การสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง

นางสาวจารุกร สุวรรณเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974 - 334 - 935 - 9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXTRACTION OF MUCILAGE FROM SEED OF *Ocimum basilicum* Linn. var. Citratum BY DRY MILLING

Miss Jarugorn Suwanmuang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Biotechnology

Programme of Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974 - 334 - 935 - 9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง
โดย	นางสาวจารุกร สุวรรณเมือง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ริมพณิชยกิจ)

จารุกร สุวรรณเมือง : การสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง (EXTRACTION OF MUCILAGE FROM SEED OF *Ocimum basilicum* Linn.. var. Citratum BY DRY MILLING) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ 104 หน้า. ISBN 974-334-935-9

การสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง ใช้เครื่องโม่ 2 ชนิด ได้แก่ เครื่อง jet mill และ attrition mill เมล็ดแมงลักก่อนนำมาสกัดสารเมือกผ่านการสกัดน้ำมันออกก่อนด้วย hydraulic press ตามด้วยการสกัดด้วยเฮกเซน เนื่องจากอนุภาคละเอียดที่มีน้ำมันจะติดและสะสมบนรูเปิดของแร่งหรือติดตามส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง น้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณ 15.21 % โดยน้ำหนัก เมล็ดที่สกัดน้ำมันแล้ว มีปริมาณโปรตีน , เส้นใย , เถ้า , ความชื้น , และคาร์โบไฮเดรตเป็น 18.79 % d.b., 55.40% d.b. , 5.71% d.b. , 8.15% d.b. และ 11.99 % d.b. ตามลำดับ เมล็ดที่สกัดน้ำมันแล้วเมื่อนำไปสกัดสารเมือกด้วย jet mill จำนวน 1 รอบ และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500 μ พบว่าได้ปริมาณอนุภาคละเอียดปริมาณต่ำ การสูญเสียมาก ไม่สามารถสกัดสารเมือกออกจากเมล็ดได้หมด และ สารเมือกมีส่วนอื่นของเมล็ดปนมาด้วย ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยการนำอนุภาคค้างตะแกรง 500 μ มาสกัดซ้ำด้วย jet mill รวมเป็นจำนวน 5 รอบ และแยกขนาดอนุภาคด้วย air jet sieve 500μ , 200μ และ 100 μ ได้อนุภาค 4ขนาด คือ ขนาด > 500μ , 500 - 200μ, 200 - 100μ และ < 100 μ ในปริมาณ 39.22% d.b. , 24.91% d.b.,8.41% d.b. และ 8.31 % d.b. ตามลำดับ และสูญเสียจากกระบวนการทั้งหมด 9.15%d.b. จากนั้นทำการสกัดสารเมือกด้วย attrition mill และแยกขนาดด้วย air jet sieve ได้อนุภาค 4 ขนาดเช่นเดียวกัน ในปริมาณ 62.89 % d.b., 26.43 % d.b., 4.02% d.b. และ 3.92% d.b. ตามลำดับ และสูญเสียจากกระบวนการทั้งหมด 2.75 %d.b.เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของอนุภาคแต่ละขนาดที่สกัดได้จากทั้ง 2 เครื่อง พบว่า แบ่งอนุภาคได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ อนุภาคหยาบขนาด > 500 μ เป็นส่วนกากเมล็ดที่เหลือจากการสกัดสารเมือกแต่ไม่สามารถสกัดสารเมือกออกได้หมด , อนุภาคขนาด 500 - 200μ และ 200 - 100 μ เป็นอนุภาคที่มีความสามารถในการพองตัวสูงจึงจัดให้เป็นสารเมือกที่ต้องการ และ อนุภาคขนาดละเอียด < 100 μ ที่ไม่มีความสามารถในการพองตัว และ องค์ประกอบประมาณ 50 % d.b. เป็นโปรตีน จากการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก พบว่า สารเมือกมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงเมื่ออุณหภูมิของน้ำต่ำ , ที่พีเอชเป็นกลางหรือมีความเป็นกรด - ด่างเล็กน้อย และ พบว่าเกลือเป็นอุปสรรคต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต...จารุกร สุวรรณเมือง.....

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

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

3970253623 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD : MUCILAGE / OCIMUM / MILLING

JARUGORN SUWANMUANG : EXTRACTION OF MUCILAGE FROM SEED OF *Ocimum basilicum* LINN. Var. Citratum BY DRY MILLING. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D. 104 pp. ISBN 974 - 334 - 935 - 9

Extraction of mucilage from seed of *Ocimum basilicum* Linn. var. Citratum by dry milling was carried out by using jet mill and attrition mill. Seed oil was extracted before milling by hydraulic press and using hexane. Fine particles with oil tended to adhere and accumulate on sieve openings or parts of mills, the oil obtained was only 15.21 % of the seed (d.b.). The oil free seed contained 18.79% protein , 55.4 %crude fiber , 5.71% ash , 8.15% moisture and11.99 % carbohydrate. The seeds were milled by jet mill once and classified by air jet sieve with pore size of 500 μ found little fine particles with high losses , incomplete mucilage extraction and the mucilage was contaminated with other components of the seed. Coarse particles with size larger than 500 μ were remilled by the jet mill altogether 5 times and classified by air jet sieve with pore size of 500 μ, 200 μ, 100 μ to separate the particles into 4 groups with size ranges of > 500 μ, 500-200μ , 200-100 μ and < 100μ at 39.22 %d.b., 24.91%d.b. , 8.41 %d.b. and 8.31 %d.b. respectively with 9.15 % losses. Attrition milling of the seeds was carried out and classified into 4 groups of particle sizes similar to the case of jet milling giving 62.89% of particle size > 500 μ , 26.43% of particle size 500-200μ, 4.02% of particle size 200-100μ and 3.92 31 % of particle size < 100μ with 2.75 % losses . The study of physical properties and chemical composition indicated that the particles larger than 500μ were seed residue remaining after incomplete mucilage extraction of the mucilage. The particles at the size ranges of 500 - 200 μ and 200 -100μ were mucilage that have high swelling property . The particle smaller than 100μ were fine particle that do not have swelling property with high protein contents. The mucilage have good water holding capacity when dispersed in low temperature and neutral or mild acid and basic solution . The water holding capacity of mucilage was inhibited by salt.

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต.....

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

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยความกรุณาของ ผศ. ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่ได้กรุณารับเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้คำแนะนำ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย รวมทั้งตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่กรุณารับเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์, รศ.ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และ ผศ. ดร. วิเชียร ริมพณิชยกิจ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและกราบขอบพระคุณอาจารย์ นิตยา คอนสาร ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องการสมัครและรับทุนพัฒนาอาจารย์ รวมทั้งกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่าน ที่ได้กรุณาสั่งสอนอบรมในทุกเรื่อง

ขอขอบพระคุณ ดร. ศรินทิพ อานามนารถ ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำในเรื่องการวิเคราะห์กรดไขมัน

ขอขอบคุณ คุณ ธนาสาร ขาวสะอาด ที่ให้ความช่วยเหลือ ในการถ่ายภาพลงเล่มวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ , คุณศิริพร สุวรรณเมือง , คุณวรพัฒณ์ ตีะพงษ์ สำหรับกำลังใจ และ ความห่วงใยในสุขภาพทั้งกาย และ ใจ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฏ

คำย่อและนิยาม ..... ฒ

บทที่

1 . บทนำ 1

1.1 ประวัติความเป็นมา 1

1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแมงลัก 3

1.3 นิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์ 4

1.4 การขยายพันธุ์ 5

1.5 ประโยชน์ของแมงลัก 5

1.6 สารเมือกจากพืช 6

1.7 สารเมือกจากเมล็ดพืช 7

1.8 สารเมือกจากเมล็ดแมงลัก 9

1.9 ประโยชน์ของสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก 11

1.10 การศึกษาสมบัติของสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก 12

1.11 การลดขนาด 13

1.12 เครื่องโม่แบบเสียดทาน 14

1.13 เครื่องโม่แบบอากาศพ่น 15

1.14 เครื่องแร่งอากาศพ่น 17

1.15 มูลเหตุจูงใจในการทำงานวิจัย 17

1.16 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 19

1.17 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 19

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง 20

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 25

2.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง 26

2.4 วิธีดำเนินการทดลอง 26

3. ผลการทดลอง 34

3.1 การสกัดน้ำมันเมล็ดแมงลัก 34

3.2 สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมงลักที่สกัดน้ำมันแล้ว. 35

3.3 สกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง 36

3.3.1 สกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง jet mill จำนวน 1 รอบ..... 36

3.3.2 สกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง jet mill จำนวน 5 รอบ 37

3.3.3 สกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง attrition mill 41

3.4 สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดแยก..... 43

3.5 อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 64

4. สรุปวิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 76

รายการอ้างอิง 83

ภาคผนวก 87

ก. การคำนวณปริมาณองค์ประกอบเคมี 88

ข. ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่าของสารเมือกขณะอุ้มน้ำ 89

ค. โครมาโตแกรมแสดงชนิดกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ดแมงลัก 91

ง. ข้อมูลจากการทดลอง 92

ประวัติผู้เขียน 104

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 - 1 ปริมาณและองค์ประกอบของสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก 10

2 - 1 ชื่อเครื่องมือ รุ่น และ บริษัทผู้ผลิต 22

2 - 2 รายชื่อสารเคมี และ บริษัทผู้ผลิต 25

3 - 1 สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมงลักที่สกัดน้ำมันแล้ว... 36

3 - 2 ปริมาณมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่ได้และสูญเสียจากการสกัดสารเมือกด้วย jet mill จำนวน1 รอบ และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500 μ 37

3 - 3 ปริมาณมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดสารเมือกด้วย jet mill จำนวน5 รอบ และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500 , 200 และ 100 μ 39

3 - 4 ปริมาณรวมของอนุภาคขนาดต่าง ๆ และ อนุภาคสูญเสียจากการสกัดด้วย jet millจำนวน 5 รอบ 40

3 - 5 ปริมาณมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดด้วย attrition mill 41

3 - 6 ปริมาณรวมของอนุภาคขนาดต่าง ๆ และ ปริมาณสูญเสียจากการสกัดด้วย attrition mill 42

3 - 7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของbulk density(g/ml) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่ สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 46

3 - 8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของtapped density(g/ml) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill 47

3 - 9 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของtrue density (g/ml) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน5 รอบ และ attrition mill..... 49

3 - 10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการถูกอัดได้ (%) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 51

3 - 11 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการอุ้มน้ำ(g/g) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน5 รอบ และ attrition mill 52

3 - 12 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรการพองตัวจำเพาะ (ml/g) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill 55

3 - 13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณโปรตีน(%d.b.) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน5 รอบ และ attrition mil..... 57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3 - 14 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเส้นใยหยาบ(%d.b.) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน5 รอบ และ attrition mill 59

3 - 15 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเถ้า(%d.b.) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill 60

3 - 16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความชื้น(%d.b.) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน5 รอบ และ attrition mill..... 62

3 - 17 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%d.b.) ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน5 รอบ และ attrition mill 63

3 - 18 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 66

3 - 19 อิทธิพลของพีเอชต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 69

3 - 20 อิทธิพลของความเข้มข้นของเกลือต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 72

ง - 1 สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมงลักที่สกัดน้ำมันแล้ว 92

ง - 2 ปริมาณมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่ได้และสูญเสียจากการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วย jet mill 1 รอบ และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500 μ 93

ง - 3 ปริมาณมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่ได้และสูญเสียจากกระบวนการสกัดด้วย attrition mill 93

ง - 4 ปริมาณมวลอนุภาคต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดสารเมือกด้วย jet mill 5 รอบ และแยกขนาดด้วย air jet sieve 500 , 200 , 100 μ 94

ง - 5 bulk density ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill 95

ง - 6 tapped density ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill 95

ง - 7 true density ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill..... 96

ง - 8 compressibility ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill..... 96

ง - 9 water holding capacity ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill..... 97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง - 10 specific swelling volume ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill..... 97

ง - 11 ปริมาณ protein ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill..... 98

ง - 12 ปริมาณ crude fiber ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill 98

ง - 13 ปริมาณ ash ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill 99

ง - 14 ปริมาณ moisture ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill..... 99

ง - 15 ปริมาณ carbohydrate ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 5 รอบ และ attrition mill 100

ง - 16 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 101

ง - 17 อิทธิพลของพีเอชต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 102

ง - 18 อิทธิพลของความเข้มข้นของเกลือต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเมือก 103

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1 - 1	ขั้นตอนการเตรียมผงเปลือกเมล็ดแมงลักบด	3
1 - 2	ลักษณะต้นแมงลัก.....	5
1 - 3	ภาพตัดขวางเปลือกหุ้มเมล็ดและเนื้อเยื่อ aleurone ของ *Brassica*	8
1 - 4	ลักษณะเมล็ดเทียนเกล็ดหอยขณะแห้งและขณะพองตัว	8
1 - 5	ลักษณะ scanning electron micrographs ของเมล็ด *Blepharis ciliaris* ขณะแห้งและขณะพองตัว	9
1 - 6	ผลของความเร็วที่ disc หมุนต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาค	15
1 - 7	โครงสร้างเครื่อง jet mill	16
1 - 8	โครงสร้างเครื่อง air jet sieve.....	18
2 - 1	ลำดับขั้นตอนวิธีการทดลอง..... .	21
2 - 2	เครื่อง jet mill	23
2 - 3	เครื่อง attrition mill	23
2 - 4	เครื่อง air jet sieve	24
2 - 5	เครื่อง hydraulic press	24
2 - 6	เครื่อง soxhlet	25
2 - 7	ขั้นตอนการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วย jet mill จำนวน 5 รอบ.....	31
2 - 8	ขั้นตอนการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วย jet mill จำนวน 1 รอบ.....	32
2 - 9	ขั้นตอนการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วย attrition mill	32
3 - 1	น้ำมันเมล็ดแมงลักสกัดด้วย hexane.....	34
3 - 2	ลักษณะเมล็ดแมงลักและการพองตัวของเมล็ดแมงลักที่ ยังไม่สกัดน้ำมัน.....	35
3 - 3	ลักษณะเมล็ดแมงลักและการพองตัวของเมล็ดแมงลักที่สกัดน้ำมันออกแล้ว	35
3 - 4	การกระจายขนาดอนุภาคที่ได้จากการสกัดด้วย jet mill จำนวน 5 รอบ	40
3 - 5	การกระจายขนาดอนุภาคที่ได้จากการสกัดด้วย attrition mill	43
3 - 6	ลักษณะอนุภาคที่สกัดได้จาก jet mill	44
3 - 7	ลักษณะอนุภาคที่สกัดได้จาก attrition mill	45
3 - 8	bulk density ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill	47
3 - 9	tapped density ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3 - 10 true density ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 49

3 - 11 ความสามารถในการถูกอัดได้ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 51

3 - 12 ความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 52

3 - 13 ลักษณะอนุภาคที่สกัดได้จาก jet mill ขณะอุ้มน้ำ 53

3 - 14 ลักษณะอนุภาคที่สกัดได้จาก attrition mill ขณะอุ้มน้ำ 54

3 - 15 ปริมาตรการพองตัวจำเพาะ ของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 55

3 - 16 ลักษณะการพองตัวของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill 56

3 - 17 ลักษณะการพองตัวอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก attrition mill..... 56

3 - 18 ปริมาณโปรตีนของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 58

3 - 19 ปริมาณเส้นใยหยาบของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill 59

3 - 20 ปริมาณเถ้าของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill 61

3 - 21 ปริมาณความชื้นของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet mill จำนวน 5 รอบ และ attrition mill..... 62

3 - 22 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่สกัดได้จาก jet millจำนวน 5 รอบ และ attrition mill 63

3 - 23 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ ที่สกัดได้จาก jet mill 67

3 - 24 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก jet mill 67

3 - 25 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ และ 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก attrition mill 68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3 - 26 อิทธิพลของพีเอซต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ ที่สกัดได้จาก jet mill 70

3 - 27 อิทธิพลของพีเอซต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก jet mill 70

3 - 28 อิทธิพลของพีเอซต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ และ 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก attrition mill 71

3 - 29 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ ที่สกัดได้จาก jet mill 73

3 - 30 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก jet mill 73

3 - 31 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ และ 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก attrition mill ... 74

3 - 32 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ ที่สกัดได้จาก jet mill 74

3 - 33 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก jet mill..... 75

3 - 34 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของอนุภาคขนาด 500 - 200μ และ 200 - 100μ ที่สกัดได้จาก attrition mill.... 75

ข - 1 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่าของอนุภาคขนาด 500 - 200 μ ที่สกัดจาก jet mill ขณะอุ้มน้ำ..... 89

ข - 2 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่าของอนุภาคขนาด 200 - 100 μ ที่สกัดจาก jet mill ขณะอุ้มน้ำ..... 89

ข - 3 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่าของอนุภาคขนาด 500 - 200 μ ที่สกัดจาก attrition mill ขณะอุ้มน้ำ..... 90

ข - 4 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่าของอนุภาคขนาด 200 - 100 μ ที่สกัดจาก attrition mill ขณะอุ้มน้ำ 90

ค - 1 โครมาโตแกรมแสดงชนิดของกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ดแมงลัก 91

คำย่อและนิยาม

1. % d.b. = ปริมาณเป็นเปอร์เซนต์ต่อน้ำหนักแห้ง
2. P = particle size คือ ขนาดอนุภาค
3. WHC = water holding capacity คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำ
4. SD = standard deviation คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน