สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการสกัดน้ำมันงา

วรวุฒิ นพเก้า
อาทิตย์ บรรลือทรัพย์

เลขหมู่ 73350
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 13 ก.ค. 2550
.b 11 ส 92115
.i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF SESAME OIL EXTRACTION

WARAWUT NOPPACOW

ARITIT BUNLETAP

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การศึกษาการสกัดน้ำมันงา
โดย	นาย วรวุฒิ นพเก้า
	นาย อาทิตย์ บรรลือทรัพย์
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์ รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ
(รศ. ดร.ประกอบ กิจไชยา)

..... กรรมการ
(ดร. อภินันท์ นัมคณิสรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการสกัดน้ำมันงา

โดย นาย วรวุฒิ นพเก้า รหัสประจำตัว 46015544

นาย อาทิตย์ บรรลือทรัพย์ รหัสประจำตัว 46015558

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ. ดร. ประกอบ กิจไชยา

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาโครงสร้างของผนังเซลที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันงาด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างผนังเซลของเมล็ดงาที่แตกกับโครงสร้างผนังเซลของเมล็ดงาที่ไม่แตก ที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันงาที่สกัดได้ โดยในการศึกษานี้มีการอบแห้งเมล็ดงา 2 วิธี คือ การอบแห้งแบบร้อนด้วยลมร้อนในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 80°C และ 120°C กับ การอบแห้งแบบเยือกแข็ง(freeze drying) โดยมีสมมติฐานว่า การอบด้วยลมร้อนจะทำให้ผนังเซลของเมล็ดงาเกิดการหดตัวแล้วแตกออกทำให้สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากกว่าการอบแห้งแบบเยือกแข็ง เพราะการอบแห้งแบบเยือกแข็งจะคงลักษณะโครงสร้างของเซลได้ใกล้เคียงกับเซลของเมล็ดงาดิบมากที่สุด การศึกษานี้ใช้อัตราส่วนของเมล็ดงาต่อนอร์มอลเฮกเซน 1:2.5 โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการสกัด 9 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30°C ความเร็วรอบของเครื่องปั่นกวนในการสกัด 36 รอบต่อนาที ความชื้นของเมล็ดงาที่ใช้สกัด 3% ของเมล็ดงาดิบ แล้วหาปริมาณน้ำมันงาที่สกัดได้ใช้ชุดซอกเลตสกัดน้ำมันที่ค้างในเมล็ดงาอีก 36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 83°C (อัตราการหยดของตัวทำละลายใน Thimble ประมาณ 150 หยดต่อนาที) ผลการศึกษาพบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ให้ผลการสกัดน้ำมันได้มากกว่าการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report title A study of sesame oil extraction

By Mr. Warawut Noppacow

Mr. Aritit Bunletap

Advisor Mrs. Ruenruedee Benjangkaprasert

Co-Advisor Assoc. Prof. Dr. Prakob Kitchaiya

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project has a primary objective to study the effects of cell structure on the extraction of sesame oil using normal hexane as a solvent. In order to compare the effects of cell structure on the yield of sesame oil resulting from extraction with normal hexane, both cracked and uncracked seeds were used for the extraction. Pretreatment of the sesame seeds involved drying of seeds using two techniques: heat drying in an oven at temperatures of 80 and 120 $^{\circ}$C, as well as freeze drying of the seeds. The conjecture of this treatment was that there will be shrinkage of the cell structure of the seed due to dry air, and eventually the cell structure would rupture. As a result, higher yield of the oil was obtained as compared to the seeds that had been pretreated by freeze drying which only slightly affected the cell structure of the seeds. The extraction was carried out using a weight ratio of sesame seeds to normal hexane of 2:2.5. The extraction was carried out for 9 hours at 30 $^{\circ}$C with the speed of the agitator at 36 rev.per min. The humidity of the seeds being extracted was 3% of the original seeds. The resulting oil from the extraction was determined after 36 hrs of soxlet extraction at 83 $^{\circ}$C with a solvent rate of approximately 150 drops per minute.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.ประกอบ กิจไชยา และ อาจารย์ รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดีตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่กรุณาให้ใช้เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง ข้อแนะนำตลอดจนความรู้ในการใช้อุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือคำแนะแนวในการปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาโครงงาน

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบุพการีซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ให้กำลังใจตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูปภาพ.....ญ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมา.....1

1.1.1 ประวัติและแหล่งกำเนิด.....1

1.1.2 ชนิดและพันธุ์งา.....2

1.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....2

1.1.4 ประโยชน์ของน้ำมันเมล็ดงา.....4

1.1.5 ประโยชน์ของกากเมล็ดงาหลังจากการสกัด.....6

1.1.6 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงา.....7

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....8

1.3 ขอบเขตของการศึกษาของปริญญานิพนธ์.....8

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....9

2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction).....9

2.2 การสกัดของแข็งด้วยของเหลว (Leaching).....9

2.2.1 การสกัดแบบไหลข้าม.....10

2.2.2 การสกัดแบบไหลสวนทางกัน.....10

2.3 การอบแห้งด้วยลมร้อนแบบถาดหรือห้องอบ((Tray or Carbinet drying).....10

2.4 การอบแห้งแบบเยือกแข็ง(Freeze drying).....10

2.4.1 การเกิดผลึกน้ำแข็ง (Ice crystal formation).....11

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง.....12

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....12

3.2 วิธีการทดลอง.....13

ตอนที่ 1 การสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซนโดยที่ผนังเซลแตก.....13

ตอนที่ 2 การสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซนโดยที่ผนังเซลไม่แตก.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 3 การศึกษาโครงสร้างเซลที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันงาด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน.....15
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....17
4.1 การอบแห้งเมล็ดงา.....17
ผลการทดลองการอบแห้งเมล็ดงาด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C 120°C และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง.....17
4.1.1 การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C.....17
4.1.2 การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C.....18
4.1.3 การอบแห้งแบบเยือกแข็ง.....20
4.2 การสกัดน้ำมันงาโดยใช้ตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน.....21
4.2.1 การเก็บตัวอย่างเมล็ดงาที่เวลาต่างๆ.....21
4.2.2 การหาปริมาณน้ำมันทั้งหมด.....23
4.2.3 การนำเมล็ดงาตัวอย่างส่องด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM).....23
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....27
การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....27
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....28
6.1 สรุปผลการทดลอง.....28
6.2 ข้อเสนอแนะในการทดลอง.....29
ภาคผนวก.....31
ภาคผนวก ก รูปอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง และ รูปน้ำมันเมล็ดงาที่สกัดได้.....32
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการนำเมล็ดงาส่องกล้องด้วยเครื่อง SEM.....38
ภาคผนวก ค ประมวลภาพถ่ายจากเครื่อง SEM.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ส่วนประกอบทางเคมี ที่มีคุณค่าทางอาหาร โดยประมาณ 5
ตารางที่ 1.2 แสดงรายการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของงาชนิดต่างๆ 5
ตารางที่ 1.3 แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในเมล็ดงา กากงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลือง และไข่ไก่ทั้งฟอง.....7
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดงาที่เหลือหลังอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C.....18
ตารางที่4.2 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดงาที่เหลือหลังอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120°C.....19
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดงาที่เหลือหลังการอบแห้งแบบเยือกแข็ง.....20
ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลตารางข้อมูลปริมาณน้ำมันงา ที่สกัดได้(กรัม) ต่อสารละลาย 10 มิลลิกรัม.....21
ตารางที่ 4.5 น้ำหนักน้ำมันที่ได้จากการสกัดเมล็ดงากับนอร์มอลเฮกเซนด้วยอัตราส่วน 1 : 2.5 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 9 ชั่วโมง.....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงน้ำหนักงาหลังการอบงาด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C.....17
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงน้ำหนักงาหลังการอบงาด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C.....19
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงน้ำหนักงาหลังการอบแห้งเมล็ดงาแบบเยือกแข็ง.....20
รูปที่ 4.4 กราฟเทียบปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่อสารละลาย 10 มิลลิลิตร.....22
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °Cหลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า.....24
รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C หลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า.....24
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็งหลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า.....25
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า.....25
รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายจากตัวอย่างเมล็ดงาดิบบดครึ่งผ่ากลางตามภาคตัดขวางของเมล็ดกำลังขยาย 60 เท่า.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา [1,2]

งา(Sesame) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Sesamum indicum หรือรู้จักในชื่อ Sesame , Gingelly , Beniseed , Sin-sim เป็นพืชล้มลุกที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนระหว่างละติจูดที่ 40 องศาเหนือกับ 40 องศาใต้

งาเป็นพืชไร่น้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกงาเป็นพืชเสริมรายได้ทั้งก่อนและหลังพืชหลัก เช่น ข้าว ถั่วเหลือง และข้าวโพด เพื่อเป็นการปรับสภาพพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศประมาณปีละ 200 – 300 ล้านบาทต่อปี โดยการส่งออกจะอยู่ในรูปของเมล็ดงาและน้ำมันงา ประเทศไทยผลิตงาได้ประมาณปีละ 27,000 – 32,000 ตัน ในพื้นที่เพาะปลูก 200,000 - 377,000 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 70-100 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้บริโภคภายในประเทศ ปีละ 10,000 -15,000 ตัน(45 %ของผลผลิตที่ได้) และส่งออกจำหน่ายต่างประเทศปีละ 15,000- 20,000 ตัน (55% ของผลผลิตที่ได้) งาที่ปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 ชนิดคือ งาขาว งาดำ งาแดง(งาเกษตร) มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 10 25 และ 65% ตามลำดับ แหล่งปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยปลูกมากที่สุดทางภาคเหนือ ให้ผลผลิตประมาณ 70% ของผลผลิตงาทั่วประเทศ

1.1.1 ประวัติและแหล่งกำเนิด [1]

สันนิษฐานว่างามีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปแอฟริกา บริเวณประเทศเอธิโอเปีย จากหลักฐานที่พบพันธุ์งาอยู่ในทวีปแอฟริกาหลายพันธุ์ แล้วได้ถูกนำเข้าสู่อินเดียโดยการผ่านทางอ่าวเปอร์เซีย เมื่อประมาณ 2,000 ปีเศษมาแล้ว ต่อมากลายเป็นพืชที่สำคัญของประเทศในเขตอ่าวเปอร์เซีย และได้กลายเป็นจุดศูนย์กลางในการค้าขายแพร่กระจายไปทางตะวันออกและตะวันตก สู่ประเทศญี่ปุ่นและจีนในศตวรรษที่ 1 และจากทวีปแอฟริกาได้แพร่กระจายสู่ประเทศบราซิล และประเทศในทวีปอเมริกาในยุคแรกของการค้าทาส สำหรับประเทศไทยมีการปลูกมาแต่โบราณ โดยมีการปลูกบนภูเขาบริเวณระหว่างชายแดนไทยและพม่าเป็นจุดแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 ชนิดและพันธุ์งา [1,3]

ชนิดและพันธุ์ของงาที่มีปลูกอยู่ในประเทศไทย เป็นงาพันธุ์พื้นเมืองที่มีทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบาซึ่งสามารถแบ่งงาที่ปลูกในประเทศไทยได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

1.1.2.1 งาดำ เป็นพันธุ์ที่เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีดำ พันธุ์ที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่ พันธุ์งาดำนครสวรรค์ และ งาดำบุรีรัมย์

1.1.2.2 งาดำ หรือ งาแดง หรือที่เกษตรกรเรียกว่า " งาเกษตร " เมล็ดจะมีทั้งสีน้ำตาลแดง และเมล็ดสีดำปนกัน ได้แก่งาพันธุ์พิษณุโลก มีปลูกกันมากแถบจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย อุตรดิตถ์ แพร่ และเพชรบูรณ์ มีปลูกทั้งต้นและปลายฤดูฝน อายุเก็บเกี่ยว 75-80 วัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 50-80 กิโลกรัมต่อไร่

1.1.2.3 งาขาว เป็นพันธุ์ที่เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีขาว พันธุ์ที่เกษตรกรรู้จักและปลูกทั่วไปได้แก่ พันธุ์งาขาวชัยบาดาล พันธุ์งาขาวสมอทอด พันธุ์งาขาวเมืองเลย และพันธุ์งาขาวร้อยเอ็ด (เป็นพันธุ์ที่ทางราชการแนะนำให้เกษตรกรปลูก) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ใหม่ที่น่าสนใจอีก 2 สายพันธุ์คือ MKS-I-81111 และ MKS-I-81001

1.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [1,4]

งาเป็นพืชล้มลุกประเภทไม้พุ่มเนื้ออ่อน พบปลูกอยู่ทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งร้อน พันธุ์ที่ปลูกในทางการค้ามีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 70-180 วัน มีจำนวนโครโมโซม 2n=26 ชื่อสามัญของงา คือsesame มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คือ

จัดอยู่ใน Family : Pedaliaceae

Genus : Sesamum

Species : indicum

1.1.3.1 ราก งามีระบบรากแบบรากแก้ว(tap root system) รากนี้อาจยาวถึง 90 เซนติเมตร เกิดจากส่วนที่เรียกว่า radicle ในเมล็ด จากรากแก้วจะมีรากแขนง(lateral root) แตกออกมามากมายและมีขนาดแตกต่างกัน รากแขนงเหล่านี้จะแผ่กระจายบริเวณใกล้ผิวดิน

1.1.3.2 ลำต้น มีลักษณะตั้งตรง เป็นเหลี่ยม มีร่องตามความยาวของลำต้น อาจมีขนเล็กน้อยหรือหนาแน่นขึ้นอยู่กับพันธุ์ ทำให้รู้สึกเหนียวเหนอะเมื่อใช้มือจับ ลำต้นมีสีเขียวหรืออาจมีสีม่วง มีทั้งชนิดที่แตกกิ่งและไม่แตกกิ่ง ส่วนมากพวกพันธุ์เบาจะไม่แตกกิ่งแต่พันธุ์หนักจะแตกกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3.3 ใบ งาเป็นพืชใบเลี้ยงคู่มีใบเป็นใบเดี่ยว และมีทั้งชนิดเกิดตรงข้ามหรือเกิดสลับบนลำต้น มีก้านยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ใบจะมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน เช่น ยาวเป็นรูปใบหอก กลมรี หรือเป็นแฉก บนใบมีขนเหมือนที่ลำต้น ขอบใบเป็นหยัก สีของใบเป็นสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวเข้ม งาบางพันธุ์ในต้นเดียวกันจะมีทั้งใบเดี่ยวและใบประกอบแบบ trifoliate ใบประกอบเหล่านี้จะพบบริเวณส่วนบน ๆ ของลำต้น

1.1.3.4 ดอก เป็นชนิดดอกสมบูรณ์เพศ เกิดจากตาตรงก้านใบที่ติดกับลำต้น ดอกอาจเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นช่อ มีจำนวนตั้งแต่ 1-3 ดอก ก้านดอกสั้นมีความยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ที่ฐานดอกทั้งสองข้างมีต่อมน้ำหวานสีเหลืองหรือสีดำ ดอกมีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นลักษณะคล้ายถ้วย ปลายแยกเป็น 5 แฉก กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปคล้ายระฆัง ขอบกลีบดอกจะไม่เรียบและมีส่วนหนึ่งของกลีบดอกยื่นยาวออกมา กลีบดอกมีสีชมพู ขาว ขาวอมม่วง หรือเหลือง ที่กลีบดอกและกลีบเลี้ยงจะมีขนเล็ก ๆ โดยเฉพาะผิวด้านนอก ภายในดอกมี stamen 4-6 อัน สีเขียวอ่อน เรียงเป็นคู่ มีความยาวไม่เท่ากัน pistil มี style ยาว stigma แยกเป็น 2 ส่วน รังไข่เป็นพวก superior มี 2 locules แต่ละ locules มีหลาย ovules การบานของดอกจะบานจากส่วนล่างของลำต้นขึ้นไปยังส่วนบน โดยจะเริ่มบานตอนเช้าและร่วงตอนเย็น

1.1.3.5 ฝัก หรือ ผล มีลักษณะเป็นกระเปาะ(capsule) มีรูปร่างและขนาดแปรตามพันธุ์ เช่น ค่อนข้างกลมป้อม รูปร่างทรงกระบอกหรือแบน ฝักตั้งตรงยาว 2-3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร บนฝักมีร่องตามความยาว ทำให้แบ่งเป็นพูได้ โดยแต่ละฝักอาจจะมีตั้งแต่ 4-8 พู มีขนปกคลุมทั่วฝัก ปลายฝักมีจงอยแหลม เมื่อฝักแก่และแตกอาจทำให้เมล็ดร่วง ฝักงาจะแก่จากส่วนโคนลำต้นไปสู่ส่วนยอด

1.1.3.6 เมล็ด มีขนาดเล็ก ยาว 2-3 มิลลิเมตร ลักษณะคล้ายมูกแพร์เรียงซ้อนกันอยู่ในแต่ละพูภายในฝัก เปลือกเมล็ดมีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์คือ ตั้งแต่สีขาว ขาวอมเหลือง น้ำตาล น้ำตาลแก่ เทา และดำ เป็นต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ดประมาณ 2-4 กรัม เมล็ดมีปริมาณน้ำมัน 35-57 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีน 19-25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัดเมล็ดตามขวางจะเห็นว่าประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

(ก) เปลือกชั้นนอกหุ้มเมล็ด(testa, hull) มีลักษณะที่เรียบหรือขรุขระขึ้นกับพันธุ์ของต้นงา สีของเปลือกจะขึ้นกับรงควัตถุที่สะสมอยู่ในชั้น epidermal cell ที่เรียกว่า integument เซลในชั้น integument จะมีลักษณะเป็นเซลรูปร่างยาวรีเรียงติดต่อกันตามรูปร่างของเมล็ดงา ผนังของเซลในชั้นนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีลักษณะขรุขระเมื่อแห้งแต่สามารถขยายตัวได้ดีเมื่อได้รับความชื้น นอกจากนี้มีผลึกของแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate crystal) สะสมอยู่ตรงบริเวณส่วนยอดของเซล ชั้นของเซลที่อยู่ถัดจาก integument จะมีรูปร่างแบนยาวเรียงซ้อนกัน 2-3 ชั้น ลักษณะการเรียงตัวเหมือนกับเซลในชั้น integument เซลที่อยู่ต่อลงมาบางส่วนเรียกว่า compress cell เป็นเซลที่เจริญมาจาก second integument และนิวเคลียส (nucleus)

(ข) เอนโดสเปอร์ม(endosperm) เป็นชั้นของเซลที่ทำหน้าที่สะสมอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เป็นเซลที่ผนังประกอบจากเซลลูโลส(cellulose) จึงแข็งแรงมาก สารที่สะสมอยู่ในเซลเอนโดสเปอร์ม คือ aleurone และ oil plasma

(ค) ส่วนของใบเลี้ยง(cotyledon) ประกอบด้วยเซลหลายชนิดเรียงซ้อนกันเป็นชั้นโดยเรียงจากด้านนอกเข้าด้านใน ดังนี้ upper epidermis, palisade cell, mesophyll cell และ lower epidermal เซลภายในส่วนของใบเลี้ยงจะมีสารพวก oil plasma และ aleurone grain สะสมอยู่

Endosperm และ Cotyledon เป็นส่วนที่อยู่ของโปรตีนและน้ำมัน แต่ทั้งน้ำมันและโปรตีนจะอยู่ใน Cotyledon เป็นส่วนใหญ่

1.1.4 ประโยชน์ของน้ำมันเมล็ดงา [1,2]

หลังจากการสกัดเมล็ดงาด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนจะได้น้ำมันงาออกมา ซึ่งน้ำมันงาที่ได้เป็นน้ำมันงาที่บริสุทธิ์ ประกอบด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัว 15% ประกอบด้วย กรดปาล์มมิติก(Palmitic acid) 9-10% กรดสเตียริก(Sterric acid) 4% และกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 85% ประกอบด้วย กรดโอเลอิก (Oleic acid) 36-40% , กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) 45-50% จะเห็นได้ว่าไขมันที่อยู่ในน้ำมันงาเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งเหมาะสมแก่การบริโภคและปรุงอาหาร ช่วยในการควบคุมและลดปริมาณคลอเลสเทอรอลในเลือด ช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่งงาดิบที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนก่อนสกัด ซึ่งเรียกว่ากระบวนการสกัดเย็น (Cool press process) จึงสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อน น้ำมันงามีส่วนประกอบทางเคมีที่มีคุณค่าทางอาหารโดยค่าประมาณ ดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ส่วนประกอบทางเคมี ที่มีคุณค่าทางอาหารโดยประมาณ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%โดยน้ำหนัก)
ความชื้น	5.4
โปรตีน	18.6
ไขมัน	49.1
คาร์โบไฮเดรต	21.6
เถ้า	5.3

งาอุดมไปด้วยสารอาหารและวิตามินต่างๆ อีกหลายชนิด ได้แก่แร่ธาตุเหล็กช่วยบำรุงเลือด ธาตุไอโอดีนป้องกันโรคคอพอก ธาตุสังกะสีช่วยบำรุงผิว มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสช่วยบำรุงกระดูกและฟัน ทำให้ไม่เป็นตะคริวง่าย งามีแคลเซียมและฟอสฟอรัสมากกว่าพืชผักชนิดอื่นประมาณ 40 เท่า และ 20 เท่าตามลำดับ เมื่อบริโภคงาพร้อมกับถั่วเหลืองจะช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุทั้งสองชนิดได้ดี งามีวิตามิน B1 , B2 , B3 , B5 , B6 , B9 , ไบโอติน โคลิน ไฟโนสิตอล กรดพาราอะมิโนเบนโซอิค ซึ่งเป็นวิตามินบีทั้งหมด

ตารางที่ 1.2 แสดงรายการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของงาชนิดต่างๆ

ชนิดงา	แคลเซียม (mg)	เหล็ก (mg)	โปรตีน (g)	ไขมัน (g)	วิตามิน B1(mg)	วิตามิน B2(mg)	ไนอาซีน (mg)
งาดำดิบ	1452	22.0	23.2	52.1	0.97	1.11	1.5
งาขาวดิบ	90	13.0	26.1	34.2	0.83	1.54	5.0
น้ำมันงา	10	0.1	0.2	99.7	0.01	0.07	0.1
นมวัว	11.8	0.1	0.34	3.2	0.04	0.16	0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้งาและเมล็ดงายังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ทำเนยเทียม เครื่องสำอาง สบู่ สี น้ำหอม น้ำมันหล่อลื่น หรือนำไปใช้ผสมกับสารที่ได้จากดอกไพรีธัม(Pyrethrum)เป็นยาฆ่าแมลง น้ำมันงาเป็นน้ำมันพืชชนิดเดียวที่มีสารแอนติออกซิแดนท์ตามธรรมชาติ และมีสารเซซามินอล (Sesaminal) อยู่เป็นปริมาณมาก (34 มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนัก) โดยมีความคงตัวต่อความร้อนสูง (180°C) ได้เป็นเวลานาน 10 ชั่วโมง น้ำมันงาที่ผ่านการฟอกสีจะมีปริมาณสารเซซามินอลระหว่างการฟอกสี ดังนั้นจึงไม่ต้องใส่สารเคมีกันหืน เช่น TBHQ BHT BHA ลงในน้ำมันงา

1.1.5 ประโยชน์ของกากเมล็ดงาหลังจากการสกัดน้ำมัน {2}

กากเมล็ดงา(Sesame meal) หลังจากสกัดน้ำมันออกหมดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนขั้นตอนสุดท้ายของการสกัดน้ำมันออก ถ้าหากอบไล่ตัวทำละลายเฮกเซน ด้วยอุณหภูมิประมาณ 80°C และความดันประมาณ 15 มิลลิเมตรปรอท นาน 30 นาที ก็จะได้กากเมล็ดงาที่มีคุณภาพสูง ยิ่งใช้เมล็ดงาที่ปอกเปลือกออกแล้ว (การขัดเมล็ดงาทำได้โดยการแช่ในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 5% ต้มให้ร้อน 96-98°C นาน 20นาที แล้วขัดเปลือกออก ล้างน้ำ อบแห้ง หรือ นำมาแช่น้ำ ประมาณ 36-48 ชั่วโมง ขัดเปลือกออก ล้างน้ำ อบแห้ง) มาสกัดน้ำมัน จะได้กากเมล็ดงาที่มีคุณภาพสูง ไม่มีรสขมของเปลือกที่มีสารแคลเซียมออกซาเลต(Calcium oxalate) เมื่อบดเป็นแป้งแล้วนำไปผสมกับแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันชนิดเดียวกันในสัดส่วนที่เหมาะสม แล้วนำเข้าเครื่องอัดผสม(Extruder) จะได้ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพเท่าเทียมกับเนื้อสัตว์ เพราะเมล็ดงามีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนต่ำคือ 0.19 กรัมต่อปริมาณโปรตีน 1 กรัม ในขณะที่ถั่วเหลืองมีถึง 0.42 กรัม แต่เมล็ดงามีปริมาณกรดอะมิโนเมไธโอนีน(Methionine) สูง 0.14 กรัม ส่วนถั่วเหลืองมี 0.04 กรัม นอกจากนี้ยังสามารถแยกโปรตีนชนิดเข้มข้นและชนิดบริสุทธิ์จากกากเมล็ดงาเพื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้อีกมาก หรือนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มโปรตีนในขนมปัง ขนมอบกรอบ อาหารโปรตีนจากพืชเป็นอาหารที่ร่างกายย่อยได้ง่าย เป็นอาหารบำรุงสำหรับคนไข้ สามารถควบคุมและป้องกันการติดเชื้อโรค อันตรายจากสารเคมี ยาฆ่าแมลง สารปนเปื้อนจากเชื้อรา แบคทีเรีย ได้ดีและปลอดภัยกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เพราะสัตว์อาจกินอาหารที่ไม่สะอาด หรืออาจติดโรค เช่น โรควัวบ้า ซึ่งผู้บริโภคอาจติดเชื้อโรคจากสัตว์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.6 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงา [1]

งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาที่ต่างพันธุ์จะมีปริมาณแตกต่างกันไขมันในเมล็ดงานั้นจะประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมีอยู่สูงกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว ซึ่งเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันอื่น ๆ แล้วก็นับว่าเมล็ดงามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในระดับสูง ชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สำคัญได้แก่ oleic acid และ linoleic acid รวมกันมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ชนิดของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ palmitic acid และ stearic acid รวมกันประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนั้นเป็นกรดไขมันชนิดอื่น ๆ ทั้งชนิดไม่อิ่มตัวและอิ่มตัวในปริมาณน้อย เช่น arachidic acid, pamitoleic acid และ linolenic acid เป็นต้น

โปรตีนจากเมล็ดงามีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดแตกต่างไปจากพืชน้ำมันหรือพืชตระกูลถั่วอื่นๆ โดยโปรตีนจากเมล็ดงาจะมี methionine สูงแต่จะมี lysine ต่ำ ดังนั้นถ้านำเมล็ดงาหรือกากงามาเป็นอาหารเสริมโปรตีนในอาหารคนและสัตว์เลี้ยง ก็สามารถปรับระดับกรดอะมิโนในอาหารให้สมดุลยิ่งขึ้น และสามารถลดโปรตีนจากเนื้อสัตว์ที่มีราคาแพงได้ นอกจากนี้ยังใช้เสริมอาหารพวกธัญญพืช กล้วย และอาหารแป้งอื่นๆได้อย่างดี สำหรับชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจากเมล็ดงาแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1.3 แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในเมล็ดงา กากงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่ไก่ทั้งฟอง

กรดอะมิโน	ปริมาณ(% โดยน้ำหนัก)				
	งาดำ	งาขาว	กากงา	ถั่วเหลือง	ไข่ทั้งฟอง
Arginne	12.5	11.8	5.11	7.3	6.2
Lysine	2.1	2.4	1.00	2.9	2.1
Phenylalanine	2.9	3.5	1.22	6.8	6.3
Methionine	6.2	6.3	3.29	5.3	5.7
Leucine	3.3	3.8	1.20	1.7	3.2
Isoleucine	8.9	7.4	2.73	8.0	9.0
Valine	3.9	3.7	1.68	6.0	6.2
Threonine	3.5	3.6	2.16	5.3	7.0
Histidine	3.6	3.9	1.49	3.9	4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คือ เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของเมล็ดงาที่เปลี่ยนไปกับอิทธิพลต่อปริมาณของน้ำมันงาที่สกัดออกมาได้ ในการทดลองจะแบ่งโครงสร้างของเมล็ดงาออกเป็น 2 ประเภท คือ การสกัดน้ำมันโดยไม่ทำให้ผนังเซลของเมล็ดงาแตก และการสกัดน้ำมันโดยทำให้ผนังเซลของเมล็ดงาแตก โดยการเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันที่สกัดออกมาได้กับโครงสร้างของเมล็ดงาที่อบแห้งด้วยการอบแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C 120°C และ การอบแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying)

1.3 ขอบเขตของการศึกษาของปริญญานิพนธ์

ศึกษาโครงสร้างของเมล็ดงาที่มีผลต่อการสกัดหาปริมาณน้ำมันของเมล็ดงาด้วยสารละลายนอร์มอล เฮกเซน โดยวิธีการสกัดแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำมันกับโครงสร้างของเมล็ดงาที่เปลี่ยนแปลงโดยการอบเมล็ดงาด้วยวิธีการและอุณหภูมิต่างกัน ซึ่งสังเกตได้จากการส่องดูด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscop(SEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) [3]

การสกัดด้วยตัวทำละลายมีประโยชน์มากในเคมีอินทรีย์ สำหรับแยกสารและทำให้สารบริสุทธิ์ เช่น แยกสารประกอบออกจากของผสมที่ได้จากการสังเคราะห์ สกัดแอลคาลอยด์ (alkaloid) ออกจากใบไม้หรือเปลือกไม้ สกัดน้ำมันหอมจากดอกไม้ เป็นต้น ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ อีเทอร์ (ether) คลอโรฟอร์ม(chloroform) เบนซีน(benzene) เมทิลีนคลอไรด์(methylene chloride) และ อะซีโตน (acetone) เป็นต้น อาจให้คำจำกัดความได้ว่า การสกัดคือการแยกสารออกจากสารผสมโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม การทดลองนี้อาศัยหลักว่าน้ำมันและไขมันสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลาย แล้วระเหยตัวทำละลายออกเพื่อให้ได้น้ำมันและไขมันที่บริสุทธิ์ในขั้นตอนต่อไป

ข้อดีในการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายคือสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ดีที่สุด โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จึงนิยมใช้วิธีนี้ในการสกัดน้ำมันต่างๆ และเครื่องจักรสามารถใช้ได้กับพืชหลายชนิด แม้ว่าจะต้องลงทุนซื้อเครื่องจักรในราคาสูงแต่จะได้รับผลตอบแทนสูงกว่าวิธีอื่นๆ

2.2 การสกัดของแข็งด้วยของเหลว (Leaching) [3]

การสกัดของแข็งด้วยของเหลว เป็นหน่วยปฏิบัติการหนึ่งของกระบวนการในอุตสาหกรรมเคมีที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งอาจเรียกได้หลายอย่างขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ เดิมกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ของเหลวจะซึมผ่านของแข็งที่มีลักษณะเป็นเบดคงตัว(fixed bed) กระบวนการสกัดของแข็งด้วยของเหลวนี้ จะสามารถอธิบายได้อย่างกว้างขวางโดยอาศัยหลักการของการสกัด ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร(mass transfer) และกระบวนการทางกล(physical process)

กระบวนการสกัดของแข็งด้วยของเหลว ของแข็งจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่ต้องการสกัดซึ่งสามารถละลายได้ในของเหลวที่นำมาสกัด เรียกว่า ตัวถูกละลาย(solute) อีกส่วนหนึ่งไม่สามารถละลายได้ในของเหลวที่นำมาสกัด เรียกว่า กากของแข็ง(inert) ส่วนของเหลวที่นำมาสกัด เรียกว่า ตัวทำละลาย (solvent)ก่อนที่จะนำของแข็งมาสกัด สารที่ต้องการจะถูกล้อมรอบด้วยกากของแข็งที่ไม่ละลาย เมื่อเติมตัวทำละลายเข้าไป ตัวทำละลายจะแพร่เข้าไปในอนุภาคของแข็งและละลายสารที่ต้องการสกัดออกมา จากนั้นจึงทำการแยกสารที่ต้องการออกจากตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการสกัดของแข็งด้วยของเหลว มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับโลหะ และการสกัดแบบนี้สามารถนำมาใช้สกัดแยกผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารอินทรีย์จากธรรมชาติได้ เช่น การสกัดน้ำตาลจากบีท(beets) การสกัดน้ำมันพืชจากเมล็ดพืชด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ การสกัดแทนนินจากเปลือกไม้ด้วยน้ำ เป็นต้น

2.2.1 การสกัดแบบไหลข้าม

เป็นการสกัดแบบใช้ตัวทำละลาย แบ่งส่วนเข้าทำปฏิกิริยาในปริมาณที่เท่ากัน กระแสของแข็งจะถูกสกัดด้วยตัวทำละลายบริสุทธิ์ในลำดับขั้นสมดุลต่อๆกันไป ยิ่งมีลำดับขั้นมากขึ้นตัวทำละลายก็จะยิ่งถูกสกัดออกไปจากของแข็งมากขึ้นเท่านั้น แต่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในวัฏภาคการสกัดในลำดับขั้นสมดุลท้ายๆจะยิ่งเจือจางลงไปทุกที

2.2.2 การสกัดแบบไหลสวนทางกัน

เป็นการสกัดแบบให้ตัวทำละลายกับของแข็งไหลสวนทางกัน หรือชนิดใดชนิดหนึ่งอยู่นิ่งและอีก ชนิดเคลื่อนที่ เป็นการสกัดที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

2.3 การอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้อบ (Hot air oven) [6]

การอบแห้งแบบนี้ กระทำโดยให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้อบสัมผัสกับอากาศร้อนภายในตู้อบนั้นมากที่สุด โดยอากาศร้อนภายในตู้อบจะเคลื่อนที่ผ่านเหนือผิวผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดการถ่ายเทมวลและความร้อน ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง

2.4 การอบแห้งแบบเยือกแข็ง(Freeze drying) [6]

การอบแห้งแบบแช่เข็ง(Freeze drying) ทำได้โดยนำเมล็ดงามาแล้วอบภายใต้สุญญากาศที่ต่ำพอทั้งนี้เพื่อให้น้ำแข็งในชิ้นงานระเหิดกลายเป็นไอ ส่วนที่เป็นของแข็งจะคงลักษณะเดิม ดังนั้นผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งจึงมีลักษณะเปิดเป็นรูพรุน มีโครงสร้างที่ดี สามารถทำให้กลับคืนสู่รูปเดิมได้ง่าย มีกลิ่นดี เนื่องจากผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งมีความชื้นต่ำ การอบแห้งแบบนี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับอัตราการอบแห้งที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ยกเว้นกรณีที่วัตถุดิบมีความชื้นต่ำหรือใช้ในงานต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การเกิดผลึกน้ำแข็ง (Ice crystal formation)

กระบวนการเกิดผลึกน้ำแข็งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

2.4.1.1 การเกิดผลึก(crystal formation) หรือ นิวคลีเอชัน(nucleation) เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดน้ำแข็ง ที่เกิดเป็นนิวคลีไอ(nuclei) ขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นศูนย์กลางของผลึกน้ำแข็ง นิวคลีเอชันอันเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ โฮโมจีเนียส(homogeneous) ซึ่งเกิดกับสารละลายที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก และเฮทเทอโรจีเนียส(heterogeneous) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคเล็กๆในสารละลาย หรือ อนุภาคนั้นกระทำตัวเป็นนิวคลีไอแล้วเกิดผลึก

2.4.1.2 การเติบโตของผลึก(crystal growth) เกิดหลังจากเกิดนิวคลีเอชัน อัตราการเติบโตของผลึกขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อัตราที่โมเลกุลน้ำทำปฏิกิริยาที่ผิวของผลึก อัตราการแพร่ของโมเลกุลน้ำจากสารละลายที่ยังไม่แข็งตัวไปยังผิวผลึก และอัตราความร้อนที่ถูกกำจัดออก(ความร้อนของการเกิดผลึก) จากปัจจัยดังกล่าว ทำให้กล่าวได้ว่า อัตราการแช่แข็งช้า ทำให้ความร้อนของการเกิดผลึกมีมากจึงทำให้ผลึกที่ได้มีขนาดใหญ่ แต่ถ้าอัตราการแช่แข็งเร็ว ความร้อนของการเกิดผลึกน้อย ผลึกที่ได้จะมีขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

ในการทดลองการสกัดน้ำมันงาด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนใช้ 3 ภาวะตัวอย่าง คือ การอบแห้งแบบลมร้อนด้วยตู้อบ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง(Freeze drying) โดยสามารถจำแนกการทดลองนี้ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การทดลองที่ทำให้ผนังเซลของเมล็ดงาแตก และการทดลองที่ไม่ทำให้เซลของเมล็ดงาเกิดความเสียหาย จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซนโดยที่ผนังเซลแตก ที่อุณหภูมิ 80°C และ 120°C (อบแห้งด้วยลมร้อน)
2. การสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซนโดยที่ผนังเซลไม่แตก(อบแห้งแบบเยือกแข็ง)

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เมล็ดงาดิบ(งาขาว)
2. ตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน เกรดการค้า
3. ขวดรูปชมพู่
4. บีกเกอร์
5. เดซิเคเตอร์
6. ปิเปต และหลอดหยด
7. เครื่องปั่นกวนที่ควบคุมความเร็วรอบได้
8. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
9. ชุดอุปกรณ์การสกัดแบบซอกเลต (Soxhlet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซนโดยที่ผนังเซลแตก

วิธีการทดลอง

1 การเตรียมเมล็ดงา

1.1 นำเมล็ดงามาทำความสะอาดเมล็ดงา โดยคัดแยกสิ่งเจือปน เช่น ฝุ่น กรวด ผงต่างๆ ออกจากเมล็ดงา

2 การอบแห้งแบบร้อน แบ่งตัวอย่างของงาที่จะทำการทดลอง ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่จะอบด้วยอุณหภูมิ 80°C และกลุ่มที่จะอบด้วยอุณหภูมิ 120°C เพื่อเปรียบเทียบถึงอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเมล็ดงาอันเนื่องมาจากการแตกของผนังเซล

2.1 ชั่งเมล็ดงามา 100 กรัม

2.2 แล้วนำมาเข้าตู้อบแบบลมร้อน ปรับอุณหภูมิ 80°C อบจนน้ำระเหยออกจากเมล็ดจนเหลือความชื้นประมาณ 3% ของเมล็ดงา

จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \left[\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}\right] * 100$$

2.3 นำเมล็ดงาที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลแล้วใส่ไว้ในภาชนะปิดสนิท

2.4 นำเมล็ดงาอีกชุดหนึ่งมาทำการอบด้วยลมร้อน โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 120°C อบจนน้ำระเหยออกจากเมล็ดจนเหลือความชื้นประมาณ 3% ของเมล็ดงา แล้วนำเมล็ดงาที่ได้มาชั่งน้ำหนักแล้วใส่ในภาชนะที่ปิดสนิท

3 การกวนผสมซึ่งในส่วนนี้ใช้เพื่อสกัดน้ำมันงา โดยใช้เมล็ดงาที่อบด้วยลมร้อนกับนอร์มอลเฮกเซนในอัตราส่วน 1 : 2.5 โดยน้ำหนัก

3.1 ชั่งน้ำหนักเมล็ดงาหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มา 100 กรัม

3.2 นำเมล็ดงาและนอร์มอลเฮกเซนใส่ในเครื่องกวน ควบคุมอุณหภูมิ 30°C ปรับ กวนที่ระดับความเร็ว 36 รอบต่อนาที ทำการกวนเป็นเวลา 9 ชั่วโมง

3.3 นำเมล็ดงาและสารละลายที่กวนเสร็จแล้วมากรองแยกออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 นำสารละลายที่ได้มาระเหยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนออกภายในเครื่องดูดควัน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (หรือจนกระทั่งน้ำหนักของสารละลายคงที่)

3.5 ส่วนกากของงาที่ได้นำมาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม นำไปสกัดซ้ำโดยใช้ชุดอุปกรณ์การสกัด (Soxhlet) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง

3.6 นำกากและสารละลายที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนออกภายในเครื่องดูดควัน(hood) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง(หรือจนกระทั่งน้ำหนักของสารละลายคงที่) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

3.7 ทำซ้ำโดยเปลี่ยนตัวอย่างของเมล็ดงาอบที่อุณหภูมิ 120^{o}C ต่อไป

ตอนที่ 2 การสกัดน้ำมันงาด้วยนอร์มอลเฮกเซนโดยที่ผนังเซลไม่แตก

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมเมล็ดงา

   1.1 นำเมล็ดงามาทำความสะอาด โดยคัดแยกสิ่งเจือปน เช่น ฝุ่น กรวด ผงต่างๆ ออกจากเมล็ดงา

2. การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง

   2.1 เตรียมเมล็ดงา 100 กรัม ชั่งน้ำหนักก่อนอบ

   2.2 นำเมล็ดงาที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาแช่เย็นในช่องแช่แข็งของตู้เย็นแล้วใช้น้ำแข็งแห้งเพื่อควบคุมอุณหภูมิขณะขนย้าย

   2.3 นำเมล็ดงาที่แช่เย็นโดยน้ำแข็งแห้งมาแล้ว 1 ชั่วโมงเข้าเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง โดยการวางเมล็ดงาให้มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และให้มีความสูงเสมอกันเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการอบ

   2.4 นำเมล็ดงาที่อบแล้วจนเหลือความชื้นประมาณ 3% มาชั่งน้ำหนักแล้วนำไปใส่ในภาชนะปิดสนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้น หรือใช้เดซิเคเตอร์หาความชื้นงาตัวอย่างหลังการอบจากสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \left[\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \right] * 100$$

3. การกวนผสมซึ่งใช้เพื่อสกัดน้ำมันงาออกจากเมล็ดงาที่อบแห้งแบบเยือกแข็ง โดยใช้เมล็ดงากับนอร์มอลเฮกเซนในอัตราส่วน 1:2.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เนื่องจากเป็นอัตราส่วนในการสกัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 นำเมล็ดงาที่อบแห้งแบบเยือกแข็งแล้วมา 100 กรัม

3.2 เตรียมตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน 250 กรัม

3.3 นำเมล็ดงาและนอร์มอลเฮกเซนใส่เครื่องกวน ควบคุมอุณหภูมิ 30°C ปรับให้ใบกวนหมุนที่ระดับความเร็ว 36 รอบต่อนาที ทำการกวนเป็นเวลา 9 ชั่วโมง

3.4 นำเมล็ดงาและสารละลายที่กวนเสร็จแล้วมากรองแยกออกจากกัน

3.5 นำสารละลายที่ได้มาระเหยนอร์มอลเฮกเซนออกภายในเครื่องดูดควัน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (หรือจนกระทั่งน้ำหนักของสารละลายคงที่)

3.6 ส่วนกากของงาที่ได้นำมาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม นำไปสกัดซ้ำโดยใช้ชุดอุปกรณ์การสกัด (Soxhlet) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง

3.7 นำกากและสารละลายที่ระเหยได้ไปสกัดนอร์มอลเฮกเซนออกภายในเครื่องดูดควัน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (หรือจนกระทั่งน้ำหนักของสารละลายคงที่) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

ตอนที่ 3 การศึกษาโครงสร้างเซลที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันงาด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน

ในการศึกษาโครงสร้างเซลนี้ ใช้การดูโครงสร้างเซลภาคตัดขวางภายในของเมล็ดงาด้วยเครื่อง SEM เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของเมล็ดงาทั้งก่อนสกัดและหลังสกัดน้ำมันเมล็ดงาด้วยสารละลายนอร์มอลเฮกเซน

1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาลักษณะเมล็ดงา

1.1 เครื่อง SEM

1.2 เครื่องเคลือบคาร์บอน, เครื่องเคลือบทอง

1.3 ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen)

1.4 เมล็ดงาตัวอย่าง

2 การเตรียมเมล็ดงาก่อนทำการส่องด้วยเครื่อง SEM

2.1 ในการเตรียมเมล็ดงาก่อนการสกัดนี้ใช้เมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C 120°C การอบแห้งแบบเยือกแข็ง และเมล็ดงาดิบที่ไม่ผ่านการอบทั้งก่อนสกัด และหลังสกัดจำนวน 8 ตัวอย่าง
และเมล็ดงาหลังสกัดด้วยชุด Soxhlet อีก 4 ตัวอย่าง รวม 12 ตัวอย่าง

2.2 นำตัวอย่างทั้งหมดแช่ในไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen)ประมาณ 2-3 นาที เพื่อให้เมล็ดงาแข็งตัวจนสามารถบิเมล็ดงาผ่าครึ่งตามแนวภาคตัดขวางเพื่อมิให้โครงสร้างเซลช้ำหรือเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 การส่องเมล็ดงาด้วยเครื่อง SEM

3.1 นำตัวอย่างทั้งหมดเคลือบคาร์บอนด้วยเครื่องเคลือบคาร์บอน

3.2 ส่องด้วยเครื่อง SEM

3.3 บันทึกภาพถ่ายเพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างเซลที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

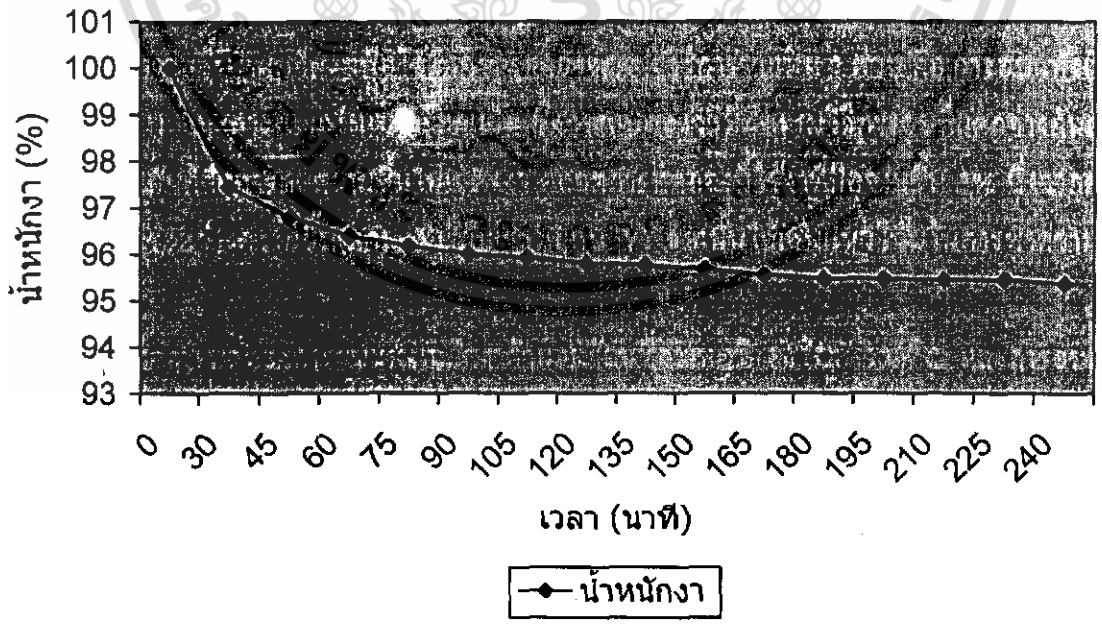
4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การอบแห้งเมล็ดงา

การหาความชื้นในเมล็ดงาเพื่อใช้ในการทดลองจะแบ่งวิธีการอบเป็น 2 ส่วน คือ การอบแห้งแบบใช้ลมร้อนในตู้อบ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ซึ่งการอบสองวิธีนี้มีกรรมวิธีการอบที่แตกต่างกันแต่มีจุดประสงค์เดียวกันก็คือการลดความชื้นในเมล็ดงา ตลอดการทดลองนี้ใช้งาที่มีความชื้น 3% ซึ่งจากผลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความชื้น(แกน X) กับเวลา(แกน Y) จากนั้นใช้เส้นแนวโน้มในการหาความชื้นหรือเวลาได้

4.1.2 ผลการทดลองการอบแห้งเมล็ดงาด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C 120°C และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

4.1.2.1 การอบที่อุณหภูมิ 80°C จากการทดลองนี้ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 180 นาที เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงเหลือ 4.629% โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 สำหรับการทดลองในตอนที่ 2 ใช้ที่เวลา 45 นาที เหลือความชื้น 3.189 % โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.1



73350

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงน้ำหนักเมล็ดงาที่เหลือหลังการอบเมล็ดงาที่อุณหภูมิ 80 °C

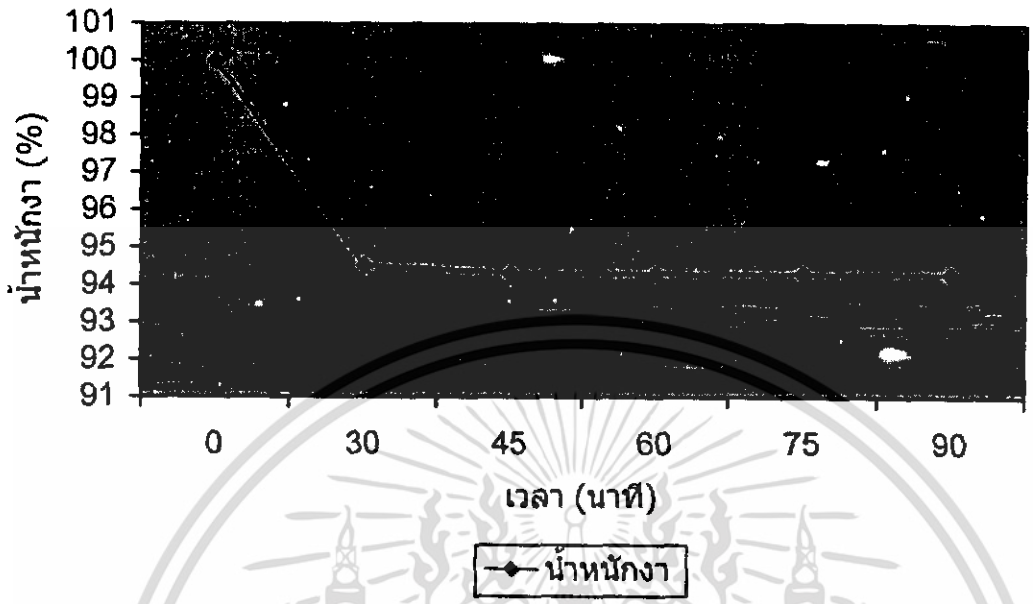
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดงาและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดงาที่ถูกกำจัดออกหลังอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C

เวลา (นาที)	น้ำหนักเมล็ดงา (g)	น้ำหนักเมล็ดงา (%)	ความชื้น (%)
0	10.004	100	0
30	9.749	97.45	2.55
45	9.685	96.811	3.189
60	9.644	96.401	3.599
75	9.622	96.182	3.818
90	9.605	96.012	3.988
105	9.597	95.932	4.068
120	9.587	95.812	4.188
135	9.581	95.772	4.228
150	9.572	95.682	4.318
165	9.559	95.552	4.448
180	9.551	95.472	4.528
195	9.551	95.472	4.528
210	9.549	95.452	4.548
225	9.543	95.452	4.548
240	9.541	95.371	4.629

4.1.2.2 การอบที่อุณหภูมิ 120 ^{o}C จากการทดลองนี้ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 90 นาที ความชื้นลดลงเหลือ 5.702 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงตารางที่ 4.2 การทดลองในตอนที่ 2 ใช้เวลา 12 นาที ความชื้นเหลือ 3 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



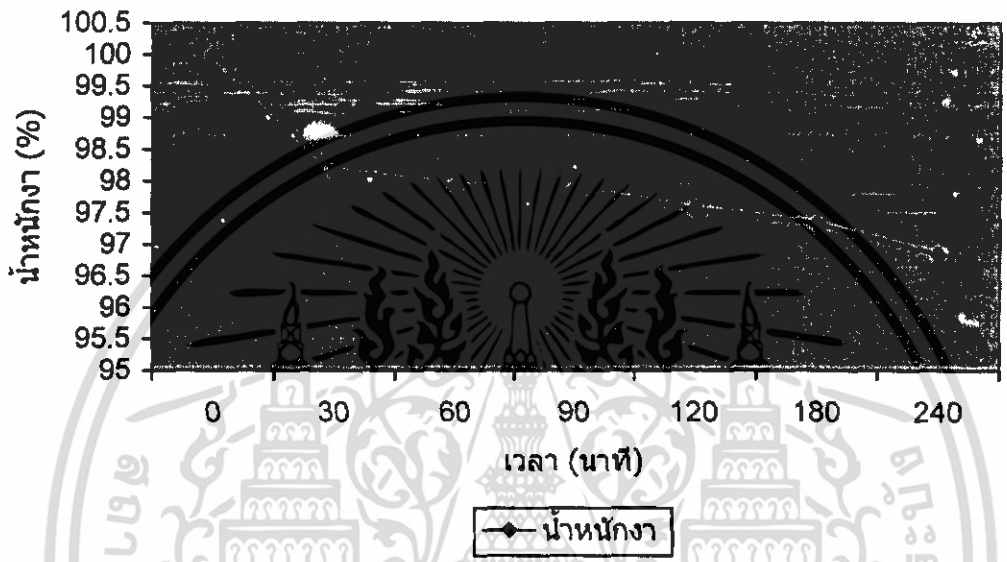
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงน้ำหนักเมล็ดงาที่เหลือหลังการอบเมล็ดงาด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดงาที่ถูกกำจัดออกหลังอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120°C

เวลา (นาที)	น้ำหนักเมล็ดงา (g)	น้ำหนักเมล็ดงา (%)	ความชื้น (%)
0	10.19	100	0
30	9.631	94.514	5.486
45	9.611	94.318	5.682
60	9.61	94.308	5.692
75	9.69	94.298	5.702
90	9.69	94.298	5.702

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 การอบแห้งแบบเยือกแข็ง การทดลองนี้ใช้เวลาในการอบทั้งหมด 240 นาที ความชื้นเหลือ 3.16 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในตารางที่ 4.3 การทดลองในส่วนที่ 1 ใช้เวลา 223 นาที เปอร์เซ็นต์ความชื้นเหลือ 3 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงน้ำหนักเมล็ดงาที่เหลือหลังการอบแห้งเมล็ดงาแบบเยือกแข็ง

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดงาที่ถูกกำจัดออกหลังการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

เวลา (นาที)	น้ำหนักงาก่อนอบ (g)	น้ำหนักงาหลังอบ (g)	น้ำหนักงาหลังอบ (%)	ความชื้น (%)
30	1.948	1.912	98.152	1.848
60	2.078	2.035	97.927	2.073
90	2.747	2.688	97.853	2.147
120	2.348	2.291	97.561	2.439
180	2.424	2.36	97.324	2.676
240	2.341	2.27	96.84	3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

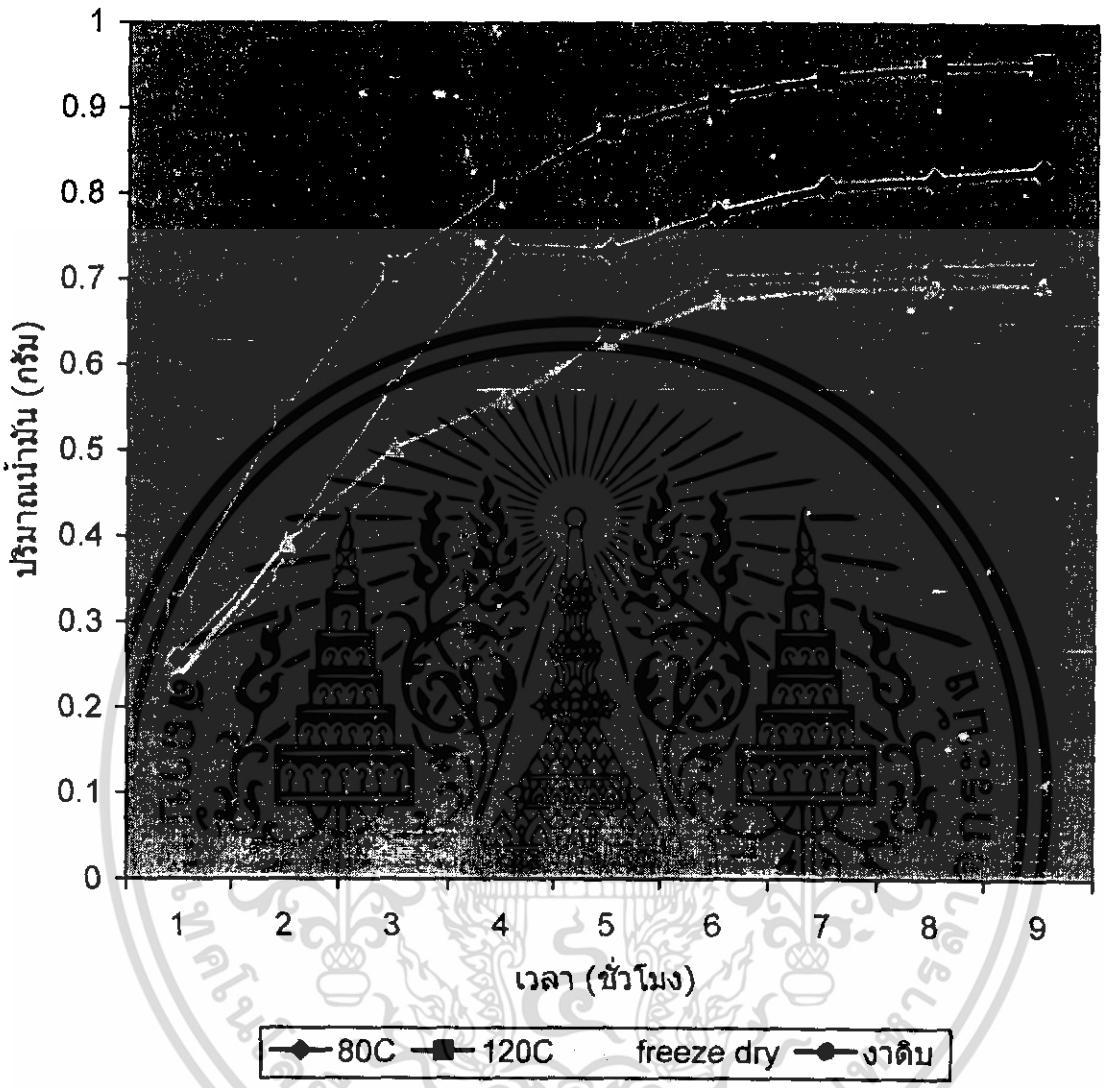
4.1.3 การสกัดน้ำมันงาโดยการใช้ตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน

4.1.3.1 การเก็บตัวอย่างเมล็ดงาที่เวลาต่างๆ ในการทดลองนี้อัตราส่วนที่ใช้เท่ากับ 1:2.5 โดยที่ในกระบวนการสกัดมีเมล็ดงาเท่ากับ 100 กรัม สารละลายนอร์มอลเฮกเซน 250 กรัม ทั้งนี้ทุกๆ 1 ชั่วโมงจะนำตัวอย่างสารละลายออกมาระเหยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนออกจึงเหลือแต่น้ำมันงา จากการทดลองใช้ช่วงเวลา 9 ช่วง แต่ละช่วงห่างกัน 1 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลปริมาณน้ำมันงาที่สกัดได้(กรัม) ต่อสารละลาย 10 มิลลิกรัม

รูปแบบการเตรียมเมล็ดงา	ปริมาณน้ำมัน (g) ที่สกัดได้ ณ เวลาต่างๆ (hr)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
อุณหภูมิการอบ 80°C	0.256	0.384	0.568	0.736	0.732	0.776	0.808	0.816	0.828
อุณหภูมิการอบ 120°C	0.316	0.544	0.712	0.804	0.876	0.912	0.936	0.948	0.952
อบแห้งแบบเยือกแข็ง	0.236	0.392	0.504	0.56	0.628	0.676	0.688	0.692	0.696
งาดิบ	0.228	0.356	0.468	0.532	0.636	0.7	0.704	0.712	0.716

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟเทียบปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่อสารละลาย 10 มิลลิลิตร

จากกราฟที่ 4.4 เมล็ดงาหลังการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 120°C ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด เมล็ดงาหลังการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 80 °C ให้ปริมาณน้ำมันจากการสกัดเป็นอันดับรองลงมา ส่วนงาดิบกับการอบแห้งแบบเยือกแข็งได้ปริมาณน้ำมันที่ใกล้เคียงกันคือมีปริมาณน้ำมันที่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 การหาปริมาณน้ำมันทั้งหมด การหาปริมาณน้ำมันทั้งหมดนี้หาได้จากการนำเมล็ดงาที่ผ่านการสกัดมาแล้วเป็นเวลา 9 ชั่วโมง หลังจากการเก็บตัวอย่างแล้วนำสารละลายทั้งหมดมาระเหยนอร์มอลเฮกเซนออกด้วยความร้อนซึ่งจะเหลือแต่น้ำมันงาดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 น้ำหนักน้ำมันที่ได้จากการสกัดเมล็ดงากับนอร์มอลเฮกเซนด้วยอัตราส่วน 1 : 2.5 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 9 ชั่วโมง

รูปแบบการเตรียมเมล็ดงา	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม)
อุณหภูมิการอบ 80 °C	100.1	79.4	20.7
อุณหภูมิการอบ 120°C	100.0	76.2	23.8
อบแห้งแบบเยือกแข็ง	100.0	82.6	17.4
งาดิบ	100.0	82.1	17.9

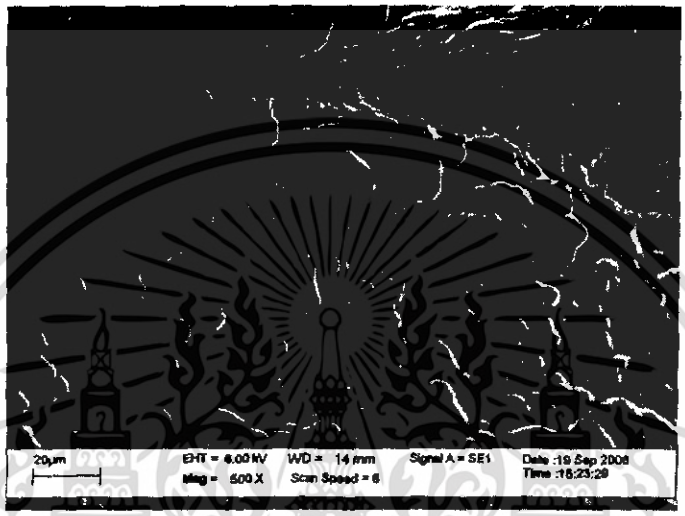
4.1.4 การนำเมล็ดงาตัวอย่างส่องด้วยเครื่อง SEM

การเตรียมเมล็ดงาเพื่อส่องด้วยเครื่อง SEM นี้จำเป็นจะต้องเตรียมตัวอย่างก่อนนำเข้าเครื่องเคลือบคาร์บอนและเครื่อง SEM อย่างรวดเร็ว เพราะการเตรียมตัวอย่างเมล็ดงาเอาไว้เป็นเวลานานๆนั้นอาจจะทำให้โครงสร้างของเมล็ดงามีการเปลี่ยนแปลงได้ เช่นถ้ามีเมล็ดงาที่ผ่านการแช่ไนโตรเจนเหลวแล้วบิดครึ่งผ่ากลางตามด้านกว้างของเมล็ดทิ้งไว้ชั่วขณะหนึ่งไอน้ำในอากาศจะซึมเข้าภายในโครงสร้างของเมล็ดงา ซึ่งปริมาณความชื้นจะมีผลกับภาพถ่ายที่ออกมา เพราะในโครงสร้างของเซลเมล็ดงาหลังจากการอบแห้งด้วยลมร้อนและอบแห้งแบบเยือกแข็งจนถึงการสกัดนั้นโครงสร้างเซลของเมล็ดจะเกิดรูหรือ

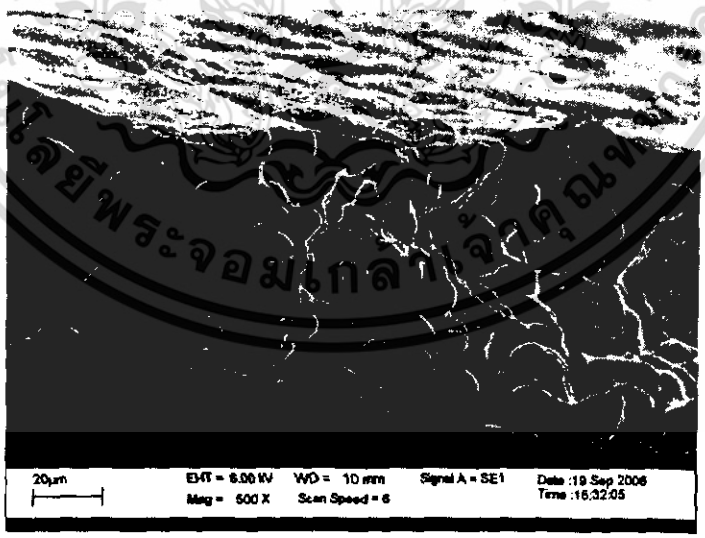
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรงขึ้น หยดน้ำหรือละอองน้ำจะเข้าไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดขึ้นภายในเซลของเมล็ดงา ดังนั้นภาพที่ถ่ายออกมาได้จึงไม่สามารถจำแนกหรือวิเคราะห์อะไรได้ เพราะไม่เห็นความแตกต่างของแต่ละภาพ

การทดลองนี้ได้มีการเตรียมตัวอย่างตามหลักการตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายดังนั้น ภาพถ่ายที่บันทึกมาจึงสามารถช่วยแสดงลักษณะภายในเมล็ดงาที่บีบให้แตกครึ่งตามภาคตัดขวางได้ดังแสดงในต่อไปนี้

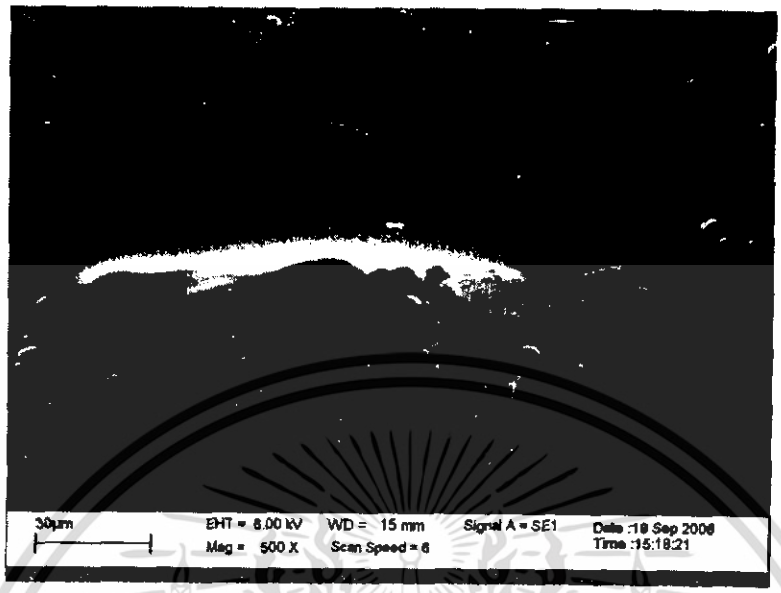


รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}$Cหลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า

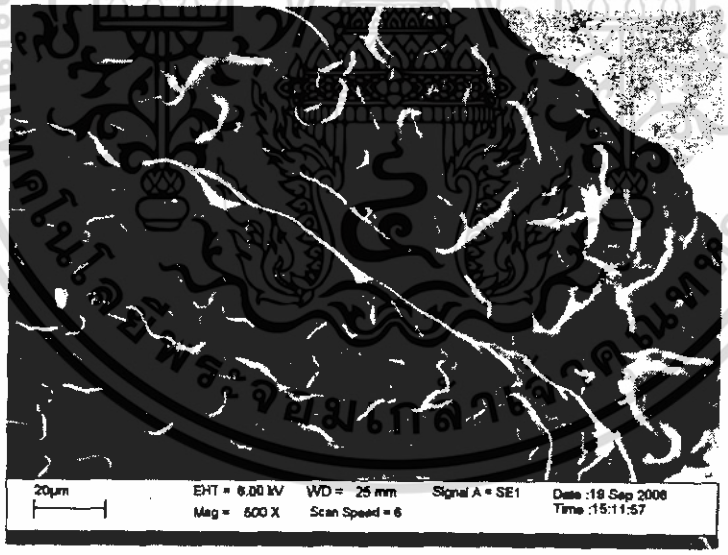


รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 $^{\circ}$C หลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

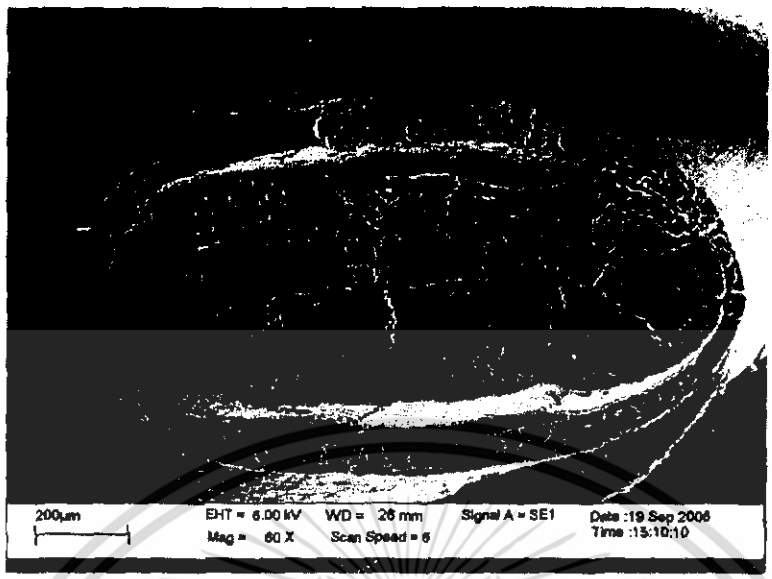


รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็งหลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดงาดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆตามภาคตัดขวางของเมล็ดที่กำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายจากตัวอย่างเมล็ดงาดิบบิดริ่งผ่ากลางตามภาคตัดขวางของเมล็ดกำลังขยาย 60 เท่า

จากภาพที่ 4.5 จนถึงภาพที่ 4.8 นี้ จะเห็นความแตกต่างระหว่างทั้ง 4 ภาพคือการอบแห้งด้วยลมร้อนจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนโดยเฉพาะการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 $^{\circ}$C เกิดรูพรุนอยู่ประมาณ 2-3 จุด ส่วนการอบแบบเยือกแข็งและงาดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆโครงสร้างเซลจะปิดคือไม่เห็นการแตกของเมล็ดงาหรือรูพรุนอันเนื่องมาจากการอบแห้งแบบเยือกแข็งแล้วนำมาสกัด ภาพที่ 4.9 แสดงภาพเมล็ดงาที่บิดริ่งผ่ากลางตามแนวภาคตัดขวาง ที่กำลังขยาย 60 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองจากการทดลองนี้ใช้ตัวอย่างเมล็ดทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120°C สกัดได้ปริมาณน้ำมันที่มากที่สุด และปริมาณน้ำมันที่อบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C จะเป็นปริมาณที่รองลงมาส่วนตัวอย่างการอบแห้งแบบเยือกแข็ง และ เมล็ดงาที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ หลังจากนำมาสกัดจะได้ปริมาณน้ำมันที่ใกล้เคียงกัน(จากกราฟรูปที่ 4.4) จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่ากรรมวิธีการอบมีผลต่อปริมาณน้ำมัน จากข้อมูลดังกล่าวนี้จึงสอดคล้องกับตัวอย่างการอบแห้งด้วยลมร้อนแล้วนำมาสกัดนั้นจะได้ปริมาณน้ำมันที่มากกว่าการอบแห้งแบบเยือกแข็งเนื่องจากภายในโครงสร้างของเมล็ดงามีการแตกหรืออาจกล่าวได้ว่าโครงสร้างของเมล็ดงาเกิดรูหรือช่องว่างภายในเมล็ดดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นของตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ส่วนเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C (รูปที่ 4.5) โครงสร้างเซลในช่วงการอบที่อุณหภูมิขนาดนี้โครงสร้างเซลกำลังเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลภายในเมล็ดงา คือ การให้ความร้อนแก่เมล็ดงาทำให้โครงสร้างเซลเมล็ดงาเกิดการหดตัว ส่วนที่เป็นน้ำมันซึ่งกระจายอยู่บริเวณเนื้อด้านในและเนื้อด้านนอกทั่วพื้นที่ภายในเซลของเมล็ดงาเกิดการรวมตัวของน้ำมันจากจุดที่กระจายหยดเล็กๆมารวมตัวที่จุดใดจุดหนึ่งในปริมาณที่มากขึ้น เมื่อสารละลายนอร์มอลเฮกเซนเข้าไปภายในจะทำหน้าที่ในการละลายน้ำมันจากจุดนั้นออกมานอกเมล็ด ถ้าการอบเมล็ดงาอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมการรวมตัวของน้ำมันจะดีขึ้น จากการทดลองคืออุณหภูมิที่ 120°C น้ำมันเมื่อถูกสกัดออกมาแล้วโครงสร้างภายในจะเกิดโพรง หรือ รูภายในเมล็ดดังนั้นโพรง หรือ รูภายในเมล็ดนี้จึงสันนิษฐานได้ว่าเคยเป็นที่อยู่ของน้ำมัน ประโยชน์โดยอ้อมจากการอบด้วยลมร้อนคือการสร้างเส้นทางหรือท่อในการนำน้ำมันเมล็ดงาออกมาจนมีโอกาสสัมผัสกับตัวทำละลายได้มากขึ้น จึงได้ปริมาณน้ำมันมาก

ส่วนภาพที่ 4.7 ตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็ง กับภาพที่ 4.8 ของเมล็ดงาดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ จะเห็นว่าโครงสร้างของเซลล์มีลักษณะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โครงสร้างอยู่ในลักษณะแน่นไม่เกิดช่องหรือเกิดรูพรุนภายในโครงสร้าง แต่ตัวอย่างเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็งจะมีโครงสร้างที่เรียบกว่า ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อเมล็ดงาที่ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็งจะช่วยคงลักษณะโครงสร้างเมล็ดงาให้มีลักษณะเทียบเท่างาดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาโครงสร้างเซลที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดงาด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างเซลของเมล็ดงาที่แตกกับโครงสร้างเซลเมล็ดงาที่ไม่แตก โดยใช้วิธีการอบสองแบบคือการอบด้วยลมร้อนและการอบแห้งแบบเยือกแข็งจนเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังการอบลดลงเหลือ 3 เปอร์เซ็นต์ นำมาสกัดด้วยอุณหภูมิการสกัด 30 °C ความเร็วรอบในการปั่นกวน 36 รอบต่อนาทีเพื่อหาปริมาณน้ำมันเมล็ดงาของแต่ละตัวอย่างจากนั้นนำตัวอย่างเมล็ดงาทั้งหมดส่องด้วยเครื่อง SEM เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันเมล็ดงากับโครงสร้างเซลเปลี่ยนแปลงของเมล็ดงาสามารถสรุปผลว่าเมล็ดงาที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ทำให้เกิดโพรงขึ้นหลังการสกัดซึ่งเป็นที่อยู่ของน้ำมันงาที่สกัดได้ในปริมาณที่สูงกว่าเมล็ดงาในลักษณะอื่นๆ เป็นไปตามสันนิษฐานก่อนการทดลองว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถทำให้โครงสร้างของเมล็ดงาแตกและการอบแห้งแบบเยือกแข็งสามารถทำให้โครงสร้างของเมล็ดงาไม่แตก

6.2 ข้อเสนอแนะในการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้เวลาในการทำการทดลองนาน แต่การเตรียมตัวอย่างต้องอาศัยการปฏิบัติอย่างรวดเร็วในการส่องด้วยกล้องเครื่อง SEM โดยการเตรียมตัวอย่างสำคัญมากเพราะเมล็ดงาที่เตรียมตัวอย่างไว้เป็นเวลานานความชื้นในอากาศจะเข้าไปในโครงสร้างของเมล็ดงาทำให้รูปในการส่อง SEM ไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนการทำเป็นอย่างดี ทุกขั้นตอนการเตรียมก่อนการส่องกล้องต้องทำขณะนั้นเลย การเตรียมเมล็ดงาบิผ่ากลางตัดขวางเมล็ดงาต้องแช่ไนโตรเจนเหลวจนเปราะก่อนบิให้หักเพราะเป็นการคงสภาพของโครงสร้างของเมล็ดงาไว้ การเอามีดผ่านั้นจะเกิดแรงเฉือนทำให้เมล็ดงาเสียรูป การส่อง SEM จะได้ภาพไม่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ทรงยศ ตันพิพัฒน์. พืชน้ำมัน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2529.

[2] สถาบันวิจัยพืชไร่." เอกสารวิชาการปลูกพืชไร่เชียงใหม่". กรมวิชาการเกษตร,กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.2535.

[3] อรอุมา จิ๋วปาน และ อรัญ บุญเกต. การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาด้วยเฮกเซน. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.2541.

[4] อรสา สุริยาพันธ์ และ วิชิต ปัญญาทิพย์สกุล. การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงา. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร,จุฬาลงณ์มหาวิทยาลัย.2539.

[5] ดนัย บุณยเกียรติ. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2540.

[6] รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร:การถนอมอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตรภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2535.

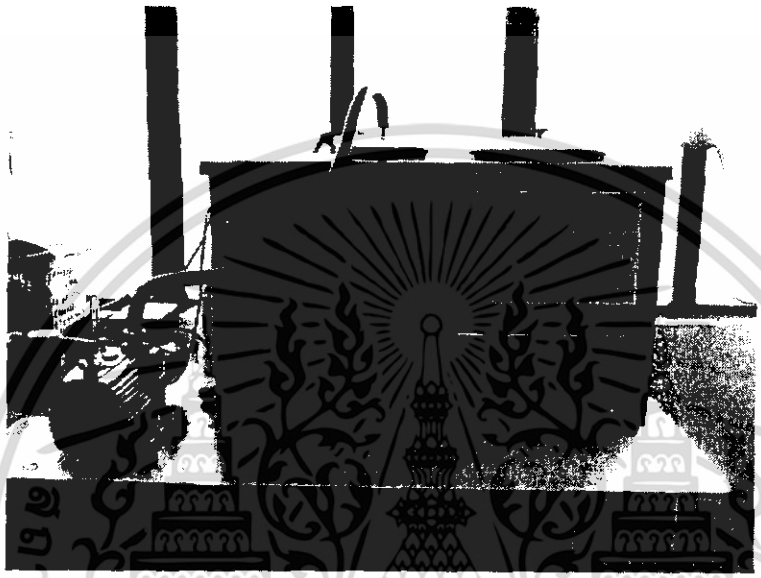
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

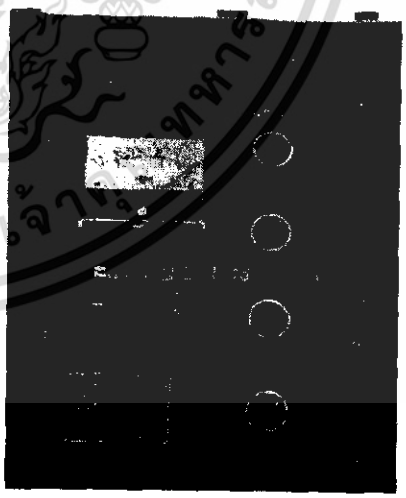
ภาคผนวก ก

รูปอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง และ รูปน้ำมันเมล็ดงาที่สกัดได้



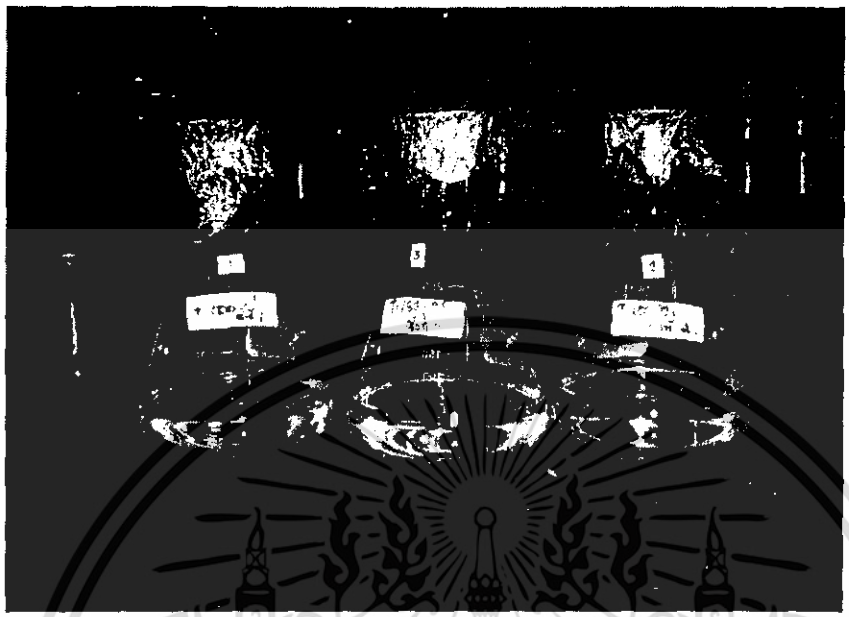
รูปที่ ก-1 แสดงเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง

รูปที่ ก-2 แสดงถังควบคุมความดันและถังใส่เมล็ดงา



รูปที่ ก-3 แสดงชุดควบคุมการทำงาน

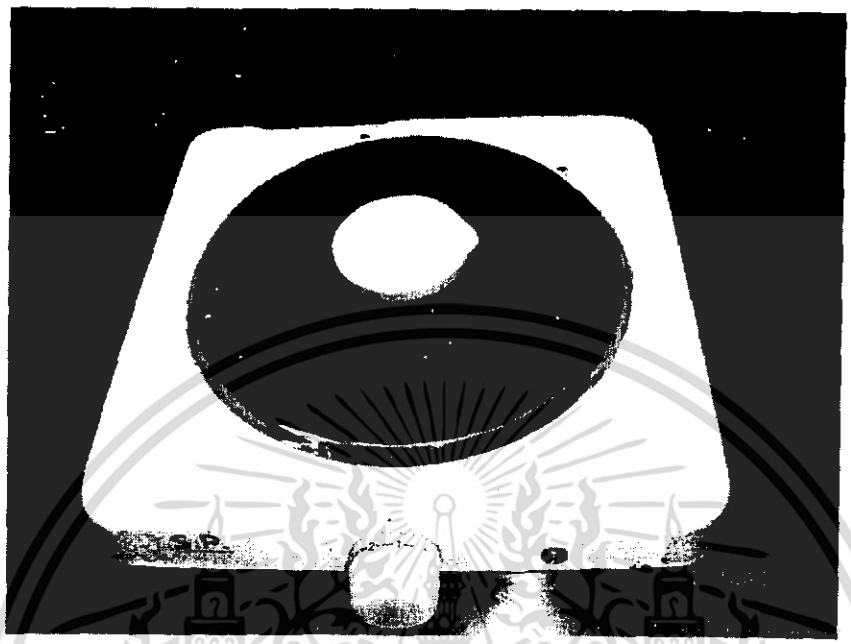
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-4 แสดงน้ำมันก่อนการระเหยสารนอร์มอลเฮกเซนออก

รูป ก-5 รูปแสดงการระเหยนอร์มอลเฮกเซนออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-6 รูปแสดงการระเหยสารละลายนอร์มอลเฮกเซนออก

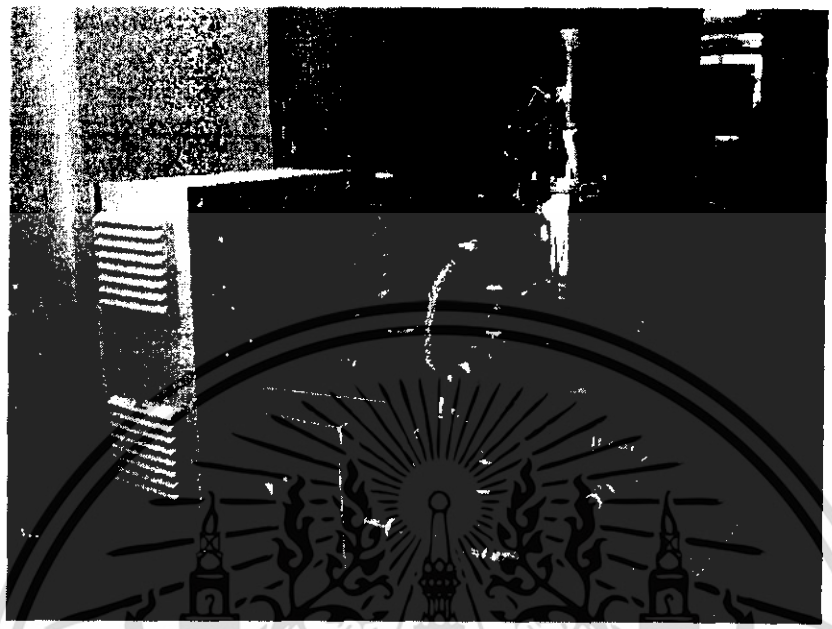
รูปที่ ก-7 รูปแสดงน้ำมันเมล็ดงาที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-8 รูปแสดงกากเมล็ดงาหลังจากที่สกัดน้ำมันออกแล้ว

รูปที่ ก-9 รูปแสดงชุด Soxhlet

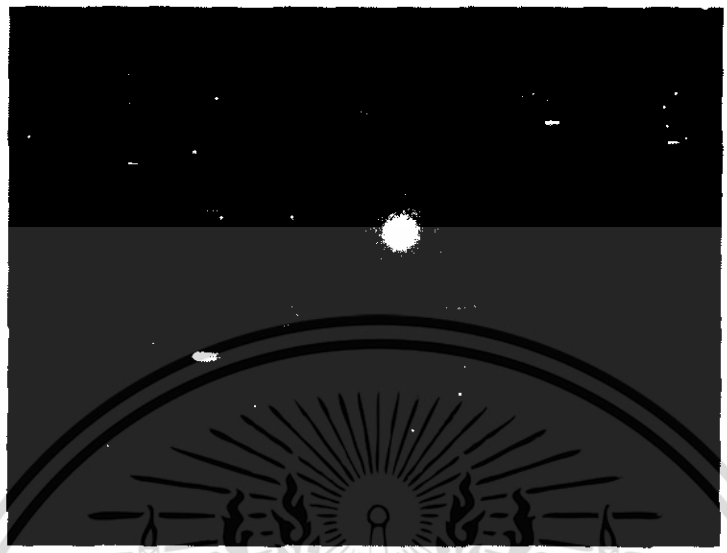
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-10 รูปแสดงเครื่องปั่นกวน

รูปที่ ก-11 รูปแสดงถังกวนผสมเมล็ดงากับนอร์มอลเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-12 รูปแสดงตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการนำเมล็ดงาส่องกล้องด้วยเครื่อง SEM

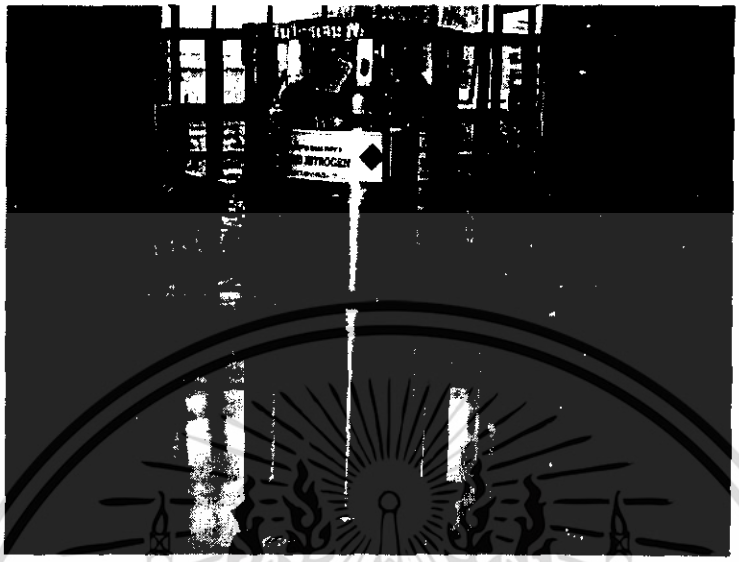
1.เตรียมเมล็ดงาที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ(งาดิบ)และเมล็ดงาที่ผ่านการสกัดน้ำมันงา

ภาพที่ ข-1 เมล็ดงาตัวอย่าง

2. นำเมล็ดงาทั้งหมดแช่ในโตรเจนเหลวประมาณ 5 นาที

ภาพที่ ข-2 เมล็ดงาทั้งหมดแช่ในโตรเจนเหลวในภาชนะมีฝาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

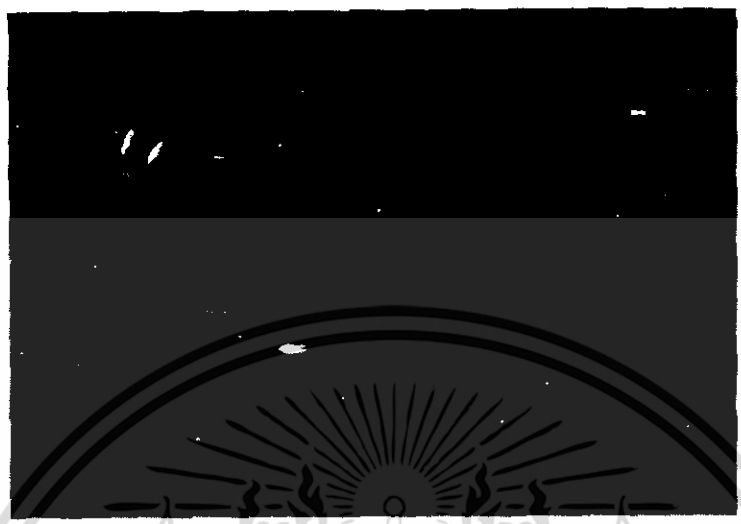


ภาพที่ ข-3 ถังไนโตรเจนเหลว

ภาพที่ ข-4 ถังไนโตรเจนเหลวสำหรับการเคลื่อนย้าย

3. นำเมล็ดงาบิกลางเมล็ดเมื่อเมล็ดงาเกิดการแข็งตัวเนื่องจากความเย็นวิธีนี้จะรักษาโครงสร้างเซลของเมล็ดงาได้ใกล้เคียงกับโครงสร้างเดิมของเมล็ดงาได้มากที่สุดและทำการห่อด้วยฟอยล์เพื่อนำมาติดกับฐานรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

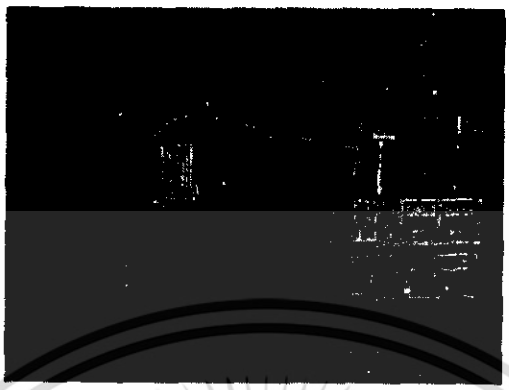


ภาพที่ ข-5 การห่อด้วยฟอยล์เพื่อนำมาติดกับฐานรอง

ภาพที่ ข-6 ฐานรองสำหรับติดตั้งบนเครื่องเคลือบคาร์บอนและเครื่อง SEM

4. เมื่อนำเมล็ดงาเตรียมตามขั้นตอนที่ 3 นำตัวอย่างเมล็ดงาทั้งหมดเคลือบคาร์บอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบันทึกภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



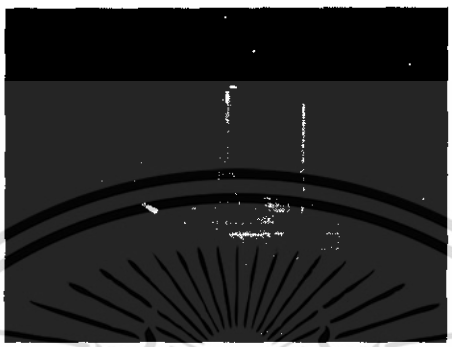
ภาพที่ ข-7 เครื่องเคลือบคาร์บอน

ภาพที่ ข-8 เตรียมเมล็ดงาตัวอย่างก่อนทำการเคลือบคาร์บอน

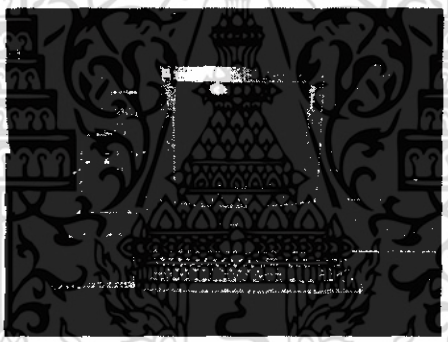
ภาพที่ ข-9 เครื่องเคลือบคาร์บอนขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การส่องด้วยกล้อง SEM



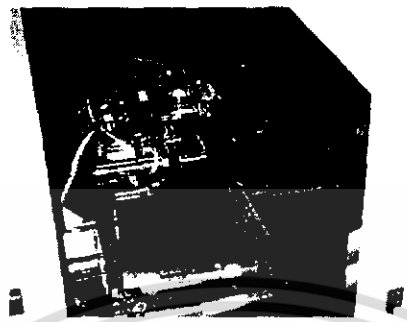
ภาพที่ ข-10 เครื่อง SEM



ภาพที่ ข-11 จอควบคุมการทำงานของเครื่อง SEM

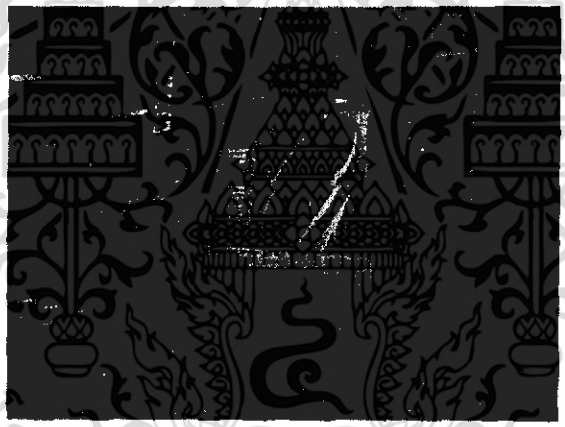
ภาพที่ ข-12 แท่นวางชิ้นงานตัวอย่างของเครื่อง SEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข-13 แท่นวางชิ้นงานตัวอย่างของเครื่อง SEMเมื่อใส่ชิ้นงานตัวอย่างแล้ว

6. การวิเคราะห์ภาพเบื้องต้น

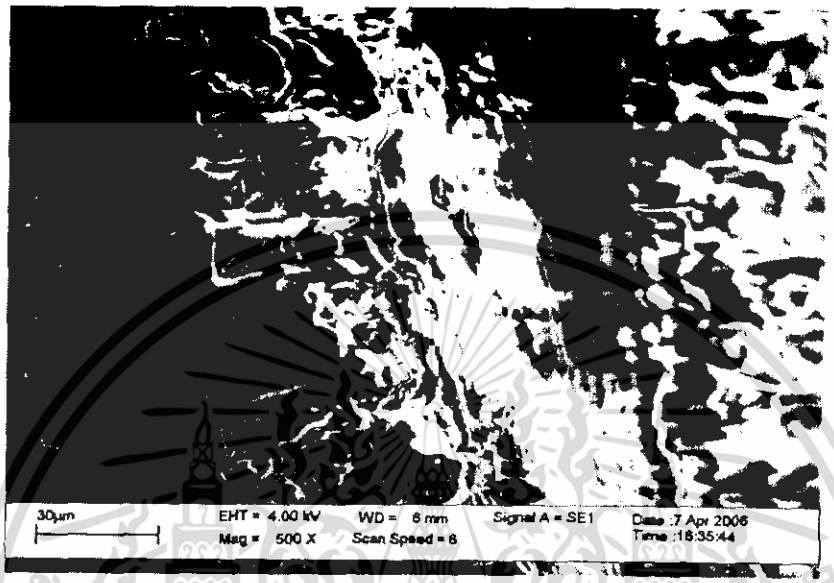


ภาพที่ ข-14 การวิเคราะห์ภาพเบื้องต้น

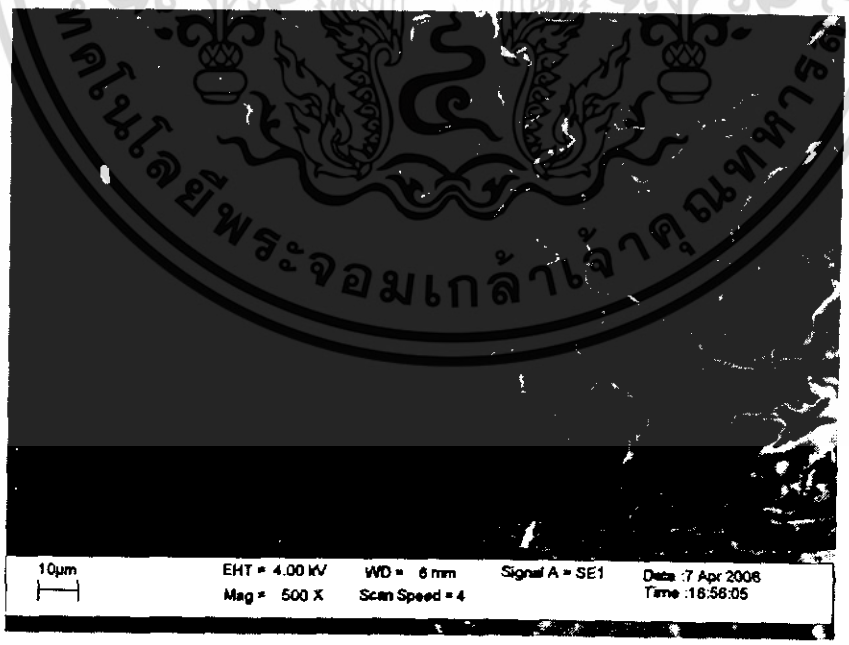
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ประมวลภาพถ่ายจากกล้อง SEM

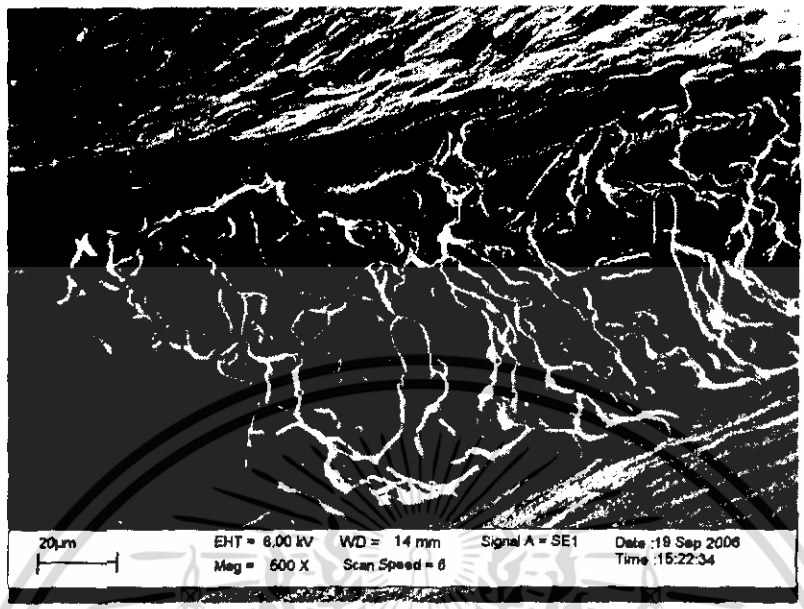


ภาพที่ ค-1 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C ก่อนการสกัดน้ำมันงา นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

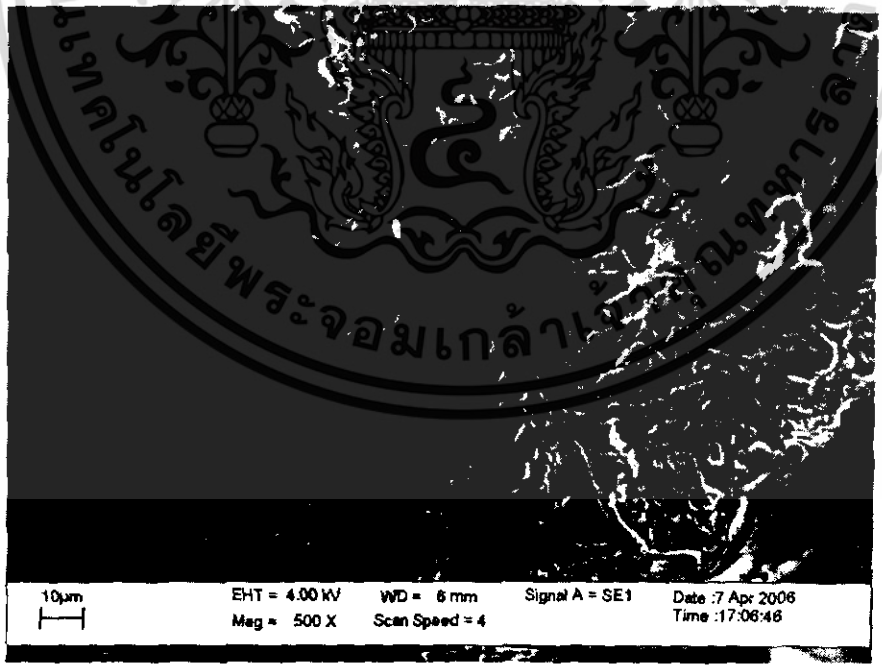


ภาพที่ ค-2 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C หลังการสกัดน้ำมันงา โดยการปั่นกวน 9 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

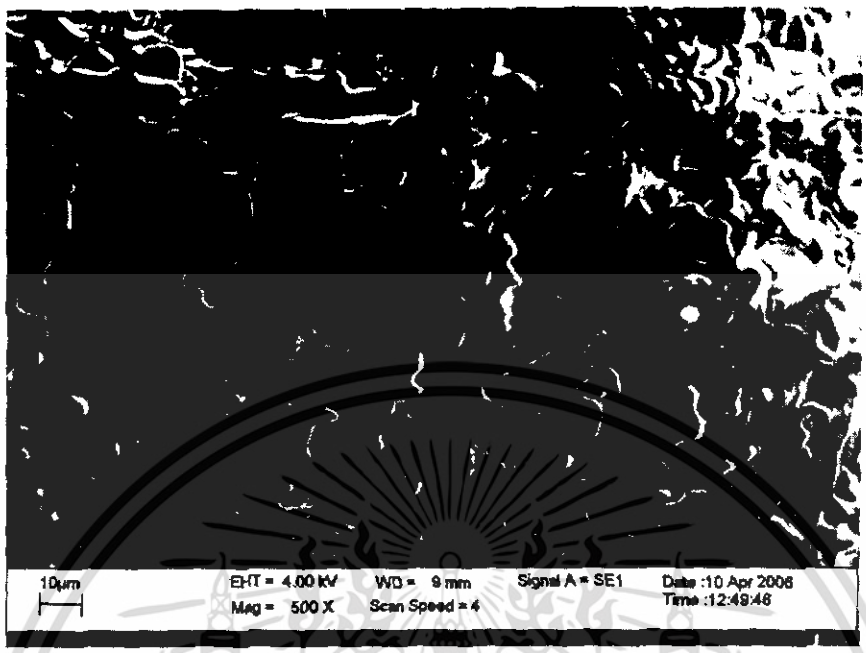


ภาพที่ ค-3 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C หลังการสกัดน้ำมันงาโดยชุดอุปกรณ์การสกัด(Soxhlet) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

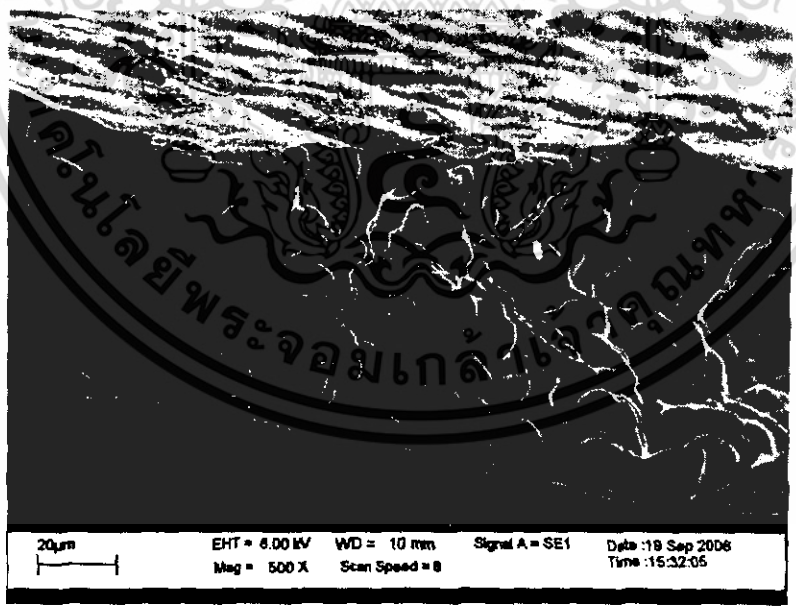


ภาพที่ ค-4 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C ก่อนการสกัดน้ำมันงา นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

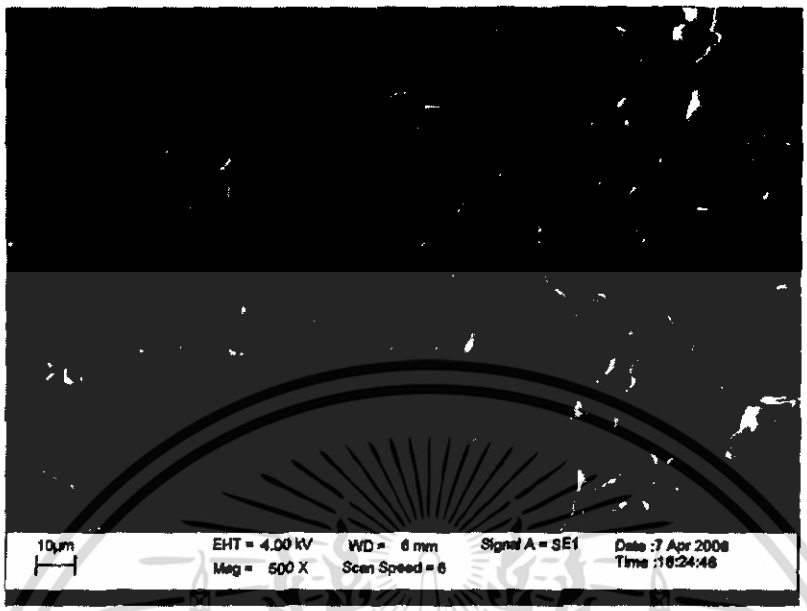


ภาพที่ ค-5 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C หลังการสกัดน้ำมันงาโดยการปั่นกวน 9 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

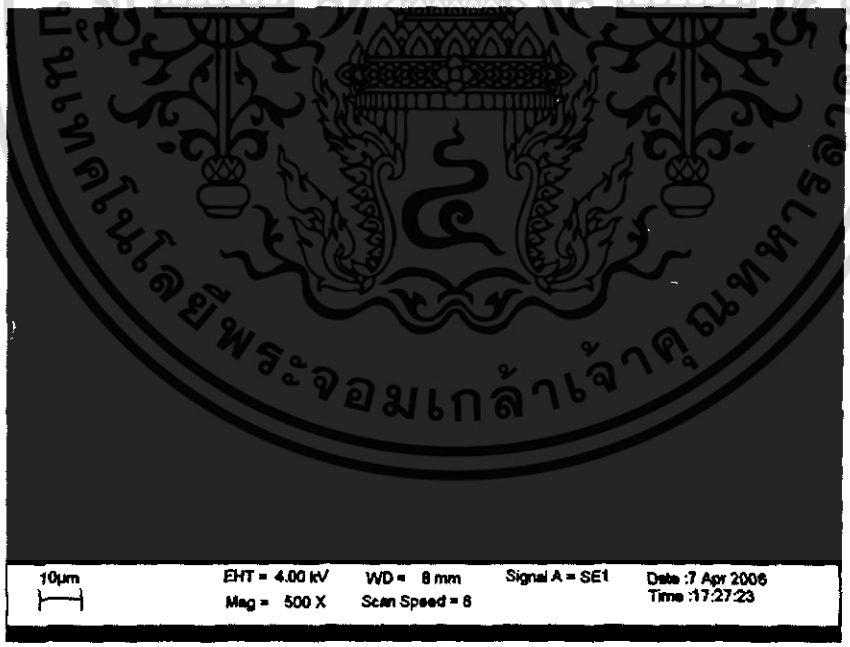


ภาพที่ ค-6 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C หลังการสกัดน้ำมันงาโดยชุดอุปกรณ์การสกัด(Soxhlet) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

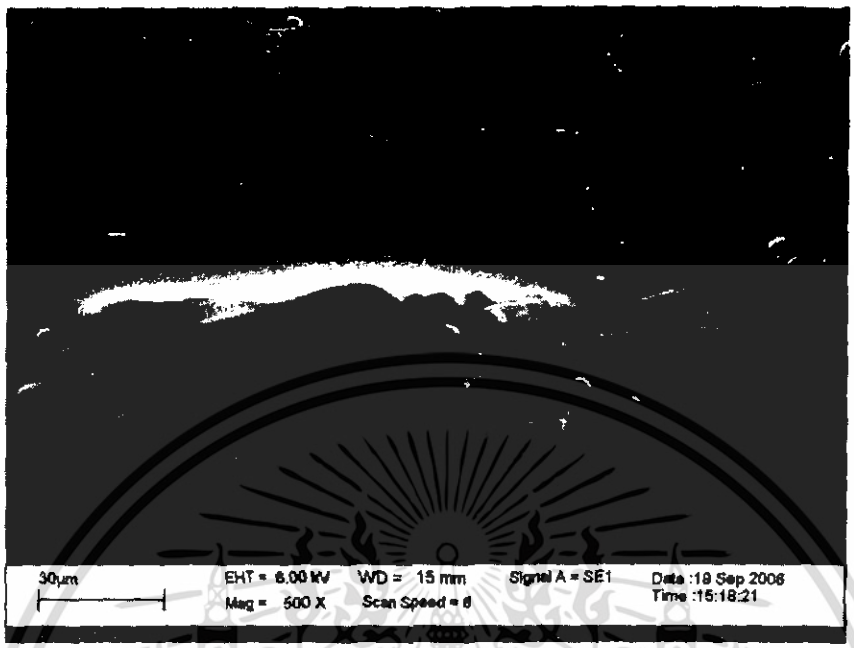


ภาพที่ ค-7 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็งก่อนการสกัดน้ำมันงา นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

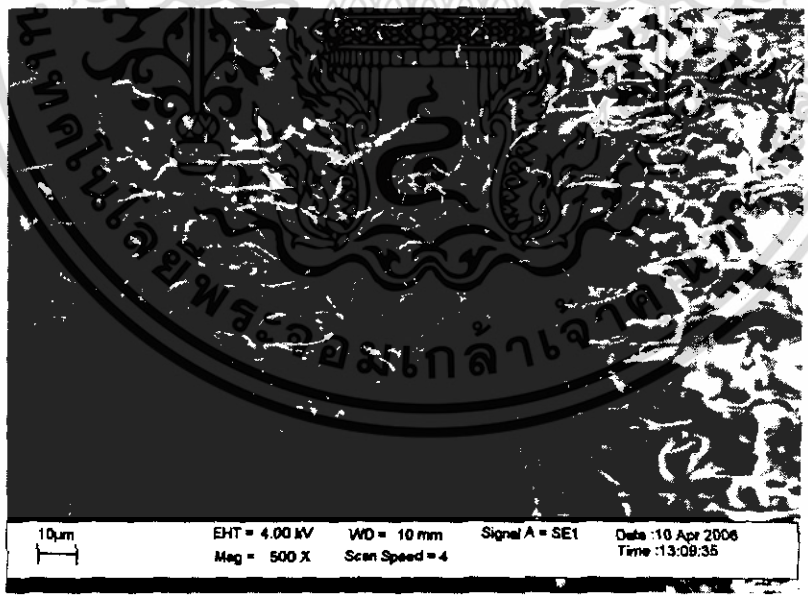


ภาพที่ ค-8 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็ง หลังการสกัดน้ำมันงาโดยการปั่นกวน 9 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

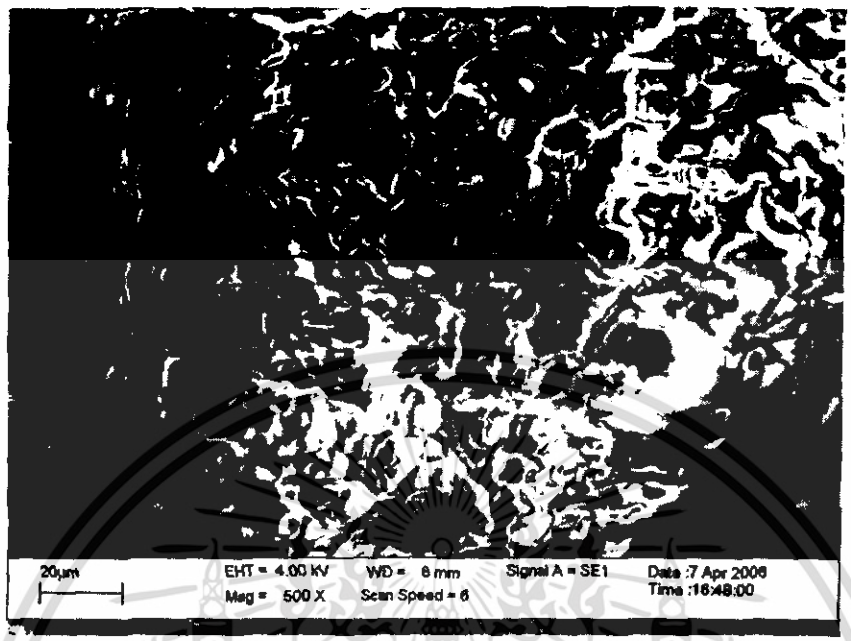


ภาพที่ ค-9 ภาพเมล็ดงาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบเยือกแข็ง หลังการสกัดน้ำมันงาโดยชุดอุปกรณ์การสกัด(Soxhlet) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

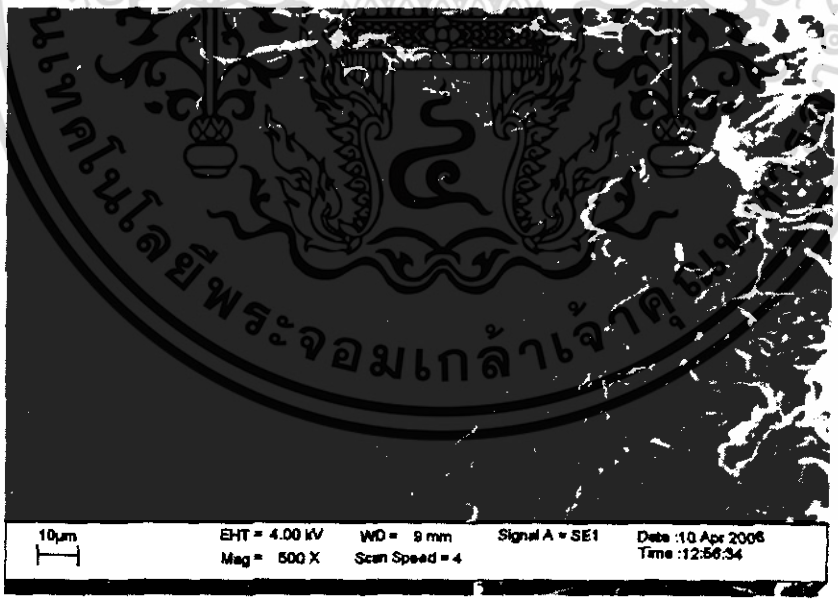


ภาพที่ ค-10 ภาพเมล็ดงาที่ไม่ผ่านกระบวนการอบแห้งและการสกัดน้ำมันงา นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค-11 ภาพเมล็ดงาที่ไม่ผ่านกระบวนการอบ หลังการสกัดน้ำมันงาโดยการปั่นกวน 9 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า



ภาพที่ ค-12 ภาพเมล็ดงาที่ไม่ผ่านกระบวนการอบ หลังการสกัดน้ำมันงาโดยชุดอุปกรณ์การสกัด (Soxhlet) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง นำมาส่องกล้อง SEM ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้