

การหาข้อมูลสมดุขของการสััดนำ้มนงาโดยใ้
นอร์มอลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50259

วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

b.....

i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**The Developing of Equilibrium Diagram for Sesame Oil Extraction
by normal Hexane Solvent**



**A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements For the
Degree of Bachelor of Chemical Engineering Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การหาข้อมูลสมมูลของการสกัดน้ำมันงาโดยใช้นอร์มอลเฮกเซนเป็นตัว
ทำละลาย
โดย นาย ธีระพล จตุรกุลเทวัญ รหัสประจำตัว 42010538
 นางสาว ปิยนาด สุขนาม รหัสประจำตัว 42010564
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรม
ศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ
(รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา)

.....กรรมการ
(อาจารย์ รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ วลัยรัตน์ สุขสมัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การหาข้อมูลสมดุลของการสกัดน้ำมันงาโดยใช้นอร์มอลเฮกเซนเป็นตัว
ทำละลาย
โดย นาย ธีระพล จตุรกุลเทวัญ รหัสประจำตัว 42010538
 นางสาว ปิยนาด สุขนาม รหัสประจำตัว 42010564
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ธีรรัตน์ฤดี เบญจางคประเสริฐ
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาข้อมูลสมดุลในกระบวนการสกัดน้ำมันงา โดยใช้นอร์มอลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ข้อมูลที่ได้จะนำมาสร้างกราฟสมดุลของกระบวนการสกัดน้ำมันงาระหว่างปริมาณน้ำมันและปริมาณของแข็งในวัฏภาคของเหลวและวัฏภาคของแข็ง (overflow and underflow) ในการทดลองได้ทำการสกัดน้ำมันโดยใช้อัตราส่วนโดยมวลของเมล็ดงาต่อตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนดังนี้ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 ซึ่งในแต่ละอัตราส่วนจะเป็นกระบวนการสกัดสวนทางกันแบบกึ่งกะ (semi-batch countercurrent extraction) เพิ่มจำนวนขั้นของการสกัดจนถึงสี่ขั้น (4 stages) เมื่อถึงสมดุลในแต่ละครั้งของการสกัด จะนำสารที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในทั้งสองวัฏภาค เพื่อสร้างกราฟสมดุล จากการทดลองพบว่าสามารถสกัดน้ำมันได้ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์

Report Title Developing of Equilibrium Data for Sesame Oil Extraction by Normal Hexane Solvent

By Mr. Theerapol Jaturakultaewan ID. 42010538
Ms. Piyanart Supanam ID. 42010564

Advisor Assoc.Prof.Dr. Prakob Kitchaiya

Co-Advisor Miss Ruenrudee Benjangkprasert

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project is to find the equilibrium data of sesame oil extraction using normal hexane as a solvent and to plot the equilibrium diagram. Sesame seeds were extracted in different sesame seed-normal hexane ratios (by weight) that were 1:3, 1:4, 1:5 and 1:6. Each of the ratio was processed as four-stages semi-batch countercurrent extraction. When equilibrium between liquid phase and slurry phase of each stage was established, the samples were taken to determine the oil and solvent contents and dry-solid of the two phases by evaporating the solvent and weighing each fractions were used to plot the equilibrium diagram between oil content and dry-solid content of the two phases. It was found that 98% of oil could approximately be removed from sesame seeds.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่าย
คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา และอาจารย์ รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้
ความรู้ คำแนะนำ และตรวจแก้ไขโครงงาน ทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

อาจารย์ วลัยรัตน์ สุขสมัย ที่ให้กรุณาตรวจแก้ไขรายงาน โครงงานในภาคเรียนที่ 1 และสละ
เวลาในการสอบ โครงงาน

คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ และ คุณธีระโชติ ศรีธีระวิโรจน์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี
ที่ให้ความช่วยเหลือในการเบิกใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลอง และให้คำปรึกษาต่างๆ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบุพการี รุ่นพี่ และเพื่อนทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้
และให้คำปรึกษาโดยตลอด หากมีข้อผิดพลาดประการใดคณะผู้จัดทำขอน้อมรับและขอภัยไว้
ณ ที่นี้



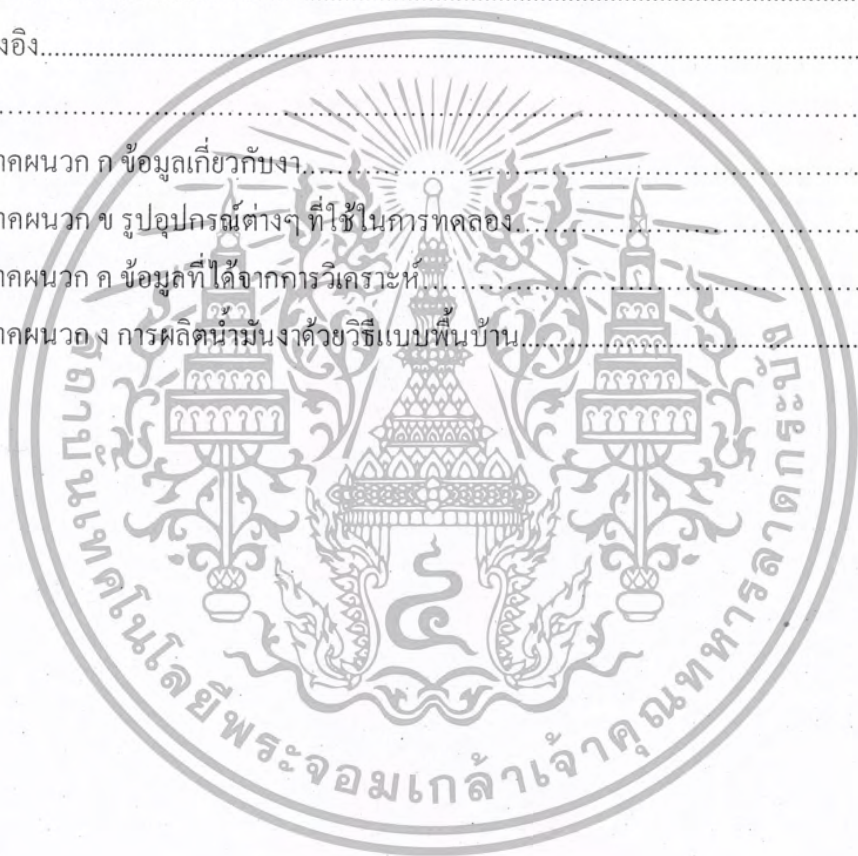
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	7
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	3
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันงา.....	4
2.1 น้ำมันงา.....	4
2.2 วิตามินและแร่ธาตุในงา.....	4
2.3 สารกันหืนธรรมชาติในงา.....	5
บทที่ 3 ความรู้เกี่ยวกับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมัน.....	7
3.1 การประยุกต์ใช้งาน.....	7
3.2 ทฤษฎีและการทดลองเกี่ยวกับการสกัด.....	8
3.3 ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมัน.....	15
3.4 กระบวนการผลิตน้ำมันพืช.....	19
3.5 การสกัดน้ำมันงา.....	21
บทที่ 4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิธีการคำนวณ.....	22
4.1 กระบวนการสกัดของแข็งด้วยตัวทำละลาย (Leaching).....	22
4.2 การเตรียมวัสดุสำหรับกระบวนการสกัด.....	22
4.3 วิธีการดำเนินกระบวนการสกัด.....	23
4.4 ความสัมพันธ์ที่จุดสมดุล.....	23
4.5 กระบวนการสกัด (Leaching) แบบขั้นเดียว (single stage).....	24
4.6 กระบวนการสกัดแบบกระแสสวนทางหลายขั้น.....	25
4.7 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดโดยตัวทำละลาย.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

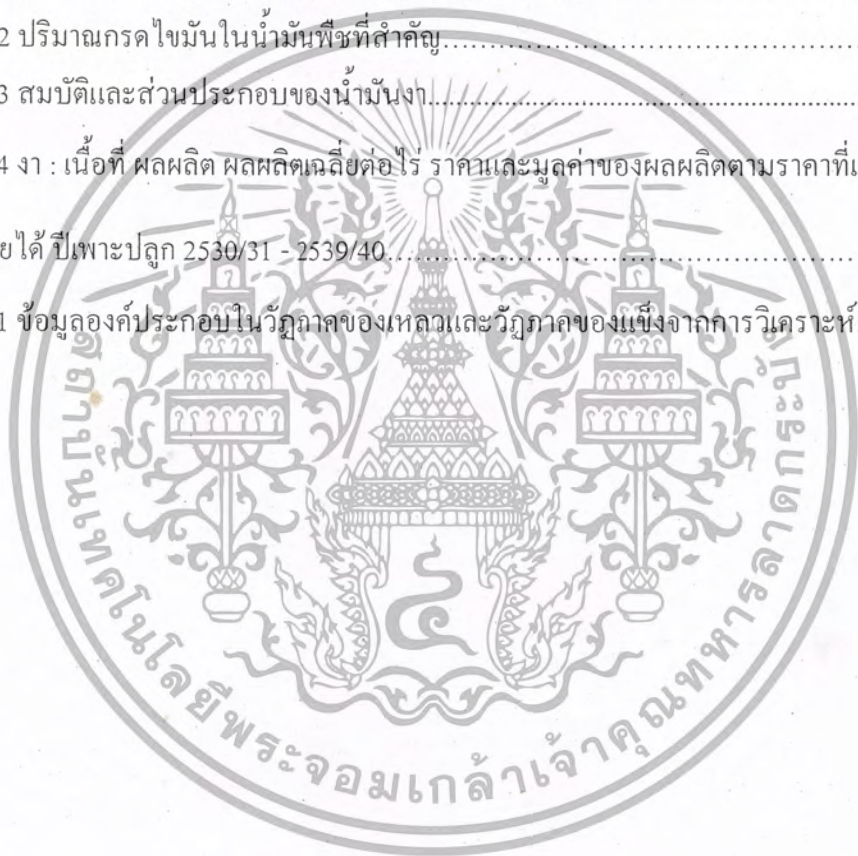
บทที่ 5 การดำเนินการทดลอง.....	27
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
5.2 วิธีการทดลอง.....	27
บทที่ 6 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	33
6.1 ผลการทดลอง.....	33
6.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	37
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	38
7.1 สรุปผลการทดลอง.....	38
7.2 วิจารณ์การทดลอง.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก.....	41
ภาคผนวก ก ข้อมูลเกี่ยวกับงาน.....	42
ภาคผนวก ข รูปอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง.....	45
ภาคผนวก ค ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์.....	50
ภาคผนวก ง การผลิตน้ำมันงาด้วยวิธีแบบพื้นบ้าน.....	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างสมบัติของเฮกเซนเกรดการค้าที่ขายในสหรัฐ	16
ตารางที่ 6-1 น้ำหนักของเมล็ดงาหลังจากผ่านการอบที่เวลาต่างๆ และอบในชั้นตอนสุดท้าย.....	33
ตารางที่ 6-2 เปอร์เซนต์ความชื้นของเมล็ดงาเมื่อผ่านการอบที่เวลาต่างๆ.....	33
ตารางที่ 6-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันงาในสารละลายในการสกัดของแต่ละอัตราส่วนที่เวลา ต่างๆ.....	34
ตารางที่ 6-4 ข้อมูลสมมูลเพื่อใช้สร้างกราฟสมมูลของการสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซน	35
ตารางที่ ก-1 คุณค่าทางอาหารเป็นร้อยละของพืชน้ำมันแต่ละชนิด.....	42
ตารางที่ ก-2 ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันพืชที่สำคัญ.....	42
ตารางที่ ก-3 สมบัติและส่วนประกอบของน้ำมันงา.....	43
ตารางที่ ก-4 งา : เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกี่ยวข้อง ขายได้ ปีเพาะปลูก 2530/31 - 2539/40.....	44
ตารางที่ ค-1 ข้อมูลองค์ประกอบในวิภาคของเหลวและวิภาคของแข็งจากการวิเคราะห์.....	50



สารบัญภาพ

รูปที่ 3-1 กราฟการสกัดด้วยตัวทำละลาย.....	10
รูปที่ 3-2 กราฟการสกัดเมล็ดพืชที่บดแล้วด้วยตัวทำละลาย.....	12
รูปที่ 3-3 อัตราเร็วในการสกัดของเมล็ดน้ำมันที่บดแล้วต่างๆ.....	14
รูปที่ 4-1 รูปแบบกราฟสมมูล.....	24
รูปที่ 4-2 รูปแบบของกระบวนการสกัดแบบต่อเนื่อง.....	25
รูปที่ 4-3 กระบวนการสกัดแบบกระแสนวนทางหลายชั้น.....	26
รูปที่ 5-1 กระบวนการสกัดแบบหลายขั้นตอน.....	32
รูปที่ 6-1 กราฟสมมูลของการสกัดน้ำมันงาโดยใช้โซลเวนต์เป็นตัวทำละลาย.....	36
รูปที่ 6-2 แผนภูมิ x_A-y_A สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันงา.....	36
รูปที่ ข-1 เครื่องบดงา.....	45
รูปที่ ข-2 ตู้อบ.....	45
รูปที่ ข-3 เครื่องเขย่า.....	46
รูปที่ ข-4 ขวดรูปหม้อที่ใช้ทำการสกัด.....	46
รูปที่ ข-5 ชุดอุปกรณ์สกัด(Soxxhlet).....	47
รูปที่ ข-6 ชุดสกัดที่ใช้อุปกรณ์หล่อเย็นต่างกัน.....	47
รูปที่ ข-7 ส่วนประกอบของชุดสกัด(Soxxhlet).....	48
รูปที่ ข-8 ชุดอุปกรณ์กลั่น.....	49
รูปที่ ข-9 การระเหยตัวทำละลายในการหาปริมาณน้ำมัน.....	49
รูปที่ ค-1 กราฟสมมูลของการสกัดน้ำมันงา(ไม่มีเส้นแนวโน้ม).....	52
รูปที่ ค-2 แผนภูมิ x_A-y_A สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันงา(ไม่มีเส้นแนวโน้ม).....	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา [1]

งา (Sesame) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum L.* หรือเรียกทั่วไปว่า งาขาว งา เป็นพืชล้มลุกมีเมล็ดเล็ก สีขาว สีดำ หรือสีแดง ใช้ปรุงอาหารหรือสกัดน้ำมัน มีการใช้เมล็ดและน้ำมันงาอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ใช้ในขนมไทยหลายชนิด ใช้ในอุตสาหกรรมทำขนมปัง และในต่างประเทศ เช่น ในประเทศญี่ปุ่นใช้ทอดเทมปุระ รวมทั้งการใช้น้ำมันงาในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สี เครื่องสำอาง และน้ำมันหล่อลื่น ในทางการแพทย์ใช้น้ำมันงา ทั้งในแผนปัจจุบัน และแผนโบราณ จึงเห็นได้ว่างาเป็นพืชที่มีคุณค่าและน่าสนใจที่จะศึกษาอย่างยิ่ง

เมล็ดงามีขนาดเล็ก มีรสหวานเล็กน้อย มีไขมัน เมล็ดงามีน้ำมันสูงประมาณ 35-60 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดงาเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพสูง มีความคงทนต่อการเหม็นหืนเนื่องจากน้ำมันงามีสารเซซามิน (sesamin) และเซซามอลิน (sesamol) อยู่ตามธรรมชาติประมาณ 0.5 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ และ 0.3 ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารทั้งสองชนิดเป็นสารกันหืนธรรมชาติ ทำให้มีความต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ดังนั้นไม่จำเป็นต้องใช้สารกันหืน น้ำมันงาก็สามารถเก็บได้ในสภาวะปกติ นอกจากนี้ น้ำมันงายังประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประมาณ 42 ถึง 48 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาคผนวก ก การมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิก จะช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งเป็นโรคที่เป็นสาเหตุการเสียชีวิต 1 ใน 10 ของโลกได้งามีโปรตีนประมาณ 20 ถึง 27 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย กรดอะมิโนที่สำคัญ (essential amino acid) เช่น ไลซีน (lysine) ประมาณ 2.9 เปอร์เซ็นต์ เมไทโอนีน (methionine) ประมาณ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าโปรตีนจากธัญพืชและถั่วต่างๆ งามีแร่ธาตุประมาณ 4.1 ถึง 6.5 เปอร์เซ็นต์ เช่น ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีต่าง ๆ เช่น บี 1 บี 2 บี 3 บี 6 และ บี 9

การใช้ประโยชน์จากงา

ประโยชน์ทางการแพทย์

ในทางการแพทย์แผนปัจจุบัน ใช้น้ำมันงาเป็นส่วนผสมในยาลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด เพราะงามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลไม่ให้มีมากเกินไป ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็งตัว ป้องกันโรคหัวใจ และโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด วิตามิน บี 1 บี 2 บี 5 และ บี 6 ช่วยบำรุงประสาท และป้องกันโรคเหน็บชา นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็กที่ช่วยบำรุงเลือด

แคลเซียมบำรุงกระดูก ไอโอดีนป้องกันโรคคอหอยพอก และสังกะสีช่วยบำรุงผิวพรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพทย์แผนโบราณของจีนจัดน้ำมันงาเป็นยารสหวานฤทธิ์ปานกลาง บำรุงกำลัง ช่วยในการระบาย แก้อท้องผูก รักษาแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยถอนพิษ ขับพยาธิตัวกลม

หมอพื้นบ้านในชุมชนไทยใหญ่ และชุมชนพม่า จะใช้น้ำมันงาทารักษาโรคปวดข้อ เคล็ด ขัดยอก ข้อมวม และข้อเท้าแพลง

นอกจากนี้ยังสามารถใช้บำรุงผิวพรรณ โดยป้องกันผิวแห้งหยาบ หรือผิวหนังแตกเป็นรอย ใช้ชะโลมผม ทำให้ผมดกดำ ไม่แตกปลาย ตลอดจนผสมน้ำมันงาในสบู่ ทาบรรเทาอาการปวดแสบจากน้ำร้อนลวก

ประโยชน์ของงาในการทำอาหาร

แป้งงาโปรตีนสูง ได้จากการสกัดน้ำมันงา มีคุณสมบัติคือ มีปริมาณโปรตีนสูง และไขมันต่ำ งาเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ จึงนิยมใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน การทำขนมอบต่าง ๆ นิยมผสมแป้งงากับแป้งที่ใช้ทำขนมอบโดยทั่วไป เพื่อเพิ่มกลิ่นและความคงทนต่อการเสื่อมคุณภาพเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน

คุณภาพน้ำมันงา

น้ำมันงา เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีที่สุดในธรรมชาติที่จะใช้บริโภคอย่างยิ่ง ในจำนวนน้ำมันพืชด้วยกัน เนื่องจาก มีประมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวน้อย ซึ่งกรดไขมันชนิดอิ่มตัวนี้ ไม่สามารถซึมผ่านผนังหลอดเลือดด้านในออกไปได้ ทำให้มีโอกาสเกาะติดกับผนังหลอดเลือด เกิดการอุดตันของเส้นเลือดได้ น้ำมันงามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงถึง 42 ถึง 48 เปอร์เซ็นต์ ประกอบไปด้วยกรดไขมันที่สำคัญและจำเป็นต่อร่างกาย แต่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ เช่น กรดไขมันโอเลอิก (mono-unsaturated fatty acid) ซึ่งมีความคงตัว มีพันธะคู่หนึ่งพันธะ แตกตัวเป็นอนุมูลอิสระยาก สามารถอยู่ได้นานโดยไม่เหม็นหืน และมีกรดไขมันไลโนลิก มีความคงตัวน้อยกว่า มีพันธะคู่สองพันธะ กรดไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้ ช่วยในการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด และช่วยป้องกันการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดความเสี่ยงต่อการรวมตัวเป็นลิ่มของเลือด

1.2 วัตถุประสงค์ของปริยญาณิพนธ์

เพื่อหาข้อมูลสมดุลในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาโดยใช้เทอร์โมลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

1.3 ขอบเขตของปริยญาณิพนธ์

ทำการสกัดน้ำมันงาโดยใช้เทอร์โมลเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย โดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดงาที่คั่วและบดแล้วต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 โดยน้ำหนัก เพื่อหาข้อมูลสมดุลระหว่างภูมิภาคของเหลว (overflow) และภูมิภาคของแข็ง (underflow) เริ่มจากการทดลองแบบขั้นตอนเดียวหรือสกัดขั้นเดียว (single stage) เมื่อถึงสมดุลแล้วก็เพิ่มจำนวนครั้งของการสกัดเรื่อยๆ จนถึง 4 ชั้น (4 stages) จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในทั้งสองภูมิภาค เพื่อคำนวณหาข้อมูลสมดุลแล้วนำไปสร้างกราฟ



ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมันงา

2.1 น้ำมันงา [1]

น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดงา เป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดีมาก ใช้เพื่อปรุงอาหารหรือเป็นส่วนประกอบของน้ำสลัด และน้ำจิ้มต่าง ๆ ในประเทศแถบแอฟริกาหลายประเทศใช้งาเพื่อสกัดเป็นน้ำมันพืชเพื่อปรุงอาหาร แม้ว่าในปัจจุบันจะใช้น้ำมันถั่วลิสงทดแทนบ้าง เช่นเดียวกับชาวญี่ปุ่น จีน และเกาหลี ที่ใช้น้ำมันงาเป็นส่วนประกอบของอาหารประจำวัน ส่วนในประเทศอินเดียและปากีสถาน ใช้น้ำมันงา 5 เปอร์เซ็นต์ผสมกับน้ำมันพืชอื่น ๆ เรียกว่า vanaspati เป็นน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหาร น้ำมันงายังใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะเพื่อใช้จุดตะเกียงตามโบสถ์และวิหารต่าง ๆ เป็นส่วนผสมของยา เครื่องสำอาง สบู่ น้ำมันใส่ผม และน้ำหอม ซึ่งทำได้โดยการใช้น้ำมันงาบริสุทธิ์มาผ่านขบวนการแทนที่โดยวิธี Thin-layer โดยใส่กลิ่นดอกไม้เช่น Frangipani (*Plumeria acutifolia*) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำมันงา 6 ลิตร ใช้เวลา 40 ชั่วโมง นอกจากนี้ น้ำมันงายังใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ สี เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันหอมต่าง ๆ

2.2 วิตามินและแร่ธาตุในงา [1]

งาเป็นพืชอาหารที่อุดมด้วยแร่ธาตุ มีแร่ธาตุประมาณประมาณ 4.1 – 6.5 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม และฟอสฟอรัส งามีแคลเซียมมากกว่าพืชทั่วไปถึง 40 เท่า มีฟอสฟอรัสมากกว่าพืชทั่วไป 20 เท่า ธาตุอาหารทั้งสองชนิดนี้เป็นธาตุที่มีความสำคัญในการเสริมสร้างกระดูก เด็กในวัยกำลังเจริญเติบโต และสตรีในวัยหมดประจำเดือนซึ่งจะมีความบกพร่องของฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้มีการดึงแคลเซียมออกจากกระดูกและมีโอกาสจะเป็นโรคกระดูกเสื่อมได้สูง จึงควรบริโภค

อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัสในงาซึ่งมีอยู่ประมาณ 2 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ไม่ได้สัดส่วน การมีธาตุใดธาตุหนึ่งมากเกินไป จะทำให้อัตราการดูดซึมลดต่ำลง อัตราส่วนที่เหมาะสมของธาตุอาหารทั้งสองชนิด ในผู้ใหญ่ คือ 1 : 1 เด็กอ่อน 1.5 : 1 และเด็กโต 1.2 : 1 ดังนั้นเพื่อให้อัตราส่วนของธาตุอาหารทั้งสองชนิดอยู่ในระดับที่เหมาะสม จึงควรบริโภคถั่วเหลืองร่วมกับงา เพราะถั่วเหลืองมีธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัสในอัตราส่วน 1 : 2

งายังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี คือ มีทั้งวิตามินบี 1 บี 2 บี 5 บี 6 บี 9 ไบโอดิน โคลีน ไอ-โนสิตอล กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก ซึ่งนับว่างามีวิตามินบีอยู่เกือบทุกชนิด ขาดไปเพียง

ชนิดเดียว คือ วิตามินบี 12 จึงมีสรรพคุณช่วยบำรุงระบบประสาท สมอง แก้อาการเหน็บชา อ่อนเพลีย ปวดเมื่อย และเบื่ออาหาร

ในงายังมีสารเลซิทิน (ประมาณ 0.65 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอล ในเส้นเลือดได้

2.3 สารกันหืนธรรมชาติ (anti-oxidant) ในงา [1]

น้ำมันงา เป็นน้ำมันพืชชนิดเดียวที่มีสารแอนติออกซิแดนซ์ตามธรรมชาติ นอกเหนือจากวิตามินอี ซึ่งมีในน้ำมันพืชทั่วไป คือ สารเซซามินอล (sesaminol) และมีในปริมาณมาก (34 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำมันในน้ำมันที่สกัดจากงาคั่ว และ 100 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำมันในน้ำมันงาบริสุทธิ์ที่สกัดจากเมล็ดงาที่ไม่ผ่านการคั่ว) เซซามินอลเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีความคงตัวต่อความร้อนสูง สามารถทนความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลานานถึง 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีสารเซซามิน (sesamin) 0.4 - 1.1 เปอร์เซ็นต์ เซซาโมลิน (sesamol) 0.3 - 0.6 เปอร์เซ็นต์ สารเซซามอล (sesamol) และแกมมา-โทโคฟีรอล (γ -tocopherol) ซึ่งทำให้น้ำมันงามีความคงตัวไม่หืนง่ายเหมือนน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ น้ำมันงาที่ผ่านการฟอกสีจะมีปริมาณของสารเซซามินอลสูงกว่าน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกลิ่นและน้ำมันงาดิบ เนื่องจากสารเซซาโมลินถูกเปลี่ยนให้เป็นสารเซซามินอลระหว่างการฟอกสี สารเซซามอลก็เป็นสารกันหืนที่ดีมากชนิดหนึ่งแต่มักจะพบในปริมาณน้อย เนื่องจากจะถูกปลดปล่อยออกมาจากสารเซซาโมลิน โดยขบวนการไฮโดรไลซิส ในขั้นตอนการขังซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในขบวนการผลิตน้ำมัน หรือระหว่างขั้นตอนของการเก็บรักษา แต่จะถูกขจัดออกไปเป็นส่วนใหญ่ในขบวนการปรุงแต่งน้ำมัน ขณะที่เซซามินอลยังคงตัวอยู่ นักวิทยาศาสตร์บางท่านเชื่อว่าสารเซซามอลที่มีอยู่ในงาเป็นสารป้องกันมะเร็งและทำให้ร่างกายแก่ช้าลง สารแกมมา-โทโคฟีรอลที่พบในน้ำมันงามีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำมันพืชชนิดอื่น แต่การที่น้ำมันงามีความคงตัวกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ไม่หืนง่ายจะเป็นผลมาจากการมีสารแอนติออกซิแดนซ์ธรรมชาติหลายชนิดที่ส่งเสริมกัน ทำให้หนทางต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องใส่สารเคมีกันหืน เช่น TBHQ BHT หรือ BHA ลงในน้ำมันงาหลังจากผ่านกรรมวิธีการกลั่นใสเช่นในน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ ก็สามารถเก็บรักษาน้ำมันงาไว้ได้นานกว่าปกติโดยไม่เหม็นหืนเป็นการป้องกันมิให้เกิดฟรีเรดิคัลตามธรรมชาติ ในบางประเทศมีการห้ามใส่สารกันหืน ซึ่งอาจเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งขึ้นได้

ในทางการแพทย์มีการใช้สารเซซามินเป็นส่วนประกอบของยาเพื่อใช้รักษาอาการต่าง ๆ เช่น ช่วยลดความดันโลหิต ชะลอความชรา และลดการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง ส่วนสารเซซาโมลินก็ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และขณะนี้นักวิทยาศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับปฏิริยาของสารกันเหินธรรมชาติในงาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในทาง
การแพทย์และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ความรู้เกี่ยวกับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมัน

3.1 การประยุกต์ใช้งาน [2]

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันจากวัสดุต่างๆและเป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการสกัดวัสดุที่มีน้ำมันน้อย ถ้าสกัดโดยวิธีทางกลจะยังมีน้ำมันหลงเหลือในเมล็ดพืชน้ำมันประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันที่ไม่สามารถสกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดน้อยลง

ในบรรดาพืชน้ำมันทั้งหมด ถั่วเหลือง สามารถสกัดด้วยตัวทำละลายได้ง่ายสุด เมล็ดฝ้ายสามารถบดได้ง่ายกว่าเมล็ดถั่วเหลืองทำให้สกัดได้ลำบากเนื่องจากละเอียดเกินไป สำหรับน้ำมันถั่วลิสงและเมล็ดพืชที่มีน้ำมันมากอื่น ๆ จะใช้การบดหยาบ ๆ ในการสกัดด้วยตัวทำละลาย ดังนั้นจึงมีการบดในขั้นแรกด้วยเครื่องบีบแบบเกลียว (screw press) หรือเครื่องบีบอัด(extruder) เพื่อแยกน้ำมันบางส่วนออกก่อนจะสกัดด้วยตัวทำละลาย

การสกัดด้วยตัวทำละลายสามารถใช้ในการสกัดน้ำมันจากชิ้นส่วนแห้งของสัตว์ และจากของเสียในการนำมาหมักเวียนใช้ใหม่ในโรงงาน และยังอาจใช้เพื่อทำเนื้อสัตว์ไขมันต่ำซึ่งโปรตีนจะไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน เช่น ในการสกัดโกโก้ด้วยตัวทำละลาย กากที่ได้จะเป็นเหมือนแหล่งของทีโอโบรมีน (theobromine) วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายให้ผลดีในการผลิตอาหารที่ประกอบด้วย โปรตีน เส้นใย หรือพลาสติก เนื่องจากโปรตีนในอาหารจะสูญเสียธรรมชาติจากความร้อนน้อยกว่าที่ได้จากวิธีการปรุงหรือการบีบอัดเชิงกลมาก อย่างไรก็ตามวัสดุที่จำเป็นต้องผ่านการให้ความร้อนก็จะต้องใช้วิธีการพิเศษ เช่น ถั่วเหลืองจะถูกให้ความร้อน (roasted) ระหว่างการกำจัดตัวทำละลาย (desolventization)

การใช้อุณหภูมิต่ำในการสกัดด้วยตัวทำละลายของเมล็ดพืชจะให้ น้ำมันที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่ได้จากกระบวนการที่ใช้ความร้อนของการบีบแบบเกลียว (screw press) อย่างไรก็ตามตัวทำละลายจะสกัดสารพวกที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งไม่สามารถบีบอัดได้ ดังนั้นน้ำมันที่ได้จากการบีบจะมีคุณภาพดีกว่าที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย แม้ว่าไขมันสัตว์จะถูกสกัดด้วยตัวทำละลายได้แต่ผู้ผลิตนิยมใช้วิธีการบีบแต่เพียงอย่างเดียว แต่ในอีกแง่หนึ่งการสกัดด้วยตัวทำละลายของเมล็ดพืชน้ำมันจะใช้ได้กว้างขวาง

3.2 ทฤษฎีและการทดลองเกี่ยวกับการสกัด [2]

วิธีการในการสัมผัสกับตัวทำละลาย

การทดลองการสกัดในหลอดสกัดบัตต์ (Butt extraction tube) เป็นตัวอย่างของการสกัดด้วยตัวทำละลายในรูปแบบที่ง่ายที่สุด ในการสกัดนั้นตัวทำละลายบริสุทธิ์ถูกเคลื่อนย้ายอย่างต่อเนื่องไปสู่ด้านบนของมวลสารที่จะสกัด และไหลซึมผ่านมวลโดยแรงโน้มถ่วงของโลกจนกระทั่งการแยกน้ำมัน(หรือไขมัน)สมบูรณ์ แม้ว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพในห้องทดลองแต่มันก็ไม่มีประสิทธิภาพมาก การสกัดอย่างสมบูรณ์จะต้องใช้ตัวทำละลายจำนวนมากเมื่อเทียบกับน้ำมันที่ได้จากการสกัดและต้องแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันทุกครั้ง แม้แต่ในโรงงานที่มีประสิทธิภาพการใช้ไอน้ำและน้ำสำหรับแยกตัวทำละลายก็ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูง ถ้าอัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำมันมากค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะมีค่าน้อยลงหรือตัดไปได้ จุดประสงค์เริ่มต้นในการศึกษาการสกัดคือเพื่อลดปริมาณตัวทำละลายของของผสมให้น้อยสุดที่จะเป็นไปได้

การปรับปรุงประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการนำวัสดุมาสัมผัสกับด้วยตัวทำละลายที่ใช้ในตอนแรก การสกัดแต่ละครั้งจะหมุนเวียนผ่านวัสดุที่ถูกสกัดจนกระทั่งถึงสมดุลหรือใกล้ถึงสมดุลระหว่างปริมาณน้ำมันในส่วนของแข็งและน้ำมันในตัวทำละลาย นั่นคือจนกระทั่งตัวทำละลายทั้งหมดได้แก่ ตัวทำละลายที่ถูกดูดซึมโดยของแข็งและตัวทำละลายที่อิสระมีจำนวนน้ำมันละลายอยู่เท่ากัน เมื่อถึงสภาวะดังกล่าวส่วนของเหลวที่อิสระ จะถูกแยกออกจากอีกส่วนแล้วตัวทำละลายจะถูกหมุนเวียนไปผ่านวัสดุต่อไป

ระบบการสกัดจะถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากการนำตัวทำละลายมาใหม่ ดังเช่น การสกัดสวนทางกัน (countercurrent extraction) เครื่องสกัดแบบกะ (batch extractor) จะใช้ตัวทำละลายในส่วนต่างๆของเครื่องสกัด แต่ในช่วงของการสกัด สารละลายจะถูกถ่ายออกจากเครื่องสกัดส่งไปสู่เครื่องสกัดอื่นซึ่งมีวัสดุที่สกัดก่อนหน้านี้บรรจุอยู่

เมื่อสังเกตวิธีการจากลักษณะของส่วนของแข็งในถังสกัดเดี่ยวแบบกะ (single batch vessel) พบว่าส่วนของแข็งจะถูกสกัดโดยตัวทำละลาย ที่มีน้ำมันน้อยลงเรื่อยๆ หลายครั้งจนกระทั่งใช้ตัวทำละลายใหม่ในขั้นตอนสุดท้าย ในอีกแง่หนึ่งตัวทำละลายก็จะถูกนำไปสัมผัสกับวัสดุที่มีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งขั้นตอนสุดท้ายตัวทำละลายจะสัมผัสกับของแข็งใหม่ที่ยังไม่ผ่านตัวทำละลายจากที่กล่าวมานี้ตัวทำละลายที่ได้จากขั้นตอนสุดท้ายจะมีปริมาณน้ำมันละลายอยู่มากที่สุด

ถึงแม้ว่า การสกัดกระแสสวนทางแบบกะ (batch countercurrent extraction) ในทางทฤษฎีจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous countercurrent extraction) แต่การปฏิบัติการในถังสกัดแบบกะที่แยกจากกันก็ทำให้เกิดความยุ่งยาก ดังนั้นในการสกัดด้วยตัวทำละลายในโรง

งานขนาดใหญ่จึงควรใช้ถังสกัดแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีของแข็งเคลื่อนที่มาจากที่ปลายด้านหนึ่ง และมีตัวทำละลายเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องออกที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ระบบดังกล่าวจะใช้งบประมาณสูงในเรื่องของไอน้ำ กำลังแรงงาน และวัสดุ เนื่องจากเกิดความยากในการเคลื่อนที่ส่วนของแข็งและส่วนของเหลวในทิศทางตรงข้ามกันโดยไม่ให้มีการผสมกันภายในเพื่อให้เกิดการแยกที่เหมาะสม

สำหรับการสกัดแบบกะ (batch extraction) ถ้าทราบค่าปริมาตรของส่วนตัวทำละลายและน้ำมันที่มีค่าคงที่หลังจากการแยกออกมาแล้ว จะสามารถคำนวณจำนวนครั้งของการสกัดที่ต้องใช้เพื่อให้ น้ำมันในวัสดุลดลงถึงระดับที่กำหนดได้ แต่ในความเป็นจริงเวลาในการสกัดจะไม่คงที่แต่แปรตามอัตราส่วนตัวทำละลายต่อน้ำมันที่ต่างกัน อัตราส่วนดังกล่าวมีผลต่อความหนืดและแรงตึงผิวของส่วนของเหลวซึ่งจะมีผลต่อการถ่ายออกในตอนหลังด้วย

ส่วนในการสกัดกระแสสวนทางแบบต่อเนื่อง (continuous countercurrent extraction) มีความแตกต่างของปริมาณน้ำมันในส่วนของเหลวที่อยู่ในและนอกมวลของวัสดุ ดังนั้นจึงไม่เกิดสภาวะสมดุล

อัตราการสกัด

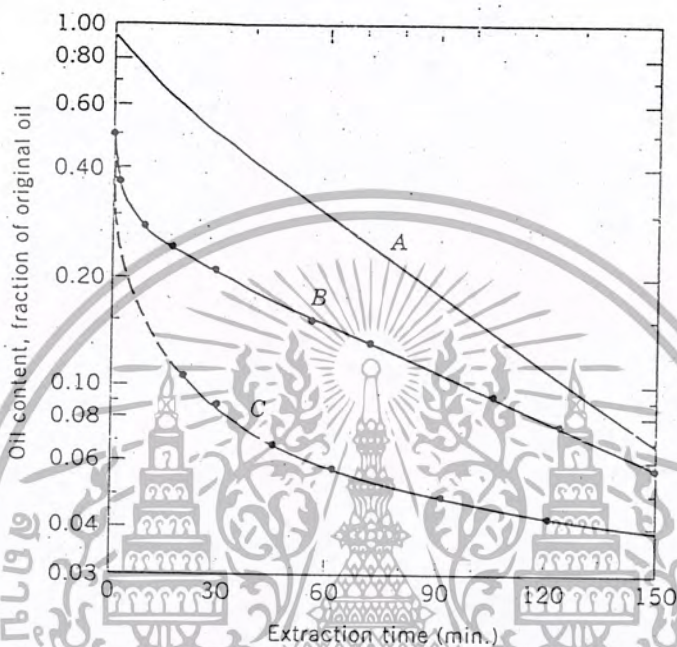
การออกแบบเครื่องสกัดสารละลายขนาดใหญ่ ต้องสามารถทำงานได้ในอัตราที่ทำให้เกิดสมดุลระหว่างอัตราการไหลของส่วนของเหลว (ส่วนผสมของน้ำมันและตัวทำละลาย) ผ่านอนุภาคของแข็ง และอัตราส่วนของเหลวที่ถูกดูดซับไว้โดยของแข็ง สมดุลนี้อาจเกิดขึ้นได้ช้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อของแข็งนั้นมีน้ำมันในระดับต่ำ จากการศึกษาพบว่า ความเร็วในการเข้าถึงสมดุลนี้ (ซึ่งก็คือความเร็วในการสกัดนั่นเอง) ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น

- ความสามารถในการแพร่ของ ตัวทำละลาย และน้ำมัน ซึ่งขึ้นกับความหนืด
- ขนาด รูปร่าง และ โครงสร้างภายในของอนุภาคของแข็ง และ
- ความเร็วที่ตัวทำละลายละลายสารที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งละลายได้แต่แตกตัวช้ากว่าไตรกลีเซอไรด์ (เมื่อระดับน้ำมันในของแข็งต่ำ)

ได้ทำการศึกษาแผ่นวัสดุมีรูพรุนทำจากโคลนซึ่งชุ่มน้ำมันถั่วเหลือง (ไม่มีพอสฟาไทด์) และใช้เตตระคลอโรเอทิลีน (tetrachloroethylene) เป็นตัวทำละลาย พบว่าตัวเลขอัตราการสกัดที่ได้จากการทดลองนั้นใกล้เคียงกับค่าจากทฤษฎี จากรูปที่ 3-1 (เส้น A) แสดงค่าอัตราการสกัดทางทฤษฎี การที่ค่าอัตราการสกัดไม่ขึ้นกับเลขเรย์โนลด์ (Raynolds number) ของตัวทำละลายนั่นบ่งชี้ว่าอัตราการสกัดขึ้นกับความสามารถในการแพร่ภายในแผ่นวัสดุมากกว่าความสามารถในการถ่ายเทน้ำมันจากฟิล์มของของเหลวไปสู่ตัวทำละลาย ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่นั้นเป็นฟังก์ชันของผลคูณระหว่างความหนืดของตัวทำละลายและของน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองด้วยสารผสมน้ำมันกับตัวทำละลาย และตัวทำละลายล้วนๆ แสดงให้เห็นว่า สัมประสิทธิ์การแพร่ไม่ขึ้นกับองค์ประกอบของตัวทำละลาย (ไม่ขึ้นกับอัตราส่วนของน้ำมันและสารละลาย) แต่อัตราการแพร่นี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หรือเมื่อตัวทำละลายที่ใช้มีความหนืดน้อยกว่า เตะระกลอโรเอทีลิน



รูปที่ 3-1 กราฟการสกัดด้วยตัวทำละลาย A; กราฟทางทฤษฎีสำหรับแผ่นวัสดุเนื้อเดียวใดๆ ซึ่งชุ่มน้ำมันมีความหนาสม่ำเสมอ B; ถั่วลิสงฝานบางๆ หนา 0.66 มม. มีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ สกัดด้วยเฮกเซนที่ 25 องศาเซลเซียส C; เกล็ดเมล็ดฝ้าย หนา 0.43 มม. มีความชื้น 11.6 เปอร์เซ็นต์ สกัดด้วยเฮกเซนที่ 65.6 องศาเซลเซียส

ต่อมาทดลองใช้ถั่วลิสงตัดเป็นแผ่นบาง แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ที่ค้นพบข้างต้นนั้นสามารถนำมาใช้กับเมล็ดพืชที่มีน้ำมัน (oilseeds) ได้ และมีข้อกำหนดว่าโครงสร้างนั้นต้องไม่ซับซ้อน ใช้การบดเมล็ดให้เป็นเกล็ด (flake) จากรูปที่ 3-1 (เส้น B) แสดงอัตราการแพร่ ผลโดยตรงจากทฤษฎีการแพร่คือความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่าง ล็อกการิทึม (logarithm) ของปริมาณน้ำมันที่เหลือและเวลาที่ใช้ในการสกัด (ใช้ได้หลังจากผ่านช่วงเริ่มต้นของการสกัดไปแล้ว ในช่วงต้นนี้การสกัดจะเกิดขึ้นเร็วมาก)

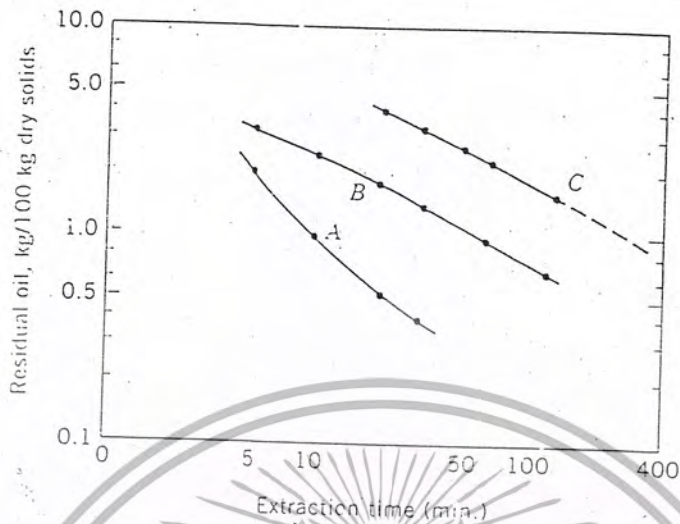
เมื่อทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์พบว่า เหตุผลที่ทฤษฎีไม่สามารถอธิบายอัตราการสกัดที่รวดเร็วของน้ำมันในช่วงแรกได้นั้นสืบเนื่องมาจากการที่มีเซลล์น้ำมัน (oil bearing cells) เปิดขึ้นเมื่อเมล็ดพืชถูกหั่นและผลจากการที่มีช่องว่างเกิดขึ้นในเมล็ดเนื่องจากการอบแห้ง ดังนั้น แสดงว่าอุปสรรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญของการสกัดน้ำมันน่าจะเป็นการแพร่ผ่านผนังเซลล์ การที่ช่วงแรกการแพร่เกิดขึ้นได้รวดเร็วมาก นั้นเนื่องจากผนังเซลล์ถูกทำลายเป็นบางส่วน อัตราส่วนของน้ำมันที่สกัดได้รวดเร็วนี้จะลดลงถ้าเมล็ด ถูกหั่นเป็นชิ้นที่ใหญ่ขึ้น เส้น B ในรูปที่ 3-1 ซึ่งแสดงอัตราการสกัดจากถั่วลิสงที่ถูกหั่นบาง 0.66 มิลลิเมตร (0.026 นิ้ว) อัตราการสกัดกลายเป็นเส้นตรงหลังจากน้ำมันประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์ ได้ถูก สกัดออกไปแล้ว ในอีกการทดลองหนึ่ง ซึ่งใช้เมล็ดที่มีน้ำมันปริมาณใกล้เคียงกัน อัตราการสกัดเริ่มเป็น เส้นตรงเมื่อสกัดน้ำมันออกมาได้เพียง 51 เปอร์เซ็นต์ (ใช้ชิ้นขนาด 0.81 มิลลิเมตร หรือ 0.032 นิ้ว) และ 30 เปอร์เซ็นต์ (ใช้ชิ้นขนาด 1.02 มิลลิเมตร หรือ 0.040 นิ้ว) เท่านั้น ในกรณีที่ใช้ชิ้นขนาดเท่าๆ กัน ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้รวดเร็วในช่วงแรกนั้นจะลดลงถ้าความชื้นของเมล็ดมากขึ้น

จากการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ลดลงมากเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ในช่วงความชื้น 10-22 เปอร์เซ็นต์ อัตราการแพร่จะลดลง 0.4 ตารางเซนติเมตรต่อวินาที(cm^2/s) ต่อความชื้นที่เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองใช้เฮกเซน (ชื่อทางการค้า Skellysolve B) อุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส และ ชิ้นถั่วลิสงที่มีความชื้น 13 เปอร์เซ็นต์ ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์การแพร่ได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 7×10^{-9} ตารางเซนติเมตรต่อวินาที

ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชที่ได้จากการบด ยังมีปัจจัยอื่นๆอีกที่มีผลต่ออัตราการ สกัด กราฟอัตราการสกัดแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เร็วในช่วงแรกนั้นมีค่ามาก และกราฟ มักจะ โค้งขึ้นจากแกนเวลา อย่างเช่นเส้น C ในรูปที่ 3-1 ในทางปฏิบัติการสกัดน้ำมัน 0.5-5 เปอร์เซ็นต์ สุดท้ายนั้นช้ามากจนกระทั่งมันกลายเป็นส่วนที่นานที่สุด และการออกแบบเครื่องสกัดจะต้องคำนึงถึง ส่วนนี้เป็นพิเศษ ในการวาดกราฟแบบเซมิล็อก (semilog) ความ โค้งของเส้นอัตราการสกัดนั้นสูงมากใน ช่วงที่กล่าวถึงนี้ ซึ่งแสดงเป็นเส้นตรงได้ชัดกว่าเมื่อวาดกราฟแบบล็อก-ล็อก (log-log) เช่นในรูป 3-2



รูปที่ 3-2 กราฟการสกัดด้วยตัวทำละลาย A; เกล็ดถั่วเหลือง B; เกล็ดเมล็ดปอ C; เกล็ดเมล็ดฝ้าย

มีคำอธิบายหลายอย่างสำหรับความเบี่ยงเบนของเส้น C (รูป 3-1) จากลักษณะของเส้น A และ B กล่าวถึงความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างน่าจะเป็นสาเหตุ (ความไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดกระบวนการแพร่สองแบบขึ้นพร้อม ๆ กันแต่ละแบบก็มีสัมประสิทธิ์การแพร่ต่างกัน) การวิเคราะห์ผลการสกัดจากเกล็ดถั่วเหลืองแสดงว่าที่อุณหภูมิ 26.7 องศาเซลเซียส น้ำมันประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ ถูกสกัดออกด้วยไตรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) ที่อัตราการสกัด 0.37×10^{-6} ตารางเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ 10-30 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือนั้นถูกสกัดออกด้วยอัตราที่ต่ำกว่าคือ 0.46×10^{-7} ตารางเมตรต่อชั่วโมง ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันส่วนที่สกัดออกมากได้ง่ายนั้นมาจากเซลล์ที่เสียหายจากการบด ในขณะที่ส่วนที่สกัดได้ยากนั้นมาจากเซลล์ที่ยังสมบูรณ์ดี แต่ไม่น่าเป็นไปได้ที่ความเสียหายขนาดนั้นจะเกิดขึ้นถ้าเหตุผลจากความเสียหายของเซลล์มีความเป็นไปได้น้อย ความไม่สม่ำเสมอของความหนาของเกล็ดหรือปัจจัยอื่นๆ อาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องได้

หลังจากที่การทดลองเกี่ยวกับการสกัดจากเกล็ดของการบดเมล็ดพืชน้ำมันมีการขยายตัวอย่างกว้างขวาง ได้มีการเสนอว่าอัตราการสกัดที่ช้าในตอนสุดท้ายอาจเกิดจากความสามารถในการละลายของน้ำมันในส่วนสุดท้ายลดลง และเป็นที่ทราบกันดีว่าการสกัดเมล็ดพืชน้ำมันโดยตัวทำละลายหลายๆ ครั้งมีผลต่อสัดส่วนของน้ำมันเมื่อจบกระบวนการสกัด ซึ่งจะให้มีฟอสฟาไทด์และสารที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์อื่น ๆ ถูกละลายออกมามากกว่าสัดส่วนในตอนเริ่มต้นมาก ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้วสารเหล่านี้มีความสามารถในการละลายต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปฏิบัติเชิงพาณิชย์ และการยืนยันโดยการทดลองในห้องทดลองที่มีการควบคุมอย่างรัดกุมเห็นได้ชัดว่า เมล็ดพืชน้ำมันที่ต่างกันจะมีอัตราการสกัดของเกล็ดที่มีความหนาใด ๆ ต่างกัน เมื่อทำการสกัดให้เหลือปริมาณน้ำมันภายในตำ จากการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดเมล็ดพืชน้ำมันกับอัตราการสกัดพบว่า การสกัดน้ำมันจากเกล็ดถั่วเหลืองหรือเมล็ดถั่วเหลืองที่แตก เมล็ดฝ้าย เมล็ดปอ และ ถั่วลิสง ด้วยเฮกเซนเป็นไปตามสมการทางคณิตศาสตร์ $T = KD^n$ โดยที่ T คือ เวลาที่ต้องใช้ในการลดปริมาณให้เหลือน้ำมันภายในเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยคำนวณจากวัสดุที่แห้งและไม่มีตัวทำละลาย) D คือความหนาของเกล็ด (grit diameter) และ K กับ n เป็นค่าคงที่ จากสมการนี้มีผลให้กราฟ T/D บนสเกลล็อก-ล็อก (log-log) เป็นเส้นตรง ซึ่งเส้นตรงนี้มีความชันเป็น n

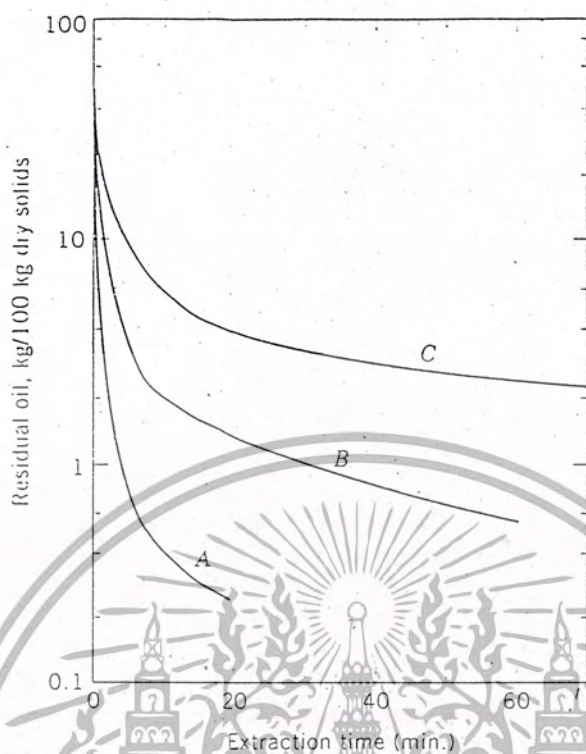
ค่าประมาณของ n ที่ได้จากตัวอย่างของเกล็ดถั่วเหลือง 4 ตัวอย่างพบว่า n มีค่า 2.3-2.5 จากเมล็ดฝ้าย 2 ตัวอย่างมีค่า 1.5 จากเมล็ดปอ 1 ตัวอย่างมีค่า 7 จากเมล็ดถั่วลิสง 1 ตัวอย่างมีค่า 3.2 จากเมล็ดถั่วเหลืองที่แตก 2 ตัวอย่างมีค่า 5.5 จากเมล็ดฝ้ายที่แตก 1 ตัวอย่างมีค่า 4 และจากจมูกข้าวโพดที่แตก 1 ตัวอย่างมีค่า 3.4 ถ้า T อยู่ในหน่วยนาที และ D อยู่ในหน่วย 0.01 นิ้ว แล้วค่าประมาณของ K สำหรับเกล็ดเมล็ดถั่วเหลือง มีค่า 6-20 สำหรับเมล็ดฝ้ายมีค่า 140 และ 270 สำหรับเกล็ดเมล็ดปอมีค่า 3600 สำหรับเกล็ดถั่วลิสงมีค่า 1.4 สำหรับถั่วเหลืองที่แตกมีค่า 2.5 สำหรับเมล็ดฝ้ายที่แตกมีค่า 40 และสำหรับจมูกข้าวโพดที่แตกมีค่า 1.6

ค่า K ในสมการ $T = KD^n$ เป็นค่าที่วัดได้จากการสกัดน้ำมันของเกล็ดที่มีความหนา 0.01 นิ้ว ในขณะที่ n เป็นค่าที่แสดงอิทธิพลของความหนาของเกล็ดที่มีต่ออัตราการสกัด ดังนั้นที่ความหนาเท่ากันเมล็ดถั่วเหลืองจะสกัดได้เร็วกว่าเมล็ดฝ้าย ในทำนองเดียวกันเมล็ดฝ้ายก็จะสกัดได้เร็วกว่าเมล็ดปอ (รูปที่ 3-3) อัตราการสกัดของเมล็ดปอจะเปลี่ยนแปลงเร็วมากตามความหนาของเกล็ด ในขณะที่อัตราการสกัดของถั่วเหลืองจะน้อยกว่า และเมล็ดฝ้ายมีความเปลี่ยนแปลงตามความหนาของเกล็ดน้อยกว่าตัวอื่นๆ ค่าของ n สำหรับเกล็ดถั่วเหลืองจะเหมือนกับถั่วอื่นๆ จำนวนมากที่ความชื้นภายในต่างกันและวิธีการบดต่างกัน

มีหลักฐานว่า เมล็ดพืชขนาดใหญ่ที่ทำให้เป็นเกล็ดเล็ก ๆ ที่มีความหนาที่แน่นอนสามารถสกัดน้ำมันได้มากกว่าเมล็ดพืชขนาดเล็ก โดยสันนิษฐานว่าเนื่องจากได้รับการบดภายในเมล็ดมากกว่า ในกระบวนการทดลองโดยใช้ถั่วเหลืองบดมาเป็นตัวอย่างนำร่องสามารถสรุปได้ว่า สำหรับการสกัดถั่วเหลืองโดยใช้เฮกเซนนั้น อัตราการสกัดแปรผันตาม

(น้ำมันที่เหลือในกากถั่วเหลือง)^{3.5}

(ความหนาของเกล็ด)^{-3.97} นั่นคือถ้าความหนาของเกล็ดเพิ่มขึ้น 3 เท่า อัตราการสกัดจะลดลง 80 เท่า



รูปที่ 3-3 อัตราเร็วในการสกัดของเมล็ดน้ำมันที่บดแล้วต่าง ๆ A: ถ้าวเทถือง 0.19 มม. B; เมล็ดฝ้าย 0.24 มม. C; เมล็ดปอ 0.19 มม.

3.3 ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมัน [2]

ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Solvents)

มี เฮกเซน (hexane) 2 ชนิด คือ นอร์มอลเฮกเซน และ เฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) เฮกเซนเกรดที่ใช้สกัดไม่ใช่เฮกเซนบริสุทธิ์ แต่จะมีปริมาณนอร์มอลเฮกเซนผสมอยู่ตั้งแต่ 48 ถึง 98 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3-1) เนื่องจากมีการผสมด้วย ไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดดังนั้นเฮกเซนเกรดการค้าต่าง ๆ จึงมีช่วงของการกลั่นตั้งแต่ 1 ถึง 5 องศาเซลเซียส (2 ถึง 9 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งเกรดที่มีช่วงแคบกว่าจะใช้ได้ดีกว่า เฮกเซนที่ผลิตจากประเทศอเมริกาจะปราศจาก ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งมีความคงตัวเพียงพอสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

แม้ว่าเนฟธาชนิดเฮกเซนจะใช้อย่างกว้างขวางและใช้โดยทั่วไปในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช น้ำมัน แต่เฮปเทน (heptane) และเพนเทน (pentane) ก็สามารถใช้ได้ เฮปเทนเกรดการค้า มีจุดเดือดที่ 88 ถึง 99 องศาเซลเซียส (190 ถึง 210 องศาฟาเรนไฮต์) แสดงว่าต้องใช้เครื่องระเหยและเครื่องแยกตัวทำละลายที่อุณหภูมิสูงและใช้พลังงานมาก อย่างไรก็ตามเฮปเทนก็เหมาะสมในการสกัดน้ำมันละหุ่ง (castor oil) ซึ่งจะไม่ละลายใน ไฮโดรคาร์บอน ยกเว้นที่อุณหภูมิสูงๆ ส่วนเพนเทน เนื่องจากมีจุดเดือดต่ำจึงง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ (ประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงาน) และใช้ในการสกัดสารที่ใช้นำมาทำยาหรือทางการแพทย์ จากการศึกษาพบว่าไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 5 ตัว ถึง 7 ตัว (C5-C7) ใช้ได้ดีในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย โดยมีเมทิลเพนเทน (methylpentane) เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด (มีจุดเดือดที่ 55 ถึง 61 องศาเซลเซียส หรือ 131 ถึง 142 องศาฟาเรนไฮต์)

ตัวทำละลายฮาโลเจน (Halogenated Solvents)

ตัวทำละลายชนิดเนฟธาที่มีข้อเสียอย่างมากคือ สามารถติดไฟได้จึงมีข้อควรระวังในการใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดไฟลุกหรือการระเบิดในโรงงาน มาตรการทางด้านความปลอดภัยที่กำหนดขึ้นโดย National Fire Protection Association (NFPA) เนื่องจากในการสกัดที่ใช้ ไฮโดรคาร์บอนเป็นตัวทำละลายนั้นอาจเกิดอันตรายจากการติดไฟหรือการระเบิดได้ ดังนั้นจึงควรใช้ตัวทำละลายที่ไม่สามารถติดไฟได้ ตัวทำละลายฮาโลเจนที่ใช้กันทั่วไปคือไตรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ไตรคลอโรเอทิลีนได้ถูกใช้ในโรงงานสกัดขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในอังกฤษ แต่ในสหรัพบว่าการใช้งานในโรงงานสกัดถั่วเหลืองที่ค่อนข้างเล็ก ในสมัยก่อนมีความคิดที่ว่าสารที่ไม่ไวไฟ เช่น ไตรคลอโรเอทิลีน จะมีอันตรายน้อยกว่า พนักงานจึงไม่ต้องมีทักษะมาก และการลงทุนเริ่มต้นต่ำกว่า แต่จากการทดลองพบว่าไอของไตรคลอโรเอทิลีน สามารถติดไฟได้และไตรคลอโรเอทิลีนจะทำ

ปฏิกิริยากับซิสเทอีน (cysteine) ในถั่วเหลืองทำให้เกิดไดคลอโรไวนิลซิสเทอีน (S-dichlorovinyl cysteine) ซึ่งเมื่อวัวควายได้รับจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (aplastic anemia) สรุปแล้วในทางการค้าไม่ค่อยนิยมใช้ตัวทำละลายฮาโลเจน

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างสมบัติของเฮกเซนเกรดการค้าที่ขายในสหรัฐ

Property	Solvent			
	A	B	C	D
Gravity [15.56°C (60°F)]				
ΔPI	78.5	78.4	77.6	81.7
Specific	0.674	—	0.677	—
Density (lb/gal)	5.61	—	5.63	—
Distillation (°C)				
Initial boiling point	65.3	65.9	67.0	67.9
50%	66.4	67.0	68.0	68.4
Dry point	69.8	70.0	68.5	68.8
Flash point, tag closed cup °F	<0	—	-10.0	—
Kauri-Butanol (KB) value	29.7	—	30.0	28.0
Aniline point, °F	151.0	0	148.0	156.0
Color, Saybolt	+30.0	+30.0	+30.0	+30.0
Composition				
Olefins, ppm	6.0	—	—	—
Paraffins	89.0	—	—	—
Cycloparaffins, vol. %	11.0	—	—	—
Aromatics, vol. %	Nil	0.02	—	—
Dimethyl butanes, vol. %	—	2.07	1.0	0.1
n-Pentane, vol. %	—	0.04	—	0.2
Iso-Pentane, vol. %	—	0.91	—	—
2-Methyl pentane, vol. %	—	18.4	—	0.9
3-Methyl pentane, vol. %	—	17.9	—	0.8
2,4-Dimethyl pentane, vol. %	—	0.04	—	0.1
Methyl pentane, vol. %	—	—	15.0	—
Methyl cyclopentane, vol. %	—	10.7	14.0	0.2
n-Hexane, vol. %	48.7	47.8	71.0	97.7
Cyclohexane, vol. %	—	2.6	—	—
Benzene, wt. %	<001	0.30	0.04	Nil
Nonvolatiles, g/100 mL	<001	—	<0.1	0.35
Doctor test	Neg.	—	Neg.	Sweet
Cu Corrosion, 3 h @ 50°C (122°F)	—	1	1	1
Acidity of residue	Neutral	—	Neutral	—
Sulfur content, ppm	<2	—	<1	<1

การใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (Water as a Solvent)

การที่น้ำไม่สามารถติดไฟได้และไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมันพืช จึงได้มีการวิจัยการใช้น้ำในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย ถั่วลิสง ดอกทานตะวันและมะพร้าว การสกัดโดยใช้น้ำมีขั้นตอนดังนี้ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บด การสกัดด้วยสารละลายของน้ำ การแยกส่วน การอบแห้ง น้ำที่ใช้ต้องปรับค่า pH หรืออาจเติมสารเคมีบางอย่างขึ้นกับผลผลิตที่ต้องการ ถึงแม้ว่าสามารถประยุกต์ใช้ได้กับการสกัดน้ำมันปาล์ม มะกอก มะพร้าว แต่กระบวนการนี้ก็ไม่ใช่ที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์ในการสกัดหัวเหลืองหรือเมล็ดฝ้ายเพราะยังมีน้ำมันเหลือในกากประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้พลังงานมากในการแยกน้ำมันและการอบแห้ง

เอนไซม์ช่วยในการสกัด (Enzyme-Assisted Aqueous Extraction)

เอนไซม์เป็นตัวเสริมที่สำคัญในการสกัดด้วยน้ำ ในปี 1950 พบความรู้ที่ว่าเอนไซม์ในระบบที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบสามารถเพิ่มความสามารถในการสกัดน้ำมันพืชได้แต่ยังไม่มีการตลาดเชิงปฏิบัติ จนกระทั่งราวๆ ปี 1970 และ 1980 ความรู้นี้ได้ถูกนำไปปฏิบัติในระดับ pilot plant และในอุตสาหกรรมที่ดำเนินการสกัดน้ำมันมะกอกและน้ำมันมะพร้าว ประสิทธิภาพในการสกัดขึ้นกับการทำลายผนังเซลล์ ซึ่งอาจใช้วิธีการบดเป็นเกล็ดหรือบีบอัด (flaking, extrusion) เนื่องจากเอนไซม์สามารถย่อยโครงสร้างที่ซับซ้อนของผนังเซลล์พืช ดังนั้นจึงช่วยปรับปรุงการสกัดน้ำมันได้ การย่อยนี้จะเกิดกับองค์ประกอบทุกส่วนของเซลล์นี้คือ โปรตีน น้ำมันและน้ำตาลโมเลกุลรวม ในสถานะของเหลว ถ้าดำเนินการไปเรื่อยๆ แล้วสารแต่ละอย่างที่ถูกย่อยจะสามารถแยกออกจากกันได้ ถึงแม้ว่าวิธีการใช้เอนไซม์ช่วยสกัดจะมีผลคุ้มค่าเฉพาะในกระบวนการผลิตน้ำมันมะกอกเท่านั้นเนื่องจากใช้สถานะที่ยุงยาก แต่ได้น้ำมันคุณภาพสูงจึงสามารถพัฒนาต่อไปในอนาคตได้

ตัวทำละลายอะซิโตน (Acetone as a Solvent)

อะซิโตนเป็นตัวทำละลายที่ดีมากสำหรับน้ำมันเมล็ดฝ้าย พบว่าประสบความสำเร็จทางการค้าเมื่อใช้สารละลายของน้ำที่มีอะซิโตน 96 เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการแบบกะ(batch) ที่มีกำลังการผลิต 50 ตันต่อวัน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีความสำเร็จใหม่อื่นๆ เกิดขึ้นเพราะทำให้เกิดสีที่ยากแก่การฟอกสำหรับน้ำมันเมล็ดฝ้ายและเกิดกลิ่นสาบ

ตัวทำละลายแอลกอฮอล์ (Alcohol as a Solvent)

เนื่องจากการตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้เฮกเซน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้ายโดยใช้เอทานอลและไอโซโพรพานอล (ethanol and isopropanol) ตัวอย่างกระบวนการที่ทดลอง เช่น กระบวนการสี่ขั้นตอนของการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย ใช้เอทานอล 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในขั้นแรกเพื่อสกัดกรดไขมัน (fatty acid) ไขมันอื่นๆ ที่ไม่ใช่ไขมัน อัลฟาทอกซินและกอสซิปอล (alfatoxin and gossypol) ในขั้นที่สองทำวิธีเดิมโดยเปลี่ยนจากเอทานอล 85 เปอร์เซ็นต์ เป็น 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนที่สามน้ำมันส่วนใหญ่ถูกสกัดและแยกออกโดยการให้ความเย็นทำให้น้ำมันตกตะกอนและหลังจากนั้นส่วนที่แยกน้ำมันออกแล้วจะส่งไปเครื่องสกัดอีก ขั้นตอนสุดท้ายน้ำมันที่ยังหลงเหลืออยู่จะถูกแยกออกโดยเอทานอล 92 เปอร์เซ็นต์ อีกครั้ง

ตัวทำละลายเหนือวิกฤต (Supercritical Solvent)

วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเหนือวิกฤตได้พัฒนาขึ้นมาในราวปี 1980 โดยใช้สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์เป็นตัวทำละลายที่สภาวะเหนืออุณหภูมิและความดันวิกฤต ซึ่งเรียกกันว่า supercritical fluid คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดแบบเหนือวิกฤต (supercritical extraction) สามารถอยู่ในสภาวะ ก๊าซ ของเหลว และของแข็งขึ้นกับ ความดัน และ อุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามที่เหนือจุดวิกฤต คาร์บอนไดออกไซด์จะอยู่ในสภาวะของไหลเหนือวิกฤต (supercritical fluid) เท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 กระบวนการผลิตน้ำมันพืช [1,7]

ในกระบวนการผลิตน้ำมันมี 2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อทำการสกัดน้ำมัน คือระดับความต้องการความบริสุทธิ์ของน้ำมันและกระบวนการที่ใช้เพื่อสกัดน้ำมัน

ระดับความต้องการความบริสุทธิ์ของน้ำมัน

โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งน้ำมันออกเป็น 2 กลุ่ม คือ น้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ และน้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์

น้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์

น้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์สามารถใช้เป็นน้ำมันประกอบอาหารที่อุณหภูมิสูงๆ ได้ (มากกว่า 225 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งน้ำมันนี้จะผ่านการปรุงแต่งสี กลิ่นและรสที่ไม่ต้องการออกไป

น้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์

มักนำไปใช้ทำน้ำมันสลัด หรือใช้ประกอบอาหารหลายชนิด แต่ไม่อาจนำมาใช้ประกอบอาหารที่ต้องผ่านความร้อนมากๆ ได้

น้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ จะถูกสกัดผ่านการบีบอัดแบบเย็น ซึ่งน้ำมันเหล่านี้จะมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันงา น้ำมันถั่วลิสง หรือน้ำมันข้าวโพด ส่วนรสชาติของน้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ก็เป็นตามรสชาติดั้งเดิมตามธรรมชาติ ซึ่งเหมาะสมแก่การนำไปปรุงอาหาร น้ำมันนี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

การผลิตน้ำมันพืช

เมล็ดพืชที่นำมาสกัดเป็นน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคและการอุตสาหกรรม มีประมาณ 13 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง เมล็ดนุ่น ถั่วลิสง งา มะพร้าว เมล็ดปอ เมล็ดปาล์ม เมล็ดละหุ่ง ไร่ข้าว เมล็ดทานตะวัน ดอกคำฝอย เป็นต้น หลังจากการสกัดน้ำมันออกแล้วกากที่เหลือใช้เป็นอาหารสัตว์และทำปุ๋ยได้ด้วย

น้ำมันพืชแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. น้ำมันพืชสำหรับใช้บริโภค ได้แก่ น้ำมันพืชที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดนุ่น เมล็ดฝ้าย เมล็ดงา ไร่ข้าว เมล็ดทานตะวัน เมล็ดดอกคำฝอย ข้าวโพด เป็นต้น
2. น้ำมันพืชสำหรับใช้ทั้งการบริโภคและการอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น
3. น้ำมันพืชที่ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันลินสีด น้ำมันตัง (tung oil) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีการผลิต

การผลิตน้ำมันพืชแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ทำความสะอาดวัตถุดิบที่จะนำไปสกัดน้ำมัน แยกเปลือกหรือผิวชั้นนอกออกแล้วนำไปบดหรือบดให้แตก นำไปผ่านความร้อนภายใต้อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมแล้วแต่ประเภทของวัตถุดิบ เพื่อปรับความชื้นแก่วัตถุดิบ ช่วยให้การสกัดน้ำมันง่าย และได้ปริมาณมาก หลังจากนั้นจึงผ่านไปยังขั้นตอนที่ 2 คือการสกัดน้ำมันดิบ

2. การสกัดน้ำมันดิบ

แบ่งออกได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

1. การบีบอัด (mechanical pressing) ซึ่งอาจใช้เครื่องอัดแบบเกลียวหรือใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิก
2. การใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) เช่น เฮกเซน
3. การสกัดโดยใช้เครื่องบีบและตัวทำละลาย (expeller-solvent extract)

3. การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

คือการกลั่นน้ำมันดิบโดยวิธีการทางเคมีเพื่อปรับสภาพน้ำมันให้มีสี กลิ่น รส ที่เหมาะสมแก่การบริโภค ขั้นตอนที่สำคัญคือ

1. การกำจัดกรดไขมันอิสระ (neutralization) ด้วยโซดาไฟ (caustic soda) ซึ่งจะแยกน้ำมันที่ปราศจากกรดไขมันอิสระออก อีกส่วนหนึ่งได้เป็นสบู่ ส่วนที่เป็นสบู่จะมีสิ่งสกปรกหรือสารบางอย่างที่เจือปนในน้ำมันดิบมาก่อนปะปนออกมาด้วย น้ำมันที่เหลือจะสะอาดไม่มีกรด
2. การฟอกสี (bleaching) โดยใช้ผงฟอกสี (fuller's earth) และผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เป็นตัวฟอก แล้วกรองด้วยเครื่องกรองให้หมดสี
3. การกำจัดกลิ่น (deodorization) นำไปกลั่นด้วยไอน้ำภายใต้สุญญากาศ อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ถึง 230 องศาเซลเซียส เวลา 5-12 ชั่วโมง แล้วแต่ประเภทของน้ำมัน น้ำมันที่ได้จะบริสุทธิ์แล้วนำมาบรรจุเพื่อจำหน่ายต่อไป

3.5 การสกัดน้ำมันงา [1]

ในการสกัดน้ำมันงานั้นอาจมีการใช้ความร้อนเข้าช่วยเล็กน้อย อย่างไรก็ตามวิธีที่อุณหภูมิสูงๆ มากกว่า 300 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้โปรตีน วิตามินอี และสารอาหารอื่น ๆ ในน้ำมันถูกทำลายลง ที่อุณหภูมิไม่สูงมาก (120-160 องศาฟาเรนไฮต์) องค์ประกอบต่างๆที่สำคัญในน้ำมันงาจะไม่ถูกทำลายไป แต่การสกัดน้ำมันจะได้้น้อย ดังนั้นในการผลิตน้ำมันที่มีคุณภาพดีจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าเล็กน้อย ในการสกัดน้ำมันจะต้องให้วิตามินอี คงเหลืออยู่ในน้ำมัน เนื่องจาก วิตามินอี มีคุณสมบัติเป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ และยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมันได้ ในภาคเหนือของไทยได้มีการบีบน้ำมันงาด้วยวิธีแบบพื้นบ้าน ซึ่งได้กล่าวถึงในรายละเอียดในภาคผนวก ง

การสกัดน้ำมันงาโดยใช้ตัวทำละลาย

น้ำมันจะถูกสกัดออกจากพืชโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน ปีโตรเลียมอีเทอร์ หรือ แอซีโตน เมื่อเวลาผ่านไปนานพอ น้ำมันจากพืชจะละลายเข้ามาในตัวทำละลาย จากนั้นจะนำไปผ่านการให้ความร้อนเพื่อกำจัดตัวทำละลายออกไป แล้วนำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เพื่อกำจัดสี กลิ่น และรสชาติที่ไม่ต้องการออกไป ซึ่งจะต้องใช้ความร้อน

ข้อเสียในการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายคือ อาจมีปริมาณตัวทำละลายหลงเหลืออยู่บ้างเล็กน้อย และปริมาณวิตามินอีจะลดลงไปมาก ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารแอนติออกซิแดนต์ (antioxidant) ลงไป เช่น BHA (Butylated Hydroxyanisole) หรือ BHT (Butylated Hydroxytoluene) เป็นต้น

บทที่ 4

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิธีการคำนวณ

4.1 กระบวนการสกัดของแข็งด้วยตัวทำละลาย (Leaching) [3]

Leaching เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อสกัดเอาสารที่อยู่ในของแข็งออกมาโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยตัวทำละลายกับวัสดุจะสัมผัสกันอย่างใกล้ชิดและตัวถูกละลายจะละลายออกมาจากวัสดุที่ถูกสกัด

ในอุตสาหกรรมเกษตรหรืออุตสาหกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์หลายชนิดจะได้ออกมาจากการสกัดสารออกจากโครงสร้างธรรมชาติของมัน โดยใช้กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย

การผลิตน้ำมันพืช จะมีพืชหลายชนิดที่สามารถให้น้ำมันได้มากเช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย เมล็ดสะหุง เมล็ดดอกทานตะวัน และเมล็ดงา ซึ่งจะทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์จำพวก เฮกเซน แอซีโตน และ อีเทอร์

กระบวนการสกัดจะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การส่งผ่านของตัวทำละลายจากในกลุ่มก้อนของสารละลาย (bulk solution) เข้าไปยังผิวของวัสดุ
2. การที่ตัวทำละลายแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในเซลล์
3. ตัวทำละลายทำละลายสารที่ต้องการ
4. การแพร่ผ่านของสารละลายผ่านออกจากผนังเซลล์
5. สารละลายจะออกมารวมกับกลุ่มก้อนของสารละลาย

โดยปกติแล้วกระบวนการที่เกิดขึ้นข้างต้นจะเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ยกเว้นในขั้นตอนที่แพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยังไม่แน่นอนในอัตราการแพร่ว่าเร็วหรือช้า เพราะขึ้นกับกลไกในการแพร่ผ่าน โครงสร้างของพืช ความพรุนของเมล็ดพืช เป็นต้น

4.2 การเตรียมวัสดุสำหรับกระบวนการสกัด [3]

โครงสร้างของพืชจะเป็นเซลล์ ภายในเซลล์จะมีสารที่ต้องการสกัดอยู่ ดังนั้นการสกัดจะทำได้ยาก เพราะผนังเซลล์จะเป็นเยื่อเลือกผ่านซึ่งตัวทำละลายอินทรีย์จะแพร่ผ่านได้ยาก อย่างไรก็ตามการบดให้พืชมีขนาดเล็กลงเพียงพอที่จะทำให้ห้องค้ำประกอบที่ต้องการแตกออกจากเซลล์ทำให้การสกัดเกิดง่ายขึ้น และอาจต้องอาศัยการอบแห้งก่อนจะทำการสกัดเพื่อเป็นการทำลายผนังเซลล์ให้แตกออก ทำให้ตัวทำละลายเข้าไปสัมผัสกับตัวถูกละลายได้โดยตรง

4.3 วิธีการดำเนินกระบวนการสกัด [3,4]

วิธีการดำเนินกระบวนการสกัดที่ต้องการออกจากของแข็ง มีหลายวิธีด้วยกันซึ่งขึ้นอยู่กับว่าจะทำกระบวนการสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous process) หรือ แบบกะ (batch process)

ถ้าเป็นกระบวนการแบบกะ วิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคือ in-place leaching ลักษณะคือการให้ตัวทำละลายไหลวนผ่านวัสดุที่เป็นวัฏภาคหนึ่ง (stationary phase) ทำการสกัดไปเรื่อยๆ จนได้ปริมาณสารเพียงพอ แล้วจึงเปลี่ยนวัสดุใหม่มาแทน

กระบวนการต่อเนื่องแบบไหลสวนทางกัน ซึ่งอาจมีจำนวนครั้งของการสกัด (stage) เพียงหนึ่งครั้ง หรือมากกว่าก็ได้ จะมีถังที่ใช้ทำการสกัดซึ่งจะมีการป้อนวัสดุและตัวทำละลายเข้ามาอย่างต่อเนื่อง และมีการปั่นกววนให้เกิดการสกัดได้ดีขึ้น ก่อนที่กระแสของสารสกัดจะไหลออกจากถังทางด้านบนของถัง ส่วนวัสดุที่ผ่านการสกัดแล้วจะออกทางด้านล่างเพื่อนำไปทำการสกัดต่อในอีกถังหนึ่ง

4.4 ความสัมพันธ์ที่จุดสมดุล [3,4]

ในการวิเคราะห์สมดุลของเส้นปฏิบัติการ (Operating line) จะใช้การทำสมดุลมวลสารและความสัมพันธ์ที่สมดุล โดยเราจะสมมติว่าวัสดุของแข็งจะไม่มีกระแสไหลในตัวทำละลาย โดยเรียกกระแสที่ออกมาในวัฏภาคของเหลวว่า *overflow* และเรียกกระแสที่ออกมาในวัฏภาคของแข็งในรูปของแข็งเปียก (slurry) ว่า *underflow*

ข้อมูลที่สมดุลจะร่างบนกราฟ มีตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ตัวถูกละลาย (A) วัสดุที่นำมาทำการสกัด (B) และตัวทำละลาย (C)

ปริมาณของวัสดุที่นำมาสกัด (B) ในสารละลาย คือ

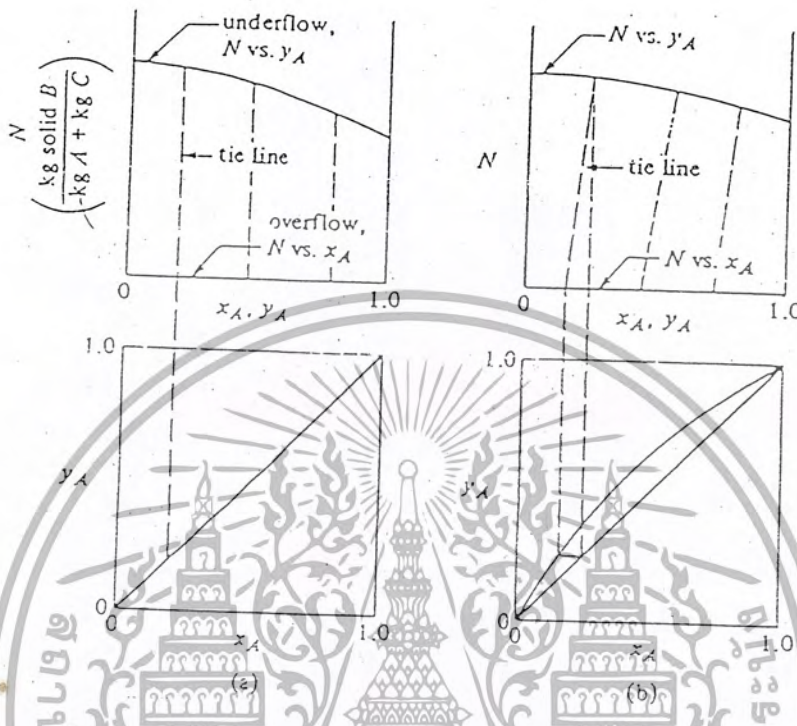
$$N = \frac{kg B}{kg A + kg C} = \frac{kg solid}{kg solution} \quad (4-1)$$

องค์ประกอบของตัวถูกละลาย A ในสารละลาย (x_A) และองค์ประกอบของตัวถูกละลาย A ในวัฏภาคของแข็ง (y_A) คือ

$$x_A = \frac{kg A}{kg A + kg C} = \frac{kg solute}{kg solution} \quad (4-2)$$

$$y_A = \frac{kg A}{kg A + kg C} = \frac{kg solute}{kg solution} \quad (4-3)$$

จากกราฟรูปที่ 4-1 เป็นตัวอย่างของกราฟสมดุลของกระบวนการสกัดสารจากของแข็ง ซึ่งรูป a เป็นลักษณะที่เป็นแบบอุดมคติ และรูป b เป็นในกรณีที่มีเวลาในการสัมผัสไม่เพียงพอ หรือมีการดูดซับของตัวถูกละลาย (A) บนของแข็ง (B) หรือเป็นกรณีที่ไม่อุดมคตินั้นเอง



รูปที่ 4-1 กราฟสมดุล (a) กรณีอุดมคติซึ่งเส้นไทไลน์เป็นแนวตั้ง และ $y_A = x_A$ (b) กรณีไม่อุดมคติ ซึ่ง $y_A \neq x_A$

4.5 กระบวนการสกัด (Leaching) แบบขั้นเดียว (single stage) [3]

จากรูปที่ 4-2 แสดงรูปของกระบวนการสกัดแบบหนึ่งขั้น โดยนิยามตัวแปรต่างๆดังนี้

V = mass flow rate of overflow solution, kg/h

L = mass flow rate of liquid in slurry solution, kg/h

สมดุลมวลสารของสารละลายทั้งหมด (solute A + solvent C)

$$L_0 + V_2 = L_1 + V_1 = M \tag{4-4}$$

สมดุลมวลสารขององค์ประกอบ A

$$L_0 y_{A0} + V_2 x_{A2} = L_1 y_{A1} + V_1 x_{A1} = M x_{AM} \tag{4-5}$$

สมดุลมวลสารของของแข็ง B

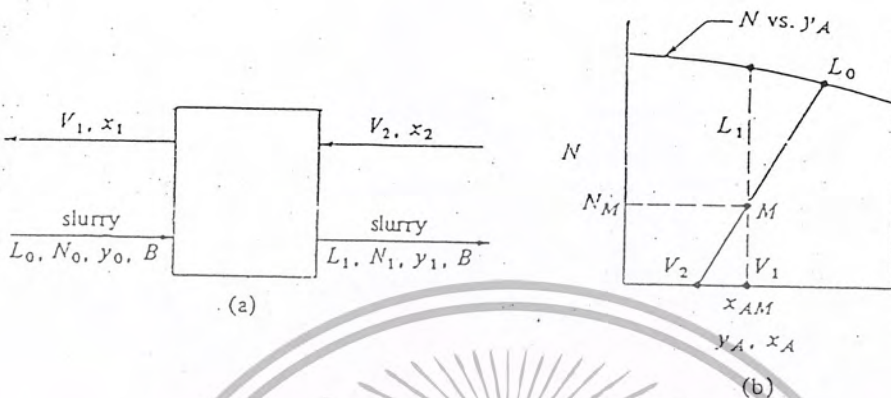
$$B = N_0 L_0 + 0 = N_1 L_1 + 0 = N_M M \tag{4-6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย M คือ อัตราการไหลรวมของสารละลาย ($A + C$)

x_{AM} และ N_M เป็นตำแหน่งของจุด M

จะเห็นจากรูปที่ 4-2 ว่า L_1MV_1 และ L_0MV_2 เป็นเส้นตรง



รูปที่ 4-2 (a) รูปแบบของกระบวนการสกัดแบบต่อเนื่อง (b) การทำสมดุลมวลสาร

4.6 กระบวนการสกัดแบบกระแสวนทางหลายชั้น (Countercurrent Multistage Leaching) [3]

กระบวนการนี้ เป็นแบบต่อเนื่องที่มีหลายชั้น ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4-3 วัฏภาคของเหลว (V) จะไหลเข้าไปในแต่ละขั้นตอนของการสกัดสวนกับวัฏภาคของแข็ง (L) และจะนิยามองค์ประกอบของสารที่ต้องการในวัฏภาคของเหลวเป็น x และ ในวัฏภาคของแข็งเป็น y

ให้วัสดุที่นำมาสกัดไม่มีสารละลายในตัวทำละลายซึ่งหมายความว่าอัตราการไหลของวัฏภาคของแข็ง จะมีค่าเท่ากันโดยตลอดทุกๆ ขั้นตอน(stages) ในการหาเส้นปฏิบัติการ จะทำสมดุลมวลสารดังนี้

สมดุลมวลสารโดยรวมตลอดทุก stage

$$V_{n+1} + L_0 = V_1 + L_n \tag{3-7}$$

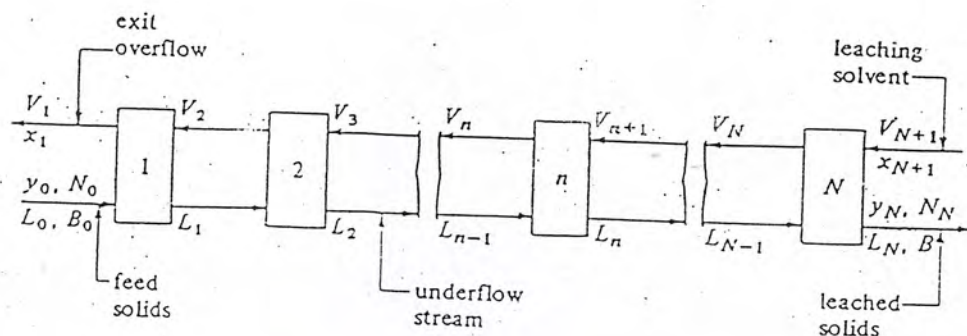
สมดุลมวลสารขององค์ประกอบ A

$$V_{n+1}x_{n+1} + L_0y_0 = V_1x_1 + L_ny_n \tag{3-8}$$

จากสองสมการนี้เราจะได้สมการในการหา x_{n+1} คือ

$$x_{n+1} = \frac{1}{1 + (V_1 - L_0)/L_n} y_n + \frac{V_1x_1 - L_0y_0}{L_n + V_1 - L_0} \tag{3-9}$$

สมการนี้คือสมการของ เส้นปฏิบัติการซึ่งจะพล็อตผ่านจุดต้นและจุดปลายของเส้นนี้



รูปที่ 4-3 กระบวนการสกัดแบบกระแสนวนทางหลายชั้น

4.7 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดโดยตัวทำละลาย [6]

1. ปริมาณตัวทำละลาย ถ้าใช้ปริมาณตัวทำละลายมากจะสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากขึ้น แต่การใช้ปริมาณตัวทำละลายมากเกินไปจะเป็นการสิ้นเปลืองตัวทำละลาย เวลา พลังงานที่ต้องใช้ รวมทั้งต้องใช้เครื่องมือขนาดใหญ่ในการแยกน้ำมันดิบออกจากตัวทำละลาย
2. ชนิดของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด มีลักษณะที่แตกต่างกันบ้าง แต่คุณสมบัติที่เหมือนกันคือ
 - สามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี
 - ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันที่สกัด
 - ไม่ละลายสิ่งเจือปนหรือสารที่ไม่ต้องการ
 - มีจุดเดือดต่ำสามารถแยกออกจากน้ำมันดิบได้ง่าย
 - ไม่เป็นพิษและไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อน
 - มีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย

ในโรงงานผลิตน้ำมันพืช นิยมใช้ฮีปมอลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายเนื่องจากสามารถละลายน้ำมันได้ดีจึงมีประสิทธิภาพในการสกัดสูง อีกทั้งยังมีจุดเดือดต่ำ ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำมันดิบได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือลวกติดไฟได้

3. อุณหภูมิขณะสกัด การเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำละลายจะทำให้สามารถละลายน้ำมันได้ดีขึ้น อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เหมาะกับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเกือบทุกชนิด
4. ขนาดและความหนาของแผ่นเมล็ดพืช การเปลี่ยนรูปจากเมล็ดพืชที่ขนาดใหญ่ให้เป็นแผ่น เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสให้มากขึ้นจะทำให้ตัวทำละลายสามารถซึมเข้าไปละลายน้ำมันในเซลล์น้ำมันที่แตกแล้วซึมออกได้ดียิ่งขึ้น
5. ความชื้นของเมล็ดพืชและตัวทำละลาย ปกติความชื้นของเมล็ดพืชไม่ควรเกินร้อยละ 4 (โดยน้ำหนัก) มิฉะนั้นจะมีน้ำมันเหลือในกากสูง สำหรับตัวทำละลายต้องไม่มีความชื้น
6. เวลาในการสกัด ต้องใช้เวลาในการสกัดที่เหมาะสม ถ้าน้อยเกินไปผลผลิตที่ได้จะต่ำ และถ้าใช้

เวลานานเกินไปก็เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การดำเนินการทดลอง

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เมล็ดงาขาวคิบ
2. นอร์มอลเฮกเซน
3. ขวดรูปชมพู่และบีกเกอร์
4. เครื่องบดงา
5. เครื่องเขย่า
6. เครื่องให้ความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยตัวทำละลาย (heater)
7. ตู้อบ
8. เครื่องปั่นเหวี่ยง
9. ชุดอุปกรณ์สกัด (Soxhlet)
10. ชุดอุปกรณ์การกลั่น

หมายเหตุ : รูปอุปกรณ์ต่างๆ แสดงในภาคผนวก ข

5.2 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาปริมาณความชื้นในเมล็ดงา

ความชื้นมีผลทำให้น้ำมันในเมล็ดงาถูกสกัดออกได้ยากขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมา[6] กล่าวว่าเมล็ดงาควรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก และจะสกัดได้ดียิ่งขึ้นถ้าเมล็ดงามีความชื้นประมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักจึงทำการทดลองเพื่อหาความชื้นที่มีในเมล็ดงาคิบและเพื่อหาเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสม เพื่อได้ความชื้นให้มากที่สุดโดยที่งาไม่ไหม้ มีขั้นตอนดังนี้

1. นำเมล็ดงาที่ทำการคัดเลือกแล้วมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
2. นำงามาใส่ถาด เกลี่ยให้ผิวหน้าเรียบ แล้วนำเข้าไปอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด
3. นำงาที่ทำการอบออกมาชั่งน้ำหนักทุก 30 นาที แล้วบันทึกผล แล้วนำเข้าไปอบต่อ
4. ชั่งน้ำหนักของงา ทุก 30 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนัก
5. นำงาที่ได้เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำงาออกมาชั่งน้ำหนักแห้ง
6. นำข้อมูลน้ำหนักของงาที่ชั่งได้มาวิเคราะห์หาความชื้นในเมล็ดงา และหาเวลาในการอบแห้ง (ให้ความร้อน) แก่เมล็ดงาเพื่อลดความชื้นในเมล็ดงาให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 การหาเวลาสมดุลในการสกัด

ในการทดลองได้ทำการสกัดโดยใช้อัตราส่วน โดยมวลของน้ำหนักงาต่อตัวทำละลายดังนี้ คือ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 ก่อนหาข้อมูลสมดุลต้องทำการหาเวลาสกัดที่เหมาะสมหรือที่ถึงจุดสมดุล เพื่อในการทดลองต่อไป มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมเมล็ดงาที่จะใช้ในการสกัด โดยการนำเมล็ดงาไปคั่วและบดให้แตกเป็นงาที่มีขนาดเล็กกลง
2. ชั่งเมล็ดงาที่เตรียมไว้ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรทั้งหมด 4 ขวด
3. เตรียมนอร์มอลเฮกเซนสำหรับแต่ละอัตราส่วน โดยมีปริมาณดังนี้

อัตราส่วน 1:3 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 60 กรัม

อัตราส่วน 1:4 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 80 กรัม

อัตราส่วน 1:5 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 100 กรัม

อัตราส่วน 1:6 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 120 กรัม

ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่เตรียมในข้อ 2 แล้วรีบปิดปากขวดด้วยจุกยางทันที

4. นำสารละลายที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วตั้งทิ้งไว้
5. เมื่อถึงชั่วโมงที่ 5 เก็บตัวอย่างสารละลายที่ได้ทุกอัตราส่วน ประมาณ 5 มิลลิลิตร อัตราส่วนละ 3 ตัวอย่าง ไปทำการปั่นเหวี่ยงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่มีในสารละลาย บันทึกผล
6. เมื่อวิเคราะห์เรียบร้อยแล้วนำน้ำมันงาและตัวทำละลายเดิมกลับคืนเพื่อให้ปริมาณสาร ไม่เปลี่ยนแปลง
7. ทำซ้ำข้อ 5 และ 6 เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน หรือจนกว่าปริมาณน้ำมันในสารละลายไม่เปลี่ยนแปลง
8. สังเกตข้อมูลถ้าปริมาณน้ำมันในสารละลายเริ่มเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลงตั้งข้อสมมติว่าที่เวลานั้นถึงจุดสมดุลแล้วเวลาที่ได้เป็นเวลาที่เกิดสมดุลขึ้น

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันงา

โดยนำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15-20 นาที แล้วนำไปอบเพื่อให้ตัวทำละลายที่เหลือระเหยจนหมด จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปชั่งน้ำหนักก็จะได้ปริมาณน้ำมันที่ต้องการ

ข้อมูลของนอร์มอลเฮกเซน [5]

ความหนาแน่น 0.659 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จุดเดือด 68.74 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 การสกัดเพื่อหาข้อมูลสมมูล

ชุดทดลองที่ 1 การทดลองสกัดแบบขั้นเดียว (single stage)

1. เตรียมเมล็ดงาที่จะใช้ในการสกัด โดยการนำเมล็ดงาไปคั่วและบดให้แตกเป็นงาที่มีขนาดเล็กกลง
2. ชั่งเมล็ดงาที่เตรียมไว้ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรทั้งหมด 4 ขวด
3. เตรียมตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนสำหรับแต่ละอัตราส่วน โดยมีปริมาณดังนี้

อัตราส่วน 1:3 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 60 กรัม

อัตราส่วน 1:4 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 80 กรัม

อัตราส่วน 1:5 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 100 กรัม

อัตราส่วน 1:6 ใช้ นอร์มอลเฮกเซน 120 กรัม

ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่เตรียมในข้อ 2 แล้วรีบปิดปากขวดด้วยจุกยางทันที

4. นำสารละลายที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันเพื่อรอให้ถึงสมดุลและเพื่อให้แยกสารทั้งสองวัฏภาคจากกันได้ง่ายขึ้น
5. นำสารทั้งสองวัฏภาคไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป

ชุดทดลองที่ 2 การทดลองสกัดในขั้นที่ 2 (2 stages)

จากชุดทดลองในการสกัดครั้งแรก(ชุดทดลองที่ 1) ทำการสกัดต่อในขั้นตอนที่ 2 โดย

1. ชั่งเมล็ดงาที่เตรียมไว้ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรทั้งหมด 4 ขวด
2. แยกสารทั้งสองวัฏภาคของแต่ละอัตราส่วนออกจากกัน โดยการเทส่วนของเหลวออกจากขวดรูปชมพู่ที่สกัดจนถึงสมดุลในการสกัดครั้งแรกแล้ว
3. นำส่วนของเหลวในแต่ละอัตราส่วนที่แยกออกนี้ ใส่ลงไปผสมกับงาใหม่ที่เตรียมไว้ทั้ง 4 ขวด
4. ส่วนกากงาที่เหลือนำไปสกัดโดยใช้ตัวทำละลายใหม่ (ยังไม่ผ่านการสกัดสารใด) ในปริมาณเท่ากับการสกัดครั้งแรกของแต่ละอัตราส่วน นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วตั้งทิ้งไว้ 3 วันเพื่อรอให้ถึงสมดุล
6. นำสารทั้งสองวัฏภาคไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป

ชุดทดลองที่ 3 การทดลองสกัดในขั้นที่ 3 (3rd stages)

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในการสกัด 2 ครั้ง โดยทำการสกัดต่อจากชุดทดลองสกัด 2 ขั้น (ชุดทดลองที่ 2) ดังนี้

1. แยกส่วนของเหลวที่ได้จากสมดุลของชุดทดลองที่ 2 (การสกัดครั้งที่สอง)ไปทำการสกัดกับงาใหม่
2. แยกส่วนของเหลวที่ได้จากการสกัดกากงาในชุดทดลองที่ 1 นำไปสกัดต่อกับกากงาในชุด

ทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กากงาในชุดทดลองที่ 1 นำไปสกัดด้วยตัวทำละลายใหม่
4. นำชุดทดลองทั้งหมดที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วตั้งทิ้งไว้ 3 วันเพื่อรอให้ถึงสมดุล
5. นำสารทั้งสองวิภาคไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป

ชุดทดลองที่ 4 การทดลองสกัดในขั้นที่ 4 (4th stages)

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในการสกัด 3 ครั้ง โดยทำการสกัดต่อจากชุดทดลองสกัด 3 ชั้น (ชุดทดลองที่ 4) ดังนี้

1. แยกส่วนของเหลวที่ได้จากสมดุลของชุดทดลองที่ 3 (การสกัดครั้งที่สาม)ไปทำการสกัดกับงาใหม่
2. แยกส่วนของเหลวที่ได้จากการสกัดกากงาในชุดทดลองที่ 1 นำไปสกัดต่อกับกากงาในชุดทดลองที่ 2 และแยกส่วนของเหลวที่ได้จากการสกัดกากงาในชุดทดลองที่ 2 นำไปสกัดต่อกับกากงาในชุดทดลองที่ 3
3. กากงาในชุดทดลองที่ 1 นำไปสกัดด้วยตัวทำละลายใหม่
4. นำชุดทดลองทั้งหมดที่ได้ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วตั้งทิ้งไว้ 3 วันเพื่อรอให้ถึงสมดุล
5. นำสารทั้งสองวิภาคไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันงา

ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันงาถึงสมดุล จะต้องวิเคราะห์ทั้งในส่วนของวิภาคของเหลวและวิภาคของแข็ง มีขั้นตอนดังนี้

การหาปริมาณน้ำมันใน วิภาคของเหลว

- นำสารละลายส่วนบนของชุดทดลอง ในตอนที่ 3 มาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
- ให้ความร้อนแก่สารละลายนี้ที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเฮกเซนระเหยออกไปหมด

- นำไปชั่งน้ำหนักจะสามารถหาปริมาณน้ำมันและปริมาณตัวทำละลายที่มีได้

การหาปริมาณน้ำมันใน วิภาคของแข็ง

- นำส่วนของแข็งเปียกประมาณ 4-5 กรัม มาชั่งน้ำหนักละเอียด บันทึกค่า
- นำส่วนของแข็งเปียกไปห่อด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 โดยห่อไว้ 2 ชั้น
- บรรจุกระดาษกรองที่ห่อของแข็งเปียกใน Thimble และใส่ Thimble ลงใน Solvent Extractor

- ติดตั้งชุดสกัด soxhlet แล้วทำการสกัดด้วยเฮกเซน

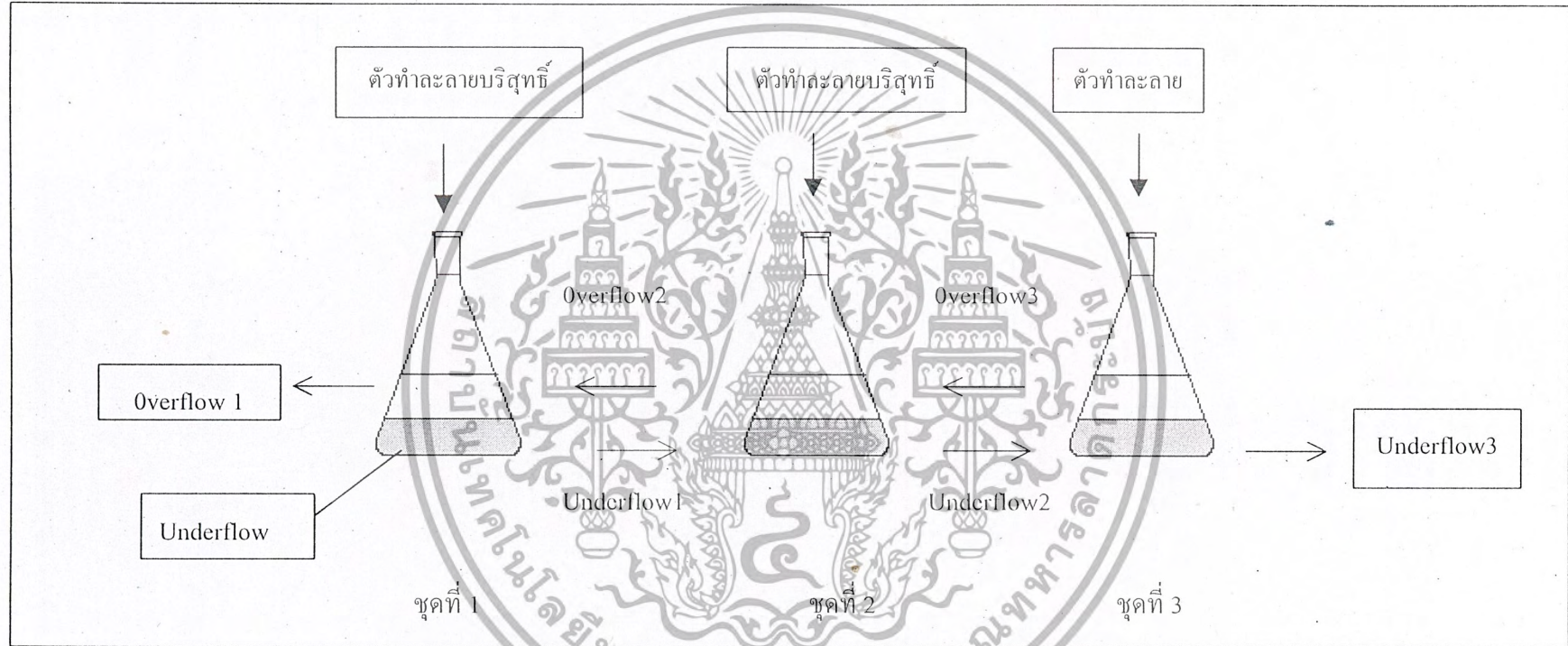
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปิดเครื่องให้ความร้อน ตัวทำละลายจะเข้าสู่คัดน้ำมันจากส่วนของแข็งเปียก ทำการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- ปิดเครื่องให้ความร้อน นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันในส่วนของแข็งเปียก
- นำสารละลายมากลั่นดังรูปที่ ข-8 ในภาคผนวก ข เพื่อนำเอksenกลับมาใช้ใหม่จนเหลือสารละลายเพียงเล็กน้อย
- นำส่วนสารละลายที่เหลือมาให้ความร้อนจนเหลือเพียงน้ำมันงา ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
- ส่วนของปริมาณของแข็งจากการสกัดให้ใส่เข้าสู่อบจบแห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณกากของแข็งที่เหลือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการสกัด



รูปที่ 5-1 กระบวนการสกัดแบบหลายขั้นตอน

บทที่ 6

ผลการทดลองและวิเคราะห์

6.1 ผลการทดลอง

ตอนที่ 1

ตารางที่ 6-1 น้ำหนักของเมล็ดงาหลังจากผ่านการอบที่เวลาต่างๆ และอบในขั้นตอนสุดท้าย

น้ำหนักเมล็ด งาเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักของเมล็ดงาหลังจากผ่าน การอบที่เวลาต่างๆ				
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	การอบครั้งสุดท้าย
20.02	19.75	19.59	19.34	19.33	19.32
35.01	34.78	34.22	33.91	33.89	33.85
40.52	40.08	39.5	39.01	38.84	38.8

ตารางที่ 6-2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดงาเมื่อผ่านการอบที่เวลาต่างๆ

ปริมาณ เริ่มต้น	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดงาเมื่อผ่านการอบที่เวลาต่างๆ				
	เริ่มต้น	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
20.02	3.62	2.23	1.40	0.10	0.05
35.01	3.43	2.75	1.09	0.18	0.12
40.52	4.43	3.30	1.80	0.54	0.10
เฉลี่ย	3.83	2.76	1.43	0.27	0.09

ในการทดลองต้องการให้ได้งาที่มีความชื้นในการสกัดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ จากตารางที่ 6-2 เมื่อใช้เวลาในการอบ 60 นาที งามีความชื้นเหลือ 1.43 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะทำการอบงาเป็นเวลา 60 นาที ในการเตรียมเมล็ดงาเพื่อใช้ในการสกัดในการทดลองตอนที่ 2 และ 3

ตอนที่ 2

ตารางที่ 6-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันงาในสารละลายในการสกัดของแต่ละอัตราส่วนที่เวลาต่างๆ

เวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์น้ำมันในสารละลายที่วิเคราะห์ได้ที่อัตราส่วนต่างๆ			
	1:3	1:4	1:5	1:6
5 ชั่วโมง	10.60	9.28	7.62	2.41
10 ชั่วโมง	13.80	12.00	10.25	6.60
1 วัน	16.26	14.22	10.46	8.37
2 วัน	16.29	14.24	10.52	8.53
3 วัน	16.30	14.24	10.53	8.53

จากตารางที่ 6-3 เปอร์เซนต์น้ำมันที่สกัดได้เริ่มมีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเวลาในการสกัดผ่านไปประมาณ 2 วัน ดังนั้นเพื่อให้การสกัดถึงสมดุลอย่างแน่นอนและเพื่อให้แยกสารทั้งสองวัฏภาคออกจากกันได้ง่ายขึ้น จะใช้เวลาสกัด 3 วันในการทดลองตอนที่ 3 แล้วจึงเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผล ซึ่งได้ผลการทดลองเป็นข้อมูลสมดุลแสดงไว้ในตารางที่ 6.4 และรูปที่ 6.1 และ 6.2

ตอนที่ 3

ตารางที่ 6-4 ข้อมูลสมดุลเพื่อใช้ในการสร้างกราฟสมดุลของการสกัดน้ำมันงาคั่วด้วยนอร์มอลเฮกเซน

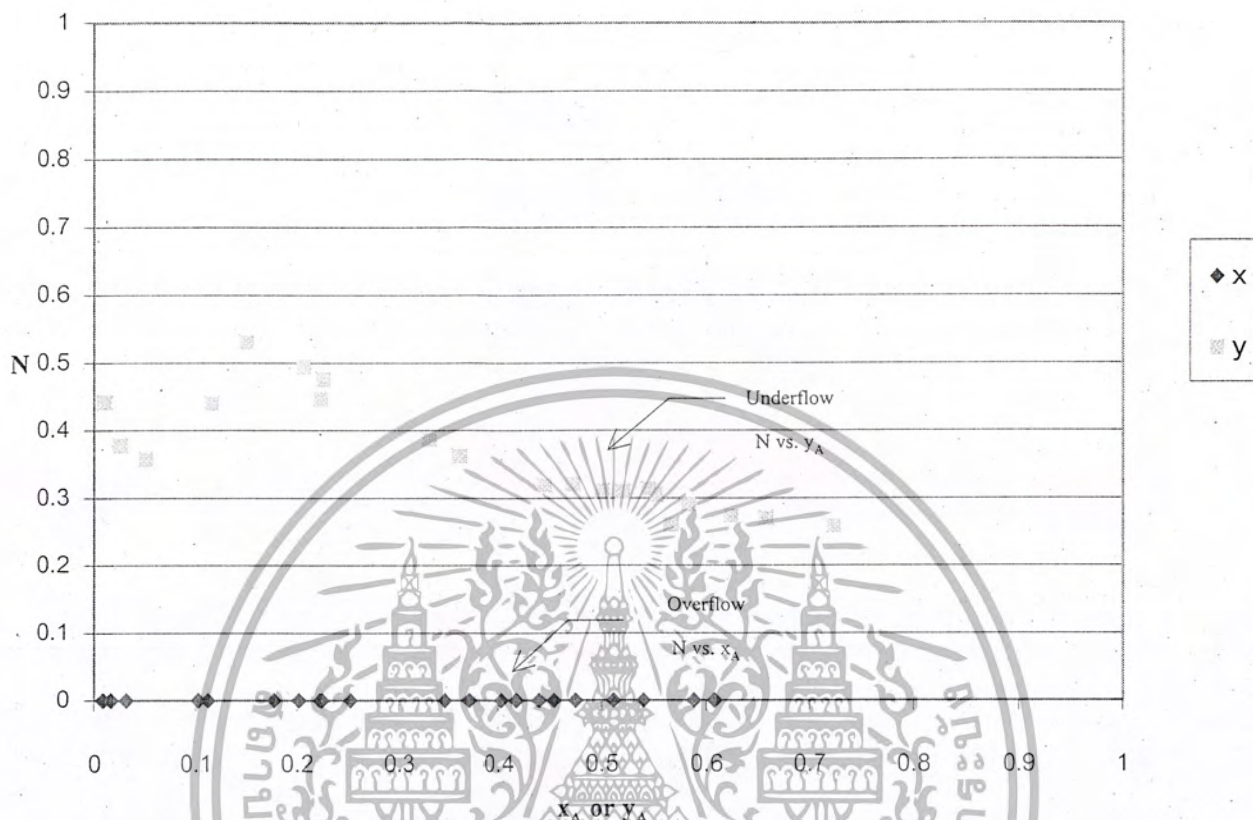
ภูมิภาคของเหลว (overflow)		ภูมิภาคของแข็ง (underflow)	
N_{xA}	x_A	N_{yA}	y_A
0.0000	0.1776	0.4942	0.2064
0.0000	0.0579	0.4192	0.0619
0.0000	0.2251	0.3871	0.3290
0.0000	0.3447	0.3195	0.4442
0.0000	0.3688	0.3207	0.4723
0.0000	0.4030	0.3109	0.5000
0.0000	0.4175	0.3097	0.5199
0.0000	0.4387	0.3139	0.5443
0.0000	0.4748	0.2912	0.5825
0.0000	0.1115	0.5315	0.1502
0.0000	0.2226	0.4766	0.2259
0.0000	0.0307	0.3577	0.0500
0.0000	0.1023	0.4404	0.1163
0.0000	0.2012	0.4469	0.2235
0.0000	0.0155	0.3784	0.0251
0.0000	0.5877	0.2610	0.5660
0.0000	0.5109	0.2743	0.6238
0.0000	0.4534	0.3052	0.5509
0.0000	0.0084	0.4416	0.0097
0.0000	0.2518	0.3626	0.3599
0.0000	0.5394	0.2706	0.6572

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค

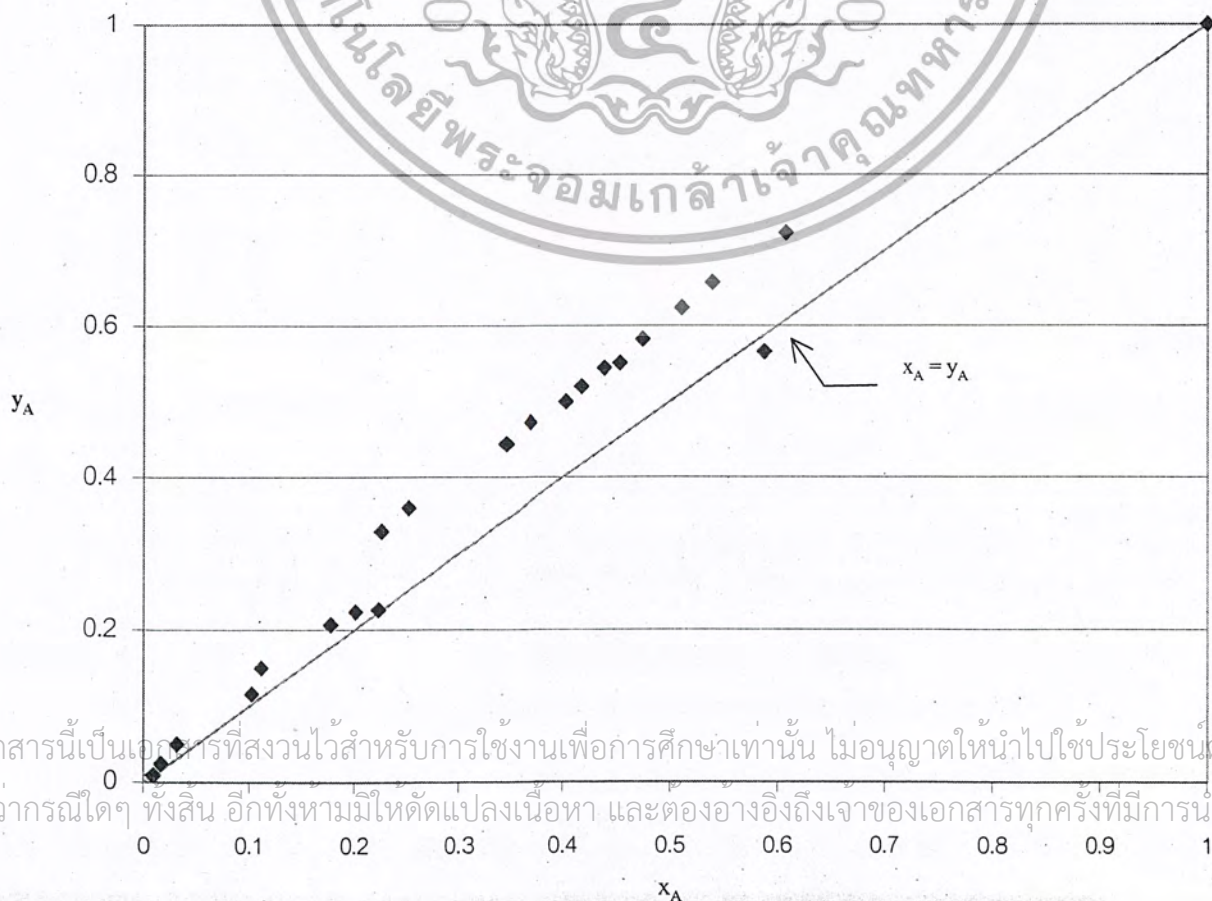
ข้อมูลจากตารางที่ 6-4 สามารถนำมาสร้างกราฟสมดุลได้ดังรูปที่ 6-1 และ 6-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6-1 กราฟสมดุลสำหรับการสกัดน้ำมันงาโดยใช้ฟอร์มอลเดกเซนเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 6-2 แผนภูมิ x_A - y_A สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันงา (residual-free basis)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณหา N , x_A และ y_A

อัตราส่วน 1:3 ใช้งา 20 กรัม

ใช้ตัวทำละลาย 60

ความหนาแน่นของนอร์มอลเฮกเซนคือ 0.659 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

สมมติฐานที่ใช้:

1. ในการสกัดไม่มีของแข็งกระจายในวัฏภาคของเหลว ดังนั้นค่า N ในวัฏภาคของเหลวจึงมีค่าเท่ากับศูนย์
2. ในแต่ละวัฏภาคมีความเข้มข้นเท่ากันทุกส่วน

ใช้สูตร

$$N = \frac{\text{kg } B}{\text{kg } A + \text{kg } C} = \frac{\text{kg solid}}{\text{kg solution}}$$

$$x_A = \frac{\text{kg } A_O}{\text{kg } A_O + \text{kg } C_O} = \frac{\text{kg solute in overflow}}{\text{kg solution in overflow}}$$

$$y_A = \frac{\text{kg } A_U}{\text{kg } A_U + \text{kg } C_U} = \frac{\text{kg solute in underflow}}{\text{kg solution in underflow}}$$

A, B และ C คือ ตัวถูกละลาย (น้ำมัน) ของแข็งและตัวทำละลาย ตามลำดับ ซึ่งจะใช้นหน่วยเป็นกรัมจากการเก็บตัวอย่าง การสกัดน้ำมันในการสกัดครั้งที่ 1 อัตราส่วน 1:3

- เก็บตัวอย่างสารละลายจากวัฏภาคของเหลว 32.37 กรัม
วิเคราะห์ผลได้ น้ำมันงา 5.75 กรัม ตัวทำละลาย 26.62 กรัม
- เก็บตัวอย่างสารจากวัฏภาคของแข็ง 5.14 กรัม
วิเคราะห์ผลได้ น้ำมันงา 0.71 กรัม ตัวทำละลาย 2.73 กรัม คากของแข็งที่เหลือ 1.70 กรัม

- หาน N ในวัฏภาคของแข็ง (shurry)

$$N = \frac{1.70}{(0.71 + 2.73)} = 0.4942$$

- หา x_A

$$x_A = \frac{5.75}{(5.75 + 26.62)} = 0.1776$$

- หา y_A

$$y_A = \frac{0.71}{(0.71 + 2.73)} = 0.2064$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองหาปริมาณความชื้นในเมล็ดงา ทำให้ทราบเวลาที่เหมาะสมในการอบงาให้มีความชื้นพอเหมาะแก่การนำไปสกัดน้ำมัน คือ 60 นาที
2. จากการทดลองหาเวลาที่เข้าสู่สมดุลของการสกัดน้ำมัน สรุปได้ว่าใช้เวลา 2 วัน ที่ทำให้การสกัดเข้าสู่สมดุล แต่ในทางปฏิบัติ จะต้องทิ้งไว้ 3 วัน เพื่อให้มีการตกตะกอนของกากงา และแต่ละภูมิภาคแยกตัวกัน ได้ดีขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผล
3. ข้อมูลสมดุลที่ได้จากการทดลอง แสดงในตารางที่ 6-4 ซึ่งแสดงเป็นกราฟได้ดังกราฟรูปที่ 6-1 และ 6-2 จะเห็นได้ว่า ค่า N_x ในภูมิภาคของเหลวมีค่าเป็นศูนย์ทุกช่วงความเข้มข้นของ x_A ขณะที่ค่า N_y มีค่าอยู่ประมาณ 0.3 ถึง 0.5 โดยจะมีค่าน้อยเมื่อมีน้ำมันหลงเหลืออยู่ในภูมิภาคของแข็งมาก จากรูปที่ 6-2 x_A และ y_A มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับเส้น $x_A = y_A$ เมื่อมีความเข้มข้นของน้ำมันในระบบต่ำ แต่จะเบี่ยงเบนไป โดยจะมีความเข้มข้นของน้ำมันงาในภูมิภาคของเหลวมากกว่าในภูมิภาคของแข็งเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันงาในระบบสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่า น้ำมันงาชอบอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ล้อมรอบไปด้วยเฮกเซนเกือบทั้งหมดในภูมิภาคของเหลวมากกว่าที่จะอยู่ในภูมิภาคของแข็งซึ่งมีกากงาอยู่ด้วย ตามหลักการ like dissolves like ดังนั้นเมื่อพิจารณารูปที่ 6-1 และ 6-2 อาจกล่าวได้ว่า ในการสกัดน้ำมันงาเมื่อมีน้ำมันงาในเมล็ดงามากจะยังคงมีน้ำมันงาหลงเหลือในเมล็ดงาเป็นปริมาณมากโดยมีกากงาประมาณ 25% โดยน้ำหนัก ที่เหลือเป็นเฮกเซนและน้ำมันงา หลังจากการสกัดหลายครั้งจนกระทั่งมีน้ำมันงาอยู่เหลือเพียงเล็กน้อยในกากงาจะมีเฮกเซนในภูมิภาคของแข็งเป็นส่วนใหญ่โดยมีกากงาประมาณ 30% โดยน้ำหนัก ซึ่งต้องการการนำเฮกเซนที่เหลือค้างไว้นี้กลับมาใช้ใหม่เพื่อลดความสูญเสียของเฮกเซน

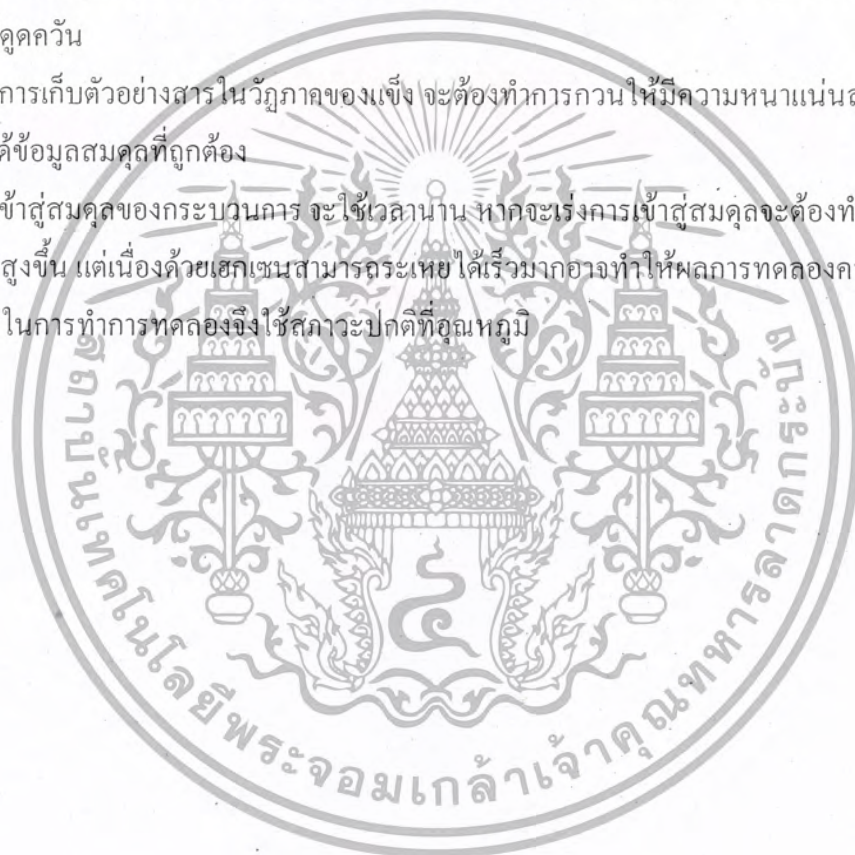
7.2 วิจารณ์การทดลอง

1. เฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารอินทรีย์แต่เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของมันจึงมีข้อควรระวังในการทดลองดังนี้

- จุดเดือดต่ำ (65 องศาเซลเซียส) จึงสามารถระเหยได้เองที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นการทดลองจึงต้องระมัดระวังและใช้ความรวดเร็วในการบันทึกผลเพราะหากปล่อยทิ้งไว้นาน เฮกเซนจะระเหยไปทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นค่าที่อยู่ในสมดุล
- อันตราย เฮกเซนสามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังได้รวดเร็วและหากได้รับสะสมเข้าไปมากๆจะทำให้เป็นหมันได้ ดังนั้นเวลาถ่ายสารไปในแต่ละขวดจึงต้องระมัดระวังให้มากและควรทำในตู้ดูดควัน

2. เวลาทำการเก็บตัวอย่างสารในวิภาคของแข็ง จะต้องทำการกวนให้มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ จึงจะได้ข้อมูลสมดุลที่ถูกต้อง

3. ในการเข้าสู่สมดุลของกระบวนการ จะใช้เวลานาน หากจะเร่งการเข้าสู่สมดุลจะต้องทำให้ระบบมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่เนื่องจากเฮกเซนสามารถระเหยได้เร็วมากอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น ในการทำการทดลองจึงใช้สภาวะปกติที่อุณหภูมิ



เอกสารอ้างอิง

- Daniel Swern., Thomas H. *Bailey's industrial oil and fat products*, New York : John Wiley, 1979-1985 [1]
- J.D. Seader, Ernest J.Henley. *Separation Process Principles* ,New York : John Wiley, 1998 [2]
- CRISTIES, J. G. *Transport Processes and Unit Operation* , 3rd ed., New Jersey : Prentice-Hall , Inc. , 1993 [3].
- Warren L., McCabe, Julian C., Smith, Peter H. *Unit Operations of Chemical Engineering*, 6th ed., Boston : McGraw-Hill, 2001 [4]
- Robert H., Don W. Green Perry. *Perry's Chemical Engineers' handbook / late editor*, 6th ed, New York : McGraw-Hill, 1984 [5]
- อรสา สุริยาพันธ์, วิจิต ปัญญาทิพย์สกุล, ปริญญานิพนธ์ *การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงา*. คณะเทคโนโลยีอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2527 [6]
- www.cheeseng-oil.com [7]
- www.cheresources.com [8]
- <http://www.thaitombon.com> [9]
- <http://aggie.kps.ku.ac.th/agron/research.html> [10]
- <http://www.doae.go.th/stat/newdata/m82.htm> [11]
- http://www.amphora-society.com/The_Society/Soxhlet/soxhlet.html [12]
- <http://www.kimble-kontes.com/html/pg-585250.html> [13]
- <http://members.tripod.com/~bc05/suxlet.html> [14]
- <http://members.tripod.com/~bc05/suxlet.html> [15]
- <http://www.meahongsorntravel.com> [16]



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเกี่ยวกับงาน

ตารางที่ ก-1 คุณค่าทางอาหารเป็นร้อยละของพีชน้ำมันแต่ละชนิด [10]

พืชคุณค่าทางอาหาร	โปรตีน	ไขมัน	ไขมันไม่อิ่มตัว	ไขมันอิ่มตัว
ถั่วเหลือง	35-50	12-20	85	-
ถั่วลิสง	25-35	44-56	80	-
งา	18-25	44-50	80	-
ทานตะวัน	30-40	->	90	-
คำฝอย	-	->	90	-
รำข้าว	-	10-12	85	-
ปาล์ม	-	->	-	52

ตารางที่ ก-2 ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันพืชที่สำคัญ [10]

รายการ	กรดไขมันไม่อิ่มตัว (กรัมต่อไขมัน 100 กรัม)	กรดไขมันอิ่มตัว (กรัมต่อไขมัน 100 กรัม)	กรดลิโนเลอิก (กรัมต่อไขมัน 100 กรัม)
น้ำมันดอกคำฝอย	87	8	72
น้ำมันข้าวโพด	84	10	53
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	83	12	63
น้ำมันถั่วเหลือง	80	15	52
น้ำมันรำข้าว	80	16	37
น้ำมันงา	80	14	42
น้ำมันเมล็ดฝ้าย (นุ่น)	71	25	50
น้ำมันถั่วลิสง	76	18	29
น้ำมันปาล์ม	49	45	8
น้ำมันมะกอก	84	11	7
น้ำมันมะพร้าว	8	82	น้อยมาก

ที่มา : เสาวนีย์ จักรพิทักษ์ หลักโภชนาการปัจจุบัน ไทยวัฒนพานิช 2526 หน้า 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 งา : เนื้อที่ ผลิต ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิต ตามราคาที่ยกขัตกรขายได้

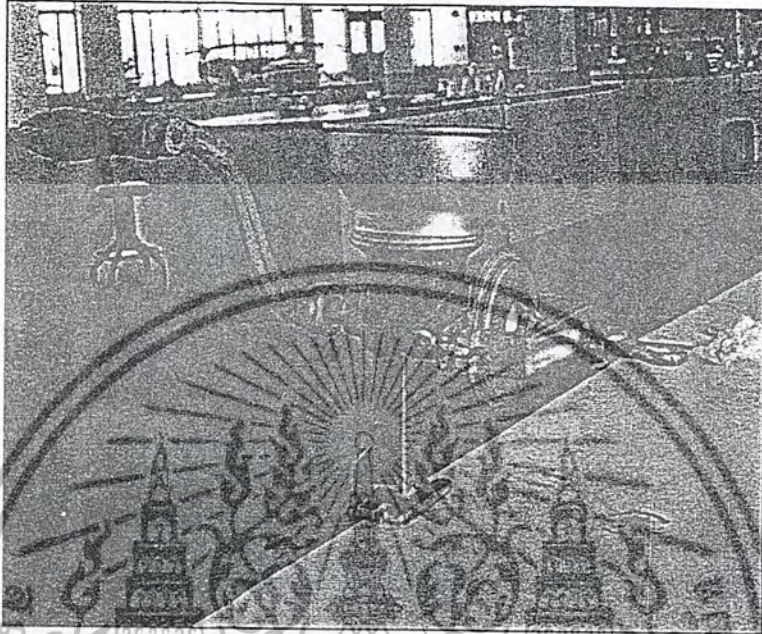
ปีเพาะปลูก 2530/31 - 2539/40 [11]

ปี เพาะปลูก	เนื้อที่ ปลูก	ผลผลิต	ผลผลิต เฉลี่ย ต่อไร่	ราคา ที่ยกขัตกร ขายได้	มูลค่าของผลผลิต ตามราคาที่ยก ขัตกรขายได้
	1,000 ไร่	1,000 ตัน	กก.	บาท/กก.	ล้านบาท
2530/31	283	27	96	9.26	252.8
2531/32	314	27	87	10.48	286.1
2532/33	331	28	83	14.95	410.7
2533/34	365	29	80	13.37	390.4
2534/35	385	32	83	11.08	354.1
2535/36	371	32	85	8.43	265.5
2536/37	377	33	87	8.95	293.6
2537/38	371	32	86	9.77	310.7
2538/39	381	34	88	18.00	603.0
(F) 2539/40	386	34	89	17.12	587.2

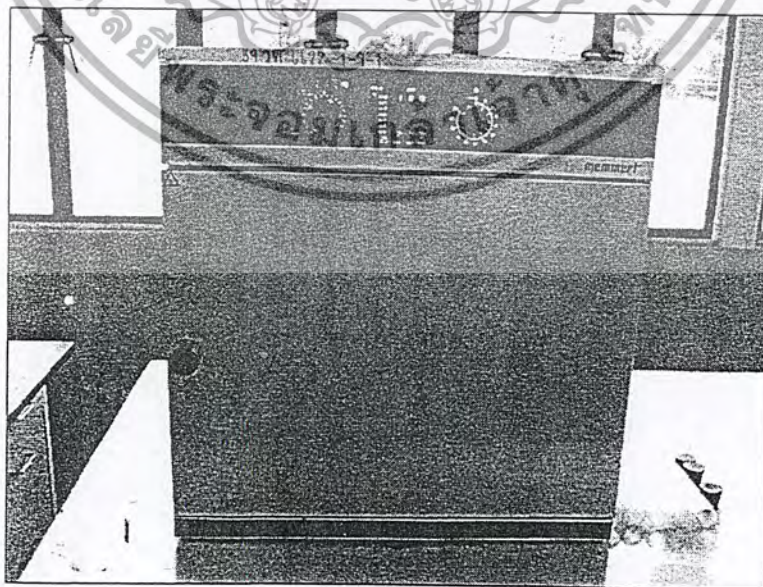
ปรับปรุงครั้งสุดท้ายเมื่อ 5/4/99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

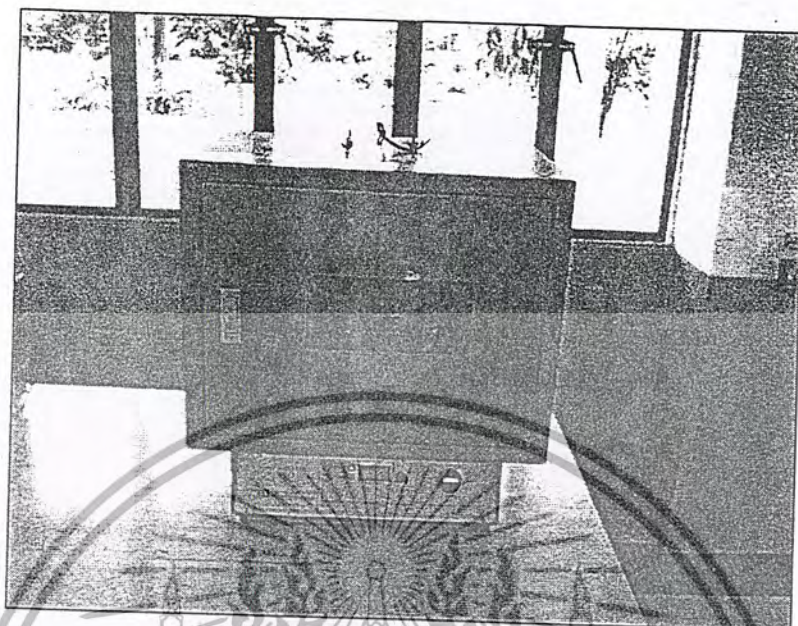


รูปที่ ข-1 เครื่องบดผง



รูปที่ ข-2 คูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

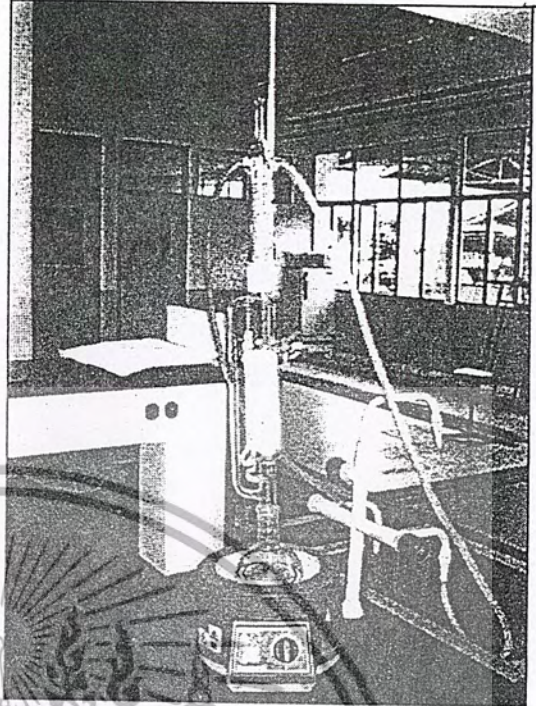
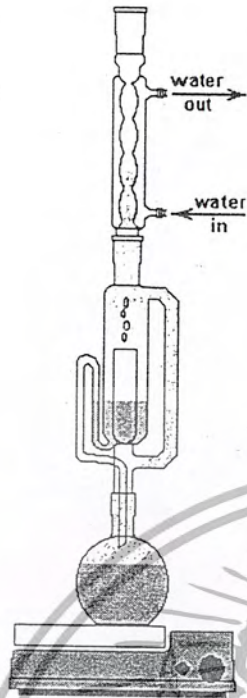


รูปที่ ข-3 เครื่องเขย่า



รูปที่ ข-4 ขวดรูปหมฟู่ที่ใช้ทำการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-5 ชุดอุปกรณ์สกัด(Soxhlet) [12]



ข-6.1)

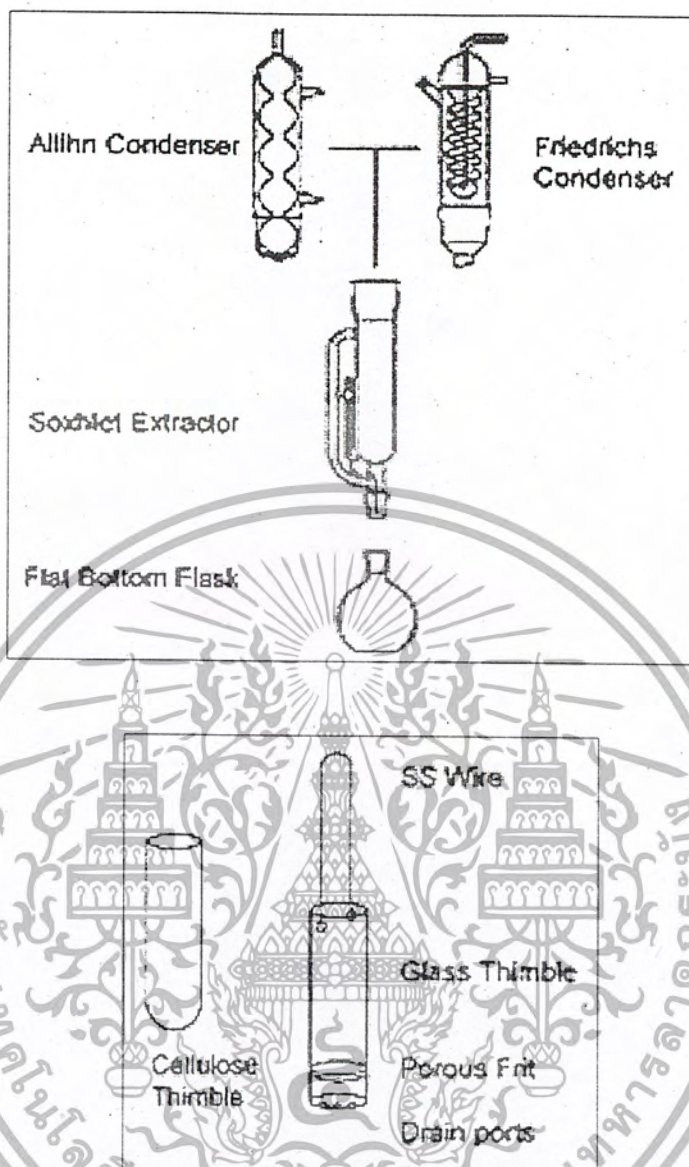


ข-6.2)

รูปที่ ข-6 ชุดสกัดที่ใช้อุปกรณ์หล่อเย็นต่างกัน ข-6.1) Allihn Condenser [13]

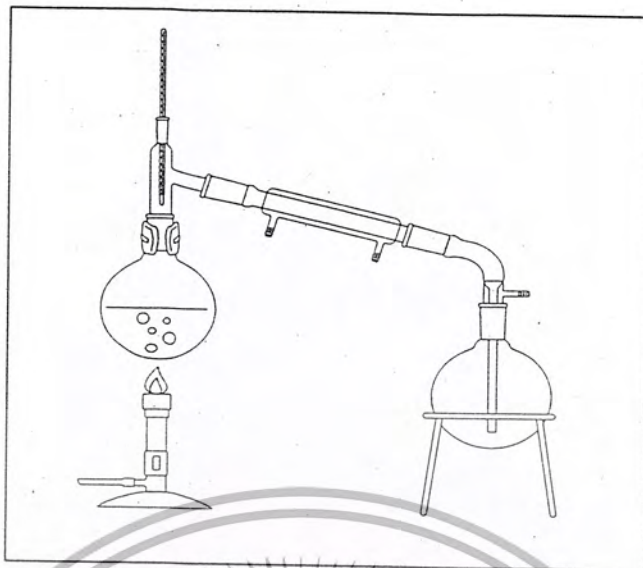
ข-6.2) Friedrichs Condenser [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

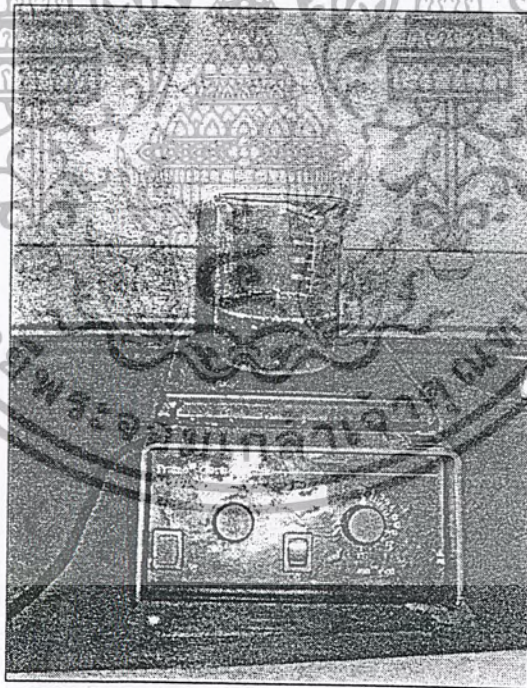


รูปที่ ข-7 ส่วนประกอบของชุดสกัด(Soxhlet) [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-8 ชุดอุปกรณ์กลั่น



รูปที่ ข-9 การระเหยตัวทำละลายในการหาปริมาณน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

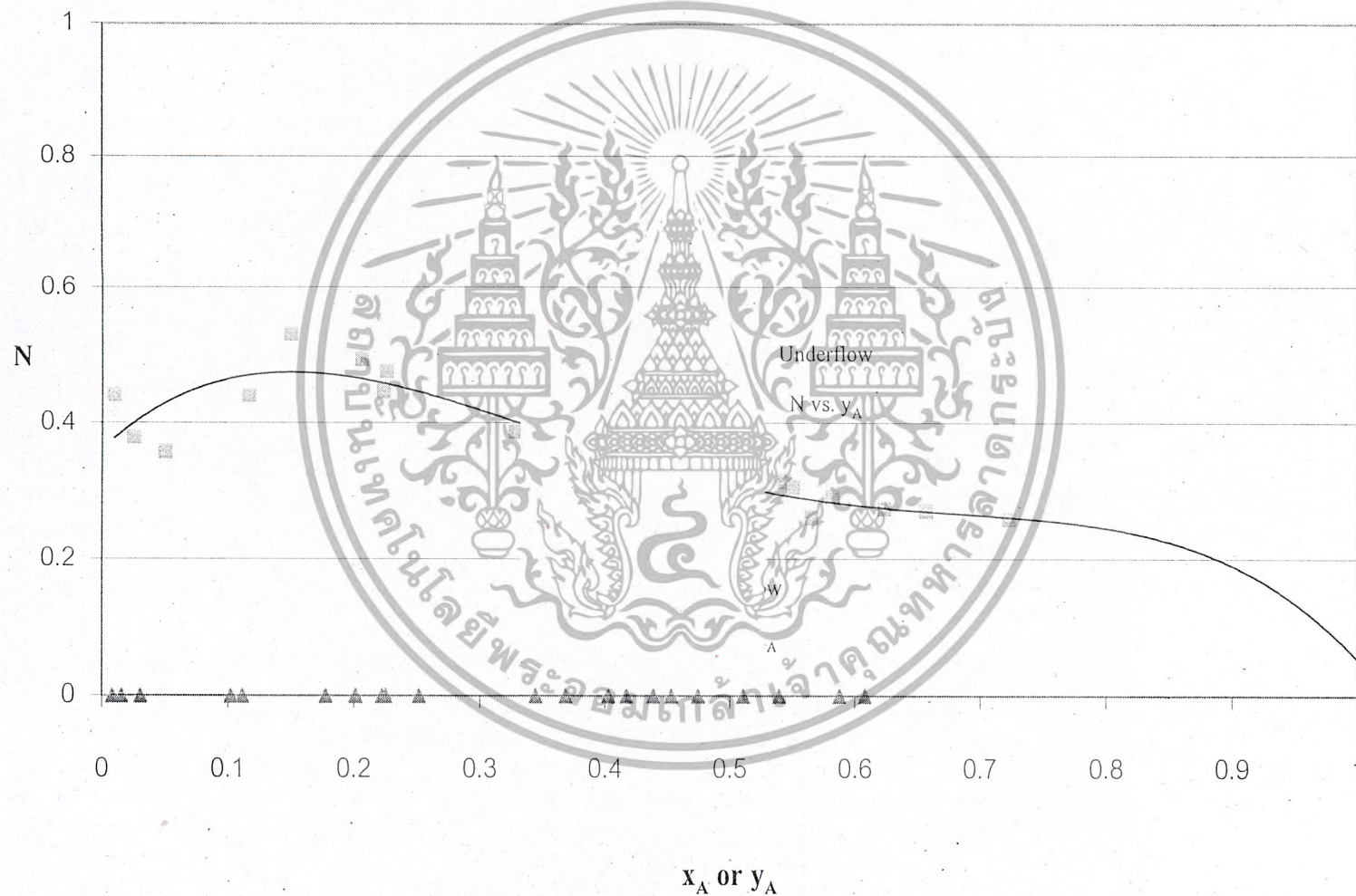
ภาคผนวก ก
ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลส่วนประกอบต่างๆ ในวิภูภาคของเหลวและวิภูภาคของแข็ง
ที่ได้จากการวิเคราะห์

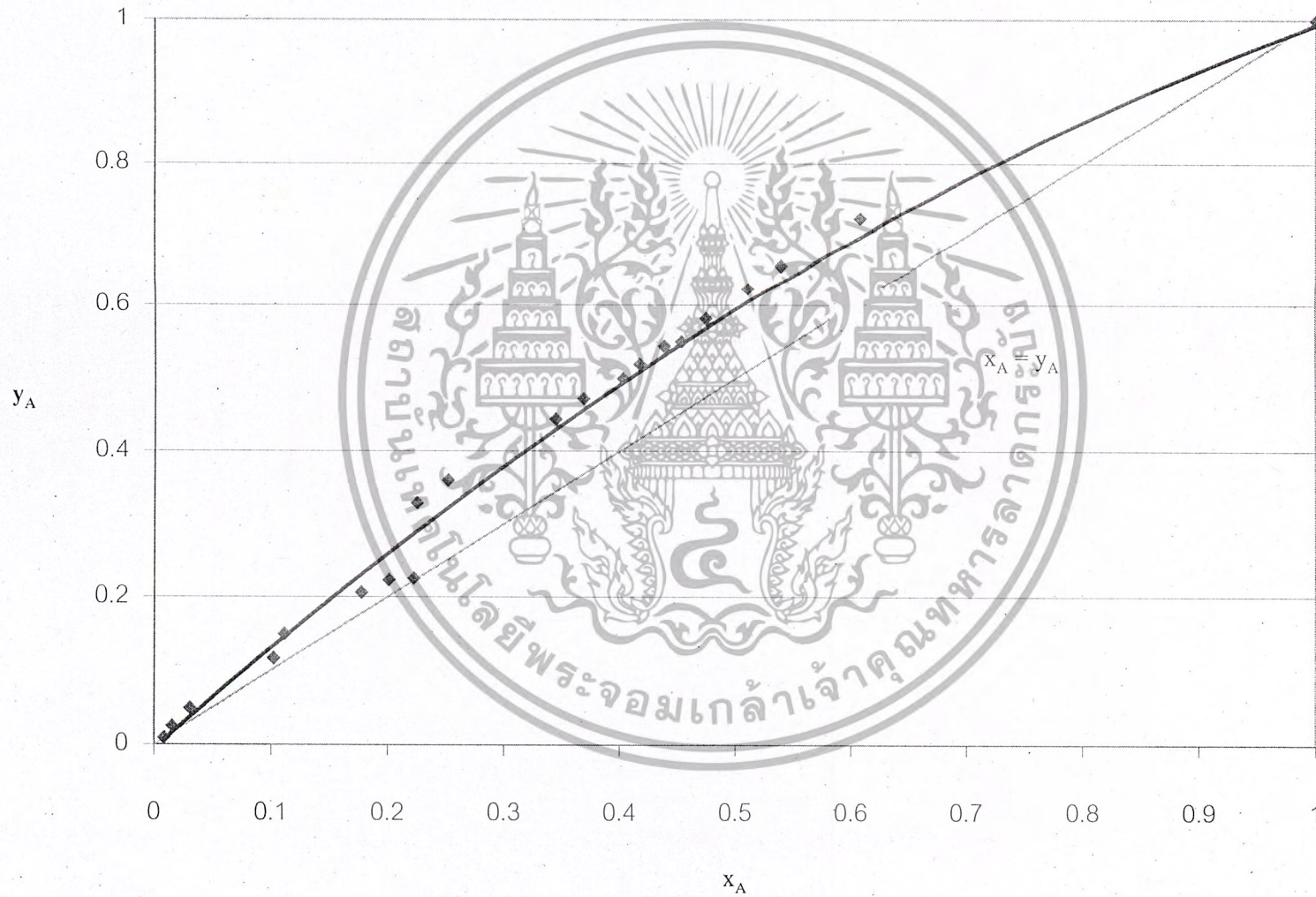
ปริมาณส่วนประกอบต่างๆในการสกัด (กรัม)				
วิภูภาคของเหลว		วิภูภาคของแข็ง		
ตัวทำละลาย	น้ำมันงา	ตัวทำละลาย	น้ำมันงา	กากงา
26.62	5.75	2.73	0.71	1.7
11.78	18.27	1.21	3.16	1.13
5.06	1.47	2.08	1.02	1.2
26.63	14.01	2.14	1.71	1.23
22.56	13.18	1.81	1.62	1.1
21.29	14.37	1.93	1.93	1.2
23.37	16.75	1.69	1.83	1.09
20.57	16.08	1.8	2.15	1.24
13.84	12.51	1.62	2.26	1.13
83.94	10.53	2.83	0.5	1.77
66.89	19.15	2.81	0.82	1.73
63.69	2.02	2.47	0.13	0.93
72.28	8.24	3.19	0.42	1.59
61.91	15.59	2.78	0.8	1.6
88.23	1.39	3.89	0.1	1.51
4.49	6.4	1.48	1.93	0.89
20.02	20.91	1.55	2.57	1.13
11.26	9.34	1.81	2.22	1.23
45.82	0.39	3.05	0.03	1.36
26.53	8.93	2.33	1.31	1.32
11.22	13.14	1.33	2.55	1.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-1 กราฟสมดุลสำหรับการสกัดน้ำมันงาโดยใช้เทอร์โมลเซกเซนเป็นตัวทำละลาย (มีเส้นแนวโน้ม)



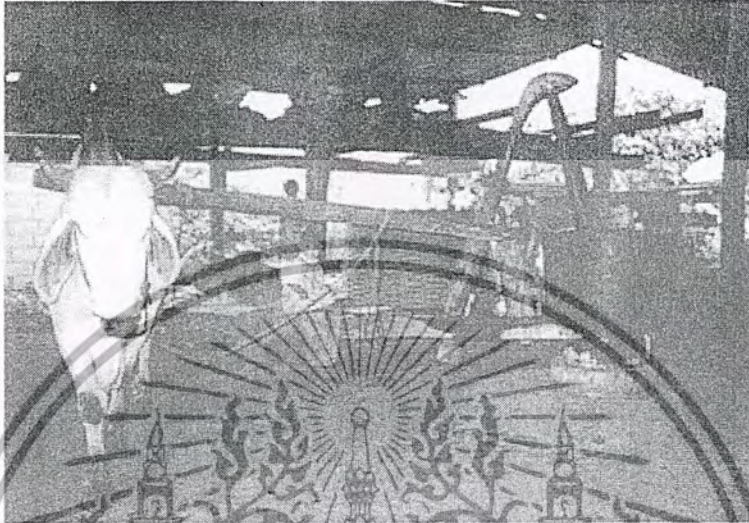
รูปที่ ค-2 แผนภูมิ x_A - y_A (residual-free basis) สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันงา (มีเส้นแนวโน้ม)



ภาคผนวก ง

การผลิตน้ำมันงาด้วยวิธีแบบพื้นบ้าน

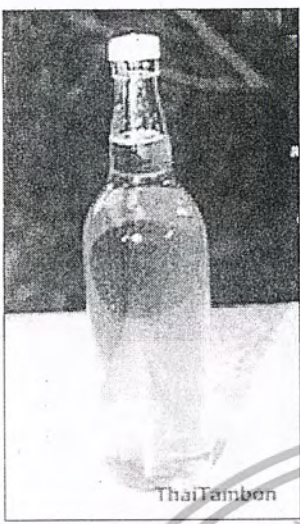
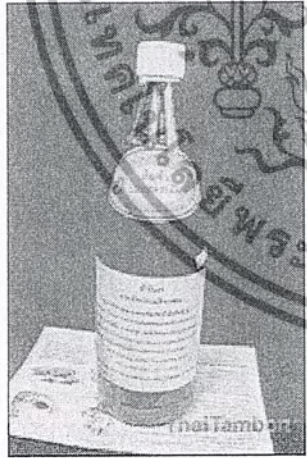
การผลิตน้ำมันงา ของชาวบ้านปางหมู กับกรรมวิธีการผลิตที่น่าสนใจ [16]



หมู่บ้านปางหมู เป็นหมู่บ้านดั้งเดิมของชนชนชาวแม่ฮ่องสอน อยู่ห่างจากตัวอำเภอเมืองขึ้นทางทิศเหนือ ประมาณ 6 กิโลเมตร ชาวบ้านส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรม โดยเฉพาะการปลูกถั่วเหลือง งา และการผลิตถั่วเน่าเก็บซึ่งถือว่าเป็นเครื่องปรุงที่ขาดไม่ได้ในการปรุงอาหารแบบไทยใหญ่ ผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่น ของหมู่บ้านนี้คือ น้ำมันงา โดยเฉพาะการผลิตโดยกรรมวิธีที่น่าสนใจ ในปัจจุบันอาจจะหาได้ยากในชุมชนอื่นๆ นั่นคือ การใช้วัวเป็นแรงงานในการผลิต วัวเป็นสัตว์เลี้ยงที่ชาวบ้านปางหมูใช้แรงงาน และมีประโยชน์ในการขนผลผลิตออกจากแปลงนา ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมอยู่แล้ว การนำวัวมาช่วยผลิตน้ำมันงาจึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ได้อย่างเหมาะสม การบดน้ำมันงาโดยครกไม้ นี้ ตามภาษาท้องถิ่น เรียกว่า "การอัดน้ำมันงา" มีขั้นตอนในการผลิตคร่าวๆ ดังนี้

- นำงาไปผึ่งแดด เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสม และเก็บเศษหรือสิ่งปลอมปน ออกไป
- นำเมล็ดงาใส่ลงในครกบด ประมาณ 15 ก.ก.
- ใช้วัวเดินผลัดกันครกซึ่งทำเป็นคานขึ้นออกมา จะทำให้เมล็ดงาถูกบดอัดอยู่ในครก เมื่อเมล็ดงาเริ่มแตก ก็จะคอยเติมน้ำร้อน ไปเรื่อยๆ เพื่อให้น้ำเป็นตัวดึงน้ำมันออกมา จากนั้นก็ให้น้ำมันงาไหลลงสู่ภาชนะ ตามช่องที่เจาะระบายไว้ที่ครก
- จากนั้นก็นำน้ำมันงาที่ได้ไปกรองและเทลงถังพักเพื่อให้ตกตะกอน นำน้ำมันงาที่สะอาดนำไปบรรจุภาชนะเพื่อส่งจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในตำบลปางหมูของกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลอดสารเคมี	
 <p>Thai Tambon</p>	<p>ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากงา รายละเอียดผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากงา(Coop) วัตถุดิบที่ใช้ งา การใช้/ประโยชน์ ประกอบอาหาร สถานที่จำหน่าย กลุ่มสหกรณ์ออมทรัพย์เพื่อการผลิต และแปรรูปบ้านสบสอย 8/4 หมู่ 7 บ้านสบสอย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน 58000</p>
<p>ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในตำบลปางหมูของกลุ่มสหกรณ์ออมทรัพย์เพื่อการผลิตและแปรรูปบ้านสบสอย</p>	
 <p>Thai Tambon</p>	<p>ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากงา รายละเอียดผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากงา(Coop) วัตถุดิบที่ใช้ งา การใช้/ประโยชน์ ประกอบอาหาร สถานที่จำหน่าย กลุ่มสหกรณ์ออมทรัพย์เพื่อการผลิต และแปรรูปบ้านสบสอย 8/4 หมู่ 7 บ้านสบสอย ตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน 58000</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้