kinds of solvent were dichloromethane, ethanol, ethyl acetate, and hexane. It was found that the amount of crude extract were 2.30, 1.91, 0.74 and 0.08%, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย
งบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี 2550 ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เพ็ญศรี บุญสุวรรณคั้ง และ
เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คุณสมนึก สุขัยธนาวิช หัวหน้า
ศูนย์พัฒนาชาวไทย และคุณจุฬามาส แสงไธย และคุณนครินทร์ มัททะวีวงศ์ เจ้าหน้าที่วิจัยศูนย์พัฒนา
ชาวไทย กรมแผนไทย กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความร่วมมือเอื้อต่อการวิเคราะห์สารเป็นอย่างดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
รายการตาราง	ช
รายการรูป	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. การทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของไม้กฤษณา	3
2.2 ประโยชน์ของไม้กฤษณา	5
2.3 การสกัด	5
2.4 การสกัดน้ำมันหอมระเหย	7
2.5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย	9
2.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมในน้ำมันหอมระเหย	15
2.7 การออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์	20
2.8 งานวิจัยที่ผ่านมา	23
3. วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	25
3.2 วิธีการทดลอง	26

บทที่	หน้า
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล	29
4.1 ผลการคำนวณทางสถิติการทดลองแบบลาตินสแควร์	29
4.2 ผลของชนิดตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหย	34
4.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ	35
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดลองและการคำนวณ	40
ก.1 ข้อมูลผลการทดลอง	40
ก.2 การคำนวณปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	42
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวณทางสถิติ	43
ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	43
ข.2 การคำนวณค่าแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	44
ข.3 การคำนวณค่าแปรปรวนและเปรียบเทียบปริมาณสารเอทิล-เอโท-เมทอกซี-เมทิล เบนซิลแอลกอฮอล์	52
ภาคผนวก ค โครมาโทแกรมของการทดลองแบบลาตินสแควร์จากเครื่อง GC/MS	58
ภาคผนวก ง ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาจากการทดลองแบบลาตินสแควร์	62
ภาคผนวก จ โครมาโทแกรมจากเครื่อง GC/MS ศึกษาผลของชนิดตัวทำละลาย	65
ภาคผนวก ฉ สูตรโครงสร้างของสารที่สกัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS	77
ภาคผนวก ช สมบัติของตัวทำละลาย	79
ภาคผนวก ซ ความน่าจะเป็นแบบเอฟ	80
ประวัติผู้เขียน	81

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนของพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย	9
3.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	26
4.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	30
4.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์	31
4.1.3 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย	32
4.1.4 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลาย	33
4.3 ผลที่ได้จากการการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ	34
ก.1 ตารางลาตินสแควร์ที่ออกแบบ	40
ก.2 ปริมาตรของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	41
ก.3 น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	42
ก.4 ปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ที่ได้	43
ข.2.1 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	44
ข.2.2 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	44
ข.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	45
ข.2.4 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้	48
ข.2.5 การคำนวณเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย	48
ข.2.6 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย	50
ข.3.1 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์	52
ข.3.2 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์	52
ข.3.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์	53

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.3.4 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์	54
ข.3.5 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลาย	55
ข.3.6 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณสารเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิล แอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลาย	56
ค.1 ปริมาณสารที่พบในการทดลองที่ 1 ที่ RT ต่าง ๆ ของการสกัดไม้กฤษณา 70 g โดยใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 33 °C	58
ง.1 ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาในการทดลองที่ 1-5	62
ง.2 ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาในการทดลองที่ 6-10	63
ง.3 ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาในการทดลองที่ 11-16	64
จ.1 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 19.11 g ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย	67
จ.2 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 23.00 g ใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลาย	69
จ.3 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 0.038 g โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ	71
จ.4 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 7.43 g ใช้เอทิลเอซีเตตเป็นตัวทำละลาย	73
จ.5 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 0.80 g ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย	75
ช.1 ความน่าจะเป็นแบบออฟ $\alpha=0.1$ ($F_{0.1}$)	81

รายการรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของคั่นกฤษณา	3
2.2 ลักษณะของเนื้อไม้กฤษณา	5
2.3 สูตรโครงสร้างของหน่วยไอโซพรีน	10
2.4 สูตรโครงสร้างของโมโนเทอร์พีนชนิดเรียงตัวเป็นวง	11
2.5 สูตรโครงสร้างของโมโนเทอร์พีนชนิดเรียงตัวแบบไม่เป็นวง	11
2.6 สูตรโครงสร้างของเซสควิเทอร์พีน	11
2.7 สูตรโครงสร้างของยูจีนอลและอะนิโทล	13
2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี	16
2.9 ส่วนประกอบพื้นฐานของแก๊สโครมาโทกราฟี	17
2.10 ส่วนประกอบพื้นฐานของแมสสเปกโตรมิเตอร์	18
2.11 แก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรมิเตอร์	19
2.12 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 2x2	21
2.13 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 3x3	21
2.14 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 แบบที่ 1	21
2.15 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 แบบที่ 2	21
2.16 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 แบบที่ 3	22
2.17 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 โดยการสุ่มตัวอย่าง	22
2.18 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 โดยการสุ่มแถวแนวนอน	23
2.19 ตารางลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 โดยการสมมติแนวตั้ง	23
3.1 เครื่องระเหยแบบหมุนยี่ห้อ Buchi รุ่น R-210/215	27
3.2 ชุดกรองสารตัวอย่าง	27
3.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟียี่ห้อ Thermo รุ่น FOCUS GC / แมสสเปกโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Thermo รุ่น POLARIS Q	28
4.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ	35
ก.1 โครมาโทแกรมของทดลองที่ 1 จากการออกแบบการทดลองแบบลาดินสแควร์	58

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.2 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 14.03	59
ค.3 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 29.10	59
ค.4 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 36.06	60
ค.5 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 36.14	60
ค.6 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 45.82	61
ค.7 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 60.27	61
จ.1 โครมาโทแกรมผลของตัวทำละลายชนิดต่างๆ	65
จ.2 โครมาโทแกรมของน้ำมันกฤษณาจากการกลั่นด้วยไอน้ำ ข้อมูลจากศูนย์พัฒนาฯไทย	66

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาของการทำงานวิจัยนี้ จุดประสงค์ ขอบเขตของงานวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไม้กฤษณาเป็นไม้หอมที่มีคุณค่ามาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ นับตั้งแต่ครั้งพุทธกาล เป็นหนึ่งในของหอมธรรมชาติ 4 อย่าง เรียกว่า จตุชาติสุคนธ์ ที่ใช้เผาและประพรม ในพิธีกรรม ต่างๆ เป็นเครื่องประทีปหิว และใช้เข้าเครื่องยาหอมมาแต่อดีต รวมทั้งส่งเสริมเป็นเครื่องราช บรรณาการ และเป็นสินค้าส่งออกที่ขึ้นชื่อของสยาม นอกจากไม้กฤษณาจะเป็นไม้มงคลแล้วยังมี คุณสมบัติเป็นยาสมุนไพรที่มีสรรพคุณรักษาโรคภัยไข้เจ็บได้มากมาย ปัจจุบันประเทศที่นิยมใช้ กฤษณามากคือ แลเบดวันออกกลางและบางประเทศในทวีปยุโรป ซึ่งมีความต้องการใช้กฤษณา และผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง สาเหตุที่ผู้นับถือศาสนาอิสลามแลเบดวันออกกลางนิยมใช้ไม้กฤษณา เพราะศาสนาอิสลามบัญญัติห้ามชาวมุสลิมเคี้ยวและใช้เครื่องสำอางที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม แต่ให้ใช้เครื่องสำอางและน้ำหอมที่ผลิตได้จากสมุนไพรเท่านั้น[1]

ด้วยเหตุที่ไม้กฤษณาเป็นไม้ที่หายาก และตลาดโลกมีความต้องการสูง ในตลาดซื้อขาย ไม้กฤษณากันราคาโลกกรัมละ 20 - 6,000 บาท ขึ้นอยู่กับเกรดของไม้ ส่วนน้ำมันราคาโคละละ (12.5 mL) 5,000-15,000 บาท จึงทำให้ชาวบ้านที่มีอาชีพเก็บหาของป่าเสี่ยงต่อกฎหมายลักลอบเข้าไปตัดไม้ในเขตป่าสงวนแห่งชาติเป็นผลให้ไม้กฤษณาในประเทศไทยใกล้จะสูญพันธุ์ ดังนั้นรัฐบาล จึงเห็นว่าไม้กฤษณาเป็นไม้ที่ควรอนุรักษ์พร้อมขยายพันธุ์และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสร้างสวน ป่าภาคเอกชนในพื้นที่ทางราชการกำหนด โดยรัฐบาลสนับสนุนเงินทุนในการปลูกและบำรุงรักษา จะเห็นได้ว่าการลงนามในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือเพื่อการผลิตกล้าไม้และการปลูกไม้ กฤษณาระหว่าง ชมรมไม้กฤษณา (ไม้หอม) แห่งประเทศไทยกับองค์กรอุตสาหกรรมป่าไม้ ณ ห้องประชุม 301 องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เมื่อวันที่ 16 กันยายน 2547 เวลา 11.22 น. เพื่อผลิต กล้าไม้ และปลูกไม้กฤษณาทั้งสิ้น 30,000 ไร่ ในปี 2549

ปัจจุบันแม้จะมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกไม้กฤษณากันมาก แต่ยังขาดการศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเป็นขั้นตอนต่อเนื่องในการนำไม้กฤษณาไปทำ

ผลิตภัณฑ์อื่น ในอดีตการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณานั้นใช้การกลั่นด้วยไอน้ำจำเป็นต้องใช้พลังงานมากในการต้มน้ำให้เดือด 100°C เพื่อให้ น้ำมันหอมระเหยกลั่นออกมากับไอน้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายชนิดอื่นและต้มไม่เกิน 39°C จึงทำให้ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง ตัวแปรที่จะศึกษาได้แก่ ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิ และน้ำหนักไม้กฤษณา แล้ววิเคราะห์หาสารต่างๆ ในน้ำมันหอมระเหย ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Gas Chromatograph / Mass Spectrophotometer, GC/MS)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลาย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสกัด ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย น้ำหนักไม้กฤษณา และอุณหภูมิ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 สกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งตัวแปรที่จะศึกษามีค่าดังนี้

- ชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ เอทานอล เอทิลเอซีเตต ไคลลอโรมีเทนและเฮกเซน
- น้ำหนักไม้กฤษณา ได้แก่ 70, 80, 90 และ 100 g
- อุณหภูมิ ได้แก่ $30, 33, 36$ และ 39°C

1.3.2 สกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ เอทานอล เอทิลเอซีเตต ไคลลอโรมีเทน และเฮกเซน โดยใช้ไม้กฤษณา 1 Kg ตัวทำละลายอินทรีย์ 10 L สกัดที่อุณหภูมิห้อง

1.3.3 วิเคราะห์หาปริมาณสารเซสควิเทอร์พีน แอลกอฮอล์ (Sesquiterpene Alcohol) ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบสภาวะในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสกัดในระดับอุตสาหกรรมต่อไป
- 1.4.2 ลดการสิ้นเปลืองพลังงานในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา
- 1.4.3 สามารถนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยในพืชพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ
- 1.4.4 เป็นแนวทางในการพัฒนาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยวิธีอื่นๆ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำงานวิจัย การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

2.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของไม้กฤษณา

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Aquilaria crassna</i> Pierre, <i>A. malaccensis</i> Lamk
ชื่อวงศ์	Thymelaeaceae
ชื่อพื้นเมืองอื่นๆ	กฤษณา ไม้หอม
ชื่อทางการค้า	Agarwood, Eagle-wood



รูปที่ 2.1 ลักษณะของต้นกฤษณา

ไม้สกุลอะควิลารีย (*Aquilaria*) มีอยู่ประมาณ 16 สายพันธุ์ กระจายอยู่แถบเอเชียเขตร้อนในประเทศทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถึงฟิลิปปินส์ และเอเชียใต้แถบประเทศอินเดีย ปากีสถาน ศรีลังกา เบนกอล รัฐอัสสัม รวมทั้งกระจายไปทางเอเชียเหนือ จนถึงประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ส่วนการกระจายพันธุ์ของไม้กฤษณาในประเทศไทย มีการกระจายพันธุ์อยู่ 3 ชนิด มีรายละเอียดดังนี้

1. *Aquilaria Crassna* Pierree. พบในป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้งทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงราย แพร่ น่าน ภาคกลาง ได้แก่ กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ โดยเฉพาะพบมากที่สุดที่บ้าน ห้วยตะหวัก อำเภอท่าเสา บริเวณเขาค้อ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ นครนายก ปราจีนบุรี กบินทร์บุรี โดยเฉพาะพบมากที่สุดที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ บริเวณดงพญาไฟ

2. *Aquilaria malaccensis* Lamk. พบเฉพาะภาคใต้ที่มีความชุ่มชื้น ได้แก่ เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี กระบี่ ตรัง พัทลุง ยะลา โดยเฉพาะที่เขาช่อง จังหวัดตรัง มักพบกฤษฎณาต้นใหญ่ที่สุดถูกโค่นเหลือแต่ตอทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก

3. *Aquilaria subintegra* Ding Hau. พบเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ หนองคาย นครพนม เป็นสายพันธุ์ที่ให้คุณภาพน้ำมันสูงและมีปริมาณน้ำมันมาก

กฤษฎณาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่มีความสูงตั้งแต่ 18-21 เมตร ขึ้นไป วัดโดยรอบลำต้นยาวประมาณ 1.5-1.8 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มทรงเจดีย์ต่ำๆ หรือรูปกรวย ลำต้นตรง มักมีพูพอนที่โคนต้นเมื่อมีอายุมาก เปลือกนอกเรียบ สีเทาอมขาว เปลือกหนาประมาณ 5-10 มิลลิเมตร เปลือกนอกจะปริเป็นร่องเล็กๆ เมื่อมีอายุมากๆ ส่วนเปลือกชั้นในมีสีขาวอมเหลือง ลักษณะของเนื้อไม้กฤษฎณาจะมี ทั้งกฤษฎณาขาว (เสดครู) และกฤษฎณาดำ ซึ่งมีเนื้อไม้หอม ปกติเนื้อไม้กฤษฎณาจะมีสีขาวนวลเมื่อตัดใหม่ๆ ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน เมื่อแปรรูปเสร็จแล้ว ควรรีบกองแห้งให้แห้งโดยเร็ว ในการฝังจะปริแตกได้ง่าย และ มักมีเห็ดราขึ้นบนสีเกาะ ทำให้สีของไม้เสีย ส่วนเนื้อไม้หอมที่มีน้ำมันกฤษฎณาจะมีสีดำ หนัก และจมน้ำ คุณภาพของเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับการสะสมของน้ำมันกฤษฎณาภายในเซลล์ต่างๆ ของเนื้อไม้ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากกฤษฎณา ประกอบด้วยสารที่เป็นยางเหนียว (Resin) อยู่มาก สารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมคือ เซสควิเทอร์พีนแอลกอฮอล์ [2]

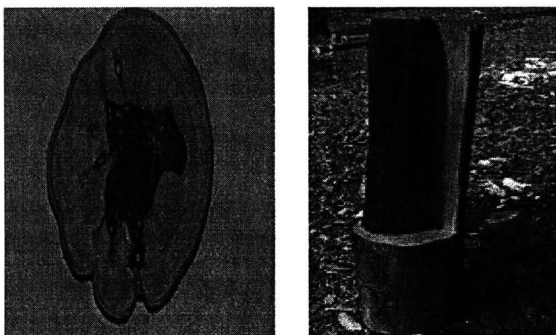
คุณภาพของไม้กฤษฎณาในประเทศไทย แบ่งเป็น 4 เกรด ดังนี้

เกรด 1 ชาวบ้านเรียกว่า ไม้ลูกแก่น มีน้ำมันกฤษฎณาสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก กระเจาอยู่ทั่วเนื้อไม้ ทำให้ไม่มีสีดำ เนื้อไม้มีราคาแพงมากประมาณ 15,000-20,000 บาทต่อกิโลกรัม มีความหนาแน่นเป็น 1.01 เท่าของน้ำ

เกรด 2 มีกลิ่นหอมและน้ำมันสะสมรองจากเกรด 1 สีน้ำตาล และ มีราคาประมาณ 8,000-10,000 บาทต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักเบา

เกรด 3 มีกลิ่นหอมและน้ำมันสะสมรองจากเกรด 2 มีราคาประมาณ 1,000-1,500 บาทต่อกิโลกรัม มีความหนาแน่นเป็น 0.62 เท่าของน้ำ

เกรด 4 มีกลิ่นหอมและน้ำมันสะสมน้อย ใช้กลั่นน้ำมันหอมระเหย มีราคาประมาณ 400-600 บาทต่อกิโลกรัม มีความหนาแน่นประมาณ 0.39 เท่าของน้ำ ชนิดนี้ชาวบ้านจะเรียกว่าไม้ปาก ส่วนเนื้อไม้ปกติที่ไม่มีกฤษณาสะสมอยู่



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเนื้อไม้กฤษณา

2.2 ประโยชน์ของไม้กฤษณา

ไม้กฤษณาจัดเป็นไม้สำคัญและหายาก และน้ำมันกฤษณาใช้ในการแพทย์ คือ เป็นยาบำรุงหัวใจ แก้ท้องอืด โรคลำไส้ต่าง ๆ เป็นพรรณไม้ในสกุลอะคาลิยาเรีย กลิ่นหอมที่เกิดจากการเผาไม้กฤษณาเป็นที่ชื่นชอบมานานนับพันปี มีการนำไปใช้เป็นกำยานในพิธีกรรมทางศาสนาในศาสนาพุทธ ลัทธิขงจื้อและศาสนาฮินดูอย่างแพร่หลายในแถบตะวันออกและตอนใต้ของเอเชีย ในไทยใช้ใส่ในกองฟอนเผาศพและทำรูปหอม ในญี่ปุ่นใช้เป็นกำยานเผาในพิธีชงชา เป็นต้น [6]

2.3 การสกัด (Extraction)

แต่เดิมการใช้สมุนไพรนั้น ใช้ในรูปของชาดื่มซึ่งเป็นการสกัดด้วยน้ำ ชาดองเป็นการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ และชาถูกกลอนใช้กินทั้งกากโดยไม่มีการสกัด เพราะฉะนั้นการกินทั้งกากนั้นทำให้บางครั้งอาจจะกินมากเกินไป กว่าจะได้ขนาดที่ออกฤทธิ์จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ออกมา เพื่อจำกัดกากทำให้ปริมาณการใช้ลดลงโดยที่สามารถเพิ่มฤทธิ์ได้ในขนาดน้อยๆ ในการสกัดจำเป็นต้องรู้

1. ชนิดของสารเคมี จากการตรวจสอบ Phytochemical Screening ทำให้สามารถรู้ชนิดของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทุกชนิด

2. ชนิดของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่จะใช้ต้องเลือกให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการสกัด โดยดูความเป็นขั้วซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมกัน การสกัดสารที่มีขั้วน้อยต้องใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วน้อย ส่วนการสกัดสารที่มีขั้วมากควรใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วมาก

สมบัติของตัวทำละลายในอุดมคติควรเป็นสารที่หาง่าย ราคาถูก ไม่เป็นพิษ ระเหยง่าย ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่จะสกัด มีความคงตัวดี สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

การสกัดมีหลายวิธี สามารถแบ่งการสกัดได้เป็น 2 แบบ

2.3.1 การสกัดเย็น (Cold Process)

การสกัดเย็น เป็นการสกัดโดยไม่ใช้ความร้อนขณะที่ตัวทำละลายสัมผัสกับสมุนไพร แบ่งได้เป็น

(1) การหมัก (Maceration เป็นการแช่ด้วยตัวทำละลายให้ท่วมในภาชนะปิด ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อาจใช้เวลา 3-7 วัน โดยเขย่าหรือกวนเป็นระยะ หลังจากนั้นกรองตัวทำละลายแล้วแช่ด้วยตัวทำละลายใหม่อีก 2-3 ครั้ง วิธีนี้ไม่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพราะจะเกิดการบูดเน่าได้

(2) การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous Extraction by Soxhlet Apparatus) เป็นการสกัดที่เกิดขึ้นขณะที่ตัวทำละลายสัมผัสกับสมุนไพร ไม่ได้ใช้ความร้อน จึงถือว่าเป็นการสกัดเย็น ด้านล่างที่ใช้ความร้อนให้ตัวทำละลายเดือดนั้น ไม่ถือเป็นการสกัด แต่วิธีนี้สารที่สกัดจะอยู่ทางด้านล่างและเข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ จนบางครั้งสารบางตัวแยกตัวเป็นของแข็ง เพราะเกินกว่าที่ขนาดของตัวทำละลายที่อ้อมตัวจะละลายเอาไว้ได้

(3) การใช้เปอร์โคเลเตอร์ (Percolater) เป็นการหมักโดยใช้เปอร์โคเลเตอร์ วิธีนี้สามารถกำหนดความแรงของสิ่งสกัดได้ โดยชั่งสมุนไพรแล้วหมักในตัวทำละลายในปริมาณที่กำหนด ทิ้งไว้ในเวลาที่กำหนดไขแยกสิ่งสกัด จะได้สิ่งสกัดที่เรียกเป็นกาลีนิกอล (Galenical)

2.3.2 การสกัดร้อน (Hot Process) เป็นการสกัดโดยใช้ความร้อนขณะที่ตัวทำละลายสัมผัสกับสมุนไพร แบ่งได้เป็น

(1) การต้ม (Decoction) เป็นวิธีต้มสมุนไพรกับตัวทำละลายโดยตรง เช่น ยาหม้อในสมัยโบราณ ซึ่งต้มน้ำแล้วนำมาดื่ม หรือนำไปทำการระเหยทันทีเพราะจะเกิดการบูดเน่า การระเหยมักใช้การระเหยโดยความเย็น (Freeze Dry) วิธีนี้ใช้กับสมุนไพรที่ทนความร้อนได้ดี

(2) การชง (Infusion) คือ การแช่สมุนไพรในตัวทำละลายตั้งแต่อุ่นจนถึงไม่เดือด ถ้าเป็นน้ำก็ไม่เกิน 100 °C เช่น การชงชาต่างๆ

(3) การคุ่น (Digestion) เป็นวิธีที่ให้ความร้อนโดยไอน้ำ โดยยังไอน้ำเป็นเวลานาน ช่วยให้สามารถสกัดสารออกมาได้

(4) การสกัดโดยรีฟลักซ์ (Reflux Extraction) เป็นวิธีที่ใช้ตัวทำละลายในปริมาณคงที่ โดยต้มสมุนไพรกับตัวทำละลายจนเดือด ตัวทำละลายจะระเหยและความดันตกลงมา สารสำคัญสามารถละลายได้มากขึ้นเนื่องจากความร้อน แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ เมื่อสารสำคัญละลายออกมาจนอิ่มตัวในสารละลายก็จะไม่ละลายออกมาอีกซึ่งจะแตกต่างจากซอกเลตที่สามารถละลายออกมาได้เรื่อยๆ วิธีนี้เหมาะสำหรับสารที่ทนความร้อนได้ดี

(5) การกลั่น (Distillation) การกลั่นใช้กับสารสำคัญที่ระเหยได้ เช่น น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น [7]

2.4 การสกัดน้ำมันหอมระเหย

ก่อนที่จะสกัดน้ำมันหอมระเหย ผู้สกัดต้องคำนึงถึงลักษณะของพืชที่จะใช้สกัดและเครื่องสกัด หรือ วิธีสกัดเพื่อจะให้น้ำมันที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดี ตามความต้องการและเหมาะสมกับการนำไปใช้ ดังนั้น จึงต้องพิจารณาลักษณะต่างๆ ของชนิดพืชตามที่มองเห็นและสัมผัสได้โดยแบ่งกลุ่มของชนิดพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยเป็น 3 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 มีน้ำมันมาก ตัวอย่างเช่น เปลือกส้มต่างๆ จะสามารถมองเห็นเซลล์ที่เก็บน้ำมันหอมระเหยได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน เมื่อบีบเบาๆ ก็จะมีน้ำมันออกมา และมีกลิ่นหอมได้

กลุ่มที่ 2 มีน้ำมันปานกลาง ตัวอย่างเช่น ตะไคร้ ใบมะกรูด กระเพรา โหระพา กลุ่มนี้ เมื่อเค้นผ่านต้นพืช จะไม่มีกลิ่นหอมออกมา แต่เมื่อขยี้ จะมีกลิ่นหอม

กลุ่มที่ 3 มีน้ำมันน้อย ตัวอย่างเช่น ดอกไม้ต่างๆ เช่น มะลิ กระดังงา ช่อนกลิ่น ดอกไม้เหล่านี้ จะร่ำเหยกลิ่นหอมไปไกล แต่เมื่อขยี้ หรือบีบจะไม่มีการกลั่นหอม แต่จะมีกลิ่นเหม็นเขียว

วิธีการผลิตน้ำมันหอมระเหยมี 3 แบบใหญ่ๆ คือ

2.4.1 การกลั่น

การกลั่นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นวิธีที่ประหยัด และสูญเสียน้ำมันเพียงเล็กน้อยโดยแบ่งได้เป็น 3 วิธีคือ

(1) การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam Distillation) คือวิธีการนำพืชลงไปวางในหม้อกลั่นที่มีน้ำอยู่ข้างล่างลักษณะคล้ายหม้อนึ่งเพียงแต่ไม่แยกส่วน แล้วต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำผ่านพืชน้ำมันหอมระเหยจะออกมากับไอน้ำ ผ่านไปตามท่อที่ทำให้ไอน้ำเย็นตัวลงกลายเป็นของเหลว ดักเก็บไว้ในขวดจะได้ของเหลวแยกชั้นอยู่ด้านบนหรือด้านล่างของน้ำแล้วแต่สมบัติของน้ำมันนั้นๆ จากนั้นจึงแยกน้ำมันออกมา ส่วนน้ำที่ได้จากการกลั่นยังคงมีกลิ่นหอมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น ใช้ผสมในเครื่องสำอางบางชนิด

(2) การกลั่นโดยการใส่พืชแช่น้ำ (Water or Hydro Distillation) คือพืชที่ใส่จะเป็นพืชที่ทนต่อความร้อนสูง เช่น พืชแห้ง แข็ง หรือ เป็นเนื้อไม้ วิธีคือนำพืชดังกล่าวมาแช่น้ำแล้ว

ให้ความร้อนจนน้ำเดือด เซลล์ของพืชจะแตก และน้ำมันหอมระเหยจะลอยขึ้นมาพร้อมกับไอน้ำ เช่นเดียวกับการกลั่นด้วยไอน้ำ

(3) การกลั่นด้วยไอน้ำภายใต้สุญญากาศ (Vacuum Steam Distillation) วิธีการเหมือนการสกัดแบบการกลั่นด้วยไอน้ำ แต่อยู่ภายใต้ความดันต่ำใกล้สุญญากาศในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อเป็นการลดจุดเดือดของน้ำและน้ำมันหอมระเหยให้ต่ำลง ทำให้สมบัติน้ำมันหอมระเหยไม่ถูกทำลายด้วยความร้อนสูง จะได้คุณภาพน้ำมันหอมระเหยที่ดีกว่า 2 วิธีแรก

2.4.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

การสกัดด้วยตัวทำละลายแบ่งตามชนิดของตัวทำละลายมี 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นตัวทำละลายที่ระเหยได้ (Volatile Solvent) ประเภทที่สองเป็นตัวทำละลายที่ระเหยไม่ได้ ประเภทตัวทำละลายที่ระเหยได้ ได้แก่

(1) ปีโตรเลียม อีเทอร์ หรือ เฮกเซน

การสกัดเย็น มีวิธีการสกัดก็นำพืชมาใส่ในภาชนะที่ต้องการสกัด แล้วเติมตัวทำละลายลงไป ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการสกัดร้อนมีวิธีการโดยควบคุมอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือดของตัวทำละลายที่ใช้ (40-60°C) ทั้งสองวิธีจะได้ของผสมที่เป็น สี น้ำมัน และไขละลายออกมาในตัวทำละลาย เรียกว่า “สารสกัดหยาบ (Crude Extract)” จากนั้นนำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศจะได้ “คอนกรีต (Concrete)”

(2) แอลกอฮอล์สัมบูรณ์

สกัดเย็นเป็นการนำพืชมาแช่ในแอลกอฮอล์ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะได้ของผสมของพืชที่ละลายได้ทั้งในน้ำ และ ในน้ำมัน เรียกว่า “ทิงเจอร์ (Tincture)”

สกัดร้อนเป็นการสกัดด้วยแอลกอฮอล์โดยให้ความร้อนประมาณ 70°C โดยใช้เครื่องมือชกเลดได้สารสกัดที่เรียกว่า “โอเลโอเรซิน (Oleoresin)”

ข้อดีของการใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลายคือองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยไม่เสียและเหมาะกับพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยน้อย ข้อเสียคือตัวทำละลายที่ใช้บางชนิดมีราคาแพง และต้องระเหยตัวทำละลายให้หมดก่อนนำไปใช้

สารละลายที่ระเหยไม่ได้ เช่น น้ำมัน หรือไขมันจากพืชหรือ สัตว์ (Fixed Oil, Lard) เหมาะที่จะใช้กับดอกไม้ที่มีน้ำมันหอมระเหยน้อย

2.4.3 การบีบและคั้น

การบีบและคั้นสามารถใช้กับพืชที่มีต่อมน้ำมันมาก (Oil Gland) เช่น ผิวส้ม มะนาว วิธีนี้เป็นวิธีการสกัดเย็น จะได้น้ำมันหอมระเหยที่เป็นธรรมชาติเพราะไม่ผ่านความร้อน เรียกว่า น้ำมันดิบ แต่ข้อเสียคือ อาจจะมีสิ่งเจือปนจากพืชที่นำมาสกัดจึงไม่ค่อยบริสุทธิ์

(1) การบีบโดยใช้แรงอัด ทำให้น้ำมันและน้ำในเซลล์ไหลออกมา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของอิมัลชัน และสามารถแยกออกจากกันได้โดยการปั่นด้วยความเร็วสูง ทำให้น้ำกับน้ำมันแยกชั้นได้

(2) แอควิลล์ (Acuelle) เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลของพืชจำพวกส้ม ทำได้โดยการให้ผลของส้มกลิ้งไปบนภาชนะที่มีเข็มแหลมๆ จำนวนมากอยู่ เข็มจะแทงค่อมน้ำมันทำให้ค่อมน้ำมันแตก น้ำมันจะไหลออกมารวมกันที่รางและไหลลงไปในภาชนะที่รองรับด้านล่าง [6]

ตารางที่ 2.1 ส่วนของพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย

ส่วนของพืช	ชนิดของพืช
ดอก	กุหลาบ มะลิ ดอกส้ม กระดังงา กานพลู
ราก	จิง กระชาย แผลกหอม
ผล และเมล็ด	ผักชี ขี้หว่า กระวาน จันทน์เทศ
ใบ	มะนาว ตะไคร้หอม ตะไคร้ ยูคาลิปตัส
เนื้อไม้ เปลือกไม้ ลำต้น	อบเชย สน กฤษณา จันทน์หอม จิง ข่า
เรซิน	กำยาน ยางไม้หอมต่างๆ
เปลือกผลไม้	ส้ม มะนาว มะกรูด

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยมีหลายสาร แต่สารต่างๆ มีธาตุเพียง 3 ธาตุเท่านั้น คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ดังนั้นถ้าพิจารณาจากโครงสร้างทางโมเลกุลสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีองค์ประกอบคาร์บอนกับไฮโดรเจน กลุ่มนี้เรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน อีกกลุ่มมีคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน กลุ่มนี้เรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีออกซิเจน น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะมีสมบัติในการบำบัดรักษาขึ้นอยู่กับธาตุและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยนั้นๆ [10]

น้ำมันหอมระเหย 2 กลุ่มนี้สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 10 กลุ่ม คือ

2.5.1 เทอร์พีน (Terpenes)

2.5.2 แอลกอฮอล์ (Alcohol)

2.5.3 ฟีนอล (Phenol)

2.5.4 ฟีนอลิกอีเทอร์ (Phenolic Ether)

2.5.5 แอลดีไฮด์ (Aldehyde)

2.5.6 คีโตน (Ketone)

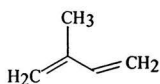
2.5.7 แอซิก (Acid)

2.5.8 เอสเทอร์ (Ester)

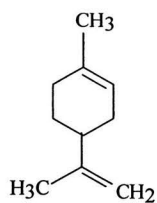
2.5.9 แลคโตนและคูมาริน (Lactone and Coumarins)

2.5.10 ออกไซด์ (Oxide)

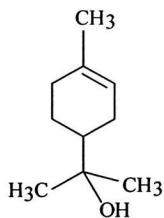
2.5.1 กลุ่มเทอร์พีนหรือกลุ่มไฮโดรคาร์บอน สารเคมีกลุ่มเทอร์พีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่มใหญ่ที่พบในน้ำมันหอมระเหย เทอร์พีนประกอบด้วยคาร์บอนกับไฮโดรเจน สารกลุ่มเทอร์พีนมีโครงสร้างโมเลกุลอยู่บนพื้นฐานของหน่วยย่อยไอโซพรีน (Isoprene) มีสูตร C_5H_8 ดังรูปที่ 2.3 และเมื่อนำไอโซพรีน 2 หน่วยมาเชื่อมกันจะเกิดเป็นสารที่มีคาร์บอนจำนวน 10 อะตอม เรียกว่า โมโนเทอร์พีน (Monoterpenes) ซึ่งมีทั้งรูปสารเรียงตัวแบบเป็นวง (Cyclic chain) เช่น ลิโมนีน (Limonene) แอลฟา-เทอร์พีนีออล (α -terpineol) แกมมา-เทอร์พีนีออล (γ -terpineol) แอลฟา-ฟีลแลนดรีน (α -phellandrene) ไทมอล (thymol) เมนทอล (menthol) คาร์วีออล (carveol) และเรียงตัวแบบไม่เป็นวง (Acyclic Chain) เช่น จิโตรเนลลาล (Citronellal) เบต้า-ไมร์ซีน (β -myrcene) โอซิมีน (Ocimene) ลาเวนดูลอล (Lavandulol) และ ลินาลูล (Linalool) ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ ถ้านำไอโซพรีน 3 หน่วยมาเชื่อมกันจะเกิดเป็นสารที่มีคาร์บอนจำนวน 15 อะตอม เรียกสารนี้ว่าเซสควิเทอร์พีน เช่น ฮิวมูลิน (Humulene) จัววาออล (Guaiol) ฟาร์นิซอล (Farnesol) ซินเจเบอริน (Zingiberene) คาร์โยฟิลลีน (Caryophyllene) แอลฟา-บิซาโบลีน (α -bisabolene) ดังรูปที่ 2.6 ถ้านำไอโซพรีน 4 หน่วยมาเชื่อมกันจะเกิดเป็นสารที่มีคาร์บอนจำนวน 20 อะตอม เรียกสารนี้ว่าไดเทอร์พีน (Diterpenes) จะไม่ค่อยพบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำเนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลสูงเกินกว่าที่วิธีการกลั่นจะแยกสารได้ มักพบในยางของพืช เช่น การบูร เป็นต้น



รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างไอโซพรีน

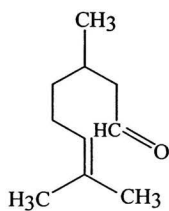


ลิโมนีน

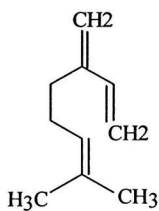


แอลฟา-เทอร์พินออล

รูปที่ 2.4 สูตร โครงสร้างของโมโนเทอร์พีนชนิดเรียงตัวเป็นวง

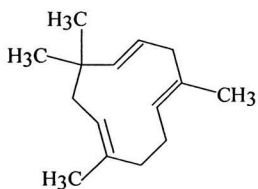


ซิโตรเนลลาล

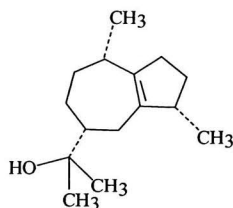


เบต้า-ไมร์ซีน

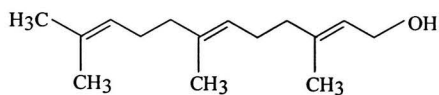
รูปที่ 2.5 สูตร โครงสร้างของโมโนเทอร์พีนชนิดเรียงตัวแบบไม่เป็นวง



คิวมูลีน



จิววาออล



ฟาร์นิซอล

รูปที่ 2.6 สูตร โครงสร้างของเซสควิเทอร์พีน

ส่วนใหญ่เทอร์พีนมีสมบัติระงับเชื้อ ด้านแบคทีเรีย ระงับปวด อย่างไรก็ตามเทอร์พีนแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันไป เช่น โมโนเทอร์พีนมีสมบัติในการกระตุ้นระบบประสาทและขับเสมหะ ส่วนเซสควิเทอร์พีนมีสมบัติด้านอัมพาต ช่วยผ่อนคลาย (Calming Effect) แก้เกร็ง (Antispasmodic) สำหรับไดเทอร์พีนนอกจากจะมีสมบัติคล้ายกับโมโนเทอร์พีนและเซสควิเทอร์พีนแล้วยังมีสมบัติเป็นยาถ่าย (Purgative) ด้านเชื้อรา (Antifungal) ด้านไวรัสช่วยปรับสมดุลทางจิตใจ (Balancing Effect)

2.5.2 แอลกอฮอล์

สารประกอบกลุ่มนี้เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีประโยชน์ในการบำบัดรักษาามากที่สุด มีกลิ่นหอมนำพิสมัย มีพิษต่ำ ไม่ระคายเคืองต่อผิว สารในกลุ่มนี้จะมีชื่อลงท้ายด้วย -อล (-ol) ที่พบในน้ำมันหอมระเหยมีดังนี้ โมโนเทอร์พีนแอลกอฮอล์ เช่น โบมีออล (Borneol) ซิโตรเนลลอล (Citronellol) เฟนซิลแอลกอฮอล์ (Fenchyl Alcohol) จิราโนล (Geraniol) ไอโซเพิธวีรจอล (Isopuregol) ลาเวนดูลอล ลินาลูล ไมร์ทีนอล (Myrtenol) นีรอล (Nerol) เทอร์พีนีออล (Terpineol) เทอร์พีน-4-ออล (Terpin-4-ol) และเซสควิเทอร์พีนแอลกอฮอล์ เช่น แอตแลนทอล (Atlantol) บิซาโบลอล (Bisabolol) คาคินอล (Cadinol) ซีดรอ (Cedrol) คาร์โยฟิลลิน (Caryophyllene) อีเลมอล (Elemol) ยูเดสมอล (Eudesmol) ฟาร์เนซอล (Farnesol) นีโรลิดอล (Nerolidol) แพทชาวลอล (Patchoulol) ซานตาลอล (Santalol) วิริดิโฟลโรล (Viridiflorol) เป็นต้น

สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ คือ ป้องกันการติดเชื้อไวรัส ด้านเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ปรับสมดุล ยกระดับจิตใจ ให้ความอบอุ่น

2.5.3 กลุ่มฟีนอล

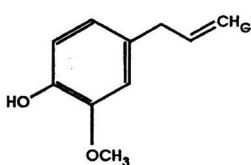
กลุ่มฟีนอลเป็นสารประกอบคล้ายกับแอลกอฮอล์เพราะมีหมู่ทำหน้าเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่มีวงเบนซีนในโมเลกุล สารกลุ่มฟีนอลจึงมีสมบัติที่แรงมาก ก่อนข้างเป็นกรด จึงทำปฏิกิริยามากและรุนแรงกว่า ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยที่มีฟีนอลมากจะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะมีโอกาสเป็นพิษต่อตับ ระคายเคืองต่อผิวหนัง และเซลล์กล้ามเนื้อ เช่น อมเบช กานพลู ยี่ห่วย โหระพา เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ คาร์วาครอล (Carvacrol) ครีซอล (Cresol) ไทมอล (Thymol) และ ยูจีนอล (Eugenol) มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.7

สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มฟีนอล คือ ป้องกันการติดเชื้อ ด้านเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน กระตุ้นระบบประสาท รักษาอาการซึมเศร้า

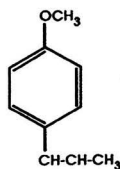
2.5.4 กลุ่มฟีนอลิกอีเทอร์

สารกลุ่มนี้ ไฮโดรเจนในองค์ประกอบที่หมู่ทำหน้า $-OH$ จะถูกแทนที่ด้วยสารกลุ่มแอลคิล (Alkyl) หรือ แอลริล (Alryl) สารในกลุ่มนี้มีสมบัติคล้ายๆ กับกลุ่มฟีนอลแต่รุนแรงกว่ามาก

น้ำมันหอมระเหยที่มีสารกลุ่มนี้มากจะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง ให้ใช้ปริมาณน้อย ความเข้มข้นต่ำ และในระยะเวลาสั้นๆ เพราะถ้าใช้ปริมาณมาก อาจเป็นพิษต่อระบบประสาท สารในกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ อะนิโทล (Anethole) มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.7 เอสตราไกล หรือ เมทิล คาวิคอล (Estragole or Methyl Chavicol) เมทิล ยูจินอล (Methyl Eugenol) ไมร์ทีนิล เมทิล อีเทอร์ (Myrtenyl methyl ether) ไมริสติน (Myristin) และ เซฟรอล (Safrole) เป็นต้น



ยูจินอล



อะนิโทล

รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของยูจินอลและอะนิโทล

2.5.5 กลุ่มแอลดีไฮด์

สารเคมีในกลุ่มนี้จะมีชื่อลงท้ายด้วย -าล (-al) เช่น จิตราล (Citral) จิโตรเนลลาล (Citronellal) เป็นสารมีกลิ่นที่มีพลัง มักใช้เป็นส่วนผสมของหัวน้ำหอม เช่น น้ำหอม Channel 5 แต่มีข้อด้อย คือ จะสลายได้ง่าย ดังนั้นน้ำหอมระเหยที่มีสารในกลุ่มนี้ ถ้าเก็บไว้นานๆ จะเสื่อมคุณภาพ สารกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ แอซิทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) อะนิซัลดีไฮด์ (Anisaldehyde) เบนซัลดีไฮด์ (benzaldehyde) คาโปริกอัลดีไฮด์ (Caproic aldehyde) ซินนามัลดีไฮด์ (Cinnamaldehyde) จิตราล (Citral) จิโตรเนลลาล (Citronellal) คิวมินัลดีไฮด์ (Cuminaldehyde) ดีคานาล (Decanal) จีรานีอาล (Geranial) ไมร์ทีนาล (Myrtenal) เนรัล (Neral) โนนานาล (Nonanal) เพอร์ริลลัลดีไฮด์ (Perillaldehyde) พิเพอโรนาล (Piperonal) เฟลลันดราล (Phellandral) ซินนินซาล (Sinensal) เทรีซานทาล (Teresantal) และวาเลอรานาล (Valeranal) เป็นต้น สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มแอลดีไฮด์ คือ ด้านการติดเชื้อ ด้านการอักเสบ ปรับสภาพ ขยายหลอดเลือด ลดความดัน ระวังประสาท ทำให้สงบ ลดอุณหภูมิ

2.5.6 กลุ่มคีโตน

คีโตนเป็นสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) สารกลุ่มนี้ไม่ค่อยพบในน้ำมันหอมระเหย มีสมบัติที่ค่อนข้างรุนแรง น้ำมันหอมระเหยที่มีสารกลุ่มนี้ เช่น น้ำมันเทียนดาก ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง ใช้อย่างเจือจางในความเข้มข้นไม่เกิน 2% ใช้ภายนอกเท่านั้น และใช้ใน

ระยะเวลาสั้นๆ สตรีมีครรภ์ห้ามใช้ สารในกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ แอซิโดฟีโนน (Acetophenone) แอทแลนโทน (Atlantone) แคมเฟอร์ (Camphor) คาร์วอน (Carvone) และ เมนโทน (Menthone) เป็นต้น

สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มคีโตน คือ ทำให้สงบ ขับเสมหะ ช่วยระงับประสาท บรรเทาอาการปวด ช่วยย่อย รักษาบาดแผล

2.5.7 กลุ่มแอซิก

แอซิกเป็นสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) สารกลุ่มนี้จะมีชื่อลงท้ายด้วย -แอซิก (-acid) ไม่ค่อยพบสารกลุ่มนี้ในน้ำมันหอมระเหย แต่มีความสำคัญมาก เพราะกรดจะทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้เอสเทอร์ ซึ่งเป็นสารอีกกลุ่มหนึ่งที่พบมากในน้ำมันหอมระเหยซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการกลั่น สารกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ อะนิซิกแอซิก (Anisic acid) เบนโซอิกแอซิก (Benzoic acid) ซินนามิกแอซิก (Cinnamic acid) ซิโตรเนลลิกแอซิก (Citronellic acid) พาล์มิติกแอซิก (Palmitic acid) ฟีนิลแอซิดิกแอซิก (Phenylacetic acid) วาเลอริกแอซิก (Valeric acid) และวีทิเวอร์ริกแอซิก (Vetiveric acid) เป็นต้น

2.5.8 กลุ่มเอสเทอร์

เอสเทอร์เป็นสารที่มีประโยชน์ ปลอดภัย และมีพิษต่ำ แต่ไม่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหย มีฤทธิ์อ่อนคล้ายแอลกอฮอล์ มีกลิ่นหอมหวานคล้ายกลิ่นผลไม้ สารในกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ เบนซิลแอซิเตต (Benzyl acetate) เบนซิลเบนโซเอต (Benzyl benzoate) เมทิลซาลิไซเลต (Methyl salicylate) และลาเวนดูลีแอซิเตต (Lavandulyl acetate) เป็นต้น

สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มเอสเทอร์ คือ ด้านเชื้ระา ด้านการอักเสบ แก้กัลลัมเนื้อกระดูก ระงับประสาท ทำให้สงบ แก้กัณคัณและลมพิษ

2.5.9 กลุ่มแลคโตนและคูมาริน

แลคโตนและคูมารินเป็นสารประกอบเอสเทอร์กลุ่มหนึ่งมีชื่อลงท้ายด้วย โน-น หรือ -น เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ จุดเดือดสูงจึงกลั่นไม่ได้ พบเฉพาะในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการบีบอัดและการใช้สารละลาย เช่น มะลิ น้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนประกอบของคูมารินบางชนิดควรใช้ด้วยความระมัดระวังเพราะมีความไวต่อแสง อาจระคายเคืองต่อผิวได้ สารในกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ อะแลนโตรแลคโตน (Alantrolactone) และเนปีตาลแลคโตน (Nepetalactone) เป็นต้น

สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มแลคโตนและคูมาริน คือ ละลายเสมหะ ลดอุณหภูมิ ลดความดัน ขจัดจิตใจ และระงับประสาท

2.5.10 กลุ่มออกไซด์

สารกลุ่มนี้มีชื่อต่อท้ายด้วย ออกไซด์ เกิดจากสารประกอบแอลกอฮอล์ พบได้โดยทั่วไปในน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ แต่อาจจะระคายเคืองผิว ควรใช้อย่างเจือจาง ไม่ควรเข้มข้นเกิน 2% ไม่แนะนำให้ใช้น้ำมันหอมระเหยที่มีสารประกอบนี้เป็นจำนวนมากในเด็ก สารในกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ คาร์โยฟิลลินออกไซด์ (Caryophyllene oxide) โรสออกไซด์ (Rose oxide) เป็นต้น

สมบัติในการบำบัดรักษาของสารในกลุ่มออกไซด์ คือ ละลายเสมหะ กระตุ้นการทำงานของไต กระตุ้นระบบหายใจ [10]

2.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมในน้ำมันหอมระเหย

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอม (Fragrances) ที่สังเคราะห์มีหลายวิธี [8] คือ

2.6.1 เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นวิธีที่ใช้วิเคราะห์สารหอมในน้ำหอมต่างๆ ไป นิยมใช้แยกองค์ประกอบต่าง ๆ ของสารที่สนใจ ซึ่งเหมาะสมกับสารที่มีสมบัติพิเศษ คือ สามารถระเหยกลายเป็นแก๊สได้เมื่อถูกความร้อน หลักการคือใช้แก๊สเป็นตัวพาสารหอมที่มีอยู่ในภาวะที่เป็นแก๊ส (Vapor) ผ่านสารที่บรรจุอยู่ภายในคอลัมน์แคปิลลารี (Capillary) น้ำมันหอมจะถูกพาออกจากคอลัมน์ในเวลาที่แตกต่างกันตามสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และการถูกจับด้วยสารที่บรรจุในคอลัมน์เมื่อถูกพาออกมาแล้วจะเข้าสู่ตัวตรวจวัด (Detector) ตัวตรวจวัดที่นิยมใช้มากที่สุด คือ FID (Flame Ionized Detector) สารหอมทุกตัวที่ออกจากคอลัมน์จะถูกทำให้แตกตัวเป็นไอออนที่ตัวตรวจวัด และจะแปรเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องโครมาโทแพค (Chromatopac) ที่เป็นคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกผลสัญญาณ คอมพิวเตอร์จะแสดงให้ทราบเป็นพิก แต่จะพิกจะแสดงถึงสารหอมแต่ละชนิดพื้นที่และความสูงของพิกจะแปรผันตรงกับปริมาณของสารหอมที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยนั่นๆ

องค์ประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี มีดังนี้

(1) ถังแก๊สที่ใช้บรรจุตัวพา เพื่อพาไอของสารตัวอย่างผ่านเข้าไปยังคอลัมน์ ได้แก่ ไนโตรเจน ฮีเลียม และอาร์กอน เป็นต้น

(2) ส่วนที่ใช้ควบคุมการไหลของแก๊สต่างๆ ได้แก่ ไฮโดรเจน อากาศ และ ไนโตรเจน เป็นต้น

(3) ส่วนฉีดสารตัวอย่าง

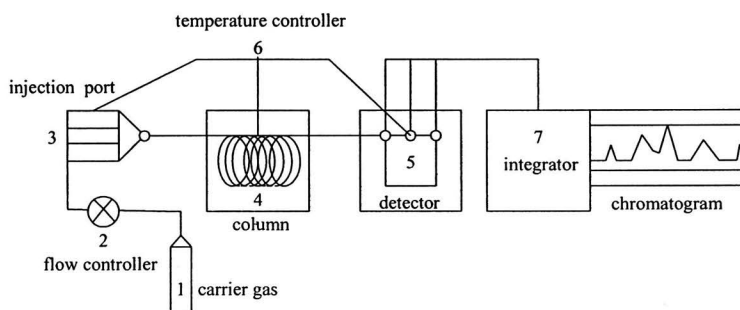
(4) คอลัมน์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ใช้สำหรับแยกสาร

(5) ตัวตรวจวัดเป็นส่วนที่ใช้ตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่ถูกแยกออกจากคอลัมน์

(6) ส่วนควบคุมอุณหภูมิให้กับคอลัมน์ ตัวตรวจวัดและส่วนฉีดสารตัวอย่าง

(7) ส่วนประมวลผลและข้อมูลต่างๆ ได้แก่ อินทิเกรเตอร์ (Integrator) เครื่องโครมาโทแกรม หรือ เครื่องประมวลผล (Data processor) หรือ คอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟีสามารถแสดงให้เห็นได้ง่าย ดังนี้ คือ เมื่อเลือกภาวะต่างๆ ของการวิเคราะห์ และจัดภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีให้เรียบร้อย จึงนำสารตัวอย่างไปฉีดเข้าที่ส่วนฉีดสารตัวอย่าง สารจะกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยแก๊สพาอย่างช้า สารผสมจะถูกแยกเป็นส่วนๆ ที่คอลัมน์นี้ แล้วออกไปสู่ตัวตรวจวัดจะทำให้ได้สัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งสามารถเขียนเป็นโครมาโทแกรมด้วยเครื่องบันทึก หรือต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์ หรือ อินทิเกรเตอร์ทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถรู้องค์ประกอบของสารตัวอย่างได้ ดังรูปที่ 2.8



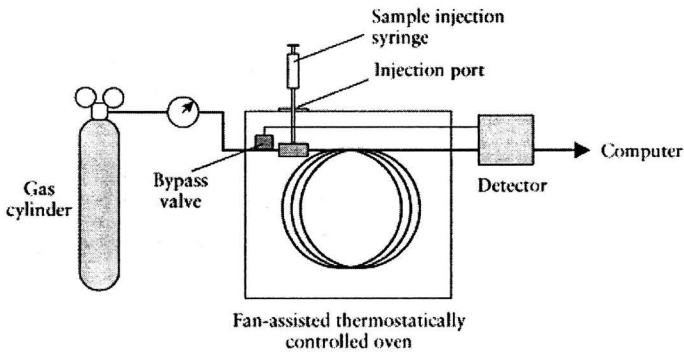
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

2.6.2 เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมทรี

เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมทรีเป็นวิธีที่นิยมใช้รองลงมาจากแก๊สโครมาโทกราฟี และนิยมใช้คู่กันเนื่องจากให้ค่ายืนยันแน่นอนกว่าการใช้แก๊สโครมาโทกราฟีเพียงชนิดเดียว โดยแสดงผลของมวลของพิกเพื่อเป็นการยืนยันว่าพิกที่เกิดจากแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นสารชนิดใด

เป็นวิธีที่สามารถทำนายองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับฟิงเกอร์พริ้นท์ (Fingerprint) ของเลขมวลของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลที่มีในไลบรารี (Library) นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) และเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) แก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรมิเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและส่วนของเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์

แก๊สโครมาโทกราฟทำหน้าที่แยกองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ที่สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ เมื่อถูกความร้อนกลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่างอาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ เฟสนิ่ง (Stationary Phase) และเฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase)



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบพื้นฐานของแก๊สโครมาโทกราฟ

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

(1) อินเจกเตอร์ (Injector) คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องและระเหยเป็นไอก่อนที่จะเข้าสู่คอลัมน์ อุณหภูมิที่เหมาะสมของอินเจกเตอร์ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว

(2) เตาอบ (Oven) คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุคอลัมน์ และ เป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของเตาอบมี 2 แบบ คือ

2.1. ไอโซเทรติกเทมเพอเรเจอร์ (Isocratic Temperature)

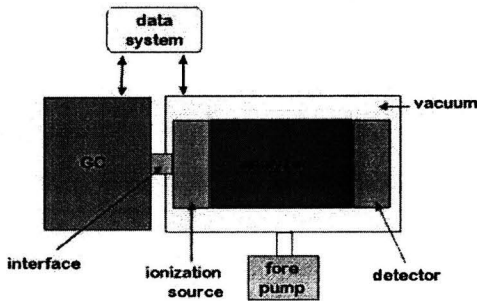
2.2. เกรเดียนเทมเพอเรเจอร์ (Gradient Temperature)

ข้อดีของการทำเกรเดียนเทมเพอเรเจอร์ คือ สามารถใช้กับสารตัวอย่างที่มีจุดเดือดกว้าง (Wide Boiling Range) และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์

(3) ตัวตรวจวัด (Detector) คือ ส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบและปริมาณสารที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง

แมสสเปกโตรมิเตอร์ (Mass Spectrometer, MS) เป็นตัวตรวจวัดที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกจากสารตัวอย่างโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีถูกทำให้เป็นไอออนในภาวะที่เป็นสุญญากาศแล้วตรวจวัดเป็นเลขมวล (Mass Number) เทียบกับข้อมูลอ้างอิง แปลผลเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ

Mass spectrometer components



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบพื้นฐานของแมสสเปกโตรมิเตอร์

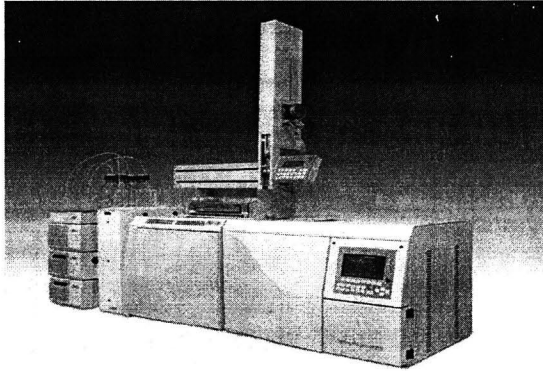
ส่วนประกอบสำคัญของแมสสเปกโตรมิเตอร์

แหล่งกำเนิดไอออน (Ionization Source) แบ่งเป็น 2 แบบคือ

(1) อิเล็กตรอนไอออไนเซชัน (Electron Ionization, EI) เป็นการแตกตัวเป็นไอออนด้วยการทำให้สารเกิดการแตกหักโดยใช้ลำอิเล็กตรอนซึ่งห้องการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization chamber) ต้องมีความดันต่ำประมาณ 10^{-8} Torr โดยอิเล็กตรอนจากฟิลาเมนต์ (Filament) ที่ร้อนจะถูกโฟกัสผ่านห้องนี้ และถูกดึงเข้าหารีเพอร์เรอร์โวลเทจ (Repeller Voltage) ที่มีค่าต่างศักย์ 70 V ซึ่งจะให้พลังงานกับอิเล็กตรอนเป็น 70 eV ทำให้ของผสมที่จับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหักที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ (Relative abundance)

(2) เคมีคอลไอออไนเซชัน (Chemical Ionization, CI) เป็นการแตกตัวเป็นไอออนด้วยการทำให้สารเกิดการแตกหักด้วยวิธีทางเคมี โดยผสมสารตัวอย่างความดัน 10^{-4} Torr เข้ากับแก๊สที่ทำปฏิกิริยาด้วยความดัน 1 Torr แล้วผ่านสารผสมเข้าไปในห้องการแตกตัวเป็นไอออน

โดยการทำให้เกิดการแตกหักด้วยการชนกับอิเล็กตรอนเช่นเดียวกัน แก๊สที่ใช้ ได้แก่ มีเทน ไอโซบิวเทน และแอมโมเนีย เป็นต้น



รูปที่ 2.11 แก๊สโครมาโทกราฟ/แมสสเปกโตรมิเตอร์

ข้อดีของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ/แมสสเปกโตรมิเตอร์

- (1) สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง
- (2) ความไว (Sensitivity) สูง
- (3) สามารถบ่งชี้ชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้
- (4) สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ข้อเสียของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ/แมสสเปกโตรมิเตอร์

- (1) ราคาแพง
- (2) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง

2.6.3 เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/ฟูริเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (Gas Chromatography / Fourier Transform Infrared, GC / FTIR)

เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/ฟูริเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้เพื่อยืนยันว่าพิกที่ปรากฏในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟเป็นสารกลุ่มใดโดยดูจากรูปแบบ (Pattern) ของไออาร์สเปกตรัม (IR Spectrum) ทำให้ทราบว่ามีหมู่นาทำหน้าที่ (Functional group) เป็นประเภทใด

2.6.4 นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (Nuclear Magnetic Resonance, NMR)

นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์เป็นวิธีที่ใช้เพื่อศึกษาโครงสร้างของสารในน้ำหอมว่ามีสารประเภทใด โดยดูการเปลี่ยนแปลงของโปรตอน (H) ที่เกิดขึ้น

2.6.5 เทคนิคไฮเพอร์โฟเมอเรนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

เทคนิคไฮเพอร์โฟเมอเรนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟีเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของสารในน้ำหอมได้เช่นกัน แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้มากนัก

2.6.6 เทคนิคไฮเพอร์โฟเมอเรนซ์ทินเลเยอร์ลิกวิดโครมาโทกราฟี (High Performance Thinlayer Liquid Chromatography, HPTLC)

เทคนิคไฮเพอร์โฟเมอเรนซ์ทินเลเยอร์ลิกวิดโครมาโทกราฟีใช้วิเคราะห์สารสกัดจากธรรมชาติได้ดีเพราะเพลต (plate) ใช้แล้วทิ้งไม่ต้องกลัวจะสกปรก ใช้วิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ

2.7 การออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Squares Design, LSD)

2.7.1 เงื่อนไขการใช้งาน

แผนการทดลองแบบนี้ใช้ในกรณีที่พบว่ามีความผิดพลาดทำให้เกิดการผันแปรในหน่วยทดลองสองสาเหตุก่อนให้ทรีทเมนต์ หน่วยทดลองจะถูกจัดกลุ่มในสองทิศทาง (Two Directional Grouping) ตามสาเหตุความผันแปร ซึ่งเรียกว่า ความผันแปรในแนวนอน (Rows) และความผันแปรในแนวตั้ง (Columns)

เนื่องจากในแต่ละแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งจะต้องใส่ได้ครบทุกทรีทเมนต์ ดังนั้นขนาดของแถวแนวนอน ขนาดของแถวแนวตั้งและจำนวนทรีทเมนต์จะต้องเท่ากันหรือกำหนดว่าจำนวนแถวแนวนอนเท่ากับจำนวนแถวแนวตั้งเท่ากับจำนวนทรีทเมนต์

2.7.2 วิธีการสุ่ม

การสุ่มทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองจะกระทำโดยมีเงื่อนไขว่า โดยที่ในแต่ละแถวแนวนอนและในแต่ละแถวแนวตั้งจะต้องมีครบ วิธีการสุ่มอาจทำได้ 2 วิธี

การสุ่มตารางลาตินสแควร์ตารางใดตารางหนึ่งมาใช้ จากตารางลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละขนาดของลาตินสแควร์ดังนี้

กำหนดให้ A, B, C, D เป็นทรีทเมนต์ ตารางลาตินสแควร์ที่สร้างขึ้นโดยทำให้แถวแนวนอนที่หนึ่งและแถวแนวตั้งที่หนึ่งมีการจัดทรีทเมนต์เรียงตามลำดับตัวอักษร (Alphabetical order) จะถูกเรียกว่า ตารางลาตินสแควร์มาตรฐาน (Standard Latin square) [9] ตัวอย่างเช่น

A	B
B	A

รูปที่ 2.12 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 2x2

A	B	C
B	C	A
C	A	B

รูปที่ 2.13 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 3x3

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

รูปที่ 2.14 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 แบบที่ 1

A	B	C	D
B	D	A	C
C	A	D	B
D	C	B	A

รูปที่ 2.15 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 แบบที่ 2

A	D	C	B
B	A	D	C
C	B	A	D
D	C	B	A

รูปที่ 2.16 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 แบบที่ 3

ถ้า $r \times r$ เป็นลาตินสแควร์ที่มีจำนวนแถวบนเท่ากับจำนวนแถวตั้งเท่ากับ r (เท่ากับจำนวนทรืทเมนต์) จำนวนตารางลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดต่อตารางลาตินสแควร์มาตรฐานหนึ่งตารางจะเท่ากับ $(r! (r-1)!)!$

2.7.3 ใช้การสุ่มจากตารางลาตินสแควร์มาตรฐานตามขนาดที่ต้องการมาหนึ่งตาราง จากนั้นจะจัดลำดับของแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งใหม่โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่าง เช่น ใช้การทดลองแบบลาตินสแควร์ขนาด 4×4 สมมติตารางลาตินสแควร์มาตรฐานตามรูปที่ 2.17

		แถวแนวตั้ง			
		1	2	3	4
แถวแนวนอน	1	A	B	C	D
	2	B	C	D	A
	3	C	D	A	B
	4	D	A	B	C

รูปที่ 2.17 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 โดยการสุ่มตัวอย่าง

จัดลำดับแถวแนวนอนโดยสุ่มสมมติได้ลำดับแถวแนวนอนใหม่เป็น 3, 1, 2 และ 4 จะได้ตารางตามรูปที่ 2.18

		แถวแนวตั้ง			
แถวแนวนอน	3	C	D	A	B
	1	A	B	C	D
	2	B	C	D	A
	4	D	A	B	C

รูปที่ 2.18 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 โดยการสุ่มแถวแนวนอน

จัดลำดับแถวแนวตั้งโดยสมบัติได้ลำดับแถวแนวตั้งใหม่ 4, 3, 2 และ 1 จะได้ตารางตามรูปที่ 2.19

		แถวแนวตั้ง			
		4	3	1	2
แถวแนวนอน	3	B	A	C	D
	1	D	C	A	B
	2	A	D	B	C
	4	C	B	D	A

รูปที่ 2.19 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4x4 โดยการสมมติแนวตั้ง

2.8 งานวิจัยที่ผ่านมา

นันทวัฒน์และรัตติกร [11] ศึกษาสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ตัวแปรที่ศึกษา คือ ชนิดตัวทำละลาย ระยะเวลาในการสกัด และปริมาตรตัวทำละลายในการสกัด ซึ่งศึกษาตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เอทิลเอซิเตต ไดคลอโรมีเทน และเฮกเซน ระยะเวลาในการสกัด 1, 2, 3, 5 และ 7 วัน และปริมาตรตัวทำละลาย 100, 200, 400 และ 600 mL ต่อไม้กฤษณา 20 g วิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ/แมสสเปกโตรมิเตอร์ พบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ ไดคลอโรมีเทน ระยะเวลาที่เหมาะสมคือ 3 วัน และปริมาตรตัวทำละลายที่เหมาะสมคือ 200 mL

K.R. Varma และคณะ [2] ศึกษาการแตกตัว และการวัดทางฟิสิกส์ การเกิดโครงสร้างสไปรอล จนถึงอะการอสไปรอล เซสควิเทอพินแอลกอฮอล์ จากน้ำมันหอมระเหยของไม้กฤษณา

โดยใช้ดีโตนในการสกัด พบว่าสารต่างๆ มีโครงสร้างคาร์บอนคล้ายคลึงกัน อะกาโรสไปรอลแยกมาจากสไปโรเทอพินอยด์ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นทางธรรมชาติ

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาส่วนใหญ่แล้ว จะทำการสกัดแบบวิธีชาวบ้าน ซึ่งนำไม้กฤษณาแช่น้ำประมาณ 15 วัน แล้วนำไปต้มกลั่น ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดคือน้ำ ซึ่งที่ผ่านมากในประเทศไทยและต่างประเทศส่วนใหญ่ ไม่ค่อยมีการวิจัยเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา งานวิจัยมีเพียงแต่การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยในไม้กฤษณาว่ามีสารอะไรบ้างและสารชนิดใดให้กลิ่นหอมเท่านั้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ และวิธีการทดลองในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ และการศึกษาผลของตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 สารเคมี

- (1) เฮกเซน (AJAX CHEMICALS-Analytical Reagent)
- (2) เอทานอล (AJAX CHEMICALS-Analytical Reagent)
- (3) เอทิลอะซิเตท (AJAX CHEMICALS-Analytical Reagent)
- (4) ไดคลอโรมีเทน (AJAX CHEMICALS-Analytical Reagent)
- (5) ไม้กฤษณา
- (6) น้ำกลั่น

3.1.2 เครื่องแก้วและอุปกรณ์

- (1) บีกเกอร์ ขนาด 50 และ 100 mL
- (2) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 mL
- (3) อะลูมิเนียมฟอยล์
- (4) ชุดสกัดซอกเลต
- (5) กระดาษกรอง
- (6) กรวยกรอง
- (7) ขวดแก้วเล็ก

3.1.3 เครื่องมือ

- (1) เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟีชื่อ Thermo รุ่น FOCUS GC
/ แมสสเปกโตรมิเตอร์ ชื่อ Thermo รุ่น POLARIS Q
- (2) เครื่องระเหยแบบหมุน ชื่อ Buchi รุ่น R-210/215
- (3) เครื่องกวน

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ขั้นตอนการหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

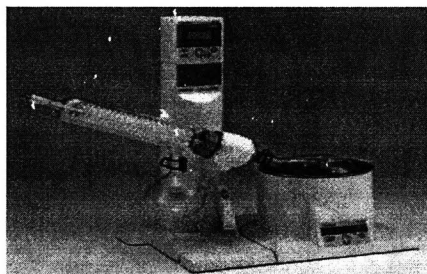
ทำการทดลองสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ซึ่งศึกษาผลของตัวแปร 3 ตัว คือ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และปริมาณน้ำหนัของไม้กฤษณา ออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ได้ภาพการทดลองดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

ปริมาณไม้ (g)	ชนิดของตัวทำละลาย			
	อุณหภูมิ (°C)			
	30	33	36	39
70	A	D	C	B
80	B	A	D	C
90	C	B	A	D
100	D	C	B	A

โดยที่ A = ไดคลอโรมีเทน B = เอทิลเอซีเตท
C = เฮกเซน D = เอทานอล

ทำการทดลองโดยใช้ไม้กฤษณา ในตัวทำละลาย 600 mL โดยกำหนดภาวะตามตารางที่ 3.1 เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิตามที่กำหนดในตารางที่ 3.1 กรองแยกกากไม้ด้วยชุดกรองสุญญากาศ ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนดังรูปที่ 3.1 บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยเครื่อง GC/MS



รูปที่ 3.1 เครื่องระเหยแบบหมุนยี่ห้อ Buchi รุ่น R-210/215



รูปที่ 3.2 ชุดกรองสารตัวอย่าง

3.2.2 ศึกษาผลของตัวทำละลายชนิดต่างๆ

สกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยแปรชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ เอทานอล เอทิลแอซีเตต ไดคลอโรมีเทน และเฮกเซน กำหนดให้ อุณหภูมิ อัตราส่วนของวัตถุดิบและตัวทำละลายคงที่ คือ สกัดที่อุณหภูมิห้อง น้ำหนักไม้กฤษณาคัด 1 kg ตัวทำละลายอินทรีย์ 10 L แช่ไว้ 3 คืน หลังจากนั้นกวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยความเร็วในการกวน 1,100 รอบต่อนาที แล้วกรองแยกกากไม้ด้วยชุดกรองสุญญากาศ ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยเครื่อง GC/MS ดังรูปที่ 3.3

3.2.3 สกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

นำไม้กฤษณาคัด 1 kg แช่ในน้ำ 10 L เป็นเวลา 10 วัน นำใส่ชุดการกลั่นด้วยไอน้ำ และให้ความร้อนจนสารที่กลั่นได้ไม่มีน้ำมันเพิ่มขึ้น จากนั้นนำมากรอง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเซสควิเทอร์พีนแอลกอฮอล์ที่สกัดได้ด้วยเครื่อง GC/MS

3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารในน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GC/MS เตรียมสารละลายตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ด้วยการละลายสารสกัดหยาบด้วยเอทานอล 10 mL กรองด้วยชุดกรองสารตัวอย่าง มีรายละเอียดภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GC/MS ดังนี้

(1) แคปิลารีคอลัมน์ชนิด ZB-5ms ความยาว 30 m เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 mm เฟสนิ่งชนิดไม่มีขั้ว

(2) เฟสเคลื่อนที่ คือ แก๊สฮีเลียม อัตราการไหลเท่ากับ 1.0 mL/min

(3) การควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาเป็นแบบผสมระหว่างแบบคงที่และแบบตั้งโปรแกรม ดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น : 60°C เป็นเวลา 5 min (แบบคงที่)

การเพิ่มอุณหภูมิ : $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ จนถึงอุณหภูมิ 250°C

อุณหภูมิช่วงท้าย : 250°C เป็นเวลา 5 min (แบบคงที่)

รวมเวลาการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 73.33 min

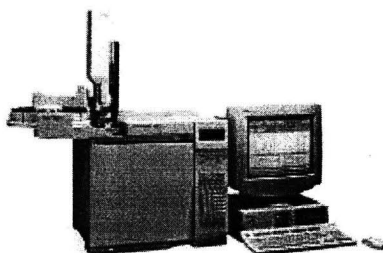
(4) ปริมาณที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อการฉีดตัวอย่างเข้าคอลัมน์คือ 2 μL

(5) อุณหภูมิที่ช่องทางฉีดเข้า คือ 240°C

(6) อุณหภูมิที่แหล่งกำเนิดไอออนเพื่อทำให้เกิดการแตกแมส คือ 250°C

(7) การทำให้สารตัวอย่างเกิดไอออนในเซนชันเป็นแบบ Electron impact

ความต่างศักย์ 70 eV



รูปที่ 3.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ยี่ห้อ Thermo รุ่น FOCUS GC
/ แมสสเปกโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Thermo รุ่น POLARIS Q

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

บทนี้กล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ จากการคำนวณทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวนของ ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้และปริมาณเอทิล-ออกโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสาร เซตควิเทอร์พีนแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่สกัดได้ ผลของชนิดตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอม ระเหยจากไม้กฤษณาโดยทำการทดลองแบบกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ และศึกษาการสกัดน้ำมัน หอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

4.1 ผลการคำนวณทางสถิติการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองนี้มีตัวแปร 3 ตัวที่อาจจะมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ และปริมาณสารละลายที่ระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน คือ ชนิดของตัวทำละลาย ปริมาณไม้ กฤษณาและอุณหภูมิ โดยแต่ละตัวแปร มี 4 ค่า ดังนั้นจะต้องทำการทดลองถึง 64 การทดลองซึ่งใน แต่ละการทดลองนั้นจะใช้เวลานานมากดังนั้นจึงได้เลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบตาราง ลาตินสแควร์เข้ามาช่วยลดจำนวนครั้งการทดลองให้คงเหลือการทดลองเพียง 16 การทดลอง และ เนื่องจากมีตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว ในการทดลองซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองเข้ากับการทดลอง ดังกล่าวได้ โดยแต่ละแถวหรือคอลัมน์เป็นตารางที่สมบูรณ์ คือ มีปริมาณไม้กฤษณาทั้ง 4 ค่า และ ที่ปริมาณไม้กฤษณาหนึ่งๆ จะปรากฏการทดลองเพียงครั้งเดียว ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยการ วิเคราะห์แบบนี้สามารถถึงความแตกต่าง เนื่องจากแถวหรือคอลัมน์นอกจากความคลาดเคลื่อนได้

จากการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS มาคำนวณทางสถิติเพื่อหาความ แปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณเอทิล-ออกโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิล แอลกอฮอล์ รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 และ 4.1.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

Sort of variance	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F	$F_{0.1}$
(SOV)	(df)	(SS)	(MS)		
น้ำหนักไม้	3	0.59	0.19	19.00*	3.29
อุณหภูมิ	3	0.03	0.01	1.00	3.29
ชนิดตัวทำละลาย	3	6.04	2.01	201.00*	3.29
ความผิดพลาด	6	0.06	0.01		
รวม	15	6.74			

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากตารางที่ 4.1.1 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณทางสถิติ รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข กับค่า $F_{0.1}$ ค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 3 ($\nu_1 = 3$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 6 ($\nu_2 = 6$) พบว่าค่า F ของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ สองค่า คือ F ของน้ำหนักไม้และชนิดของตัวทำละลาย แสดงว่าน้ำหนักไม้และชนิดตัวทำละลายที่ใช้มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงนำชนิดตัวทำละลายนี้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

ตารางที่ 4.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
น้ำหนักไม้	3	0.0149	0.0049	0.7778	3.29
อุณหภูมิ	3	0.0226	0.0075	1.1905	3.29
ชนิดตัวทำละลาย	3	0.0784	0.0261	4.1429*	3.29
ความผิดพลาด	6	0.0380	0.0063		
รวม	15	0.1539			

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากตารางที่ 4.1.2 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณทางสถิติ รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข กับค่า $F_{0.1}$ ค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 3 ($\nu_1 = 3$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 6 ($\nu_2 = 6$) พบว่าค่า F ของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ เพียงเดียวค่าคือค่า F ของชนิดตัวทำละลายแสดงว่าชนิดตัวทำละลายที่ใช้มีผลต่อปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักไม้และอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจะนำชนิดตัวทำละลายนี้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

ตารางที่ 4.1.3 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
ชนิดตัวทำละลาย	3	6.04			
A กับ B	1	3.46	3.46	59.26*	3.18
A กับ C	1	0.00	0.00	0.02	3.18
A กับ D	1	0.14	0.14	2.41	3.18
B กับ C	1	3.33	3.33	57.03*	3.18
B กับ D	1	4.99	4.99	85.55*	3.18
C กับ D	1	0.17	0.17	2.88	3.18
ความผิดพลาด	12	0.70	0.06		
รวม	6.04	18.83			

โดย A = ไคคโลโรมีเทน B = เอทิลแอลกอฮอล์

C = เฮกเซน D = เอทานอล

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถหาค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย ได้ผลดังตารางที่ 4.1.3 พบว่าตัวทำละลาย A กับ B, B กับ C และ B กับ D มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นว่า F มากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งค่า $F_{0.1}$ เป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 3 ($\nu_1 = 3$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 6 ($\nu_2 = 6$) เมื่อทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างชนิดตัวทำละลายคู่ใดแล้วจะสามารถทราบได้ว่าสารละลายใดที่ให้ปริมาณสารได้ดีกว่ากัน ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เฉลี่ยแสดงในภาคผนวก ข

จากตารางที่ ข.2.2 พบว่าไคคโลโรมีเทนเป็นชนิดตัวทำละลายที่ดีที่สุด จากการคำนวณปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เฉลี่ยของไคคโลโรมีเทนคือ 2.52 ซึ่งเป็นปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เฉลี่ยมากกว่าที่สกัดได้จากตัวทำละลายอื่นๆ

ตารางที่ 4.1.4 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
ชนิดตัวทำละลาย	3	0.0784			
A กับ B	1	0.0503	0.0503	503*	3.18
A กับ C	1	0.0276	0.0276	276*	3.18
A กับ D	1	0.0662	0.0662	662*	3.18
B กับ C	1	0.0034	0.0034	34*	3.18
B กับ D	1	0.0011	0.0011	11*	3.18
C กับ D	1	0.0083	0.0083	83*	3.18
ความผิดพลาด	12	0.0013	0.0001		
รวม	21	0.0785			

โดย A = ไดคลอโรมีเทน B = เอทิลแอซีเตต
C = เฮกเซน D = เอทานอล

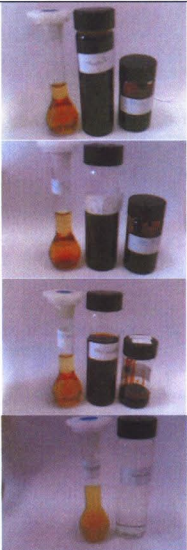
หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถหาค่าความแปรปรวนของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลายได้ผลดังตารางที่ 4.1.4 พบว่าตัวทำละลายทุกคู่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นว่าค่า F มากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งค่า $F_{0.1}$ เป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 3 ($\nu_1 = 3$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 6 ($\nu_2 = 6$) เมื่อทราบว่ามีค่าความแตกต่างระหว่างชนิดตัวทำละลายคู่ใดแล้วจะสามารถทราบได้ว่าสารละลายใดที่ให้ปริมาณสารได้ดีกว่ากัน ปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์เฉลี่ยแสดงในภาคผนวก ข

4.2 ผลของชนิดตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

ผลของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา โดยแปรชนิดของตัวทำละลาย กำหนดให้อุณหภูมิ อัตราส่วนของวัตถุดิบและตัวทำละลายคงที่ บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 สารในขวดปรับปริมาตรเป็นสารละลายส่วนสารในขวดขนาดเล็กเป็นสารสกัดหยาบ นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยเครื่อง GC/MS ได้ผลดังตารางที่ จ.1-จ.5 ในภาคผนวก จ จะเห็นว่าสารฟีกเดียวกันมีชื่อสาร 3 ชื่อ ซึ่งเป็นชื่อที่คาดว่าพบในน้ำมันหอมระเหยจากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ และผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบสารที่คาดว่าเป็นเซสควิเทอร์พีนแอลกอฮอล์ กูมาริน คีโตน แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล และแอซิก รายละเอียดดังรูปที่ จ.1 และตาราง จ.3

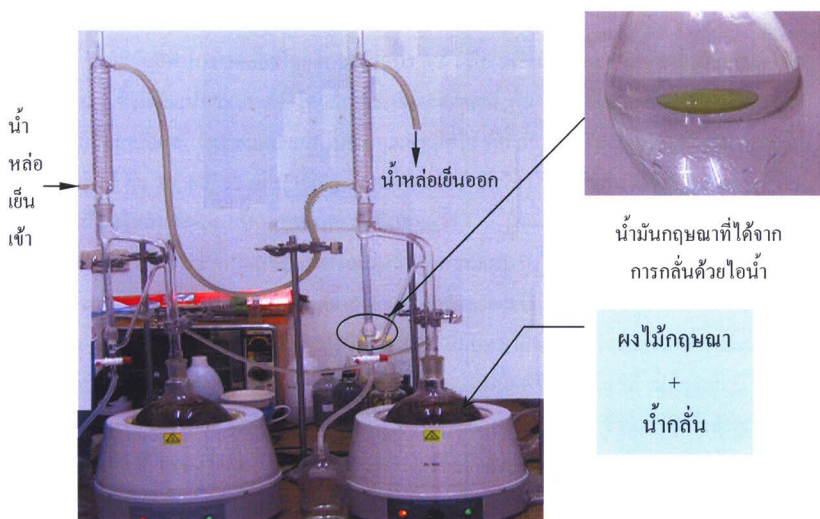
ตารางที่ 4.3 ผลที่ได้จากการการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ

ชนิดตัวทำละลาย	ผลได้ (ร้อยละ)	สารที่สกัดได้
เอทานอล	1.91	
ไดคลอโรมีเทน	2.30	
เอทิลแอซิติเตด	0.74	
เฮกเซน	0.08	

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าตัวทำละลายที่สกัดสารได้น้ำหนักมากไปหาน้อย คือ ไดคลอโรมีเทน เอทานอล เอทิลแอซิติเตด และเฮกเซน ปริมาณสารที่ได้ คือ 2.30, 1.91, 0.74 และ 0.08% ตามลำดับ เนื่องจากไดคลอโรมีเทนเป็นสารที่มีขั้วสูงจึงสกัดสารในน้ำมันหอมระเหยซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขั้วได้ ส่วนในน้ำมันหอมระเหยเป็นพวกเทอร์พีน แอลกอฮอล์ ฟีนอล ฟีนอลิก อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน แอซิก เอสเทอร์ แลคโตนกูมาริน และออกไซด์

4.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

ทำการทดลองสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหย 0.038 g ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยเครื่อง GC/MS ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบสารที่คาดว่าเป็นเซสควิเทอร์พีน แอลกอฮอล์ คูมาริน ทีโตน แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ และแอซิก รายละเอียดดังรูปที่ จ.1 และตาราง จ.3 เนื่องจากการทำการทดลองน้ำหนักไม้ที่ใช้ปริมาณน้อยเกินไป ทำให้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณานั้นมีสารที่อยู่ในไม้กฤษณาถูกสกัดออกมาได้น้อย จึงได้เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมจากสารสกัดที่ได้จากศูนย์พัฒนาฯไทยซึ่งใช้ไม้กฤษณา 10 kg แช่ในน้ำเป็นเวลา 15 วันแล้วจึงนำมาต้มกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากศูนย์พัฒนาฯไทยมีสารอยู่เป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ จ.2



รูปที่ 4.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณสารละลายของน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา ได้แก่ ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิและน้ำหนักไม้กฤษณา โดยการออกแบบการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์ ผลของชนิดตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหยและการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยศึกษาตัวแปร 3 ตัว คือ ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิและน้ำหนักไม้กฤษณา ซึ่งมีตัวแปรละ 4 ค่า โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ ชนิดตัวทำละลาย คือ ไดคลอโรมีเทน เอทิลเอซีเตต เฮกเซนและเอทานอล อุณหภูมิที่ใช้ คือ 30, 33, 36 และ 39 °C น้ำหนักไม้กฤษณาที่ใช้ คือ 70, 80, 90 และ 100 g สกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมงโดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์

จากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถคำนวณค่าความแปรปรวนน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จะได้ค่า F ของน้ำหนักไม้กฤษณาและชนิดตัวทำละลายมีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ แต่ F ของ อุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ เพราะนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำหนักไม้กฤษณาและชนิดตัวทำละลายเท่านั้นที่ทำให้ น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อุณหภูมิไม่มีผลต่อน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำชนิดตัวทำละลายมาเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ระหว่างค่าของชนิดตัวทำละลายต่างๆ

เมื่อนำค่าน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เอามาเปรียบเทียบกัน พบว่าน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากการใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลาย มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.52 รongลงมาคือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการใช้เอทานอล เอทิลเอซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ นั้นหมายความว่า ไดคลอโรมีเทน เป็นตัวทำละลายที่ให้ผลการทดลองที่มีน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากไม้กฤษณามากที่สุด

จากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถคำนวณค่าความแปรปรวนปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์จะได้ค่า F ของชนิดตัวทำละลายมีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ แต่ F ของน้ำหนักไม้กฤษณา และอุณภูมิมีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าชนิดตัวทำละลายเท่านั้นที่ทำให้ปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ ที่ได้มีน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักไม้กฤษณาและอุณภูมิไม่มีผลต่อน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำมาเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ระหว่างค่าของชนิดตัวทำละลายต่างๆ เมื่อนำค่าปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์เฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับ พบว่าปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์จากการใช้ตัวทำละลายไคลโลโรมีเทน มีค่าปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์เฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.2023 รองลงมาคือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการใช้เฮกเซน เอทิลเอซีเตตและเอทานอล ตามลำดับ นั้นหมายความว่าไคลโลโรมีเทน เป็นตัวทำละลายที่ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิล แอลกอฮอล์ในไม้กฤษณามากที่สุด

ผลของชนิดตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยแปรชนิดของตัวทำละลาย กำหนดให้ อุณภูมิ อัตราส่วนของวัตถุดิบและตัวทำละลายคงที่ พบว่าตัวทำละลายที่สกัดสารได้น้ำหนักมากไปหาน้อย คือ ไคลโลโรมีเทน เอทานอล เอทิลเอซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ ปริมาณสารที่ได้ คือ 2.30, 1.91, 0.74 และ 0.08 % ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS พบสารที่คาดว่าเป็นเชสควิเทอร์พีนแอลกอฮอล์ กูมาริน คีโตน แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล และแอซิก

การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิม เพื่อเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่าสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหย 0.0038 % จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยเครื่อง GC/MS ผลจากการวิเคราะห์พบสารที่คาดว่าเป็นเชสควิเทอร์พีน แอลกอฮอล์ กูมาริน คีโตน แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ และแอซิก

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการสกัดด้วยวิธีอื่นเพิ่มเติม เช่น การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด

5.2.2 ควรศึกษานำเสนอไม้กฤษณาที่เหลือจากการสกัด ไปพัฒนาให้ได้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ

5.2.3 ควรศึกษาปัจจัยอื่นๆในวิธีการสกัดโดยให้ชนิดตัวทำละลายเป็นตัวแปรคงที่

บรรณานุกรม

1. H. C. Barrett and G. Buchi, 1967, Stereochemistry and Synthesis of α – Agarofuran, **Journal of the American Chemical Society**, vol.89, pp.5665-5667.
2. K. R. Varma, M. L. Maheshwari and S. C. Bhattacharyya, 1965, **The Constitution of Agarospirol, A3.**
3. James A. Marshall and Myron T. Pike, 1968, **Organic Chemistry** 33, pp 435.
4. กัญจนา ศิวิเศษ, 2542, **พรรณไม้หอม**, กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
5. นงลักษณ์ ปานดีเกิด, 2548, **น้ำมันหอมระเหยไทย**, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
6. อองอาจ คล้ามไพบูลย์, 2545, **กลิ่นไม้หอม ไม้มหาเศรษฐี**, กรุงเทพฯ: สนิทใจ.
7. ชนิดา พลานุเวช, 2548, **การตรวจสอบน้ำมันระเหยและ ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันระเหยโดยวิธี GC/MS**, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
8. Tamuli, Phatik, 2005, “Essential Oil of Engalwood Tree”, **Journal of Essential Oil**, vol 30, pp 1043-1054.
9. กัลยา วานิชย์บัญชา, 2544, **การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ**, กรุงเทพฯ, หน้า 524.
10. कमสัน หุตะแพทย์, 2549, **การสกัดน้ำมันหอมระเหย การใช้ประโยชน์และการทำผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย**, กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ท ครีเอชั่น, 107 หน้า .
11. นันทวัฒน์ กิตติศักดิ์เสรีและรัตติกร ล้อมจันทร์, 2549, **การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์**, ปรียญานุพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
12. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2542, **คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองเรื่องลัทธิวิเครามาโคกราฟฟีขั้นสูง**, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดลองและการคำนวณ

ก.1 ข้อมูลผลการทดลอง

ก.1.1 ภาวะการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลาย

ทำการทดลองสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาด้วยตัวทำละลายโดยการควบคุมอุณหภูมิ น้ำหนักไม้กฤษณาและตัวทำละลายมีรายละเอียดดังตารางลาดินสแควร์ โดยแช่เป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำมาทอนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงกรองสารไปวิเคราะห์

ตารางที่ ก.1 ตารางลาดินสแควร์ที่ออกแบบ

น้ำหนักไม้ (g)	ชนิดของตัวทำละลาย			
	อุณหภูมิ (°C)			
	30	33	36	39
70	A	D	C	B
80	B	A	D	C
90	C	B	A	D
100	D	C	B	A

โดย A = ไคคโลโรมีเทน B = เอทิลเอซิเตต
 C = เฮกเซน D = เอทานอล

ตารางที่ ก.2 ปริมาตรของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

น้ำหนักไม้ (g)	ปริมาตรของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้(mL)			
	อุณหภูมิ (°C)			
	30	33	36	39
70	120	102	167	168
80	170	123	104	169
90	170	173	125	110
100	115	172	175*	128

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากที่สุด

ก.1.2 ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาโดยการออกแบบการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

น้ำหนักไม้ (g)	น้ำหนักน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ (g)			
	อุณหภูมิ (°C)			
	30	33	36	39
70	2.07	0.99	0.77	1.01
80	1.15	2.37	1.13	0.88
90	0.99	1.30	2.66	1.27
100	1.41	1.10	1.44	2.96*

หมายเหตุ * เป็นค่าที่สกัดน้ำมันได้จากเงื่อนไขที่วิเคราะห์ทางสถิติได้เหมาะสมที่สุด ไม้กฤษณา 80 g มีน้ำมันหอมระเหย 2.37 g คิดเป็น 2.96 % โดยน้ำหนัก

ตารางที่ ก.4 ปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ที่ได้

น้ำหนักไม้ (g)	ปริมาณของเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ที่ได้ (g)			
	อุณหภูมิ (°C)			
	30	33	36	39
70	0.0414	-	0.0497	0.0682
80	0.0376	0.3849*	0.0186	0.0507
90	0.0941	0.0101	0.1354	0.0099
100	0.0529	0.1451	0.0590	0.2475

หมายเหตุ * เป็นค่าที่สกัดสารนี้ได้มากที่สุด ไม้กฤษณา 80 g มีสารนี้ 0.3849 g คิดเป็น 0.48 % โดยน้ำหนัก

ก.2 การคำนวณปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

ตัวอย่างการคำนวณของการทดลองที่ 1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ด้วยไคคลอโรมีเทน 600 mL ใช้ไม้กฤษณา 70 g

ในไม้กฤษณา 70 g มีน้ำมันหอมระเหย 2.07 g

ในไม้กฤษณา 100 g มีน้ำมันหอมระเหย $(2.07 \times 100) / 70 = 2.96 \text{ g}$

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณทางสถิติ

บทนี้กล่าวถึงวิธีการคำนวณทางสถิติเพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ว่ามีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณเอทิล-แอลกอฮอล์โท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ที่ได้จากการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์

ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองนี้มีตัวแปร 3 ตัว ที่อาจจะมีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ และค่าปริมาณสารละลายที่ระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน คือ ชนิดของตัวทำละลาย น้ำหนักไม้กฤษณาและอุณหภูมิ โดยแต่ละตัวแปร มี 4 ค่า ดังนั้นจะต้องทำการทดลองถึง 64 การทดลองซึ่งในแต่ละการทดลองนั้นจะใช้เวลานานมากดังนั้นจึงได้เลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์เข้ามาช่วยลดจำนวนครั้งการทดลองให้ลงเหลือการทดลองเพียง 16 การทดลอง และเนื่องจากมีตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว ในการทดลองซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองเข้ากับการทดลองดังกล่าวได้ โดยแต่ละแกนแนวนอนหรือแนวตั้งเป็นตารางที่สมบูรณ์ คือ มีน้ำหนักไม้กฤษณาทั้ง 4 ค่าและที่ปริมาณไม้กฤษณาหนึ่งๆ จะปรากฏการทดลองเพียงครั้งเดียว แสดงในภาคผนวก ก โดยการวิเคราะห์แบบนี้สามารถตีความแตกต่างเนื่องจากแถวแนวนอนหรือแนวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้

ข.2 การคำนวณค่าแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

การคำนวณค่าแปรปรวนและเปรียบเทียบสำหรับตารางลาตินสแควร์ของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ นำข้อมูลจากตารางที่ ก.1.2 มาคำนวณค่าต่างๆ ดังแสดงผลที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ ข.2.1, ข.2.2, ข.2.3, ข.2.4 และ ข.2.5 ตามลำดับต่อไปนี้

ตารางที่ ข.2.1 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

น้ำหนักไม้ (g)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ (g)				ผลรวมแถว
	อุณหภูมิ (°C)				
	30	33	36	39	
70	2.07	0.99	0.77	1.01	4.84
80	1.15	2.37	1.13	0.88	5.53
90	0.99	1.30	2.66	1.27	6.22
100	1.41	1.10	1.44	2.96	6.91
X _i : ผลรวมคอลัมน์	5.62	5.76	6.00	6.12	23.50

ตารางที่ ข.2.2 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

	ชนิดตัวทำละลาย			
	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลแอซิเตต	เฮกเซน	เอทานอล
	(A)	(B)	(C)	(D)
ผลรวม = X_p	10.0600	4.9000	0.3740	4.9700
ผลรวมเฉลี่ย = $\overline{Xp}$	2.5200	1.2300	0.9400	1.2400

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{ผลรวมตามแถวที่ 1} &= 2.07 + 0.99 + 0.77 + 1.01 = 4.84 \\
 \text{ผลรวมตามคอลัมน์ที่ 1} &= 2.07 + 1.15 + 0.99 + 1.41 = 5.62 \\
 \text{ผลรวมค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากตัวทำละลายไคลคลอโรมีเทน} \\
 &= 2.07 + 2.37 + 2.66 + 2.96 = 10.6 \\
 \text{ผลรวมเฉลี่ยค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากตัวทำละลายไคลคลอโรมีเทน} \\
 &= 0.8092 / 4 = 2.52
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ข.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	F _{0.1}
น้ำหนักไม้	3	0.59	0.19	19.00*	3.29
อุณหภูมิ	3	0.03	0.01	1.00	3.29
ชนิดตัวทำละลาย	3	6.04	2.01	201.00*	3.29
ความผิดพลาด	6	0.06	0.01		
รวม	15	6.74			

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า F_{0.1}

จากตารางที่ ข.2.3 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณทางสถิติ กับค่า F_{0.1} ค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 3 ($\nu_1 = 3$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 6 ($\nu_2 = 6$) พบว่าค่า F ของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีค่ามากกว่าค่า F_{0.1} แสดงว่าน้ำหนักไม้และชนิดตัวทำละลายที่ใช้มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แต่อุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงนำชนิดตัวทำละลายนี้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

หมายเหตุ

$$\begin{aligned}
 \text{df ของ น้ำหนักไม้} &= \text{จำนวนน้ำหนักไม้} - 1 = 4 - 1 = 3 \\
 \text{df ของ อุณหภูมิ} &= \text{จำนวนอุณหภูมิ} - 1 = 4 - 1 = 3 \\
 \text{df ของ ชนิดของตัวทำละลาย} &= \text{จำนวนตัวทำละลาย} - 1 = 4 - 1 = 3 \\
 \text{df รวม} &= (\text{จำนวนแถว} \times \text{จำนวนคอลัมน์}) - 1 \\
 &= (4 \times 4) - 1 \\
 &= 15 \\
 \text{df ความผิดพลาด} &= \text{df รวม} - \text{ผลรวมของ df ของน้ำหนักไม้} + \text{อุณหภูมิ} \\
 &\quad + \text{ชนิดตัวทำละลาย} \\
 &= 15 - (3 + 3 + 3) \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Correction term (C.T)} &= \sum_i X_i^2 / r^2 \\
 &= 23.50^2 / 4^2 \\
 &= 34.52 \\
 2. \text{ รวม SS} &= \sum_{ij} X_{ij}^2 - \text{C.T} \\
 &= \{(2.07^2 + 0.99^2 + 0.77^2 + \dots + 2.96^2) / 4\} - 34.52 \\
 &= 41.26 - 34.52 \\
 &= 6.74 \\
 3. \text{ น้ำหนักไม้ SS} &= \sum_i (x_i^2 / r) - \text{C.T} \\
 &= \{(4.84^2 + 5.53^2 + 6.22^2 + 6.91^2) / 4\} - 34.52 \\
 &= 35.11 - 34.52 \\
 &= 0.59 \\
 4. \text{ อุณหภูมิ SS} &= \sum_j (x_j^2 / r) - \text{C.T} \\
 &= \{(5.62^2 + 5.76^2 + 6.00^2 + 6.12^2) / 4\} - 34.52 \\
 &= 35.54 - 34.52 \\
 &= 0.03 \\
 5. \text{ ชนิดตัวทำละลาย SS} &= \sum_r (x_r^2 / r) - \text{C.T} \\
 &= 40.52 - 34.52 = 6.04
 \end{aligned}$$

6. ความผิดพลาด SS = รวม SS - น้ำหนักไม้ SS - อุณหภูมิ SS
 - ชนิดตัวทำละลาย SS
 = $6.74 - 0.59 - 0.03 - 6.04$
 = 0.08
7. น้ำหนักไม้ MS = น้ำหนักไม้ SS / df
 = $0.59 / 3$
 = 0.19
8. อุณหภูมิ MS = อุณหภูมิ SS / df
 = $0.03 / 3$
 = 0.01
9. ชนิดตัวทำละลาย MS = ชนิดตัวทำละลาย SS / df
 = $6.04 / 3$
 = 2.01
10. ความผิดพลาด MS = ความผิดพลาด SS / df
 = $0.08 / 6$
 = 0.01
11. น้ำหนักไม้ F = น้ำหนักไม้ MS / ความผิดพลาด MS
 = $0.19 / 0.01$
 = 19.00
12. อุณหภูมิ F = อุณหภูมิ MS / ความผิดพลาด MS
 = $0.01 / 0.01$
 = 1.00
13. ชนิดตัวทำละลาย F = ชนิดตัวทำละลาย MS / ความผิดพลาด MS
 = $2.01 / 0.01$
 = 201.00

ตารางที่ ข.2.4 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้

น้ำหนักไม้ (g)	อุณหภูมิ (°C)				รวม	เฉลี่ย
	30	33	36	39		
70	2.07	0.99	0.77	1.01	4.84	1.21
80	1.15	2.37	1.13	0.88	5.53	1.38
90	0.99	1.30	2.66	1.27	6.22	1.55
100	1.41	1.10	1.44	2.96	6.91	1.72
รวม	35.62	38.76	42.00	45.12		
เฉลี่ย	1.41	1.44	1.50	1.53		

การศึกษาว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ชนิดใดที่ให้ผลการทดลองมีปริมาณสาร
ดีกว่าการคำนวณเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ ข.2.5

ตารางที่ ข.2.5 การคำนวณเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

เปรียบเทียบระหว่าง ตัวทำละลาย กับสารสกัด	ผลรวมชนิดของตัวทำละลาย				$\sum C_y^2$	L_i	SS
	A	B	C	D			
กับสารสกัด	10.06	4.90	0.37	4.97			
A กับ B	1	-1	0	0	2	5.26	3.46
A กับ C	1	0	-1	0	2	0.10	0.00
A กับ D	1	0	0	-1	2	1.06	0.14
B กับ C	0	1	-1	0	2	5.16	3.33
B กับ D	0	-1	0	1	2	6.32	4.99
C กับ D	0	0	-1	1	2	1.16	0.17

โดย A = ไคคอลโรมีเทน B = เอทิลเอซีเตด
C = เฮกเซน D = เอทานอล

จากตารางที่ ข.2.5 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบชนิดตัวทำละลายของการสกัดนั้นจะมีข้อสงสัยอยู่ 6 ข้อ คือ

1. ไดคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเอทิลเอซีเตดหรือไม่
2. ไดคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเฮกเซนหรือไม่
3. ไดคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเอทานอลหรือไม่
4. เอทิลเอซีเตดให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเฮกเซนหรือไม่
5. เอทิลเอซีเตดให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเอทานอลหรือไม่
6. เฮกเซนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเอทานอลหรือไม่

ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบปริมาณสารละลายระหว่างไดคลอโรมีเทนกับเอทิลเอซีเตด

1. คำนวณผลรวมของกำลังสองของ C

$$\sum C_y^2 = (-1)^2 + (1)^2 = 2$$

2. คำนวณผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบ (L_i)

$$L_i = (+1)X_1 + (-1)X_1 = (1)(0.8092) + (-1)(0.1749) = 0.6343$$

3. คำนวณ SS

$$SS = L_i^2 / n \sum C_y^2 = (0.6343)^2 / 4(2) = 0.0503$$

ตัวเลข 0, 1 และ -1 ในช่องผลรวมของตัวประสาน (Column) เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient, C) ซึ่งสร้างขึ้นจากมูลฐานใช้ในการเปรียบเทียบตามข้อสงสัย 1 - 6 เพื่อให้การเปรียบเทียบแต่ละคู่มีความสมเหตุสมผล นั่นคือ ผลรวมของสัมประสิทธิ์ของแต่ละคำถามต้องเป็นศูนย์ ในการเปรียบเทียบผลคูณของค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ของทั้งสองอัตราส่วน

หมายเหตุ การคำนวณเปรียบเทียบปริมาณสารละลายต่างๆ ของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกัน

ตารางที่ ข.2.6 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	F _{0.1}
ชนิดตัวทำละลาย	3	6.04			
A กับ B	1	3.46	3.46	57.67*	3.18
A กับ C	1	0.00	0.00	0.02	3.18
A กับ D	1	0.14	0.14	2.41	3.18
B กับ C	1	3.33	3.33	57.03*	3.18
B กับ D	1	4.99	4.99	85.55*	3.18
C กับ D	1	0.17	0.17	2.88	3.18
ความผิดพลาด	12	0.70	0.06		

โดย A = ไดคโลโรมีเทน B = เอทิลเอซีเตด
 C = เฮกเซน D = เอทานอล
 หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า F_{0.1}

ตัวอย่างการคำนวณ ค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

1. ความผิดพลาด SS = ชนิดตัวทำละลาย SS – รวม SS
 $= 6.04 - 5.34 = 0.70$
2. F = MS ของตัวทำละลาย / ความผิดพลาด MS
 $= 3.46 / 0.06 = 57.67$
3. ความผิดพลาด MS = ความผิดพลาด SS / df
 $= 0.70 / 12 = 0.06$

หมายเหตุ การคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณเอทิล-โอโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลายมีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกัน

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ระหว่างไคคโลโรมีเทนกับ เอทิลเอซีเตด ไคคโลโรมีเทนกับเฮกเซน ไคคโลโรมีเทนกับเอทานอล เอทิลเอซีเตดกับเอทานอล และเฮกเซนกับเอทานอลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นว่าค่า F มากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งค่า $F_{0.1}$ เป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 1 ($\nu_1 = 1$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 12 ($\nu_2 = 12$) เมื่อทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างชนิดตัวทำละลายคู่ใดแล้ว สามารถทราบได้ว่าชนิดตัวทำละลายที่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่ากัน โดยดูที่ผลรวมหรือค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าซึ่งแสดงในตารางที่ ข.2.6

สำหรับไคคโลโรมีเทนกับเอทิลเอซีเตด คือ 2.52 กับ 1.23

ดังนั้น ไคคโลโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่า เอทิลเอซีเตด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับเอทิลเอซีเตดกับเฮกเซน คือ 1.23 กับ 0.94

ดังนั้น เอทิลเอซีเตดให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเฮกเซน เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับเอทิลเอซีเตดกับเอทานอล คือ 1.23 กับ 1.24

ดังนั้น เอทานอลให้ผลการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มากกว่าเอทิลเอซีเตด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

ข.3 การคำนวณค่าแปรปรวนและเปรียบเทียบปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิล

แอลกอฮอล์

นำข้อมูลจากตารางที่ ก.1.3 มาคำนวณค่าต่างๆ ดังแสดงผลที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ ข.3.1, ข.3.2 และ ข.3.3 ตามลำดับต่อไปนี้

ตารางที่ ข.3.1 ผลรวมในแคคูลัมน์และแถวของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์

น้ำหนักไม้ (g)	ปริมาณสารที่ตรวจพบ (g)				ผลรวมแถว
	อุณหภูมิ (°C)				
	30	33	36	39	
70	0.0414	-	0.0497	0.0682	0.1593
80	0.0376	0.3849	0.0186	0.0507	0.4918
90	0.0941	0.0101	0.1354	0.0099	0.2495
100	0.0529	0.1451	0.0590	0.2475	0.5045
X j : ผลรวมคอลัมน์	0.2260	0.5401	0.2627	0.3763	1.4051

หมายเหตุ ปริมาณสารที่ตรวจพบ คือ ปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์

ตารางที่ ข.3.2 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์

	ชนิดตัวทำละลาย			
	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลแอซิเตด	เฮกเซน	เอทานอล
	(A)	(B)	(C)	(D)
ผลรวม = X_p	0.8092	0.1749	0.3396	0.0814
ผลรวมเฉลี่ย = $\bar{X}_p$	0.2023	0.0437	0.0849	0.0234

หมายเหตุ การหาผลรวมและผลรวมเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณสารเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ มีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกัน

ตารางที่ ข.3.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
น้ำหนักไม้	3	0.0149	0.0049	0.7778	3.29
อุณหภูมิ	3	0.0226	0.0075	1.1905	3.29
ชนิดตัวทำละลาย	3	0.0784	0.0261	4.1429*	3.29
ความผิดพลาด	6	0.0380	0.0063		
รวม	15	0.1539			

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากตารางที่ ข.3.3 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณทางสถิติ กับค่า $F_{0.1}$ ค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df ของตัวแปรเท่ากับ 3 ($\nu_1 = 3$) และ df ของความผิดพลาดเท่ากับ 6 ($\nu_2 = 6$) พบว่าค่า F ของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ ทั้งเดียวค่าคือค่า F ของชนิดตัวทำละลายแสดงว่าชนิดตัวทำละลายที่ใช้มีผลต่อปริมาณสารละลายที่ระเหยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักไม้และอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงนำค่าของชนิดตัวทำละลายมาทำการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ได้

หมายเหตุ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณสารเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกัน

ตารางที่ ข.3.4 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal Comparison ของปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์

น้ำหนักไม้ (g)	อุณหภูมิ (°C)				รวม	เฉลี่ย
	30	33	36	39		
70	0.0414	-	0.0497	0.0682	0.1593	0.0398
80	0.0376	0.3849	0.0186	0.0507	0.4918	0.1229
90	0.0941	0.0101	0.1354	0.0099	0.2495	0.0624
100	0.0529	0.1451	0.0590	0.2475	0.5045	0.1261
รวม	0.2260	0.5401	0.2627	0.3763		
เฉลี่ย	0.0565	0.1350	0.0657	0.0941		

การศึกษาว่าปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ชนิดใดที่ให้ผลการทดลองมีปริมาณสารดีกว่าการคำนวณเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ ข.3.5

ตารางที่ ข.3.5 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์
ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

เปรียบเทียบระหว่าง	ผลรวมชนิดของตัวทำละลาย				$\sum C_y^2$	L_i	SS
ตัวทำละลาย	A	B	C	D			
กับสารสกัด	0.8092	0.1749	0.3396	0.0814			
A กับ B	1	-1	0	0	2	0.6343	0.0503
A กับ C	1	0	-1	0	2	0.4696	0.0276
A กับ D	1	0	0	-1	2	0.7278	0.0662
B กับ C	0	-1	1	0	2	0.1647	0.0034
B กับ D	0	1	0	-1	2	0.0935	0.0011
C กับ D	0	0	1	-1	2	0.2582	0.0083

โดย A = ไดคลอโรมีเทน B = เอทิลเอซีเตด
C = เฮกเซน D = เอทานอล

หมายเหตุ การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกัน

จากตารางที่ ข.3.5 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบชนิดตัวทำละลายของการสกัดนั้นจะมีข้อสงสัยอยู่ 6 ข้อ คือ

1. ไดคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ได้มากกว่าเอทิลเอซีเตดหรือไม่
2. ไดคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ได้มากกว่าเฮกเซนหรือไม่
3. ไดคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ได้มากกว่าเอทานอลหรือไม่
4. เอทิลเอซีเตดให้ผลการทดลองที่มีปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ได้มากกว่าเฮกเซนหรือไม่

5. เอทิลแอซีเตดให้ผลการทดลองที่มีปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มากกว่าเอทานอลหรือไม่

6. เฮกเซนให้ผลการทดลองที่มีปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์มากกว่าเอทานอลหรือไม่

ตารางที่ ข.3.6 ผลการคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลาย

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
ชนิดตัวทำละลาย	3	0.0784			
A กับ B	1	0.0503	0.0503	10.5301*	3.18
A กับ C	1	0.0276	0.0276	0.1738	3.18
A กับ D	1	0.0662	0.0662	1.3253	3.18
B กับ C	1	0.0034	0.0034	7.9983*	3.18
B กับ D	1	0.0011	0.0011	4.3839*	3.18
C กับ D	1	0.0083	0.0083	0.5393	3.18
ความผิดพลาด	12	0.0755	0.0063		
รวม	21	0.1539			

โดยที่ A = ไดคลอโรมีเทน B = เอทิลแอซีเตด

C = เฮกเซน D = เอทานอล

ปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้ 600 mL

หมายเหตุ * เป็นค่าที่มากกว่าค่า $F_{0.1}$ การคำนวณค่าแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้และปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่างชนิดตัวทำละลายมีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกัน

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ระหว่าง ไคคลอโรมีเทนกับเอทิลแอซีเตต ไคคลอโรมีเทนกับเฮกเซน ไคคลอโรมีเทนกับเอทานอล เอทิลแอซีเตตกับเฮกเซน เอทิลแอซีเตตกับเอทานอลและเฮกเซนกับเอทานอลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นว่าค่า F มากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งค่า $F_{0.1}$ เป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี $df = 1$ ($\nu_1 = 1$) และ $df = 12$ ($\nu_2 = 12$) เมื่อทราบว่ามี ความแตกต่างระหว่างชนิดตัวทำละลายคู่ใดแล้วสามารถทราบได้ว่าชนิดตัวทำละลายที่ให้ปริมาณเอทิล-ออโท-เมทอกซี-เมทิลเบนซิลแอลกอฮอล์ได้มากกว่ากัน โดยดูที่ผลรวมหรือค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าซึ่งแสดงในตารางที่ ข.2.5

สำหรับไคคลอโรมีเทนกับเอทิลแอซีเตต คือ 0.2023 กับ 0.0437

ดังนั้น ไคคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณสารละลายมากกว่าเอทิลแอซีเตต เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับไคคลอโรมีเทนกับเฮกเซน คือ 0.2023 กับ 0.0849

ดังนั้น ไคคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณสารละลายมากกว่าเฮกเซน เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับไคคลอโรมีเทนกับเอทานอล คือ 0.2023 กับ 0.0234

ดังนั้น ไคคลอโรมีเทนให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณสารละลายมากกว่าเอทานอล เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับเอทิลแอซีเตตกับเฮกเซน คือ 0.0437 กับ 0.0849

ดังนั้น เฮกเซนให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณสารละลายมากกว่าเอทานอล เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับเอทิลแอซีเตตกับเอทานอล คือ 0.0437 กับ 0.0234

ดังนั้น เอทิลแอซีเตตให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณสารละลายมากกว่าเอทานอล เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับเฮกเซนกับเอทานอล คือ 0.0849 กับ 0.0234

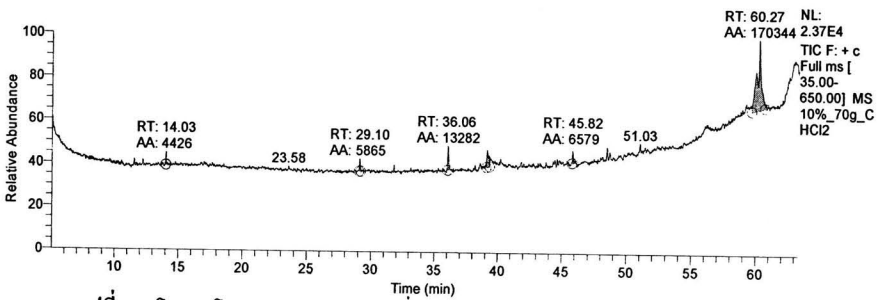
ดังนั้น เฮกเซนให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณสารละลายมากกว่าเอทานอล เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

ภาคผนวก ก

โครมาโทแกรมของการทดลองแบบลาตินสแควร์จากเครื่อง GC/MS

โครมาโทแกรมของตัวอย่างการทดลองที่ 1 ในการทดลองออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ไม่กฤษณา 70 g ใช้ตัวทำละลายไคลคลอโรมีเทนที่อุณหภูมิ 33°C ได้โครมาโทแกรมดังนี้

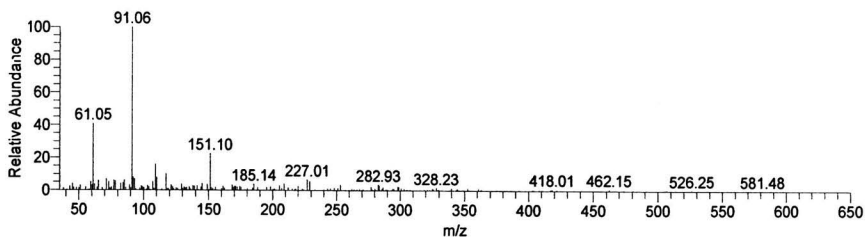
RT: 5.00 - 63.34 SM: 15G



รูปที่ ก.1 โครมาโทแกรมของการทดลองที่ 1 จากการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

ตารางที่ ก.1 ปริมาณสารที่พบในการทดลองที่ 1 ที่ RT ต่าง ๆ ของการสกัดไม้กฤษณา 70 g โดยใช้ไคลคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 33°C

RT	พื้นที่ใต้พีค	% พื้นที่	S/N
14.03	4426	2.00	4.1
29.1	5865	2.65	4.19
36.06	13282	6.01	7.56
39.14	20653	9.34	2.69
45.82	6579	2.98	2.46
60.27	170344	77.03	10.75



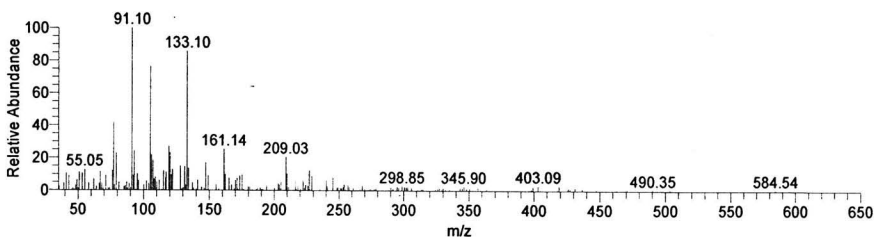
รูปที่ ค.2 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 14.03

ที่ RT 14.03 คาดว่าอาจเป็นสารดังต่อไปนี้

RT ที่ 14.03 สารที่พบ 1) 1-Benzoyl-2-phenyl-3-(4-chlorophenyl)-cyclopropane

2) Ethyl-o-methoxy-t-methylbenzyl alcohol

3) Butane, 1-(benzyloxy)-2-[(benzyloxy)methyl]-4-chloro



รูปที่ ค.3 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 29.10

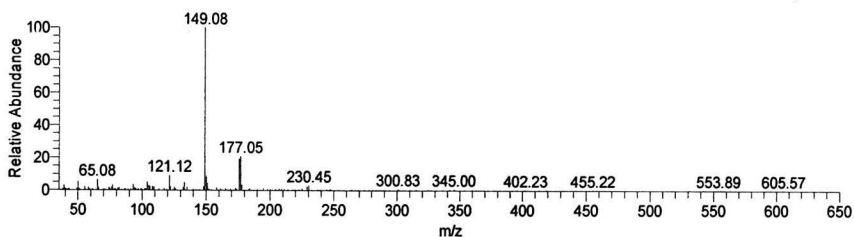
ที่ RT 29.10 คาดว่าอาจเป็นสารดังต่อไปนี้

RT ที่ 29.10 สารที่พบ 1) 3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl

2) Butane, 1-(benzyloxy)-2-[(benzyloxy)methyl]-4-chloro

3) Cycloprop[e]indene-1a,2(1H)-dimethanol, 3a,4,5,6,6a,6b-hexahydro-5,5,6b-trimethyl-, (1aI,3aII,6aII,6bI)-(-)-

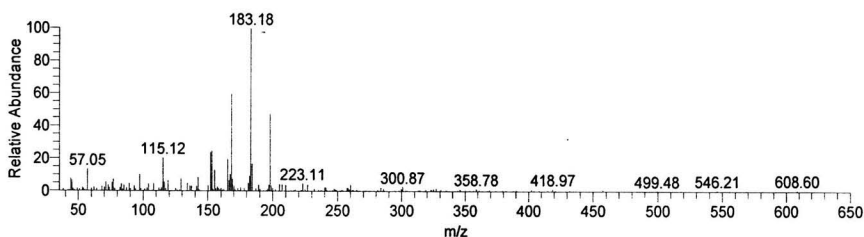
หมายเหตุ ส่วนการทดลองอื่น ๆ ได้แสดงผลในภาคผนวก ง



รูปที่ ค.4 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 36.06

ที่ RT 36.06 คาดว่าอาจเป็นสารดังต่อไปนี้

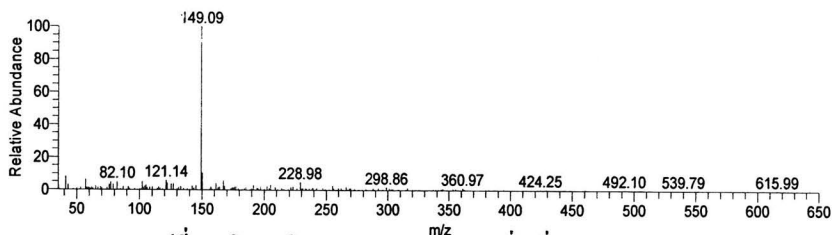
- RT ที่ 36.06 สารที่พบ
- 1) 2-Phenyl-6-methyl-2-methoxy-1,3-dioxo-6-aza-2-silacyclooctane
 - 2) Benzeneacetic acid, t-(aminocarbonyl)-t-ethyl
 - 3) 4-Amino-2-(4'-cyanobutyl)-5,6-trimethylene-pyrimidine



รูปที่ ค.5 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 36.14

ที่ RT 36.14 คาดว่าอาจเป็นสารดังต่อไปนี้

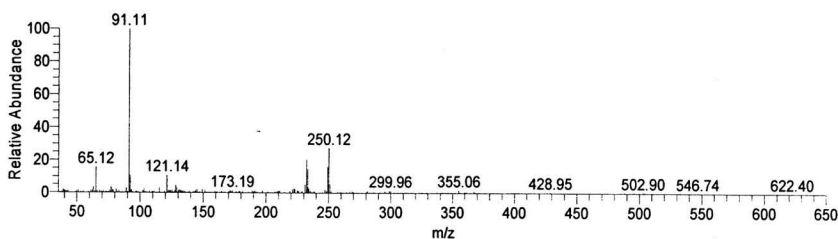
- RT ที่ 36.14 สารที่พบ
- 1) 2-Cyclohexene-6-carboxylic acid, 3-methyl-1-(5-oxo-3,4-dihydro-2H-pyrrolyl)-, ethyl ester
 - 2) Phenol, 4-(1-phenylethyl)-
 - 3) 2,3-Dihydro-1,3-dimethyl(1H)cyclopenta[b]quinoxaline



รูปที่ ๖.6 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 45.82

ที่ RT 45.82 คาดว่าอาจเป็นสารดังต่อไปนี้

- RT ที่ 45.82 สารที่พบ
- 1) 5-Hepten-3-yn-2-one, 6-methyl-5-(1-methylethyl)
 - 2) Furo[3,2-b]pyridine, 2-methyl-, 4-oxide
 - 3) Benzeneethanamine, 1,3,4-trimethyl-



รูปที่ ๖.7 โครมาโทแกรมจากการทดลองที่ 1 ที่ RT 60.27

ที่ RT 60.27 คาดว่าอาจเป็นสารดังต่อไปนี้

- RT ที่ 60.27 สารที่พบ
- 1) 1,4-Ethano-5,8-methanonaphthalene, 1,2,3,4,5,8,9,9,10,10,11,11-dodecafluoro-1,4,5,8-tetrahydro-6-methyl-, (11,4i,5ii,8ii)-
 - 2) 1,4-Ethanonaphthalene, 1,2,3,4,5,8,9,9,10,10-decafluoro-1,4-dihydro-6-methyl
 - 3) Benzenecarbothioamide, N-hydroxy-N-(phenylmethyl)-

ภาคผนวก ง

ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาจากการทดลองแบบลาตินสแควร์

ตารางที่ ง.1 ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาในการทดลองที่ 1-5

[illegible]

ตารางที่ ง.2 ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาในการทดลองที่ 6-10

RT	การทดลองที่									
	6		7		8		9		10	
	%Area	g	%Area	g	%Area	g	%Area	g	%Area	g
5.00			3.78	0.04	29.75	0.26	66.27	0.66		
5.43					15.02	0.13				
6.11					3.98	0.03				
9.47			1.72	0.02						
11.51										
14.02	3.96	0.09	3.30	0.04	9.11	0.08	9.51	0.09	0.78	0.01
17.35					5.76	0.05				
29.10	2.37	0.06	1.65	0.02	5.76	0.05	7.75	0.07	0.35	0.004
31.80	0.98	0.02								
36.06	7.97	0.20	5.53	0.06	7.33	0.06			1.75	0.02
38.53					3.62	0.03				
39.14	6.72	0.16			16.02	0.14				
45.82	2.13	0.05			5.66	0.05	5.58	0.05		
48.51										
56.04			58.40	0.66					88.86	1.15
59.20	16.24	0.38	9.53	0.11						
60.27	59.63	1.41	13.92	0.16					8.26	0.11
พิกอื่นๆ	-	-	2.17	0.02	-	-	10.89	0.12	-	-

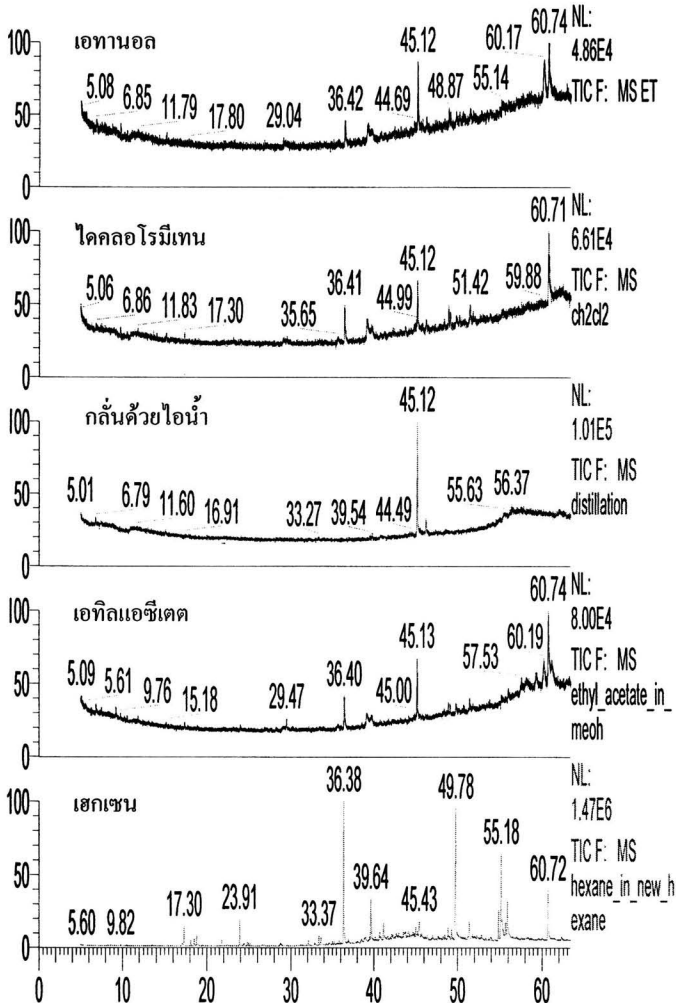
ตารางที่ ง.3 ปริมาณสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณาในการทดลองที่ 11-16

RT	การทดลองที่											
	11		12		13		14		15		16	
	%Area	g	%Area	g	%Area	g	%Area	g	%Area	g	%Area	g
5.00	14.51	0.38					41.35	0.46	8.34	0.12		
5.43							14.85	0.16				
6.11												
9.47												
11.51			0.78	0.01	1.26	0.02						
14.02	5.09	0.13	3.92	0.05	3.75	0.05	13.19	0.15	4.10	0.06	4.09	0.12
17.35												
29.10	2.77	0.07	2.05	0.02			3.00	0.03	3.20	0.05	2.15	0.06
31.80	1.93	0.05	1.50	0.02	1.26	0.02					1.35	0.04
36.06	8.27	0.22	6.87	0.09	8.12	0.11	6.37	0.07	15.35	0.22	7.05	0.21
38.53												
39.14	13.51	0.36	4.28	0.05	15.46	0.22	21.24	0.23	5.41	0.08	8.36	0.25
45.82	3.07	0.08										
48.51			2.87	0.04	2.76	0.04			3.05	0.04	0.70	0.02
48.72											1.38	0.04
56.04			41.08	0.52	25.77	0.36						
59.20	18.62	0.49	12.52	0.16	10.59	0.15			16.93	0.24		
60.27	32.23	0.86	24.13	0.31	28.37	0.40			43.61	0.63	74.91	2.22
พิกอื่นๆ	-	-	-	-	2.66	0.04	-	-	0.01	-	0.01	-

ภาคผนวก จ

โครมาโทแกรมจากเครื่อง GC/MS ที่ศึกษาผลของชนิดตัวทำละลาย

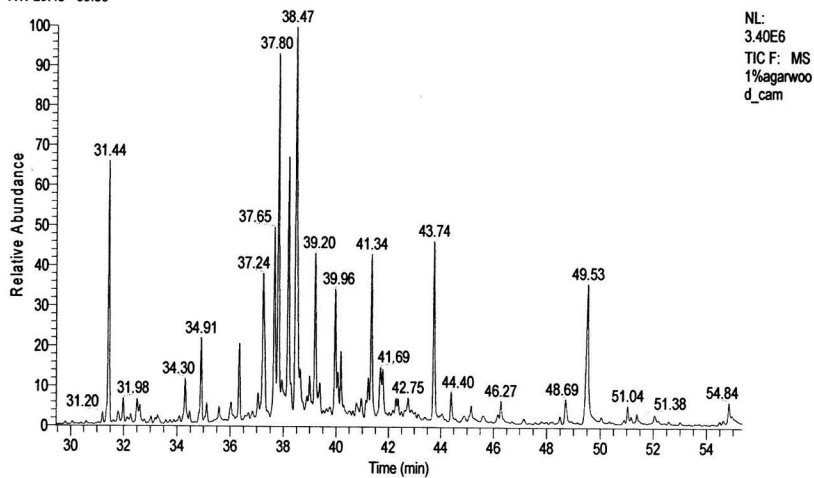
RT: 0.00 - 63.37



รูปที่ จ.1 โครมาโทแกรมผลของตัวทำละลายชนิดต่างๆ

หมายเหตุ การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS ละลายด้วยเอทานอล
 ขกเว้นสารที่ได้จากการสกัดด้วยเฮกเซนละลายด้วยเฮกเซนก่อนนำไปวิเคราะห์

RT: 29.45 - 55.36



รูปที่ จ.2 โครมาโทแกรมของน้ำมันกฤษณาจากการกลั่นด้วยไอน้ำ ข้อมูลจากศูนย์พัฒนายาไทย

ตารางที่ จ.1 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 19.11 g ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

RT	สารประกอบ	สูตรโมเลกุล	% Area	g
9.74	(5R,6S)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.97	0.3765
	7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2-enyl)coumarin	$C_{14}H_{14}O_3$		
	1,6;3,4-Dianhydro-2-deoxy-d-lyxo-hexopyranose	$C_6H_8O_3$		
36.41	4-Methylumbelliferyl laurate	$C_{22}H_{30}O_4$	7.8	1.4906
	Phthalic acid, ethyl hex-2-yn-4-yl ester	$C_{16}H_{18}O_4$		
	Diethyl Phthalate	$C_{12}H_{14}O_4$		
39.12	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	6.34	1.2116
43.72	10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo[7.2.0]undecan-5-ol	$C_{15}H_{24}O$	1.71	0.3268
	2,4,6-Octatrien-1-ol, 3,7-dimethyl-(E,E)-	$C_{10}H_{16}O$		
	7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2-enyl)coumarin	$C_{14}H_{14}O_3$		
45.12	Cyclohexanhexanoic acid, ϵ -oxo-, methyl ester	$C_{13}H_{22}O_3$	14.25	2.7232
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
	Divinylmethyl(acetoxymethyl)silane	$C_8H_{14}O_2Si$		
46.19	t-Butyl-isopropyl-o-methoxybenzyl alcohol	$C_{15}H_{24}O_2$	2.83	0.5408
	1,2-Benzisothiazole-3-acetamide	$C_9H_8N_2OS$		
	4-Methyl-2-tert-octylphenol	$C_{15}H_{24}O$		
48.87	5,8-Methano-1,7-dioxacyclopent[cd]azulene-2,6-dione, octahydro-2a,9-dihydroxy-8b-methyl-9-(1-methylethyl)-, [2aR-(2a,4a,5,8,8a,8b,9R*)]-	$C_{15}H_{20}O_6$	3.76	0.7185
	2,5-Octadiyne, 4,4-diethyl-	$C_{12}H_{18}$		
	Benzene, (2-methoxy-2-propenyl)-	$C_{10}H_{12}O$		
49.06	(5R,6S)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	3.01	0.5752
49.77	Carbamodithioic acid, dibutyl-, ethyl ester	$C_{11}H_{23}NS_2$	2.84	0.5427
	1,6;3,4-Dianhydro-2-deoxy-d-lyxo-hexopyranose	$C_6H_8O_3$		
	7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2-enyl)coumarin	$C_{14}H_{14}O_3$		
50.16	1H-1-Pyridine-2,7-dione, 1-[2-(1,3-benzodioxol-5-yl)ethyl]-3,4,5,6-tetrahydro-	$C_{17}H_{17}NO_4$	2.21	0.4223
	15-Oxatricyclo[9.3.2.1(4,8)]heptadec-11-en-16-one, 2-hydroxy-1,7,8-trimethyl-H36317-methylene-, [1R-(1R*,2S*,4R*,7S*,8R*)]-	$C_{20}H_{30}O_3$		
	3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 4-methyl-	$C_8H_{12}O$		
50.55	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.55	0.2962

ตารางที่ จ.1 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 19.11 g ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย (ต่อ)

RT	สารประกอบ	สูตรโมเลกุล	% Area	g
51.41	2,5-Octadiyne, 4,4-diethyl- 3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl- Ethyl-o-methoxy-methylbenzyl alcohol	$C_{12}H_{18}$ $C_{12}H_{18}$ $C_{11}H_{16}O_2$	2.62	0.5007
53.38	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.55	0.2962
55.14	(5S,6R)-Thymidine glycol 1,3-Methano-1H-indene, octahydro-2-(phenylthio)-, (1,2,3,3a,7a)- Norethindrone	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{16}H_{20}S$ $C_{20}H_{26}O_2$	2.42	0.4625
56.86	(5S,6R)-Thymidine glycol Norethindrone	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{20}H_{26}O_2$	1.86	0.3554
57.01	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.91	0.3650
57.54	(5S,6R)-Thymidine glycol 1H-1-Pyridine-2,7-dione, 1-[2-(1,3-benzodioxol-5-yl)ethyl]-3,4,5,6 -tetrahydro-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{17}H_{17}NO_4$	1.65	0.3153
60.17	(5S,6R)-Thymidine glycol Butane, 1-(benzyloxy)-2-[(benzyloxy)methyl]-4-chloro-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{19}H_{23}ClO_2$	19.58	3.7417
60.71	1,4-Ethanonaphthalene, 1,2,3,4,5,8,9,9,10,10-decafluoro-1,4-dihydro -6-methyl- 3-(4-Methoxyphenyl)-1-phenyl-1,4-pentadiene Butane, 1-(benzyloxy)-2-[(benzyloxy)methyl]-4-chloro-	$C_{13}H_4F_{10}$ $C_{18}H_{18}O$ $C_{19}H_{23}ClO_2$	18.46	3.5277
60.98	(5S,6R)-Thymidine glycol Silane, (1,1-dimethylethyl)(hexadecyloxy)dimethyl- Butane, 1-(benzyloxy)-2-[(benzyloxy)methyl]-4-chloro-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{22}H_{48}OSi$ $C_{19}H_{23}ClO_2$	1.70	0.3249

ตารางที่ จ.2 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 23.00 g ใช้โคคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลาย

RT	สารประกอบ	สูตร โมเลกุล	% Area	g
9.74	(5S,6R)-Thymidine glycol 1H-1-Pyridine-2,7-dione, 1-[2-(1,3-benzodioxol-5-yl)ethyl]-3,4,5,6-tetrahydro-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{17}H_{17}NO_4$	1.65	0.3795
35.64	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	2.30	0.529
36.4	4-Methylumbelliferyl laurate 3-Amino-5-methoxy-indan-1-one Diethyl Phthalate	$C_{22}H_{30}O_4$ $C_{10}H_{11}NO_2$ $C_{12}H_{14}O_4$	12.13	2.7899
39.09	8-(2-Aminophenylthio)guanosine-3',5'-cyclic monophosphate Benzaldehyde, 4-hydroxy-3,5-dimethoxy-	$C_{16}H_{16}N_6O_7PS$ $C_9H_{10}O_4$	9.60	2.208
39.63	(5S,6R)-Thymidine glycol 4-(2-Benzoylhydrazono)-2-dimethylamino-6,7-dihydrooxazolo[3,2-a][1,3,5]triazine	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{14}H_{16}N_6O_2$	1.69	0.3887
43.68	3,6-Methano-8H-1,5,7-trioxacyclopenta[ij]cycloprop[a]azulene-4,8(3H)-dione,hexahydro-9-hydroxy-8b-methyl-9-(1-methylethyl)-, [1aR-(1a,2a,3,6,6a,8aS*,8b,9R*)]- 3,3a,4,5,6,7-Hexahydro-2-indenone dimethylhydrazone Butane, 1-(benzyloxy)-2-[(benzyloxy)methyl]-4-chloro-	$C_{15}H_{18}O_6$ $C_{11}H_{18}N_2$ $C_{19}H_{23}ClO_2$	2.30	0.529
45.02	(5S,6R)-Thymidine glycol Benzeneethanamine,3,4-trimethyl-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{11}H_{17}N$	1.49	0.3427
45.12	4H-1-Benzopyran-4-one, 6,7-dimethoxy-3-phenyl- Propylamine, N,N,2,2-tetramethyl-, N-oxide Butanamide, N-(aminocarbonyl)-2-ethyl-	$C_{17}H_{14}O_4$ $C_7H_{17}NO$ $C_7H_{14}N_2O_2$	10.78	2.4794
46.18	5,10-Pentadecadiyn-1-ol Benzene, 2-methoxy-4-methyl-1-(1-methylethyl)- 5-(3-Methylbutyl)-2-pyridinecarboxylic acid	$C_{15}H_{24}O$ $C_{11}H_{16}O$ $C_{11}H_{15}NO_2$	3.51	0.8073
48.34	9,11-Octadecadiynoic acid, 8-oxo-, methyl ester 1(2H)-Pyridinecarboxylic acid, 3,4-dihydro-5-(2-piperidinyl)-, phenylmethyl ester 1,3,4,6-Hexanetetrone, 1-(4-bromophenyl)-6-phenyl-	$C_{19}H_{28}O_3$ $C_{18}H_{24}N_2O_2$ $C_{18}H_{13}BrO_4$	1.92	0.4416
48.87	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	4.54	1.0442

ตารางที่ จ.2 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 23.00 g ใช้ไดคัลลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลาย(ต่อ)

RT	สารประกอบ	สูตรโมเลกุล	% Area	g
49.07	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	3.68	0.8464
	1H-3a,6-Methanoazulene-3-carboxylic acid, octahydro-7,7-dimethyl-8-methylene-, [3S-(3,3a,6,8a)]-	$C_{15}H_{22}O_2$		
	5,10-Pentadecadiyne, 1-chloro-	$C_{15}H_{23}Cl$		
49.79	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	3.49	0.8027
	2-Cyclohexene-6-carboxylic acid, 3-methyl-1-(5-oxo-3,4-dihydro-2H-pyrrolyl)-, ethyl ester	$C_{14}H_{21}NO_3$		
	Benzeneethanamine, 1,3,4-trimethyl-	$C_{11}H_{17}N$		
50.18	1-Oxaspiro[2.5]oct-5-ene, 8,8-dimethyl-4-methylene-	$C_{10}H_{14}O$	3.38	0.7774
	Benzeneacetic acid, t-(aminocarbonyl)-t-ethyl-	$C_{11}H_{13}NO_3$		
	1,6,7-Naphthalenetriol, 5,6,7,8-tetrahydro-, cis-	$C_{10}H_{12}O_3$		
51.42	Benzaldehyde, 3-ethyl-	$C_9H_{10}O$	5.48	1.2604
	Benzaldehyde, 4-(1-methylethyl)-	$C_{10}H_{12}O$		
	Benzene, (2-methoxy-2-propenyl)-	$C_{10}H_{12}O$		
51.78	2-Cyclohexene-6-carboxylic acid, 3-methyl-1-(5-oxo-3,4-dihydro-2H-pyrrolyl)-, ethyl ester	$C_{14}H_{21}NO_3$	1.62	0.3726
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
	Octatriene, 1,3-trans-5-trans-	C_8H_{12}		
53.8	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.44	0.3312
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
55.36	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.67	0.3841
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
60.72	8-AHA-cAMP	$C_{16}H_{26}N_7O_6P$	25.74	5.9202
	Benzenepropanoic acid, t-(aminooxy)-	$C_9H_{11}NO_3$		
	1,4-Ethanonaphthalene, 1,2,3,4,5,8,9,9,10,10-decafluoro-1,4-dihydro-6-methyl-	$C_{13}H_4F_{10}$		
61.97	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.59	0.3657
	1H-1-Pyridine-2,7-dione, 1-[2-(1,3-benzodioxol-5-yl)ethyl]-3,4,5,6-tetrahydro-	$C_{17}H_{17}NO_4$		
	2-Phenyl-4-ethoxycarbonyl-3H-imidazo[1,5-b]pyridazine-5,7-(6H)-dione	$C_{15}H_{13}N_3O_4$		

ตารางที่ ๑.3 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 0.038 g โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ

RT	สารประกอบ	สูตรโมเลกุล	% Area	g
6.8	1,6;3,4-Dianhydro-2-deoxy-4-d-lyxo-hexopyranose	$C_6H_8O_3$	1.86	0.0007
	7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2-enyl)coumarin	$C_{14}H_{14}O_3$		
	2,4,6-Octatrien-1-ol, 3,7-dimethyl-(E,E)-	$C_{10}H_{16}O$		
8.92	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	2.14	0.0008
10.94	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	2.59	0.0010
15.12	Carbamic acid, (trifluoromethyl)-, 1,1-dimethylethyl ester	$C_6H_{10}F_3NO_2$	2.28	0.0009
	7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2-enyl)coumarin	$C_{14}H_{14}O_3$		
	D-Mannopyranoside, methyl 3,6-anhydro-	$C_7H_{12}O_5$		
33.23	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	2.64	0.0010
	N-Isopropyl-3-phenylpropanamide	$C_{12}H_{17}NO$		
39.75	Benzeneacetic acid, (aminocarbonyl)-ethyl-	$C_{11}H_{13}NO_3$	1.81	0.0007
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
	2,6-Dimethylbenzaldehyde	$C_9H_{10}O$		
43.68	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.78	0.0007
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
44.5	3,8,11-Trioxatetracyclo[4.4.1.0(2,4).0(7,9)]undecane, (1,2,4,6,7,9)-	$C_8H_{10}O_3$	2.13	0.0008
	Norethindrone	$C_{20}H_{26}O_2$		
	1H,3H-Pyran[3,4-c]pyran-5-carboxaldehyde, 4,4a,5,6-tetrahydro-6-methyl-1-oxo-, [4a-(4a,5l,6l)]-	$C_{10}H_{12}O_4$		
45.13	3-Hexanol, 3,4-diethyl-,	$C_{10}H_{22}O$	53.53	0.0201
	Propylamine, N,N,2,2-tetramethyl-, N-oxide	$C_7H_{17}NO$		
	Isopropyl Myristate	$C_{17}H_{34}O_2$		
46.19	Phenylglyoxylic acid	$C_8H_6O_3$	8.39	0.0031
	Scytalone	$C_{10}H_{10}O_4$		
	Ethaneperoxoic acid, 1-cyano-1-[2-(2-phenyl-1,3-dioxolan-2-yl)ethyl]pentyl ester	$C_{19}H_{25}NO_5$		
46.41	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.84	0.0007
	1H-1-Pyridine-2,7-dione, 1-[2-(1,3-benzodioxol-5-yl)ethyl]-3,4,5,6-tetrahydro-	$C_{17}H_{17}NO_4$		

ตารางที่ จ.3 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 0.038 g ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย(ต่อ)

RT	สารประกอบ	สูตร โมเลกุล	% Area	g
54.19	2-Cyclohexene-6-carboxylic acid, 3-methyl-1-(5-oxo-3,4-dihydro-2H-pyrrolyl)-, ethyl ester (5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{14}H_{21}NO_3$ $C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.74	0.0007
54.99	(5S,6R)-Thymidine glycol Benzamide, N-[2-[4-[[5-(3,3-dimethyloxiranyl)-4-hydroxy-3-methyl-2-pentenyl]oxy]phenyl]ethyl]- 2-Phenyl-4-ethoxycarbonyl-3H-imidazo[1,5-b]pyridazine-5,7-(6H)-dione	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{25}H_{31}NO_4$ $C_{15}H_{13}N_3O_4$	2.32	0.0009
55.34	5,10-Pentadecadiyn-1-ol 2,3-Dimethylamphetamine Benzeneethanamine, 2,6-trimethyl-, (±)-	$C_{15}H_{24}O$ $C_{11}H_{17}N$ $C_{11}H_{17}N$	2.07	0.0008
55.53	1,3,3-Trimethyl-2-hydroxymethyl-3,3-dimethyl-4-(3-methylbut-2-enyl)-cyclohexene 2R-Acetoxymethyl-1,3,3-trimethyl-4t-(3-methyl-2-buten-1-yl)-1t-cyclohexanol (5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{15}H_{26}O$ $C_{17}H_{30}O_3$ $C_{10}H_{16}N_2O_7$	2.50	0.0009
55.64	1(2H)-Pyridinecarboxylic acid, 3,4-dihydro-5-(2-piperidinyl)-, phenylmethyl ester Nitrous acid, 3-phenylpropyl ester (1R,4R)-p-Mentha-2,8-diene, 1-hydroperoxide	$C_9H_{11}NO_2$ $C_{10}H_{16}O_2$	2.09	0.0008
55.72	(5S,6R)-Thymidine glycol	$C_{10}H_{16}N_2O_7$	1.83	0.0007
56.53	(5S,6R)-Thymidine glycol Benzeneethanamine, 3,4-trimethyl-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{11}H_{17}N$	2.41	0.0009
61.98	(5R,6S)-Thymidine glycol 3a,6-Epoxy-3aH-isoindole, 1,2,3,6,7,7a-hexahydro-6-methyl-2-phenyl- Norethindrone	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{15}H_{17}NO$ $C_{20}H_{26}O_2$	1.94	0.0007
62.05	(5S,6R)-Thymidine glycol Norethindrone	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{20}H_{26}O_2$	2.11	0.0008

ตารางที่ จ.4 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 7.43 g ใช้เอทิลเอซีเตดเป็นตัวทำละลาย

RT	สารประกอบ	สูตร โมเลกุล	% Area	g
9.22	Azulenol[4,5-b]furan-2,8(3H,4H)-dione, 3a,5,6,6a,7,9b-hexahydro-6-hydroxy-3,6,9-trimethyl-, [3S-(3,3a,6,6a,9b)]-	$C_{15}H_{20}O_4$	1.65	0.1226
	3-Phenyl-7-methyl-4,9-dioxo-1,4,8,9-hydro-as-triazino(4,3-b)-triazpine-1,2,4	$C_{13}H_{11}N_3O_2$		
	2-Phenyl-4-ethoxycarbonyl-3H-imidazo[1,5-b]pyridazine-5,7-(6H)-dione	$C_{15}H_{13}N_3O_4$		
29.47	Quercetin	$C_{15}H_{10}O_7$	2.11	0.1568
	3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl-	$C_{12}H_{18}$		
	Ethyl-o-methoxy-methylbenzyl alcohol	$C_{11}H_{16}O_2$		
35.62	1-Formyl-2,2,6-trimethyl-3-cis-(3-methylbut-2-enyl)-5-cyclohexene	$C_{15}H_{24}O$	1.83	0.1360
	1-Methylene-2b-hydroxymethyl-3,3-dimethyl-4b-(3-methylbut-2-enyl)-cyclohexane	$C_{15}H_{26}O$		
	7-Hydroxy-3-(1,1-dimethylprop-2-enyl)coumarin	$C_{14}H_{14}O_3$		
36.41	Phthalic acid, ethyl 3,4-dimethylphenyl ester	$C_{18}H_{18}O_4$	9.05	0.6724
	Phthalic acid, ethyl hex-2-yn-4-yl ester	$C_{16}H_{18}O_4$		
	Diethyl Phthalate	$C_{12}H_{14}O_4$		
39.09	2,4,6(1H,3H,5H)-Pyrimidinetrione, 1-methyl-5-(1-methylethyl)-5-(2-propenyl)-	$C_{11}H_{16}N_2O_3$	1.73	0.1285
	Benzaldehyde, 4-hydroxy-3,5-dimethoxy-	$C_9H_{10}O_4$		
39.13	Spiro[3.4]octan-1-one, 5-methyl-, cis-	$C_9H_{14}O$	3.71	0.2757
	Benzaldehyde, 4-hydroxy-3,5-dimethoxy	$C_9H_{10}O_4$		
45.12	Tetradecanoic acid, 10,13-dimethyl-, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	10.97	0.8151
	3-Hexanol, 3,4-diethyl-,	$C_{10}H_{22}O$		
	Dodecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester	$C_{14}H_{28}O_2$		
48.87	9,11-Octadecadiynoic acid, 8-oxo-, methyl ester	$C_{19}H_{28}O_3$	2.25	0.1672
	2H-Inden-2-one, 1,4,5,7a-tetrahydro-6,7-bis(hydroxymethyl)-	$C_{11}H_{14}O_3$		
	6-Methyl-4-indanol	$C_{10}H_{12}O$		
49.07	Perfluoro(4-methyl-2-oxabicyclo[3.3.0]octane	$C_8F_{14}O$	2.24	0.1664
	1,1,1,5,7,7,7-Heptamethyl-3,3-bis(trimethylsiloxy)tetrasiloxane	$C_{13}H_{40}O_5Si_6$		
	Pseudosmilagenin	$C_{27}H_{44}O_3$		

ตารางที่ ๑.4 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 7.43 g ใช้เอทิลเอซีเตตเป็นตัวทำละลาย(ต่อ)

49.79	3-Hexyne, 2-methyl- Cyclohexaneethanol, -methylene- Cyclohexene, 1-methyl-4-(1,5,9-trimethyl-1,5,9-decatrienyl)-	C_7H_{12} $C_9H_{16}O$ $C_{20}H_{32}$	2.81	0.2088
51.42	3,4-Nonadien-6-yne, 5-ethyl-3-methyl- 2,3-Dimethylamphetamine 2-Oxazolidinone, 4-hydroxy-3-phenyl-4-(2-phenylethyl)-	$C_{12}H_{18}$ $C_{11}H_{17}N$ $C_{17}H_{17}NO_3$	2.76	0.2051
55.16	5,10-Pentadecadiyn-1-ol 5,10-Pentadecadiyne, 1-chloro- Cyclobutaneacetonitrile, 1-methyl-2-(1-methylethylidene)-	$C_{15}H_{24}O$ $C_{15}H_{23}Cl$ $C_{10}H_{15}N$	1.92	0.1427
55.99	(5S,6R)-Thymidine glycol Norethindrone 1,3-Dioxolo[4,5-b]acridin-10(5H)-one, 11-hydroxy-4-methoxy-5-methyl-	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{20}H_{26}O_2$ $C_{16}H_{13}NO_5$	2.10	0.1560
57.52	Spiro[3.4]octan-1-one, 5-methyl-, cis- 3,7-Dimethyl-(1,2,4)-triazolo(4,3-b)(1,2,4)-triazine Cyclohexene, 1-methyl-4-(1,5,9-trimethyl-1,5,9-decatrienyl)-	$C_9H_{14}O$ $C_6H_7N_5$ $C_{20}H_{32}$	2.75	0.2043
59.29	(13aS,14S)-6,7-Dimethoxy-3,14-dihydroxyphenanthroindolizidine Methyl all-trans-5,6-erythro-5,6-dihydroxy-5,6-dihydroretinoate 5'-O-(tert-butylidimethylsilyl)-thymidine	$C_{22}H_{23}NO_4$ $C_{21}H_{32}O_4$ $C_{16}H_{28}N_2O_3Si$	3.38	0.2511
59.34	1,2-Pentanediol, 5-(6-bromodecahydro-2-hydroxy-2,5,5a,8a-tetramethyl-1-naphthalenyl)-3-methylene-, 1,2-diacetate Decahydro-4-(2-hydroxy-2-isopropyl)-4a,5-dimethyl-2,3,8,8a-bisepoxy-[2R-(1xi,2,3,4,4a,5,8,8a)]-1-naphthol 5'-O-(tert-butylidimethylsilyl)-thymidine	$C_{24}H_{39}BrO_5$ $C_{15}H_{24}O_4$ $C_{16}H_{28}N_2O_3Si$	2.72	0.2021
60.19	Pyrazolidinetrione, phenyl-, 4-(phenylhydrazone) Dibenzo(a,l)phenazine 2,3-Dicyanodibenzo(f,h)quinoxaline	$C_{15}H_{12}N_4O_2$ $C_{20}H_{12}N_2$ $C_{18}H_8N_4$	10.35	0.7690
60.73	N-Desmethyltramadol Benzeneethanamine	$C_{15}H_{23}NO_2$ $C_8H_{11}N$	23.18	1.7223
61.07	(5R,6S)-Thymidine glycol Norethindrone	$C_{10}H_{16}N_2O_7$ $C_{20}H_{26}O_2$	3.63	0.2697
61.15	Spathulasin diacetate Norethindrone 1,6;3,4-Dianhydro-2-deoxy-d-lyxo-hexopyranose	$C_{34}H_{52}O_{10}$ $C_{20}H_{26}O_2$ $C_6H_8O_3$	8.86	0.6583

ตารางที่ ๑.5 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 0.80 g ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

RT	สารประกอบ	สูตร โมเลกุล	% Area	g
17.31	5,7-Octadien-4-one, 2,6-dimethyl-, (Z)- 1-Methylbicyclo[2.2.1]heptan-exo-2-ol 3-Cyclopentene-1-acetaldehyde, 2,2,3-trimethyl-	$C_{10}H_{16}O$ $C_8H_{14}O$ $C_{10}H_{16}O$	1.98	0.0158
18.83	O-Trifluoroacetyl-menthol Cyclohexene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)- Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, [1R-(1,2,5)]-	$C_{12}H_{18}F_3O_2$ $C_{10}H_{18}$ $C_{10}H_{20}O$	1.27	0.0102
23.91	Cinnamaldehyde, (E)- 2-Propenal, 3-phenyl- Cinnamaldehyde, (E)-	C_9H_8O C_9H_8O C_9H_8O	2.96	0.0237
33.63	Benzeneacetic acid, methoxy-, methyl ester, (๑)- Benzeneacetic acid, methoxy-, (S)- Cyclohexene, 3-methyl-6-(1-methylethylidene)-	$C_{10}H_{12}O_3$ $C_9H_{10}O_3$ $C_{10}H_{16}$	1.31	0.0105
36.38	Phthalic acid, cyclobutyl ethyl ester Phthalic acid, ethyl hex-2-yn-4-yl ester Diethyl Phthalate	$C_{14}H_{16}O_4$ $C_{16}H_{18}O_4$ $C_{12}H_{14}O_4$	17.31	0.1385
39.63	Santalol	$C_{15}H_{24}O$	7.05	0.0564
40.70	Isopropyl-O-methoxy-t-methylbenzyl alcohol Ethyl-o-methoxy-methylbenzyl alcohol Heptadecane	$C_{12}H_{18}O_2$ $C_{11}H_{16}O_2$ $C_{17}H_{36}$	1.40	0.0112
41.15	Tricyclo[3.2.1.0(2,4)]octan-8-one, 3,3-dimethyl-, (1,2,4,5)- 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl- 1,3-Cyclopentadiene, 1,2-dimethyl-	$C_{10}H_{14}O$ C_7H_{10} C_7H_{10}	3.33	0.0266
45.00	2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-9-(phenylsulfonyl)-, (E,E)- 7-Ethyl-8-hydroxy-2,6-dimethylbicyclo[4.4.0]dec-1-ene	$C_{21}H_{30}O_3S$ $C_{14}H_{24}O$	1.70	0.0136
45.44	2-Methoxy-5-hydroxy-6-triphenylmethoxymethyl- oxacyclohexane Methyl-2,3-dideoxy-2-C-methyl-6-O-triphenylmethyl-d-threo- hexopyranoside-4-ulose Benzoic acid, 4-(4-butylcyclohexyl)-, 2,3-dicyano-4- ethoxyphenyl ester	$C_{26}H_{28}O_4$ $C_{27}H_{28}O_4$ $C_{27}H_{30}N_2O_3$	3.47	0.0278
48.87	Benzeneethanamine, 3-amino-N-methyl-N-(2-phenylethyl)- 6-Methyl-4-indanol	$C_{17}H_{22}N_2$ $C_{10}H_{12}O$	2.02	0.0162

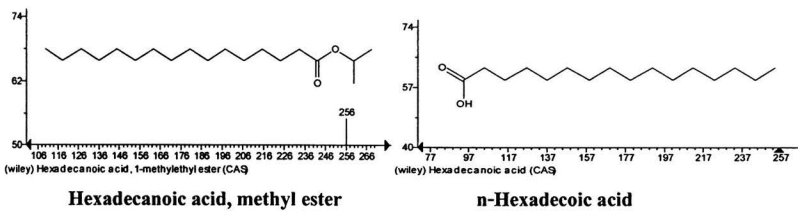
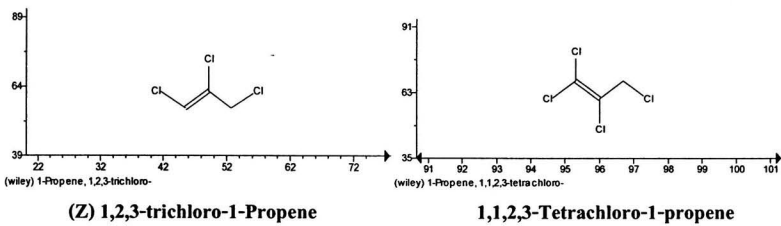
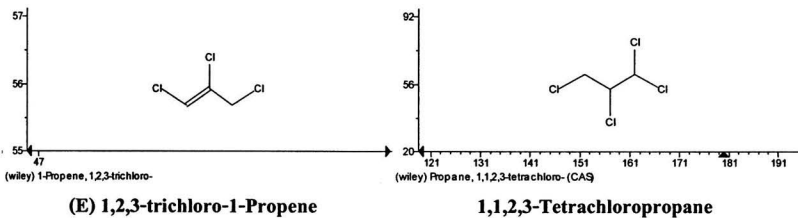
ตารางที่ จ.5 ผลโครมาโทแกรมของสารสกัด 0.80 g ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย(ต่อ)

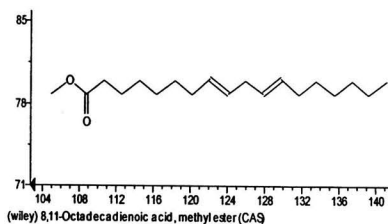
RT	สารประกอบ	สูตรโมเลกุล	% Area	g
49.31	Mebeverine	$C_{25}H_{35}NO_5$	1.63	0.0130
	Phenylglyoxylic acid	$C_8H_6O_3$		
	Scytalone	$C_{10}H_{10}O_4$		
49.78	Dimethyl 2-carbethoxy-cyclopropane-1,1-dicarboxylate	$C_{10}H_{14}O_6$	17.89	0.1431
	(2S,4S)-2,4-Dimethylheptanedioic acid dimethyl ester	$C_{11}H_{20}O_4$		
	Triisopropylsilyloxycyclobutane	$C_{13}H_{28}OSi$		
51.40	2,5-Pyridinedicarboxylic acid, 1-cyclopropyl-1,4-dihydro-3-methyl-4-oxo-	$C_{11}H_{11}NO_5$	2.55	0.0204
	2,5-Octadiyne, 4,4-diethyl-	$C_{12}H_{18}$		
	3-Phenylpropionic acid, 4-cyanophenyl ester	$C_{16}H_{13}NO_2$		
54.88	5,10-Pentadecadienoic acid, (E,E)-	$C_{15}H_{26}O_2$	3.90	0.0312
	3-Hexyne, 2-methyl-	C_7H_{12}		
	6,11-Eicosadienoic acid, methyl ester	$C_{21}H_{38}O_2$		
55.18	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	$C_{12}H_{23}NO_2$	11.19	0.0895
	1-Hexyl-1-nitrocyclohexane	$C_{12}H_{23}NO_2$		
	(4S,4aR,5R,8aS)-4-isopropyl-4a,5-dimethyldecahydronaphthalen-1-one	$C_{19}H_{26}O$		
55.28	1-Hexyl-1-nitrocyclohexane	$C_{12}H_{23}NO_2$	3.21	0.0257
	(1S,15S)-Bicyclo[13.1.0]hexadecan-2-one	$C_{16}H_{28}O$		
	7-Hexadecenal, (Z)-	$C_{16}H_{30}O$		
55.71	Morphine	$C_{17}H_{19}NO_3$	1.88	0.0150
	1-Tripropylsilyloxynonane	$C_{18}H_{40}OSi$		
	1-Triisopropylsilyloxynonane	$C_{18}H_{40}OSi$		
55.92	2-Isopropyl-5-methylcyclohexyl 3-(1-(4-chlorophenyl)-3-oxobutyl)-	$C_{30}H_{33}ClO_6$	5.50	0.0440
	-coumarin-4-yl carbonate	$C_9H_{12}O_4$		
	3-Methyl-4-(methoxycarbonyl)hexa-2,4-dienoic acid			
	1-Hexyl-1-nitrocyclohexane	$C_{12}H_{23}NO_2$		
60.72	1,4-Ethanonaphthalene, 1,2,3,4,5,8,9,9,10,10-decafluoro-1,4-dihydro-6-methyl-	$C_{13}H_4F_{10}$	8.43	0.0674
	Naphthalene, 1,2,3,4,5,8-hexafluoro-6-methyl-	$C_{11}H_4F_6$		
	Benzyl alcohol, 3-benzyloxy-2-fluoro-	$C_{14}H_{13}FO_2$		

ภาคผนวก ฉ

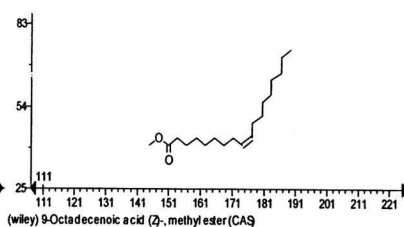
สูตรโครงสร้างของสารที่สกัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS

ฉ.1 สูตรโครงสร้างของสารที่สกัดได้จากไม้กฤษณา

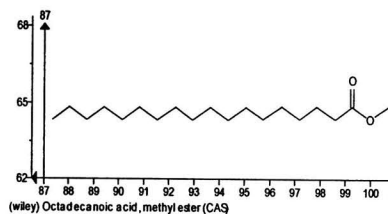




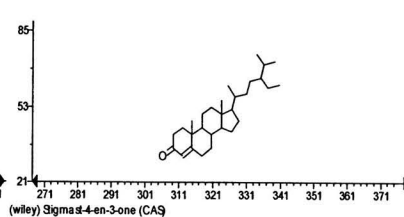
8,11-Octadecadienoic acid, methyl ester



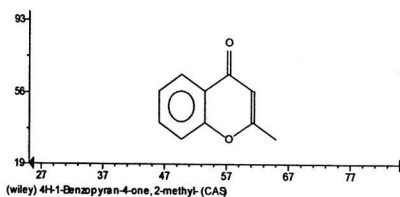
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester



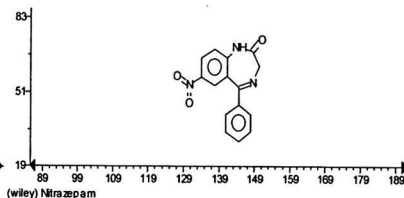
Octadecanoic acid, methyl ester



1-Heptatriacotanol



Methylchromone



Benzalin

ภาคผนวก ข

สมบัติของตัวทำละลาย

ตารางที่ ข.1 สมบัติของตัวทำละลาย [12]

สมบัติ	ชนิดตัวทำละลาย				
	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล	เอทิลแอซิเตต	เฮกเซน	น้ำ
สูตรโมเลกุล	CH_2Cl_2	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	C_6H_{14}	H_2O
มวลโมเลกุล	84.92	46.07	88.10	86.18	18.06
จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	39.8	78.5	77.05	68.8	100
ความหนาแน่น(g/mL)	1.3157	0.789	0.898	0.655	1
สภาพขั้ว	3.1	4.3	4.4	-	10
ไดโพลโมเมนต์	1.60	1.69	1.78	-	1.85
จุดหลอมเหลว($^{\circ}\text{C}$)	-96.7	-114	-83.75	-95	0

ภาคผนวก ข

ความน่าจะเป็นแบบเอฟ

ตารางที่ ข.1 ความน่าจะเป็นแบบเอฟ $\alpha=0.1$ ($F_{0.1}$)

$U_1 \backslash U_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.2	58.91	59.44	59.86
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.23	2.28	2.24	2.21

หมายเหตุ U_1 = degree of freedom of variable

U_2 = degree of freedom of error

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ

นางสาวปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง
Miss Pathumthip Tonthubthimthong
2. ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8
3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
โทรศัพท์/โทรสาร 0 2287 9734, 0 2287 9600 ต่อ 1210, 1201
e-mail : pathumthip@rit.ac.th, tpathumthip@hotmail.com, tpathumthip@yahoo.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2545	เอก	วศ.ค. วิศวกรรมศาสตร คุณบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- การสกัดสารด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด การดูดซับ

6. ประสิทธิภาพที่เกี่ยวกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับที่	ชื่อโครงการวิจัย	แหล่งทุน	ปีงบประมาณ
1	การพัฒนากระดางต้นไม้จากโยมะพร้าว	เครือข่ายงานวิจัยภาคกลาง ตอนล่าง	2547
2	การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา	งบประมาณผลประโยชน์	2548
3	กระดางต้นไม้จากรวญจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	งบประมาณผลประโยชน์	2548
4	การผลิตกระดางเพาะชำจากธรรมชาติ	งบประมาณผลประโยชน์	2548
5	กระดางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	งบประมาณแผ่นดิน	2548
6	สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วย คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด	งบประมาณแผ่นดิน	2549
7	การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา	งบประมาณแผ่นดิน	2550
8	การพัฒนาการผลิตน้ำมันไทย	งบประมาณแผ่นดิน	2551
9	การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน	งบประมาณผลประโยชน์	2551
10	การสกัดน้ำมันจากเมล็ดชะงัด (Hibiscus abemoschus Linn.)	งบประมาณแผ่นดิน	2552

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
(อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่งและจิรพล กลิ่นบุญ. “การพัฒนากระดางต้นไม้จากโยมะพร้าว” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง. “การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุล รั้งสรรค์. “การผลิตกระดางเพาะชำจากธรรมชาติ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึ่ง และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง. “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยพันธ์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, โสริยา ชินอม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยพันธ์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้ข้าวจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

มาริสา จินะดิษฐ์ และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง. “การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2549.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. “สัณนิษฐานออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจร ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549.

International Journal

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., Wittaya Teppaitoon and La-eid Pengsopa. 2004. “Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂ and a Supercritical CO₂-Methanol Mixture” **Journal of Supercritical fluids**. 30: 287-301. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W. 2001. “Supercritical CO₂ Extraction of Nimbin from Neem Seeds-an Experimental Study” **Journal of Food Engineering**. 47: 289-293. (ผู้วิจัย)

International & Regional Conference

Tonthubthimthong, P., Ajchariyapagorn, A., Douglas, S., Douglas, P. L. and Pongamphai, S. 2005. “Simulation of Nimbin Extraction by Using Aspen Plus” **the 88th Canadian Chemistry Conference and Exhibition**. May 28-June 1. Saskatoon Centennial Convention Centre Saskatoon Saskatchewan Canada. (ผู้ร่วมวิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chinadit, M., Boonpung, S., Supanya, C., Tanuwong, S. and Tanakulrungsank, W. 2005. “Cultivate Flowerpot Production from Agricultural Waste Materials”, **The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science and Engineering Symposium**. April 6-9. Lotus Hotel Pang Suan Kaew Chiangmai Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon, W. and Pengsopa, L. 2002. "Nimbin Extraction from Neem Seed using Supercritical CO₂ and a Supercritical CO₂ – Methanol Mixture" **International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering**. December 11 – 13. AIT Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon W. and Pengsopa, L. 2001. "Effect of Particle Size, Methanol:CO₂ Ratio and Temperature on Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂" **Canadian Society for Chemical Engineering 2001 Conference**. October 17. Halifax Nova Scotia Canada. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S. and Luewisuttichat, W. 1999. "Extraction of Medicinal Substances from Neem Seeds using Supercritical Fluid Extraction-A Preliminary Study" **Regional Symposium on Chemical Engineering 1999**. November 22-24. B.P. Smilar Beach Hotel Songkla Thailand. (ผู้วิจัย)

Local Conference

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, 2551, "การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ 1 "ถ่ายทอดงานวิจัยสู่สังคม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน", 27-29 สิงหาคม, โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา จังหวัดรัง.

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, 2550, "เทคนิคการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา" การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิชาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 3 "ทรัพยากรไทย : ประโยชน์แท้แก่มหาชน", 30 ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน 2550, ณ อาคารพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย เขาหมาจอ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี.

เจษฎา มณีพงษ์สวัสดิ์, สุชาติ วาสิกบุตร, ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. 2550. "การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด" การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึง, วรากรณ์ ณะกุลรังสรรค์, ธิดารัตน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไม้คง. 2548. "การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร" การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21. 28-30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

ชัชวาลย์ สุขมั่น, ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, กฤษณ์ หวังเจริญกุลชัย และ คมเดช งามสมจิตร. 2548. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สระแห่น” การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21. 28–30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้ร่วมวิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, จุฬาลักษณ์ จีระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล. 2547. “การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการคัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไดโพลีฟอสเฟต” การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20. 11–13 กุมภาพันธ์. โรงแรมอมรินทร์ ลา구나 อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา. 2546. “การสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและคาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการและงานแสดงผลผลิตงานวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29. 20–22 ตุลาคม. ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา. 2545. “การสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด : ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และ อุณหภูมิ” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12. 8–9 พฤศจิกายน. โรงแรมโซล ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ และ วิไล ลือวิสุทธิชาติ. 2543. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10. 26–28 ตุลาคม. ไบเทค บางนา กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ข้อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้

ทำการวิจัยดูแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไซยยันต์ ไซยยะ และชัชวาลย์ สุขมั่น. “การสกัดนํ้ามันหอมระเหยจากไม้กฤษณา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2550 ทำการวิจัยดูแล้วประมาณ 90 %

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา. “พัฒนาการผลิตนํ้าอ้อยไทย” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2551 ทำการวิจัยดูแล้วประมาณ 70 %

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, นันทวัน กลิ่นจำปา และไชยชนด์ ไชยยะ.“การพัฒนาวิธีการ
 อบรมเวียนเทียน” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ปี
 2551 ทำการวิจัยแล้วเสร็จประมาณ 60 %

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย(1)

1. ชื่อ นางมาริสา นามสกุล จีนะดิษฐ์
 Mrs.Marisa CHINADIT
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 1012 01626 97 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - 3.1 ด้านวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8
 - 3.2 ด้านบริหาร ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต
 เทคนิครุงเทพฯ
4. สถานที่ติดต่อ ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิค
 กรุงเทพฯ เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทรกทม. 10120
 โทรศัพท์ (02)2873211-25 ต่อ 244 โทรสาร (02)2873211-25 ต่อ 125
 e-mail : marisach@rit.ac.th, marisachinadit@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

วุฒิ	สาขา	สถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
ประกาศนียบัตร	เคมีปฏิบัติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2515
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2517
Docteur de Troisième Cycle	Sciences et Techniques des Procédés Chimiques	Université Paul Sabatier, Toulouse, France	2525

6.สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ เคมีวิเคราะห์

7.ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย —

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

7.2.1 การผลิตกระดาษดินไม้จากเศษใบไม้

7.2.2 การพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงผสมที่เหมาะสมสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลชนิด 4 ล้อ

7.3 งานวิจัยที่ทําเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิษฐ์, และสุรัตน์ บุญพึ่ง. “การพัฒนากระถางต้นไม้จากขยะพรีว” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิษฐ์ และสุรัตน์ บุญพึ่ง. “การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง และโสริยา ชีโนคม. “กระถางต้นไม้ช่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินผลประโยชน์ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง และวราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์. “การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินผลประโยชน์ปี 2548.

มาริสา จินะคิษฐ์ และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง. “การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้” (หัวหน้าโครงการวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินผลประโยชน์ปี 2549.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

ไชยยันต์ ไชยยะ, มาริสา จินะคิษฐ์ และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง. “การแยกโลหะหนักออกจากสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยใช้ห่อดูดซับแบบชั้นครึ่ง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณปี 2549. ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 70 %

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง และมาริสา จินะคิษฐ์. “สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549. ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และชัชวาลย์ สุขมัน. “การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณปี 2550. ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 50 %

มาริสา จินะคิษฐ์. “การพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงผสมที่เหมาะสมสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลชนิด 4 ล้อ” (หัวหน้าโครงการวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินผลประโยชน์ปี 2550. ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 40 %

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย(2)

1. ชื่อ และ นามสกุล นายไชยยันต์ ไชยยะ
MR. CHAIYAN CHAIYA

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาที่ทำการวิจัย สาขาวิศวกรรมเคมี

3. สถานที่ติดต่อ
ที่ทำงานปัจจุบัน สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ
รหัสไปรษณีย์ 10120 โทรศัพท์ 0 2286 3991-5 ต่อ 1195, 1210
ที่อยู่ปัจจุบัน 10/26 หมู่ 1 ต.บางกรวย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี รหัสไปรษณีย์
11130
E-mail address cchaiya@gmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ระดับ การศึกษา	อักษรย่อ ปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่ สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Environmental Technology	Joint Graduate school of Energy and Environment (JGSEE)	2547	ไทย
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเคมี	ม. เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี	2543	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเคมี	ม. ศรีนครินทรวิโรฒ	2540	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ Adsorption, Material science and
Environmental technology

6. ทุนวิจัย

- 2542 ทุนวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชนภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 2543-2546 ทุนจากวิทยาลัยบัณฑิตร่วมทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม
- 2548 ทุนวิจัยจากเงินผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ในหัวข้องานวิจัย
- 1 การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิดเซชันไอน้ำ
 - 2 การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง
- 2549 ทุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ในหัวข้องานวิจัยการแยกโลหะหนักออกจากสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์จาก
กะลามะพร้าวโดยใช้หูดูดซับแบบชั้นครึ่ง
- ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ จากสำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย ในหัวข้อ การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์แบบเส้นใย
ด้วยวิธีโซลเจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง

7. ผลงานทางวิชาการพิมพ์เผยแพร่ บทความทางวิชาการ (ระบุชื่อเรื่อง แหล่งที่พิมพ์ ปีที่พิมพ์)

Boonamnuyvitaya V., Chaiya C. and Jarudilokkul S., Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed coffee residues and clay, Separation and Purification Technology, 35, 11-22.

Boonamnuyvitaya V., Chaiya C. and Tanthapanichakoon W., The preparation and characterization of activated carbon from coffee residue, Journal of Chemical Engineering of Japan, 37, 1504-1512.

8. การประชุมวิชาการ

The Adsorption of Heavy Metal Ions with Adsorbent Comprised of Coffee Residue, Proceedings of the 1st Asian Particle Technology Symposium, Bangkok, Thailand, 66.

Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon Produced from Coffee Residue, Proceedings of the 2nd Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, Phuket, Thailand, 2 : 1079-1085.

Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon produced from Coffee Residue, proceedings of the Regional Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers in the New Millennium, 22-25 July 2003, Le royal meridian hotel, Bangkok.

Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, 14 Oct 2003, Mandarin hotel, Bangkok.

Preparation of Activated Carbon from Coffee Residue : Characterization and Toluene Vapor Adsorption under Humidity, Proceedings of the 2nd Asian Particle Technology Symposium, Department of Chemical & Process Engineering, Universiti Kebangsaan, 16-19 Dec 2003, Penang, Malaysia.

Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, Mandarin hotel, Bangkok, Thailand, 2004

Synthesis of Silica Fiber with Sol-Gel Method by Electro-Spinning Technique, Proceedings of the 55th Canadian Chemical Engineering Conference, Metro Toronto Convention Centre, Ontario, Canada, 2005

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วิโรจน์ บุญอำนาจวิทยา, การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟเพื่อใช้ในการดูดซับสารโมเลกุลขนาดใหญ่, 2546, การประชุมวิชาการและงานแสดงผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการและเทคโนโลยีสู่สังคมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29, 20-22 ตุลาคม 2546, ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น

ไชยยันต์ ไชยยะ ทวีวรรณ เกษอินทร์ และอลิษา ใจเอื้อ, การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ซิงค์คลอไรด์, 2548, การประชุมสัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 21, 28-30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย(3)

1. ชื่อ นายชัชวาลย์ สุขมัน
MR. CHATCHAWAN SOOKMAN
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 7302 00604 02 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 5
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 9734, 1210, 1201 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 9734
e-mail : James2517@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2543	โท	วศ.ม. วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี พระจอมเกล้า ธนบุรี	ไทย
2540	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัย นครสวรรค์	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การสังเคราะห์เยื่อแผ่นเซรามิก เทคโนโลยีเยื่อแผ่น การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการ
ทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัย

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย: ชื่อโครงการวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย: ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการสะเทินน้ำเสียกรดด้วยเปลือก
หอยในฟลูอิดไคซ์เบดแบบท้อสองชั้น

หัวหน้าโครงการวิจัย: ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการสะเทินน้ำเสียกรดด้วยเปลือกไข่
ในฟลูอิดไคซ์เบดแบบท้อสองชั้น

หัวหน้าโครงการวิจัย: กระบวนการผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงจาก
ปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำโดยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสง

หัวหน้าโครงการวิจัย: การพัฒนาเทคนิคการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน ผลงานวิจัย

การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจลเพื่อเคลือบบนเยื่อแผ่น
อะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบโอเลฟิน (Synthesis of metal oxide catalysts by sol-gel
method coated on alumina membrane for olefin synthesis) งบประมาณ-จบผลประโยชน์ ปี พ.ศ.
2548

กระบวนการผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงจากปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำโดย
ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสง ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณ-งบแผ่นดิน ประจำปี
พ.ศ.2550

การพัฒนาเทคนิคการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงิน
งบประมาณ-งบแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.2551

วารสารนานาชาติ (International journal)

C. Sookman and P. Kongkachuichay, "Effect of Base Type on Properties of NiO
Synthesized by Sol-Gel Method", *Adv. In Tech. of Mat. And Mat. Proc. J.*, **8[1]** (2006) 73-76.

Samart C., P. Sritongkittikul, and C. Sookman (2008) HETEROGENEOUS
CATALYSIS OF TRANSESTERIFICATION OF SOYBEAN OIL USING KI /MESOPOROUS
SILICA. *Fuel Processing Technology* (In pressed)

วารสารในประเทศ (Local journal)

Samart C., W. Srichaisiriwech, and C. Sookman (2008) Nanoporous silica and its
application in drug delivery. *Chaing Mai University Journal of Natural Science* 7 (1): 191-196

การสัมมนาระดับภูมิภาคและนานาชาติ (International®ion conference)

The Influence of Base Type on the Characterization of a Nickel Oxide Catalyst Formed by a Sol-Gel Technique, *Proceedings of the International Conference on Recent Advances in mechanical & Materials Engineering*, 30-31 May 2005, Malaysia.

The Effect of Calcined Temperature on the Property of Nickel Oxide Catalyst Synthesized by Sol-Gel Method, *Proceeding of the 3rd EMSES International Symposium on Eco-Energy and Material Science and Engineering*, 6-9 April 2005, Chiang-Mai.

Non-Hydrothermal Synthesis Mesoporous Silica from Rice Husk Ash, *International conference on recent Advances in Mechanical & Material Engineering*, 30-31 May 2005, Kuala Lumpur, Malaysia.

Synthesis of Mesoporous Silica from Rice Husk Ash, *3rd International Conference on Materials for Advance Technology*, 3-8 July 2005, Singapore.

Synthesis of Nanoporous Silica from Natural Resources, *The 3rd Workshop on Regional Network Formation for Enhancing Research and Education*, 7-10 August 2005, Penang, Malaysia.

Samart C., W. Srichaisirivech and C. Sookman (2007) *Nanoporous Silica and Its Application in Drug Delivery*. The 1st Thailand nanotechnology conference. 14-16 August, Chiang Mai, Thailand.

Sookman C. and Samart C. (2007) *Increasing Surface Area of Synthesized Titania Particle Using CMC*. German-Thai Symposium on Nanoscience and Nanotechnology. 27-28 September, Chonburi, Thailand.

Samart C. and C. Sookman (2008) *Enhanced Surface Area of Titanium Dioxide Nanoparticle by Carboxy Methyl Cellulose*. The 2nd Progress in Advanced Materials: Micro/Nano Materials and Applications 16-18 January, Konkhean, Thailand

Samart C. and C. Sookman (2008) *Catalytic activity of modified titanium dioxide in water splitting reaction*. The 8th International Symposium on "Global Renaissance by Green Energy Revolution" 22-23 Jan, Nagaoka, Japan

Sritongkittikul P., C. Samart and C. Sookman (2008) *Heterogeneous catalysis of transesterification of soybean oil by KI supported on mesoporous silica*. The 8th International Symposium on "Global Renaissance by Green Energy Revolution" 22-23 Jan, Nagaoka, Japan

Samart C. and C. Sokman (2008) *Synthesis of mesoporous silica for control releasing application*. Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2008) 30 Jan-1Feb, Bangkok, Thailand

Samart C. and C. Sokman (2008) *Effect of silica sources in nanoporous silica synthesis on releasing behavior of indigo carmine*. The 2nd Thailand Nanotechnology Conference 2008 13-15 Aug, Phuket, Thailand

การสัมมนาในระดับท้องถิ่น (Local Conference)

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สระระแห่. 2548 รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21. ระหว่างวันที่ 28-30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ งบประมาณประจำปี 2547 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการสะเทินน้ำเสียด้วยเปลือกหอยในฟลูอิดไคซ์เบดแบบทอสองชั้น. 2547 รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20. ระหว่างวันที่ 11-13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลาดหญ้า อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก งบประมาณประจำปี 2546 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการสะเทินน้ำเสียด้วยเปลือกไข่ในฟลูอิดไคซ์เบดแบบทอสองชั้น. 2546 รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 19. ณ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก จังหวัดปทุมธานี งบประมาณประจำปี 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

Modification of Crude Palm Oil Diesel Engine Fuel, 29th Congress on Science and Technology of Thailand, 2546, Thailand.

รางวัลที่เคยได้รับ (Received award)

Award for Excellent Poster Presentation at The 3rd workshop on Regional Network Formation for Enhancing Research and Education Penang, Malaysia

The 3rd award for poster competition in The 1st Thailand nanotechnology conference 2007. 14-16 August, Chiang Mai, Thailand.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัย
ว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

การเร่งปฏิริยาวิวิธพันธ์ของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันน้ำมันที่ได้จากพืชกับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเซเทสเซียมไอโอไดด์บนตัวรองรับเมโซพอร์สซิลิกา ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณประจำปี 2552-งบแผ่นดิน เริ่มตั้งแต่ตุลาคม 2551 การวิจัยลุล่วงแล้ว 40 % (อยู่ในส่วนค้นคว้าข้อมูล)

การควบคุมขนาดรูพรุนของเมโซพอร์สซิลิกาเพื่อใช้เป็นระบบส่งยา ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณประจำปี 2552-งบแผ่นดิน เริ่มตั้งแต่ตุลาคม 2551 การวิจัยลุล่วงแล้ว 40 % (อยู่ในส่วนค้นคว้าข้อมูล)

