กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาคั่ว

นางสาว ปัทมา บุญเกษม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-785-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROCESS OF OIL EXTRACTION FROM ROASTED SESAME SEEDS

Miss Pattama Boonkasem

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Biotechnology

Program of Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-334-785-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาคั่ว
โดย	นางสาวปัทมา บุญเกษม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมาารสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

ปัทมา บุญเกษม : กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาคั่ว (PROCESS OF OIL EXTRACTION FROM ROASTED SESAME SEEDS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. นลิน นิลอุบล ; 122 หน้า. ISBN 974-334-785-2

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการคั่ว และสกัดน้ำมันจากเมล็ดงา โดยมุ่งหวังเพื่อเป็นข้อมูลนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุม และการผลิตน้ำมันให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การทดลองคั่วเมล็ดงา 2 ชนิด คือ เมล็ดงาขัดขาว และเมล็ดงาดำเกษตรด้วยลมร้อนเป่าที่อุณหภูมิ 150 , 175 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที แล้วนำมาบีบน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิก เมื่อนำมาวัดปริมาณของน้ำมันที่ได้ และวิเคราะห์คุณสมบัติ คุณภาพบางประการของน้ำมันเทียบกับน้ำมันที่ได้จากเมล็ดงาที่ไม่ได้คั่ว พบว่าที่การคั่วอุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้น ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมัน แต่จะมีผลทำให้ค่าสีแดง , ค่าสีเหลือง , ค่าความเป็นกรด , ค่าสปอนนิฟิเคชัน ,ค่าเปอร์ออกไซด์ เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง ค่าไอโอดีนจะลดลง องค์ประกอบกรดไขมันกรดโอลิอิค(C18:1) และ ปริมาณสารกันหืนเซซามอลเพิ่มขึ้น ส่วนกรดลิโนเลอิค(C18:2) และ ปริมาณสารกันหืนวิตตามินอีลดลง ดังนั้นเมื่อคั่วเมล็ดงาที่อุณหภูมิต่ำเวลานาน หรืออุณหภูมิสูงเวลาสั้นจะได้น้ำมันงาที่มีสี กลิ่น และคุณภาพดี และเมื่อประเมินผลร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส จะได้สภาวะที่เหมาะสม คือ การคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เมื่อนำมาศึกษาสภาวะการสกัดน้ำมัน 3 วิธี คือใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก ใช้ตัวทำละลาย และใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย พบว่า การสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย จะได้ปริมาณน้ำมันมากสุด และเมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติและคุณภาพของน้ำมันที่ได้ การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย จะทำให้น้ำมันด้อยคุณภาพกว่าบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิก

ภาควิชา ..... ลายมือชื่อนิสิต .....ปัทมา บุญเกษม.....

สาขาวิชา .....เทคโนโลยีทางชีวภาพ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา .....2542..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##3951032423 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD : SESAME OIL , ROASTING , EXTRACTION
PATTAMA BOONKASEM : PROCESS OF OIL EXTRACTION FROM ROASTED SESAME SEEDS . THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D. , THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. NALINE NILUBOL, Ph.D. 122 pp. ISBN 974-334-785-2

The purpose of this experimental study was to find the optimal condition for sesame seeds roasting process and sesame oil extraction. The experimental data may be applied to improve efficiency in quality control and oil extraction productivity. The white and black sesame seeds were used. Sesame seeds were roasted at temperature 150,175 and 200 °C for 5,10,15 and 20 minutes by using a hot air turbo roasting and then extracted by using a hydraulic press. The yield, quality characteristics and composition of the sesame oil were studied at different roasting condition ,and compared with unroasted oil samples. At higher temperature and longer roasting time period, the yield was indifferent; the redness, yellowness, acid value, saponificaton value, and peroxide value increased; the brightness and iodine value decreased, the fatty acid composition: oleic acid(C18:1), and the natural antioxidant content :sesamol , increased; and the linoleic(C18:2) composition and γ-tocopherol content decreased. The result indicated that a high quality product would be obtained by roasting at low temperature for long time or high temperature for short time. Considering sensory evaluation , the optimal roasting condition was 200 °C for 5 min. Three methods of sesame oil extraction were studied: namely , hydraulic compression, solvent extraction, and hydraulic compression followed by solvent extraction methods. The hydraulic compression followed by solvent extraction method gave the highest oil yield. The sesame oil extracted from solvent extraction method had inferior quality to that from hydraulic compression method.

ภาควิชา ..... ลายมือชื่อนิสิต .....พัทมา บุญเกษม.....
สาขาวิชา .....เทคโนโลยีทางชีวภาพ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา .....2542..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยรวมทั้งตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียรที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสมที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้คำแนะนำและแนวคิดอันมีคุณค่ายิ่งต่อการทำวิจัย ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาศตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ และ อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง ที่กรุณาให้คำแนะนำและแนวคิดที่มีคุณค่ายิ่งต่อการทำวิจัย และช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่างๆ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างเทคนิคประจำสถาบันเทคโนโลยีทางชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัยอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการประจำสถาบันเทคโนโลยีทางชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่สถาบันเทคโนโลยีทางชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข และเป็นกำลังใจให้เสมอ

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ทางภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ เพื่อนสนิท ที่ให้ความช่วยเหลือ และเติมกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยาพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และ พี่สาว ที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และความช่วยเหลือต่างๆที่เป็นกำลังอันสำคัญยิ่งต่อผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฑ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ณ

บทที่

1 บทนำ

1.1 บทบาทน้ำมันพืช 1

1.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน 3

1.3 ค่าคงที่ต่างๆของน้ำมัน 9

1.4 กรรมวิธีการผลิตน้ำมัน 10

1.5 การศึกษาเกี่ยวกับต้นงา เมล็ดงา และน้ำมันงา 14

1.6 อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงา 24

1.7 มูลเหตุจูงใจ 25

1.8 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 30

1.9 ขอบเขตของงานวิจัย 30

1.10ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 30

2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 31

2.1.1 อุปกรณ์การทดลอง 31

2.1.2 สารเคมี 34

2.1.3 สารมาตรฐาน 35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

2.2 วิธีดำเนินงานวิจัย 36
2.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ 36
2.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลอง 36
2.2.3 หาความสัมพันธ์ของการคั่วเมล็ดงากับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงา 38
2.2.4 วิเคราะห์คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาที่เตรียมได้ 38
2.2.5 ความสัมพันธ์ของการบีบสกัดน้ำมันงา กับปริมาณน้ำมันที่บีบสกัดได้ และคุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาตัวอย่าง 47
3 ผลการทดลอง
3.1 องค์ประกอบของเมล็ดงา 48
3.2 ความสัมพันธ์ของการคั่วเมล็ดงากับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงา 49
3.3 คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาตัวอย่างที่บีบอัดได้ 54
3.3.1 ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่าง 54
3.3.2 ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่าง 58
3.3.3 องค์ประกอบกรดไขมัน(%)ในน้ำมันงาตัวอย่าง 60
3.3.4 ปริมาณสารกันหืน(antioxidants)ในน้ำมันงาตัวอย่าง 65
3.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory test) 73
3.4 ความสัมพันธ์ของวิธีการบีบสกัดน้ำมันงา กับปริมาณน้ำมันและคุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้ 76
3.4.1 ปริมาณน้ำมันงาตัวอย่าง 76
3.4.2 ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่าง 80
3.4.3 ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่าง 81

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.4.4 องค์ประกอบกรดไขมัน(%)ในน้ำมันงาตัวอย่าง 82
3.4.5 ปริมาณสารกันหืน(antioxidants)ในน้ำมันงาตัวอย่าง 84
4 วิจารณ์ผลการทดลอง 86
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 93
รายการอ้างอิง 94
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 99
ภาคผนวก ข 109
ภาคผนวก ค 118
ประวัติผู้เขียน 122

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ปริมาณน้ำมันของพืชน้ำมันแต่ละชนิด	3
1.2	องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดงา	17
1.3	ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันงา (% of total fatty acids)	17
1.4	ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่ตรวจพบในน้ำมันพืชที่ใช้ปรุงอาหาร	18
1.5	คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำมันงา	22
1.6	ปริมาณเมล็ดงานำเข้าและส่งออกของประเทศไทยระหว่าง ปีพ.ศ. 2532-2541	27
1.7	ปริมาณน้ำมันงานำเข้าและส่งออกของประเทศไทยระหว่าง ปีพ.ศ. 2532-2541	29
3.1	องค์ประกอบของเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลอง	48
3.2	รหัสตัวอย่างของเมล็ดงาคั่วที่ใช้ในรูปที่ 3.1 และ 3.2	51
3.3	ค่าความหนาแน่นของเมล็ดงาและปริมาณของน้ำมันงาที่บีบสกัดได้ จากการทดลองคั่วเมล็ดงาขัดขาวที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	52
3.4	ค่าความหนาแน่นของเมล็ดงาและปริมาณของน้ำมันงาที่บีบสกัดได้ จากการทดลองคั่วเมล็ดงาดำเกษตรที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	53
3.5	ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่ อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	56
3.6	ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่ อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	57
3.7	ค่าคงที่ต่างๆของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่ว ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	58
3.8	ค่าคงที่ต่างๆของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่ว ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	59
3.9	ค่าเวลาชะของกรดไขมันมาตรฐานที่วิเคราะห์โดยวิธี GC	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.10	ค่าองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	62
3.11	ค่าองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	63
3.12	ค่าความยาวคลื่นสูงสุดของสารกันหืนมาตรฐานที่พบในน้ำมันงา	67
3.13	ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	71
3.14	ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	72
3.15	จำนวนผู้ทดสอบที่เลือก odd number ในแบบทดสอบ triangle ชุด A และ ชุด B	73
3.16	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส hedonic scale 9 points ต่อน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวคั่ว	74
3.17	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส hedonic scale 9 points ต่อน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่ว	74
3.18	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	77
3.19	ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	77
3.20	ค่าสีน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	80
3.21	ค่าสีน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	80
3.22	ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.23	ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	82
3.24	องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	83
3.25	องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	83
3.26	ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	84
3.27	ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ	84
ก-1	คุณลักษณะอื่น	100
ก-2	แผนการชักชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบการบรรจุและเครื่องหมายฉลาก	102
ก-3	คุณลักษณะทางเคมี	103
ก-4	สารปนเปื้อน	105
ก-5	แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุเครื่องหมายและฉลาก และลักษณะทั่วไป	107
ข-1	ข้อมูลทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมของน้ำมันงาตัวอย่าง	112
ข-2	ANOVA TABLE จากข้อมูลประสาทสัมผัสด้านสีชุด C	113
ข-3	ANOVA TABLE จากข้อมูลประสาทสัมผัสด้านกลิ่นชุด C	114
ข-4	ANOVA TABLE จากข้อมูลประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมชุด C	115
ข-5	ANOVA TABLE จากข้อมูลประสาทสัมผัสด้านสีชุด D	115
ข-6	ANOVA TABLE จากข้อมูลประสาทสัมผัสด้านกลิ่นชุด D	116
ข-7	ANOVA TABLE จากข้อมูลประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมชุด D	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค-1 พื้นที่ใต้พีคของสาร sesamol เมื่อฉีด HPLC ที่ความเข้มข้นต่างๆ 118
ค-2 พื้นที่ใต้พีคของสาร sesamin เมื่อฉีด HPLC ที่ความเข้มข้นต่างๆ 119
ค-3 พื้นที่ใต้พีคของสาร γ- tocopherol เมื่อฉีด HPLC ที่ความเข้มข้นต่างๆ 120

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ปฏิกิริยาการเกิดน้ำมัน 2
1.2 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส 4
1.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชันระยะแรก 4
1.4 ปฏิกิริยาออกซิเดชันระยะที่สอง 5
1.5 ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน 6
1.6 ปฏิกิริยาฮาโลจีเนชัน 7
1.7 ปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน 8
1.8 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน 8
1.9 ปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ไลซิส 9
1.10 ต้นงา 15
1.11 ฝักและเมล็ดงา 15
1.12 ลักษณะโครงสร้างเมล็ดงาตัดตามขวาง(x250) 20
1.13 โครงสร้างสารเซซามอล เซซามิน และเซซาโมลิน 21
1.14 โครงสร้างสารวิตตามินอี 23
1.15 โครงสร้างสารบีเอชเอ และบีเอชที 23
1.16 กราฟปริมาณเมล็ดงานำเข้าของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532-2541 26
1.17 กราฟปริมาณเมล็ดงาส่งออกของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532-2541 26
1.18 กราฟปริมาณน้ำมันงานำเข้าของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532-2541 28
1.19 กราฟปริมาณน้ำมันงาส่งออกของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532-2541 28
2.1 เมล็ดงาขัดขาว 37
2.2 เมล็ดงาดำเกษตร 37
2.3 ขั้นตอนการสกัดสาร sesamin และ sesamolin 44
3.1 เมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ 50
3.2 เมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ 50

สารบัญรูป (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3.3 น้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่
อุณหภูมิและเวลาต่างๆ 55
3.4 น้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่
อุณหภูมิและเวลาต่างๆ 55
3.5 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงการแยกของกรดไขมันของ
น้ำมันงาโดย GC (ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.3.3) 61
3.6 ตัวอย่างโครมาโทแกรมที่มีกรดไขมันนอกเหนือจากกรดไขมัน 5 ชนิด
ที่พบทั่วไปในน้ำมันงา (ดูสภาวะที่ใช้วิเคราะห์ด้วย GC ในข้อ 2.2.4.3.3) 64
3.7 โครมาโทแกรมสารของแข็งสีขาวที่ตรวจสอบด้วย NMR แล้วพบว่าเป็น sesamin ... 66
3.8 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารกันหืนมาตรฐาน sesamol , sesamin , และ
γ - tocopherol โดย HPLC (ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.4.3) 68
3.9 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงการแยกสารกันหืน sesamol และ sesamin
ของน้ำมันงาโดย HPLC (ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.4.3) 69
3.10 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงการแยกสารกันหืน γ- tocopherol ของ
น้ำมันงาโดย HPLC (ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.4.3) 70
3.11 สมดุลมวลสารของน้ำมันตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่ว
มาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ 78
3.12 สมดุลมวลสารของน้ำมันตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่ว
มาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ 79
ค-1 กราฟมาตรฐานสาร sesamol 118
ค-2 กราฟมาตรฐานสาร sesamin 119
ค-3 กราฟมาตรฐานสาร γ- tocopherol 120

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HPLC	=	ไฮเพอร์ฟอร์มานลิควิดโครมาโทกราฟี
GC	=	แก๊สโครมาโทกราฟี
%	=	เปอร์เซนต์
°C	=	องศาเซลเซียส
min	=	นาที
mm	=	มิลลิเมตร
cm	=	เซนติเมตร
nm	=	นาโนเมตร
ml	=	มิลลิลิตร
w/w	=	น้ำหนักโดยน้ำหนัก
ID	=	เส้นผ่านศูนย์กลาง
SD	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน