

660.2842

61

ป1440

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 1012

วัน เดือน ปี 22 ก.พ. 2554



การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา

Nimbin Extraction from Neem Seed



ดร. ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง

RMUTK - CARIT



ประจำปีงบประมาณ 2548

การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา
Nimbin Extraction from Neem Seed

ดร. ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง แผนกวิจัย ฝ้ายวิจัยและฝึกอบรม

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงิน
ผลประโยชน์ ประจำปี 2548 ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญพรรณ ทะ สะโฮ ภาควิชา
วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (สาธิต) ที่ให้ความกรุณาและความสะดวก
ในการใช้อุปกรณ์การสกัดนิมบินจากสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลาย
ร่วม และขอขอบพระคุณ ดร.มานพ สิทธิเดช กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี ที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณนิมบินและให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ในการใช้เครื่อง HPLC

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดนิมบินจากเมล็ดเนื้อในสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกศึกษาสมบัติของเมล็ดสะเคาบด ส่วนที่สองศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการสกัดนิมบิน ตัวแปรที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม ได้แก่ เมทานอล เอทานอล ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตต อุณหภูมิ ที่ 30, 35, 40 และ 45°C และความดันเกจ ที่ 10, 15, 20 และ 25 MPa โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ และใช้ปริมาณตัวทำละลายร่วม 10% โดยปริมาตร จากการศึกษาพบว่าเนื้อในเมล็ดสะเคาบดมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 962 μm และปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 2.39 โดยน้ำหนัก และผลการคำนวณทางสถิติจากการทดลองแบบลาตินสแควร์ พบว่าปริมาณนิมบินที่ได้จากการสกัดขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายร่วมอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณนิมบินที่สกัดได้มากที่สุดที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมต่อกรัมของเมล็ดสะเคา คือ 0.0990 mg/g neem seed โดยสภาวะในการสกัด คืออุณหภูมิ 45°C และความดันเกจ 25 MPa

ABSTRACT

The objective of this project is study the extraction of nimbin from neem seed using supercritical carbon dioxide and co-solvent. The experiment was divided into 2 parts. The first part was studied the property of ground neem seed. The second part was studied the variables that affected the amount of nimbin extracted. The variables were types of co-solvent, temperature and gauge pressure using Latin Squares as the experimental design. The co-solvent used are methanol, ethanol, dichloromethane and ethyl acetate, the temperature are 30, 35, 40 and 45°C, the gauge pressure are 10, 15, 20 and 25 MPa. It is found that the average particle size and the average moisture content of the neem seed kernel are 962 μm and 2.39% by weight. The statistical results with co-solvent 10% by volume show that the type of co-solvent is significantly influence on the amount of nimbin extracted. The maximum amount of nimbin extracted is 0.0990 mg/g neem seed using methanol at 45°C and 25 MPa.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

ก

ABSTRACT

ง

สารบัญ

จ

รายการตาราง

ช

รายการรูป

ญ

ประมวลศัพท์และคำย่อ

ฉ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

2

2. วารสารปริทัศน์

4

2.1 สะเดา

4

2.2 นิมบีน

7

2.3 ของไหลวิกฤตยิ่งยวด(Supercritical fluids, SCF)

7

2.4 การสกัดของแข็งด้วยของเหลว (Solid-liquid extraction)

11

2.5 การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (Liquid - liquid extraction)

13

2.6 การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continous extraction)

13

2.7 ไดโพล โมเมนต์โมเลกุล

14

2.8 การออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Squares Design, LSD)

16

2.9 งานวิจัยที่ผ่านมา

19

	หน้า
3. วิธีการทำงานวิจัย	21
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	21
3.2 วิธีการทดลอง	22
4. ผลการทดลองและการอภิปรายผล	27
4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อในเมล็ดสะเดาสด	27
4.2 การสกัดด้วยวิธีชกเลดสุญญากาศ	27
4.3 การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม	29
4.4 ผลการคำนวณทางสถิติ	30
4.5 การเปรียบเทียบการสกัดนิมบินโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมกับการสกัดด้วยวิธีชกเลดสุญญากาศ	32
5. สรุปการทำงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการทำงานวิจัย	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก. วิธีการคำนวณทางสถิติ	39
ก.1 การคำนวณหาอนุภาคเฉลี่ยของเนื้อในเมล็ดสะเดาสด	39
ก.2 การวิเคราะห์หาค่าความชื้น	40
ก.3 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	41
ก.4 การคำนวณค่าความแปรปรวนสำหรับตารางลาตินสแควร์	43
ก.5 การเปรียบเทียบ	46
ก.6 ปริมาณนิมบินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีชกเลดสุญญากาศ	50
ภาคผนวก ข. วิธีการใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด	51
ข.1 วิธีการใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด	51
ข.2 ข้อพึงปฏิบัติในการใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ISCO'S	54
ข.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการสกัด	54

	หน้า
ข.4 การทำความสะอาดระบบในกรณีที่ระบบเกิดการไม่สมบูรณ์	55
ภาคผนวก ค. สมบัติและส่วนประกอบของเครื่อง HPLC และวิธีการเข้าโปรแกรมเพื่อ	
หาความหนาแน่นและค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์และตัวทำละลายร่วม	56
ค.1 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	56
ค.2 วิธีการเข้าโปรแกรมเพื่อหาค่าความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์	
และตัวทำละลายร่วมที่ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดันต่างๆ	57
ภาคผนวก ง. กราฟมาตรฐานของสารละลายนินนิน และค่า Response ที่อ่านจากเครื่อง HPLC	60
ง.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายนินนิน	60
ง.2 โครมาโทแกรม	62
ประวัตินักวิจัย	66

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบลักษณะของสะเคาที่พบในประเทศไทย	5
2.2 สมบัติของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการสกัด	8
2.3 ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และ ความดันต่างๆ	10
2.4 ค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และ ความดันต่างๆ	10
2.5 ตัวอย่างสภาพพืชตัวทำละลาย	11
2.6 ค่าไดโพลโมเมนต์ของตัวทำละลายต่างๆ	15
3.1 สภาวะการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและ ตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	24
4.1 ปริมาตรของสารละลายนิมบินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีซอกเลตสุญญากาศ	27
4.2 ปริมาณนิมบิน (mg/g neem seed) ที่ได้จากทดลองการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคา โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม โดยการออกแบบการทดลอง แบบลาตินสแควร์	29
4.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแปร	30
4.4 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายร่วม	31
4.5 ผลได้เศษส่วนโมลของการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยวิธีซอกเลตสุญญากาศ	32
ก.1 ข้อมูลการหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของเนื้อในเมล็ดสะเคาสด	39
ก.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเมล็ดสะเคาสด	41
ก.3-1 สภาวะการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด และตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	42
ก.3-2 ปริมาณนิมบิน (mg/g neem seed) ที่สกัดได้	42
ก.4-1 ผลรวมในแต่ละ Column และ Row	43

ตารางที่

หน้า

ก.4-2 ผลรวมแต่ละค่าเฉลี่ยของตัวทำละลายรวมในแต่ละการทดลอง	43
ก.4-3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแปร	44
ก.5-1 ผลรวมแต่ละค่าเฉลี่ยของตัวทำละลายรวมในแต่ละการทดลอง	46
ก.5-2 การคำนวณเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายรวม	47
ก.5-3 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายรวม	48
ก.6 ปริมาณนิมบิน (mg/g neem seed) จากการสกัดโดยใช้วิธีชอกเลตสุญญากาศ	50
ก.7 เปอร์เซ็นไทล์การแจกแจงแบบ F	50
ง.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินสำหรับการสร้างกราฟมาตรฐาน	61

รายการรูป

รูป	หน้า
2.1 โครงสร้างของนิมบิน	7
2.2 แผนภูมิวิภาคของคาร์บอนไดออกไซด์	8
2.3 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 2 x 2	16
2.4 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 3 x 3	16
2.5 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 1	17
2.6 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 2	17
2.7 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 3	17
2.8 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มตัวอย่าง	18
2.9 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มแถวแนวนอน	18
2.10 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มมิติแถวแนวนอน	18
3.1 ขั้นตอนการทดลองการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้ชอกเลตสุญญากาศ	23
3.2 ชุดสกัดชอกเลตสุญญากาศ	23
3.3 เครื่องสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ยี่ห้อ ISCO รุ่น SFX 220	24
3.4 ขั้นตอนการทดลองการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม	25
4.1 ผลของชนิดตัวทำละลายต่อการสกัดนิมบินจากสะเดาโดยใช้วิธีชอกเลตสุญญากาศ	28
ง.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายนิมบิน	60
ง.2-1 โคโรมาโทแกรมของฟีดสารละลายมาตรฐานนิมบินความเข้มข้น 0.263 ppm	62
ง.2-2 โคโรมาโทแกรมของฟีดสารละลายมาตรฐานนิมบินความเข้มข้น 5.25 ppm	63
ง.2-3 โคโรมาโทแกรมของฟีดสารละลายมาตรฐานนิมบินความเข้มข้น 7.34 ppm	64
ง.2-4 โคโรมาโทแกรมของฟีดสารละลายนิมบินที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมอุณหภูมิ 30°C และความดันแก๊ส 25 MPa	65

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

HPLC	=	High Performance Liquid Chromotography
SCF	=	Supercritical Fluids
TP	=	Triple point
T_c	=	Critical temperature
P_c	=	Critical pressure
CP	=	Critical point
LSD	=	Latin Square Design
SFE	=	Supercritical Fluids Extraction
W_i	=	Weight Fraction
X_i	=	Mass Fraction
D_{pi}	=	Screen opening
D_w	=	Partical average
SOV	=	Sort of square
df	=	Degree of freedom
SS	=	Sort of square
MS	=	Mean square
C.T.	=	Correction term
ENT	=	Enter
F	=	Fraction distribution
$F_{0.1}$	=	Fraction ratio at 90%

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย ขอบเขตของการทำงานวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงานวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น แต่ส่วนของปัจจัยในการดำรงชีพยังคงสูง เช่นเดิม ทำให้มีการนำสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติและหาง่ายในประเทศมาใช้มากขึ้น เช่น พืชสมุนไพร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อน พืชสมุนไพรเติบโตได้ดีมีหลายประเภท มีราคาถูก สามารถใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรค สารป้องกันศัตรูพืช ให้ความร่มรื่นและช่วยรักษาความสมดุลทางธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันสมุนไพรได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งทางด้านสุขภาพ ความงาม โดยสารสกัดที่ได้จากสมุนไพรทำให้ผู้บริโภคเกิดความรู้สึกปลอดภัยมากกว่าการใช้สารเคมี การนำสารสกัดที่ได้จากสมุนไพรมาทดแทนสารเคมีที่นำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาสูง ทำให้ลดต้นทุนและการนำเข้าของสารเคมีที่จะนำมาผลิตผลิตภัณฑ์

สะเดาเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งเป็นไม้โตเร็ว มีขนาดกลางถึงใหญ่ ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบันในหมู่ประชาชนทั้งในและต่างประเทศเช่น อินเดีย บังกลาเทศ ปากีสถาน และเป็นพืชที่ทนอากาศแห้งแล้ง เจริญเติบโตเร็ว เพาะพันธุ์ง่าย โรคและแมลงที่เป็นอันตรายต่อสะเดามีน้อย สามารถขึ้นได้ในที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ อีกทั้งยังช่วยรักษาความชื้นให้กับดินและลดการกักตัวของดิน สะเดายังเป็นพืชสารพัดประโยชน์นับตั้งแต่ ใบ ดอก ผล เมล็ดและลำต้น โดยที่เมล็ดสะเดานี้มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูงถึง 45% สารที่อยู่ในน้ำมันสะเดามี นิมบิโนน(0.01%) นิมบิไดอัล(0.5%) นิมบิดิน(1.4-2.0%) และนิมบีน (0.12%) น้ำมันสะเดาเป็นต้นกำเนิดของสารเอสเทอร์พวกเทอปีนิก(Terpenic) ซึ่งมีฤทธิ์ด้านเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหารและที่สำคัญคือ การช่วยลดปริมาณน้ำตาลในเลือดได้ดี นอกจากนี้น้ำมันสะเดายังสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ยาคุมกำเนิด และยารักษาเส้นผม ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับนิมบีนมากขึ้น ซึ่งนิมบีนมีสมบัติทางการแพทย์ในการต้านเชื้อรา ด้านการอักเสบ แก้กหวัด-ลดไข้และแก้แพ้

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมมาใช้ในการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดา ซึ่งเป็นวิธีการสกัดที่ได้รับความนิยมจากวิธีหนึ่ง เพราะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไป โดยจะไม่มีตัวทำละลายตกค้างในการสกัดและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดมีจุดวิกฤตต่ำ คือความดัน 73.8 บาร์ยาภาส และอุณหภูมิ 31.1 °C ซึ่งในสภาวะวิกฤตยิ่งยวดนี้ คาร์บอนไดออกไซด์จะมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายอย่างที่สามารถแยกออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายหลังจากสิ้นสุดการสกัดแล้ว ทำให้ไม่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ติดไฟง่าย และช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบภายในประเทศจึงนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้สำหรับการสกัดสารที่มีประโยชน์ทางการแพทย์

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม

1.2.2 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการสกัดโดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดัน

1.2.3 เพื่อศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่อง HPLC

1.3 ขอบเขตของการทำงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งตัวแปรที่จะศึกษามีค่าดังนี้

- ตัวทำละลายร่วม ได้แก่ เมทานอล เอทานอล โคลโลโรฟอร์มเทน และเอทิลอะซิเตต
- อุณหภูมิ ได้แก่ 30, 35, 40, 45 °C
- ความดันเกจ ได้แก่ 10, 15, 20, 25 MPa

1.3.2 ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่อง HPLC

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำงานวิจัย

1.4.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม

1.4.2 ส่งเสริมการนำสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ในการสัปดาห์มากขึ้น เช่น สะเดา และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.4.3 ส่งเสริมการนำสารที่มีอยู่ในน้ำมันสะเดาและกากสะเดามาใช้ในการทางการแพทย์มากขึ้น

1.4.4 ลดการนำเข้าสารเคมีโดยส่งเสริมการนำสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้แทน เป็นการลดอันตรายจากสารเคมีที่เป็นพิษต่อร่างกาย



บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและบทความซึ่งเกี่ยวข้องกับการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

2.1 สะเคา [1, 2, 7]

สะเคาเป็นพืชยืนต้นที่เจริญเติบโตทั่วไปในประเทศที่มีภูมิอากาศร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศอินเดียและพม่า จัดอยู่ในวงศ์ Meliaceae สกุล *Azadirachta* ซึ่งมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Neem สะเคาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง เป็นพืชโตเร็วชนิดหนึ่ง มีลำต้นสูง 15–20 เมตร เปลือกไม้ค่อนข้างหนาสีเทาแก่แตกเป็นร่อง เนื้อไม้สีน้ำตาลแดง ใบมีสีเขียวเข้มขอบใบหยักเล็กน้อย ผลของสะเคามีลักษณะคล้ายพวงอุ้งแม่มือขนาดเล็กกว่าผลอุ้ง โดยผลที่สุกจะมีสีเหลือง หรือเหลืองอมเขียว ภายในผลสะเคาจะมีเมล็ด 1-2 เมล็ด สะเคาที่พบในประเทศไทยพบว่ามี 3 ชนิดดังนี้

1. สะเคาอินเดีย (*Azadirachta indica* A. Juss) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ลักษณะขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ปลายใบแหลมเรียว ออกดอกเป็นช่ออยู่ตรงส่วนยอด มีสีขาว กลิ่นหอม ปกติจะออกดอกปีละครั้งประมาณเดือนมีนาคมถึงเมษายน ผลค่อนข้างกลม เมื่อสุกจะมีสีเหลือง เมล็ดเขียว ผลจะสุกประมาณเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม

2. สะเคาไทย (*Azadirachta indica* var *Siamensis* Veleton) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง ใบจะโตกว่าสะเคาอินเดียสีเขียวเข้มใบหนาและทึบ ขอบใบหยักเล็กน้อย ดอกสีขาว ออกดอกเดือนธันวาคมถึงมกราคม เมล็ดมีขนาดปานกลาง ผลจะสุกเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม พบทั่วไปในประเทศไทย ลักษณะส่วนใหญ่ของสะเคาไทยและสะเคาอินเดียจะคล้ายๆ กัน แต่มีพื้นที่แตกต่างกันทางพฤกษศาสตร์

3. สะเคาช้างหรือสะเคาเทียม (*Azadirachta excelsa* Jack) เป็นไม้ยืนต้น ไม่ผลัดใบขนาดสูง 30-40 เมตร ลำต้นตรง ใบเป็นช่อ ก้านใบยาว 20 -30 เซนติเมตร ใบย่อยมีรูปทรงเป็นหอกแกมใบมน ปลายใบค่อนข้างแหลมเป็นกึ่งสั้นๆ ฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย มีสีเขียวเป็นมัน ดอกออกเป็นช่อยาว 20-40 เซนติเมตร สีเขียวอ่อนออกดอกเดือนมีนาคม เมล็ดมีขนาดใหญ่ และผลจะสุกเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน เป็นไม้โตเร็วที่พบมากทางภาคใต้ของไทยตั้งแต่สุราษฎร์ธานีลงไปถึงมาเลเซียและอินโดนีเซีย

สะเดาที่พบมากที่สุดในประเทศไทยคือ สะเดาไทย สำหรับสะเดาอินเดียและสะเดาช้าง ก็มีพบบ้างในบางแห่ง ในปัจจุบันได้มีการปลูกสะเดากันมากขึ้นเนื่องจากสามารถปลูกได้ง่าย ทนต่อความแห้งแล้ง และทุกส่วนของสะเดาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ จึงน่าจะเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ในอนาคต

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะของสะเดาที่พบในประเทศไทย

ลักษณะ	สะเดาไทย	สะเดาอินเดีย	สะเดาช้าง
การเจริญเติบโตและสภาพภูมิอากาศ	ปานกลางและทนความแห้งแล้งได้ดี	โตช้าและทนความแห้งแล้งได้ดี	โตเร็วและต้องการความชุ่มชื้น
แหล่งปลูกที่สำคัญ	พบทั่วทุกภาคของไทย	พบในบางจังหวัด เช่น ชลบุรี สกลนคร	พบมากทางภาคใต้ ตั้งแต่สุราษฎร์ธานีลงไป
ฤดูออกดอก	ธันวาคม-มกราคม	มีนาคม-เมษายน	มีนาคม
ขนาดเมล็ดและปริมาณการติดผล	เมล็ดขนาดปานกลาง ผลดก	เมล็ดขนาดเล็กติดผลปานกลาง	เมล็ดโตแต่ติดผลน้อย
ลักษณะลำต้น	ลำต้นขนาดปานกลาง และตั้งตรง	ลำต้นแตกกิ่งเป็นพุ่ม	ลำต้นโตและตั้งตรงดีมาก
ลักษณะขอบใบ	หยักเป็นฟันเลื่อย	หยักเป็นฟันเลื่อย	เรียบ ไม่หยัก

2.1.1 การใช้ประโยชน์จากสะเดา [6]

1. เนื้อไม้ เหมาะสำหรับนำไปก่อสร้างบ้านเรือน ทำเสาเข็ม และเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ รวมทั้งเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพดี

2. เป็นอาหารและพืชสมุนไพร เช่น ใบดอก และยอดอ่อน ใช้เป็นอาหาร และยาเจริญอาหาร ดอกแก้พิษเลือดกำเดา บำรุงธาตุ ผลแก้โรคหัวใจ ขางดับพิษร้อน เปลือกแก้ไข้มาลาเรีย และเป็นยาสมานแผล ผลอ่อนใช้ถ่ายพยาธิ เมล็ดใช้รักษาโรคเบาหวาน

3. เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลง สะเดามีสารชนิดหนึ่งชื่อ อะซาดิแรคติน สามารถนำมาสกัดเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงได้ พบมากที่สุดในส่วนของเมล็ด

4. ปลุกเพื่อเป็นแนวกันลมและให้ร่ม เนื่องจากมีใบหนาทึบ รากลึก ทนแล้ง ทนดินเค็ม และผลัดใบในเวลาสั้น

5. อื่นๆ เช่น น้ำมันจากเมล็ดสะเดาใช้ทำเชื้อเพลิงจุดตะเกียง เปลือกมีสารแทนนินใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง กากสะเดาใช้เป็นปุ๋ย ผสมเป็นอาหารสัตว์เป็นต้น

2.1.2 เคมีของสะเดา

นักเคมีได้ทำการแยกสารออกจากส่วนต่างๆ ของสะเดาได้แก่ ใบ เมล็ด เปลือก และกิ่ง ได้สารแยกเป็น 2 กลุ่มคือ สารไอโซพรีนอยด์ (isopenoids) และสารนอนไอโซพรีนอยด์ (non-isopenoids)

2.1.2.1 ไอโซพรีนอยด์ แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

ก. ไดเทอร์พีนอยด์ (diterpenoids) ที่สกัดได้จากรากและเปลือกของสะเดามีทั้งหมด 24 อย่าง เช่น ซูจิโอล (sugiol) นิมบิโอล (nimbiol) นิมบิโซนอล (nimbisonol)

ข. ไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoids) เป็นสารให้ความขมที่พบในเมล็ดสะเดามีประมาณ 0.01- 0.27% สามารถแบ่งเป็น 8 กลุ่ม คือ โปรโตเมลิเอซิน (protomeliacins) ลิโมนอยด์ (limonoids) อะซาดิโรน (azadirone) จิดูนิน (gedunin) อนุพันธ์ของสารประกอบวิลาสินิน (vilasinin) และอนุพันธ์ของซี-เซโคเมลิเอซิน (C-seco-meliacins) ซาลานิน (salanin) นิมบิโน (nimbin) และอะซาดิแรคติน (azadirachtin)

ค. สเตอรอยด์ ที่สามารถพบในสะเดา ได้แก่ คอลเลสเตอรอล (cholesterol) และสติกมาสเตอร์อล (stigmasterol)

2.1.2.2 นอนไอโซพรีนอยด์ สามารถแบ่งออกเป็น

ก. โพลีฟีนอลิก (polyphenolics) ได้แก่ สมบัติทางการแพทย์ คือ แก้อักเสบ แก้ไข้มาลาเรีย สารกลุ่มนี้ที่พบในสะเดา ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ฟลาโวนอลไกลโคไซด์ (flavonol glycosides) ไดไฮโดรคาล (dihydrochal) แทนนิน (tannin) คิวมาริน (coumarins)

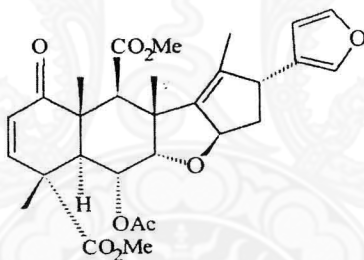
ข. คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน

ค. สารประกอบกำมะถัน เป็นสารที่ให้กลิ่นในน้ำมันสะเดา

ง. สารอื่นๆ เช่น นิมโบซิทิน (nimpocetin) ซึ่งเป็นอะโรมาติกเอสเทอร์แยกได้จากผลสะเดา และกรดต่างๆ เช่น กรดออกซาลิกซึ่งแยกได้จากใบของสะเดา เป็นต้น

2.2 นิมบิน (Nimbin)

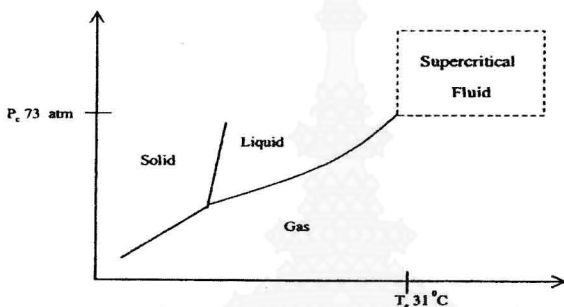
สารนิมบินเป็นสารในกลุ่มไตรเทอร์ปีนอยด์ พบมากในส่วนของดอกสะเดา น้ำมันจากเมล็ด รากและเปลือก เป็นสารที่มีลักษณะเป็นผลึก เป็นสารประกอบที่ปราศจากกำมะถัน สูตรโครงสร้าง แสดงในรูปที่ 2.1 เป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำและปิโตรอีเทอร์ แต่สามารถละลายได้ในเมทานอล อีเทอร์ และเอทิลอะซิเตด มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{30}H_{36}O_9$ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 540 มีจุดหลอมเหลว เท่ากับ 205°C มีปริมาณ 0.1 % ของน้ำหนักน้ำมันสะเดา และสามารถนำไปใช้ทางการแพทย์ ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นสารที่มีสรรพคุณแก้อักเสบ(Anti-inflammatory)แก้ปวดลดไข้(Anti-pyretic) แก้อหวนและหืด(Antihistamine) ด้านทานเชื้อรา(Anti-fungal) และลดอาการคัน (Non-irritant) และเป็นยาฆ่าเชื้อโรค สารนิมบินจะไวต่อการทำปฏิกิริยาต่อแสง เมื่อสัมผัสแสงแดดจะสลายตัวได้ง่าย



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของนิมบิน

2.3 ของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluids, SCF)

ของไหลวิกฤตยิ่งยวด หมายถึงในสภาวะซึ่งจำแนกไม่ได้ว่าเป็นก๊าซหรือของเหลวสามารถ อธิบายได้จาก pressure-temperature phase diagram ของสารบริสุทธิ์ใดๆ เช่น รูปที่ 2.2 แสดงเฟส ไดอะแกรมของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งแสดงถึงสภาวะที่สารอยู่ในสถานะของแข็งและก๊าซ โดยมี fusion line อยู่ระหว่างของแข็งกับของเหลว และ vapour pressure line (boiling line) อยู่ระหว่างก๊าซ กับของเหลว สำหรับจุดที่อยู่ระหว่างทั้งสามสถานะ เรียกว่า triple point (TP)



รูปที่ 2.2 แผนภูมิวิภาคของคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ 2 วิธี คือ โดยการเพิ่มความดัน หรือลดอุณหภูมิ เพื่อลดพลังงานจลน์(Kinetic energy) ทำให้ระยะทางระหว่างโมเลกุลลดลง เกิดแรงดึงดูดระหว่างกัน จนกระทั่งความแน่นเป็นของเหลว แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดๆ หนึ่ง โมเลกุลของก๊าซจะมีพลังงานจลน์มาก แม้เพิ่มความดันเท่าใด ก็ไม่สามารถทำให้ก๊าซเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวได้ อุณหภูมิสูงสุดที่ก๊าซยังสามารถควบแน่นเป็นของเหลวได้เรียกว่า อุณหภูมิวิกฤต(Critical temperature, T_c) และความดันที่จุดนี้เรียกว่า ความดันวิกฤต(Critical pressure, P_c) สำหรับจุดที่มีอุณหภูมิเท่ากับ T_c และความดันเท่ากับ P_c เรียกว่า จุดวิกฤต(Critical point, CP) เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า T_c และความดันสูงกว่า P_c สารจะอยู่ในสถานะที่ไม่สามารถจำแนกได้ว่าเป็นก๊าซหรือของเหลว เรียกสารที่อยู่ในสถานะนี้ว่าของไหลวิกฤตยิ่งยวด ค่า T_c และ P_c เป็นสมบัติเฉพาะของสารต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการสกัด [13, 14]

สมบัติ	ชนิดของตัวทำละลาย			
	เมทานอล	เอทานอล	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
สูตรโมเลกุล	CH_3OH	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	CH_2Cl_2	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$
มวลโมเลกุล	32.04	46.07	84.92	88.10
จุดเดือด ($^\circ\text{C}$)	67.7	78.55	39.8	77.05
จุดหลอมเหลว ($^\circ\text{C}$)	-97.8	-114.1	-96.7	-83.75
อุณหภูมิวิกฤต ($^\circ\text{C}$)	240.05	243.55	245.0	249.95

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

สมบัติ	ชนิดของตัวทำละลาย			
	เมทานอล	เอทานอล	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
ความดันวิกฤต (atm)	78.5	63.0	61.09	37.8
ความหนาแน่นวิกฤต (kg/m^3)	271.52	275.86	472	308.04
ปริมาตรวิกฤต (mL/mol)	118	167	179.91	286
ความหนาแน่น (g/mL)	0.7866	0.7893	1.3157	0.898
ความหนืด (cP)	0.541	1.17	0.43	1.3719
Omega	0.556	0.644	0.199	0.363

ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีสมบัติทางเคมีที่ลึกลับอยู่ระหว่างก๊าซกับของเหลว คือความหนาแน่นของของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีค่าใกล้เคียงกับของเหลว เมื่อนำมาใช้เป็นตัวทำละลายโมเลกุลของสารที่ต้องการละลายจะล้อมรอบด้วยโมเลกุลของของไหลวิกฤตยิ่งยวดเกิดอันตรกิริยากัน ทำให้พลังงานหรือเอนทัลปีลดลงเกิดการละลายได้ดี ในขณะที่ความหนืดของไหลวิกฤตยิ่งยวดยังมีความหนืด และการแพร่กระจายใกล้เคียงกับก๊าซ ทำให้สามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างของตัวถูกละลายได้ดี ด้วยสมบัติเหล่านี้จึงเป็นที่นิยมนำเอาของไหลวิกฤตยิ่งยวดมาใช้เป็นตัวทำละลาย เนื่องจากมีข้อดีกว่าตัวทำละลายที่อยู่ในสถานะของเหลว คือมีอัตราการถ่ายเทมวลเร็วกว่า และมีความสามารถในการทำละลายดีกว่า จากการศึกษาเปรียบเทียบการสกัดระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นของเหลว และคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด พบว่าเมื่อใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดจะได้อัตราการสกัดสูงกว่า 2-5 เท่า แต่อย่างไรก็ตามอัตราการสกัดก็ขึ้นอยู่กับค่าความหนืด สมบัติการแพร่กระจายความสามารถในการละลาย สมบัติในการเลือกสกัดของของไหลวิกฤตยิ่งยวดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิ และความดัน จึงต้องมีการปรับสภาวะในการสกัดให้เหมาะสมเพื่อให้มีความหนาแน่นมากและความสามารถในการละลายที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการสกัดได้มากที่สุด โดยมีสารที่ไม่ต้องการปนมาน้อยที่สุด (ดังตารางที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ) นอกจากนั้นอัตราการถ่ายเทมวลยังขึ้นอยู่กับระยะทางในการแพร่ และสิ่งกีดขวางการแพร่ ถ้าขนาดของอนุภาคเล็กหรือระยะทางในการแพร่ลดลงจะทำให้การสกัดมากขึ้น

ตารางที่ 2.3 ค่าความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และ ความดันต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความหนาแน่น (g/mL)			
	ความดันแก๊ส (MPa)			
	10	15	20	25
30	0.860	0.886	0.942	0.937
35	0.819	0.871	0.893	0.949
40	0.788	0.838	0.880	0.903
45	0.671	0.823	0.849	0.887

ตารางที่ 2.4 ค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และ ความดันต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ค่าการละลาย(Hild)			
	ความดันแก๊ส (MPa)			
	10	15	20	25
30	7.663	7.611	7.996	8.236
35	7.195	7.759	7.676	8.055
40	6.687	7.362	7.837	7.759
45	5.767	6.987	7.464	7.897

หมายเหตุ สามารถดูรายละเอียดวิธีการเข้าโปรแกรมเพื่อหาค่าความหนาแน่นและค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดันต่างๆ ได้จากภาคผนวก ก ในหัวข้อ ก.2

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมมาใช้ในการสกัดสารนิมบิน ซึ่งสารนิมบินเป็นสารกลุ่มลิโนอยด์ที่มีคาร์บอนิลและไฮดรอกซีซึ่งมีขั้ว แต่เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดมีสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว จึงต้องมีตัวทำละลายร่วมที่มีขั้วเข้ามาช่วยทำให้ได้การสกัดที่ดีขึ้น สภาพขั้วของตัวทำละลายแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างสภาพขั้วตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	สภาพขั้วตัวทำละลาย
เมทานอล	5.1
เอทานอล	4.3
ไคคลอโรมีเทน	3.1
เอทิลอะซิเตต	4.4
อะซิโตนไทรล์	5.8
น้ำ	10.2

2.3.1 ประโยชน์ของของไหลวิกฤตยิ่งยวด

ปัจจุบันมีการนำของไหลวิกฤตยิ่งยวดมาใช้ประโยชน์ในงานหลายแขนง ได้แก่

2.3.1.1 ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ในงานวิเคราะห์ด้วยเทคนิค

โครมาโทกราฟี (Supercritical fluid chromatography)

2.3.1.2 เนื่องจากของไหลวิกฤตยิ่งยวดสามารถนำเชื้อจุลินทรีย์ได้ จึงมีการนำมาใช้ในการสเตริไลซ์สารที่ไม่ทนความร้อน หรือใช้เป็น preliminary ในการสกัดสารจากเชื้อจุลินทรีย์

2.3.1.3 จากการศึกษาเกี่ยวกับสารบางชนิดที่ได้จากการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวดซึ่งที่อยู่ในรูป microfine crystals ซึ่งมีขนาด 10-15 ไมโครเมตร พบว่าเมื่อวิเคราะห์สารสกัดนี้ด้วย X-ray diffraction จะเห็นว่าโครงสร้างผลึกของสารมีลักษณะเหมือนสารตั้งต้นจึงมีการประยุกต์ใช้วิธีนี้ในการบด (Milling) ลดผลึกภัณฑ์ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดความร้อนในขณะบดด้วยวิธีธรรมดา

2.4 การสกัดของแข็งด้วยของเหลว (Solid-liquid extraction) [9, 11, 12]

โดยทั่วไปกระบวนการสกัดสารสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) การละลายตัวถูกละลายที่อยู่ในตัวของแข็งด้วยตัวทำละลาย ขั้นตอนนี้โดยทั่วไปต้องใช้เวลานานและใช้จำนวนตัวทำละลายที่เพียงพอ สำหรับการเร่งให้ขั้นตอนนี้เร็วขึ้นสามารถทำได้โดยการทำให้ของแข็งที่นำมาสกัดมีขนาด

เล็กลง ส่วนการกวนให้ของแข็งเคลื่อนตัวในตัวทำละลายมีผลน้อยมากต่อการถ่ายเทมวลสาร แต่จะช่วยให้อนุภาคของแข็งอยู่ในสภาพแขวนลอยในตัวทำละลายซึ่งจะช่วยในการถ่ายเทความร้อนได้ดี ถ้าตัวถูกละลายเป็นของเหลวที่ละลายได้ในตัวทำละลาย โดยที่การละลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมาก ถ้าตัวถูกละลายเกาะอยู่รอบๆ อนุภาคของแข็ง ในทางตรงกันข้ามถ้าตัวถูกละลายอยู่รอบๆ อนุภาคของแข็งซึ่งล้อมรอบด้วยผนังที่ดูดซับตัวทำละลายได้น้อยการละลายจะช้ามาก กรณีหลังพบมากกว่ากรณีแรก เช่น น้ำมันพืชที่อยู่ในเมล็ดพืชชนิดต่างๆ การแพร่ของตัวทำละลายผ่านผนังเมมเบรนจะเป็นตัวควบคุมอัตราเร็วของการละลาย การกวนสำหรับกรณีหลังนี้มีผลต่อการละลายน้อย แต่ในกรณีที่ตัวถูกละลายอยู่รอบๆ อนุภาคของแข็งนั้น การกวนจะช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลสาร (2) การแพร่ของตัวถูกละลายจากภายในอนุภาคของแข็งสู่อุณหภูมิภายนอก ขั้นตอนนี้ถูกควบคุมด้วยการแพร่และอัตราเร็วในการสักระดมจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการแพร่ต่างๆ ในอนุภาคของแข็ง (3) การแพร่ของตัวถูกละลายที่อยู่รอบๆ อนุภาคของแข็งไปสู่ตัวทำละลาย ขั้นตอนนี้มีลักษณะคล้ายๆ ของผสมระหว่างตัวถูกละลายชนิดหนึ่งในของเหลวที่ข้อมมีการแพร่จากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปขั้นตอนนี้จะไม่ใช่ตัวควบคุมกระบวนการ สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดสะเดา กลไกสำคัญที่จะทำให้ไขมันเคลื่อนที่ออกจากเมล็ดสะเดาคือกระบวนการแพร่ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของไขมันกับตัวทำละลาย โดยน้ำมันที่พบอยู่ภายในเนื้อเมล็ดสะเดาจะถูกละลายโดยตัวทำละลาย แล้วจึงแพร่ออกจากเนื้อในเมล็ดสะเดาไปยังภายนอกซึ่งมีปริมาณน้ำมันสะเดาที่ต่ำกว่า ถ้าเมล็ดสะเดามีความต้านทานการแพร่สูงการแพร่ก็จะเป็นไปได้ยากทำให้อัตราการสกัดต่ำ ดังนั้นการเพิ่มอัตราการสกัดสามารถทำได้โดยการลดความต้านทานการแพร่ที่มีอยู่ในเมล็ดสะเดา เพราะกระบวนการแพร่ที่เกิดขึ้นในเมล็ดสะเดาเป็นกลไกสำคัญที่ควบคุมระบบการสกัดให้มีประสิทธิภาพ

โดยสารผสมที่เป็นของแข็งนั้นมีมากมายโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ ตัวอย่างเช่น ใบไม้ ดอกไม้ เปลือกไม้ รากไม้ และอื่นๆ การสกัดโดยทั่วไปจะทำให้แข็งและแห้ง เมื่อขจัดน้ำออกแล้วจึงบดให้ละเอียดเพื่อทำให้พื้นที่ผิวมากซึ่งการสกัดสารออกมาได้มากที่สุด จากนั้นจึงนำไปแช่ในตัวทำละลายที่อุณหภูมิปกติ หรือคัมที่อุณหภูมิของจุดเดือดของตัวทำละลายที่ใช้สกัดตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ เฮกเซน อีเทอร์ เมทิลคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม แอลกอฮอล์ต่างๆ หรือน้ำ เมื่อแช่หรือคัมในระยะหนึ่งจึงกรองเอาของแข็งออก และนำสารละลายที่ได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกจะได้ สารสกัดขั้นต้น (Crude extract) ส่วนของแข็งที่เหลืออาจนำไปสกัดต่อได้อีก ในกรณีที่สกัดขั้นแรกด้วยตัวทำละลายไม่มีขั้ว เมื่อสกัดต่อจะใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูงขึ้น วิธีนี้จะทำให้ได้สารสกัดขั้นต้นมีสารผสมต่างชนิดกันได้ เมื่อนำไปแยกต่อจะได้สารที่บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาโครงสร้างในขั้นต่อไป

2.5 การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (Liquid - liquid extraction) [11]

กระบวนการสกัดของเหลวด้วยของเหลว เป็นกระบวนการแยกสารซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย โดยอาศัยหลักความแตกต่างของความสามารถในการละลายของตัวถูกละลายในตัวทำละลาย ดังนั้น ในกระบวนการจะมีสารที่ต้องการแยกอยู่ในตัวทำละลายชนิดหนึ่งเป็นสารตั้งต้น และใช้ตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งเป็นตัวสกัด (Extractant or solvent) โดยที่ตัวทำละลายทั้งสองชนิดจะไม่ละลายซึ่งกันและกันหรือละลายได้น้อยมาก ซึ่งภายหลังการสกัดจะทำให้เกิดของเหลวสองเฟสแยกชั้นกัน และตัวถูกละลายส่วนใหญ่จะเกิดการถ่ายเทมวลข้ามเฟสไปยังตัวทำละลายใหม่ เรียกเฟสนี้ว่า เอกแทรกท์ (Extract) ส่วนสารตั้งต้นที่เหลือจากการสกัดเรียกว่าราฟิเนต (Raffinate) โดยการสกัดด้วยของเหลวเป็นการแยกสารประกอบจากของเหลวโดยใช้ของเหลวเป็นตัวสกัดของเหลวในระบบแยกเป็น 2 เฟส ของเหลว 2 เฟส จะไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันและสามารถแยกจากกันได้ การแยกจะอาศัยการถ่ายโอนมวลสารจากของเหลวหนึ่งไปยังอีกของเหลวหนึ่ง การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนมวลสารที่ต้องการแยกอาจทำได้โดยการเติม “Salting out agent” ลงไปในสารตั้งต้นหรือเติม “Complexing agent” ลงในตัวทำละลาย โดยทั่วไปนิยมแยกสารโดยการสกัดหากกระบวนการกลั่นเพื่อใช้ในการแยกสารที่ต้องการมีราคาแพง นอกจากนี้หาก Relative volatility ของสารผสมในระบบมีค่าในช่วง 1.0 – 1.2 หรือ ในกรณีที่สารที่ต้องการแยกสามารถถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน เช่น สารปฏิชีวนะ การแยกโดยการสกัดจะมีความเหมาะสมมากกว่าการแยกโดยใช้กระบวนการกลั่น

2.6 การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extraction)

มีบ่อยครั้งที่สารอินทรีย์ที่เกิดในธรรมชาติเป็นจำนวนน้อย และจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายสำหรับการสกัดเป็นจำนวนมาก หรือสารอินทรีย์นั้นละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้น้อย เป็นต้น ซึ่งการใช้เครื่องมือสกัดแบบธรรมดาที่แยกไม่ได้ผลดี ดังนั้นจึงต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถสกัดได้ติดต่อกันไป โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องสกัดแบบซอกເລต (Soxhlet extraction) ซึ่งเป็นท่อแก้วสำหรับของแข็งที่ต้องการสกัด ข้างหนึ่งมีแขนเพื่อให้ไอของตัวทำละลายจากขวดที่อยู่ด้านล่างระเหยขึ้นสู่ด้านบน ส่วนด้านบนจะต่อกับเครื่องควบแน่นด้านข้างอีกด้านหนึ่งเป็นท่อแก้วที่ขดเป็นสองชั้น เมื่อไอของตัวทำละลายควบแน่นลงมาจะค้างอยู่ในเครื่องซอกເລตทำให้สารเอาไว้ เมื่อสารละลายมีระดับสูงพอจะเกิดความดันที่ทำให้สารละลายนั้นไหลกลับสู่ขวดด้านล่าง เนื่องจากตัวทำละลายบางชนิดมีจุดเดือดที่สูง หรือสารสกัดที่ละลายได้ง่ายด้วยความร้อน จึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิในการสกัดโดยการต่อปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) เข้ากับชุดสกัดแบบซอกເລต เพื่อลดความดันในการสกัด โดยการต่อเข้าทางด้านบนของส่วนควบแน่น โดยปริมาณสารที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีซอกເລต

สูญญากาศจะขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของตัวทำละลาย จำพวกของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด รวมทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด ค่าไดโพลโมเมนต์ รายละเอียดดังตารางที่ 2.6

2.7 ไดโพลโมเมนต์โมเลกุล

สารโคเวเลนต์อาจเป็นได้ทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้ว “ความมีขั้ว” (Polarity) ของโมเลกุลเกิดจากผลรวมของความเป็นขั้วของแต่ละพันธะในโมเลกุล โดยทิศทางของความเป็นขั้วอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันหรือใกล้เคียงกันจะเกิดพันธะไม่มีขั้ว ส่วนอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่างกันจะเกิดพันธะที่มีขั้วได้ ความเป็นขั้วของโมเลกุลเป็น “ค่าไดโพลโมเมนต์” (Dipole moment, μ) มีหน่วยเป็นเดอร์บาย (Debye unit, D) การพิจารณาผลรวมของทิศทาง (Vector) ของความเป็นขั้วที่เกิดขึ้นในพันธะทั้งหมดจะทำให้ทราบค่าไดโพลโมเมนต์โมเลกุล (Molecular dipole moment) หรือความเป็นขั้วของโมเลกุลได้โดยที่ค่าไดโพลโมเมนต์เป็นผลคูณของขนาดของประจุกับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางระหว่างประจุบวกและประจุลบ

$$\mu = e \times d$$

โดยที่ μ = ไดโพลโมเมนต์ ในหน่วยของ Debye (D)

e = ขนาดของประจุ ในหน่วยของ e.s.u.

d = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางระหว่างประจุบวกและประจุลบ ในหน่วยของ Angstrom

นักเคมีได้แบ่งประเภทของตัวทำละลายออกเป็น 3 ประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพขั้ว

1. Polar Protic Solvent

ตัวทำละลายโพลาร์โปรติกเป็นสารประกอบที่มีหมู่หน้าที่ (OH) โดยสภาพขั้วของตัวทำละลายโพลาร์โปรติกจับกันระหว่างพันธะของไฮโดรเจนอะตอมกับออกซิเจนอะตอมแบบพันธะเดี่ยว (O-H bond) ที่มีขั้ว 1 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำ เมทานอล (CH_3OH) กรดอะซิติก ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$) และเอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)

2. Dipolar Aprotic Solvent

ตัวทำละลายไดโพลาร์อะโปรติกเป็นสารประกอบที่มีการจับกันระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจนหรือไนโตรเจน ส่วนมากเป็นคาร์บอนกับออกซิเจนมากกว่า โดยจับกันแบบพันธะคู่ (C=O double bond) ที่มีขั้ว 2 พันธะ ตัวอย่างเช่น อะซิโตน [$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$] และเอทิลอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)

3. Non-Polar Solvent

ตัวทำละลายนอน-โพลาร์เป็นสารประกอบที่มีค่าไดอิเล็กตริกต่ำ(Dielectric constants) และไม่ละลายได้ในน้ำ ตัวอย่างเช่น เบนซีน(C_6H_6) คาร์บอนเตตระคลอไรด์(CCl_4) ไดเอทิล-อีเทอร์ ($CH_3CH_2OCH_2CH_3$) และเมทิลีนคลอไรด์(CH_2Cl_2)

ตารางที่ 2.6 ประกอบด้วย จุดเคียด Dipole moment และ Dielectric Constants
ตัวทำละลายทั้งหมดมีลักษณะใส เป็นของเหลวไม่มีสี

ตารางที่ 2.6 ค่าไดโพลโมเมนต์ของตัวทำละลายต่างๆ

Name	Structure	Dipole moment	Dielectric Constants
water	H-OH	1.85	80
methanol	CH_3-OH	1.70	33
ethanol	CH_3CH_2-OH	1.69	24.3
1-propanol	$CH_3CH_2CH_2-OH$	1.68	20.1
1-butanol	$CH_3CH_2CH_2CH_2-OH$	1.66	17.8
methyl ethyl ketone	$H_3C-C(=O)-CH_2CH_3$	2.78	18.5
ethyl acetate	$H_3C-C(=O)-OCH_2CH_3$	1.78	6.02
acetonitrile	$H_3C-C\equiv N$	3.92	36.6
dimethyl sulfoxide (DMSO)	$H_3C-S(=O)-CH_3$	3.96	47.2
benzene		0	2.28
diethyl ether	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	1.15	4.34
methylene chloride	CH_2Cl_2	1.60	9.08
carbon tetrachloride	CCl_4	0	2.24

2.8 การออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Squares Design, LSD) [3]

2.8.1 เงื่อนไขการใช้

แผนการทดลองแบบนี้ใช้ในกรณีที่พบว่ามีความสำคัญทำให้เกิดการผันแปรในหน่วยทดลองสองสาเหตุก่อนให้ทรีทเมนต์ หน่วยทดลองจะถูกจัดกลุ่มในสองทิศทาง (Two directional grouping) ตามสาเหตุของความผันแปร ซึ่งเรียกว่า ความผันแปรในแถวแนวนอน(Rows) และความผันแปรในแถวแนวตั้ง(Columns)

เนื่องจากในแต่ละแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งจะต้องใส่ได้ครบทุกทรีทเมนต์ ดังนั้นขนาดของแถวแนวนอน ขนาดแถวแนวตั้งและจำนวนทรีทเมนต์จะต้องเท่ากันหรือกำหนดว่าจำนวนแถวแนวนอนเท่ากับจำนวนแนวตั้งเท่ากับจำนวนทรีทเมนต์

2.8.2 วิธีการสุ่ม

การสุ่มทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองจะกระทำโดยมีเงื่อนไขว่า โดยที่ในแต่ละแถวแนวนอนและในแต่ละแถวแนวตั้งจะต้องมีครบ วิธีการสุ่มอาจทำได้ 2 วิธี

2.8.2.1 สุ่มผังลาตินสแควร์ผั่งใดผั่งหนึ่งมาใช้ จากผังลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ขนาดของลาตินสแควร์ดังนี้

กำหนดให้ A B C D เป็นทรีทเมนต์ ผังลาตินสแควร์ที่สร้างขึ้นโดยทำให้แถวแนวนอนที่หนึ่งและแถวแนวตั้งที่หนึ่งมีการจัดทรีทเมนต์เรียงตามลำดับตัวอักษร(Alphabetical order) จะถูกเรียกว่า ผังลาตินสแควร์มาตรฐาน(Standard latin squares) ตัวอย่างเช่น

A	B
B	A

รูปที่ 2.3 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 2 x 2

A	B	C
B	C	A
C	A	B

รูปที่ 2.4 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 3 x 3

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

รูปที่ 2.5 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4 แบบที่ 1

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

รูปที่ 2.6 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4 แบบที่ 2

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

รูปที่ 2.7 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4 แบบที่ 3

ถ้า $r \times r$ เป็นลาตินสแควร์ที่มีจำนวนแถวอนเท่ากับจำนวนแถวตั้งเท่ากับ r (เท่ากับจำนวนทรีทเมนต์) จำนวนฟังลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือฟังลาตินสแควร์มาตรฐานตามขนาดที่ต้องการมาหนึ่งผัง จากนั้นจะจัดลำดับของแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งใหม่ โดยอาศัยการสับตัว อย่าง เช่น ใช้การทดลองแบบลาตินสแควร์ขนาด 4×4 สมมุติฟังลาตินสแควร์มาตรฐานตามรูปที่ 2.8

		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 2.8 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4 โดยการสับตัวอย่าง

จัดลำดับแถวแนวนอนโดยสับสมมุติได้ลำดับแถวแนวนอนใหม่เป็น 3, 1, 2, 4 จะได้แผนผังตามรูปที่ 2.9

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

รูปที่ 2.9 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4 โดยการสับแถวแนวนอน

จัดลำดับแถวแนวตั้งโดยสับสมมุติได้ลำดับแถวแนวตั้งใหม่เป็น 4,3,1,2 จะได้แผนผังตามรูปที่ 2.10

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

รูปที่ 2.10 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4 โดยการสับสมมุติแถวแนวตั้ง

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2.9 งานวิจัยที่ผ่านมา

สรพงศ์ นุ่มปลื้ม และ นเรศ กัมมณี [1] ศึกษาการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาด้วยวิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลว โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาสมบัติของเนื้อในเมล็ดสะเดาพบได้แก่ ปริมาณความชื้นและขนาดอนุภาคพบว่าเนื้อในเมล็ดสะเดามีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 731 ไมโครเมตร และมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.32 โดยน้ำหนักเมล็ดสะเดาเปียก ส่วนที่สองศึกษานิคมของตัวทำละลายที่สามารถสกัดนิมบินออกจากน้ำมันสะเดาได้ดีที่สุด จากการทดลองพบว่าตัวทำละลายที่สามารถสกัดนิมบินได้ดีที่สุด คือ เมทานอลโดยใช้วิธีชกสกัด และการสกัดของเหลวด้วยของเหลวได้ปริมาณนิมบินเป็น 0.6960 และ 0.2680 มิลลิกรัมต่อกรัมสะเดา ตามลำดับ ส่วนที่สามเป็นการศึกษาการแยกนิมบินจากกากสะเดาที่ทำการสกัดน้ำมันสะเดาออกแล้วโดยใช้วิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างอะลูมินาและถ่านกัมมันต์ จากการทดลองพบว่าอะลูมินาสามารถแยกสารนิมบินได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ซึ่งได้ปริมาณนิมบินเป็น 0.2305 และ 0.0809 มิลลิกรัมต่อกรัมสะเดา ตามลำดับ

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง [4] ทำการทดลองศึกษาการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด โดยใช้อุณหภูมิคงที่ 50 องศาเซลเซียส และแปรค่าความดันระหว่าง 100-300 บาร์ พบว่าเมื่อใช้ความดัน 200 บาร์ สามารถสกัดสารนิมบินได้มากที่สุดคือ 0.0379 mg/g neem seed ส่วนสารนิมบินที่สกัดได้จะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมสกัดร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด จึงพบว่าสามารถสกัดสารนิมบินได้มากขึ้น แต่เนื่องจากการทดลองเป็นเพียงการทดลองเบื้องต้น จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาชนิดและสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ตัวทำละลายร่วมเพื่อให้สกัดนิมบินได้ปริมาณมากที่สุด

วิจิต เจริญประกาศิต นงกัญช ขาวนาบิ่ง และ วาทีนิ เทียงตรง [2] ศึกษาการปรับปรุงการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาไทยด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด การทดลองในตอนแรกเป็นการศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคเมล็ดสะเดาที่ทำให้มีผลต่อการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาไทยโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำการทดลองสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาที่อุณหภูมิ 35 °C และความดัน 200 บาร์ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อลดขนาดสะเดาที่ใช้ในการสกัด อัตราในการสกัดสารนิมบินจะมีค่าสูงขึ้น ตอนที่สองเป็นการศึกษาการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาไทยโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดร่วมกับเมทานอล โดยศึกษาถึงผลของอัตราส่วนระหว่างเมทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ และผลของอุณหภูมิที่มีต่อการสกัดสารนิมบิน จากการทดลองทำการสกัดสารนิมบินที่ความดัน -200 บาร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 2 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และอุณหภูมิในช่วง 30 ถึง 55 °C ตามลำดับพบว่าเมื่อปริมาณเมทานอลและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสูงอัตราในการสกัดสารนิมบินมีค่าสูงขึ้นมาก และ

พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาไทยโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับเมทานอล คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 55 °C ความดัน 200 บาร์ และใช้อัตราส่วนระหว่างเมทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร



บทที่ 3

วิธีการทำงานวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีการสกัดโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อในเมล็ดสะเดา ได้แก่ ขนาดของอนุภาคและปริมาณความชื้น ส่วนที่สองศึกษาการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาด้วยวิธีสกัดด้วยของเหลวเหนือวิกฤต ส่วนที่สามเป็นการศึกษาผลของของตัวแปรที่มีผลต่อการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม ซึ่งออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

ใช้เมล็ดสะเดาไทยของบริษัทผลิตภัณฑ์สะเดาไทย จำกัด

3.1.2 เครื่องมือ

- ตู้อบ ยี่ห้อ K Gemmy Industrial CORP.
- ตะแกรงร่อนแยก มีขนาดตั้งแต่ 246 ถึง 2362 μm
- เครื่องชั่งหยาบทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Swiss Quality.
- โถวัดความชื้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 cm
- เครื่องบด ยี่ห้อ Moulinettes moulinex
- เครื่องแก้ว ประกอบด้วย บีกเกอร์ทุกขนาด กระบอกตวงขนาด 10 และ 50 mL

ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 mL และปิเปตขนาด 1 mL

- ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการสกัดน้ำมันสะเดาจากเมล็ดสะเดาซึ่งประกอบด้วย Soxhlet-Vacuum Extractor แทรป(Trab) อ่างควบคุมอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ และสายยางขนาดต่างๆ

- เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (SFE) ยี่ห้อ ISCO รุ่น SFX 220 ของบริษัท FORJUNE SCIENTIFIC COMPANY

- เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Varian Star HPLC System รุ่น Varian 9012 Ternary Pump, Varian 9095 Auto Sample, Varian 9065 Diode Array Detector.

3.1.3 สารเคมี

- เมทานอล (Methanol) 99.8% HPLC Grade ชีห้อ BDH Laboratory Supplies.
- เอทานอล (Ethanol) 99.8% HPLC Grade ชีห้อ BDH Laboratory Supplies.
- ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) 99.5% HPLC Grade ชีห้อ BDH Laboratory Supplies.
- เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) 99.0% Laboratory UniLAB Reagent ชีห้อ Ajax Chemical.
- น้ำ (Water)
- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมผงสะอาด โดยนำเมล็ดสะเดามาแกะเปลือก แล้วนำเนื้อในเมล็ดสะเดามาบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียด

3.2.1.1 การหาปริมาณความชื้นในเมล็ดสะเดาบด [17]

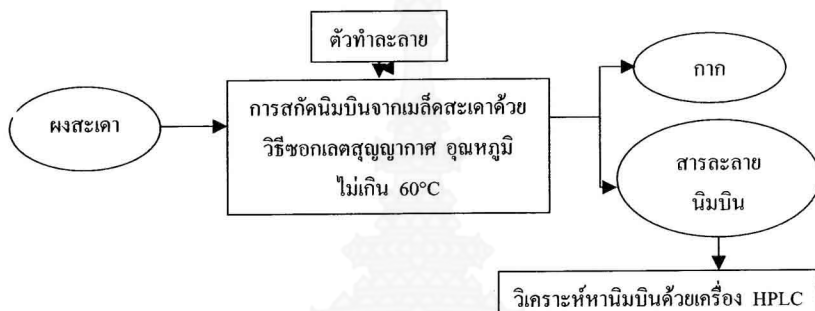
โดยนำเมล็ดสะเดาบดไปชั่ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 105-110°C ประมาณ 4 ชั่วโมง ใส่ไว้ในโถสุญญากาศความชื้น ชั่งน้ำหนักและนำไปอบจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ จึงนำผลที่ได้ไปคำนวณ

3.2.1.2 การหาขนาดอนุภาคของเนื้อในเมล็ดสะเดาบด [16]

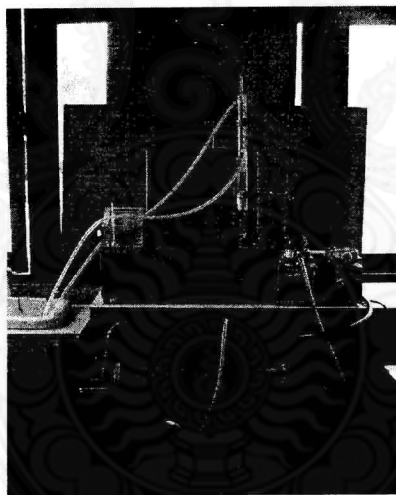
หาขนาดอนุภาคเนื้อในเมล็ดสะเดาบดโดยใช้เมล็ดสะเดาบด 300 g มาร่อนโดยใช้ตะแกรงแยกซึ่งมีขนาดของรูตะแกรงตั้งแต่ 246 ถึง 2362 μm ชั่งน้ำหนักของเมล็ดสะเดาบดที่ค้างอยู่บนแต่ละชั้นของตะแกรง และนำมาหาขนาดอนุภาคเทียบกับน้ำหนัก

3.2.2 การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้ช็อกเลตสุญญากาศ (Soxhlet vacuum extractor)

ชั่งเนื้อในเมล็ดสะเดาบด 10 g ใส่ในกรวยกระดาษ (Thimble) เติมน้ำตาลกลูโคส 150 mL ปรับอุณหภูมิไม่เกิน 60 °C ใช้ปั๊มสุญญากาศลดความดันของการสกัดเพื่อลดอุณหภูมิของจุดเดือดให้ต่ำลง และใช้เทรป (Trap) เพื่อดักไอของตัวทำละลายไม่ให้เข้าปั๊ม โดยต่อปั๊มสุญญากาศเข้ากับเทรป ส่วนอีกด้านหนึ่งของเทรปก็ต่อเข้ากับด้านบนของท่อแก้ว ดังรูปที่ 3.2 เมทานอลจะระเหยกลายเป็นไอและควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อไ้ระดับหนึ่งกลักน้ำจะไหลย้อนกลับมากที่ก้นขวด ทำการสกัดจนกระทั่งได้สารละลายใสไหลกลับมายังก้นขวด เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่อง HPLC ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตต สามารถใช้วิธีการทดลองเช่นเดียวกัน ขั้นตอนการสกัดแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลองการสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาด้วยวิธีช็อกเลตสุญญากาศ

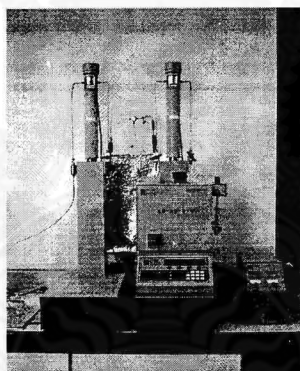


รูปที่ 3.2 ชุดสกัดช็อกเลตสุญญากาศ

3.2.3 การสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม

เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดโดยชั่งเนื้อในเมล็ดสะเดาสด 2 g อย่างละเอียด ใส่ในคาเทรต(Cartridge) แล้วใส่ในเครื่องสกัดดังรูปที่ 3.3 เติมนํ้าคาร์บอนไดออกไซด์จนเต็มกระบอก และ

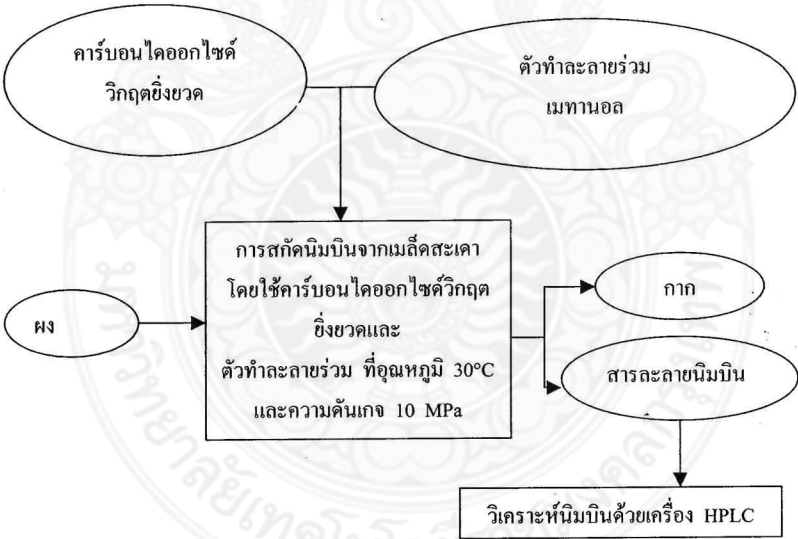
ตัวทำละลายร่วมเมทานอล 10% โดยปริมาตรเข้าไปในเครื่องสกัด ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C ความดันเกจ 10 MPa สกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารละลายนิมบินที่สกัดได้จะออกมาพร้อมกับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสารนิมบินถูกเก็บไว้ในตัวทำละลายเมทานอลที่มีปริมาตร 10 mL ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาพร้อมกับสารนิมบินจะระเหยสู่บรรยากาศ เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารนิมบินด้วยเครื่อง HPLC ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ขั้นตอนในการทำการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 เครื่องสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ยี่ห้อ ISCO รุ่น SFX 220

ตารางที่ 3.1 สภาวะการสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อุณหภูมิ (°C)	ตัวทำละลายร่วม			
	ความดันเกจ (MPa)			
	10	15	20	25
30	เมทานอล	เอทิลอะซิเตต	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล
35	เอทานอล	เมทานอล	เอทิลอะซิเตต	ไดคลอโรมีเทน
40	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล	เมทานอล	เอทิลอะซิเตต
45	เอทิลอะซิเตต	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล	เมทานอล



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลองการสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม

3.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีชนิดของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

การวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่อง HPLC การทดลองนี้ใช้เครื่อง HPLC เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินจากการสกัดด้วยวิธีชอกเลต และการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม การวิเคราะห์นี้ ประกอบด้วย

คอลัมน์	: Phenomenex, Sphere Clone 5 μ ODS(2) ยาว 250 x 4.60 mm, 5 micron
สารละลายตัวพา	: อัตราส่วนอะซิโตนในไตรคลอโรเอทิล 60:40
อัตราการไหล	: 1.0 ml/min
ปริมาตรที่ฉีด	: 20 μ l
อุณหภูมิของคอลัมน์	: 40-50 °C
เครื่องตรวจวัด	: Diode array detector ที่ความยาวคลื่น 234 nm

การเตรียมสารละลายเพื่อนำมาสร้างกราฟมาตรฐานจากความเข้มข้นของนิมบินที่ได้จากการสกัด โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นแตกต่างกันดังนี้ 7.34 , 5.25 และ 0.263 ppm ฉีดสารละลายมาตรฐานเข้าเครื่อง HPLC ผลที่ได้จากการฉีดนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ผลการทดลองการสกัดนิมบินด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศ การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม และการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมกับการสกัดด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศ

4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อในเมล็ดสะเดาสด

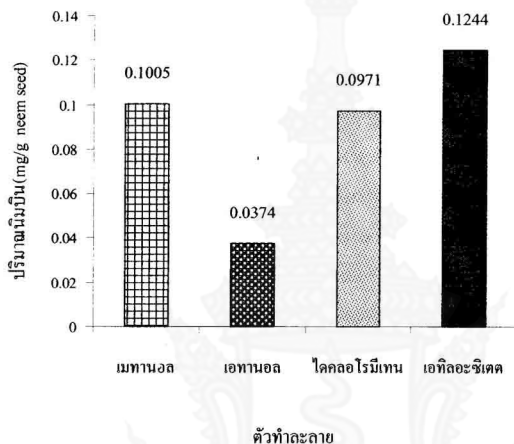
โดยนำเนื้อในเมล็ดสะเดาที่กะเทาะเปลือกแล้วมาบดด้วยเครื่องบด และหาขนาดอนุภาคของเนื้อในเมล็ดสะเดาโดยใช้ตะแกรงแยกขนาดตั้งแต่ 246 ถึง 2362 μm จากผลการทดลอง พบว่าเนื้อในเมล็ดสะเดาสดมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 962 μm (รายละเอียดการคำนวณสามารถดูได้ในภาคผนวก ก) และพบว่ามีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 2.39 โดยน้ำหนักของเมล็ดสะเดา ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าระดับความชื้นในเมล็ดพืชทั่วไป ที่มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 จึงสามารถเก็บไว้ได้นาน โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดสะเดาและไม่เกิดรา

4.2 การสกัดด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศ

ปริมาณที่ได้จากการสกัดนิมบินด้วยชกเลตสุญญากาศ ดังตารางที่ 4.1 และผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่อง HPLC ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาตรของสารละลายนิมบินที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศ

ตัวทำละลาย	ปริมาตรหลังการสกัด	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ระยะเวลา (Hour)
	(mL)		
เมทานอล	141.1	57	12
เอทานอล	139	54	24
ไคคลอโรมีเทน	117	50	5.15
เอทิลอะซิเตต	122	36	1



รูปที่ 4.1 ผลของชนิดตัวทำละลายต่อการสกัดนิมบินจากสะเดาโดยใช้วิธีชอกเลตสุญญากาศ

จากผลการทดลองพบว่า การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ด้วยวิธีชอกเลตสุญญากาศ การสกัดที่ให้ปริมาณนิมบินออกมาได้มากที่สุด คือการสกัดที่ใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย ส่วนการสกัดที่ใช้เมทานอล ไคคลอโรมีเทน และเอทานอล เป็นตัวทำละลายที่ได้ปริมาณนิมบินลดลง ตามลำดับ เอทิลอะซิเตตสกัดได้ปริมาณนิมบินมากที่สุดเนื่องจากเอทิลอะซิเตตมีสภาพขั้วค่อนข้างสูง (ดูรายละเอียดในตารางที่ 2.5) และมีค่าไคโพลโมเมนสูงจึงทำให้สามารถสกัดนิมบินซึ่งเป็นสารที่มีสภาพขั้วสูงได้มาก นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่ำ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสั้น ยังเป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้สกัดนิมบินออกมาได้มาก แต่อย่างไรก็ตาม การที่ตัวทำละลายชนิดใดจะสามารถสกัดได้ปริมาณนิมบินออกมามากที่สุดก็จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ประกอบกันทั้งสภาพขั้ว ค่าไคโพลโมเมน อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด

4.3 การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม

ทำการทดลองการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด และตัวทำละลายร่วม ซึ่งมีตัวแปรที่จะศึกษาคือ ชนิดของตัวทำละลายร่วม ได้แก่ เมทานอล เอทานอล ไคคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตต อุณหภูมิ ที่ 30, 35, 40 และ 45°C และความดัน ที่ 10, 15, 20 และ 25 MPa โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ดังตารางที่ 3.1 ใช้เมล็ดสะเคาขนาดอนุภาคเฉลี่ย 962 μm จำนวน 2 g ใช้ตัวทำละลายร่วม 10% โดยปริมาตร และทำการสกัด 1 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินของสารสกัดที่ได้ด้วยเครื่อง HPLC ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณนิมบิน(mg/g neem seed)ที่ได้จากการทดลองการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณนิมบิน (mg/g neem seed)			
	ความดันเกจ (MPa)			
	10	15	20	25
30	0.0837	0.0658	0.0480	0.0563
35	0.0614	0.0765	0.0465	0.0401
40	0.0626	0.0867	0.0806	0.0455
45	0.0433	0.0643	0.0300	0.0990

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการสกัดที่ใช้อุณหภูมิ 45°C ความดัน 25 MPa และใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมสกัดได้ปริมาณนิมบินมากที่สุด คือ 0.0990 mg/g neem seed เนื่องจากเมทานอลมีสภาพขั้วที่สูงจึงสามารถเข้าไปจับกับนิมบินได้ดีกว่าตัวทำละลายร่วมตัวอื่นๆ (สามารถดูรายละเอียดสภาพขั้วได้จากตารางที่ 2.5) ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและความดันต่างๆ ที่ใช้ตัวทำละลายร่วมตัวเดียวกัน คือ เมทานอล พบว่าเมื่ออุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นและค่าการละลาย (ดูรายละเอียดในตารางที่ 2.3 และ 2.4) ของคาร์บอนไดออกไซด์และเมทานอลเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณนิมบินที่ได้จากการสกัดมากขึ้นด้วย เนื่องจากสมบัติในการเลือกสกัดของของไหลวิกฤตยิ่งยวดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ฉะนั้นจึงต้องมีการปรับสภาวะในการ

สกัดให้เหมาะสมเพื่อให้มีความหนาแน่นมากและความสามารถในการละลายที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการสกัดได้มากที่สุด

4.4 ผลการคำนวณทางสถิติ

จากการทดลองได้ทำการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด และตัวทำละลายร่วม จากนั้นนำสารสกัดที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณนิมบินด้วยเครื่อง HPLC นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ และเปรียบเทียบหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดา ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแปร

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
Row (อุณหภูมิ)	0.56	3.29
Column (ความดัน)	1.52	3.29
ตัวทำละลายร่วม	4.61*	3.29

หมายเหตุ : * คือ ค่า F ที่มีปริมาณมากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณ (ดูรายละเอียดการคำนวณได้จากภาคผนวก ก.4) กับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความเชื่อมั่นที่ 90% โดยมีค่า degree of freedom ของตัวแปรเท่ากับ 3 และ degree of freedom ของ Error เท่ากับ 6 พบว่าค่า F ของตัวทำละลายร่วมมีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ แสดงว่าความแตกต่างของปริมาณนิมบินเนื่องจากชนิดของตัวทำละลายร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอุณหภูมิและความดันจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ชนิดของตัวทำละลายร่วมมีผลทำให้ปริมาณนิมบินที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (ดูรายละเอียดการคำนวณได้จากภาคผนวก ก.5) และความดันมีผลทำให้ปริมาณนิมบินที่สกัดได้มีความแตกต่างกันมากกว่าผลจากอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวทดลองร่วม

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
(1) VS (2)	6.31*	3.18
(1) VS (3)	8.41*	3.18
(1) VS (4)	10.93*	3.18
(2) VS (3)	0.21	3.18
(2) VS (4)	0.63	3.18
(3) VS (4)	0.11	3.18

หมายเหตุ : กำหนดให้ เมทานอล แทนด้วย (1) เอทานอล แทนด้วย (2)
ไคคลอโรมีเทน แทนด้วย (3) เอทิลอะซิเตต แทนด้วย (4)

* คือ ค่า F ที่มีปริมาณมากกว่าค่า $F_{0.1}$

จากตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณ(ดูรายละเอียดการคำนวณได้จากภาคผนวก ก.5) กับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความเชื่อมั่นที่ 90% โดยมีค่า degree of freedom ของตัวทดลองร่วมที่เปรียบเทียบกันเท่ากับ 1 และ degree of freedom ของ Error เท่ากับ 12 พบว่าค่า F ของคู่ตัวทดลองร่วม เมทานอลกับเอทานอล เมทานอลกับไคคลอโรมีเทน และเมทานอลกับเอทิลอะซิเตต มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าตัวทดลองร่วมเมทานอลกับเอทานอล เมทานอลกับไคคลอโรมีเทน และเมทานอลกับเอทิลอะซิเตต ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณนิมบินจากการสกัดสะเคาที่แตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของตัวทดลองร่วม คือ เมทานอล เอทานอล ไคคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตต ซึ่งแสดงในการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison(ดูรายละเอียดการคำนวณได้จากภาคผนวก ก.5)

- เมทานอล มีค่าเฉลี่ยมากกว่า เอทานอล ดังนั้น เมทานอล ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเคา ดีกว่า เอทานอล

- เมทานอล มีค่าเฉลี่ยมากกว่า ไคคลอโรมีเทน ดังนั้น เมทานอล ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเคา ดีกว่า ไคคลอโรมีเทน

- เมทานอล มีค่าเฉลี่ยมากกว่า เอทิลอะซิเตต ดังนั้น เมทานอล ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเคา ดีกว่า เอทิลอะซิเตต

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison พบว่า เมทานอล จะให้ค่าเฉลี่ยมากกว่า เอทานอล ไดคลอโรมีเทน และเอทิลอะซิเตต หมายความว่า เมทานอลให้ผลการทดลองที่มีปริมาณ นิมบินจากเมล็ดสะเดาสูงสุด

จากการทดลอง พบว่าตัวทำละลายร่วมที่ดีที่สุดในการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด คือเมทานอล อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 45°C และความดันเกจ 25 MPa ซึ่งสกัดได้ปริมาณนิมบิน 0.0990 mg/g neem seed เนื่องจากสภาพขั้วของเมทานอล คือ 5.1 ซึ่งเป็นสภาพขั้วที่สูง จึงสามารถเข้าไปจับกับนิมบินได้ดีกว่าตัวทำละลายร่วมตัวอื่นๆ ดังนั้นเมื่อ เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและความดันต่างๆ กันที่ใช้ตัวทำละลายร่วมตัวเดียวกัน คือ เมทานอล พบว่าเมื่ออุณหภูมิและความดันของการทดลองเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นและค่าการละลายของ คาร์บอนไดออกไซด์และเมทานอลจะเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณนิมบินที่ได้จากการสกัดมากขึ้น เพราะ สมบัติในการเลือกสกัดของของไหลวิกฤตยิ่งยวดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความดัน จึงต้องมีการปรับสภาวะในการสกัดให้เหมาะสมเพื่อให้มีความหนาแน่นมากและความสามารถในการ ละลายที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการสกัดได้มากที่สุด

4.5 การเปรียบเทียบระหว่างการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด และตัวทำละลายร่วมกับการสกัดด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศ

การเปรียบเทียบปริมาณนิมบินที่สกัดจากคาร์บอน ไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลาย ร่วม กับการสกัดด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศที่ได้สารละลายนิมบินที่ดีที่สุด คือ เอทิลอะซิเตต จำนวน ออกมาเป็นผลได้เศษส่วน โมล ได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลได้เศษส่วน โมลของการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤต ยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยวิธีชกเลตสุญญากาศ

อุณหภูมิ (°C)	ผลได้เศษส่วน โมล			
	ความดันเกจ (MPa)			
	10	15	20	25
30	0.6722	0.5384	0.3857	0.4524
35	0.4930	0.6144	0.3733	0.3224
40	0.5026	0.6963	0.6477	0.3656
45	0.3576	0.5167	0.2411	0.7956

เมื่อคิดผลได้เศษส่วน โมลเทียบกับปริมาณนิมบินที่ได้จากการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาโดยใช้คาร์บอน ไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมกับการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาด้วยวิธีชอกเลตสุญญากาศที่ใช้อีเทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย พบว่าสภาวะที่ใช้ในการสกัดที่ดีที่สุด คือ การใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายร่วม ความดันแก๊ส 25 MPa และอุณหภูมิ 45°C ผลได้เศษส่วน โมลเท่ากับ 0.7956

บทที่ 5

สรุปผลการท้าวัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณนิมบินจากการสกัดเมล็ดสะเดา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดัน โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการท้าวัย

5.1.1 ศึกษาสมบัติของเนื้อในเมล็ดสะเดาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อในเมล็ดสะเดาควมชื้นจากอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ $962 \mu\text{m}$ และมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 2.39 โดยน้ำหนักของเมล็ดสะเดา

5.1.2 การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด และตัวทำละลายร่วม

การทดลองนี้ทำการทดลองโดยศึกษาตัวแปร 3 ตัว คือ ชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดัน โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติสามารถหาค่าความแปรปรวนจะได้ค่า F ของชนิดของตัวทำละลายร่วมมีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ และค่า F ของความดันและอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าชนิดของตัวทำละลายร่วมมีผลทำให้ปริมาณนิมบินที่สกัดได้จากเมล็ดสะเดาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ซึ่งหมายความว่าชนิดของตัวทำละลายร่วมมีผลต่อปริมาณนิมบินที่ได้จากการสกัดเมล็ดสะเดา ฉะนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลายร่วมไปทำให้ปริมาณนิมบินจากการสกัดเมล็ดสะเดายังมีค่าต่างกันมาก ส่วนความดันมีผลทำให้ปริมาณนิมบินที่การสกัดได้มีความแตกต่างกันมากกว่าอุณหภูมิ

ดังนั้น จากการทดลองศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม สามารถสรุปได้ว่าชนิดของตัวทำละลายร่วมมีผลต่อการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดา ส่วนความดันและอุณหภูมามีผลต่อการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาน้อยกว่าชนิดของตัวทำละลายร่วม ตามลำดับ จากการคำนวณทางสถิติพบว่าการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมสามารถสกัดได้ปริมาณนิมบินออกมามากที่สุด และปริมาณนิมบินที่สกัดได้มาก

ที่สุด คือ 0.0990 mg/g neem seed ที่อุณหภูมิ 45°C และความดันแก๊ส 25 MPa และการสกัดด้วยวิธี
ชอกเลตสุญญากาศตัวทำละลายที่สกัดนิมบินจากเมล็ดสะเคาได้ปริมาณมากที่สุด คือ เอทิลอะซิเตต
เมทานอล ไดคลอโรมีเทน และเอทานอล ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เมื่อทำการสกัดนิมบินเสร็จควรจะนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ทันที เพราะว่
นิมบินเป็นสารที่สลายได้ง่ายตามธรรมชาติ

5.2.2 ควรศึกษาสารสกัดที่อยู่ในเมล็ดสะเคาตัวอื่นๆ เช่น นิมบิเดน นิมบินิน และนิมบิไดอัล

5.2.3 ควรศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสกัดเพื่อใช้ประโยชน์ในการขยายขนาด
การผลิต

เอกสารอ้างอิง

1. สรพงศ์ นิ่มปลื้ม และ นเรศ กำมณี, 2546, งานวิจัยการสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาด้วยวิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลว และคอลัมน์โครมาโทกราฟี, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ.
2. วิฑิต เจริญประกาศิต นงคันทน์ ขาวนาบิ่ง และ วาทีณี เทียงตรง, 2543, งานวิจัยการปรับปรุงการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาไทยด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
3. ชานนท์ สุปัญญา และ สุนทรี ทนวงศ์, 2547, งานวิจัยการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยเครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ, หน้า 11-14 และ หน้า 44-51.
4. ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, 2541, การศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารที่มีประโยชน์ทางการแพทย์จากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
5. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2542, คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองเรื่อง ลิดควิดโครมาโทกราฟีขั้นสูง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
6. โชคชัย พรหมแพทย์, 2537, ไม้สะเดาและการใช้สารสกัดสะเดาป้องกันกำจัดแมลง, ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์โอกรคอมมิวนิตี, หน้า 112-115.
7. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2536, สะเดา, หน้า 1-30.
8. Tonthubthimthong P, Chuaprasert S, Douglas P and Luewisutthichat W., 2001, **Supercritical Carbon dioxide Extraction of Nimbin from Neem Seeds – experimental study**, Journal of Food Engineering 47, Bangkok, Thailand, pp. 289 - 293.
9. อารณ สุราฤทธิ, 2543, เรื่องการศึกษาการสกัดนิมบินจากน้ำมันสะเดาโดยวิธีสกัดของเหลวด้วยของเหลว, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
10. สุรวทย์ กองสาสนะ, 2523, ความน่าจะเป็นและสถิติ, กรุงเทพฯ, หน้า 386 – 389.

11. ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, 2539, **เทคนิคการทำอะซาดิแรคตินให้เข้มข้นจากสิ่งสกัดโดยวิธีการดูดซับ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
12. ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2538, **เทคนิคทางเคมี**, สำนักพิมพ์ประกายพริก.
13. Jacqueline I. Kroschwitz, **Encyclopedia of chemical Technology Index Volume 1-25**.
14. Robert H., 1997, **Perry's Chemical Engineers' Handbook**, pp. 2-136 – 2-138.
15. อนันต์ชัย เชื้ออนรรรม, 2539, **หลักการวางแผนการทดลอง**, หน้า 327.
16. McGRAW - HILL, **Unit Operation of Chemical Engineering**, 6th, pp. 945-951.
17. รศ.แมน อมรสิทธิ์ และ ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา, 2544, **วัสดุวิศวกรรม**, หน้า 544.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณทางสถิติ

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณทางสถิติ การคำนวณหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนัก การคำนวณหาปริมาณความชื้นและปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเดาสดด้วยวิธีการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมตามการทดลองแบบลาดินสแควร์

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลการหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของเนื้อในเมล็ดสะเดาสด [16]

Mesh No.	ขนาดรูตะแกรง (μm)	น้ำหนักสะเดา(W_i) (g)	ขนาดรูเฉลี่ย (μm)	X_i	$X_i D_{pi}$ (μm)
8	2362	0.0	-	-	-
10	1651	30.9	2006	0.1030	206.6180
16	991	61.3	1321	0.2043	289.8803
20	833	83.1	912	0.2770	252.6240
25	673	12.3	753	0.0411	30.9483
30	542	74.2	608	0.2473	147.7440
40	370	30.7	456	0.1023	46.6488
60	246	6.8	308	0.0227	6.9916
ถาดรอง	0	0.7	123	0.0023	0.2829
รวม		300			962

ก.1 การคำนวณหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของเนื้อในเมล็ดสะเดาสด โดยใช้สะเดาสด 300 g

- การหาสัดส่วนของน้ำหนัก (X_i) (ตามสมการ ก-1)

$$\text{โดยที่} \quad X_i = \frac{w_i}{\sum w_i} \quad \dots \text{ก-1)}$$

เมื่อ

W_i คือ น้ำหนักของเมล็ดสะเดาสดที่อยู่บนชั้นตะแกรงแต่ละชั้น

$\sum W_i$ คือ น้ำหนักรวมของเมล็ดสะเดาสด

จากตารางที่ 1 ที่ Mesh No. 10 จะได้ $W_i = 30.9 \text{ g}$ $\sum W_i = 300 \text{ g}$

$$X_i = 30.9/300 = 0.1030$$

- การหาขนาดเฉลี่ยของสัณฐาน (D_{pi})

$$\text{จาก} \quad D_{pi} = (D_{p(n-1)} + D_{p(n)})/2 \quad \dots \text{ก-2)}$$

เมื่อ

$D_{p(n-1)}$ คือ ขนาดรูเปิดของตะแกรงที่เม็ลล์ตะเคาบคสามารถลอดผ่านได้

$D_{p(n)}$ คือ ขนาดรูเปิดของตะแกรงที่เม็ลล์ตะเคาบคไม่สามารถลอดผ่านได้

จากตารางที่ 1 ที่ Mesh No. 10 และ 16 โดยที่ขนาดรูตะแกรง 1651 และ 991 μm ตามลำดับ จะได้

$$\begin{aligned} D_{pi} &= (1651 + 991) / 2 \\ &= 1321 \mu\text{m} \end{aligned}$$

- การหาขนาดเฉลี่ยของอนุภาค (D_w)

$$\text{จาก} \quad D_w = \sum X_i D_{pi} \quad \dots \text{ก-3)}$$

จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะได้

$$\begin{aligned} D_w &= (2006 \times 0.1030) + (1321 \times 0.2043) + \dots + (123 \times 0.0023) \\ &= 962 \mu\text{m} \end{aligned}$$

ก.2 การวิเคราะห์หาความชื้น [17]

ซึ่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 4 ครั้ง ใส่ในภาชนะที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ ประมาณ 102-105 $^{\circ}\text{C}$ ประมาณ 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถสุญญากาศ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำอีกประมาณ 30 นาที หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ แล้วทำการหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = [(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ}] \times 100$$

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเมล็ดสะเดาสด

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม (g)	น้ำหนักสะเดาก่อนอบ (g)	น้ำหนักสะเดาหลังอบ (g)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1	1.3956	5.0004	4.8786	2.43
2	1.4226	5.0120	4.8921	2.39
3	1.5058	5.0127	4.8965	2.32
4	1.5010	5.0121	4.8905	2.42

การคำนวณหาปริมาณความชื้นเฉลี่ย

จากตารางที่ ก. 2 ครั้งที่ 1 โดยที่น้ำหนักสะเดาก่อนอบ 5.0004 g และน้ำหนักสะเดาหลังอบ 4.8786 g จะได้

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} &= [(5.0004 - 4.8786)/5.0004] \times 100 \\ &= 2.43 \text{ เปอร์เซ็นต์}\end{aligned}$$

จากตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นเฉลี่ย จะได้

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (ร้อยละ)} &= (2.43 + 2.39 + 2.32 + 2.42) / 4 \\ &= 2.39 \text{ เปอร์เซ็นต์}\end{aligned}$$

ก.3 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองนี้มีตัวแปร 3 ตัวที่มีผลต่อปริมาณนิมบินจากการสกัดเมล็ดสะเดาสด คือ ชนิดของตัวทำละลายรวม อุณหภูมิ และความดัน โดยแต่ละตัวแปรนั้นมี 4 ค่า ดังนั้นจึงทำการทดลองถึง 64 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งจะใช้เวลาาน สัปดาห์ค่าใช้จ่าย และสารเคมี ดังนั้นจึงได้ออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ เพื่อช่วยลดจำนวนครั้งของการทดลองให้คงเหลือการทดลองเพียง 16 ครั้ง และเนื่องจากมีตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว ในการทดลอง ซึ่งจัดแผนการทดลองเข้ากับแบบการทดลองดังกล่าวได้ โดยแต่ละแถวแนวนอนหรือแนวตั้งเป็นตารางที่สมบูรณ์ คือมีทุกตัวทำละลายทุกอุณหภูมิ และทุกความดัน หนึ่งๆ จะปรากฏการทดลองเพียงครั้งเดียว ซึ่งสามารถแสดงดังตารางที่ ก.3-1 โดยการวิเคราะห์แบบนี้สามารถถึงความแตกต่างเนื่องจากแถวแนวนอนหรือแถวแนวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้

ตารางที่ ก.3-1 สภาวะการสกัดนํ้ามันจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อุณหภูมิ (°C)	ตัวทำละลายร่วม			
	ความดันแก๊ส (MPa)			
	10	15	20	25
30	เมทานอล	เอทิลอะซิเตต	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล
35	เอทานอล	เมทานอล	เอทิลอะซิเตต	ไดคลอโรมีเทน
40	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล	เมทานอล	เอทิลอะซิเตต
45	เอทิลอะซิเตต	ไดคลอโรมีเทน	เอทานอล	เมทานอล

ตารางที่ ก.3-2 ปริมาณนํ้ามัน (mg/g neem seed) ที่สกัดได้

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณนํ้ามัน (mg/g neem seed)			
	ความดันแก๊ส (MPa)			
	10	15	20	25
30	0.0837	0.0658	0.0480	0.0563
35	0.0645	0.0765	0.0465	0.0401
40	0.0626	0.0867	0.0806	0.0455
45	0.0433	0.0643	0.0300	0.0990

ก.4 การคำนวณค่าความแปรปรวนสำหรับตารางลาตินสแควร์

นำข้อมูลจากตารางที่ ก.3-2 มาคำนวณค่าต่างๆ ดังแสดงผลที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ ก.4-1, ก.4-2 และ ก.4-3 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ ก.4-1 ผลรวมในแต่ละ Column และ Row

(Row i)	(Column j)				Row Total
	ความดันแก๊ส (MPa)				X_j
อุณหภูมิ (°C)	10	15	20	25	
30	0.0837	0.0658	0.0480	0.0563	0.2537
35	0.0614	0.0765	0.0465	0.0401	0.2244
40	0.0626	0.0867	0.0806	0.0455	0.2753
45	0.0433	0.0643	0.0300	0.0990	0.2366
X_i Column	0.2508	0.2932	0.2051	0.2409	0.9899
Total					

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมตาม Column ที่ 1 = $0.0837 + 0.0658 + 0.0480 + 0.0563 = 0.2537$

ผลรวมตาม Row ที่ 1 = $0.0837 + 0.0614 + 0.0626 + 0.0433 = 0.2508$

ตารางที่ ก.4-2 ผลรวมแต่ละค่าเฉลี่ยของตัวทำละลายร่วมในแต่ละการทดลอง

	ตัวทำละลายร่วม			
	เมทานอล	เอทานอล	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
ผลรวม X_p	0.3397	0.2343	0.2150	0.2010
ผลรวมเฉลี่ย $\bar{X}_p$	0.0849	0.0586	0.0537	0.0502

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมปริมาณนิมบินของเมทานอล = $0.0837 + 0.0765 + 0.0806 + 0.0990 = 0.3397$

ผลรวมเฉลี่ยปริมาณนิมบินของเมทานอล = $0.3397 / 4 = 0.0849$

ตารางที่ ก.4-3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแปร

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS) ($\times 10^4$)	Mean square (MS) ($\times 10^4$)	F	$F_{0.1}$
Row (อุณหภูมิ)	3	3.6677	1.2259	0.56	3.29
Column (ความดัน)	3	9.8509	3.2836	1.52	3.29
ตัวทำละลายรวม	3	29.7537	9.9179	4.61*	3.29
Error	6	21.9038	2.1506		
รวม	15	56.1762			

หมายเหตุ : * คือ ค่า F ที่มีปริมาณมากกว่าค่า $F_{0.1}$

$$\text{df ของ Row} = \text{จำนวน Row} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{df ของ Column} = \text{จำนวน Column} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{df ของ ตัวทำละลายรวม} = \text{จำนวนตัวทำละลายรวม} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{df ของรวม} = (\text{จำนวน Row} \times \text{จำนวน Column}) - 1 = (4 \times 4) - 1 = 15$$

$$\begin{aligned} \text{df ของ Error} &= \text{df ของรวม} - (\text{ผลรวมของ df ของ Row, ของ Column และ} \\ &\text{ของตัวทำละลายรวม}) \\ &= 15 - (3 + 3 + 3) = 6 \end{aligned}$$

การคำนวณ

$$\begin{aligned} 1. \text{ Correction term (C.T.)} &= X^2 \dots / r^2 \\ &= 0.9899^2 / 4^2 \\ &= 6.1244 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Total SS} &= \sum_{ij} X_{ij}^2 - \text{C.T.} \\ &= (0.0837^2 + 0.0614^2 + \dots + 0.0990^2) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\ &= (6.6861 \times 10^{-2}) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\ &= 56.1762 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

3. Row SS

$$\begin{aligned}
 &= \sum_i (X_i^2 / r) - C.T. \\
 &= ((0.2537^2 + 0.2244^2 + 0.2753^2 + 0.2365^2) / 4) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\
 &= (6.1611 \times 10^{-2}) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\
 &= 3.6678 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

4. Column SS

$$\begin{aligned}
 &= \sum_j (X_j^2 / r) - C.T. \\
 &= ((0.2508^2 + 0.2931^2 + 0.2050^2 + 0.2409^2) / 4) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\
 &= (6.2229 \times 10^{-2}) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\
 &= 9.8509 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

5. ตัวทำละลายรวม SS

$$\begin{aligned}
 &= \sum_p (X_p^2 / r) - C.T. \\
 &= ((0.3397^2 + 0.2343^2 + 0.2149^2 + 0.2009^2) / 4) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\
 &= (6.4219 \times 10^{-2}) - (6.1244 \times 10^{-2}) \\
 &= 29.7537 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

6. Error SS

$$\begin{aligned}
 &= \text{Total SS} - \text{Row SS} - \text{Column SS} - \text{ตัวทำละลายรวม SS} \\
 &= (56.1762 \times 10^{-4}) - (3.6678 \times 10^{-4}) - (9.8509 \times 10^{-4}) - (29.7537 \times 10^{-4}) \\
 &= 12.9038 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

7. Row MS

$$\begin{aligned}
 &= \text{Row SS} / df \\
 &= (3.6678 \times 10^{-4}) / 3 \\
 &= 1.2226 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

8. Column MS

$$\begin{aligned}
 &= \text{Column SS} / df \\
 &= (9.8509 \times 10^{-4}) / 3 \\
 &= 3.2836 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

9. ตัวทำละลายรวม MS

$$\begin{aligned}
 &= \text{ตัวทำละลายรวม SS} / df \\
 &= (29.7537 \times 10^{-4}) / 3 \\
 &= 9.9179 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10. \text{ Error MS} &= \text{Error SS} / \text{df} \\
 &= (12.9038 \times 10^{-4}) / 6 \\
 &= 2.1506 \times 10^{-4} \\
 11. \text{ Row F} &= \text{Row MS} / \text{Error MS} \\
 &= (1.2226 \times 10^{-4}) / (2.1506 \times 10^{-4}) \\
 &= 0.56 \\
 12. \text{ Column F} &= \text{Column MS} / \text{Error SS} \\
 &= (3.2836 \times 10^{-4}) / (2.1506 \times 10^{-4}) \\
 &= 1.52 \\
 13. \text{ ตัวทำละลายรวม F} &= \text{ตัวทำละลายรวม MS} / \text{Error MS} \\
 &= (9.9179 \times 10^{-4}) / (2.1506 \times 10^{-4}) \\
 &= 4.61
 \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์พบว่าตัวทำละลายรวมมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เนื่องจากมีค่า F มากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตารางที่ ก.7 [10] ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยดูจากค่า df ของตัวแปรเท่ากับ 3 และ df ของ Error เท่ากับ 6 ได้ค่า $F_{0.1}$ เท่ากับ 3.29

ก.5 การเปรียบเทียบ

จากการศึกษาจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ซึ่งหมายถึงการให้ค่าเฉลี่ยใดๆ เกิดขึ้นครั้งเดียวในการเปรียบเทียบครั้งหนึ่งๆ แสดงดังตารางที่ ก.5-1

ตารางที่ ก.5-1 ผลรวมแต่ละค่าเฉลี่ยของตัวทำละลายรวมในแต่ละการทดลอง

	ตัวทำละลายรวม			
	เมทานอล	เอทานอล	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
ผลรวม X_p	0.3397	0.2343	0.2150	0.2010
ผลรวมเฉลี่ย $\bar{X}_p$	0.0849	0.0586	0.0537	0.0502

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมปริมาณนิมบินของเมทานอล = $0.0837 + 0.0765 + 0.0806 + 0.0990 = 0.3397$

ผลรวมเฉลี่ยปริมาณนิมบินของเมทานอล = $0.3397 / 4 = 0.0849$

การศึกษาค่าตัวทำละลายร่วมใดที่ทำให้ผลการทดลองมีค่าปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเดาได้มากกว่า การคำนวณเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ ก.5-2

ตารางที่ ก.5-2 การคำนวณเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายร่วม

การเปรียบเทียบระหว่าง	ผลรวมของตัวทำละลายร่วม				ΣC^2_{ij}	L_i	SS
	(1)	(2)	(3)	(4)			
ตัวทำละลายร่วม	เมทานอล	เอทานอล	ไคคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต			
	0.3397	0.2343	0.2150	0.2010			($\times 10^4$)
(1) VS (2)	1	-1	0	0	2	0.1054	13.8864
(1) VS (3)	1	0	-1	0	2	0.1248	19.4532
(1) VS (4)	1	0	0	-1	2	0.1388	24.0644
(2) VS (3)	0	1	-1	0	2	0.0194	0.4680
(2) VS (4)	0	1	0	-1	2	0.0334	1.3903
(3) VS (4)	0	0	1	-1	2	0.0140	0.2450

จากตารางที่ ก.5-2 จะเห็นว่าในการเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายร่วมนั้นจะมีค่าตามอยู่

6 คำถามคือ

1. เมทานอล ให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณนิมบินมากกว่า เอทานอล หรือไม่
2. เมทานอล ให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณนิมบินมากกว่า ไคคลอโรมีเทน หรือไม่
3. เมทานอล ให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณนิมบินมากกว่า เอทิลอะซิเตต หรือไม่
4. เอทานอล ให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณนิมบินมากกว่า ไคคลอโรมีเทน หรือไม่
5. เอทานอล ให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณนิมบินมากกว่า เอทิลอะซิเตต หรือไม่
6. ไคคลอโรมีเทน ให้ผลการทดลองที่มีค่าปริมาณนิมบินมากกว่า เอทิลอะซิเตต หรือไม่

ตัวเลข 0, 1 และ -1 ในช่องผลรวมของตัวทำละลายร่วม (Column) เรียกว่า สัมประสิทธิ์ (Coefficient, C) ซึ่งสร้างขึ้นจากมูลฐานจากการเปรียบเทียบตามข้อ 1-6 เพื่อให้การเปรียบเทียบแต่ละคู่มีความยุติธรรม นั่นคือผลรวมของสัมประสิทธิ์ของแต่ละคำถามต้องเป็นศูนย์ ในการเปรียบเทียบ

ว่าตัวทำละลายร่วมใดให้ปริมาณนิมบินมากกว่ากัน พิจารณาจากการเปรียบเทียบผลคูณของค่าเฉลี่ยกับสัมประสิทธิ์ของทั้งสองตัวทำละลายร่วม เช่น คำถามที่ 1 จะได้

$$(+1)\bar{X}_1 + (-1)\bar{X}_2 = 0.3397 + (-0.2343) = 0.1054$$

ตัวเลข 0.1054 คือ ความแตกต่างของปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเดาระหว่างเมทานอลกับเอทานอล

ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างเมทานอลกับเอทานอล

1. คำนวณผลรวมของกำลังสองของ C

$$\sum_i C_{ij}^2 = (1)^2 + (-1)^2 = 2$$

2. คำนวณผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบ (L_i)

$$L_i = (1)(0.3397) + (-1)(0.2343) = 0.1054$$

3. การคำนวณ SS

$$SS = L_i^2 / n \sum_i C_{ij}^2 = [(0.1054)^2 / 4(2)] = 13.8864 \times 10^{-4}$$

ตารางที่ ก.5-3 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวทำละลายร่วม

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS) ($\times 10^4$)	Mean square (MS) ($\times 10^4$)	F	$F_{0.1}$
ตัวทำละลายร่วม	3	29.7537			
(1) VS (2)	1	13.8864	13.8864	6.31*	3.18
(1) VS (3)	1	19.4532	19.4532	8.84*	3.18
(1) VS (4)	1	24.0644	24.0644	10.93*	3.18
(2) VS (3)	1	0.4680	0.4680	0.21	3.18
(2) VS (4)	1	1.3903	1.3903	0.63	3.18
(3) VS (4)	1	0.2450	0.2450	0.11	3.18
Error	12	26.4225	2.2019		
Total	21	56.1762			

หมายเหตุ: กำหนดให้ เมทานอล แทนด้วย (1) ไคคลอโรมีเทน แทนด้วย (3)
เอทานอล แทนด้วย (2) เอทิลอะซิเตต แทนด้วย (4)

* คือ ค่า F ที่มีปริมาณมากกว่าค่า $F_{0.1}$

การคำนวณ

1. Error df = $21 - (3+1+1+1+1+1) = 12$
2. Error SS = Total SS - ตัวทำละลายรวม SS
 $= (56.1762 \times 10^{-4}) - (29.7537 \times 10^{-4})$
 $= 26.4225 \times 10^{-4}$
3. Error MS = Error SS / Error df
 $= (26.4225 \times 10^{-4}) / 12$
 $= 2.2019 \times 10^{-4}$
4. F = SS / Error SS
 $= (13.8864 \times 10^{-4}) / (2.2019 \times 10^{-4})$
 $= 6.31$

หมายเหตุ การหาค่า F ของการเปรียบเทียบที่ตัวทำละลายรวมการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.5-3

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ความแตกต่างของปริมาณนิมบินที่สกัดได้จากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและตัวทำละลายร่วมระหว่าง เมทานอลกับเอทานอล เมทานอลกับไคคลอโรมีเทน และเมทานอลกับเอทิลอะซิเตต มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากมีค่า F มากกว่าค่า $F_{0.1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตารางที่ ก.7 [10] ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยที่ df ของตัวทำละลายร่วมที่เปรียบเทียบกันเท่ากับ 1 และ df ของ Error เท่ากับ 12 ได้ค่า $F_{0.1}$ เท่ากับ 3.18 เมื่อทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างตัวทำละลายร่วมใดแล้วก็สามารถทราบได้ว่าตัวทำละลายร่วมใดที่มีผลทำให้ให้ปริมาณนิมบินจากการสกัดเมล็ดสะเดาได้มากกว่ากัน โดยดูที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าซึ่งแสดงในตารางที่ ก.5-1

สำหรับตัวทำละลายร่วม เมทานอลกับเอทานอล คือ 0.0849 กับ 0.0586 ดังนั้นเมทานอลที่ให้ปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเดา มากกว่า เอทานอลเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับตัวทำละลายร่วมเมทานอลกับไคคลอโรมีเทน คือ 0.0849 กับ 0.0537 ดังนั้นเมทานอลที่ให้ปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเดามากกว่าไคคลอโรมีเทน เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับตัวทำละลายร่วมเมทานอลกับเอทิลอะซิเตต คือ 0.0849 กับ 0.0502 ดังนั้นเมทานอลที่ให้ปริมาณนิมบินจากเมล็ดสะเดามากกว่าเอทิลอะซิเตต เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

ก.6 การสกัดด้วยวิธีช็อกเลตสุญญากาศ

ตารางที่ ก.6 ปริมาณนิมบิน (mg/g neem seed) จากการสกัดโดยใช้วิธีช็อกเลตสุญญากาศ

ตัวทำละลาย	เมทานอล	เอทานอล	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
ปริมาณนิมบิน (mg/g neem seed)	0.1005	0.0374	0.0971	0.1244

ก.7 เปอร์เซนไทล์การแจกแจงแบบ F

ตารางที่ ก.7 เปอร์เซนไทล์การแจกแจงแบบ F แสดงค่า $F_{0.1}$

Denominator d'	Probability of a larger F	Numerator d								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	.100	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86
	.050	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.0	238.6	240.1
	.025	647.8	799.3	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3
	.010	2052	4099.3	5403	6525	7366	8028	8528	8982	9367
	.005	1621.1	2000.0	2163.5	2250.0	23066	23457	23715	23925	24091
2	.100	8.33	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
	.050	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
	.025	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39
	.010	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39
	.005	198.5	199.0	199.2	199.2	199.3	199.3	199.4	199.4	199.4
3	.100	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
	.050	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
	.025	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47
	.010	34.12	30.82	29.46	28.31	27.24	27.01	27.07	27.48	27.55
	.005	55.55	49.80	47.47	46.19	45.39	44.84	44.43	44.13	43.86
4	.100	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
	.050	7.71	6.94	6.59	6.36	6.16	6.06	6.00	5.95	5.90
	.025	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90
	.010	21.50	18.00	16.66	15.99	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66
	.005	31.53	26.28	24.26	23.15	22.46	21.97	21.62	21.35	21.14
5	.100	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
	.050	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
	.025	10.01	8.43	7.76	7.38	7.15	6.98	6.83	6.76	6.68
	.010	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16
	.005	22.78	18.31	16.53	15.56	14.94	14.51	14.20	13.96	13.77
6	.100	3.78	3.46	3.28	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
	.050	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
	.025	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52
	.010	13.75	10.92	9.78	9.10	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98
	.005	18.65	14.54	12.92	12.03	11.46	11.07	10.79	10.57	10.39
7	.100	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
	.050	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
	.025	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82
	.010	12.25	9.53	8.45	7.85	7.46	7.18	6.99	6.84	6.72
	.005	16.24	12.40	10.86	10.05	9.22	8.66	8.29	8.08	7.94
8	.100	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
	.050	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
	.025	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36
	.010	11.26	8.65	7.58	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
	.005	14.69	11.04	9.60	8.81	8.30	7.95	7.69	7.50	7.34
9	.100	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
	.050	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
	.025	7.22	5.71	5.08	4.73	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03
	.010	10.56	8.02	6.95	6.38	6.00	5.74	5.55	5.39	5.25
	.005	13.61	10.11	8.72	7.96	7.47	7.13	6.88	6.69	6.54
10	.100	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
	.050	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
	.025	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78
	.010	10.14	7.54	6.48	5.91	5.54	5.28	5.09	4.92	4.77
	.005	12.83	9.43	8.06	7.34	6.87	6.54	6.30	6.12	5.97
11	.100	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27
	.050	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.93	2.89
	.025	6.72	5.26	4.63	4.27	4.04	3.87	3.75	3.66	3.59
	.010	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
	.005	12.23	8.91	7.60	6.88	6.42	6.10	5.86	5.68	5.54
12	.100	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21
	.050	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.83	2.80
	.025	6.53	5.07	4.44	4.08	3.85	3.68	3.56	3.47	3.39
	.010	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
	.005	11.75	8.51	7.23	6.52	6.07	5.76	5.52	5.35	5.20
13	.100	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16
	.050	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
	.025	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31
	.010	9.10	6.70	5.72	5.18	4.84	4.59	4.41	4.28	4.17
	.005	11.37	8.19	6.93	6.23	5.78	5.48	5.25	5.08	4.94
14	.100	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12
	.050	4.50	3.64	3.24	3.01	2.86	2.75	2.66	2.60	2.55
	.025	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.49	3.38	3.29	3.21
	.010	8.86	6.50	5.52	5.04	4.69	4.44	4.26	4.14	4.02
	.005	11.06	7.92	6.66	6.00	5.56	5.26	5.03	4.86	4.72

ภาคผนวก ข

วิธีการใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ขั้นตอนการทำความสะอาด การปิดเครื่อง และข้อพึงปฏิบัติในการใช้เครื่อง รวมทั้งการทำความสะอาดระบบในกรณีที่การสกัด ไม่สมบูรณ์

ข.1 วิธีการใช้เครื่องสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด

(Supercritical Fluid Extration, SFE)

1. เปิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สังเกต Valve ที่ปั๊มทั้ง 3 ตัว ปิดอยู่)
2. เปิดสวิตช์ ของปั๊ม A และปั๊ม B
3. เปิดสวิตช์ Controller
4. เปิดสวิตช์ Restrictor Temperature แล้วทำการ Calibrate ดังนี้

- กดปุ่ม Calibrate ที่ Restrictor1 ตั้งค่า ให้ได้ 5.07 แล้วปรับอุณหภูมิ Restrictor ให้มากกว่าจุดสกัดประมาณ 5°C และทำการ Calibrate Restrictor2 โดยทำเช่นเดียวกัน ปรับอุณหภูมิของ Restrictor 2 ให้มากกว่า ประมาณ 10°C

5. ตั้งค่าอุณหภูมิที่ผู้สกัด โดยกดปุ่ม PV/SV แล้วปรับค่า ขึ้น ลง ตามลูกศร เมื่อได้ค่าที่ต้องการแล้ว กดปุ่ม ENT

6. ทำการ Refill ปั๊ม A และปั๊ม B แต่ละตัว เริ่มต้นจากปั๊ม B ซึ่งเป็นปั๊ม modifier ก่อนดังนี้

- เปิด Valve ด้านขวาของปั๊ม B ให้สุด(หมุนทวนเข็มนาฬิกา) จากนั้นตั้งค่าต่างๆ ที่ Controller

- กดปุ่ม Menu เลือก 6 Multi Pump เลือก 4 Independent กดปุ่ม D (Previous)
- กดปุ่ม D Return กดปุ่ม D Select Pump กดปุ่ม B(CDb)
- ตั้งค่า Pressure โดยกดปุ่ม A ใส่ค่า Pressure ที่ต้องการกดปุ่ม Enter

- กด D Select Pump กดปุ่ม Refill กดปุ่ม B Refill Pump B ปั๊ม B จะทำการ Refill จนเต็ม (ความจุประมาณ 103 มิลลิลิตร ใช้เวลาไม่เกิน 2 นาที) พอ Refill เสร็จหน้าจอจะแสดงคำว่า Cylinder full ปิด Valve ด้านขวาของปั๊ม B ให้สนิท (หมุนตามเข็มนาฬิกา) สิ้นสุดการ Refill ปั๊ม B

7. ทำการ Refill ปัม A เริ่มต้นการตั้งค่า

- กดปุ่ม Menu เลือกปุ่ม 6 Multi Pump กดปุ่ม 3 Modifier กดปุ่ม D Previous กดปุ่ม D Return
- ตั้งค่า Pressure โดยกดปุ่ม A ใส่ค่า Pressure ที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม Enter
- กดปุ่ม Refill กดปุ่ม A Refill Pump A ปัม A จะทำการ Refill จนเต็ม (ความจุประมาณ 103 มิลลิลิตร ใช้เวลาไม่เกิน 2 นาที) พอ Refill เสร็จหน้าจอจะแสดงคำว่า Cylinder Full สิ้นสุดการ Refill ปัม A

8. ขั้นตอนการตั้งค่า Program การสกัด

- กด Extract Program กดปุ่ม C Program ตั้งค่าการสกัดตาม Condition ที่ใช้สกัด
- กด 1 Time เพื่อตั้งค่าเวลาในการสกัดโดยใส่ตัวเลขแล้ว กด Enter
- กด 2 Vol ปริมาตร CO_2 ที่ใช้ในการสกัดโดยใส่ตัวเลขแล้ว กด Enter
- กด 3 Press ความดันที่ใช้ในการสกัดโดยใส่ตัวเลขแล้ว กด Enter
- กด 10 % Mod เปอร์เซนต์ของ Modifier โดยใส่ตัวเลขแล้ว กด Enter
- กดปุ่ม B Option กดปุ่ม 2 Mode Menu เป็น Mode ที่ใช้ในการสกัด โดยผู้สกัดจะเลือก Model. Alternating (สกัดทีละ Chamber เริ่มจาก 1 ไป 2) หรือ 2. Simultaneous (สกัดพร้อมกันทั้ง 1 และ 2 Chamber) ตามต้องการ

- กด 1 Alternating กดปุ่ม Prev กดปุ่ม 6 Auto Refill Menu เลือกปุ่ม Auto Refill After Each Run กด D Prev กด D Prev กด D Prev สิ้นสุดการตั้งค่า Program

9. ขั้นตอนการเตรียม Sample เพื่อสกัด

นำตัวอย่างที่จะสกัดใส่เข้าไปใน Sample Cartridge โดยสังเกตด้านบนของผู้สกัดจะมีไฟบอก ถ้าไฟสีเขียวแสดงว่า สามารถเปิดช่องสำหรับใส่ Sample Cartridge ได้ หมุนฝาช่องสำหรับใส่ Sample Cartridge ของผู้สกัดออก นำ Sample Cartridge ที่เตรียมจะสกัดใส่ลงในช่องแล้วปิดฝาให้แน่น จากนั้นจึงเปิด Valve ปัม A และ Valve ปัม B ด้านซ้ายพร้อมๆ กันให้สุด (หมุนทวนเข็มนาฬิกา) สิ้นสุดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อสกัด

10. ขั้นตอนเริ่มต้นการสกัดสาร

- กดปุ่ม A Start 1 และปุ่ม B Start 2 ตามลำดับ เครื่องจะเริ่มสกัดจาก Chamber ที่ 1 จนเสร็จ แล้วเครื่องจะทำการ Auto Refill อัตโนมัติ และจึงสกัด Chamber ที่ 2 ต่อเนื่องจนเสร็จ เมื่อสกัดเสร็จก็เปลี่ยน Sample Cartridge ของสารที่สกัดตัวใหม่ ทำเช่นเดียวกันนี้จนสกัดเสร็จทุกตัวอย่าง

- เมื่อสกัดเสร็จทุกตัวอย่างแล้ว ต้องทำความสะอาดระบบก่อนจึงจะปิดเครื่อง

11. ขั้นตอนการทำความสะอาดระบบเมื่อสกัดสารเสร็จแล้ว

- นำ Sample Cartridge เปล่าใส่เข้าไปใน Chamber 1 และ Chamber 2 แล้วปิดฝาให้แน่น (การทำความสะอาดระบบจะทำได้โดยใช้ Program เดียวกับการสกัด)

- กดปุ่ม A Start 1 และกดปุ่ม B Start 2 ตามลำดับ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของเครื่องจะเหมือนขั้นตอนการสกัด ต่างกันตรงไม่ได้ตัวอย่างใน Sample Cartridge

- ทำความสะอาดระบบจนสะอาดโดยสังเกตจากหลอดที่ใส่ตัวอย่างว่าไม่มีสีหรือสารปนเปื้อนใดๆ ในหลอดเก็บสารตัวอย่าง

12. การปิดเครื่อง

- ที่ปุ่ม B ได้ระบบสารที่ใช้เป็นตัว Modifier ออกจาก ปุ่ม B ให้หมด โดยปิด Valve ด้านซ้ายของ ปุ่ม B ให้สนิท (หมุนตามเข็มนาฬิกา) แล้วเปิด Valve ด้านขวาของ ปุ่ม B ให้สุด (หมุนทวนเข็มนาฬิกา)

- กดปุ่ม Menu กดปุ่ม 6 Multi Pump

- กดปุ่ม 4 Independent กดปุ่ม D Previous กดปุ่ม D Return

- กดปุ่ม Pump Program กดปุ่ม D Select Pump

- กด B (CPb) กดปุ่ม Run ปุ่ม B จะป้อนสาร Modifier กลับคืนเข้าที่ขวดบรรจุเต็ม หน้าจอจะขึ้นว่า CYLINDER EMPTY

- กดปุ่ม Zero Pressure

- ปิด Valve ปุ่ม B ด้านขวาให้แน่นสนิท (หมุนตามเข็มนาฬิกา)

- ที่ปุ่ม A ไล่ CO₂ ออกให้หมดดังนี้

- ปิด Valve ที่ถัง CO₂ ให้แน่นสนิท กดปุ่ม Extract Program กดปุ่ม C (Program) กดปุ่ม C (Valve) หน้าจอแสดงดังนี้

1. SUPPLY -1 CLOSED

2. ANALYTE - 1 CLOSED

3. VENT - 1 OPEN

4. SUPPLY - 2 CLOSED

5. ANALYTE - 2 CLOSED

6. VENT - 2 OPEN

กดปุ่ม 1 SUPPLY - 1 OPEN

กดปุ่ม 4 SUPPLY - 2 OPEN

กดปุ่ม 2 ANALYTE - 1 OPEN

กดปุ่ม 5 ANALYTE - 1 OPEN

เมื่อทุก Valve เปิด ก๊าซ CO₂ จะออกมาทาง Vent Outlets จนหมด กดปุ่ม D PREV กดปุ่ม D PREVE หน้าจอกลับมา S-Mode กดปุ่ม Zero press Valve กลับสู่สภาวะปกติ

- ปิดสวิทช์ Restrictor Temperature Controller
- ปิดสวิทช์ SFX Controller
- ปิดสวิทช์ บีม A และบีม B
- ปิด Valve บีม A และปิด Valve บีม B ด้านซ้ายให้สนิท (หมุนตามเข็มนาฬิกา)

ข.2 ข้อพึงปฏิบัติในการใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด ISCO'S

1. รุ่มปลาย Tip ของ Restrictor ไว้ใน Solvent ตลอดเวลา มิฉะนั้นอาจทำให้ Heater ขาดได้
2. ห้ามหมุนปิดปลาย Tip จนสนิทการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ติดขัด เกิด Deposition ที่เพิ่มอุณหภูมิ 5-10°C อย่างตั้งอุณหภูมิให้สูงเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการสลายตัว หรือระเหยไป
3. ตั้งอุณหภูมิของ Restrictor ให้ต่ำกว่าหรือเท่ากับตู้สกัด
4. กรณีที่สารมีน้ำมากกว่า 30 % ให้ใช้สารดูดซับน้ำเช่น MgSO_4 หรือ ISCO Wet Support คลุกกับตัวอย่าง หรือ Glass wool ปิดตรงปลายที่ใส่ลงใน Cartridge
5. กรณีที่ต้องการสกัดภายใต้ความดันสูงกว่า 5000 psi ควรสกัดใน Mode ALT โดยสกัดตัวอย่างที่ 1 และ 2 สลับกัน (เนื่องจากความดันในระบบจะลดลงหากแบ่งเป็น 2 ข้าง)
6. เมื่อสกัดเสร็จแล้วให้ปิด Analyte valve ที่ตู้สกัด (อย่าปิดที่ Restrictor) และปิด Heater ที่ Restrictor ทันที ก่อนนำหลอด Vial ออกมา ให้ถัง (rise) ปลาย Restrictor ด้วย Solvent แล้วจึงนำหลอดออก หลังจากนั้นให้ใช้หลอด Vial ใหม่ที่มี Solvent ใส่เข้าไปแทน
7. เมื่อต้องการเก็บเครื่องในแต่ละวัน ให้ทำความสะอาดทั้งภายในตู้สกัดและ Restrictor โดยใช้ Cartridge เปล่า และผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ และ Modifier ในเงื่อนไขเดียวกับการสกัด เปลี่ยนหลอด Vial ที่รับใหม่ สกัดจนไม่มีสารออกมาปนกับ Solvent ในหลอดเก็บ แล้วจึงล้าง ปลาย Restrictor ด้วย Solvent อีกครั้ง

ข.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการสกัด

1. ตัวอย่างต้องเป็นของแข็งบดละเอียด หากเป็นของแข็งที่เปื่อยต้องมีน้ำน้อยที่สุด และต้องผสมกับสารดูดความชื้น เช่น MgSO_4 คลุกให้เข้ากันในปริมาณ 1:1 ห้ามใช้สารที่เป็นของเหลว
2. การบรรจุสารใน Cartridge ต้องบรรจุจนเต็ม หากมีที่ว่างด้านบนให้ใส่ทรายหรือ Glass wool ลงไปจนเต็ม

ข.4 การทำความสะอาดระบบในกรณีระบบเกิดการสกัดไม่สมบูรณ์ (Incomplete or partial extraction)

ในบางครั้งที่เกิดการสกัดไม่สมบูรณ์ เช่น มีการหยุดการสกัดกลางครัน ซึ่งอาจทำให้เกิดสารตกค้างอยู่ใน Chamber หรือ Restrictor ได้ ดังนั้นจึงควรที่จะทำความสะอาดระบบก่อนที่จะทำการสกัดต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการ Depressurize ระบบโดยปิด Supply valve เปิด Vent valve (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมหัวข้อที่ 4 Toggle valve menu)
2. เปิด Chamber เพื่อนำ Cartridge ออก และปิดฝา Chamber กลับไปให้สนิทดังเดิม
3. ปิด Valve ทั้งหมดของระบบเพื่อทำให้อุณหภูมิของ Chamber ให้ได้ตามที่ตั้งค่าเอาไว้ จากนั้นเปิด Supply valve เพื่อสร้าง Pressure ให้กับระบบ
4. เปิด Vent valve ประมาณ 2-3 วินาที และปิด Vent valve
5. เปิด Extract valve ประมาณ 60 วินาที และปิด Extract valve ระบบจะสะอาดและพร้อมที่จะทำการสกัดต่อไป

ภาคผนวก ค

สมบัติและส่วนประกอบของเครื่อง HPLC และวิธีการเข้าโปรแกรมเพื่อหาความหนาแน่นและ ค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์และตัวทำละลายร่วม

บทนี้กล่าวถึงสมบัติและส่วนประกอบของเครื่อง HPLC และวิธีการเข้าโปรแกรมเพื่อหาค่าความหนาแน่นและค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์และตัวทำละลายร่วม

ก. 1 High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [5]

ลิควิดโครมาโทกราฟี คือเทคนิคการทำโครมาโทกราฟีที่ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นของเหลวส่วนเฟสที่อยู่กับที่เป็นของแข็งหรือของเหลวที่เคลือบเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ อยู่บนของแข็ง โดยอาศัยหลักการที่สารแต่ละชนิดซึ่งผสมกันอยู่สามารถแยกออกจากกันได้ เนื่องจากความแตกต่างของแรงยึดจับของเฟสที่อยู่กับที่ สำหรับ HPLC เป็นเทคนิคหนึ่งของ liquid chromatography แบบคอลัมน์ ส่วนเฟสเคลื่อนที่เป็นของเหลว ซึ่งพาสารต่างๆ ออกไปจากคอลัมน์โดยใช้ความดันสูง เพื่อให้สารต่างๆ ในตัวอย่างแยกออกจากกัน และผ่านคอลัมน์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการแยกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ HPLC ใช้ได้ทั้งในการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยๆ หรือใช้กับสารปริมาณมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของคอลัมน์และตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ด้วย สำหรับการวิเคราะห์สารด้วย HPLC สารตัวอย่างที่ต้องการแยกจะถูกฉีดเข้าเครื่อง และตัวอย่างจะถูกพาเข้าไปในคอลัมน์โดยเฟสเคลื่อนที่นั่นคือตัวทำละลายที่ใช้ในการแยกสารแต่ละชนิด ซึ่งถูกดูดเข้าไปในเครื่องโดยปั๊ม และอัดเข้าไปในคอลัมน์อย่างสม่ำเสมอ และมีเครื่องวัดสารตัวอย่างที่แยกออกจากคอลัมน์พร้อมทั้งวิเคราะห์สารตัวอย่างเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

เครื่อง HPLC ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้คือ

1. ปั๊ม ทำหน้าที่ปั๊มตัวทำละลายที่ผ่านการไล่ก๊าซ (Degassing) เข้าสู่คอลัมน์ด้วยความดันอย่างน้อย 1000 psi และควบคุมอัตราการไหลของตัวทำละลาย
2. คอลัมน์ ทำด้วยสแตนเลสมีขนาดความยาว 15-150 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2-3 มิลลิเมตร สารที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นของแข็งที่ถูกดูดซับ ได้แก่ ซิลิกาและอะลูมินา อีกชนิดหนึ่งเป็นของเหลวบางบนของแข็ง เช่น เอมีน, ไนไตร, ออกทิล และออกตะดีซิล เป็นต้น

3. ดีเทกเตอร์ เป็นส่วนที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของสารตัวอย่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของสาร เช่นสารที่ดูดแสงในช่วงอุตราไวโอเลตจะใช้ยูวี-ดีเทกเตอร์(UV-detector) ส่วนสารประเภทเรืองแสงใช้ฟลูออเรสเซนซ์(Fluorescence detector) และสำหรับสารที่ดูดแสงมากและไม่เรืองแสงวัดความเข้มข้นโดยเปรียบเทียบจากดัชนีหักเหของแสงคัลคูล์เรฟเล็กทีฟดีเทกเตอร์(Reflective detector)
4. ส่วนฉีดยาตัวอย่าง สามารถทำได้ทั้งการฉีดยาตัวอย่างด้วยเข็มฉีดยา โดยบริเวณที่ฉีดอยู่ที่ปัม และสามารถฉีดแบบอัตโนมัติในช่องใส่ตัวอย่าง
5. Recorder เป็นส่วนบันทึกผลที่ได้จากดีเทกเตอร์ แสดงค่าเป็นพีคของสารต่างๆ รวมทั้งคำนวณผลของ retention time ของพื้นที่หรือความสูงของพีคของสารแต่ละตัว

ก.2 วิธีการเข้าโปรแกรมเพื่อหาค่าความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์และตัวทำละลายร่วมกับชนิดของตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ และความดันต่างๆ กัน

1. Window XP เข้าโปรแกรมโดยกด F8 จากนั้นหน้าจอจะขึ้นโปรแกรมต่างๆ เลือก Safe Mode with Command Prompt แล้วกด Enter
2. หน้าจอจะขึ้น Microsoft Window XP Professional แล้วกด Enter รอสักครู่
3. หน้าจอจะขึ้น Document and Setting \ Administertor > แล้วพิมพ์ a: แล้วกด Enter พิมพ์ sfe กด Enter
4. หน้าจอจะขึ้น SF – Solver < TM> (ตัวสี่เหลี่ยม) แล้วกด Enter
5. เลือก Main Program แล้วกด Enter
6. เลือก Edit แล้วกด Enter
7. เลือก Create Fluid แล้วกด Enter
8. พิมพ์สมบัติของตัวทำละลายที่ต้องการหา เช่น เมทานอล (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 2.2)

Formula	CH ₃ OH	(กด Enter)
Name	Methanol	(กด Enter)
P _c in BAR	80.9	(กด Enter)
T _c in °C	240.1	(กด Enter)
V _c (ml/mol)	119.8	(กด Enter)
Omega	0.5560	(กด Enter)
Molecular Weight (g/mol)	32.04	(กด Enter)

เมื่อพิมพ์สมบัติต่างๆ จนครบแล้ว กด Enter ซึ่งข้อมูลจะเก็บบันทึกไว้ในโปรแกรมแล้ว

9. กด ESC ที่อยู่ที่แป้นพิมพ์เพื่อกลับไปยังเมนูหลัก แล้วเลือก Edit กด Enter

10. เลือก Binary Fluid (Create) กด Enter

11. ใส่ข้อมูลโดยกดลูกศรขึ้นลงที่เป็นพิมพ์เพื่อหาตัวทำละลายที่เราได้เก็บบันทึกไว้ดังข้อ 8 เช่น ถ้าใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายร่วมและใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย หน้าจอจะขึ้น

Compose Binary Fluid

Fluid Formular : CO_2 (กด Enter)

Modifier Formular : CH_3OH (กด Enter)

Mole Fraction of Modifier : 0.0615 (กด Enter)

เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วกด Enter

12. พิมพ์ข้อมูลลงไปโปรแกรม ดังนี้ เช่น

Name Binary Fluid File

Bin Fluid Formular : $\text{CO}_2/\text{CH}_3\text{OH}$ (กด Enter)

Name Bin Fluid : Methanol in CO_2 (กด Enter)

Save to Bin File : >>>>> (กด Enter)

13. หน้าจอจะขึ้น

Parameters

Formular : $\text{CO}_2/\text{CH}_3\text{OH}$

Name : Methanol in CO_2

P_c in BAR : 75.8

T_c in $^{\circ}\text{C}$: 43.7

V_c (ml/mol) : 94.87

Omega : 0.2242

Molecular Weight (g/mol) : 43.27

14. กด ESC เพื่อกลับไปเมนูหลัก เลือก PDT Curve แล้วกด Enter

15. เลือก Bin Fluid แล้วกด Enter

16. เลือก T-P range แล้วกด Enter หน้าจอจะขึ้น ดังนี้ แล้วพิมพ์ตัวเลขให้ครบ เช่น

$\text{CO}_2/\text{CH}_3\text{OH}$

Minimum Pressure Bar : 100 (กด Enter)

Maximum Pressure Bar : 250 (กด Enter)

Minimum Temp. $^{\circ}\text{C}$: 30 (กด Enter)

Maximum Temp. : 45 (กด Enter)

Name Of Isoterm (1-9) : 4 (กด Enter)

17. หน้าจอจะอยู่ที่ View แล้วกด Enter

18. หน้าจอจะขึ้นรูปกราฟ 4 เส้น ที่อุณหภูมิต่างๆ กันไป 4 อุณหภูมิ เพราะเราได้กำหนดไว้ 4 ค่าตามข้อ 16 โดย แกน x เป็น Pressure in Bar

แกน y ซ้ายมือ เป็น Density ในหน่วย g/ml

แกน y ขวามือ เป็น Solubility ในหน่วย Hild

ที่กรอบซ้ายมือจะขึ้นค่าอุณหภูมิ ค่าความหนาแน่น และค่าการละลาย เช่นที่ 100 Bar ดังนี้

Temp in °C	Dens in g/ml	Solub in Hild
30	0.860	7.663
35	0.869	7.743
40	0.784	6.988
45	0.732	6.519

เมื่อลากเมาส์จากซ้ายไปขวาที่ความดันต่างๆ กันเพื่อหาค่าความหนาแน่นและค่าการละลายที่ขึ้นมาดังข้างต้น

19. ออกจากโปรแกรม โดยกด ESC จนกว่าจะถึงหน้าจอหลัก แล้วเลือก Main Menu กด Enter เลือก Quit แล้วกด Enter

20. หน้าจอจะขึ้น

A : \Sf Solver > cd \

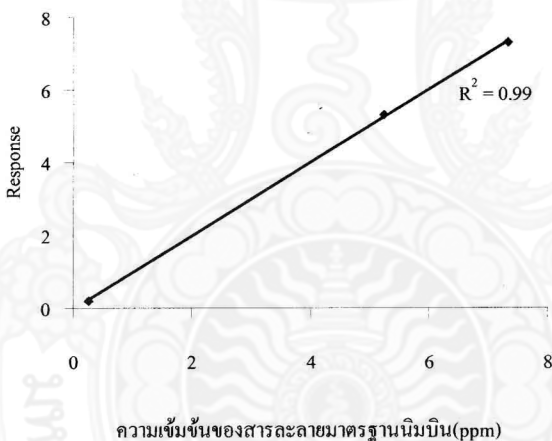
A : \> พิมพ์ c: แล้วกด Enter

ภาคผนวก ง

กราฟมาตรฐานของสารละลายนิมบิน และค่า Response ที่อ่านได้จากเครื่อง HPLC

บทนี้จะกล่าวถึงกราฟมาตรฐานของสารละลายนิมบินและค่า Response ที่อ่านได้จากเครื่อง HPLC รวมทั้งตัวอย่างของโครมาโทแกรมของสารที่ได้จากการสกัดเปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานนิมบิน

ง.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายนิมบิน



รูปที่ ง.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายนิมบิน

ตารางที่ ๖.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิมบินสำหรับการสร้างกราฟมาตรฐาน

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน	
(mg/l)	Response
7.340	7.3147
5.250	5.2885
0.263	0.2003

สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณนิมบิน

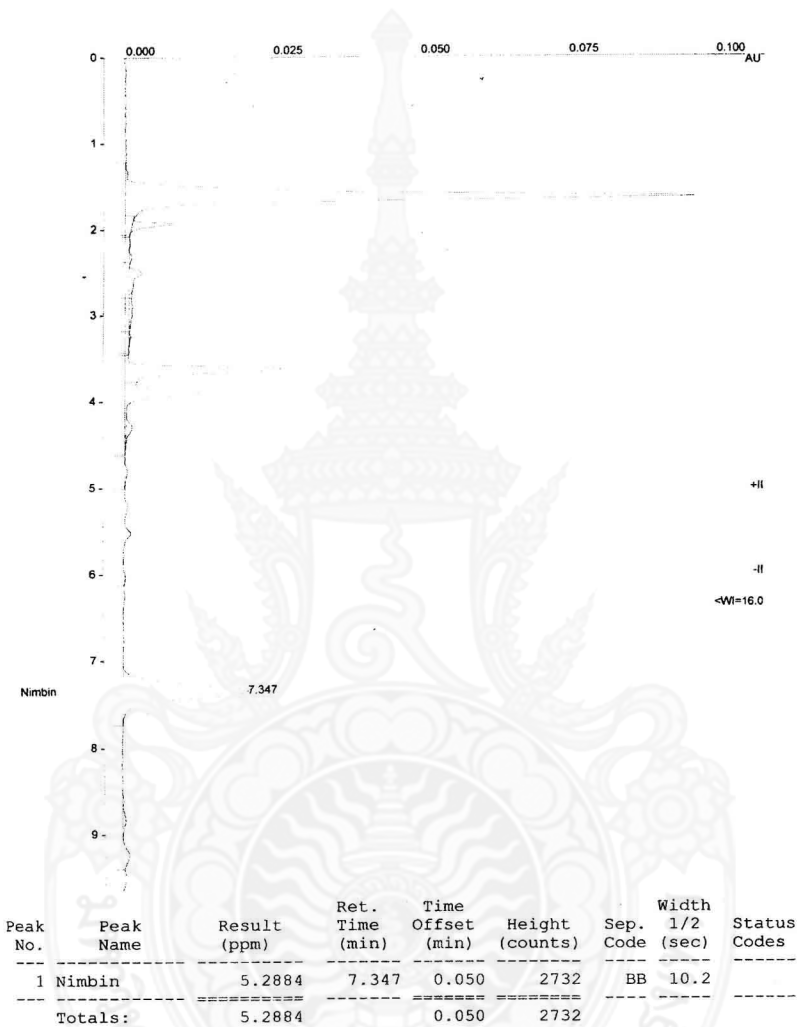
- คอลัมน์ : Phenomenex, Sphere Clone 5 μ ODS(2)
ยาว 250 x 4.60 mm, 5 micron
- สารละลายตัวพา : อัตราส่วนอะซิโตนไตรคลอโรน้า เท่ากับ 60:40
- อัตราการไหล : 1.0 ml/min
- ปริมาตรที่ฉีด : 20 μ l
- อุณหภูมิของคอลัมน์ : 40-50 $^{\circ}$ C
- เครื่องตรวจวัด : Diode array detector ที่ความยาวคลื่น 234 nm

ง.2 โครมาโทแกรม

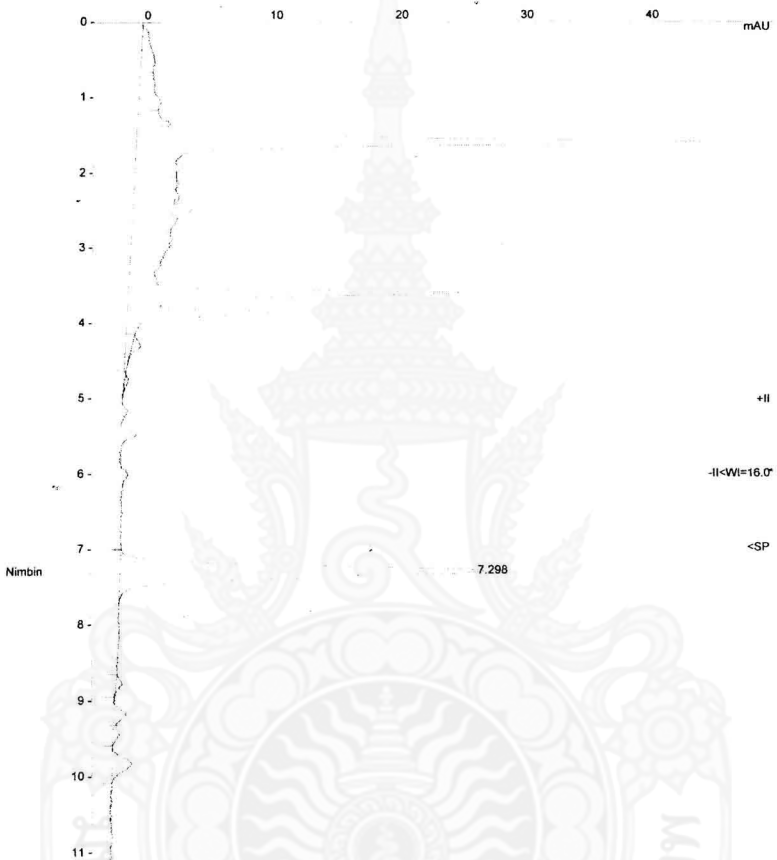


Peak No.	Peak Name	Result (ppm)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Height (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1	Nimbin	0.2003	7.271	-0.026	103	BB	8.5	
Totals:		0.2003		-0.026	103			

รูปที่ ง.2-1 โครมาโทแกรมของพืชสารละลายมาตรฐานนิมบินความเข้มข้น 0.263 ppm

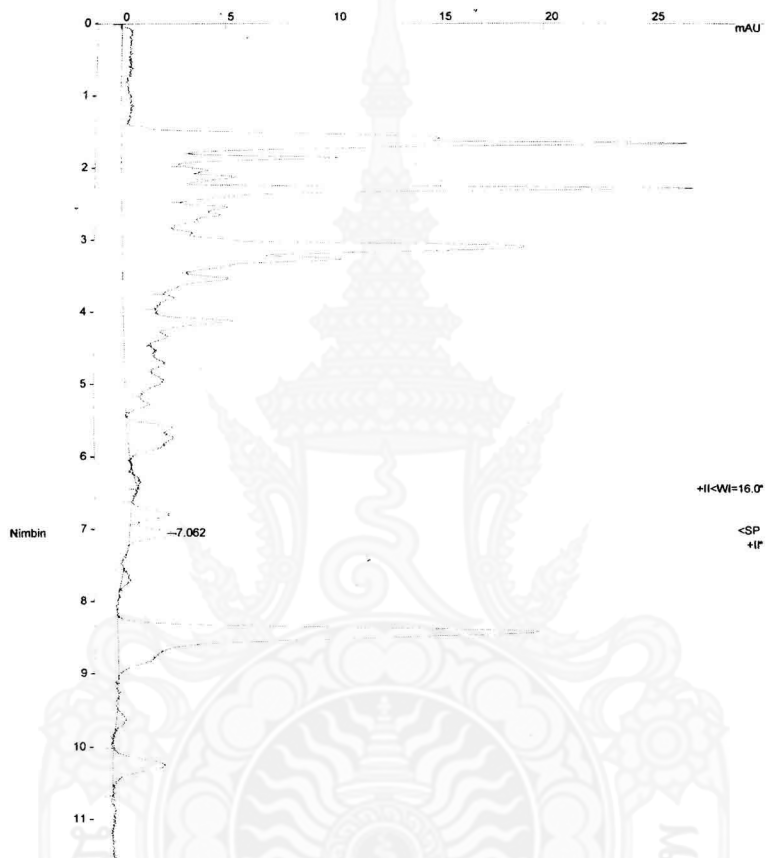


รูปที่ ง.2-2 โครมาโทแกรมของพีคสารละลายมาตรฐานนิมบินความเข้มข้น 5.25 ppm



Peak No.	Peak Name	Result (ppm)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Height (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1	Nimbin	7.3147	7.298	0.001	3778	VB	10.1	
Totals:		7.3147		0.001	3778			

รูปที่ ง.2-3 โคโรนาโทแกรมของพืชสารละลายมาตรฐานนิมบิโนความเข้มข้น 7.34 ppm



Peak No.	Peak Name	Result (ppm)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Height (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1	Nimbin	11.2562	7.062	-0.235	291	VB	8.0	
Totals:		11.2562		-0.235	291			

รูปที่ ง.2-4 โครมาโทแกรมของพีคสารละลายนินบิน

ที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ 30°C และความดันคงที่ 25 MPa

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ

นางสาวปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง

Miss Pathumthip Tonthubthimthong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

2.1 ทางด้านวิชาการ อาจารย์ 2 ระดับ 7

2.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าแผนกวิจัย ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

แผนกวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 คอ 1195, 1210, 1201 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 คอ 1195

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. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ การดูแลรักษา การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การพัฒนากระถางต้นไม้จากไยมะพร้าว
- การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา
- กระถางต้นไม้ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ
- กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

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

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

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, “การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

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

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

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

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon, W. and Pengsopa, L., "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, 2002, AIT, Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon W. and Pengsopa, L., "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, 2001, Halifax, Nova Scotia, Canada. (ผู้วิจัย)

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

Local Conference

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, มาริสา จินะคิมฐ์, สุรัตน์ บุญพึง, วรากรณ์ ชนะกุลรังสรรค์, จิราวัฒน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไ้มักง "การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร" การประชุม สัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

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

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, จุฑาลักษณ์ จีระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล, การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการตัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไดโพลีฟอสเฟต, การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20, 11 – 13 กุมภาพันธ์ 2547, โรงแรมอมรินทร์ ลาภาน, อำเภอเมือง, จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภะ, การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและคาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด, 2546, การประชุมวิชาการและงานแสดงผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29, 20-22 ตุลาคม 2546, ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภะ, การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด : ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12, 8-9 พฤศจิกายน 2545, โรงแรมโซทนิท ทาวเวอร์, กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ และ วิไล ลือวิสุทธิชาติ, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด, 2543, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10, 26-28 ตุลาคม 2543, ไบเทค, บางนา, กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ชนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และ ฉันทมณี วงสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยแล้วประมาณ 70 %

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, โสริยา ชินาคม, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และ ฉันทมณี วงสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัว

หน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลู่วิ่ง
แล้วประมาณ 70 %

พรประสิทธิ์ คงบุญ, ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มณฑล ชูโชนาค และสมจิตร์ สุขสวัสดิ์,
“การกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากบ
ประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลู่วิ่งแล้วประมาณ 50 %

