

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ดและเมล็ดในสัปดาห์ที่การอบต่างๆและการนึ่งและ  
คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสัปดาห์ที่ได้

Study on physical properties of *Jatropha curcas* Linn. fruit, seed and kernel at diferent drying and  
steaming conditions and chemical properties of it's oil



นาย เฉลิมรัฐ พลคงนอก  
นาย โชติ หงษ์มา  
นาย วิโรจน์ มหัทธัญญาวิเศษ

2548  
2549

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....**62707**  
วัน,เดือน,ปี.....**21 ส.ค. 2549**

.b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ดและเมล็ดในสับดูดำที่การอบต่างๆและการนึ่งและ  
คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสับดูดำที่ได้

Study on physical properties of *Jatropha curcas* Linn. fruit, seed and kernel at different drying and  
steaming conditions and chemical properties of it's oil



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลและเมล็ดสบู่ดำที่การอบและการนึ่งต่างๆและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำที่ได้

Study on physical properties of *Jatropha curcas* Linn. fruit, seed and kernel at diferent drying and steaming conditions and chemical properties of it's oil

ผู้จัดทำ

1. นาย เฉลิมรัฐ พลดงนอก
2. นาย โชติ หงษ์มา
3. นาย วิโรจน์ มหัทธัญญาวณิชย์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( รศ.ดร ปานมนัส สิริสมบุรณ์ )



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( รศ.ดร ประกอบ กิจไชยา )



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

07/03/45

( อ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผล เมล็ดและเมล็ดในสับดูดำที่การอบและการนึ่งต่างๆ และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสับดูดำที่ได้

นาย เฉลิมรัฐ พลดงนอก

นาย โชติ หงษ์มา

นาย วิโรจน์ มหัทธัญญาวณิชย์

รศ.ดร ปานมนัส ศิริสมบุญณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร ประกอบ กิจไชยา อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ชีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของสับดูดำทั้งผล เมล็ดและเมล็ดใน หลังการเก็บเกี่ยวและของเฉพาะเมล็ดในทีหลังการอบที่อุณหภูมิ 40, 60, 80°C จนความชื้นเหลือประมาณ 5 % และการนึ่งและคุณสมบัติของน้ำมันสับดูดำที่ได้

คุณสมบัติทางกายภาพที่ศึกษาได้แก่ ขนาด, รูปร่าง, ความหนาแน่นเนื้อ, ความหนาแน่นรวม, ความชื้น, สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, มวล 1000 เมล็ด, มุมกองพื้น, แรงกดแตก, ความแข็ง, และพลังงานที่ใช้เพื่อการกดแตก, พื้นที่ผิว, พื้นที่ผิวจำเพาะ

คุณสมบัติทางเคมีที่ศึกษาได้แก่ Acid value, ความหนืดและปริมาณเถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on physical of *Jatropha curcas* Linn fruit, seeds and kernels at difference drying and steaming conditions and chemical property of it's oil

Chalermrat Pondongnok

Chot Hongmar

Wiroj Mahuttanyavanitch

Assoc. Prof Dr. Panmanas Sirisomboon      Advisor

Assoc. Prof Dr.. Prakob Kitchaiya      Advisor

Aj. Teerapong Pholpho      Advisor

2005

#### Abstract

This study was to determine the physical properties of fruit, seed and kernel of *Jatropha curcas* Linn. at different drying temperature ( 40, 60 and 80° c ) and steaming conditions, and to determine the quality of it's oil. The physical properties studied included size, shape, solid density, bulk density, moisture content, coefficient of friction, mass of 1000 seeds, angle of repose, rupture force, hardness, energy absorption, surface area, Specific surface area, and chemical properties of oil included acid value, viscosity and ash content were reported.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน  
รศ. ดร ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, รศ. ดร ประกอบ กิจไชยา,อ. ชีรพงศ์ ผลโพธิ์ ที่ช่วยให้  
คำปรึกษาในการทำโครงการการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผล เมล็ดและเมล็ดในสบู่ดำที่  
อุณหภูมิต่างๆและการนึ่งและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำที่ได้

คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง แฟนที่ดีและญาติๆที่เป็นกำลังใจให้ด้วยดีมาตลอด  
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่ให้ความกรุณาให้ใช้เครื่อง Texture Analyser  
คุณแป้ง ที่ให้ความสะดวกและคอยดูแลในการใช้เครื่อง Texture Analyser  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ให้ความกรุณาในการใช้ห้องปฏิบัติ, เครื่องมือและสารเคมีต่างๆ  
เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการภาค พื้ตึก พื้แปล ที่ให้ความสะดวกทางด้านการขออนุญาตและใน  
การทำเอกสารต่างๆการขออนุญาตในการใช้ห้อง และเชื่อมอุปกรณ์

พี่วิสันต์ พี่เอ น้องเอ็ง น้องพริ้ง ที่ให้คำปรึกษาทางด้านเคมี  
เพื่อน นิว มร ก้อยคจี แป๊ะ หมา และเพื่อนทุกคนที่ไม่สามารถจะกล่าวได้ทั้งหมดในการ  
มอบสิ่งที่ดีๆ และเป็นกำลังใจให้ด้วยดีมาตลอด

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ในการให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ  
จนทำให้โครงการนี้สำเร็จได้โดยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญภาคผนวก	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ	3
2.1.1 พันธุ์สบู่ดำที่ใช้ปลูกอยู่ในประเทศไทย	3
2.1.2 การขยายพันธุ์	3
2.1.3 พื้นที่ปลูก	3
2.1.4 การปลูก	3
2.1.5 การดูแลรักษา	3
2.1.6 โรคแมลงและศัตรู	3
2.1.7 ผลผลิต	4
2.1.8 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ	4
2.2 ข้อมูลด้านการสกัดน้ำมัน	4
2.3 สัณยภาพของน้ำมันสบู่ดำ	5
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลองเพื่อหาสมบัติทางกายภาพ	7
2.4.1 ความชื้น	7
2.4.2 มวล 1000 หน่วย	9
2.4.3 ขนาดและรูปร่าง	9
2.4.4 ความเสียดทานสถิตย์ ( $\mu$ )	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

2.4.5 มุมกองพื้น ( $\psi$ )	11
2.4.6 ความหนาแน่นรวม ( $\rho_b$ )	12
2.4.7 ความหนาแน่นเนื้อ ( $\rho_k$ )	13
2.4.8 ความพรุน ( $\eta$ )	14
2.4.9 ความแข็ง	14
2.4.10 การหาแรงแตก	14
2.4.11 พลังงานที่ใช้ในการกดแตก	14
2.4.12 พื้นที่ผิว	14
2.4.13 พื้นที่ผิวจำเพาะ	14
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลองเพื่อหาสมบัติทางเคมี	14
2.5.1 Acid value	15
2.5.2 การหา viscosity	16
2.5.3 ปริมาณเถ้า (Ash)	16
2.5.4 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ	17
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง	
3.1 แผนการทดลอง	18
3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ	19
3.2.1 การหาความชื้น	19
3.2.2 รูปร่าง ขนาด เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเปลือกเมล็ดและเมล็ดในและมวก 1000 หน่วย ของผล, เมล็ดและเมล็ดในสบู่ดำ	20
3.2.3 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์	24
3.2.4 มุมกองพื้น	26
3.2.5 ความหนาแน่นเนื้อ ( $\rho_k$ )	30
3.2.6 ความหนาแน่นรวม ( $\rho_b$ )	32
3.2.7 ความพรุน ( $\eta$ )	33
3.2.8 แรงกดแตก, ความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการกดแตก	33
3.2.9 พื้นที่ผิว	34
3.2.10 พื้นที่ผิวจำเพาะ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

3.3 การอบและการนึ่งเมล็ดในสบู่ดำ	35
3.3.1 การทดลองอบเมล็ดในสบู่ดำที่อุณหภูมิ 40, 60°C	35
3.3.2 การทดลองอบเมล็ดในสบู่ดำที่อุณหภูมิ 40, 60°C เพื่อสกัดน้ำมัน	36
3.3.3 การทดลองโดยการนึ่งเมล็ดในสบู่ดำ	36
3.4 การสกัดน้ำมันสบู่ดำ	36
3.4.1 การสกัด โดยใช้เครื่อง Soxhlet เพื่อหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ	36
3.4.2 การสกัดน้ำมันสบู่ดำที่ทำการทดลอง	41
3.5 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี	43
3.5.1 Acid value	43
3.5.2 การหา viscosity	44
3.5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash)	44
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ค่าความชื้นของส่วนประกอบต่างๆของผลสบู่ดำ	45
4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ดและเมล็ดในสบู่ดำ	45
4.3 เวลาที่ใช้ในการอบและนึ่ง	50
4.4 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดในสบู่ดำที่การอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง	51
4.5 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและคุณภาพ	52
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปการศึกษา	53
5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	53
ภาคผนวก	54
บรรณานุกรม	150

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 จุดแข็งของและจุดอ่อนของน้ำมันจากสบู่ดำเทียบกับปาล์มน้ำมัน	5
2.2 ศักยภาพเชิงเชื้อเพลิงของน้ำมันสบู่ดำเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	6
2.3 การเปรียบเทียบการใช้ น้ำมันสบู่ดำกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วในเครื่องยนต์ คูโบตางานขนาด 7 แรงม้า และเครื่องยนต์ยี่ห้ออื่นขนาด 18 แรงม้า	6
2.4 kinematic – viscosity Conversion Formulas	16
3.1 free fatty acid range, alcohol volume and Strength of alkali	43
4.1 ค่าความชื้น	45
4.2 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ดและเมล็ดในสบู่ดำ	45
4.3 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดในสบู่ดำที่การอบที่ 40,60°C และการนึ่ง	50
4.4 ค่าความชื้นที่เหลืออยู่ในเมล็ดหลังการอบและการนึ่ง	51
4.5 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดในสบู่ดำที่ผ่านการอบที่40,60°C และการนึ่ง	51
4.6 ค่าปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ, ค่าปริมาณกรด oleic, lauric, palmitic% สำหรับ ใช้ในการคำนวณค่าปริมาณกรด (Acid value), ค่าความหนืด (Viscosity), ค่าปริมาณ เถ้า (Ash% by wt) หลังการอบที่40,60, 80°C และการนึ่ง	52

## สารบัญรูปภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์	10
2.2 การวัดมุมกองพื้นแบบบรรจุ	11
2.3 มุมกองพื้นแบบถ่ายเท	12
3.1 แผนการทดลอง	18
3.2 ผลสบู่ดำ	20
3.3 เมล็ดสบู่ดำ	20
3.4 รูปเมล็ดในสบู่ดำ	20
3.5 ความยาวสูงสุดของผลสบู่ดำ (a)	21
3.6 ความกว้างสูงที่ค้ำฉากกับ a (b) ของผลสบู่ดำ	21
3.7 ความหนาสูงสุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c) ของผลสบู่ดำ	22
3.8 ความยาวสูงสุดของเมล็ดสบู่ดำ (a)	22
3.9 ความกว้างสูงที่ค้ำฉากกับ a (b) ของเมล็ดสบู่ดำ	23
3.10 ความหนาสูงสุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c) ของเมล็ดสบู่ดำ	23
3.11 อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	24
3.12 บล็อกสี่เหลี่ยมเมื่อเอาพลาสติกออก	25
3.13 อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ที่เอียงขึ้น	25
3.14 อุปกรณ์หามุมกองพื้นแบบบรรจุ	26
3.15 อุปกรณ์หามุมกองพื้นแบบถ่ายเท	27
3.16 คำว่าทรงกระบอกลงบนอุปกรณ์วัดมุมกองแบบบรรจุ	27
3.17 ค้างทรงกระบอกขึ้น	28
3.18 เมล็ดในสบู่ดำที่กองอยู่บนอุปกรณ์วัดมุมกองแบบบรรจุ	28
3.19 ผลสบู่ดำที่บรรจุในอุปกรณ์แบบถ่ายเทจนเต็มพอดี	29
3.20 ขณะค้ำฝากันด้านหนึ่งออก	29
3.21 ผลสบู่ดำที่ยังคงค้ำอยู่ในอุปกรณ์วัดมุมกองแบบถ่ายเท	30
3.22 กำหนดระดับที่ตีบวัสดุ	31
3.23 ขณะชั่งน้ำหนักผลสบู่ดำในโทลูอิน	31
3.24 ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บรรจุในภาชนะที่รู้ปริมาตร	32
3.25 เมล็ดในสบู่ดำที่บรรจุจนเต็มภาชนะที่รู้ปริมาตรพอดี	33
3.26 เครื่อง Texture Analyser	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

3.27 อุปกรณ์เครื่อง Soxhlet	34
3.28 กระดาษ Thimble, กระดาษกรอง, Grease	37
3.29 การพับกระดาษกรอง	38
3.30 การบรรจุตัวอย่าง	38
3.31 การพับกระดาษกรองชั้นที่ 2	38
3.32 บรรจุกระดาษกรองที่มีตัวอย่างลงใน Thimble	39
3.33 เครื่อง Soxhlet ที่ติดตั้งแล้ว	39
3.34 Normal Hexzen 250 ml	40
3.35 ระเหย Normal Hexzen ออก	40
3.36 เมล็ดในสบูดำที่บรรจุในภาชนะที่มีฟรอยด์รองอยู่หลังออกจากตู้อบ	41
3.37 เมล็ดในสบูดำที่แช่ Normal Hexzen	41
3.38 แยก Normal Hexzen ออกจากสบูดำ	42
3.39 เท Normal Hexzen ที่ได้จากการแช่สบูดำลงในขวดสีชา	42
3.40 ตัวอย่างน้ำมันที่ยังไม่ตกตะกอนกับที่ทดลองแล้ว	44
4.1 กราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปของผลสบูดำ	48
4.2 กราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงของเมล็ดสบูดำ	49
4.3 กราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงของเมล็ดในสบูดำ	49
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นของเมล็ดในสบูดำ	50

## สารบัญภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
ก-1-1 ค่าความชื้น	55
ก่อนอบ	55
หลังการอบครั้งที่ 1	56
หลังการอบครั้งที่ 2	56
ก-1-2 ค่าสัดส่วนต่างๆของผลสดบดและค่าความชื้น	57
ก-2-1 ค่ามวล 1000 หน่วย (g)	57
ก-3 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (ผล)	58
ก-4 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ด)	62
ก-5 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน)	66
ก-6-1 ค่ามุม $\theta$	70
ก-6-2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์	70
ก-7-1 ค่าความสูงของก่องวัสดุ (mm) อุปกรณ์แบบบรรจุ	71
ก-7-2 ค่ามุมก่องพื้นอุปกรณ์แบบบรรจุ	71
ก-8-1 ค่าความสูงและความกว้างของก่องวัสดุ (mm) อุปกรณ์แบบถ่ายเท	72
ก-8-2 ค่ามุมก่องพื้นอุปกรณ์แบบถ่ายเท	72
ก-9-1 ค่าปริมาตรของผล เมล็ด และเมล็ดในต่อน้ำ (cm <sup>3</sup> )	73
ก-9-2 ค่าความหนาแน่นเนื้อ (g/cm <sup>3</sup> )	74
ก-10-1 ค่ามวลวัสดุรวม	75
ก-10-2 ค่าความหนาแน่นรวม (g/cm <sup>3</sup> )	75
ก-11-1 น้ำหนักวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 1 ชั่วโมง	76
ก-12-1 ค่ามวล 100 หน่วยของเมล็ดในหลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง (g)	77
ก-12-2 ค่ามวล 1000 หน่วยหลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง (g)	77
ก-13 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40°C	78
ก-14 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 60°C	82
ก-15 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการนึ่ง	86
ก-16-1 ค่าความสูง (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบบรรจุ	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ก-16-2 ค่ามุมกองพื้น (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบบรรจุ	90
ก-17-1 ค่าความสูงและความกว้างของวัสดุ(เมล็ดใน)หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบถ่ายเท	91
ก-17-2 ค่ามุมกองพื้นของวัสดุ (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบถ่ายเท	91
ก-18-1 ค่ามุม $\theta$ ที่อ่านได้จากอุปกรณ์สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง	92
ก-18-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ ของวัสดุหลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง	92
ก-19-1 ค่าปริมาตรของวัสดุ (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40°C	93
ก-19-2 ค่าปริมาตรของวัสดุ (เมล็ดใน) หลังการอบ 60°C	94
ก-19-3 ค่าปริมาตรวัสดุ (เมล็ดใน) หลังการนึ่ง	95
ก-19-4 ค่าความหนาแน่นเนื้อของวัสดุหลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง	96
ก-20-1 ค่าน้ำหนักของวัสดุ (เมล็ดใน) ที่บรรจุจนเต็มภาชนะพอดีที่การอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง(g)	97
ก-20-2 ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุ (เมล็ดใน) ที่การอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง(g)	97
ก-21-1 ค่าแรงแตก, ความแข็งและพลังงานที่ใช้ทำให้แตกของผล	98
ก-21-2 ค่าแรงแตก, ความแข็งและพลังงานที่ใช้ทำให้แตกของเมล็ด	99
ก-21-3 ค่าแรงแตก, ความแข็งและพลังงานที่ใช้ทำให้แตกของเมล็ดใน	100
ก-22-1 ค่าน้ำหนักตัวอย่างและน้ำมันที่ใช้หาปริมาณน้ำมัน (g)	101
ก-23-1 ค่าปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไป	101
ก-24 ค่าพื้นที่ผิวของผลสับดูดำ	102
ก-25 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดสับดูดำ	106
ก-26 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับดูดำ	110
ก-27 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับดูดำหลังการอบที่ 40°C	114
ก-28 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับดูดำหลังการอบที่ 60°C	118
ก-29 ค่าพื้นที่ผิวเมล็ดในสับดูดำหลังการนึ่ง	122

## สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ก-30 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลสบูดำ	126
ก-31 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดสบูดำ	130
ก-32 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบูดำ	134
ก-33 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบูดำหลังการอบที่ 40°C	138
ก-34 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบูดำหลังการอบที่ 60°C	142
ก-35 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบูดำหลังการนึ่ง	146



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาของโครงการ

เนื่องจากที่ผ่านมาประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศอย่างรวดเร็ว แต่ก็ต้องประสบปัญหาการขาดดุลการค้าแก่ประเทศคู่ค้า ซึ่งปัจจัยอย่างหนึ่งก็คือปัญหาจากราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ซึ่งก็รวมถึงความต้องการใช้พลังงานก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเนื่องจากพลังงานจากน้ำมันเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจและการพัฒนาด้านอื่นๆของประเทศ พลังงานจากน้ำมันถูกนำมาใช้อย่างฟุ่มเฟือยและมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหาต่อไปในระยะยาวจึงมีการศึกษาถึงทางเลือกของพลังงานทดแทนต่างๆ

สบู่ดำ (*Jatropha curcas* L) เป็นทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากการผลิตน้ำมันจากสบู่ดำสามารถสกัดใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่เกษตรกร ใช้อยู่ได้ทันที[1] อีกทั้งต้นสบู่ดำยังทนต่อความแห้งแล้งและสามารถนำกากที่เหลือจากการสกัดมาทำปุ๋ยได้อีก และยังมีประโยชน์อื่นอีกมากมาย จากข้อมูลทำให้เชื่อว่า สบู่ดำเหมาะแก่การทำไบโอดีเซลเพราะเมล็ดมีน้ำมันมากถึง35%[2] แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันสบู่ดำ และเครื่องสกัดยังไม่แน่นอนว่าวิธีการสกัดใดจะดีที่สุด ดังนั้นจึงควรศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลและเมล็ดสบู่ดำและศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำที่สภาวะต่างๆเพื่อประโยชน์ในการออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เข้ามามีส่วนในการผลิต การลำเลียงและการจัดการเมล็ดสบู่ดำก่อนการสกัดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันที่มากที่สุดและมีคุณภาพดีที่สุด

### 1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผล เมล็ด และเมล็ดในสบู่ดำ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิในการอบและการนึ่งเมล็ดสบู่ดำและสมบัติทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำที่ได้เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันที่มากที่สุดและมีคุณภาพดีที่สุด

### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ใช้ผลสบู่ดำพันธุ์ก้านเหลืองที่ปลูกในจังหวัดกำแพงเพชรที่มีอายุเก็บเกี่ยว โดยมีผลดีเหลืองเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพที่วัดคือ ขนาด (Size), รูปร่าง (Shape), ความหนาแน่นเนื้อ (Solid density), ความหนาแน่นรวม (Bulk density), ความชื้น (Moisture content), สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of friction), มวล 1000 เมล็ด (Mass of 1000 seeds), มุมกองพื้น (Angle of repose), แรงกดแตกหัก (Rupture force), ความแข็ง (Hardness), และพลังงานที่ใช้เพื่อการรูดแตกหัก (Energy absorption), พื้นที่ผิว (surface area), พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface area)

1.3.3 คุณสมบัติทางเคมีที่วัดคือ Acid value, ความหนืด (Viscosity) และปริมาณเถ้า (Ash)

1.3.4 ทำการทดลองอบที่อุณหภูมิ 40, 60, 80 °C และการนึ่ง

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เข้ามามีส่วนในการผลิต ลำเลียงและจัดการเมล็ดสับดูดำก่อนการสกัดเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันที่มากที่สุดและมีคุณภาพดีที่สุด อีกทั้งยังส่งเสริมการใช้น้ำมันจากสับดูดำเพื่อจะได้ลดปริมาณการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียม ตลอดจนชี้ให้เห็นถึงปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันสับดูดำเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันดีเซล

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสบู่ดำ[2]

สบู่ดำ (Jatropha) เป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดในอเมริกากลางคาดว่าเข้ามาในประเทศไทย ในสมัย ปลายกรุงศรีอยุธยา โดยชาวโปรตุเกส สบู่ดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha Curcas* Linn เป็นไม้ ผลยืนต้นความสูง 2-7 เมตร เจริญเติบโตง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้สามารถปลูกได้ในทุกภาคของ ประเทศไทย ลำต้น ผล และเมล็ดของสบู่ดำมีกรดไซยาไนด์ (Hydrocyanic) ซึ่งมีความเป็นพิษ เช่นเดียวกับหัวมันสำปะหลัง แต่เมื่อถูกความร้อนก็จะสลายตัวไปนอกจากนี้ น้ำมันสบู่ดำมีสาร Curcin ซึ่งหากรับประทานเข้าไปจะเกิดการท้องเดิน

เมล็ดสบู่ดำสามารถนำมาสกัดเพื่อเอาน้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลใช้กับ เครื่องยนต์ดีเซลของเกษตรกรได้

2.1.1 พันธุ์สบู่ดำที่ใช้ปลูกอยู่ในประเทศไทย ขณะนี้เป็นพันธุ์ที่มีอยู่เดิมส่วนชื่อพันธุ์ต่างๆ เรียกตามถิ่นที่ปลูก เช่น มุกดาหาร, สดุด ฯลฯ

2.1.2 การขยายพันธุ์ ขณะนี้ทำได้ 3 วิธี คือ

(1) ใช้เมล็ด โดยการนำเมล็ดที่แก่จากต้นไปเพาะทันที (โดยไม่มีระยะพักตัว) เมล็ด 1 กิโลกรัม (น้ำหนัก) จะเพาะพันธุ์ได้ประมาณ 1300 ต้น

(2) ใช้ท่อนพันธุ์ โดยใช้ท่อนพันธุ์ที่สมบูรณ์ยาวท่อนละ 25-30 เซนติเมตร ปลูกใน วัสดุเพาะ

(3) ใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ กรมส่งเสริมการเกษตร ได้ทำการศึกษาทดสอบความ เป็นไปได้ในการขยายพันธุ์สบู่ดำโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเชิงอุตสาหกรรม ตั้งแต่ปี 2545 ผล การทดสอบเป็นบวก กล่าวคือ สามารถตอบสนองกับการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงได้

2.1.3 พื้นที่ปลูก ควรเป็นพื้นที่ซึ่งมีการระบายน้ำดี

2.1.4 การปลูก เตรียมดินปลูกเหมือนไม้ผลทั่วไป

(1) ระยะปลูกที่เหมาะสมประมาณ 3\*3 เมตร

(2) ฤดูปลูกที่เหมาะสมคือ เดือนพฤษภาคม

2.1.5 การดูแลรักษา ดูแลรักษาปกติเหมือนไม้ผลทั่วไป เช่น การให้ปุ๋ย การให้น้ำและการ กำจัดวัชพืช ตัดแต่งกิ่งเพื่อให้แสงแดดส่องถึงกลางต้น

2.1.6 โรคแมลงและศัตรู แมลงศัตรูที่พบได้แก่ เพลี้ยหอย เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง โรขาว โรคแคงและเชื้อรา ในช่วงอากาศร้อนและแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 ผลผลิต ปกติสบู่ดำจะให้ผลผลิตทั้งปี หากมีการตัดแต่งกิ่งและให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ มีการจัดการและดูแลรักษาอย่างถูกต้อง สามารถให้ผลผลิตในปีแรกไม่น้อยกว่า 500 กิโลกรัม/ไร่ แต่หากไม่มีการให้น้ำ ผลผลิตหลักๆปีละ 2 ครั้ง คือเดือนมิถุนายน-กรกฎาคมและระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม ประมาณ 250 กิโลกรัม/ไร่

2.1.8 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ สบู่ดำสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยขณะนี้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 35 ของน้ำหนักเมล็ด

## 2.2 ข้อมูลด้านการสกัดน้ำมัน[2]

การสกัดเอาน้ำมันออกจากเมล็ดสบู่ดำอาจทำได้หลายวิธีตามศักยภาพของผู้ใช้จุดประสงค์คือ เอาน้ำมันที่มีอยู่ในเมล็ดปริมาณร้อยละ 35 ของน้ำหนักเมล็ด ออกมาใช้ประโยชน์ขณะนี้ด้วย ศักยภาพของเครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำที่มีอยู่สามารถสกัดน้ำมันออกมาจากเมล็ดได้ปริมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักเมล็ด นั่นหมายถึงเมล็ดสบู่ดำจำนวน 4 กิโลกรัม สามารถสกัดเป็นน้ำมันสบู่ดำได้จำนวน 1 กิโลกรัม (ประมาณ 1 ลิตร) เหลือเป็นกากเมล็ดจำนวน 3 กิโลกรัม ด้วยขั้นตอนการสกัดแบบต่างๆดังนี้

- (1) นำผลสบู่ดำที่แก่ (ผลสีเหลืองจนถึงสีดำ) มากระเทาะเปลือกออก
- (2) นำเมล็ดไปล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง
- (3) บดเมล็ดให้แตกหยาบๆแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยการตาก หรือ ใช้ตู้อบแสงอาทิตย์
- (4) เข้าเครื่องสกัดแบบเกลียวเร่งและแม่แรง
- (5) นำน้ำมันสบู่ดำที่ได้จากการสกัดทิ้งให้ตกตะกอน 1-2 วัน และผ่านการกรองที่ดีและนำไปใช้

## 2.3 ศักยภาพของน้ำมันสบู่ดำ

ตารางที่ 2.1 จุดแข็งและจุดอ่อนของน้ำมันจากสบู่ดำเทียบกับปาล์มน้ำมัน(3)

คุณสมบัติ	สบู่ดำ	ปาล์ม
ผลผลิต	น้อยกว่า	สูงกว่า
ระยะเวลาให้ผลผลิต	1ปี	4ปี
ปริมาณน้ำมัน	19%	35%
	ปริมาณผลผลิตในปีหลังๆยังไม่ชัดเจน	มีข้อมูลปริมาณที่ชัดเจน
สภาพภูมิอากาศ	สามารถทนสภาพร้อนและแห้งแล้งได้	ต้องเป็นพื้นที่ความชื้นสูงเพียงพอ
ต้องการน้ำ	50ลิตร/ต้น/วัน	200ลิตร/ต้น/วัน
อัตราแลกเปลี่ยนน้ำมัน	สูงกว่า (4 กก. ต่อ 1 กก.)	ต่ำกว่า (5 กก. ต่อ 1 กก.)
ประโยชน์/โอกาสอื่นๆ	มีสรรพคุณทางยาสร้างมูลค่าเพิ่มได้สูง	
	ไม่ใช้บริโภค,พัฒนาพันธุ์ได้หลากหลาย	ใช้บริโภคมีข้อจำกัดในการพัฒนาพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพเชิงเชื้อเพลิงของน้ำมันสบู่อัดเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว[3]

คุณสมบัติ	ดีเซลหมุนเร็ว	มาตรฐานไบโอดีเซล			ไบโอดีเซล สบู่อัด	น้ำมันสบู่อัด
		ปลท.	USA	EN		
จุดวาบไฟ, °C	≥52	≥130.0	≥130.0	>120	192	240
Cetane No.	≥47	≥47	≥47	>51	52	51
กำมะถัน,% โดย นน.	≤0.25	≤0.035	≤0.05	<10	0	0.13
ความหนืดที่40°C, est	1.8-4.1	1.9-6.0	1.9-6.0	3.5-5.0	4.84	5.073
กากถ่าน,% โดย นน.	≤0.05	≤0.05	≤0.05	<0.3	0.024	0.64
Total glycerin	-	≤0.24	≤0.24	<0.25	-	-
Distillation, °C	≤357	≤350	≤360	-	-	284-295
น้ำและตะกอน,% โดย ปริมาตร	≤0.05	≤0.05	≤0.05	<5.00	-	-
เถ้า,% โดย นน.	≤0.01	≤0.02	≤0.02	<0.02	-	-
สี	≤4.0	visual	-	-	≤4.0	4.0

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบการใช้น้ำมันสบู่อัดกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็วในเครื่องยนต์คูโบตขนาด 7 แรงม้า และเครื่องยนต์ยี่ห้ออื่นขนาด 18 แรงม้า[1]

	จำนวนรอบ เครื่องยนต์ต่อ นาที	น้ำมันสบู่อัด		น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	
		ควันท้า(%)	คาร์บอนมอน นอกไซด์(ppm)	ควันท้า (%)	คาร์บอนมอน นอกไซด์(ppm)
เครื่องคูโบตา ขนาด 7 แรงม้า	840	12.0	550	10.5	650
	2160	13.0	450	14.5	750
	2600	12.0	725	12.5	500
เครื่องยี่ห้ออื่น ขนาด 18 แรงม้า	1000	11.5	500	10.0	500
	1600	14.5	650	15.5	500
	2200	18.5	650	19.0	600
	1733	13.42	587	13.67	583

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลองเพื่อหาสมบัติทางกายภาพ

### 2.4.1 ความชื้น

หาความชื้นหาโดยโดยคิดแปลงจากการหาความชื้นของถั่วลิสง วิธีของ ASAE S410.1 DEC97, Moisture Measurement-Peanuts [4] ความชื้น คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุ หาได้โดยวิธีการอบวัสดุด้วยตู้อบที่อุณหภูมิคงที่ที่เวลาใดๆทำที่  $130 \pm 3$  °C เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นมาตรฐานการหาความชื้นของถั่วลิสง โดยความชื้นสามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้

ความชื้นทั้งผล(ถั่วลิสง)

เมื่อ A = สัดส่วนเปลือก โดย

$$A = \frac{100 \times Wb}{Wt} \quad (2.1)$$

เมื่อ

$Wb$  = มวลเปลือก (g)

$Wt$  = มวลทั้งผล (g)

เมื่อ B = สัดส่วนเมล็ด โดย

$$B = \frac{100 \times Wm}{Wt} \quad (2.2)$$

เมื่อ

$Wm$  = มวลเมล็ด (g)

$Wt$  = มวลทั้งผล (g)

เมื่อ C = ความชื้นของเปลือก โดย

$$C = \frac{100 \times Wl}{Wa} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$Wl$  = มวลเปลือกที่หายไป (g)

$Wa$  = มวลเปลือกเริ่มต้น (g)

เมื่อ D = ความชื้นของเมล็ด โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D = \frac{100 \times W_r}{W_q} \quad (2.4)$$

เมื่อ

$W_r$  = มวลเมล็ดที่หายไป (g)

$W_q$  = มวลเมล็ดเริ่มต้น (g)

ความชื้นทิ้งผล

$$E = \frac{D(B) + C(A)}{100} \quad (2.5)$$

การหาความชื้นของทั้งผลสุบุดำ โดย

$$G = \frac{E(C) + D(A) + F(B)}{100} \quad (2.6)$$

เมื่อ A = สัดส่วนเปลือก โดย

$$A = \frac{100 \times M_b}{M_t} \quad (2.7)$$

เมื่อ

$M_b$  = มวลเปลือก (g)

$M_t$  = มวลทิ้งผล (g)

เมื่อ B = สัดส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด โดย

$$B = \frac{100 \times M_m}{M_t} \quad (2.8)$$

เมื่อ

$M_m$  = มวลเปลือกหุ้มเมล็ด (g)

$M_t$  = มวลทิ้งผล (g)

เมื่อ C = สัดส่วนเมล็ด โดย

$$C = \frac{100 \times M_s}{M_t} \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$M_s$  = มวลเมล็ดใน (g)

$M_t$  = มวลทั้งหมด (g)

เมื่อ  $D$  = ความชื้นของเปลือก โดย

$$D = \frac{100 \times M_t}{M_a} \quad (2.10)$$

เมื่อ

$M_t$  = มวลเปลือกที่หายไป (g)

$M_a$  = มวลเปลือกเริ่มต้น (g)

เมื่อ  $E$  = ความชื้นของเมล็ดใน โดย

$$E = \frac{100 \times M_i}{M_h} \quad (2.11)$$

เมื่อ

$M_i$  = มวลเมล็ดในที่หายไป (g)

$M_h$  = มวลเมล็ดเริ่มต้น (g)

เมื่อ  $F$  = ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ด โดย

$$F = \frac{100 \times M_v}{M_g} \quad (2.12)$$

เมื่อ

$M_v$  = มวลเปลือกหุ้มเมล็ดที่หายไป (g)

$M_g$  = มวลเปลือกหุ้มเมล็ดเริ่มต้น (g)

#### 2.4.2 มวล 1000 หน่วย [5]

นำมวล 100 ผล เมล็ดและเมล็ดในจากการสุ่ม นำไปชั่งน้ำหนักๆที่ได้คูณกับ 10 จะได้ค่ามวล 1000 หน่วย

#### 2.4.3 ขนาดและรูปร่าง [6]

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) หากวัสดุมีรูปร่างเป็นทรงกลมกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางได้โดยหากมีรูปร่างคล้ายทรงกลมหรือไม่เป็นทรงกลม สามารถหาได้โดยใช้สูตร

$$GMD = (abc)^{1/3} \text{ mm} \quad (2.13)$$

$a$  = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดของวัสดุ (mm)

$b$  = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ  $a$  (mm)

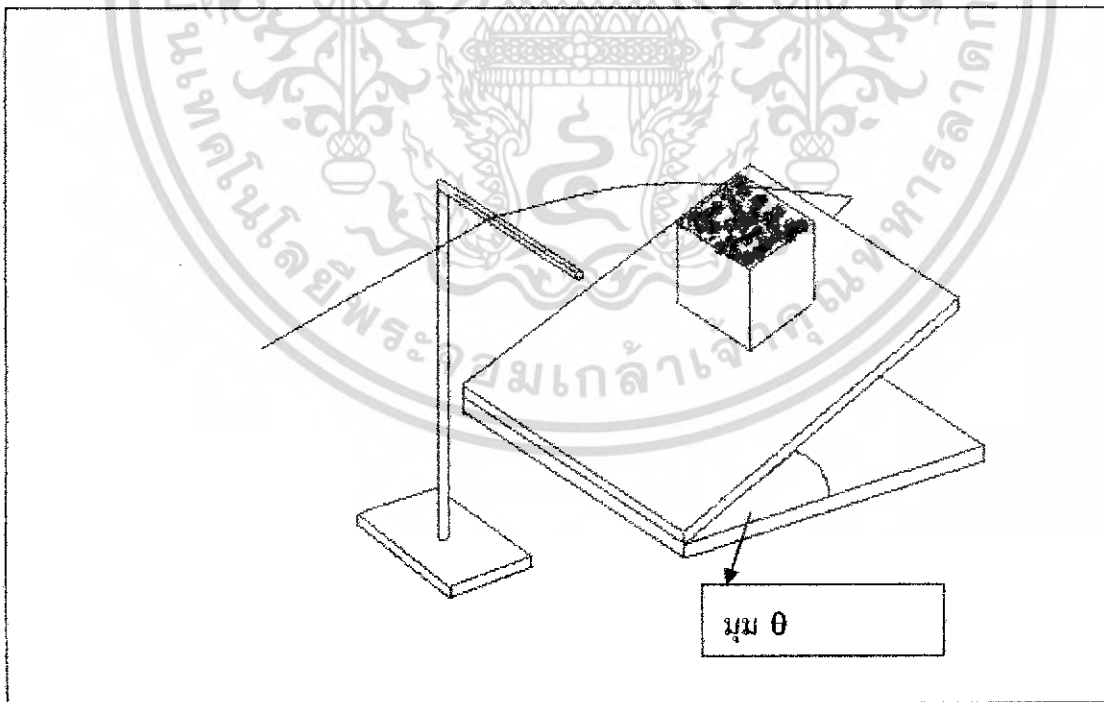
$c$  = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ  $a$  และ  $b$  (mm)

ความเป็นทรงกลม คือ การบ่งบอกความเป็นทรงกลมของวัสดุ คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความเป็นทรงกลม} = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (2.14)$$

#### 2.4.4 ความเสียดทานสถิตย์( $\mu$ ) [6]

ความเสียดทานของชีววัสดุมีส่วนสำคัญและเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลทางการแพทย์และอาหาร โดยความเสียดทานที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในลักษณะของแรงที่กระทำต่อวัสดุที่เคลื่อนที่ หรืออยู่ในลักษณะของแรงที่กระทำต่อภาชนะที่บรรจุวัสดุนั้นๆ ในไซโลหรือโรงเก็บเมล็ดพืช แรงที่กระทำดังกล่าวกับผนัง สามารถคำนวณหาได้จากค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ในอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ โดยใช้ลมหรือที่เรียกว่า นิวแมติก ความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างวัสดุกับผิวผนังของท่อที่ขนถ่ายมีผลต่อการดำเนินการเคลื่อนที่ของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่มีความหนาแน่นมาก ผู้ออกแบบระบบขนถ่ายจำเป็นต้องคำนึงถึงที่จะต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เพื่อใช้คำนวณออกแบบอุปกรณ์ขนถ่าย อุปกรณ์ขนถ่ายแบบสกรูลำเลียงก็เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีผลของการดำเนินการเคลื่อนที่ของวัสดุนั้นๆเช่นกัน นอกจากนี้ความเสียดทานยังมีผลกับอุปกรณ์อื่นๆอีก เช่น ในเครื่องตัด หั่น หรือกดผลิตผลการเกษตร โดยมีค่าความเสียดทานที่กระทำกับผนังใบมีดที่ตัดหรือที่ผนังของเครื่องกดจะค่อยๆเพิ่มขึ้น ผู้ออกแบบเครื่องมือจะต้องคำนึงถึงค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเพื่อให้การออกแบบเครื่องมือมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าความเสียดทานสถิต หาได้จากสูตร

$$\mu = \tan \theta \quad (2.15)$$

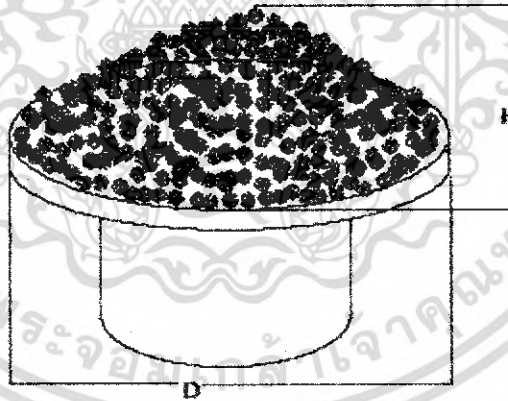
เมื่อ

$\theta$  = ค่ามุมที่อ่านได้จากอุปกรณ์หาค่าความเสียดทานสถิต

#### 2.4.5 มุมกองพื้น ( $\psi$ )

มุมกองพื้นของวัสดุ หมายถึง มุมที่กองวัสดุทำกับพื้นราบ

(1) แบบบรรจุ (Filling) เป็นแบบที่ทำโดยการนำเอาวัสดุที่จะทำการทดสอบบรรจุลงในภาชนะทรงกระบอกจนเต็มจากนั้นเอาวัสดุพื้นเรียบลักษณะเป็นแผ่นกลมมาวางบนปากของภาชนะทรงกระบอกและคว่ำภาชนะทรงกระบอกลงและค่อยๆ ดึงภาชนะทรงกระบอกขึ้นอย่างช้าๆ จนวัสดุถ่ายเทออกมาตกลงบนแผ่นวงกลม จากนั้นทำการวัดความสูงของกองวัสดุและนำมาคำนวณหาค่ามุมกองพื้น [5]



รูปที่ 2.2 การวัดมุมกองพื้นแบบบรรจุ

มุมกองพื้นหา โดย

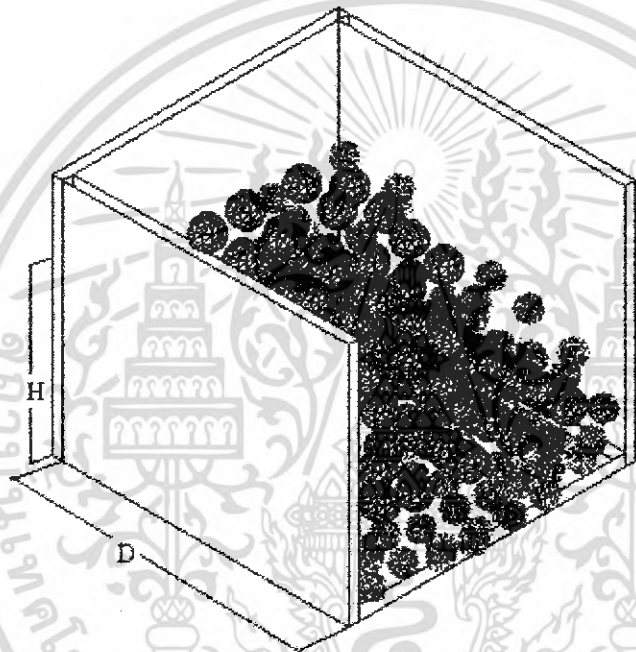
$$\psi = \tan^{-1} \left( \frac{2H}{D} \right) \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H = ความสูงของกองวัสดุ (mm)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นวงกลม (mm)

(2) แบบถ่ายเท (Emptying) เป็นแบบที่ทำโดยการนำวัสดุที่จะทำการทดสอบบรรจุลงในกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าจนเต็มจากนั้นทำการตั้งฝากกล่องด้านข้างออก วัสดุจะถ่ายเทออกจากกล่องบางส่วนและบางส่วนจะคงค้างอยู่ในกล่อง จากนั้นทำการวัดความสูงและความกว้างของกองวัสดุที่อยู่ในกล่องและนำมาคำนวณตามสูตร [7]



รูปที่ 2.3 มุมกองพื้นแบบถ่ายเท

$$\psi = \tan^{-1} \frac{H}{D}$$

(2.17)

H = ความสูงของกองวัสดุที่อยู่ในกล่อง (mm)

D = ความกว้างของกองวัสดุที่อยู่ในกล่อง (mm)

#### 2.4.6 ความหนาแน่นรวม ( $\rho_b$ ) [6]

ความหนาแน่นรวม หมายถึง ความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวล ซึ่งคำนวณจากมวลของวัสดุที่บรรจุเต็มภาชนะพอดีหารด้วยปริมาตรภาชนะ ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ความหนาแน่นเนื้อ รูปทรง ขนาด วิธีการบรรจุ ฯลฯ สามารถคำนวณได้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\rho_b = \frac{m}{V_{\text{container}}} \quad (2.18)$$

เมื่อ

$V_{\text{container}}$  = ปริมาตรของภาชนะ ( $\text{cm}^3$ )

$m$  = มวลของสำริด (g)

โดย  $V_{\text{container}}$  หาได้จาก

$$V_{\text{container}} = \frac{M_{\text{water}}}{\rho_{\text{water}}} \quad (2.19)$$

เมื่อ

$M_{\text{water}}$  = มวลของน้ำที่บรรจุเต็มภาชนะพอดี (g)

2.4.7 ความหนาแน่นเนื้อ ( $\rho_s$ ) [6]

ความหนาแน่นเนื้อ เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นถึงความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ ที่คำนวณได้จากสูตร

$$\rho_s = \frac{m}{v} \quad (2.20)$$

เมื่อ

$m$  = มวลเมล็ดสำริด (g)

$v$  = ปริมาตรเมล็ดสำริด ( $\text{cm}^3$ )

เมื่อ  $v$  ได้จากการชั่งน้ำหนักในของเหลว โดย

$$v = \frac{F}{\rho_{\text{toluen}}} \quad (2.21)$$

เมื่อ

$F$  = มวลที่ชั่งในของเหลวกรณีนี้ใช้โทลูอีน (g)

$\rho_{\text{toluen}}$  = ความหนาแน่นของของเหลวเท่ากับ  $0.86 \text{ g/cm}^3$

2.4.8 ความพรุน ( $\eta$ ) [5]

ความพรุนเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณช่องว่างที่มีอยู่ในของวัสดุปริมาณมวล

$$\eta = \left( 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \right) 100 \quad (2.22)$$

$\rho_b$  คือความหนาแน่นรวม ( $\text{g/cm}^3$ )

$\rho_s$  คือความหนาแน่นเนื้อ ( $\text{g/cm}^3$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.9 ความแข็ง (Hardness)

ความแข็งของวัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ (ผล เมล็ดและเมล็ดใน) เป็นค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างความแข็งมีหน่วยเป็น N/mm

#### 2.4.10 แรงกุดแตก (Rupture force)

แรงแตกเป็นแรงที่ทำให้วัสดุที่ทดสอบ (ผล เมล็ดและเมล็ดใน) เกิดการแตก ซึ่งก็คือค่าสูงสุดของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมีหน่วยเป็น N

#### 2.4.11 พลังงานที่ใช้ในการกุดแตก (Energy absorption)

เป็นค่าที่หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ (ผล เมล็ดและเมล็ดใน) วัดตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงค่าแรงสูงสุดแรก มีหน่วยเป็น N.mm

#### 2.4.12 พื้นที่ผิว (Surface area)

ผักผลไม้หลายชนิดมีรูปร่างใกล้เคียงกับรูปทรงเลขาคณิต ต่อไปนี้

1. รูปลูกกรอก คือ มีรูปร่างคล้ายรูปวงรีหมุนรอบแกนที่ยาวที่สุด เช่น มะนาว(ฝรั่ง)
2. รูปส้ม คือ มีรูปร่างคล้ายวงรี หมุนรอบแกนที่สั้นที่สุด เช่น ผลส้ม
3. รูปกรวย หรือทรงกระบอก เช่น หัวแครอท หรือแตงกวา

เมื่อตัดสันใจรูปร่างของผักผลไม้ได้แล้ว ก็จะสามารหาค่าพื้นที่ผิวได้

#### 2.4.13 พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface area)

พื้นที่ผิวจำเพาะหมายถึง พื้นที่ผิวของว่างของวัสดุที่มีรูพรุน รวมถึงวัสดุปริมาณมวลที่สัมผัสกับของไหลที่ไหลผ่านต่อหน่วยปริมาตรหรือต่อหน่วยน้ำหนักของเนื้อวัสดุ ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ) พื้นที่ผิวเป็นค่าหนึ่งซึ่งชี้ความสามารถในการถ่ายเทพลังงานความร้อนหรือความชื้นในกระบวนการอบแห้งเมล็ดธัญญาพืช

### 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลองเพื่อหาสมบัติทางเคมี [8]

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ทุกชนิด เป็นสารประกอบตระกูล ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น  $\text{C}_3\text{H}_5$  เชื่อมต่อกับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 ตัว

น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์มีกรดไขมันชนิดต่าง ๆ กันเป็นองค์ประกอบ โดยที่มีปริมาณของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94 – 96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดทั้งทางเคมีและทางกายภาพ แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันพืชส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมันระหว่าง 12 – 18 ตัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต่างกัน น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูงจะมีค่าไอโอดีนต่ำ และเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลงหรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้นค่าไอโอดีนจะสูงขึ้นตามลำดับ น้ำมันพืชเป็นสารไม่อยู่ตัว เมื่อสัมผัสกับอากาศจะถูกออกซิไดส์ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ได้ที่อุณหภูมิสูง ทำให้น้ำมันพืชมีสภาพเป็นสารเหนียวซึ่งเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์

ดัชนีที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมันพืชจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ ได้ยากหรือง่าย คือ ค่าไอโอดีน น้ำมันพืชที่ดีควรมีค่าไอโอดีนต่ำ ฉะนั้นการเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำเป็นเชื้อเพลิง จะเป็นการป้องกันการเกิดสารเหนียวที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ในเครื่องยนต์ได้เบื้องต้น

การแบ่งชนิดของน้ำมันพืชตามค่าไอโอดีน สามารถแบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

-น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนสูงระหว่าง 160 – 230 เป็นน้ำมันพืชที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรส์ เรียกว่าน้ำมันพืชเช่นนี้ว่า น้ำมันชักแห้ง (drying oils)

-น้ำมันพืชที่มีไอโอดีนปานกลางระหว่าง 125 – 150 เรียกว่าน้ำมันพืชเช่นนี้ว่า น้ำมันกึ่งชักแห้ง (semi-drying oils)

-น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่า 120 เรียกว่าน้ำมันพืชเช่นนี้ว่า น้ำมันไม่ชักแห้ง (non-drying oils)

น้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลเป็น 10 เท่า ถ้าอุณหภูมิต่ำลงน้ำมันพืชจะยังมีความหนืดสูงเป็นลำดับจนเกิดฝุ่นในไซ เช่น น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว

การที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้หัวฉีดฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยได้ยาก และเป็นอุปสรรคต่อการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และการสันดาปจะไม่สมบูรณ์

### 2.5.1 Acid value [9]

การคำนวณกรดไขมันอิสระเพื่อหา Acid value

$$\text{ปริมาณกรด oleic, \%} = \frac{mL \times N \times 28.2}{m_g} \quad (2.23)$$

$$\text{ปริมาณกรด lauric, \%} = \frac{mL \times N \times 20.0}{m_g} \quad (2.24)$$

$$\text{ปริมาณกรด palmitic, \%} = \frac{mL \times N \times 25.6}{m_g} \quad (2.25)$$

เมื่อ

$mL$  = ปริมาณของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรด (มิลลิลิตร)

$N$  = ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$m_x$  = น้ำหนักตัวอย่างน้ำมัน (g)

การหา Acid value

$$\text{Acid value} = \frac{w_a}{w_o} \quad (2.26)$$

เมื่อ

$w_a$  = น้ำหนักกรด (g)

$w_o$  = น้ำหนักตัวอย่างน้ำมัน (g)

การหาน้ำหนักกรด (g)

$$\frac{V \times N \times M}{1000} = \text{น้ำหนักกรด (g)} \quad (2.27)$$

เมื่อ

$V$  = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

$N$  = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

$M$  = น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์

### 2.5.2 การหาความหนืด (viscosity) [10]

หา viscosity โดยใช้เครื่องวัด viscosity เทียบกับตารางที่ 2.4 kinematic - viscosity

Conversion Formulas

ตารางที่ 2.4 kinematic - viscosity Conversion Formulas

Viscosity scale	Range of t, sec.	Kinematic Viscosity stokes
Saybolt Universal	$32 > t > 100$	$0.00226t - 1.95 / t$
	$t > 100$	$0.00220t - 1.35 / t$

### 2.5.3 ปริมาณเถ้า (Ash) [11]

$$\text{ปริมาณเถ้า ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{100}{W} W_1 \quad (2.28)$$

เมื่อ

$W_1$  คือ น้ำหนักของเถ้าที่ชั่งได้ (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (g)

#### 2.5.4 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ (%) [12]

ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ สามารถหาได้โดยการใช้เครื่อง Soxhlet และนำมาคำนวณ

โดย

$$\text{ปริมาณน้ำมันในตัวอย่าง\%} = \frac{W_o \times 100}{W_s} \quad (2.29)$$

เมื่อ

$W_o$  = น้ำหนักน้ำมันที่ได้ (g)

$W_s$  = น้ำหนักตัวอย่าง (g)



**62707**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการทดลองครั้งนี้ใช้สบู่อำพันซ์ก้านเหลืองปลูกในจังหวัดกำแพงเพชรในการทดลองแต่ละครั้งใช้สบู่อำพันซ์ 10 kg สภาวะที่ใช้ในการทดลองคือ ที่การอบ 40, 60, 80°C และการนึ่ง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จะสามารถนำไปคำนวณและออกแบบ อุปกรณ์หีบ น้ำมัน อุปกรณ์กะเทาะเปลือก อุปกรณ์ในการลำเลียง
2. ความชื้นที่เปลือกของสบู่อำพันซ์มากที่สุด ควรกะเทาะเปลือกก่อนนำไปสกัดน้ำมัน
3. ที่อุณหภูมิที่ 80°C ให้ค่าปริมาณน้ำมันสบู่อำพันซ์มากที่สุด และที่การนึ่งได้น้ำมันที่น้อยที่สุด
4. อุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าความหนืดและปริมาณเถ้า แต่จะมีผลต่อปริมาณกรดไขมันที่ 40°C มีค่าปริมาณกรดน้อยที่สุดและที่ 80°C มีค่าปริมาณกรดมากที่สุด
5. ผลที่ได้ยังไม่สามารถยืนยันได้เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่ได้ยังมีปริมาณน้อยไม่สามารถนำไปหาคุณสมบัติได้ครบ และควรมีการทำซ้ำเพื่อยืนยันผล

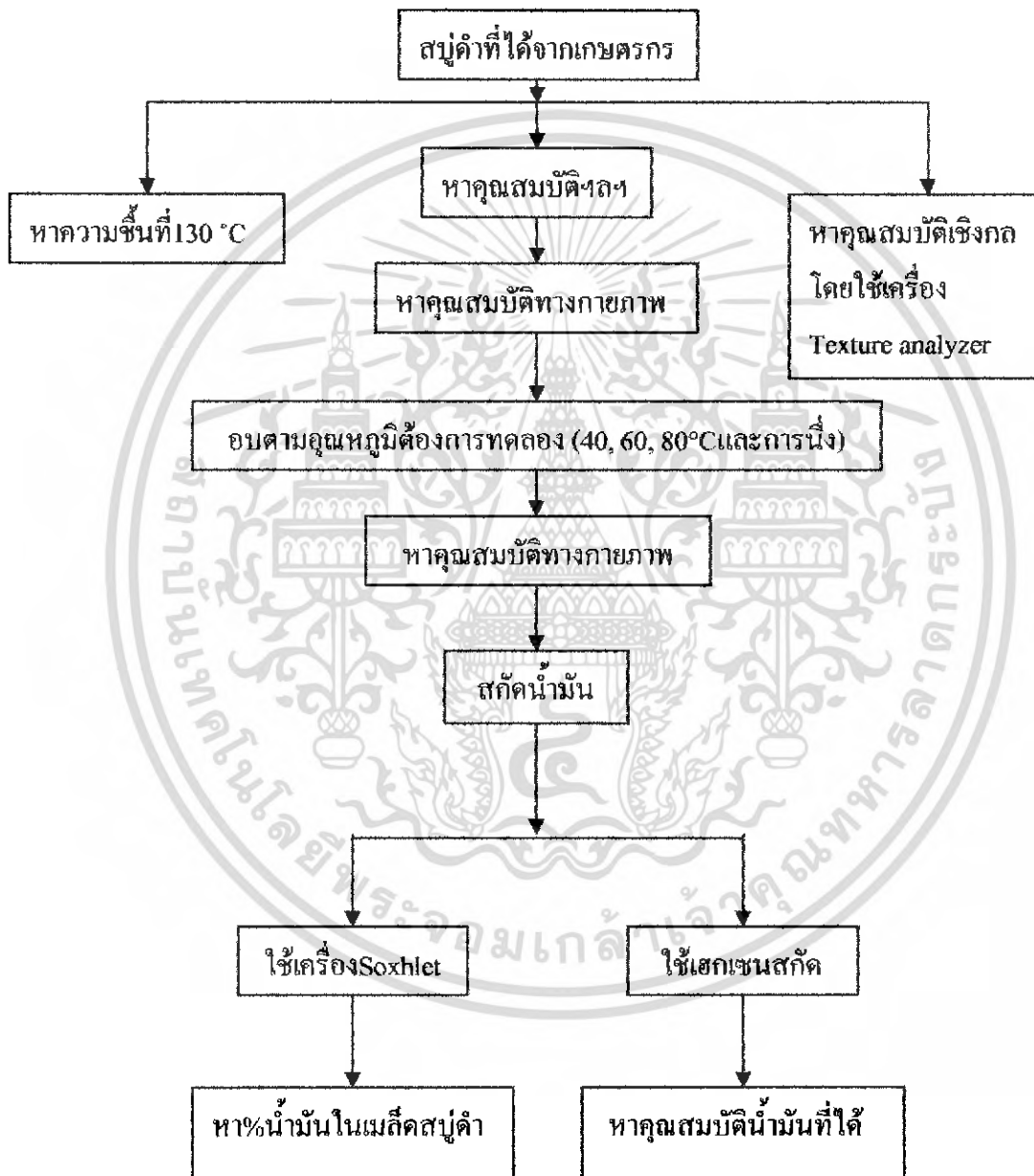
#### 5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ในการศึกษาครั้งนี้การใช้ชุดอุปกรณ์ทดลองที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องมากกว่านี้ เช่น อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานควรปรับปรุงการยกให้มีความสม่ำเสมอและสเกลอ่านค่าให้ได้มาตรฐาน อุปกรณ์วัดอุณหภูมิควรปรับปรุงการอ่านค่าความสูงของก่องวัด
2. ในการหาน้ำมันจากผลสบู่อำพันซ์ควรใช้เมล็ดในเพียงอย่างเดียวเนื่องจากมีความชื้นน้อยและในการหีบและการสกัดจะได้ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันที่ถูกดูดซับ โดยเปลือกหุ้มเมล็ด

### บทที่ 3

#### ขั้นตอนการทดลอง

##### 3.1 แผนการทดลอง



รูปที่ 3.1 แผนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

ตัวอย่างผลสดจำนวน 10 kg โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่ม A ประมาณ 600 g กลุ่ม B ประมาณ 9 kg กลุ่ม C ประมาณ 25 ผล เพื่อหาคุณสมบัติเชิงกล กลุ่ม D ประมาณ 25 ผล เพื่อหาความหนาแน่นเนื้อ

3.2.1 ความชื้น โดยหาความชื้นของเปลือก, เมล็ดและเมล็ดในโดยหาแยกกัน และคำนวณค่าความชื้นของทั้งผล (ดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ASAE S410.1 DEC97, Moisture Measurement-Peanuts)

#### วัสดุอุปกรณ์

(1) ภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ทำจากสเตนเลสสตีล และถาดแก้ว ก่อนใช้ต้องไปอบให้แห้ง 1 ชม. และชั่งน้ำหนัก

(2) ตู้อบลมร้อนเป็นตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้

(3) เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นเครื่องชั่งที่มีความไว 0.1 g (Yamato, model HB 3000)

การเตรียมตัวอย่าง

(1) กำจัดสิ่งสกปรกออกโดยกองวัสดุบนพื้นที่สะอาดใช้มือหยิบสิ่งสกปรกออก  
วิธีการ (ทดสอบแบบทั้งผล)

(1) นำผลสดจำนวนประมาณ 200 g แยกเปลือก เมล็ดและเมล็ดในออกจากกันใส่ภาชนะที่เตรียมไว้และนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่ามวล (3 ตัวอย่าง) ในตาราง ก-1-1

(2) เอาเปลือก เมล็ดและเมล็ดใน ที่ใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ไปอบโดยอบที่  $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ที่ 6 ชม.

(3) เอาออกจากตู้อบนำไปใส่ Desiccator จนเย็น (ประมาณ 1 ชั่วโมง) แล้วชั่งน้ำหนักบันทึกค่าในตารางที่ ก-1-1

(4) เอาเปลือก เมล็ดและเมล็ดใน ที่ผ่านการอบไปอบอีกครั้งโดยอบที่  $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ที่ 6 ชม.

(5) ทำซ้ำข้อที่ 3, 4 จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

(6) คำนวณความชื้นดังนี้ โดยหา

6.1 สัดส่วนเปลือกตาม สูตร 2.7 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

6.2 สัดส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดตาม สูตร 2.8 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

6.3 สัดส่วนเมล็ดในตาม สูตร 2.9 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

6.4 ความชื้นของเปลือกตาม สูตร 2.10 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

6.5 ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ดตาม สูตร 2.12 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

6.6 ความชื้นของเมล็ดในตาม สูตร 2.11 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

6.7 ความชื้นทั้งผลตามสูตร 2.6 บันทึกผลในตารางที่ ก-1-2

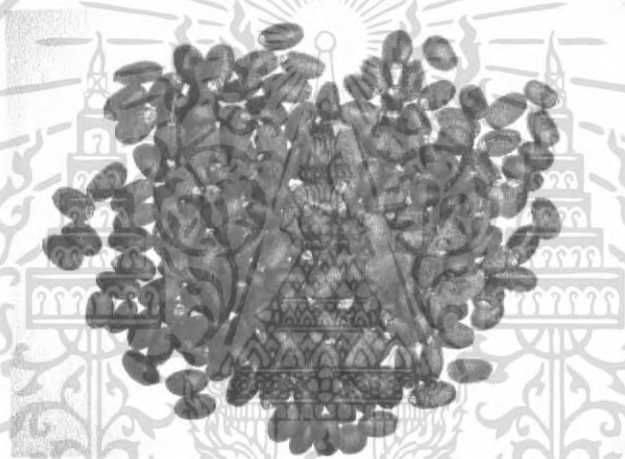
(7) บันทึกค่าความชื้นในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

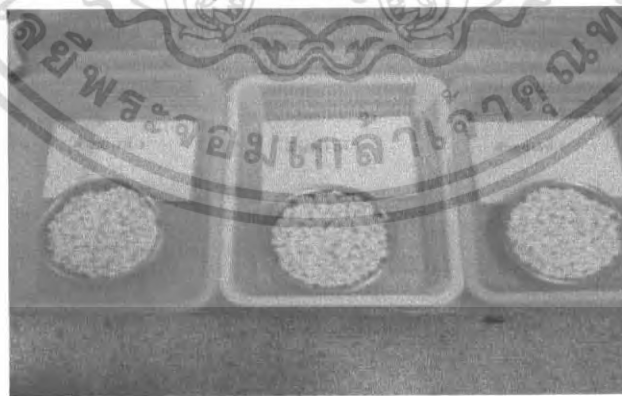
3.2.2 รูปร่าง ขนาด สัดส่วน โดยน้ำหนักของเปลือก เมล็ดและเมล็ดในและมวล 1000 หน่วย  
ของผล เมล็ดและเมล็ดในสบู่ดำ (รูปที่ 3.2-3.4)



รูปที่ 3.2 ผลสบู่ดำ



รูปที่ 3.3 เมล็ดสบู่ดำ



รูปที่ 3.4 รูปเมล็ดในสบู่ดำ

วัสดุและอุปกรณ์

(1) ผลสบู่ดำ (กลุ่ม B) จำนวน 100 ผล (จากการสุ่มผลสบู่ทั้งหมด 10 kg.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

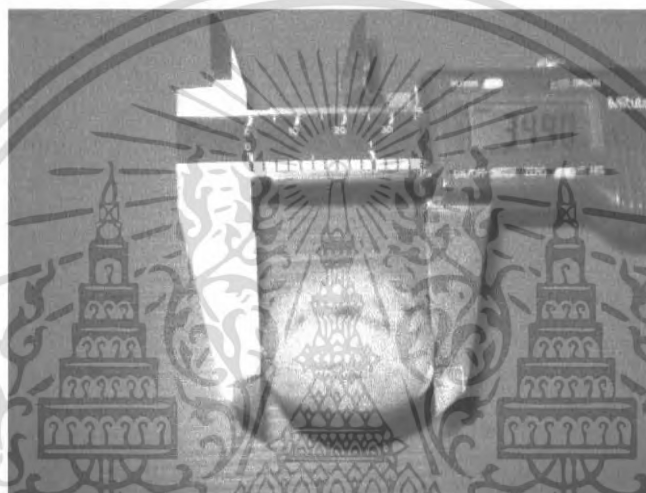
(2) เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิตอลความละเอียด 0.01 mm. 1 อัน (Mitutoyo, model Absolute Digimatic)

(3) เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าความละเอียด 0.01 g. (Yamato, model HB 3000)

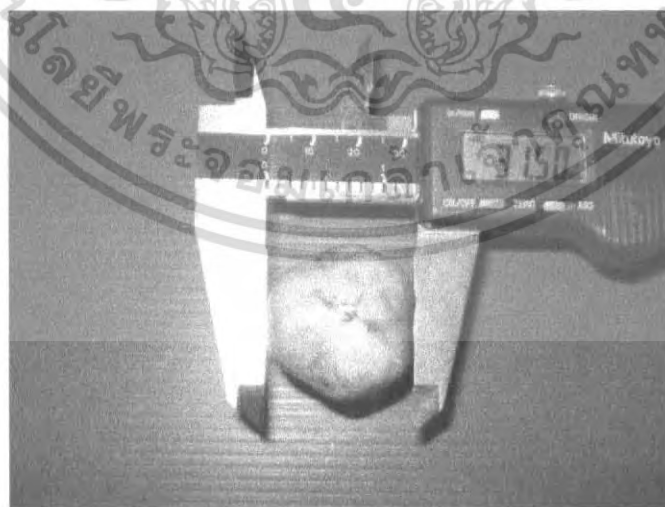
วิธีการทดลอง

(1) ชั่งมวลผลสับุดำ 1 ผล แล้วบันทึกผลในตารางที่ ก-3

(2) วัดความยาวสูงสุดของผลสับุดำ (a) ความกว้างสูงที่ตั้งฉากกับ a (b) และความหนาสูงสุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c) โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์แล้วบันทึกผลในตารางบันทึกผลที่ ก-3 (รูปที่ 3.5-3.7)

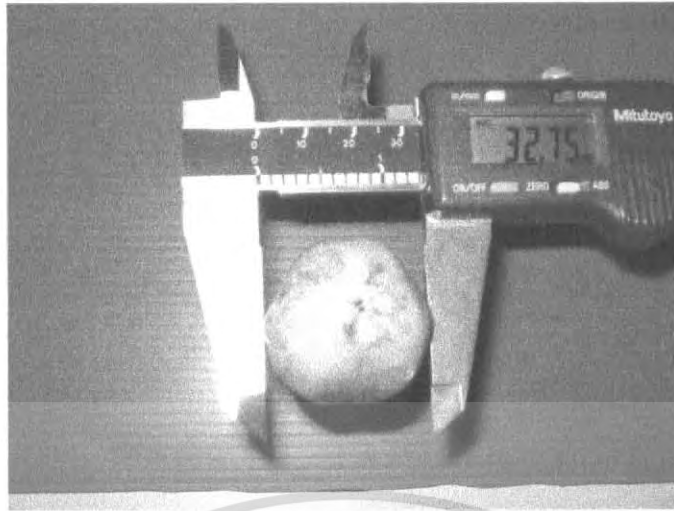


รูปที่ 3.5 ความยาวสูงสุดของผลสับุดำ (a)



รูปที่ 3.6 ความกว้างสูงที่ตั้งฉากกับ a (b) ของผลสับุดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



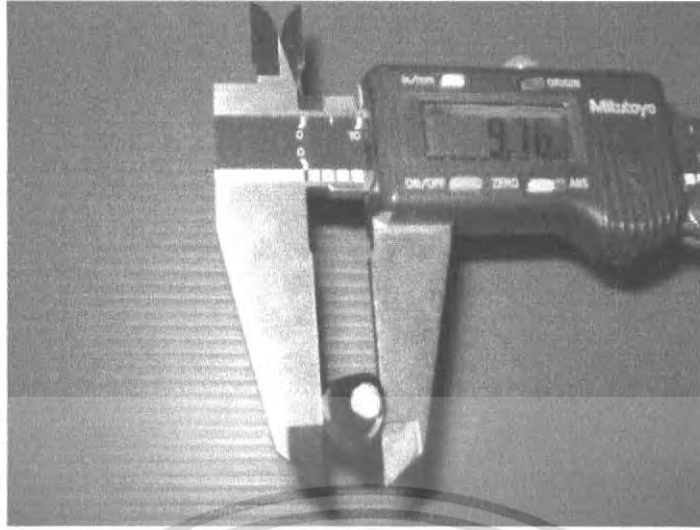
รูปที่ 3.7 ความหนาสูงสุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c) ของผลสับดูดำ

- (3) แกะเปลือกผลสับดูดำออกซึ่งมวลเมล็ดสับดูดำแล้วบันทึกผลในตารางที่ ก-4  
 (4) ทำซ้ำข้อ 1-2 โดยใช้เมล็ดสับดูดำบันทึกผลในตารางที่ ก-4 (รูปที่ 3.8-3.10)

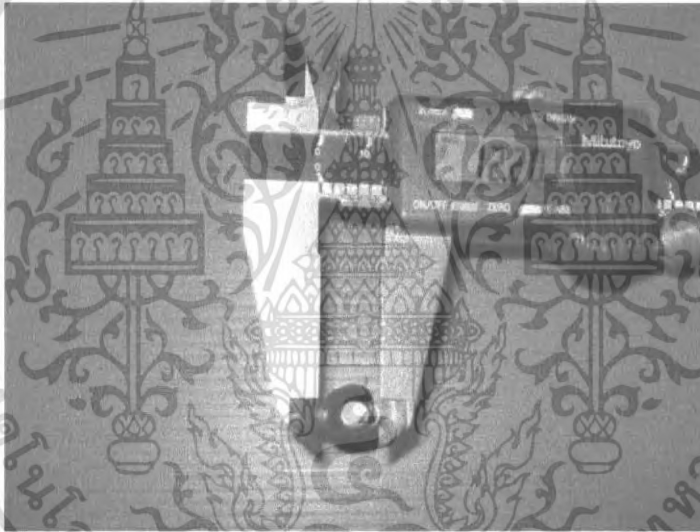


รูปที่ 3.8 ความยาวสูงสุดของเมล็ดสับดูดำ (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ความกว้างสูงที่ตั้งฉากกับ a (b) ของเมล็ดสับดูดำ



รูปที่ 3.10 ความหนาสูงสุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c) ของเมล็ดสับดูดำ

- (5) แกะเปลือกหุ้มเมล็ดออกนำเมล็ดในไปชั่งมวลบันทึกผลในตารางที่ ก-5
- (6) ทำซ้ำข้อ 1-2 โดยใช้เมล็ดในสับดูดำบันทึกผลในตารางที่ ก-5
- (5) หาค่าเฉลี่ยผล เมล็ดและเมล็ดใน บันทึกค่าเฉลี่ยในตารางที่ ก-(3, 4, 5)
- (6) นำค่าเฉลี่ยมาคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต จากสูตร 2.13 แล้วบันทึกผลในตารางที่ ก-(3, 4, 5)
- (7) คำนวณหาความเป็นทรงกลม (Sphericity) จากสูตร 2.14 แล้วบันทึกผลในตารางที่ ก-(3, 4, 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) คำนวณหาสัดส่วนโดยน้ำหนักของเปลือก เมล็ดและเมล็ดใน บันทึกลงในตารางที่

4.2

(9) ชั่งน้ำหนักมวล 100 หน่วย ของผล เมล็ดและเมล็ดในสับุดำบันทึกผลในตารางที่ ก-2-

1

(10) ทำการทดลองข้อ 9 อีก 2 ซ้ำ

(9) คำนวณหามวล 1000 หน่วย จากมวล 100 หน่วยของผล เมล็ดและเมล็ดในสับุดำ บันทึกผลในตารางที่ ก-2-1

### 3.2.3 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์

วัสดุและอุปกรณ์

(1) ผล เมล็ดและเมล็ดในสับุดำ (กลุ่ม B)

(2) อุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์โดยมีพื้น แบ่งเป็น 3 ชนิด 1.แผ่นไม้ อัด 2. เหล็ก 3. สแตนเลส (รูปที่ 3.11)

(3) สี่เหลี่ยมที่ทำจากไม้มีขนาด 99.71×111.43×62.57 (ก×ย×ส)mm

(4) แผ่นพลาสติกขนาด 29×40×3 (ก×ย×ส)mm จำนวน 2 แผ่น



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการทดลอง

- (1) นำผลสบู่ดำบรรจุลงในกล่องสี่เหลี่ยมจนเต็ม โดยที่ขอบกล่องด้านล่างมีแผ่นพลาสติกรองอยู่ข้างละแผ่น เพื่อยกให้กล่องลอยจากพื้น
- (2) นำตุ้มน้ำหนักขนาด 1 kg กดทับบนผลสบู่ดำ (เพื่อให้ผลสบู่ดำแบ่งตัวอัดกับผนังด้านข้างของกล่องสี่เหลี่ยม)
- (3) นำแผ่นพลาสติกที่รองกล่องสี่เหลี่ยมออก (รูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.12 บล็อกสี่เหลี่ยมเมื่อเอาพลาสติกออก

- (4) ค่อย ๆ ยกเพื่อให้อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานค่อย ๆ เียงขึ้น (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์วัดสัมประสิทธิ์ที่เอียงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (5) หยุดการยกเมื่อกล่องสี่เหลี่ยมเริ่มเคลื่อนที่
- (6) อ่านค่ามุม  $\theta$  จากอุปกรณ์วัด ส.ป.ส แรงเสียดทาน(รูปที่ 3.12) บันทึกผลลงในตารางที่ ก-6-1
- (7) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตโดยนำค่า  $\theta$  ไปแทนในสูตรที่ 2.15 บันทึกผลลงในตารางที่ ก-6-2
- (8) ทำซ้ำข้อ 1-7 อีก 2 ครั้ง
- (9) ทำซ้ำข้อ 1 – 8 โดยใช้เมล็ดสบู่ดำ
- (10) ทำซ้ำข้อ 1 – 8 โดยใช้เมล็ดในสบู่ดำ
- (11) หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบันทึกผลในตารางที่ ก-6-2

### 3.2.4 มุมกองพื้น แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ 1.แบบบรรจุและ 2. แบบถ่ายเทวัสดุและอุปกรณ์

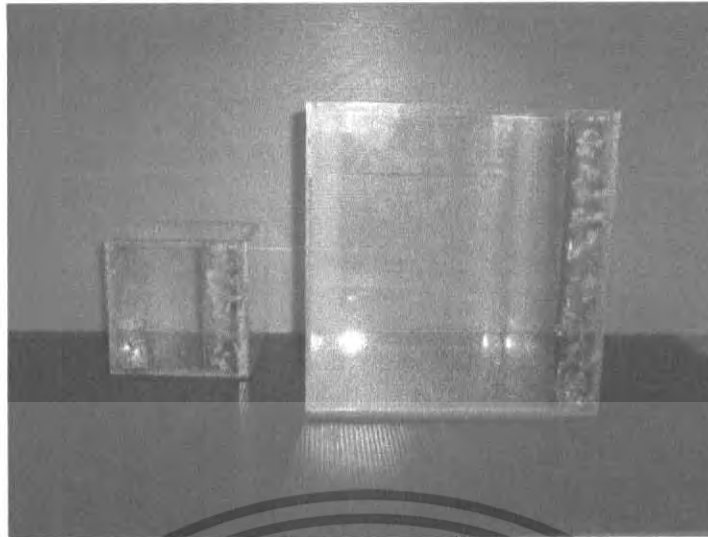
- (1) ผล เมล็ดและเมล็ดในสบู่ดำ (กลุ่ม B)
- (2) อุปกรณ์หามุมกองพื้นแบบบรรจุ (รูปที่ 3.14) ประกอบด้วยกระป๋องรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง×สูง (108.70×106.51)mm



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์หามุมกองพื้นแบบบรรจุ

- (3) อุปกรณ์หามุมกองพื้นแบบถ่ายเท (รูปที่ 3.15) ประกอบด้วยกล่องพลาสติกใสขนาด 193.55×192.27×200.82 (ก×ข×ส)mm สำหรับผล และ 109.15×109.21×104.37(ก×ข×ส)mm สำหรับเมล็ดและเมล็ดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ห้ามุมกึ่งพื้นแบบถ่ายเท

(4) เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ความละเอียด 0.01 mm ( Mitutoyo )

วิธีการทดลอง

แบบบรรจุ

(1) นำผลสับคั่วใส่ทรงกระบอกจนเต็ม (ทรงกระบอกมีปริมาตร  $983.18 \text{ cm}^3$ )

(2) คั่วทรงกระบอกลงบนอุปกรณ์ทดลองรูปที่ (3.16)

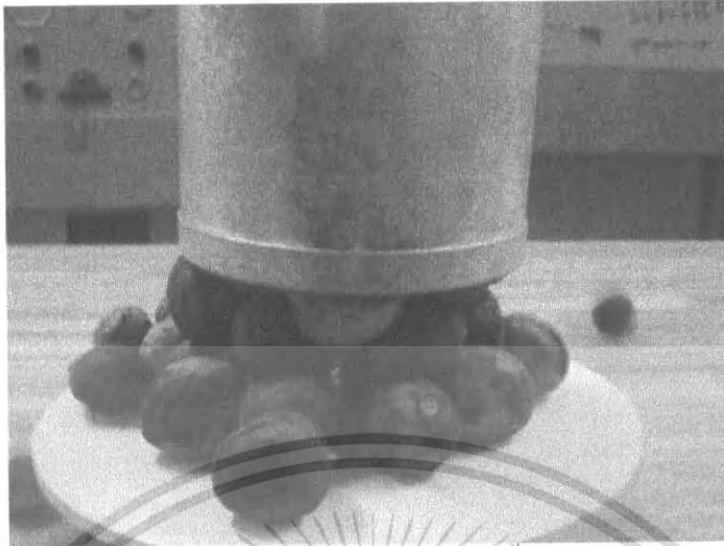


รูปที่ 3.16 คั่วทรงกระบอกลงบนอุปกรณ์วัดมุมกึ่งแบบบรรจุ

(3) ค่อย ๆ ดึงทรงกระบอกออกอย่างช้า ๆ ผลสับคั่วจะกองอยู่บนอุปกรณ์ทดลอง (รูปที่

3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 คีบทรงกระบอกขึ้น

(4) นำเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ วัดความสูง (H) (รูปที่ 2.2) ของกองผลสบูดำ บันทึกค่าในตารางที่ ก-7-1

(5) นำเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของกองผลสบูดำ (D) (รูปที่ 2.2) บันทึกค่าในตารางที่ ก-7-1

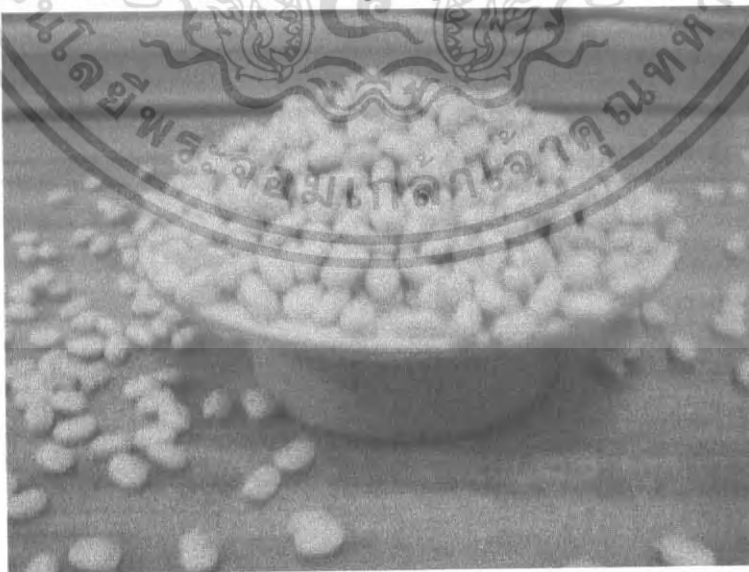
(6) คำนวณหาหมุมกองพื้นจากสูตรที่ 2.16

(7) หาค่าเฉลี่ยและความเที่ยงเบนมาตรฐานบันทึกผลลงในตารางที่ ก-7-2 และตารางที่

4.2

(8) ทำซ้ำข้อ 1-7 โดยใช้เมล็ดสบูดำ

(9) ทำซ้ำข้อ 1-7 โดยใช้เมล็ดโนสบูดำ (รูปที่ 3.18)

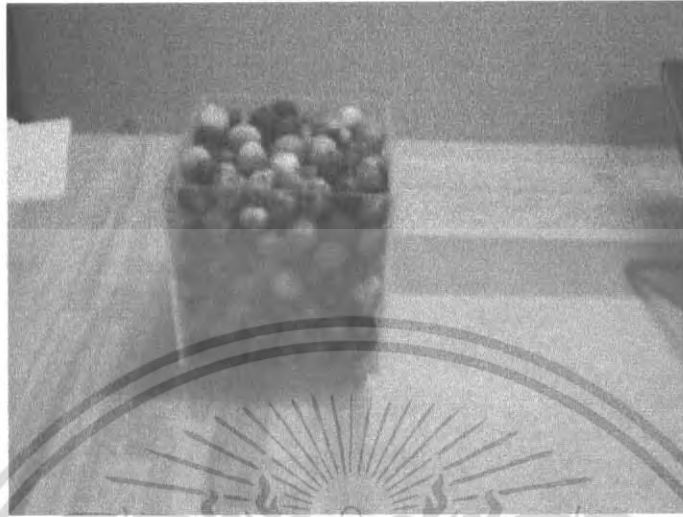


รูปที่ 3.18 เมล็ดโนสบูดำที่กองอยู่บนอุปกรณ์วัดหมุมกองแบบบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบวิธีถ่ายเท

(1) นำผลสับดูดำใส่ในกล่องสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 3.19 จนเต็มพอดี



รูปที่ 3.19 ผลสับดูดำที่บรรจุในอุปกรณ์แบบถ่ายเทจนเต็มพอดี

(2) ดึงฝัก้นออก 1 ด้านผลสับดูดำจะถ่ายเทออกจำนวนหนึ่งและคงเหลือค้างในกล่องอีกจำนวนหนึ่ง (รูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.20 ขณะดึงฝัก้นด้านหนึ่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแต่ไม่ให้คิมพ้นออกจากปากบีกเกอร์เพื่อป้องกันไม่ให้โทลูอินที่ติดอยู่หยดออกนอกบีกเกอร์ (รูป



รูปที่ 3.21 ผลสับดูดาที่ยังคงค้างอยู่ในอุปกรณ์วัดความสูงแบบถ่ายเท

1

- (3) วัดความสูงของกองผลสับดูดาที่ค้างอยู่ในกล่อง (รูปที่ 2.3) บันทึกผลในตารางที่ ก-8-1
- (4) วัดความกว้างของกองวัสดุที่ค้างอยู่ในกล่อง (รูปที่ 2.3) บันทึกผลในตารางที่ ก-8-1
- (5) คำนวณหาปริมาณกองพื้นจาก สูตร 2.17
- (6) หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบันทึกค่าในตารางที่ ก-8-2 และตาราง 4.2
- (7) ทำซ้ำข้อ 1 – 6 โดยใช้เมล็ดสับดูดา
- (8) ทำซ้ำข้อ 1 – 6 โดยใช้เมล็ดในสับดูดา

### 3.2.5 ความหนาแน่นเนื้อ ( $\rho_s$ )

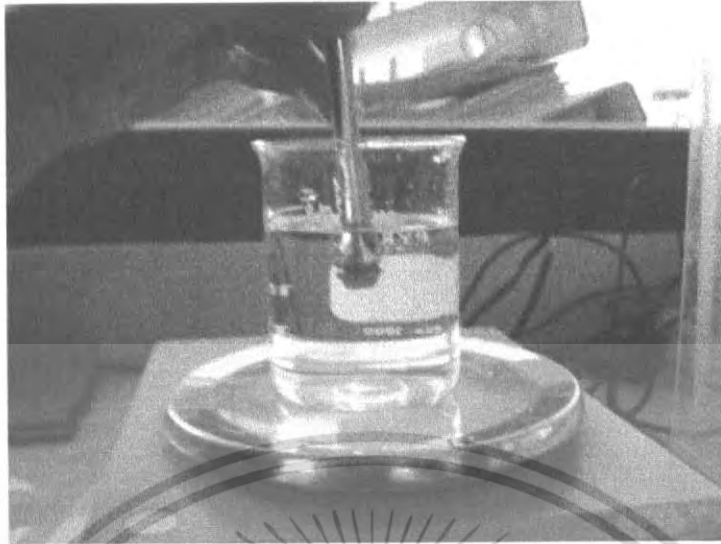
วัสดุและอุปกรณ์

- (1) ผล เมล็ดและเมล็ดในสับดูดา 3 ตัวอย่าง จากกลุ่ม C
- (2) บีกเกอร์ ขนาด 250 ml
- (3) โทลูอิน 150 ml
- (4) เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 0.01 g. (Yamato, model HB 3000)
- (5) ที่คีบวัสดุ

วิธีการทดลอง

- (1) ชั่งมวลผลสับดูดาบันทึกผลในตารางที่ ก-9-1
- (2) กำหนดระดับที่ที่คีบโดยปากกาเคมีขีดไว้และจุ่มลงในบีกเกอร์ที่มีโทลูอินอยู่อยู่ประมาณ 150 ml จนขีดที่ทำเอาไว้อยู่ที่ผิวน้ำพอดีสังเกตจนน้ำหนักบนเครื่องชั่งคงที่ Set Zero เอาที่คีมออกแต่ไม่ให้คีมพื้นออกจากปากบีกเกอร์เพื่อป้องกันไม่ให้โทลูอินที่ติดอยู่หยดออกนอกบีกเกอร์ (รูปที่ 3.22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 กำหนดระดับที่คืบวัสดุ

(3) จับผลสบูดำด้วยที่คืบ

(4) จุ่มที่คืบที่มีผลสบูดำอยู่ลงในบีกเกอร์ในข้อ 2 ให้จมลงถึงระดับที่ขีดไว้ที่ที่คืบจนพอดี ชั่งน้ำหนัก (รูปที่ 3.23) และบันทึกผลลงในตารางที่ ก-9-1



รูปที่ 3.23 ขณะชั่งน้ำหนักผลสบูดำใน โทลูอิน

(5) ทำซ้ำข้อ 1-4 อีก 19 ครั้ง

(6) ทำซ้ำข้อ 1-5 โดยใช้เมล็ดสบูดำ

(7) ทำซ้ำข้อ 1-5 โดยใช้เมล็ดโนสบูดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) คำนวณหาปริมาตรของผล, เมล็ดและเมล็ดในสับดูดำ ตามสูตรที่ 2.21 บันทึกผลลงในตารางที่ ก-9-1

(9) คำนวณหาความหนาแน่นเนื้อของผล, เมล็ดและเมล็ดในสับดูดำ ตามสูตรที่ 2.20 บันทึกผลลงในตารางที่ ก-9-2

(10) หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน บันทึกผลในตารางที่ ก-9-2 และตารางที่ 4.2

หมายเหตุ การหาความหนาแน่นของโทลูอินทำโดย  $\rho_{\text{toruhen}} = \frac{M_{\text{toruhen}}}{V_{\text{container}}}$

โดยปริมาตรของภาชนะบรรจุ = 25.0676 ml

### 3.2.6 ความหนาแน่นรวม ( $\rho_b$ )

วัสดุและอุปกรณ์

- (1) ผลสับดูดำกลุ่ม C
- (2) เมล็ดสับดูดำกลุ่ม C
- (3) เมล็ดในสับดูดำกลุ่ม C
- (4) เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าความละเอียด 0.01 g. (Yamato, model HB 3000)
- (5) ภาชนะที่รู้ปริมาตร (983.18 cm<sup>3</sup>)

วิธีการทดลอง

- (1) ชั่งมวลภาชนะที่รู้ปริมาตรจากนั้น Set Zero ที่เครื่องชั่งน้ำหนัก
- (2) เอาผลสับดูดำใส่ภาชนะที่รู้ปริมาตรจนเต็มพอดี (รูปที่ 3.24) บันทึกผลในตารางที่ ก-

10-1



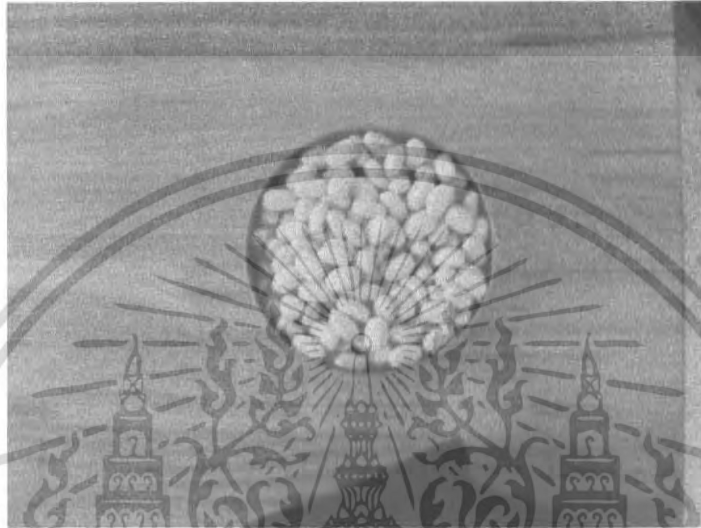
รูปที่ 3.24 ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บรรจุในภาชนะที่รู้ปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) แกะเปลือกผลสับคั่วออกโดยใช้ตัวอย่างเดิมและแกะเพิ่มเติมจนได้เมล็ดสับคั่วเต็มภาชนะพอดี

(5) ทำซ้ำข้อ 1-2 โดยใช้เมล็ดสับคั่ว บันทึกค่าในตารางที่ ก-10-1

(6) แกะเปลือกหุ้มเมล็ดสับคั่วออกโดยใช้ตัวอย่างเดิมและแกะเพิ่มเติมจนได้เมล็ดในสับคั่วเต็มภาชนะพอดี



รูปที่ 3.25 เมล็ดในสับคั่วที่บรรจุจนเต็มภาชนะที่รูปริมาตรพอดี

(7) ทำซ้ำข้อ 1-2 โดยใช้เมล็ดในสับคั่ว บันทึกค่าในตารางที่ ก-10-1

(8) ทำซ้ำข้อ 1-7 อีกสองครั้ง

(9) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า  $\rho_s$  ตามสูตรที่ 2.18 แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบันทึกในตารางที่ ก-10-2 และตารางที่ 4.2

### 3.2.7 ความพรุน ( $\eta$ )

คำนวณโดยนำเอาค่าความหนาแน่นเนื้อ และความหนาแน่นรวมมาคำนวณตามสูตรที่ 2.22 บันทึกผลในตารางที่ 4.2

### 3.2.8 แรงกดแตก, ความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการกดแตก

#### วัสดุอุปกรณ์

- (1) ผลและเมล็ดสับคั่วจากกลุ่ม D
- (2) เครื่อง Texture Analyser (TA, XT PLUS)

#### วิธีทดลอง

- (1) ปรึบเทียบ ( Calibrate ) แรงที่หัวกดโดยใช้ค้อนน้ำหนักขนาด 2000 g ตั้งค่าความสูงหัวกด เลือกความสูงที่กำหนด 10 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (2) การตั้งความเร็วของหัวกด ความเร็วก่อนกด (1.00 mm/sec) ความเร็วตอนกด ( 0.50 mm/sec ) ความเร็วหลังกด ( 1.00 mm/sec ) ให้ใส่ค่าลงในช่องตอนกดลง
- (3) วางผลสบู์ค่าลงบนแท่นรองให้อยู่ตรงกลาง
- (4) เลือกขนาดของแรงใช้หน่วย N แล้วเลือกกว่ากดลงไปเป็นระยะทาง mm
- (5) กำหนดจำนวนจุดในการเขียนกราฟ 200 dpiเลือกลักษณะกราฟ ให้แกน Y เป็นแรง Force แกน X เป็นระยะทาง Distance
- (6) ทดลองตามจำนวนตัวอย่างที่เตรียมไว้ (20 ตัวอย่าง)
- (7) กำหนดหาความแข็ง, แรงแตก และพลังงานกดแตก โดยใช้ Software ( Exponent32 Texture ) บันทึกผลในตารางที่ 4.2
- (8) ทำซ้ำข้อ 1-7 โดยใช้เมล็ดสบู์ค่า
- (9) ทำซ้ำข้อ 1-7 โดยใช้เมล็ดในสบู์ค่า
- (10) คำนวณค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในบันทึกผลในตารางที่ ก-21-(1, 2, 3) และ ตารางที่ 4.2



รูปที่ 3.26 เครื่อง Texture Analyser

### 3.2.9 พื้นที่ผิว (S)[6]

พื้นที่ของวัสดุประมาณได้โดย  
กรณีผลซึ่งคล้ายกับทรงกลม

$$S = \pi d^2 \quad (3.1)$$

เมื่อ

$$d = \text{GMD(ผล)}$$

กรณี เมล็ดและ เมล็ดในซึ่งคล้ายกับลูกกรกบี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S = 2\pi b^2 + 2\pi \frac{ab}{e} \sin^{-1} e \quad (3.2)$$

เมื่อ

$a, b$  = รัศมีแกนหลักและแกนรองของรูปวงรี

$$e = \left[ 1 - \left( \frac{b}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3.3)$$

### 3.2.10 พื้นที่ผิวจำเพาะ [13]

พื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุหาได้โดย

$$S_s = 4 \times \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 \times \rho_b \times M_{unit} \quad (3.4)$$

เมื่อ

$d$  = ค่า GMD ของวัสดุ (mm)

$M_{unit}$  = มวล 1 หน่วยของวัสดุ (g)

## 3.3 การอบและการนึ่งเมล็ดในสบูดำ

จากข้อมูลข้างต้นการที่ชาวบ้านจะสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบูดำต้องมีการทำความสะอาดและให้ความร้อนกับเมล็ดก่อนที่จะนำไปทำการสกัด โดยการตากแดด แต่ในการทดลองครั้งนี้ เลือกที่จะใช้การอบและการนึ่งแทนการตากแดด โดย อุณหภูมิที่ใช้ในการอบคือ 40, 60, 80°C และการนึ่งและใช้เมล็ดในสบูดำเพราะเปลือกหุ้มเมล็ดขัดขวางการระบายความชื้นและไม่มีน้ำมันอยู่

### 3.3.1 การทดลองอบเมล็ดในสบูดำที่อุณหภูมิ 40, 60, 80 °C

วัสดุอุปกรณ์เพื่อหาเวลาในการอบ

1. เมล็ดในสบูดำประมาณ 100 g
2. ถาดอลูมิเนียม
3. กระดาษฟรอยด์
4. ตู้อบลมร้อน
5. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าความละเอียด 0.01 g. (Yamato, model HB 3000)

วิธีทดลอง

- (1) นำเมล็ดในสบูดำปริมาณประมาณ 100 g ใส่ถาดฟรอยด์เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการอบ โดยนำถาดฟรอยด์ที่มีเมล็ดในสบูไปชั่งน้ำหนักบันทึกผลในตารางที่ ก-11-1
- (2) นำวัสดุจากข้อที่ 1 ใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 40°C แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง บันทึกผลในตารางที่ ก-11-1 จนกว่าน้ำหนักจะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) นำมาคำนวณหาความชื้นของเมล็ดใน บันทึกผลในตารางที่ ก-11-2 แล้วเขียนกราฟระหว่างความชื้นกับเวลา เขียนเส้น Trend line แล้วหาสมการ exponential (รูปที่ 4.4)

(4) คำนวณหาเวลาที่ใช้ในการอบจนความชื้นเหลือ 5% แล้วบันทึกผลในตารางที่ 4.3

โดย

$$y = Ae^{-Bx} \quad (3.4)$$

โดย

y= ความชื้นเมล็ดใน

x= เวลาที่ใช้ในการอบ

A, B= ค่าคงที่

### 3.3.2 การทดลองอบเมล็ดในสับดูดำที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80°C เพื่อสกัดน้ำมัน

(1) นำเมล็ดในสับดูดำประมาณ 1500 g ที่จะใช้ทำการทดลองใส่ถาดที่มีฟรอยด์รอง แล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 40 °C ตามเวลาที่กำหนดได้

(2) นำเมล็ดในสับดูดำที่ผ่านการอบมาหาคุณสมบัติทางกายภาพ บันทึกผลในตารางที่ ก-(12-20) และตารางที่ 4.5

(3) นำเมล็ดในสับดูดำที่ผ่านการหาคุณสมบัติทางกายภาพมาสกัดน้ำมัน โดยการแช่ใน Normal Hexzen ส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งสกัดโดยใช้เครื่อง Soxhlet (ตามหัวข้อที่ 3.4.1)

(4) ทำตามข้อ 1-6 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 60 °C

(5) ทำตามข้อ 1-6 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 80 °C

### 3.3.3 การทดลองโดยการนึ่งเมล็ดในสับดูดำ

วิธีทดลอง

(1) นำเมล็ดในสับดูดำมาผ่าตามแนวยาว

(2) นำเมล็ดในสับดูดำที่ผ่าแล้วมานึ่ง โดยนึ่งเป็นเวลา 30 นาทีหลังจากน้ำเดือด

(3) นำเมล็ดในสับดูดำที่ผ่านการนึ่งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วมาหาคุณสมบัติทางกายภาพตามหัวข้อที่ 3.2 บันทึกผลในตารางที่ ก-(12-20) และตารางที่ 4.5

(4) นำเมล็ดในสับดูดำที่ผ่านการหาคุณสมบัติทางกายภาพแล้วไปแช่ Normal Hexzen

## 3.4 การสกัดน้ำมันสับดูดำ

การสกัดน้ำมันจากสับดูดำทำได้หลายวิธี เช่น การหีบโดยใช้ไฮดรอลิกส์เพรส สกรูเพรส ซึ่งก่อนการเอาไปสกัดน้ำมันต้องแกะเปลือกออกก่อนและนำเมล็ดไปล้างให้สะอาดและผึ่งแดดไว้ให้แห้งแล้วจึงนำมาสกัดเพื่อเอาน้ำมัน โดยใช้เครื่องสกัดน้ำมันที่มี แต่ถ้าเป็นการสกัดโดยทางเคมีต้องแกะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกหุ้มเมล็ดออกก่อนและทำให้เมล็ดในของสับดูดำเล็กน้อยแล้วจึงนำไปสกัดน้ำมัน เมื่อได้น้ำมันออกมาก็ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้วเอาไปกรองให้สะอาดจึงนำไปใช้งานได้

ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้การสกัดโดยการสกัดทางเคมี โดยสารเคมีที่ใช้คือ Normal Hexzen

3.4.1 การสกัดโดยใช้เครื่อง Soxhlet เพื่อหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดสับดูดำ

วัสดุอุปกรณ์

(1) เครื่อง Soxhlet (รูปที่ 3.27)



รูปที่ 3.27 อุปกรณ์เครื่อง Soxhlet

(2) Thimble (CELLULOSE EXTRACTION THIMBLES SINGLE THICKNESS, Diameter in\*Length = 33\*100, Diameter out\* Length = 35\*100, Catalogue No.2800330, Whatman) (รูปที่ 3.28)



รูปที่ 3.28 กระดาษ Thimble, กระดาษกรอง, Grease

(3) กระดาษกรอง (Filter papers 1 Qualitative Circles  $\varnothing$ 125 mm Whatman) (รูปที่ 3.28)

(4) Grease (รูปที่ 3.28)

(5) ตัวอย่างสับดูดำไม่น้อยกว่า 3 g

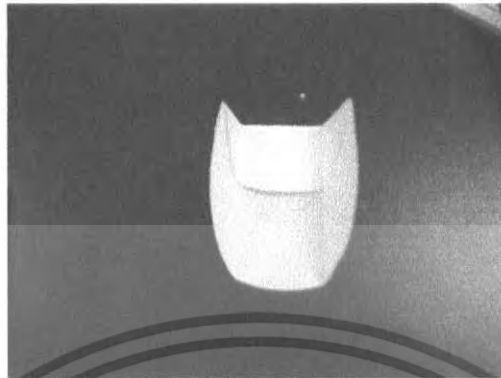
วิธีทดลอง

การหาปริมาณน้ำมันในของแข็ง ตามวิธี AOCS official method Aa4-38

Reapproved 1997 Revised 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

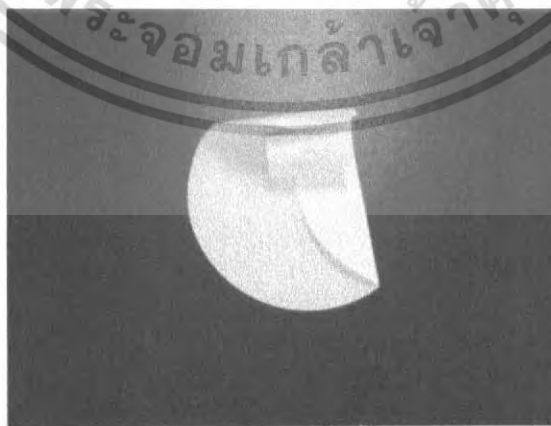
- (1) นำสบู่ดำไม่น้อยกว่า 3 g แต่ไม่เกิน 5 g มาชั่งมวลบนที่กผลที่ ก-22-1
- (2) นำตัวอย่างไปห่อด้วยกระดาษกรอง (รูปที่ 3.29-3.31)



รูปที่ 3.29 การพับกระดาษกรอง



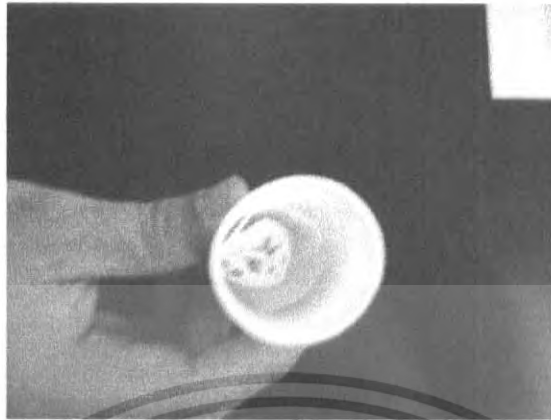
รูปที่ 3.30 การบรรจุตัวอย่าง



รูปที่ 3.31 การพับกระดาษกรองชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) บรรจุกะดาษกรองที่บรรจุสบู่น้ำลงใน Thimble (รูปที่ 3.32)



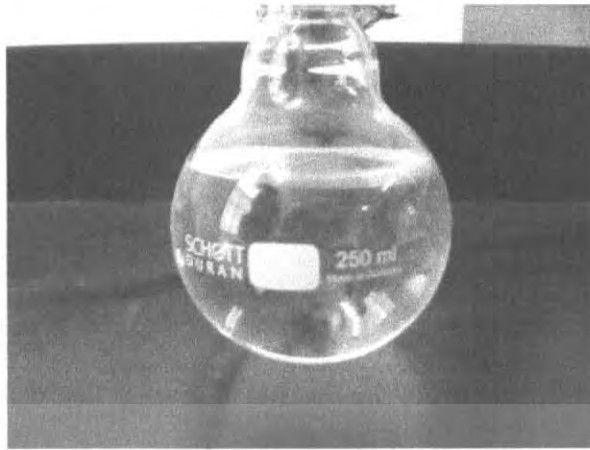
รูปที่ 3.32 บรรจุกะดาษกรองที่มีตัวอย่างลงใน Thimble

(4) ติดตั้งชุดสกัด Soxhles และทำการสกัดด้วย Normal Hexzen โดยใช้ปริมาณ 150ml (รูปที่ 3.33-3.34)



รูปที่ 3.33 เครื่อง Soxhlet ที่ติดตั้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 Normal Hexzen 250 ml

- (5) เปิดเครื่องให้ความร้อนต้มสารละลายโดยใช้ Electric Hot Plate ที่ความร้อนเบอร์ 5 จนสารละลายมีอัตราหยดลงใน Thimble อย่างน้อย 150 หยด/นาที
- (6) ทำการสกัดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- (7) ปิดเครื่องให้ความร้อน นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในส่วนของ เมล็ดในสบูค์ดำ
- (8) ทำการระเหยสารละลายโดยใช้ Hot Plate (รูปที่ 3.35) แล้วนำน้ำมันที่ได้มาหา ปริมาณน้ำมันสบูค์ดำโดยชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด บันทึกผลในตารางที่ ก-22-1



รูปที่ 3.35 ระเหย Normal Hexzen ออก

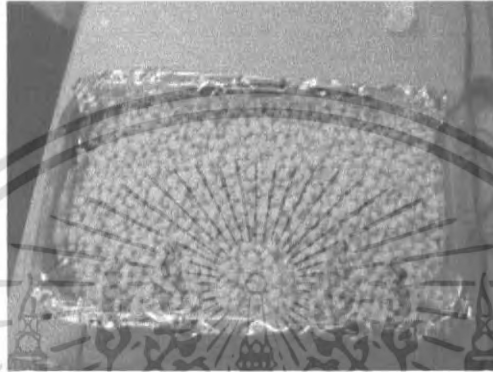
- (9) กำหนดหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบูค์ดำ จากสูตรที่ 2.29 บันทึกผลในตารางที่ 4.6 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 การสกัดน้ำมันสบู่ดำที่ทำการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้การสกัดน้ำมันโดยใช้การสกัดทางเคมี สารละลายที่ใช้ในการทำการสกัดน้ำมันคือ Normal Hexzen

วิธีทดลอง

(1) เอาเมล็ดในสบู่ดำที่อบจนครบตามเวลาที่กำหนดของแต่ละอุณหภูมิออกจากตู้อบ (40, 60, 80°C) (รูปที่ 3.36)



รูปที่ 3.36 เมล็ดในสบู่ดำที่บรรจุในถาดที่มีฟรอยด์รองอยู่หลังออกจากตู้อบ

(2) หั่นเมล็ดในสบู่ดำให้มีขนาดประมาณ 3-4 mm

(3) เอาเมล็ดในที่สลดขนาดแล้วใส่ในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้

(4) ใส่ Normal Hexzen ลงในบีกเกอร์แช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน (รูปที่ 3.37) แล้วจึงเท

Normal Hexzen ที่แช่ไว้ออก (รูปที่ 3.38)



รูปที่ 3.37 เมล็ดในสบู่ดำที่แช่ Normal Hexzen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 แยก Normal Hexzen ออกจากสบู่ดำ

(5) เอา Normal Hexzen ที่เทออกจากข้อ 4 ใส่ขวดสีชา (รูปที่ 3.39)



รูปที่ 3.39 เท Normal Hexzen ที่ได้จากการแช่สบู่ดำลงในขวดสีชา

(6) เอา Normal Hexzen ที่ได้จากการแช่สบู่ดำไประเหย Normal Hexzen ออก โดยการให้ความร้อนจน Normal Hexzen ระเหยออกหมด

(7) เอาน้ำมันที่ได้ไปหาคุณสมบัติทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

#### 3.5.1 Acid value [9]

การหา Acid value จะต้องรู้ปริมาณกรดไขมันอิสระก่อนซึ่งกรดไขมันอิสระหาได้ดังนี้  
สารเคมีที่ต้องใช้

(1) โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นตาม ตารางที่ 3.1 free fatty acid range

(2) ฟีนอล์ฟทาเลอิน

(3) เอทานอลที่เป็นกลาง

วัสดุและอุปกรณ์

(1) บิวเรต

(2) ขวดรูปชมพู

(3) ขาคั่ง

(4) แคลมย็อค

ตารางที่ 3.1 free fatty acid range, alcohol volume and Strength of alkali

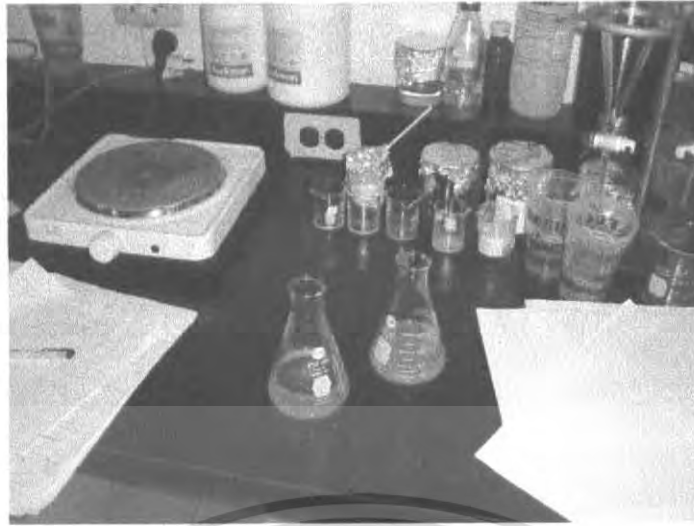
FFA range (%)	Sample (g)	Alcohol (mL)	Strength of alkali
0.00 to 0.2	$56.4 \pm 0.2$	50	0.1 N
0.2 to 1.0	$28.2 \pm 0.2$	50	0.1 N
1.0 to 30.0	$7.05 \pm 0.05$	75	0.25 N
30.0 to 50.0	$7.05 \pm 0.05$	100	0.25 or 1.0 N
50.0 to 100	$3.525 \pm 0.001$	100	1.0 N

วิธีการทดลอง

(1) เลือกช่วง FFA เพื่อเลือกปริมาณตัวอย่าง แอลกอฮอล์และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากตารางที่ 3.1

(2) ตวงเอทานอลที่เป็นกลาง 50 มิลลิลิตร ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว ใส่ลงในขวดรูปชมพูที่มีน้ำมันอยู่  $56.4 \pm 0.2$  กรัม พร้อมกับสารละลายฟีนอล์ฟทาเลอินจำนวน 2 มิลลิลิตร

(3) ทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล เขย่าจนได้สารละลายสีชมพู (รูปที่ 3.40) บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปบันทึกผลในตารางที่ ก-23-1 แล้วนำไปคำนวณหาค่า Acid value



รูปที่ 3.40 ตัวอย่างน้ำมันที่ยังไม่ได่เตรทกับที่ได่เตรทแล้ว  
การคำนวณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรด oleic, % ตามสูตร 2.23 บันทึกผลในตารางที่ 4.6

ปริมาณกรด lauric, % ตามสูตร 2.24 บันทึกผลในตารางที่ 4.6

ปริมาณกรด palmitic, % ตามสูตร 2.25 บันทึกผลในตารางที่ 4.6

การหา Acid value

(1) ต้องรู้น้ำหนักกรด ( $w_g$ ) โดยหาได้ตามสูตร 2.26

(2) หา Acid value ตามสูตร 2.26 บันทึกผลในตารางที่ 4.6

### 3.5.2 การหา viscosity

หา viscosity โดยใช้เครื่องวัด viscosity แล้วจับเวลาการหยดของน้ำมันจนน้ำมันที่ใส่ไว้หมด แล้วหยุดเวลา นับเวลาที่ได้นมาเทียบกับตารางที่ 2.4 kinematic – viscosity บันทึกผลในตารางที่ 4.6

### 3.5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash)

วัสดุและอุปกรณ์

ชามplatินัม หรือชามกระเบื้อง (porcelaien) ลึกประมาณ 25 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางปากชามและก้นชามประมาณ 75 มิลลิเมตร และ 63 มิลลิเมตรตามลำดับ

วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างน้ำมันสปูค่าประมาณ 2-10 กรัม ใส่ในชามplatินัม หรือชามกระเบื้อง ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำไปประเหยให้แห้งด้วยไฟอ่อน ๆ เผาต่อไปจนตัวอย่างไหม้เป็นสีดำ นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที โดยไม่ให้อากาศถ่ายเทได้ ทิ้งไว้ให้เย็นในเคสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก กำหนดหาปริมาณเถ้าตามสูตร 2.19 บันทึกผลในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ค่าความชื้นของส่วนประกอบต่างๆของผลสับดูดำ

ตารางที่ 4.1 แสดง ค่าความชื้นของส่วนประกอบต่างๆของผลสับดูดำ

ตารางที่ 4.1 ค่าความชื้นของส่วนประกอบต่างๆของผลสับดูดำ (n=3)

ความชื้นของเปลือก (% wb)	88.95±0.54
ความชื้นของเมล็ดใน (% wb)	34.09±0.95
ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ด (% wb)	51.87±1.10
ค่าความชื้นของทั้งผลสับดูดำ (% wb)	77.03±0.70

ค่าความชื้นของทั้งผลมีค่า 77.03% โดยค่าความชื้นของเปลือกมีค่ามากที่สุดคือ 88.95% รองลงมาคือ ค่าความชื้นที่เปลือกหุ้มเมล็ดมีค่า 51.87% และความชื้นที่เมล็ดในมีค่าน้อยที่สุด คือ 34.09% ดังนั้นเมื่อต้องการลดความชื้นที่เมล็ดในควรแกะเปลือกและเปลือกหุ้มเมล็ดออกก่อนเพื่อประหยัดเวลาในการอบ

#### 4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ดและเมล็ดในสับดูดำ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ด และเมล็ดในสับดูดำ

ตารางที่ 4.2 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของผล, เมล็ดและเมล็ดในสับดูดำ

สมบัติทางกายภาพ	ผลสับดูดำ	เมล็ดสับดูดำ	เมล็ดในสับดูดำ
มวล 1 หน่วย (g)	16.39±1.42	1.34±0.08	0.69±0.06
มวล 100 หน่วย (g)	1456.09±241.15	132.24±1.46	68.8±0.57
มวล 1000 หน่วย (g)	14560.93±2415.39	1322.40±14.57	688.13±5.71
a (mm)	33.36±1.58	21.02±1.03	15.45±0.54
b (mm)	30.05±1.08	9.58±0.28	7.42±0.33
c (mm)	31.51±0.97	11.97±0.30	10.25±0.36
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (mm)	31.60±1.01	13.40±0.36	10.55±0.34
ความเป็นทรงกลม	0.95±0.03	0.64±0.03	0.68±0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต(ใช้ อุปกรณ์)			
แผ่นไม้	0.50±0.05	0.45±0.03	0.72±0.06
แผ่นเหล็ก	0.64±0.05	0.46±0.01	0.73±0.03
แผ่นสแตนเลส	0.46±0.02	0.49±0.04	0.65±0.02
มุมกองพื้น(แบบบรรจุ)	53.53±1.72	54.00±5.13	60.23±6.16
มุมกองพื้น(แบบถ่ายเท)	42.91±0.67	37.76±2.85	42.92±0.82
ความหนาแน่นรวม(g/cm <sup>3</sup> )	0.47±0.00	0.45±0.01	0.42±0.01
ความหนาแน่นเนื้อ(g/cm <sup>3</sup> )	0.95±0.02	1.04±0.04	1.02±0.05
ความพรุน ( η ) % (คำนวณ)	50.53	56.73	58.82
แรงกดแตก (N)	135.39±54.86	146.63±14.82	19.52±14.82
ความแข็ง (N/mm)	30.58±5.88	69.98±6.22	5.73±6.22
พลังงานที่ใช้ในการกดแตก (N mm)	300.88±237.84	124.44±19.95	27.54±19.95
พื้นที่ผิว (mm <sup>2</sup> )	3139.21±197.41	534.12±31.81	306.48±22.08
พื้นที่ผิวจำเพาะ (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	0.79±0.06	1.91±0.12	2.12±0.08
% มวลเมล็ด		8.18	
% มวลเมล็ดใน		4.21	
% มวลเปลือก		87.61	

มวล 1000 หน่วย ของเมล็ดสับดูค่าและเมล็ดในสับดูค่าเป็นประมาณ 13.81% ของผลสับดูค่า มวล 1000 หน่วย ของเมล็ดสับดูค่าใกล้เคียงกับเมล็ดในสับดูค่า

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิตของเมล็ดสับดูค่าและเมล็ดในสับดูค่าเป็น 42.41% และ 33.39% ของผลสับดูค่าตามลำดับแสดงว่าสับดูค่ามีส่วนที่มีน้ำมันอยู่ภายในผลเป็นสัดส่วนที่น้อย ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเหล่านี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาความกว้างที่น้อยที่สุดของสายพานหรือใบเกลียวลำเลียงได้

ความเป็นทรงกลมของผลสับดูค่ามีค่าค่อนข้างมากคือ 0.95 ขณะที่เมล็ดและเมล็ดในสับดูค่ามีค่าความเป็นทรงกลมใกล้เคียงกันคือ 0.64 และ 0.68 ตามลำดับ

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต ของสับดูค่าบนพื้นผิวที่ต่างกัน เมล็ดในสับดูค่าจะมีค่าที่สูงที่สุดบนพื้นผิวต่างๆ โดยที่จะมีค่าสูงที่สุดบนพื้นผิวที่เป็นเหล็กซึ่งใกล้เคียงกับแผ่นไม้

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตนี้สามารถนำไปใช้คำนวณมุมเอียงของรางลำเลียงหรือมุมเอียงของกันดั้มบรรจุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมกึ่งพื้นของเมล็ดในสบู่คามีค่ามากที่สุดตามอุปกรณ์ที่ใช้วัด โดยที่อุปกรณ์แบบบรรจุมีค่า  $60.23^\circ$  และของผลกับเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกันคือ  $53.53$  และ  $54.00$  ตามลำดับและที่อุปกรณ์แบบถ่ายเทมุมกึ่งพื้นของเมล็ดในใกล้เคียงกับผลแต่ก็ยังมีค่ามากที่สุดคือ  $42.92^\circ$  และ  $42.91$  ตามลำดับ

มุมกึ่งพื้นของวัสดุสามารถนำไปใช้ออกแบบความสูงของหัวปล่ยวัสดุของเครื่องจักรได้และยังหาพื้นที่ในการกองวัสดุได้

ความหนาแน่นรวมมีค่าใกล้เคียงกันแต่ของผลสบู่คามีค่ามากที่สุดคือ  $0.47 \text{ g/cm}^3$  แสดงว่าปริมาตรต่อหน่วยของผลมีค่ามากที่สุดซึ่งความหนาแน่นรวมสามารถนำไปใช้ออกแบบภาชนะบรรจุได้

ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดกับเมล็ดในมีค่าใกล้เคียงกันแต่ของเมล็ดมีค่ามากกว่าคือ  $1.04 \text{ g/cm}^3$  ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดสบู่ค้ำจมน้ำ ส่วนผลมีค่าน้อยที่สุดซึ่งมีค่าน้อยกว่าของน้ำมีผลทำให้ผลสบู่ค้ำลอยน้ำ

ความพรุนของเมล็ดในมีค่ามากที่สุดคือ  $58.82\%$  ส่วนผลและเมล็ดมีค่า  $50.53, 56.73\%$  ตามลำดับซึ่งความพรุนของเมล็ดแสดงให้เห็นปริมาตรช่องว่างในวัสดุ

แรงกดแตกที่เมล็ดมีค่ามากที่สุดคือ  $146.63 \text{ N}$  และที่เมล็ดในมีค่าน้อยที่สุดคือ  $19.52 \text{ N}$  ที่เมล็ดมีค่ามากที่สุดเพราะมีเปลือกแข็งสีดำ แรงกดแตกนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องหีบ

ความแข็งที่เมล็ดมีค่ามากที่สุดคือ  $69.98 \text{ N}$  และที่เมล็ดในมีค่าน้อยที่สุดคือ  $5.73 \text{ N}$  ที่เมล็ดมีค่ามากที่สุดเพราะมีเปลือกแข็งสีดำ ความแข็งทำให้ทราบความแข็งของวัสดุ และนำไปใช้ในการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือก และเครื่องหีบ

พลังที่ใช้ในการกดแตกมีค่ามากที่สุดผลคือ  $300.88 \text{ N}$  และที่เมล็ดในมีค่าน้อยที่สุดคือ  $27.54 \text{ N}$  ที่ผลมีค่ามากที่สุดเพราะเปลือกมีความเหนียว พลังที่ใช้ในการกดแตกทำให้ทราบว่าใช้พลังงานเท่าไรที่ทำให้วัสดุแตกออก และนำไปออกแบบเครื่องกะเทาะ และเครื่องหีบ

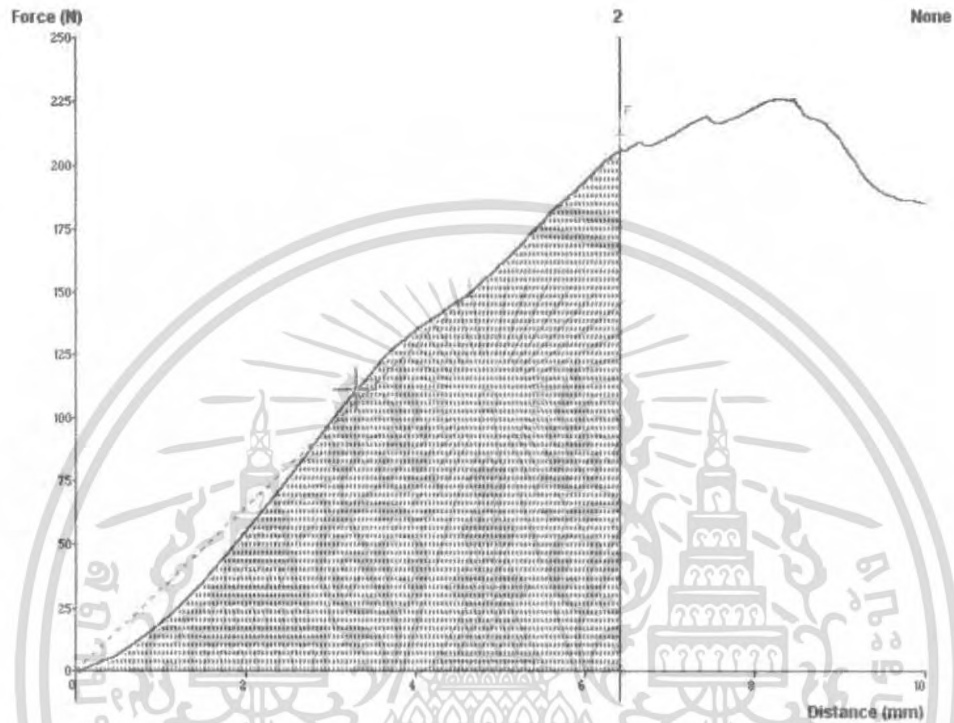
พื้นที่ผิวเป็นการแสดงปริมาตรวัสดุในแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น  $\text{mm}^2$  และที่ผลมีค่ามากที่สุดคือ  $3139.21 \text{ mm}^2$  และที่เมล็ดในมีค่าน้อยที่สุดคือ  $306.48 \text{ mm}^2$  พื้นที่ผิวมีประโยชน์เกี่ยวกับการถ่ายเทมวลหรือพลังงาน เช่น ใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้ง

พื้นที่ผิวจำเพาะหมายถึง พื้นที่ของช่องว่างของวัสดุที่มีรูพรุน รวมถึงวัสดุปริมาณมวลที่สัมผัสกับการไหลผ่านต่อหน่วยปริมาตรวัสดุ มีหน่วยเป็น  $\text{cm}^2/\text{cm}^3$  ที่เมล็ดในมีค่ามากที่สุดคือ  $2.12 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  และที่ผลมีค่าน้อยที่สุดคือ  $0.79 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  พื้นที่ผิวจำเพาะเป็นค่าหนึ่งที่บ่งชี้ความสามารถในการถ่ายเทพลังงานความร้อนหรือความชื้นในกระบวนการอบแห้ง

% โดยน้ำหนักของทั้งผลที่เปลือกมีค่ามากที่สุดคือ  $87.61\%$  และที่เมล็ดกับเมล็ดในมีค่า  $8.18$  กับ  $4.21\%$  ตามลำดับ

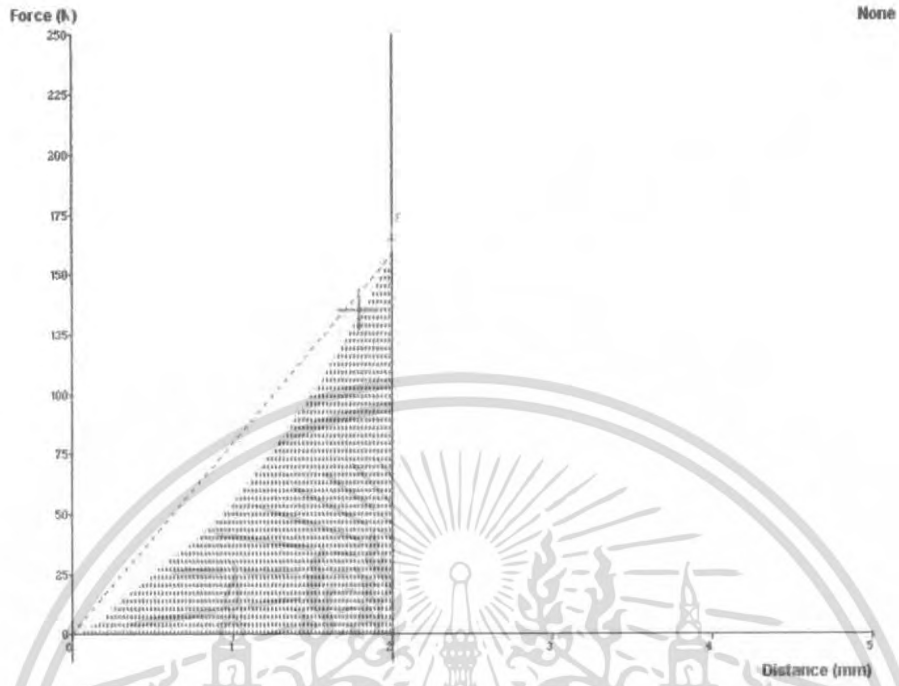
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1-4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปของผลสบู๋ดำ เมล็ด และเมล็ดในของสบู๋ดำ

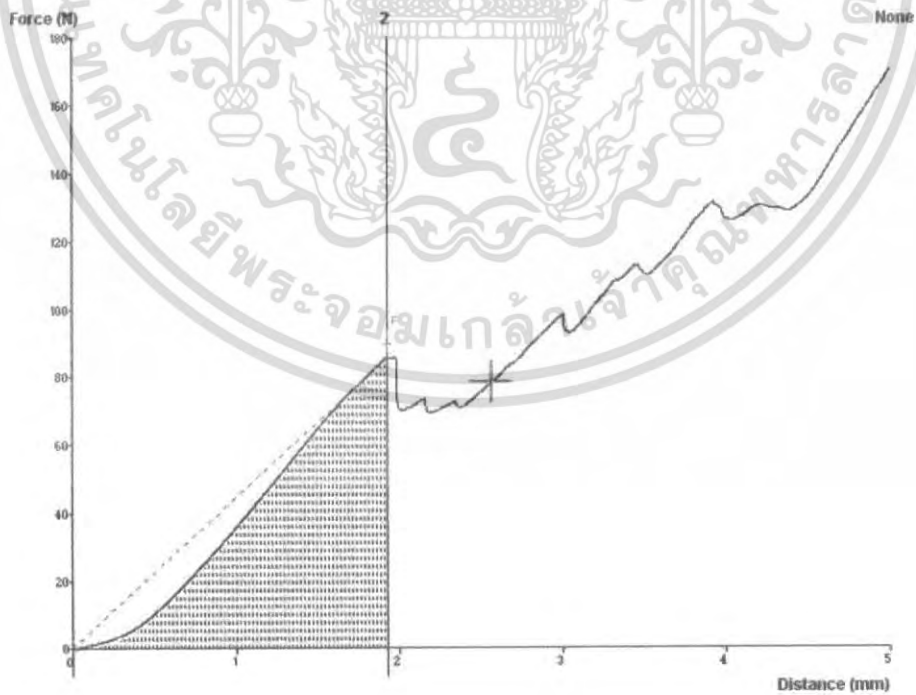


รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปของผลสบู๋ดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงของเมล็ดสนุด้า

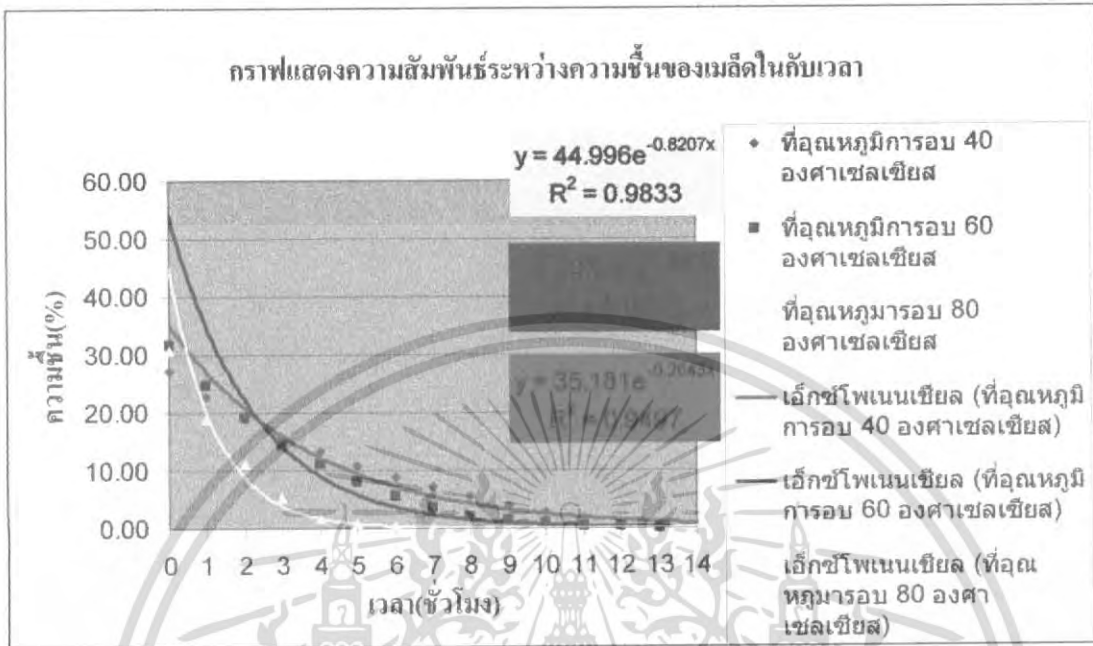


รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ของแรงกับรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงของเมล็ดในสนุด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เวลาที่ใช้ในการอบและหนึ่ง

รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลากับความชื้นของเมล็ดในสบู่ดำ ตารางที่ 4.3 เวลาที่ใช้ในการอบและหนึ่ง



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความชื้นของเมล็ดในสบู่ดำ

ตัวอย่างการหาเวลาที่ใช้ในการอบที่อุณหภูมิ 40°C จนความชื้นเหลือ 5% สามารถหาได้ดังนี้

$$y = 35.181e^{-0.2643x} \tag{4.1}$$

โดยแทนค่า  $y$  คือความชื้นที่ 5%

$$x = \frac{\ln \frac{5}{35.181}}{-0.264} \tag{4.2}$$

$$x = 7\text{hr}24\text{min}$$

ตารางที่ 4.3 ค่าเวลาที่ใช้ในการอบที่ 40, 60, 80°C และการนึ่ง

สภาวะที่ทดสอบ	เวลา
40°C	7hr24min
60°C	5hr18min
80°C	2hr42min
การนึ่ง	30min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดในสุบุดำที่ผ่านการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความชื้นที่เหลืออยู่ในเมล็ดในหลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่งและตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดในสุบุดำที่ผ่านการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

ตารางที่ 4.4 ค่าความชื้นที่เหลืออยู่ในเมล็ดในหลังการอบและการนึ่ง

	ที่ 40 °C	ที่ 60°C	ที่การนึ่ง
ความชื้นที่เหลืออยู่	3.78±0.23	4.01±0.25	4.08±0.48

ตารางที่ 4.5 ค่าคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดในสุบุดำที่ผ่านการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

สมบัติทางกายภาพ	ที่ 40 °C	ที่ 60°C	ที่การนึ่ง
มวล 1 หน่วย (g)	0.49±0.07	0.52±0.06	0.31±0.05
มวล 100 หน่วย (g)	47.97±1.61	52.27±0.80	32.76±0.82
มวล 1000 หน่วย (g)	479.73±16.12	522.70±8.01	327.63±8.16
a (mm)	14.97±0.73	14.20±0.53	13.54±0.95
b (mm)	7.26±0.43	6.46±0.45	3.02±0.60
c (mm)	9.00±0.52	8.98±0.38	9.22±0.87
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (mm)	9.92±0.37	9.37±0.35	7.19±0.64
ความเป็นทรงกลม	0.66±0.02	0.66±0.02	0.53±0.04
สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (ใช้อุปกรณ์)			
แผ่นไม้	0.49±0.03	0.64±0.01	0.74±0.02
แผ่นเหล็ก	0.46±0.01	0.67±0.05	0.71±0.03
แผ่นสแตนเลส	0.20±0.03	0.27±0.06	0.58±0.01
มุมกองพูน(แบบบรรจุ)	26.79±2.15	29.07±1.73	33.05±1.02
มุมกองพูน(แบบถ่ายเท)	1.19±40.03	1.12±41.99	2.18±81.58
ความหนาแน่นรวม(g/cm <sup>3</sup> )	0.41±0.00	0.40±0.00	0.51±0.01
ความหนาแน่นเนื้อ(g/cm <sup>3</sup> )	0.99±0.06	0.97±0.08	1.08±0.06
ความพรุน ( η )%(คำนวณ)	58.59	58.59	52.78
พื้นที่ผิว (mm <sup>2</sup> )	290.81±26.90	243.71±23.58	103.58±26.16
พื้นที่ผิวจำเพาะ (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	2.59±0.24	2.14±0.25	2.69±0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำและคุณภาพ

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ, ค่าปริมาณกรด oleic, lauric, palmitic % สำหรับใช้ในการคำนวณค่าปริมาณกรด (Acid value), ค่าความหนืด (Viscosity), ค่า ปริมาณเถ้า (Ash % by wt) หลังการอบที่ 40, 60, 80°C และการนึ่ง

ตารางที่ 4.6 ค่าปริมาณน้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ, ค่าปริมาณกรด oleic, lauric, palmitic % สำหรับใช้ในการคำนวณค่าปริมาณกรด (Acid value), ค่าความหนืด (Viscosity), ค่า ปริมาณเถ้า (Ash % by wt) หลังการอบที่ 40, 60, 80°C และการนึ่ง

สภาวะ	ปริมาณ น้ำมันใน เมล็ดสบู่ดำ (%)	ปริมาณ กรด oleic %	ปริมาณ กรด lauric %	ปริมาณ กรด palmitic %	Acid value	Viscosity (cSt)	Ash (%wt)
40°C	36.83	0.175	0.124	0.154	$2.48 \times 10^{-4}$	34.10	0.01
60°C	34.20	0.431	0.305	0.391	$6.01 \times 10^{-4}$	34.53	0.01
80°C	44.06	0.661	0.469	0.600	$9.22 \times 10^{-4}$	33.91	0.01
การนึ่ง	18.13	-	-	-	-	-	-

จากค่าที่ได้จะเห็นได้ว่าการอบที่ 80°C จะได้น้ำมันในปริมาณที่มากที่สุด คือ 44.06 % แต่มีปริมาณ Acid value ที่มากที่สุด ซึ่งคือกรดไขมันอิสระทำให้เกิดการกัดกร่อนที่มากเมื่อนำไปใช้ ที่การอบ 40°C ได้ปริมาณน้ำมันรองลงมาคือ 36.83 % แต่มีค่า Acid value ที่น้อยที่สุด ซึ่งเมื่อนำไปใช้จะเกิดการกัดกร่อนน้อยที่สุด

อุณหภูมิในการอบจะมีผลกับ Viscosity และ Ash น้อยมากแต่จะมีผลกับ ปริมาณกรดไขมันอิสระ หรือ Acid value เนื่องจาก ความร้อนจะมีผลทำให้เกิดเป็นกรด ไขมันอิสระที่มาก

### บรรณานุกรม

- [1] ระพีพันธ์ ภาสบุตร และ คณะ 2525. การใช้น้ำมันสบู่ดำเค้นเครื่องยนต์ดีเซล.
- [2] ส่วนส่งเสริมวิศวกรรมเกษตร 2548 ข้อมูลเบื้องต้นสบู่ดำ พืชพลังงานทดแทนทางเลือกใหม่ ของเกษตรกร สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร.
- [3] คารุณ กิตติโยภาส 2548. สถานภาพปัจจุบันสบู่ดำ เอกสารประกอบการประชุมสัมมนา จัดทำแผนและวิจัยส่งเสริมการปลูกสบู่ดำเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน. กรมส่งเสริมการเกษตร
- [4] ASAE standards 1998 : S410.1 DEC97, Moisture Measurement – peanuts
- [5] M.N. Amin, M.A. Hossain, K.C. Roy. 2003. Effects of Moisture physical properties of lentil seeds. [Online]. Journal of food engineering, 65 (2004) 83 – 87 :<http://www.elsevier.com/locate/jfoodeng>.
- [6] ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ และคณะ. 2538 สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวะวัสดุ. แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [7] Ato Bart-plange, Edward A. Baryeh. 2002. The physical properties of Category B cocoa beans. [Online]. Journal of food engineering, 60 (2003) 219 – 227 :<http://www.elsevier.com/locate/jfoodeng>.
- [8] พลังงานทดแทน เอทานอล และไบโอดีเซล คณะกรรมการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร
- [9] AOCS 1997 Official Method Ca 5a- 40, free fatty Acids.
- [10] ASTM 1990 Standard practice for conversion of Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity or to saybolt Furol Viscosity D 2161 – 87
- [11] สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม 336 – 2523 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ผนวก ข.
- [12] AOCS Official Method Ac 3 - 44
- [13] E. C. Rich, A. A. Teixeira 2005. Physical Properties of Mucuna (Velvet) Bean. Applied Engineering in Agriculture J.21(3):437-443.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1-1 ค่าความชื้น

อบที่อุณหภูมิ 130°C

น้ำหนักผลสดบ่ม 597.31 g

แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ตัวอย่าง

ก่อนอบ

	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
	เปลือก	เปลือก	เมล็ด	เปลือก	เปลือก	เมล็ด	เปลือก	เปลือก	เมล็ด
	นอก	หุ้ม	ใน	นอก	หุ้ม	ใน	นอก	หุ้ม	ใน
น้ำหนักสด(g)	79.59	75.82	101.92	80.24	85.39	76.42	79.51	77.13	86.39
น้ำหนักสด+วัสดุ (g)	224.36	96.39	130.92	229.71	106.07	104.63	222.84	98.14	115.2
น้ำหนักวัสดุ(g)	144.77	20.57	29.00	149.47	20.68	28.21	143.33	21.01	28.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หลังการอบครั้งที่ 1

	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
	เปลือก	เปลือก	เมล็ด	เปลือก	เปลือก	เมล็ด	เปลือก	เปลือก	เมล็ด
	นอก	หุ้ม	ใน	นอก	หุ้ม	ใน	นอก	หุ้ม	ใน
น้ำหนักถาด(g)	79.59	75.82	101.92	80.24	85.39	76.42	79.51	77.13	86.39
น้ำหนักถาด+วัสดุ (g)	96.54	86.00	121.47	97.66	95.23	94.97	95.01	87.12	105.26
น้ำหนักวัสดุ(g)	16.59	10.16	19.43	16.82	9.83	18.47	14.97	9.97	18.80

## หลังการอบครั้งที่ 2

	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
	เปลือก	เปลือก	เมล็ด	เปลือก	เปลือก	เมล็ด	เปลือก	เปลือก	เมล็ด
	นอก	หุ้ม	ใน	นอก	หุ้ม	ใน	นอก	หุ้ม	ใน
น้ำหนักถาด(g)	79.59	75.82	101.92	80.24	85.39	76.42	79.51	77.13	86.39
น้ำหนักถาด+วัสดุ (g)	96.18	85.98	121.35	97.06	95.22	94.89	94.48	87.1	105.19
น้ำหนักวัสดุ(g)	16.59	10.16	19.43	16.82	9.83	18.47	14.97	9.97	18.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1-2 ค่าสัดส่วนต่างๆของสับดูมและค่าความชื้น

แฟกเตอร์ที่หา	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย	STDEV
สัดส่วนเปลือก%	74.49	75.35	74.21	74.68	0.60
สัดส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด%	10.58	10.43	10.88	10.63	0.23
สัดส่วนเมล็ดใน%	14.92	14.22	14.92	14.69	0.40
ความชื้นของเปลือก(%wb)	88.54	88.75	89.56	88.95	0.54
ความชื้นของเมล็ดใน(%wb)	33	34.53	34.74	34.09	0.95
ความชื้นของเปลือกหุ้มเมล็ด(%wb)	50.61	52.47	52.55	51.87	1.10
ความชื้นของทั้งผล(%wb)	76.23	77.50	77.36	77.03	0.7

ตารางที่ ก-2-1 ค่ามวล 1000 หน่วย (g)

ครั้งที่	น้ำหนักวัสดุ (g)			ค่ามวล 1000 หน่วย		
	ผล(100หน่วย)	เมล็ด(100หน่วย)	เนื้อใน(100หน่วย)	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน
1	1177.63	133.90	69.26	11776.30	1339.00	692.60
2	1608.92	131.17	69.01	16089.20	1311.70	690.10
3	1581.73	131.65	68.17	15817.30	1316.50	681.70
ค่าเฉลี่ย	1456.09	132.24	68.81	14560.93	1322.40	688.13
STDEV	241.54	1.46	0.57	2415.39	14.57	5.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (ผล)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	a(mm)	b(mm)	C(mm)	GMD(ผล)(mm)	Sphericity(ผล)
1	16.73	33.05	30.44	32.24	31.89	0.96
2	17.62	34.51	30.83	32.55	32.60	0.94
3	18.18	37.67	31.41	31.82	33.52	0.89
4	15.64	33.72	29.92	30.98	31.50	0.93
5	14.65	33.18	28.10	31.95	31.00	0.93
6	17.47	34.67	30.73	32.25	32.51	0.94
7	19.27	23.95	29.46	31.03	27.98	1.17
8	16.03	32.24	29.87	31.43	31.16	0.97
9	16.45	33.28	29.83	31.40	31.47	0.95
10	16.71	33.46	30.55	32.24	32.06	0.96
11	18.25	34.71	31.47	32.94	33.01	0.95
12	16.38	33.40	33.90	31.74	33.00	0.99
13	17.22	33.87	30.13	32.53	32.14	0.95
14	16.39	31.75	30.23	32.41	31.45	0.99
15	18.29	36.64	31.01	32.92	33.44	0.91
16	17.92	35.30	31.08	32.71	32.98	0.93
17	16.40	34.91	31.95	33.35	33.38	0.96
18	17.59	34.54	31.20	32.30	32.65	0.95
19	17.92	34.39	31.23	32.85	32.80	0.95
20	16.18	33.44	30.45	32.05	31.96	0.96
21	16.33	32.79	30.46	31.55	31.59	0.96
22	14.42	32.09	29.12	29.76	30.30	0.94
23	19.77	35.10	32.06	33.93	33.67	0.96
24	17.93	33.71	30.61	31.99	32.08	0.95
25	18.36	34.57	30.77	31.71	32.31	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (ผล)(ต่อ)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)	sphericity(ผล)
26	16.27	32.52	30.26	30.76	31.17	0.96
27	16.38	32.93	29.87	31.02	31.25	0.95
28	17.12	34.07	29.91	31.72	31.85	0.93
29	15.26	31.13	29.30	31.09	30.49	0.98
30	18.97	33.81	31.39	32.70	32.62	0.96
31	17.46	34.04	30.51	32.14	32.20	0.95
32	18.38	35.60	30.35	31.76	32.50	0.91
33	15.89	32.06	29.57	31.02	30.87	0.96
34	16.89	34.68	29.69	31.23	31.80	0.92
35	16.33	33.37	29.73	30.88	31.29	0.94
36	13.77	31.95	28.38	27.99	29.39	0.92
37	16.73	32.84	29.78	30.91	31.15	0.95
38	16.03	32.77	29.83	30.66	31.06	0.95
39	18.85	33.95	31.06	32.85	32.60	0.96
40	17.74	34.01	30.82	31.94	32.23	0.95
41	17.03	33.61	30.32	31.15	31.66	0.94
42	16.59	33.34	29.79	31.06	31.36	0.94
43	13.50	31.97	28.38	28.40	29.54	0.92
44	16.21	33.57	30.26	30.16	31.29	0.93
45	15.81	31.59	28.81	30.74	30.36	0.96
46	17.34	33.01	29.52	30.99	31.14	0.94
47	16.12	32.44	29.50	31.32	31.06	0.96
48	14.86	32.24	28.73	29.08	29.98	0.93
49	17.22	34.51	29.88	31.68	31.97	0.93
50	15.98	33.30	29.29	30.64	31.03	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (ผล)(ต่อ)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)	Sphericity(ผล)
51	15.66	32.64	29.60	30.88	31.02	0.95
52	16.82	32.53	29.55	30.85	30.95	0.95
53	15.76	31.15	29.44	31.24	30.60	0.98
54	16.81	32.67	30.08	31.32	31.34	0.96
55	17.46	32.97	30.10	31.87	31.62	0.96
56	19.10	35.33	31.55	32.91	33.23	0.94
57	18.11	32.94	30.88	32.36	32.05	0.97
58	17.18	34.17	31.03	32.34	32.49	0.95
59	15.84	33.07	29.64	31.01	31.21	0.94
60	12.89	32.80	27.21	29.91	29.89	0.91
61	17.56	33.50	29.21	31.11	31.22	0.93
62	14.97	34.57	31.06	32.69	32.74	0.95
63	16.35	33.88	29.53	31.48	31.58	0.93
64	14.35	34.06	30.46	31.32	31.91	0.94
65	14.93	35.34	29.58	31.15	31.93	0.90
66	14.95	34.48	28.85	31.47	31.52	0.91
67	15.69	32.99	29.36	29.54	30.59	0.93
68	15.34	32.83	29.90	31.23	31.30	0.95
69	13.96	33.68	28.14	32.44	31.33	0.93
70	16.37	32.10	29.38	31.02	30.81	0.96
71	14.83	32.55	30.55	32.08	31.72	0.97
72	15.01	32.22	29.22	30.49	30.62	0.95
73	16.27	31.43	29.28	30.95	30.54	0.97
74	14.92	32.38	30.37	31.35	31.36	0.97
75	17.08	32.69	30.01	30.80	31.15	0.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (ผล)(ต่อ)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)	sphericity(ผล)
76	17.31	34.23	30.63	32.27	32.34	0.94
77	15.18	34.13	31.12	32.14	32.44	0.95
78	14.81	34.05	30.25	32.13	32.11	0.94
79	15.86	32.5	29.38	30.82	30.87	0.95
80	11.90	33.64	29.91	31.05	31.50	0.94
81	16.48	29.68	26.54	29.84	28.65	0.97
82	17.59	32.11	30.52	31.02	31.21	0.97
83	15.32	36.07	30.83	31.96	32.88	0.91
84	15.77	33.77	29.25	30.81	31.22	0.92
85	17.25	33.10	30.50	31.04	31.53	0.95
86	17.62	34.86	30.34	32.46	32.50	0.93
87	16.84	35.10	31.06	32.45	32.83	0.94
88	16.47	32.86	30.68	32.48	31.99	0.97
89	16.25	33.13	30.45	31.69	31.74	0.96
90	16.18	34.48	29.46	31.00	31.58	0.92
91	17.64	34.81	30.85	31.81	32.45	0.93
92	12.79	31.38	27.33	30.63	29.73	0.95
93	17.46	35.03	31.07	32.47	32.82	0.94
94	15.96	32.76	30.32	31.80	31.61	0.96
95	16.06	33.46	30.66	31.61	31.89	0.95
96	14.51	31.35	28.26	31.26	30.26	0.97
97	16.10	32.22	31.15	32.10	31.82	0.99
98	15.31	34.17	27.85	32.46	31.38	0.92
99	16.35	34.03	30.36	31.31	31.86	0.94
100	16.94	33.61	30.78	31.86	32.06	0.95
ค่าเฉลี่ย	16.39	33.36	30.05	31.51	31.60	0.95
STDEV	1.42	1.58	1.08	0.97	1.00	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ด)

เมล็ดที่	น้ำหนักเมล็ด(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)	sphericity(เมล็ด)
1	1.30	21.39	9.45	11.91	13.40	0.63
2	1.43	21.60	9.87	12.14	13.73	0.64
3	1.31	21.01	9.56	11.91	13.37	0.64
4	1.39	21.21	10.20	12.24	13.83	0.65
5	1.47	22.25	9.72	12.56	13.95	0.63
6	1.43	21.47	9.84	12.61	13.86	0.65
7	1.27	19.66	9.70	12.03	13.19	0.67
8	1.31	21.29	9.27	12.07	13.36	0.63
9	1.40	21.08	9.88	12.25	13.66	0.65
10	1.52	22.01	10.05	11.87	13.80	0.63
11	1.27	20.80	9.13	12.21	13.24	0.64
12	1.46	21.88	10.00	11.98	13.79	0.63
13	1.36	21.35	9.51	12.04	13.47	0.63
14	1.37	21.79	9.75	12.17	13.73	0.63
15	1.47	21.37	9.94	12.14	13.71	0.64
16	1.41	22.17	9.74	12.04	13.75	0.62
17	1.36	21.49	9.73	11.83	13.52	0.63
18	1.47	22.18	9.79	12.61	13.99	0.63
19	1.17	20.27	9.13	11.65	12.92	0.64
20	1.33	21.74	9.64	11.70	13.48	0.62
21	1.49	21.31	10.22	12.53	13.97	0.66
22	1.11	19.52	9.28	11.19	12.66	0.65
23	1.36	20.50	9.96	12.39	13.63	0.66
24	1.28	20.68	9.67	11.83	13.32	0.64
25	1.28	21.05	9.39	11.90	13.30	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ด)(ต่อ)

เมล็ดที่	น้ำหนักเมล็ด(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)	sphericity(เมล็ด)
26	1.39	21.11	9.68	12.32	13.60	0.64
27	1.25	21.22	9.73	11.65	13.40	0.63
28	1.35	21.18	9.79	12.20	13.63	0.64
29	1.30	20.61	9.51	12.23	13.38	0.65
30	1.32	21.54	9.48	11.90	13.44	0.62
31	1.32	21.59	9.83	12.01	13.66	0.63
32	1.35	21.14	9.78	11.85	13.48	0.64
33	1.35	21.67	9.77	12.11	13.69	0.63
34	1.35	21.38	9.45	12.07	13.46	0.63
35	1.37	21.81	9.75	12.02	13.67	0.63
36	1.33	20.97	9.66	11.70	13.33	0.64
37	1.32	21.29	9.38	11.94	13.36	0.63
38	1.37	21.81	9.72	11.76	13.56	0.62
39	1.34	21.08	9.56	12.09	13.46	0.64
40	1.30	21.24	9.58	11.76	13.38	0.63
41	1.46	21.59	9.72	12.10	13.64	0.63
42	1.31	20.77	9.53	11.79	13.26	0.64
43	1.20	20.29	9.20	11.85	13.03	0.64
44	1.42	21.57	9.54	11.83	13.45	0.62
45	1.32	20.66	9.62	11.84	13.30	0.64
46	1.35	21.57	9.35	11.59	13.27	0.62
47	1.36	20.69	9.22	12.20	13.25	0.64
48	1.41	21.68	9.61	12.18	13.64	0.63
49	1.3	20.82	9.59	11.68	13.26	0.64
50	1.36	20.60	9.38	11.79	13.16	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ด)(ต่อ)

เมล็ดที่	น้ำหนักเมล็ด(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ด)(mm)	sphericity(เมล็ด)
51	1.32	20.69	9.75	11.91	13.39	0.65
52	1.26	20.91	9.91	12.08	13.58	0.65
53	1.41	21.75	9.40	11.91	13.45	0.62
54	1.31	20.96	9.55	12.25	13.48	0.64
55	1.20	20.42	8.80	12.08	12.95	0.63
56	1.54	21.79	10.05	12.58	14.02	0.64
57	1.32	20.82	9.39	11.64	13.15	0.63
58	1.39	22.16	9.81	11.73	13.66	0.62
59	1.36	21.15	9.67	12.10	13.53	0.64
60	1.31	21.07	9.53	12.23	13.49	0.64
61	1.16	21.45	9.75	11.65	13.46	0.63
62	1.40	19.84	9.19	11.43	12.77	0.64
63	1.27	21.49	9.50	12.26	13.58	0.63
64	1.35	20.49	9.24	12.07	13.17	0.64
65	1.35	20.51	9.69	11.99	13.36	0.65
66	1.31	21.26	9.62	11.97	13.48	0.63
67	1.37	21.69	9.38	11.50	13.28	0.61
68	1.37	21.14	9.58	12.13	13.49	0.64
69	1.36	21.41	9.56	12.00	13.49	0.63
70	1.35	21.01	9.39	12.11	13.37	0.64
71	1.46	21.26	9.52	11.90	13.40	0.63
72	1.45	21.45	9.51	12.48	13.65	0.64
73	1.40	21.21	9.78	12.34	13.68	0.64
74	1.13	21.07	9.61	12.49	13.62	0.65
75	1.44	19.87	8.93	11.20	12.57	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ด)(ต่อ)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(ผล)(mm)	sphericity(ผล)
76	1.23	21.87	9.60	12.60	13.83	0.63
77	1.16	20.76	9.32	11.89	13.20	0.64
78	1.37	20.79	8.88	11.66	12.91	0.62
79	1.28	21.68	10.08	11.71	13.68	0.63
80	1.39	20.6	9.13	11.91	13.08	0.64
81	1.39	21.34	9.87	12.00	13.62	0.64
82	1.25	21.16	9.47	12.18	13.46	0.64
83	1.21	20.53	9.02	11.75	12.96	0.63
84	1.29	20.14	9.42	11.46	12.95	0.64
85	1.25	20.89	9.43	12.00	13.32	0.64
86	1.25	21.13	9.69	11.56	13.33	0.63
87	1.34	20.76	9.62	11.74	13.28	0.64
88	1.33	20.98	9.49	12.02	13.38	0.64
89	1.36	20.09	9.60	11.85	13.17	0.66
90	1.28	21.48	9.64	12.00	13.54	0.63
91	1.27	20.52	9.30	11.62	13.04	0.64
92	1.43	21.52	9.76	12.59	13.83	0.64
93	1.29	20.93	9.35	11.80	13.22	0.63
94	1.46	21.74	9.90	12.12	13.77	0.63
95	1.24	20.21	9.51	11.44	13.00	0.64
96	1.39	21.04	9.86	12.07	13.58	0.65
97	1.37	12.56	9.63	11.85	11.27	0.90
98	1.25	20.71	9.33	12.12	13.28	0.64
99	1.19	20.69	8.96	11.45	12.85	0.62
100	1.27	20.17	9.99	11.60	13.27	0.66
ค่าเฉลี่ย	1.34	21.02	9.58	11.97	13.40	0.64
STDEV	0.08	1.03	0.28	0.30	0.36	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน)

เมล็ดในที	น้ำหนักเมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	sphericity(เมล็ดใน)
1	0.71	15.70	7.40	10.30	10.62	0.68
2	0.83	16.25	7.97	11.22	11.33	0.70
3	0.71	15.65	7.45	10.22	10.60	0.68
4	0.69	15.75	7.77	10.29	10.80	0.69
5	0.68	15.34	7.51	10.12	10.52	0.69
6	0.76	15.52	7.76	10.50	10.81	0.70
7	0.76	15.52	7.82	10.53	10.85	0.70
8	0.60	14.87	6.62	9.08	9.63	0.65
9	0.75	16.00	7.43	10.47	10.76	0.67
10	0.71	16.07	7.09	10.34	10.56	0.66
11	0.63	14.15	7.60	10.30	10.35	0.73
12	0.64	15.06	7.09	9.98	10.21	0.68
13	0.79	16.41	7.71	10.51	11.00	0.67
14	0.68	15.47	7.52	10.04	10.53	0.68
15	0.80	16.01	8.07	10.68	11.13	0.70
16	0.79	15.97	7.81	10.05	10.78	0.68
17	0.72	15.92	7.40	10.84	10.85	0.68
18	0.75	16.27	7.51	10.33	10.81	0.66
19	0.77	16.70	8.05	10.62	11.26	0.67
20	0.63	15.09	7.03	9.85	10.15	0.67
21	0.74	15.51	7.69	10.39	10.74	0.69
22	0.73	15.81	7.56	10.61	10.82	0.68
23	0.79	16.14	7.69	10.87	11.05	0.68
24	0.65	14.84	7.07	10.83	10.44	0.70
25	0.53	14.39	6.50	9.37	9.57	0.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 ค่า GMD และความเบ้ทรงกลม (เมล็ดใน)(ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	sphericity(เมล็ดใน)
26	0.66	15.04	7.45	9.76	10.30	0.69
27	0.60	14.44	7.06	9.94	10.04	0.70
28	0.68	15.42	7.64	10.11	10.60	0.69
29	0.72	15.91	7.40	10.68	10.79	0.68
30	0.63	14.83	7.25	9.75	10.16	0.68
31	0.68	15.18	7.50	10.51	10.62	0.70
32	0.67	15.17	7.22	9.92	10.28	0.68
33	0.73	15.38	7.53	10.41	10.64	0.69
34	0.66	15.15	7.21	10.15	10.35	0.68
35	0.68	14.98	7.67	10.00	10.47	0.70
36	0.67	15.46	7.05	10.19	10.36	0.67
37	0.77	16.06	7.83	10.69	11.04	0.69
38	0.71	15.32	7.58	10.19	10.58	0.69
39	0.69	15.30	7.36	10.26	10.49	0.69
40	0.62	15.38	7.22	9.97	10.34	0.67
41	0.76	15.62	7.69	10.41	10.77	0.69
42	0.69	15.28	7.46	10.45	10.60	0.69
43	0.72	15.47	7.71	10.39	10.74	0.69
44	0.68	15.65	7.27	10.26	10.53	0.67
45	0.70	15.42	7.52	10.08	10.53	0.68
46	0.76	16.21	7.44	10.71	10.89	0.67
47	0.67	15.65	7.43	10.22	10.59	0.68
48	0.75	16.11	7.91	10.26	10.93	0.68
49	0.71	15.66	7.58	10.45	10.74	0.69
50	0.76	16.09	7.92	10.18	10.91	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน)(ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	sphericity(เมล็ดใน)
51	0.80	15.93	7.96	10.74	11.08	0.70
52	0.74	15.89	7.24	10.70	10.72	0.67
53	0.72	15.99	7.53	10.13	10.68	0.67
54	0.66	15.24	7.60	10.11	10.54	0.69
55	0.69	15.64	7.38	10.18	10.55	0.67
56	0.76	15.77	7.85	10.56	10.93	0.69
57	0.69	15.31	7.76	9.79	10.52	0.69
58	0.64	15.46	6.80	10.05	10.19	0.66
59	0.75	15.71	7.51	10.53	10.75	0.68
60	0.73	15.57	7.53	10.48	10.71	0.69
61	0.65	15.23	6.90	10.56	10.35	0.68
62	0.76	15.49	7.71	10.67	10.84	0.70
63	0.75	15.86	7.78	10.09	10.76	0.68
64	0.62	15.47	7.30	9.83	10.35	0.67
65	0.81	16.12	8.05	10.83	11.20	0.69
66	0.67	15.15	6.96	10.19	10.24	0.68
67	0.71	16.13	7.54	10.33	10.79	0.67
68	0.70	15.64	7.28	10.48	10.61	0.68
69	0.74	15.37	7.65	10.39	10.69	0.70
70	0.64	14.92	7.13	10.33	10.32	0.69
71	0.69	15.14	7.48	10.02	10.43	0.69
72	0.70	15.79	7.31	10.32	10.60	0.67
73	0.67	13.75	7.50	10.83	10.38	0.75
74	0.61	14.69	7.12	10.14	10.20	0.69
75	0.66	14.99	7.31	10.15	10.36	0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 ค่า GMD และความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน)(ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	sphericity(เมล็ดใน)
76	0.61	14.90	7.0	10.04	10.15	0.68
77	0.75	16.30	7.62	10.64	10.97	0.67
78	0.69	15.32	7.47	10.43	10.61	0.69
79	0.63	15.55	7.22	9.75	10.31	0.66
80	0.73	15.81	7.41	10.63	10.76	0.68
81	0.68	15.21	7.4	10.26	10.49	0.69
82	0.70	15.30	7.70	10.35	10.68	0.70
83	0.55	14.39	6.91	9.56	9.83	0.68
84	0.63	14.66	6.86	10.08	10.05	0.69
85	0.72	15.76	7.71	10.38	10.80	0.69
86	0.55	14.43	6.86	9.74	9.88	0.68
87	0.52	14.55	6.72	9.37	9.71	0.67
88	0.67	15.40	7.44	9.90	10.43	0.68
89	0.71	15.18	7.35	10.41	10.51	0.69
90	0.71	15.46	7.42	10.52	10.65	0.69
91	0.62	14.58	7.20	9.80	10.09	0.69
92	0.72	15.81	7.24	10.37	10.59	0.67
93	0.64	15.14	6.99	10.31	10.29	0.68
94	0.7	15.85	7.45	10.00	10.57	0.67
95	0.67	15.19	7.29	10.24	10.43	0.69
96	0.59	14.61	7.02	10.01	10.09	0.69
97	0.75	15.96	7.99	10.24	10.93	0.68
98	0.75	15.78	7.29	9.83	10.42	0.66
99	0.68	15.97	7.61	9.78	10.59	0.66
100	0.71	14.79	7.09	9.77	10.08	0.68
ค่าเฉลี่ย	0.69	15.45	8.05	10.25	10.55	0.68
STDEV	0.06	0.54	6.27	0.36	0.34	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-6-1 ค่ามุม  $\theta$ 

ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้วัด									
ครั้งที่	แผ่นไม้ (องศา)			แผ่นเหล็ก (องศา)			แผ่นสแตนเลส (องศา)		
	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน
1	26	28	38	31	25	37	24	28	34
2	29	26	35	32	24	35	24	26	32
3	25	25	34	35	25	36	26	24	33
ค่าเฉลี่ย	26.67	26.33	35.67	32.67	24.67	36	24.67	26.00	33.00
STDEV	2.08	1.53	2.08	2.08	0.58	1.00	1.15	2.00	1.00

ตารางที่ ก-6-2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์									
ครั้งที่	แผ่นไม้ (องศา)			แผ่นเหล็ก (องศา)			แผ่นสแตนเลส (องศา)		
	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน
1	0.49	0.53	0.78	0.60	0.47	0.75	0.44	0.53	0.67
2	0.55	0.49	0.70	0.62	0.44	0.70	0.44	0.49	0.62
3	0.47	0.47	0.67	0.70	0.47	0.73	0.49	0.44	0.65
ค่าเฉลี่ย	0.50	0.49	0.72	0.64	0.46	0.73	0.46	0.49	0.65
STDEV	0.05	0.03	0.06	0.05	0.01	0.03	0.02	0.04	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-7-1 ค่าความสูงของกองวัสดุ (mm)

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบบรรจุ

ปริมาตรภาชนะบรรจุ 983.18 cm<sup>3</sup>

เส้นผ่าศูนย์กลางของฐานวงกลม 198.69 mm<sup>3</sup>

ครั้งที่	ผล (mm)	เมล็ด (mm)	เมล็ดใน (mm)
1	55.29	51.26	62.9
2	51.86	50.82	53.19
3	53.43	59.91	64.6
ค่าเฉลี่ย	53.53	54.00	60.23
STDEV	1.72	5.13	6.16

ตารางที่ ก-7-2 ค่ามุมกองพื้น

อุปกรณ์แบบบรรจุ

ครั้งที่	ผล (องศา)	เมล็ด (องศา)	เมล็ดใน (องศา)
1	55.29	51.26	62.9
2	51.86	50.82	53.19
3	53.43	59.91	64.6
ค่าเฉลี่ย	53.53	54.00	60.23
STDEV	1.72	5.13	6.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-8-1 ค่าความสูงและความกว้างของกองวัสดุ (mm)

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบถ่ายเท

ครั้งที่	ความสูง ของกอง วัสดุ (ผล) (mm)	ความกว้าง ของกอง วัสดุ (ผล) (mm)	ความสูง ของกอง วัสดุ (เฉลี่ย) (mm)	ความกว้าง ของกอง วัสดุ (เฉลี่ย) (mm)	ความสูง ของกอง วัสดุ (เฉลี่ยใน) (mm)	ความกว้าง ของกอง วัสดุ (เฉลี่ยใน) (mm)
1	182	192.29	74	100.07	95	100.07
2	174	192.29	87	100.07	90	100.07
3	180	192.29	72	100.07	94	100.07
ค่าเฉลี่ย	126.47	192.29	77.67	100.07	93.00	100.07
STDEV	94.46	0.00	8.14	0	2.65	0.00

ตารางที่ ก-8-2 ค่ามุมกองพื้น

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบถ่ายเท

ครั้งที่	ผล	เฉลี่ย	เฉลี่ยใน
1	43.45	36.50	43.53
2	42.16	41.02	41.99
3	43.13	35.75	43.23
ค่าเฉลี่ย	42.91	37.76	42.92
STDEV	0.67	2.85	0.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-9-1 ค่าปริมาตรของผล เมล็ด และเมล็ดในสับุด้า(cm<sup>3</sup>)

ขนาดบีกเกอร์ 250 ml

ปริมาณโทลูอินที่ใช้ 150 ml

ความหนาแน่นของโทลูอิน 0.86 g/cm<sup>3</sup>

ครั้งที่	น้ำหนัก (g)			น้ำหนักที่ซ่งในโทลูอิน (g)			ปริมาตร (cm <sup>3</sup> )		
	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน
1	13.58	1.28	0.59	12.72	1.05	0.45	14.79	1.22	0.52
2	19.07	1.4	0.71	16.88	1.18	0.56	19.63	1.37	0.65
3	17.05	1.43	0.56	15.23	1.31	0.46	17.71	1.52	0.53
4	17.65	1.38	0.67	15.63	1.12	0.57	18.17	1.30	0.66
5	19.13	1.32	0.72	17.01	1.12	0.61	19.78	1.30	0.71
6	14.87	1.44	0.61	13.33	1.22	0.51	15.50	1.42	0.59
7	18.22	1.29	0.69	16.59	1.09	0.63	19.29	1.27	0.73
8	17.31	1.41	0.54	15.72	1.17	0.49	18.28	1.36	0.57
9	15.37	1.56	0.62	13.82	1.26	0.5	16.07	1.47	0.58
10	16.61	1.34	0.62	14.8	1.05	0.5	17.21	1.22	0.58
11	17.47	1.36	0.73	15.72	1.21	0.62	18.28	1.41	0.72
12	15.71	1.35	0.6	14.33	1.1	0.5	16.66	1.28	0.58
13	17.17	1.36	0.75	15.51	1.11	0.64	18.03	1.29	0.74
14	14.18	1.42	0.63	12.68	1.16	0.54	14.74	1.35	0.63
15	15.8	1.28	0.73	14.13	1.03	0.6	16.43	1.20	0.70
16	15.29	1.47	0.66	14.55	1.23	0.56	16.92	1.43	0.65
17	16.29	1.37	0.65	14.85	1.11	0.6	17.27	1.29	0.70
18	16	1.3	0.74	14.48	1.05	0.63	16.84	1.22	0.73
19	14.05	1.31	0.67	13.13	1.1	0.57	15.27	1.28	0.66
20	15.68	1.4	0.65	14.19	1.15	0.55	16.50	1.34	0.64
ค่าเฉลี่ย	16.33	1.37	0.66	14.77	1.14	0.55	17.17	1.33	0.64
STDEV	1.57	0.07	0.06	1.29	0.08	0.06	1.49	0.09	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-9-2 ค่าความหนาแน่นเนื้อ(g/cm<sup>3</sup>)

ครั้งที่	ความหนาแน่นเนื้อ(g/cm <sup>3</sup> )		
	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน
1	0.92	1.05	1.13
2	0.97	1.02	1.09
3	0.96	0.94	1.05
4	0.97	1.06	1.00
5	0.97	1.01	1.02
6	0.96	1.02	1.03
7	0.94	1.02	0.95
8	0.95	1.04	0.95
9	0.96	1.06	1.06
10	0.97	1.10	1.07
11	0.96	0.97	1.01
12	0.94	1.06	1.03
13	0.95	1.05	1.01
14	0.96	1.05	1.00
15	0.96	1.07	1.05
16	0.90	1.03	1.01
17	0.94	1.06	0.93
18	0.95	1.06	1.01
19	0.92	1.02	1.01
20	0.95	1.05	1.02
ค่าเฉลี่ย	0.95	1.04	1.02
STDEV	0.02	0.04	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ก-10-1 ค่ามวลวัสดุรวม

ปริมาตรภาชนะที่บรรจุ 983.18 (cm<sup>3</sup>)

ครั้งที่	น้ำหนักวัสดุ(g)		
	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน
1	461.27	449.65	426.18
2	463.26	434.62	403.46
3	466.85	448.42	415.56
ค่าเฉลี่ย	463.79	444.23	415.07
STDEV	2.83	8.35	11.37

ตารางที่ ก-10-2 ค่าความหนาแน่นรวม (g/cm<sup>3</sup>)

ครั้งที่	ผล	เมล็ด	เมล็ดใน
1	0.47	0.46	0.43
2	0.47	0.44	0.41
3	0.47	0.46	0.42
ค่าเฉลี่ย	0.47	0.45	0.42
STDEV	0.00	0.01	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-11-1 น้ำหนักวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 1 ชั่วโมง

ชั่วโมง	ที่การอบ 40 °C	ที่การอบ 60 °C	ที่การอบ 80 °C
	น้ำหนักวัสดุ(g)	น้ำหนักวัสดุ(g)	น้ำหนักวัสดุ(g)
0	132.20	131.47	125.95
1	126.39	122.44	110.95
2	121.23	114.93	101.00
3	117.16	108.99	93.66
4	114.03	104.45	89.04
5	110.68	100.23	88.19
6	108.03	97.12	87.39
7	105.72	94.49	87.12
8	103.45	92.47	86.99
9	101.33	91.56	
10	99.83	90.77	
11	98.46	90.32	
12	97.36	90.08	
13	96.24	89.92	
14		89.82	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-12-1 ค่ามวล 100 หน่วยของเมล็ดในหลังการอบที่ 40, 60 °C และ

การนึ่ง (g)

ครั้งที่	ที่ 40°C (g)	ที่ 60°C (g)	การนึ่ง (g)
1	48.67	51.67	33.56
2	46.13	51.96	32.80
3	49.12	53.18	31.93
ค่าเฉลี่ย	47.97	52.27	32.76
STDEV	1.61	0.80	0.82

ตารางที่ ก-12-2 ค่ามวล 1000 หน่วยหลังการอบที่ 40, 60 °C และการนึ่ง (g)

ครั้งที่	ที่ 40°C (g)	ที่ 60°C (g)	การนึ่ง (g)
1	486.70	516.70	335.60
2	461.30	519.60	328.00
3	491.20	531.80	319.30
ค่าเฉลี่ย	479.73	522.70	327.63
STDEV	16.12	8.01	8.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-13 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40 °C

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
1	0.61	15.9	7.88	7.42	9.76	0.61
2	0.41	14.43	6.93	8.22	9.37	0.65
3	0.53	15.05	7.57	9.44	10.25	0.68
4	0.58	15.44	7.84	9.15	10.35	0.67
5	0.56	15.48	7.13	9.25	10.07	0.65
6	0.53	15.37	7.63	9.19	10.25	0.67
7	0.57	15.42	7.66	9.32	10.33	0.67
8	0.48	15.14	6.88	8.88	9.74	0.64
9	0.51	14.8	7.72	8.57	9.93	0.67
10	0.46	14.3	7.44	9.66	10.09	0.71
11	0.58	15.07	7.81	8.23	9.89	0.66
12	0.48	13.25	7.55	9.13	9.70	0.73
13	0.47	12.91	6.8	10.54	9.74	0.75
14	0.55	16.07	7.15	9.45	10.28	0.64
15	0.49	14.86	7.16	8.04	9.49	0.64
16	0.56	15.79	8.16	8.9	10.47	0.66
17	0.53	15.94	6.72	9.19	9.95	0.62
18	0.34	13.54	6.58	9.33	9.40	0.69
19	0.54	15.37	7.05	9.38	10.05	0.65
20	0.56	15.09	8.42	8.2	10.14	0.67
21	0.5	15.38	7.17	9.44	10.13	0.66
22	0.49	15.37	6.89	8.88	9.80	0.64
23	0.41	14.9	6.59	8.71	9.49	0.64
24	0.45	15.01	6.94	9.32	9.90	0.66
25	0.58	16.1	7.68	9.71	10.63	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-13 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40 °C (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
26	0.46	14.52	7.01	8.33	9.46	0.65
27	0.58	15.75	7.85	9.11	10.40	0.66
28	0.55	15.42	7.66	9.34	10.33	0.67
29	0.41	14.82	6.86	8.99	9.70	0.65
30	0.51	15.42	7.26	9.23	10.11	0.66
31	0.54	14.56	7.86	8.65	9.97	0.68
32	0.5	14.84	7.13	9.38	9.97	0.67
33	0.48	14.7	7.25	8.71	9.75	0.66
34	0.57	15.75	7.21	9.54	10.27	0.65
35	0.58	15.26	7.67	9.07	10.20	0.67
36	0.42	13.39	7.06	8.81	9.41	0.70
37	0.55	15.89	7.71	9.05	10.35	0.65
38	0.33	14.32	6.78	7.78	9.11	0.64
39	0.31	13.32	6.43	8.76	9.09	0.68
40	0.51	15.58	7.23	9.31	10.16	0.65
41	0.33	13.86	6.02	7.82	8.67	0.63
42	0.48	14.78	6.78	8.72	9.56	0.65
43	0.44	14.43	7	9.53	9.87	0.68
44	0.5	14.96	6.8	8.91	9.68	0.65
45	0.38	13.58	6.49	8.34	9.02	0.66
46	0.54	14.87	7.91	8.77	10.10	0.68
47	0.41	15.17	6.8	8.39	9.53	0.63
48	0.54	16	7.75	9.47	10.55	0.66
49	0.51	14.77	6.35	9.61	9.66	0.65
50	0.44	15.38	6.71	9.18	9.82	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-13 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40 °C (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
51	0.53	15.78	7.3	9.52	10.31	0.65
52	0.54	15.61	7.48	9.24	10.26	0.66
53	0.59	16.21	7.66	9.02	10.38	0.64
54	0.55	14.81	7.33	9.4	10.07	0.68
55	0.54	14.89	8.06	8.84	10.20	0.68
56	0.49	15.08	7.43	9.16	10.09	0.67
57	0.43	14.02	6.29	10.09	9.62	0.69
58	0.39	14.33	7.64	7.59	9.40	0.66
59	0.45	14.61	7.18	8.57	9.65	0.66
60	0.44	14.56	7.21	8.55	9.65	0.66
61	0.52	15.66	7.14	8.91	9.99	0.64
62	0.54	15.54	7.84	9.73	10.58	0.68
63	0.44	14.61	6.97	8.79	9.64	0.66
64	0.55	15.34	7.53	9.36	10.26	0.67
65	0.53	15.42	7.38	9.04	10.09	0.65
66	0.52	15.05	7.48	9.22	10.12	0.67
67	0.74	15.12	7.13	8.98	9.89	0.65
68	0.46	15.22	7.36	8.6	9.88	0.65
69	0.45	14.31	7.24	8.87	9.72	0.68
70	0.51	15.51	6.97	9.19	9.98	0.64
71	0.39	14.04	6.96	9.05	9.60	0.68
72	0.53	15.42	7.36	9.13	10.12	0.66
73	0.46	14.71	7.01	9.06	9.78	0.66
74	0.55	15.94	6.98	9.17	10.07	0.63
75	0.48	15.09	6.86	9.49	9.94	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-13 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40 °C (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนักหลัง40	a(40)	b(40)	c(40)	GMD(mm)	sphericity
76	0.45	15.43	7.18	8.64	9.86	0.64
77	0.43	15.59	7.12	8.32	9.74	0.62
78	0.38	13.74	7.14	8.19	9.30	0.68
79	0.48	15.2	7.32	8.47	9.80	0.65
80	0.5	14.64	7.72	9.15	10.11	0.69
81	0.56	15.47	7.57	9.14	10.23	0.66
82	0.5	14.8	7.73	8.76	10.01	0.68
83	0.49	14.74	7.47	8.71	9.86	0.67
84	0.49	15.31	7.81	8.75	10.15	0.66
85	0.51	14.71	7.41	9.49	10.11	0.69
86	0.44	14.88	6.95	8.88	9.72	0.65
87	0.61	16.52	7.45	9.46	10.52	0.64
88	0.54	15.76	7.6	9.1	10.29	0.65
89	0.52	15.24	7.48	9.12	10.13	0.66
90	0.48	14.28	7.05	8.57	9.52	0.67
91	0.48	15.52	7.15	8.52	9.81	0.63
92	0.54	15.13	7.09	9.88	10.20	0.67
93	0.35	13.27	6.66	8.92	9.24	0.70
94	0.57	15.05	7.61	9.39	10.25	0.68
95	0.59	15.85	7.44	10.04	10.58	0.67
96	0.42	13.41	7.15	8.54	9.36	0.70
97	0.44	14.04	6.97	8.88	9.54	0.68
98	0.48	14.41	6.92	9.62	9.86	0.68
99	0.47	15.14	7.41	9.33	10.15	0.67
100	0.51	15	7.5	9.03	10.05	0.67
ค่าเฉลี่ย	0.49	14.97	7.26	9.00	9.92	0.66
STDEV	0.07	0.73	0.43	0.52	0.37	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-14 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 60 °C

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
1	0.57	14.29	6.35	10.03	9.69	0.68
2	0.5	15.1	6.61	9.02	9.66	0.64
3	0.53	13.9	6.24	8.88	9.17	0.66
4	0.52	14.02	7.01	9.18	9.66	0.69
5	0.48	13.91	6.28	8.91	9.20	0.66
6	0.51	13.62	5.88	8.82	8.91	0.65
7	0.45	14.28	6.73	8.83	9.47	0.66
8	0.57	15.07	6.3	8.62	9.35	0.62
9	0.64	14.23	6.56	9.25	9.52	0.67
10	0.46	14.32	6.5	8.25	9.16	0.64
11	0.55	14.43	6.08	8.87	9.20	0.64
12	0.56	14.22	5.98	9.06	9.17	0.64
13	0.61	14.47	6.75	9.22	9.66	0.67
14	0.53	13.56	6.65	8.94	9.31	0.69
15	0.57	15.1	7.05	9.39	10.00	0.66
16	0.53	15.21	6.6	9.57	9.87	0.65
17	0.43	13.77	5.71	8.4	8.71	0.63
18	0.56	14.39	6.1	8.97	9.23	0.64
19	0.5	14.88	6.75	8.48	9.48	0.64
20	0.53	14.12	5.97	8.99	9.12	0.65
21	0.62	14.33	6.09	8.98	9.22	0.64
22	0.5	13.98	5.62	8.65	8.79	0.63
23	0.48	13.85	6.69	9.09	9.44	0.68
24	0.52	15.08	6.41	9.41	9.69	0.64
25	0.43	13.56	5.51	9.34	8.87	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-14 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 60 °C (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
26	0.67	14.41	6.61	9.44	9.65	0.67
27	0.58	14.15	6.3	8.92	9.26	0.65
28	0.57	14.72	7.3	8.49	9.70	0.66
29	0.5	14.07	6.11	9.09	9.21	0.65
30	0.47	13.86	6.4	8.91	9.25	0.67
31	0.44	13.23	6.61	9.34	9.35	0.71
32	0.62	14.4	6.38	9.42	9.53	0.66
33	0.6	14.92	6.97	9.09	9.81	0.66
34	0.45	13.64	7.03	9.03	9.53	0.70
35	0.53	14.66	6.08	9.17	9.35	0.64
36	0.45	14.41	6.67	8.83	9.47	0.66
37	0.57	13.97	6.39	8.93	9.27	0.66
38	0.54	14.27	7.04	8.91	9.64	0.68
39	0.55	14.43	6.72	9.16	9.61	0.67
40	0.51	14.8	7.19	9.15	9.91	0.67
41	0.5	14.73	7.29	9.22	9.97	0.68
42	0.65	13.88	6.69	9.44	9.57	0.69
43	0.49	14.13	6.78	8.99	9.51	0.67
44	0.47	13.62	7.12	8.59	9.41	0.69
45	0.61	13.58	6.2	9.54	9.30	0.68
46	0.44	14.35	6.54	8.78	9.38	0.65
47	0.38	13.53	6.42	8.79	9.14	0.68
48	0.59	14.35	6.7	8.65	9.40	0.66
49	0.56	13.76	6.21	8.67	9.05	0.66
50	0.56	14.72	6.88	9.07	9.72	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-14 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 60 °C (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
51	0.46	14.03	6.57	9.01	9.40	0.67
52	0.64	14.67	6.94	9.28	9.81	0.67
53	0.48	14.52	7.29	9.28	9.94	0.68
54	0.49	13.89	5.49	9.17	8.88	0.64
55	0.58	14.87	6.84	9.62	9.93	0.67
56	0.55	14.85	7.24	9.57	10.10	0.68
57	0.53	14.41	6.5	8.85	9.39	0.65
58	0.53	14.43	6.56	9.04	9.49	0.66
59	0.55	13.66	6.34	9.16	9.26	0.68
60	0.59	14.63	6.36	9.21	9.50	0.65
61	0.49	14.09	6.38	9.82	9.59	0.68
62	0.58	15.4	7.15	9.26	10.06	0.65
63	0.51	14.15	6.72	9.07	9.52	0.67
64	0.49	14.05	7.14	9.1	9.70	0.69
65	0.61	14.58	5.79	9.4	9.26	0.63
66	0.44	13.96	6.19	8.95	9.18	0.66
67	0.62	14.39	5.98	8.22	8.91	0.62
68	0.49	14.31	6.95	9	9.64	0.67
69	0.57	15.16	6.8	9.01	9.76	0.64
70	0.52	12.95	5.44	7.87	8.22	0.63
71	0.57	13.89	6.31	9	9.24	0.67
72	0.52	14.37	5.69	9.38	9.15	0.64
73	0.55	14.47	7.35	8.83	9.79	0.68
74	0.61	14.91	6.24	8.26	9.16	0.61
75	0.51	13.68	5.56	8.82	8.75	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-14 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 60 °C (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
76	0.54	13.76	5.82	9.56	9.15	0.66
77	0.54	14.52	6.84	9.01	9.64	0.66
78	0.56	14.61	6.01	8.93	9.22	0.63
79	0.53	13.91	6.8	8.88	9.44	0.68
80	0.52	14.66	6.24	9.27	9.47	0.65
81	0.54	13.98	6.81	8.83	9.44	0.68
82	0.53	14.19	6.04	9.21	9.24	0.65
83	0.52	14.63	6.95	8.97	9.70	0.66
84	0.53	14.63	6.53	9.09	9.54	0.65
85	0.55	14.55	6.17	8.34	9.08	0.62
86	0.54	13.91	6.12	8.09	8.83	0.63
87	0.41	13.8	6.56	8.36	9.11	0.66
88	0.44	14.25	6.95	8.99	9.62	0.68
89	0.49	14.32	6.68	8.68	9.40	0.66
90	0.45	13.39	6.19	9.07	9.09	0.68
91	0.42	13.87	6.2	9.22	9.26	0.67
92	0.49	13.88	6.69	8.05	9.08	0.65
93	0.43	13.58	5.93	8.61	8.85	0.65
94	0.49	13.15	5.64	9.08	8.77	0.67
95	0.56	15.01	6.65	9.47	9.81	0.65
96	0.47	14.03	6.61	8.55	9.26	0.66
97	0.43	13.33	6.18	8.52	8.89	0.67
98	0.37	13.89	6.33	8.63	9.12	0.66
99	0.44	12.88	6.19	8.68	8.85	0.69
100	0.42	12.71	6.28	8.54	8.80	0.69
ค่าเฉลี่ย	0.52	14.20	6.46	8.98	9.37	0.66
STDEV	0.06	0.53	0.45	0.38	0.35	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-15 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมสซีดไน) หลังการนึ่ง

เมสซีดไนที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
1	0.37	15.29	3.65	10.02	8.24	0.54
2	0.22	12.01	2.49	9.2	6.50	0.54
3	0.29	14.15	3.25	9.64	7.62	0.54
4	0.29	13.56	3.2	9.9	7.55	0.56
5	0.35	14.43	3.69	9.84	8.06	0.56
6	0.32	14.37	3.14	10.05	7.68	0.53
7	0.32	14.87	3.11	9.66	7.64	0.51
8	0.32	14.49	3.57	9.87	7.99	0.55
9	0.37	14.71	4.01	9.95	8.37	0.57
10	0.29	13.61	2.81	9.81	7.21	0.53
11	0.32	14.39	3.39	9.46	7.73	0.54
12	0.35	14.91	3.62	8.84	7.81	0.52
13	0.36	14.83	3.79	10.02	8.26	0.56
14	0.32	14.74	3.18	10.16	7.81	0.53
15	0.42	15.3	4.39	9.64	8.65	0.57
16	0.38	15.33	4.09	10.24	8.63	0.56
17	0.38	14.34	2.94	10.51	7.62	0.53
18	0.24	12.9	2.32	10.02	6.69	0.52
19	0.33	14.6	3.09	8.37	7.23	0.50
20	0.34	14.87	3.49	9.52	7.91	0.53
21	0.23	12.8	2.83	8.65	6.79	0.53
22	0.3	12.62	2.84	9.33	6.94	0.55
23	0.36	12.87	2.52	9.74	6.81	0.53
24	0.28	13.78	2.94	9.04	7.15	0.52
25	0.37	13.38	3.24	9.71	7.49	0.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-15 ค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการนึ่ง (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
26	0.29	13.51	2.73	9.23	6.98	0.52
27	0.28	13.33	2.76	9.2	6.97	0.52
28	0.34	14.21	2.64	9.76	7.15	0.50
29	0.28	13.58	2.7	8.86	6.87	0.51
30	0.35	14.51	2.93	9.2	7.31	0.50
31	0.28	13.1	2.42	8.9	6.56	0.50
32	0.37	13.99	3.37	13.82	8.67	0.62
33	0.34	13.15	3.01	13.39	8.09	0.62
34	0.28	12.63	2.84	8.44	6.71	0.53
35	0.35	13.52	3.21	9.27	7.38	0.55
36	0.21	11.01	2.35	8.45	6.02	0.55
37	0.32	13.21	2.83	9.23	7.01	0.53
38	0.28	13.42	2.52	8.85	6.69	0.50
39	0.29	13.55	2.85	8.52	6.90	0.51
40	0.27	12.41	2.9	9.13	6.90	0.56
41	0.2	11.45	2.9	7.14	6.19	0.54
42	0.25	11.45	2.83	8.44	6.49	0.57
43	0.3	12.44	3.12	9.14	7.08	0.57
44	0.26	13.28	2.71	8.66	6.78	0.51
45	0.25	12.23	2.35	9.15	6.41	0.52
46	0.28	14.28	2.91	8.9	7.18	0.50
47	0.29	12.34	3.2	9.65	7.25	0.59
48	0.45	14.8	4.12	9.37	8.30	0.56
49	0.38	14.5	3.55	9.41	7.85	0.54
50	0.32	15.39	2.61	9.01	7.13	0.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-15 บันทึกค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดโน) หลังการนึ่ง (ต่อ)

เมล็ดโนที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
51	0.33	13.61	2.76	9.64	7.13	0.52
52	0.24	11.87	2.48	8.37	6.27	0.53
53	0.27	13.15	2.84	8.75	6.89	0.52
54	0.28	12.94	3.11	8.55	7.01	0.54
55	0.38	15.11	3.53	9.42	7.95	0.53
56	0.35	14.34	3.23	9.1	7.50	0.52
57	0.33	13.06	2.99	9.19	7.11	0.54
58	0.29	13.26	2.67	8.81	6.78	0.51
59	0.31	12.9	2.72	9.66	6.97	0.54
60	0.38	14.76	3.13	9.28	7.54	0.51
61	0.31	13.9	3.6	8.72	7.58	0.55
62	0.34	13.73	2.75	9.59	7.13	0.52
63	0.35	14.08	3.11	9.47	7.46	0.53
64	0.36	12.39	3.11	8.99	7.02	0.57
65	0.38	13	3.38	9.83	7.56	0.58
66	0.22	14.26	2.33	7.39	6.26	0.44
67	0.28	13.47	2.55	8.96	6.75	0.50
68	0.4	12.28	3.5	8.9	7.26	0.59
69	0.28	12.98	2.75	8.49	6.72	0.52
70	0.16	14	1.53	7.92	5.54	0.40
71	0.32	13	2.91	9.4	7.08	0.54
72	0.35	14.68	3.14	8.7	7.37	0.50
73	0.32	13.91	3.05	9.31	7.34	0.53
74	0.37	14.02	3.27	9.36	7.54	0.54
75	0.34	13.26	2.99	9.51	7.22	0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-15 บันทึกค่า GMD และค่าความเป็นทรงกลม (เมล็ดใน) หลังการนึ่ง (ต่อ)

เมล็ดในที่	น้ำหนัก(g)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	GMD(mm)	sphericity
76	0.38	13.11	2	9.01	6.18	0.47
77	0.28	13.26	2.4	8.6	6.49	0.49
78	0.25	13.58	2.27	8.71	6.45	0.48
79	0.28	13.64	2.63	9.32	6.94	0.51
80	0.27	13.05	2.44	8.58	6.49	0.50
81	0.35	12.32	3.88	9.02	7.55	0.61
82	0.27	14.37	6.66	8.67	9.40	0.65
83	0.26	13.34	2.17	8.92	6.37	0.48
84	0.41	12.85	3.49	9.85	7.62	0.59
85	0.3	13.42	2.89	8.68	6.96	0.52
86	0.29	13.18	2.76	8.71	6.82	0.52
87	0.41	14.03	3.14	9.48	7.47	0.53
88	0.33	13.41	3.04	8.86	7.12	0.53
89	0.36	13.51	3.26	9.41	7.46	0.55
90	0.3	13.87	2.96	9.32	7.26	0.52
91	0.32	12.96	2.78	9.09	6.89	0.53
92	0.39	14.94	3.41	9.44	7.83	0.52
93	0.27	12.04	2.63	8.97	6.57	0.55
94	0.41	12.1	3.36	8.87	7.12	0.59
95	0.27	13.85	2.75	8.16	6.77	0.49
96	0.26	13.47	2.83	8.28	6.81	0.51
97	0.28	12.83	2.72	8.52	6.67	0.52
98	0.29	11.89	2.82	9.38	6.80	0.57
99	0.26	13.25	2.79	8.33	6.75	0.51
100	0.22	12.86	2.22	8.02	6.12	0.48
ค่าเฉลี่ย	0.31	13.54	3.02	9.22	7.19	0.53
STDEV	0.05	0.95	0.60	0.87	0.64	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-16-1 ค่าความสูง (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบบรรจุ

ปริมาตรภาชนะบรรจุ 983.18 cm<sup>3</sup>

เส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลม 198.69 mm<sup>3</sup>

ครั้งที่	ความสูงกองวัสดุที่ 40°C	ความสูงกองวัสดุที่ 60°C	ความสูงกองวัสดุที่การนึ่ง
1	51.69	59.09	67.55
2	44.98	55.36	62.65
3	53.9	51.27	63.97
ค่าเฉลี่ย	50.19	55.24	64.72
STDEV	4.65	3.91	2.54

ตารางที่ ก-16-2 ค่ามุมกองพื้น (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบบรรจุ

ครั้งที่	มุมกองที่ 40°C	มุมกองที่ 60°C	มุมกองพื้นที่การนึ่ง
1	27.50	30.76	34.23
2	24.37	29.14	32.25
3	28.50	27.31	32.79
ค่าเฉลี่ย	26.79	29.07	33.09
STDEV	2.15	1.73	1.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-17-1 ค่าความสูงและความกว้างของวัสดุ (เมสส์โคโน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบถ่ายเท

ครั้งที่	ที่ 40°C		ที่ 60°C		ที่การนึ่ง	
	ความสูง กองวัสดุ (mm)	ความกว้าง กองวัสดุ (mm)	ความสูง กองวัสดุ (mm)	ความกว้าง กองวัสดุ (mm)	ความสูงกอง วัสดุ (mm)	ความกว้าง กองวัสดุ (mm)
1	84	100.07	90	100.07	100	14.88
2	80	100.07	93	100.07	100	10.73
3	87	100.07	86	100.07	100	7.17
ค่าเฉลี่ย	83.67	100.07	89.67	100.07	100.00	10.93
STDEV	3.51	0	3.51	0	0.00	3.86

ตารางที่ ก-17-2 ค่ามุมกองพื้นของวัสดุ (เมสส์โคโน) หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบถ่ายเท

ครั้งที่	ที่ 40°C	ที่ 60°C	ที่การนึ่ง
1	40.03	41.99	81.58
2	38.66	42.92	83.92
3	41.02	40.70	85.94
ค่าเฉลี่ย	39.90	41.87	83.81
STDEV	1.19	1.12	2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-18-1 ค่ามุม  $\theta$  ที่อ่านได้จากอุปกรณ์สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ หลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

ครั้งที่	ที่ 40°C			ที่ 60°C			ที่การนึ่ง		
	ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้			ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้			ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้		
	แผ่นไม้	แผ่นเหล็ก	แผ่นสแตนเลส	แผ่นไม้	แผ่นเหล็ก	แผ่นสแตนเลส	แผ่นไม้	แผ่นเหล็ก	แผ่นสแตนเลส
1	26	25	10	32	32	13	37	36	30
2	25	24	13	33	34	19	36	34	31
3	28	25	11	33	36	14	36	36	30
ค่าเฉลี่ย	26.33	24.67	11.33	32.67	34.00	15.33	36.33	35.33	30.33
STDEV	1.53	0.58	1.53	0.58	2.00	3.21	0.58	1.15	0.58

ตารางที่ ก-18-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ ของวัสดุหลังการอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง

ครั้งที่	ที่ 40°C			ที่ 60°C			ที่การนึ่ง		
	ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้			ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้			ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้		
	แผ่นไม้	แผ่นเหล็ก	แผ่นสแตนเลส	แผ่นไม้	แผ่นเหล็ก	แผ่นสแตนเลส	แผ่นไม้	แผ่นเหล็ก	แผ่นสแตนเลส
1	0.49	0.47	0.18	0.62	0.62	0.23	0.75	0.73	0.58
2	0.47	0.44	0.23	0.65	0.67	0.34	0.73	0.67	0.60
3	0.53	0.47	0.19	0.65	0.73	0.25	0.73	0.73	0.58
ค่าเฉลี่ย	0.49	0.46	0.20	0.64	0.67	0.27	0.74	0.71	0.58
STDEV	0.03	0.01	0.03	0.01	0.05	0.06	0.02	0.03	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-19-1 ค่าปริมาตรของวัสดุ (เมล็ดใน) หลังการอบที่ 40°C

ขนาดบีกเกอร์ 250 ml

ปริมาณโทลูอีนที่ใช้ 150 ml

ความหนาแน่นของโทลูอีน 0.86 g/cm<sup>3</sup>

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้		
	น้ำหนัก(g)	น้ำหนักที่ชั่งในโทลูอีน(g)	ปริมาตรสูญค่า(เมล็ดใน) (cm <sup>3</sup> )
1	0.62	0.58	0.67
2	0.55	0.50	0.58
3	0.46	0.44	0.51
4	0.50	0.47	0.55
5	0.46	0.42	0.49
6	0.52	0.45	0.52
7	0.55	0.51	0.59
8	0.59	0.54	0.63
9	0.54	0.40	0.47
10	0.57	0.49	0.57
11	0.59	0.51	0.59
12	0.49	0.42	0.49
13	0.43	0.36	0.42
14	0.54	0.48	0.56
15	0.50	0.51	0.59
16	0.51	0.53	0.62
17	0.56	0.45	0.52
18	0.58	0.49	0.57
19	0.47	0.40	0.47
20	0.49	0.41	0.48
ค่าเฉลี่ย	0.53	0.47	0.54
STDEV	0.05	0.06	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-19-2 ค่าปริมาตรวัสดุ (เมล็ดใน) หลังการอบ 60°C

ขนาดบีกเกอร์ 250 ml

ปริมาณโทลูอีนที่ใช้ 150 ml

ความหนาแน่นของ โทลูอีน 0.86 g/cm<sup>3</sup>

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้		
	น้ำหนัก(g)	น้ำหนักที่ชั่งในโทลูอีน(g)	ปริมาตรเมล็ด(เมล็ดใน) (cm <sup>3</sup> )
1	0.54	0.47	0.55
2	0.52	0.44	0.51
3	0.53	0.46	0.53
4	0.52	0.42	0.49
5	0.60	0.52	0.60
6	0.61	0.51	0.59
7	0.62	0.57	0.66
8	0.53	0.49	0.57
9	0.55	0.48	0.56
10	0.55	0.45	0.52
11	0.48	0.46	0.53
12	0.59	0.52	0.60
13	0.54	0.53	0.62
14	0.54	0.46	0.53
15	0.59	0.51	0.59
16	0.55	0.45	0.52
17	0.52	0.46	0.53
18	0.57	0.56	0.65
19	0.59	0.47	0.55
20	0.59	0.49	0.57
ค่าเฉลี่ย	0.56	0.49	0.57
STDEV	0.04	0.04	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-19-3 ค่าปริมาตรวัสดุ (เมล็ดใบ) หลังการนึ่ง

ขนาดบีกเกอร์ 250 ml

ปริมาณ โทลูอินที่ใช้ 150 ml

ความหนาแน่นของ โทลูอิน  $0.86 \text{ g/cm}^3$

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้		
	น้ำหนัก(g)	น้ำหนักที่ชั่งในโทลูอิน(g)	ปริมาตรสบูดำ(เมล็ดใบ) ( $\text{cm}^3$ )
1	0.35	0.28	0.33
2	0.31	0.26	0.30
3	0.39	0.32	0.37
4	0.37	0.3	0.35
5	0.33	0.25	0.29
6	0.28	0.23	0.27
7	0.42	0.37	0.43
8	0.3	0.22	0.26
9	0.34	0.27	0.31
10	0.34	0.25	0.29
11	0.35	0.27	0.31
12	0.28	0.21	0.24
13	0.33	0.25	0.29
14	0.33	0.28	0.33
15	0.34	0.27	0.31
16	0.37	0.29	0.34
17	0.34	0.27	0.31
18	0.25	0.22	0.26
19	0.28	0.23	0.27
20	0.32	0.24	0.28
ค่าเฉลี่ย	0.33	0.26	0.31
STDEV	0.04	0.04	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-19-4 ค่าความหนาแน่นเนื้อของวัสดุหลังการอบที่ 40,  
60°C และการนึ่ง

ครั้งที่	40°C	60°C	การนึ่ง
1	0.99	0.92	1.08
2	1.02	0.95	1.03
3	0.99	0.90	1.05
4	1.06	0.91	1.06
5	0.99	0.94	1.14
6	1.03	0.99	1.05
7	0.94	0.93	0.98
8	0.93	0.94	1.17
9	0.99	1.16	1.08
10	1.05	1.00	1.17
11	0.90	0.99	1.11
12	0.98	1.00	1.15
13	0.88	1.03	1.14
14	1.01	0.97	1.01
15	0.99	0.84	1.08
16	1.05	0.83	1.10
17	0.97	1.07	1.08
18	0.88	1.02	0.98
19	1.08	1.01	1.05
20	1.04	1.03	1.15
ค่าเฉลี่ย	0.99	0.97	1.08
STDEV	0.06	0.08	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-20-1 ค่าน้ำหนักของวัสดุ (เมล็ดใน) ที่บรรจุจนเต็มภาชนะ  
พอดีที่การอบที่ 40, 60°C และการนึ่ง (g)

ปริมาตรภาชนะบรรจุ 983.18 cm<sup>3</sup>

ครั้งที่	ที่ 40°C	60°C	การนึ่ง
1	402.35	395	488.6
2	399.84	396.44	498.89
3	401.32	396.69	514.15
ค่าเฉลี่ย	401.17	396.04	500.55
STDEV	1.26	0.91	12.86

ตารางที่ ก-20-2 ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุ (เมล็ดใน) ที่การอบที่  
40, 60°C และการนึ่ง (g)

ครั้งที่	ที่ 40°C	60°C	การนึ่ง
1	0.41	0.40	0.50
2	0.41	0.40	0.51
3	0.41	0.40	0.52
ค่าเฉลี่ย	0.41	0.40	0.51
STDEV	0.00	0.00	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-21-1 ค่าแรงแตก ความแข็งและพลังงานที่ใช้ทำให้แตกของผล

ครั้งที่	แรงกดแตกหัก (N)	ความแข็ง (N/mm)	พลังงานที่ใช้ทำให้แตก (N.mm)
1	126.527	31.139	209.752
2	102.001	29.108	144.84
3	83.745	30.448	104.766
4	172.833	39.906	332.989
5	155.423	37.927	274.975
6	232.456	27.297	984.474
7	207.099	39.195	521.87
8	150.271	34.17	293.431
9	80.898	28.262	104.595
10	139.25	34.319	217.297
11	91.959	25.518	139.582
12	158.259	28.335	413.681
13	79.074	28.383	94.534
14	96.251	30.17	120.372
15	85.014	23.041	144.832
16	214.761	36.724	574.658
17	218.299	38.377	588.259
18	205.767	31.983	646.043
19	71.397	17.041	147.731
20	84.446	24.406	129.691
21	87.525	26.4	130.153
ค่าเฉลี่ย	135.39	30.58	300.88
STDEV	54.86	5.88	237.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-21-2 ค่าแรงแตก ความแข็งและพลังงานที่ใช้ทำให้แตกของเมล็ด

ครั้งที่	แรงกดแตกหัก (N)	ความแข็ง (N/mm)	พลังงานที่ใช้ทำให้แตก (N.mm)
1	132.787	61.672	110.71
2	132.063	66.379	101.756
3	159.866	71.115	138.73
4	158.387	78.475	128.233
5	150.058	73.956	125.018
6	155.547	73.366	140.334
7	137.519	75.757	102.189
8	158.373	78.817	130.25
9	175.597	80.912	154.849
10	158.471	75.467	133.869
11	164.282	76.065	144.188
12	165.522	60.302	164.654
13	142.698	70.33	118.196
14	125.385	64.887	96.146
15	138.974	68.153	111.875
16	147.822	65.593	137.859
17	134.452	63.935	115.858
18	124.833	62.465	100.791
19	134.334	62.497	115.714
20	154.329	68.79	146.769
21	127.826	70.655	95.28
ค่าเฉลี่ย	146.63	69.98	124.44
STDEV	14.82	6.22	19.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-21-3 ค่าแรงแตก ความแข็งและพลังงานที่ใช้ทำให้แตกของเมล็ดใน

ครั้งที่	แรงกดแตกหัก (N)	ความแข็ง (N/mm)	พลังงานที่ใช้ทำให้แตก (N.mm)
1	90.549	41	80.005
2	81.669	37.813	76.542
3	57.942	40.954	32.267
4	55.899	38.599	30.778
5	85.246	40.584	77.971
6	52.831	37.712	28.836
7	82.698	46.719	58.841
8	28.197	21.778	15.481
9	59.583	34.582	42.358
10	96.602	42.123	98.267
11	44.846	31.136	24.554
12	49.07	38.265	24.004
13	58.707	33.136	40.783
14	54.731	38.982	31.832
15	85.673	44.268	70.49
16	57.802	35.481	39.146
17	71.782	37.98	49.234
18	55.867	41.532	31.203
19	83.207	48.274	62.465
20	101.433	39.396	117.048
21	67.72	38.52	51.61
ค่าเฉลี่ย	19.52	5.73	27.54
STDEV	14.82	6.22	19.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-22-1 คำนวณน้ำหนักตัวอย่างและน้ำมันที่ใช้หาปริมาณน้ำมัน (g)

ตัวอย่างที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักบีกเกอร์(g)	น้ำหนักน้ำมันที่ได้(g)
40	3.15	113.37	1.16
60	3.45	108.94	1.18
80	3.23	108.38	1.52
การนึ่ง	3.53	110.37	0.64

ตารางที่ ก-23-1ค่าปริมาตรของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไป

สถานะที่ทดลอง	ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ไป (N)
40°C	4.9
60°C	3.2
80°C	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-24 ค่าพื้นที่ผิวของผลสับดูต้า (mm<sup>2</sup>)

ผลที่	GMD(ผล)	พื้นที่ผิว
1	31.89	3193.29
2	32.60	3337.07
3	33.52	3528.07
4	31.50	3115.67
5	31.00	3017.54
6	32.51	3318.67
7	27.98	2458.24
8	31.16	3048.77
9	31.47	3109.73
10	32.06	3227.43
11	33.01	3421.53
12	33.00	3419.46
13	32.14	3243.56
14	31.45	3105.78
15	33.44	3511.25
16	32.98	3415.32
17	33.38	3498.66
18	32.65	3347.31
19	32.80	3378.14
20	31.96	3207.33
21	31.59	3133.49
22	30.30	2882.80
23	33.67	3559.72
24	32.08	3231.46
25	32.31	3277.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-24 ค่าพื้นที่ผิวของผลสับดูดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

ผลที่	GMD(ผล)	พื้นที่ผิว
26	31.17	3050.73
27	31.25	3066.41
28	31.85	3185.29
29	30.49	2919.07
30	32.62	3341.16
31	32.20	3255.68
32	32.50	3316.63
33	30.87	2992.28
34	31.80	3175.29
35	31.29	3074.26
36	29.39	2712.24
37	31.15	3046.81
38	31.06	3029.23
39	32.60	3337.07
40	32.23	3261.75
41	31.66	3147.40
42	31.36	3088.03
43	29.54	2740.00
44	31.29	3074.26
45	30.36	2894.23
46	31.14	3044.86
47	31.06	3029.23
48	29.98	2822.23
49	31.97	3209.33
50	31.03	3023.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-24 ค่าพื้นที่ผิวของผลสบูดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

ผลที่	GMD(ผล)	พื้นที่ผิว
51	31.02	3021.43
52	30.95	3007.81
53	30.60	2940.17
54	31.34	3084.09
55	31.62	3139.45
56	33.23	3467.29
57	32.05	3225.42
58	32.49	3314.58
59	31.21	3058.56
60	29.89	2805.31
61	31.22	3060.52
62	32.74	3365.79
63	31.58	3131.51
64	31.91	3197.30
65	31.93	3201.31
66	31.52	3119.62
67	30.59	2938.25
68	31.30	3076.23
69	31.33	3082.13
70	30.81	2980.66
71	31.72	3159.34
72	30.62	2944.02
73	30.54	2928.65
74	31.36	3088.03
75	31.15	3046.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-24 ค่าพื้นที่ผิวของผลสบูดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

ผลที่	GMD(ผล)	พื้นที่ผิว
76	32.34	3284.05
77	32.44	3304.39
78	32.11	3237.50
79	30.87	2992.28
80	31.50	3115.67
81	28.65	2577.38
82	31.21	3058.56
83	32.88	3394.64
84	31.22	3060.52
85	31.53	3121.60
86	32.50	3316.63
87	32.83	3384.32
88	31.99	3213.35
89	31.74	3163.32
90	31.58	3131.51
91	32.45	3306.43
92	29.73	2775.36
93	32.82	3382.26
94	31.61	3137.46
95	31.89	3193.29
96	30.26	2875.20
97	31.82	3179.29
98	31.38	3091.97
99	31.86	3187.29
100	32.06	3227.43
ค่าเฉลี่ย	31.60	3139.21
STDEV	1.00	197.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-25 ค่าพื้นที่ผิวของเม็ลคสบู่ดำ (mm<sup>2</sup>)

เม็ลค	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
1	10.70	4.73	0.90	1.11	534.00
2	10.80	4.94	0.89	1.10	565.45
3	10.51	4.78	0.89	1.10	532.46
4	10.61	5.10	0.88	1.07	577.51
5	11.13	4.86	0.90	1.12	570.60
6	10.74	4.92	0.89	1.09	560.54
7	9.83	4.85	0.87	1.05	510.81
8	10.65	4.64	0.90	1.12	520.51
9	10.54	4.94	0.88	1.08	554.13
10	11.01	5.03	0.89	1.10	586.64
11	10.40	4.57	0.90	1.12	501.31
12	10.94	5.00	0.89	1.10	580.34
13	10.68	4.76	0.90	1.11	536.89
14	10.90	4.88	0.89	1.11	562.08
15	10.69	4.97	0.89	1.09	564.63
16	11.09	4.87	0.90	1.12	570.09
17	10.75	4.87	0.89	1.10	553.98
18	11.09	4.90	0.90	1.11	573.58
19	10.14	4.57	0.89	1.10	490.01
20	10.87	4.82	0.90	1.11	553.88
21	10.66	5.11	0.88	1.07	581.16
22	9.76	4.64	0.88	1.08	482.84
23	10.25	4.98	0.87	1.06	545.78
24	10.34	4.84	0.88	1.08	531.91
25	10.53	4.70	0.89	1.11	522.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-25 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดสบู่ดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ด	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
26	10.56	4.84	0.89	1.09	542.22
27	10.61	4.87	0.89	1.09	547.86
28	10.59	4.90	0.89	1.09	550.74
29	10.31	4.76	0.89	1.09	520.48
30	10.77	4.74	0.90	1.12	539.21
31	10.80	4.92	0.89	1.10	562.66
32	10.57	4.89	0.89	1.09	549.19
33	10.84	4.89	0.89	1.10	560.63
34	10.69	4.73	0.90	1.11	533.78
35	10.91	4.88	0.89	1.11	562.54
36	10.49	4.83	0.89	1.09	537.81
37	10.65	4.69	0.90	1.11	527.40
38	10.91	4.86	0.90	1.11	560.60
39	10.54	4.78	0.89	1.10	534.02
40	10.62	4.79	0.89	1.10	538.85
41	10.80	4.86	0.89	1.10	555.61
42	10.39	4.77	0.89	1.09	525.26
43	10.15	4.60	0.89	1.10	494.64
44	10.79	4.77	0.90	1.11	543.69
45	10.33	4.81	0.88	1.09	528.37
46	10.79	4.68	0.90	1.12	531.64
47	10.35	4.61	0.90	1.11	504.45
48	10.84	4.81	0.90	1.11	550.61
49	10.41	4.80	0.89	1.09	530.09
50	10.30	4.69	0.89	1.10	512.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-25 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดสับุด้า (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ด	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
51	10.35	4.88	0.88	1.08	537.09
52	10.46	4.96	0.88	1.08	552.11
53	10.88	4.70	0.90	1.12	538.77
54	10.48	4.78	0.89	1.10	530.72
55	10.21	4.40	0.90	1.13	473.38
56	10.90	5.03	0.89	1.09	581.49
57	10.41	4.70	0.89	1.10	517.71
58	11.08	4.91	0.90	1.11	574.43
59	10.58	4.84	0.89	1.10	542.49
60	10.54	4.77	0.89	1.10	531.92
61	10.73	4.88	0.89	1.10	554.35
62	9.92	4.60	0.89	1.09	484.40
63	10.75	4.75	0.90	1.11	539.37
64	10.25	4.62	0.89	1.10	501.36
65	10.26	4.85	0.88	1.08	529.32
66	10.63	4.81	0.89	1.10	541.82
67	10.85	4.69	0.90	1.12	536.17
68	10.57	4.79	0.89	1.10	536.61
69	10.71	4.78	0.89	1.11	541.39
70	10.51	4.70	0.89	1.11	521.88
71	10.63	4.76	0.89	1.11	535.52
72	10.73	4.76	0.90	1.11	539.11
73	10.61	4.89	0.89	1.09	550.79
74	10.54	4.81	0.89	1.10	536.93
75	9.94	4.47	0.89	1.10	469.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-25 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดสับดูดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ด	a(mm)	b(mm)	e	$\sin^{-1} e$	พื้นที่ผิว
76	10.94	4.80	0.90	1.12	554.24
77	10.38	4.66	0.89	1.11	512.10
78	10.40	4.44	0.90	1.13	485.87
79	10.84	5.04	0.89	1.09	580.86
80	10.30	4.57	0.90	1.11	497.04
81	10.67	4.94	0.89	1.09	559.47
82	10.58	4.74	0.89	1.11	530.17
83	10.27	4.51	0.90	1.12	488.89
84	10.07	4.71	0.88	1.08	504.64
85	10.45	4.72	0.89	1.10	521.72
86	10.57	4.85	0.89	1.09	543.30
87	10.38	4.81	0.89	1.09	530.61
88	10.49	4.75	0.89	1.10	527.43
89	10.05	4.80	0.88	1.07	514.41
90	10.74	4.82	0.89	1.11	548.03
91	10.26	4.65	0.89	1.10	505.66
92	10.76	4.88	0.89	1.10	556.58
93	10.47	4.68	0.89	1.11	517.65
94	10.87	4.95	0.89	1.10	570.61
95	10.11	4.76	0.88	1.08	511.62
96	10.52	4.93	0.88	1.08	551.95
97	6.28	4.82	0.64	0.70	351.79
98	10.36	4.67	0.89	1.10	511.62
99	10.35	4.48	0.90	1.12	488.63
100	10.09	5.00	0.87	1.05	540.01
ค่าเฉลี่ย	10.51	4.79	0.89	1.10	534.12
STDEV	0.51	0.14	0.03	0.04	31.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-26 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่ดำ (mm<sup>2</sup>)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
1	7.85	3.7	0.88	1.08	309.33
2	8.13	3.99	0.87	1.06	346.63
3	7.83	3.73	0.88	1.07	310.83
4	7.88	3.89	0.87	1.05	327.79
5	7.67	3.76	0.87	1.06	308.26
6	7.76	3.88	0.87	1.05	323.18
7	7.76	3.91	0.86	1.04	326.03
8	7.44	3.31	0.90	1.11	260.29
9	8.00	3.72	0.89	1.09	315.93
10	8.04	3.55	0.90	1.11	300.95
11	7.08	3.80	0.84	1.00	291.60
12	7.53	3.55	0.88	1.08	284.25
13	8.21	3.86	0.88	1.08	336.73
14	7.74	3.76	0.87	1.06	310.99
15	8.01	4.04	0.86	1.04	347.09
16	7.99	3.91	0.87	1.06	333.69
17	7.96	3.70	0.89	1.09	313.12
18	8.14	3.76	0.89	1.09	324.48
19	8.35	4.03	0.88	1.07	358.98
20	7.55	3.52	0.88	1.09	282.03
21	7.76	3.85	0.87	1.05	319.69
22	7.91	3.78	0.88	1.07	318.82
23	8.07	3.85	0.88	1.07	330.92
24	7.42	3.54	0.88	1.07	279.73
25	7.20	3.25	0.89	1.10	247.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-26 ค่าพื้นที่ผิวของเม็ดในสบู่ดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เม็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
26	7.52	3.73	0.87	1.05	300.29
27	7.22	3.53	0.87	1.06	272.73
28	7.71	3.82	0.87	1.05	315.74
29	7.96	3.70	0.89	1.09	312.95
30	7.42	3.63	0.87	1.06	287.64
31	7.59	3.75	0.87	1.05	305.01
32	7.59	3.61	0.88	1.07	291.98
33	7.69	3.77	0.87	1.06	309.88
34	7.58	3.61	0.88	1.07	291.19
35	7.49	3.84	0.86	1.03	309.35
36	7.73	3.53	0.89	1.10	289.01
37	8.03	3.92	0.87	1.06	336.29
38	7.66	3.79	0.87	1.05	311.17
39	7.65	3.68	0.88	1.07	300.61
40	7.69	3.61	0.88	1.08	295.51
41	7.81	3.85	0.87	1.06	321.65
42	7.64	3.73	0.87	1.06	304.89
43	7.74	3.86	0.87	1.05	319.92
44	7.83	3.64	0.89	1.09	302.38
45	7.71	3.76	0.87	1.06	310.11
46	8.11	3.72	0.89	1.09	320.05
47	7.83	3.72	0.88	1.08	309.88
48	8.06	3.96	0.87	1.06	341.10
49	7.83	3.79	0.88	1.07	317.14
50	8.05	3.96	0.87	1.06	341.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-26 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่ดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
51	7.97	3.98	0.87	1.05	340.24
52	7.95	3.62	0.89	1.10	305.03
53	8.00	3.77	0.88	1.08	320.55
54	7.62	3.80	0.87	1.05	310.69
55	7.82	3.69	0.88	1.08	307.36
56	7.89	3.93	0.87	1.05	331.99
57	7.66	3.88	0.86	1.04	319.42
58	7.73	3.40	0.90	1.12	277.58
59	7.86	3.76	0.88	1.07	314.70
60	7.79	3.77	0.88	1.07	313.20
61	7.62	3.45	0.89	1.10	278.44
62	7.75	3.86	0.87	1.05	320.28
63	7.93	3.89	0.87	1.06	330.25
64	7.74	3.65	0.88	1.08	300.73
65	8.06	4.03	0.87	1.05	348.16
66	7.58	3.48	0.89	1.09	279.85
67	8.07	3.77	0.88	1.08	323.48
68	7.82	3.64	0.89	1.09	302.68
69	7.69	3.83	0.87	1.05	315.32
70	7.46	3.57	0.88	1.07	283.74
71	7.57	3.74	0.87	1.05	303.39
72	7.90	3.66	0.89	1.09	306.63
73	6.88	3.75	0.84	0.99	280.30
74	7.35	3.56	0.87	1.06	279.49
75	7.50	3.66	0.87	1.06	293.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-26 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่ดำ (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
76	7.45	3.50	0.88	1.08	277.59
77	8.15	3.81	0.88	1.08	330.36
78	7.66	3.74	0.87	1.06	306.05
79	7.78	3.61	0.89	1.09	298.36
80	7.91	3.71	0.88	1.08	311.70
81	7.61	3.70	0.87	1.06	300.92
82	7.65	3.85	0.86	1.04	316.42
83	7.20	3.46	0.88	1.07	265.38
84	7.33	3.43	0.88	1.08	267.52
85	7.88	3.86	0.87	1.06	325.10
86	7.22	3.43	0.88	1.08	263.85
87	7.28	3.36	0.89	1.09	259.67
88	7.70	3.72	0.88	1.07	306.04
89	7.59	3.68	0.87	1.07	298.10
90	7.73	3.71	0.88	1.07	306.14
91	7.29	3.60	0.87	1.05	281.22
92	7.91	3.62	0.89	1.10	303.68
93	7.57	3.50	0.89	1.09	281.05
94	7.93	3.73	0.88	1.08	314.29
95	7.60	3.65	0.88	1.07	295.52
96	7.31	3.51	0.88	1.07	273.75
97	7.98	4.00	0.87	1.05	342.25
98	7.89	3.65	0.89	1.09	305.52
99	7.99	3.81	0.88	1.07	324.03
100	7.40	3.55	0.88	1.07	279.80
ค่าเฉลี่ย	7.72	3.71	0.88	1.07	306.48
STDEV	0.27	0.16	0.01	0.02	22.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-27 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบูดำหลังการอบที่ 40°C (mm<sup>2</sup>)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
1	7.95	3.94	0.87	1.05	335.81
2	7.22	3.47	0.88	1.07	266.90
3	7.53	3.79	0.86	1.04	305.97
4	7.72	3.92	0.86	1.04	325.53
5	7.74	3.57	0.89	1.09	293.03
6	7.69	3.82	0.87	1.05	314.38
7	7.71	3.83	0.87	1.05	316.68
8	7.57	3.44	0.89	1.10	276.09
9	7.40	3.86	0.85	1.02	308.46
10	7.15	3.72	0.85	1.02	287.12
11	7.54	3.91	0.86	1.03	317.44
12	6.63	3.78	0.82	0.96	273.83
13	6.46	3.40	0.85	1.02	237.34
14	8.04	3.58	0.90	1.11	303.79
15	7.43	3.58	0.88	1.07	284.09
16	7.90	4.08	0.86	1.03	347.37
17	7.97	3.36	0.91	1.14	281.51
18	6.77	3.29	0.87	1.06	238.16
19	7.69	3.53	0.89	1.09	287.53
20	7.55	4.21	0.83	0.98	346.60
21	7.69	3.59	0.88	1.09	293.20
22	7.69	3.45	0.89	1.11	280.24
23	7.45	3.30	0.90	1.11	259.43
24	7.51	3.47	0.89	1.09	276.69
25	8.05	3.84	0.88	1.07	329.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-27 ค่าพื้นที่ผิวของเมสซีคในสบูดำหลังการอบที่ 40°C (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมสซีคใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
26	7.26	3.51	0.88	1.07	271.85
27	7.88	3.93	0.87	1.05	331.63
28	7.71	3.83	0.87	1.05	316.68
29	7.41	3.43	0.89	1.09	270.07
30	7.71	3.63	0.88	1.08	298.03
31	7.28	3.93	0.84	1.00	310.56
32	7.42	3.57	0.88	1.07	282.42
33	7.35	3.63	0.87	1.06	285.45
34	7.88	3.61	0.89	1.10	301.26
35	7.63	3.84	0.86	1.04	314.31
36	6.70	3.53	0.85	1.02	255.62
37	7.95	3.86	0.87	1.06	327.42
38	7.16	3.39	0.88	1.08	258.65
39	6.66	3.22	0.88	1.07	228.74
40	7.79	3.62	0.89	1.09	299.33
41	6.93	3.01	0.90	1.12	220.00
42	7.39	3.39	0.89	1.09	265.91
43	7.22	3.50	0.87	1.06	269.95
44	7.48	3.40	0.89	1.10	269.64
45	6.79	3.25	0.88	1.07	235.08
46	7.44	3.96	0.85	1.01	318.47
47	7.59	3.40	0.89	1.11	272.98
48	8.00	3.88	0.87	1.07	331.32
49	7.39	3.18	0.90	1.13	247.01
50	7.69	3.36	0.90	1.12	272.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-27 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับดูดำหลังการอบที่ 40°C (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
51	7.89	3.65	0.89	1.09	305.99
52	7.81	3.74	0.88	1.07	311.54
53	8.11	3.83	0.88	1.08	330.71
54	7.41	3.67	0.87	1.05	290.90
55	7.45	4.03	0.84	1.00	325.82
56	7.54	3.72	0.87	1.06	300.06
57	7.01	3.15	0.89	1.11	233.38
58	7.17	3.82	0.85	1.01	296.53
59	7.31	3.59	0.87	1.06	280.83
60	7.28	3.61	0.87	1.05	281.33
61	7.83	3.57	0.89	1.10	296.48
62	7.77	3.92	0.86	1.04	327.34
63	7.31	3.49	0.88	1.07	271.55
64	7.67	3.77	0.87	1.06	309.19
65	7.71	3.69	0.88	1.07	303.59
66	7.53	3.74	0.87	1.05	301.84
67	7.56	3.57	0.88	1.08	287.05
68	7.61	3.68	0.88	1.07	299.24
69	7.16	3.62	0.86	1.04	278.47
70	7.76	3.49	0.89	1.10	286.16
71	7.02	3.48	0.87	1.05	261.91
72	7.71	3.68	0.88	1.07	302.66
73	7.36	3.51	0.88	1.07	274.94
74	7.97	3.49	0.90	1.12	293.63
75	7.55	3.43	0.89	1.10	274.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-27 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่น้ำหลังการอบที่ 40°C (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
76	7.72	3.59	0.89	1.09	294.50
77	7.80	3.56	0.89	1.10	294.39
78	6.87	3.57	0.85	1.02	264.70
79	7.60	3.66	0.88	1.07	297.07
80	7.32	3.86	0.85	1.02	305.61
81	7.74	3.79	0.87	1.06	313.33
82	7.40	3.87	0.85	1.02	308.91
83	7.37	3.74	0.86	1.04	296.02
84	7.66	3.91	0.86	1.04	321.77
85	7.36	3.71	0.86	1.04	292.80
86	7.44	3.48	0.88	1.08	275.03
87	8.26	3.73	0.89	1.10	325.92
88	7.88	3.80	0.88	1.07	319.85
89	7.62	3.74	0.87	1.06	305.13
90	7.14	3.53	0.87	1.05	269.68
91	7.76	3.58	0.89	1.09	294.62
92	7.57	3.55	0.88	1.08	285.40
93	6.64	3.33	0.86	1.05	237.28
94	7.53	3.81	0.86	1.04	307.82
95	7.93	3.72	0.88	1.08	313.81
96	6.71	3.58	0.85	1.01	259.70
97	7.02	3.49	0.87	1.05	262.34
98	7.21	3.46	0.88	1.07	266.14
99	7.57	3.71	0.87	1.06	300.17
100	7.50	3.75	0.87	1.05	301.89
ค่าเฉลี่ย	7.49	3.63	0.87	1.06	290.81
STDEV	0.36	0.22	0.02	0.03	26.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-28 ค่าพื้นที่ผิวของเม็ดดินในสบู่อัดแห้งที่ 60°C (mm<sup>2</sup>)

เม็ดดิน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
1	7.15	3.18	0.90	1.11	239.88
2	7.55	3.31	0.90	1.12	263.40
3	6.95	3.12	0.89	1.11	229.56
4	7.01	3.51	0.87	1.05	263.73
5	6.96	3.14	0.89	1.10	231.36
6	6.81	2.94	0.90	1.12	211.02
7	7.14	3.37	0.88	1.08	255.88
8	7.54	3.15	0.91	1.14	249.29
9	7.12	3.28	0.89	1.09	247.86
10	7.16	3.25	0.89	1.10	246.68
11	7.22	3.04	0.91	1.14	230.56
12	7.11	2.99	0.91	1.14	223.42
13	7.24	3.38	0.88	1.09	259.72
14	6.78	3.33	0.87	1.06	241.34
15	7.55	3.53	0.88	1.09	283.10
16	7.61	3.30	0.90	1.12	264.66
17	6.89	2.86	0.91	1.14	206.27
18	7.20	3.05	0.91	1.13	230.82
19	7.44	3.38	0.89	1.10	266.16
20	7.06	2.99	0.91	1.13	221.60
21	7.17	3.05	0.91	1.13	229.55
22	6.99	2.81	0.92	1.16	205.47
23	6.93	3.35	0.88	1.07	247.48
24	7.54	3.21	0.91	1.13	254.26
25	6.78	2.76	0.91	1.15	195.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-28 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่อัดหลังการอบที่ 60°C (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
26	7.21	3.31	0.89	1.09	252.75
27	7.08	3.15	0.90	1.11	235.71
28	7.36	3.65	0.87	1.05	288.03
29	7.04	3.06	0.90	1.12	226.66
30	6.93	3.20	0.89	1.09	235.57
31	6.62	3.31	0.87	1.05	234.64
32	7.20	3.19	0.90	1.11	242.78
33	7.46	3.49	0.88	1.08	276.57
34	6.82	3.52	0.86	1.03	258.42
35	7.33	3.04	0.91	1.14	233.84
36	7.21	3.34	0.89	1.09	255.33
37	6.99	3.20	0.89	1.10	236.80
38	7.14	3.52	0.87	1.05	269.09
39	7.22	3.36	0.88	1.09	257.79
40	7.40	3.60	0.87	1.06	284.44
41	7.37	3.65	0.87	1.05	287.75
42	6.94	3.35	0.88	1.07	247.95
43	7.07	3.39	0.88	1.07	255.66
44	6.81	3.56	0.85	1.02	261.89
45	6.79	3.10	0.89	1.10	223.29
46	7.18	3.27	0.89	1.10	248.84
47	6.77	3.21	0.88	1.08	231.47
48	7.18	3.35	0.88	1.09	255.68
49	6.88	3.11	0.89	1.10	226.30
50	7.36	3.44	0.88	1.08	269.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-28 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่ดำหลังการอบที่ 60°C (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
51	7.02	3.29	0.88	1.08	245.22
52	7.34	3.47	0.88	1.08	271.20
53	7.26	3.65	0.86	1.04	284.21
54	6.95	2.75	0.92	1.16	199.09
55	7.44	3.42	0.89	1.09	269.99
56	7.43	3.62	0.87	1.06	287.52
57	7.21	3.25	0.89	1.10	248.04
58	7.22	3.28	0.89	1.10	250.92
59	6.83	3.17	0.89	1.09	230.14
60	7.32	3.18	0.90	1.12	245.36
61	7.05	3.19	0.89	1.10	238.17
62	7.70	3.58	0.89	1.09	292.62
63	7.08	3.36	0.88	1.08	253.42
64	7.03	3.57	0.86	1.04	269.81
65	7.29	2.90	0.92	1.16	220.50
66	6.98	3.10	0.90	1.11	228.38
67	7.20	2.99	0.91	1.14	225.81
68	7.16	3.48	0.87	1.06	265.83
69	7.58	3.40	0.89	1.11	272.82
70	6.48	2.72	0.91	1.14	185.07
71	6.95	3.16	0.89	1.10	232.30
72	7.19	2.85	0.92	1.16	213.51
73	7.24	3.68	0.86	1.04	286.03
74	7.46	3.12	0.91	1.14	244.32
75	6.84	2.78	0.91	1.15	199.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-28 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับดูดำหลังการอบที่ 60°C(mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
76	6.88	2.91	0.91	1.13	210.54
77	7.26	3.42	0.88	1.08	264.42
78	7.31	3.01	0.91	1.15	230.16
79	6.96	3.40	0.87	1.06	253.04
80	7.33	3.12	0.90	1.13	240.66
81	6.99	3.41	0.87	1.06	254.57
82	7.10	3.02	0.90	1.13	225.48
83	7.32	3.48	0.88	1.08	270.99
84	7.32	3.27	0.89	1.11	252.68
85	7.28	3.09	0.91	1.13	236.08
86	6.96	3.06	0.90	1.12	224.79
87	6.90	3.28	0.88	1.08	241.30
88	7.13	3.48	0.87	1.06	264.87
89	7.16	3.34	0.88	1.09	254.36
90	6.70	3.10	0.89	1.09	220.15
91	6.94	3.10	0.89	1.11	227.49
92	6.94	3.35	0.88	1.07	247.95
93	6.79	2.97	0.90	1.12	212.46
94	6.58	2.82	0.90	1.13	195.28
95	7.51	3.33	0.90	1.11	263.78
96	7.02	3.31	0.88	1.08	246.91
97	6.67	3.09	0.89	1.09	218.88
98	6.95	3.17	0.89	1.10	233.13
99	6.44	3.10	0.88	1.07	212.81
100	6.36	3.14	0.87	1.05	213.84
ค่าเฉลี่ย	7.10	3.23	0.89	1.10	243.71
STDEV	0.27	0.23	0.01	0.03	23.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-29 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับดูหลังการนึ่ง (mm<sup>2</sup>)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
1	7.65	1.83	0.97	1.33	140.90
2	6.01	1.25	0.98	1.36	75.10
3	7.08	1.63	0.97	1.34	115.92
4	6.78	1.60	0.97	1.33	109.50
5	7.22	1.85	0.97	1.31	134.85
6	7.19	1.57	0.98	1.35	113.52
7	7.44	1.56	0.98	1.36	116.17
8	7.25	1.79	0.97	1.32	130.78
9	7.36	2.01	0.96	1.29	149.87
10	6.81	1.41	0.98	1.36	96.03
11	7.20	1.70	0.97	1.33	123.09
12	7.46	1.81	0.97	1.33	136.37
13	7.42	1.90	0.97	1.31	142.34
14	7.37	1.59	0.98	1.35	117.87
15	7.65	2.20	0.96	1.28	171.14
16	7.67	2.05	0.96	1.30	159.12
17	7.17	1.47	0.98	1.36	105.83
18	6.45	1.16	0.98	1.39	74.84
19	7.30	1.55	0.98	1.36	113.37
20	7.44	1.75	0.97	1.33	130.93
21	6.40	1.42	0.98	1.35	91.17
22	6.31	1.42	0.97	1.34	90.27
23	6.44	1.26	0.98	1.37	81.30
24	6.89	1.47	0.98	1.36	101.84
25	6.69	1.62	0.97	1.33	109.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-29 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับุด้าหลังการนึ่ง (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c	sin <sup>-1</sup> c	พื้นที่ผิว
26	6.76	1.37	0.98	1.37	92.54
27	6.67	1.38	0.98	1.36	92.39
28	7.11	1.32	0.98	1.38	93.90
29	6.79	1.35	0.98	1.37	91.95
30	7.26	1.47	0.98	1.37	106.67
31	6.55	1.21	0.98	1.38	79.34
32	7.00	1.69	0.97	1.33	119.07
33	6.58	1.51	0.97	1.34	99.76
34	6.32	1.42	0.97	1.34	90.34
35	6.76	1.61	0.97	1.33	109.54
36	5.51	1.18	0.98	1.36	65.04
37	6.61	1.42	0.98	1.35	93.99
38	6.71	1.26	0.98	1.38	84.67
39	6.78	1.43	0.98	1.36	97.03
40	6.21	1.45	0.97	1.33	90.78
41	5.73	1.45	0.97	1.31	84.05
42	5.73	1.42	0.97	1.32	81.93
43	6.22	1.56	0.97	1.32	98.20
44	6.64	1.36	0.98	1.37	90.33
45	6.12	1.18	0.98	1.38	72.00
46	7.14	1.46	0.98	1.37	104.30
47	6.17	1.60	0.97	1.31	100.07
48	7.40	2.06	0.96	1.29	155.10
49	7.25	1.78	0.97	1.32	130.10
50	7.70	1.31	0.99	1.40	100.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-29 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสบู่ดำหลังการนึ่ง (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	e	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
51	6.81	1.38	0.98	1.37	94.26
52	5.94	1.24	0.98	1.36	73.94
53	6.58	1.42	0.98	1.35	93.92
54	6.47	1.56	0.97	1.33	101.63
55	7.56	1.77	0.97	1.33	134.54
56	7.17	1.62	0.97	1.34	116.66
57	6.53	1.50	0.97	1.34	98.42
58	6.63	1.34	0.98	1.37	88.83
59	6.45	1.36	0.98	1.36	88.17
60	7.38	1.57	0.98	1.36	116.11
61	6.95	1.80	0.97	1.31	126.80
62	6.87	1.38	0.98	1.37	94.71
63	7.04	1.56	0.98	1.35	110.21
64	6.20	1.56	0.97	1.32	97.50
65	6.50	1.69	0.97	1.31	111.37
66	7.13	1.17	0.99	1.41	82.90
67	6.74	1.28	0.98	1.38	86.02
68	6.14	1.75	0.96	1.28	109.47
69	6.49	1.38	0.98	1.36	89.71
70	7.00	0.77	0.99	1.46	53.11
71	6.50	1.46	0.97	1.35	95.26
72	7.34	1.57	0.98	1.36	115.88
73	6.96	1.53	0.98	1.35	106.75
74	7.01	1.64	0.97	1.34	115.63
75	6.63	1.50	0.97	1.34	99.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-29 ค่าพื้นที่ผิวของเมล็ดในสับุด้าหลังการนึ่ง (mm<sup>2</sup>) (ต่อ)

เมล็ดใน	a(mm)	b(mm)	c	sin <sup>-1</sup> e	พื้นที่ผิว
76	6.56	1.00	0.99	1.42	65.33
77	6.63	1.20	0.98	1.39	79.60
78	6.79	1.14	0.99	1.40	76.95
79	6.82	1.32	0.98	1.38	89.88
80	6.53	1.22	0.98	1.38	79.71
81	6.16	1.94	0.95	1.25	122.51
82	7.19	3.33	0.89	1.09	254.28
83	6.67	1.09	0.99	1.41	72.22
84	6.43	1.75	0.96	1.30	113.92
85	6.71	1.45	0.98	1.35	97.52
86	6.59	1.38	0.98	1.36	91.38
87	7.02	1.57	0.97	1.35	110.93
88	6.71	1.52	0.97	1.34	102.70
89	6.76	1.63	0.97	1.33	111.24
90	6.94	1.48	0.98	1.36	103.20
91	6.48	1.39	0.98	1.35	90.58
92	7.47	1.71	0.97	1.34	128.38
93	6.02	1.32	0.98	1.35	79.66
94	6.05	1.68	0.96	1.29	103.40
95	6.93	1.38	0.98	1.37	95.52
96	6.74	1.42	0.98	1.36	95.77
97	6.42	1.36	0.98	1.36	87.70
98	5.95	1.41	0.97	1.33	84.63
99	6.63	1.40	0.98	1.36	92.88
100	6.43	1.11	0.98	1.40	71.32
ค่าเฉลี่ย	6.77	1.51	0.97	1.35	103.58
STDEV	0.47	0.30	0.01	0.04	26.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-30 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลสับดูดำ ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	GMD(ผล)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
1	16.73	31.89	0.78
2	17.62	32.6	0.78
3	18.18	33.52	0.80
4	15.64	31.5	0.82
5	14.65	31	0.84
6	17.47	32.51	0.78
7	19.27	27.98	0.52
8	16.03	31.16	0.78
9	16.45	31.47	0.78
10	16.71	32.06	0.79
11	18.25	33.01	0.77
12	16.38	33	0.86
13	17.22	32.14	0.77
14	16.39	31.45	0.78
15	18.29	33.44	0.79
16	17.92	32.98	0.78
17	16.4	33.38	0.87
18	17.59	32.65	0.78
19	17.92	32.8	0.77
20	16.18	31.96	0.81
21	16.33	31.59	0.79
22	14.42	30.3	0.82
23	19.77	33.67	0.74
24	17.93	32.08	0.74
25	18.36	32.31	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-30 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลสบูดำ (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	GMD(ผล)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
26	16.27	31.17	0.77
27	16.38	31.25	0.77
28	17.12	31.85	0.76
29	15.26	30.49	0.78
30	18.97	32.62	0.72
31	17.46	32.2	0.76
32	18.38	32.5	0.74
33	15.89	30.87	0.77
34	16.89	31.8	0.77
35	16.33	31.29	0.77
36	13.77	29.39	0.81
37	16.73	31.15	0.75
38	16.03	31.06	0.77
39	18.85	32.6	0.73
40	17.74	32.23	0.75
41	17.03	31.66	0.76
42	16.59	31.36	0.76
43	13.5	29.54	0.83
44	16.21	31.29	0.78
45	15.81	30.36	0.75
46	17.34	31.14	0.72
47	16.12	31.06	0.77
48	14.86	29.98	0.78
49	17.22	31.97	0.76
50	15.98	31.03	0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-30 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลสับดูต้า (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	GMD(ผล)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
51	15.66	31.02	0.79
52	16.82	30.95	0.73
53	15.76	30.6	0.76
54	16.81	31.34	0.75
55	17.46	31.62	0.74
56	19.1	33.23	0.74
57	18.11	32.05	0.73
58	17.18	32.49	0.79
59	15.84	31.21	0.79
60	12.89	29.89	0.89
61	17.56	31.22	0.71
62	14.97	32.74	0.92
63	16.35	31.58	0.79
64	14.35	31.91	0.91
65	14.93	31.93	0.88
66	14.95	31.52	0.86
67	15.69	30.59	0.77
68	15.34	31.3	0.82
69	13.96	31.33	0.91
70	16.37	30.81	0.75
71	14.83	31.72	0.87
72	15.01	30.62	0.80
73	16.27	30.54	0.74
74	14.92	31.36	0.85
75	17.08	31.15	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-30 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของผลสบู่ดำ (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

ผลที่	น้ำหนักผล(g)	GMD(ผล)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
76	17.31	32.34	0.78
77	15.18	32.44	0.89
78	14.81	32.11	0.90
79	15.86	30.87	0.77
80	11.9	31.5	1.07
81	16.48	28.65	0.64
82	17.59	31.21	0.71
83	15.32	32.88	0.91
84	15.77	31.22	0.80
85	17.25	31.53	0.74
86	17.62	32.5	0.77
87	16.84	32.83	0.82
88	16.47	31.99	0.80
89	16.25	31.74	0.80
90	16.18	31.58	0.79
91	17.64	32.45	0.77
92	12.79	29.73	0.89
93	17.46	32.82	0.79
94	15.96	31.61	0.81
95	16.06	31.89	0.82
96	14.51	30.26	0.81
97	16.1	31.82	0.81
98	15.31	31.38	0.83
99	16.35	31.86	0.80
100	16.94	32.06	0.78
ค่าเฉลี่ย	16.39	31.60	0.79
STDEV	1.42	1.00	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-31 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดวัสดุ(cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เม็ดที่	น้ำหนักเม็ด(g)	GMD(เม็ด)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
1	1.3	13.4	1.95
2	1.43	13.73	1.86
3	1.31	13.37	1.93
4	1.39	13.83	1.94
5	1.47	13.95	1.87
6	1.43	13.86	1.90
7	1.27	13.19	1.94
8	1.31	13.36	1.93
9	1.4	13.66	1.88
10	1.52	13.8	1.77
11	1.27	13.24	1.95
12	1.46	13.79	1.84
13	1.36	13.47	1.89
14	1.37	13.73	1.94
15	1.47	13.71	1.81
16	1.41	13.75	1.89
17	1.36	13.52	1.90
18	1.47	13.99	1.88
19	1.17	12.92	2.02
20	1.33	13.48	1.93
21	1.49	13.97	1.85
22	1.11	12.66	2.04
23	1.36	13.63	1.93
24	1.28	13.32	1.96
25	1.28	13.3	1.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-31 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดสบู่อัด (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดที่	น้ำหนักเม็ด(g)	GMD(เม็ด)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
26	1.39	13.6	1.88
27	1.25	13.4	2.03
28	1.35	13.63	1.94
29	1.3	13.38	1.95
30	1.32	13.44	1.93
31	1.32	13.66	2.00
32	1.35	13.48	1.90
33	1.35	13.69	1.96
34	1.35	13.46	1.90
35	1.37	13.67	1.93
36	1.33	13.33	1.89
37	1.32	13.36	1.91
38	1.37	13.56	1.90
39	1.34	13.46	1.91
40	1.3	13.38	1.95
41	1.46	13.64	1.80
42	1.31	13.26	1.90
43	1.2	13.03	2.00
44	1.42	13.45	1.80
45	1.32	13.3	1.89
46	1.35	13.27	1.84
47	1.36	13.25	1.82
48	1.41	13.64	1.86
49	1.3	13.26	1.91
50	1.36	13.16	1.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-31 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดสบูดำ (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดที่	น้ำหนักเม็ด(g)	GMD(เม็ด)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
51	1.32	13.39	1.92
52	1.26	13.58	2.07
53	1.41	13.45	1.81
54	1.31	13.48	1.96
55	1.2	12.95	1.97
56	1.54	14.02	1.80
57	1.32	13.15	1.85
58	1.39	13.66	1.90
59	1.36	13.53	1.90
60	1.31	13.49	1.96
61	1.16	13.46	2.21
62	1.4	12.77	1.65
63	1.27	13.58	2.05
64	1.35	13.17	1.82
65	1.35	13.36	1.87
66	1.31	13.48	1.96
67	1.37	13.28	1.82
68	1.37	13.49	1.88
69	1.36	13.49	1.89
70	1.35	13.37	1.87
71	1.46	13.4	1.74
72	1.45	13.65	1.82
73	1.4	13.68	1.89
74	1.13	13.62	2.32
75	1.44	12.57	1.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-31 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดสบู่ดำ (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เมล็ดที่	น้ำหนักเมล็ด(g)	GMD(เมล็ด)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
76	76	1.23	2.20
77	77	1.16	2.12
78	78	1.37	1.72
79	79	1.28	2.07
80	80	1.39	1.74
81	81	1.39	1.89
82	82	1.25	2.05
83	83	1.21	1.96
84	84	1.29	1.84
85	85	1.25	2.01
86	86	1.25	2.01
87	87	1.34	1.86
88	88	1.33	1.90
89	89	1.36	1.80
90	90	1.28	2.02
91	91	1.27	1.89
92	92	1.43	1.89
93	93	1.29	1.91
94	94	1.46	1.84
95	95	1.24	1.93
96	96	1.39	1.87
97	97	1.37	1.31
98	98	1.25	1.99
99	99	1.19	1.96
100	100	1.27	1.96
ค่าเฉลี่ย	1.34	13.40	1.91
STDEV	0.08	0.36	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-32 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสปูค่า( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดดินที่	น้ำหนักเม็ดดิน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
1	0.71	10.62	2.09
2	0.83	11.33	2.04
3	0.71	10.6	2.09
4	0.69	10.8	2.23
5	0.68	10.52	2.15
6	0.76	10.81	2.03
7	0.76	10.85	2.04
8	0.6	9.63	2.04
9	0.75	10.76	2.04
10	0.71	10.56	2.07
11	0.63	10.35	2.24
12	0.64	10.21	2.15
13	0.79	11	2.02
14	0.68	10.53	2.15
15	0.8	11.13	2.04
16	0.79	10.78	1.94
17	0.72	10.85	2.16
18	0.75	10.81	2.05
19	0.77	11.26	2.17
20	0.63	10.15	2.16
21	0.74	10.74	2.06
22	0.73	10.82	2.12
23	0.79	11.05	2.04
24	0.65	10.44	2.21
25	0.53	9.57	2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-32 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสปูค่า (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดดินที่	น้ำหนักเม็ดดินใน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
26	0.66	10.3	2.12
27	0.6	10.04	2.22
28	0.68	10.6	2.18
29	0.72	10.79	2.13
30	0.63	10.16	2.16
31	0.68	10.62	2.19
32	0.67	10.28	2.08
33	0.73	10.64	2.05
34	0.66	10.35	2.14
35	0.68	10.47	2.13
36	0.67	10.36	2.11
37	0.77	11.04	2.09
38	0.71	10.58	2.08
39	0.69	10.49	2.10
40	0.62	10.34	2.27
41	0.76	10.77	2.01
42	0.69	10.6	2.15
43	0.72	10.74	2.11
44	0.68	10.53	2.15
45	0.7	10.53	2.09
46	0.76	10.89	2.06
47	0.67	10.59	2.21
48	0.75	10.93	2.10
49	0.71	10.74	2.14
50	0.76	10.91	2.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-32 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบู่ดำ (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน(g)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
51	0.8	11.08	2.02
52	0.74	10.72	2.05
53	0.72	10.68	2.09
54	0.66	10.54	2.22
55	0.69	10.55	2.13
56	0.76	10.93	2.07
57	0.69	10.52	2.12
58	0.64	10.19	2.14
59	0.75	10.75	2.03
60	0.73	10.71	2.07
61	0.65	10.35	2.17
62	0.76	10.84	2.04
63	0.75	10.76	2.04
64	0.62	10.35	2.28
65	0.81	11.2	2.04
66	0.67	10.24	2.06
67	0.71	10.79	2.16
68	0.7	10.61	2.12
69	0.74	10.69	2.04
70	0.64	10.32	2.19
71	0.69	10.43	2.08
72	0.7	10.6	2.12
73	0.67	10.38	2.12
74	0.61	10.2	2.25
75	0.66	10.36	2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-32 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสปูค่า (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดดินในที	น้ำหนักเม็ดดิน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
76	0.71	10.62	2.23
77	0.83	11.33	2.12
78	0.71	10.6	2.15
79	0.69	10.8	2.23
80	0.68	10.52	2.09
81	0.76	10.81	2.13
82	0.76	10.85	2.15
83	0.6	9.63	2.32
84	0.75	10.76	2.11
85	0.71	10.56	2.14
86	0.63	10.35	2.34
87	0.64	10.21	2.39
88	0.79	11	2.14
89	0.68	10.53	2.05
90	0.8	11.13	2.11
91	0.79	10.78	2.17
92	0.72	10.85	2.05
93	0.75	10.81	2.18
94	0.77	11.26	2.10
95	0.63	10.15	2.14
96	0.74	10.74	2.28
97	0.73	10.82	2.10
98	0.79	11.05	1.91
99	0.65	10.44	2.18
100	0.53	9.57	1.89
ค่าเฉลี่ย	0.69	10.55	2.12
STDEV	0.06	0.34	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-33 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสบู่อัดหลังการอบที่ 40°C (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เม็ดดินที่	น้ำหนักเม็ดดิน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
1	0.61	9.76	2.01
2	0.41	9.37	2.76
3	0.53	10.25	2.55
4	0.58	10.35	2.38
5	0.56	10.07	2.33
6	0.53	10.25	2.55
7	0.57	10.33	2.41
8	0.48	9.74	2.54
9	0.51	9.93	2.49
10	0.46	10.09	2.85
11	0.58	9.89	2.17
12	0.48	9.7	2.52
13	0.47	9.74	2.60
14	0.55	10.28	2.47
15	0.49	9.49	2.37
16	0.56	10.47	2.52
17	0.53	9.95	2.40
18	0.34	9.4	3.35
19	0.54	10.05	2.41
20	0.56	10.14	2.36
21	0.5	10.13	2.64
22	0.49	9.8	2.52
23	0.41	9.49	2.83
24	0.45	9.9	2.80
25	0.58	10.63	2.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-33 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบู่ดำหลังการอบที่40°C (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน(g)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
26	0.46	9.46	2.50
27	0.58	10.4	2.40
28	0.55	10.33	2.50
29	0.41	9.7	2.95
30	0.51	10.11	2.58
31	0.54	9.97	2.37
32	0.5	9.97	2.56
33	0.48	9.75	2.55
34	0.57	10.27	2.38
35	0.58	10.2	2.31
36	0.42	9.41	2.71
37	0.55	10.35	2.51
38	0.33	9.11	3.24
39	0.31	9.09	3.43
40	0.51	10.16	2.61
41	0.33	8.67	2.93
42	0.48	9.56	2.45
43	0.44	9.87	2.85
44	0.50	9.68	2.41
45	0.38	9.02	2.76
46	0.54	10.1	2.43
47	0.41	9.53	2.85
48	0.54	10.55	2.65
49	0.51	9.66	2.36
50	0.44	9.82	2.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-33 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดในสบู่อัดหลังการอบที่ 40°C (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เม็ดในที่	น้ำหนักเม็ดใน(g)	GMD(เม็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
51	0.53	10.31	2.58
52	0.54	10.26	2.51
53	0.59	10.38	2.35
54	0.55	10.07	2.37
55	0.54	10.2	2.48
56	0.49	10.09	2.67
57	0.43	9.62	2.77
58	0.39	9.4	2.92
59	0.45	9.65	2.66
60	0.44	9.65	2.72
61	0.52	9.99	2.47
62	0.54	10.58	2.67
63	0.44	9.64	2.72
64	0.55	10.26	2.46
65	0.53	10.09	2.47
66	0.52	10.12	2.54
67	0.74	9.89	1.70
68	0.46	9.88	2.73
69	0.45	9.72	2.70
70	0.51	9.98	2.51
71	0.39	9.6	3.04
72	0.53	10.12	2.49
73	0.46	9.78	2.68
74	0.55	10.07	2.37
75	0.48	9.94	2.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-33 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบู่อัดหลังการอบที่ 40°C (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน(g)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
76	0.45	9.86	2.78
77	0.43	9.74	2.84
78	0.38	9.3	2.93
79	0.48	9.8	2.58
80	0.5	10.11	2.63
81	0.56	10.23	2.41
82	0.5	10.01	2.58
83	0.49	9.86	2.55
84	0.49	10.15	2.71
85	0.51	10.11	2.58
86	0.44	9.72	2.76
87	0.61	10.52	2.34
88	0.54	10.29	2.52
89	0.52	10.13	2.54
90	0.48	9.52	2.43
91	0.48	9.81	2.58
92	0.54	10.2	2.48
93	0.35	9.24	3.14
94	0.57	10.25	2.37
95	0.59	10.58	2.44
96	0.42	9.36	2.69
97	0.44	9.54	2.66
98	0.48	9.86	2.61
99	0.47	10.15	2.82
100	0.51	10.05	2.55
ค่าเฉลี่ย	0.49	9.92	2.59
STDEV	0.07	0.37	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-34 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดโพลีเอทิลีนในสบู่อัดแห้งที่ 60°C (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เม็ดโพลีเอทิลีนที่	น้ำหนักเม็ดโพลีเอทิลีน(g)	GMD(เม็ดโพลีเอทิลีน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
1	0.57	9.69	2.07
2	0.5	9.66	2.34
3	0.53	9.17	1.99
4	0.52	9.66	2.25
5	0.48	9.2	2.21
6	0.51	8.91	1.96
7	0.45	9.47	2.50
8	0.57	9.35	1.93
9	0.64	9.52	1.78
10	0.46	9.16	2.29
11	0.55	9.2	1.93
12	0.56	9.17	1.89
13	0.61	9.66	1.92
14	0.53	9.31	2.05
15	0.57	10	2.20
16	0.53	9.87	2.31
17	0.43	8.71	2.22
18	0.56	9.23	1.91
19	0.5	9.48	2.26
20	0.53	9.12	1.97
21	0.62	9.22	1.72
22	0.5	8.79	1.94
23	0.48	9.44	2.33
24	0.52	9.69	2.27
25	0.43	8.87	2.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-34 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดลินินสบู่ค้ำหลังการอบที่60°C (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เม็ดลินินที่	น้ำหนักเม็ดลินิน(g)	GMD(เม็ดลินิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
26	0.67	9.65	1.75
27	0.58	9.26	1.86
28	0.57	9.7	2.07
29	0.5	9.21	2.13
30	0.47	9.25	2.29
31	0.44	9.35	2.50
32	0.62	9.53	1.84
33	0.6	9.81	2.01
34	0.45	9.53	2.53
35	0.53	9.35	2.07
36	0.45	9.47	2.50
37	0.57	9.27	1.89
38	0.54	9.64	2.16
39	0.55	9.61	2.11
40	0.51	9.91	2.42
41	0.5	9.97	2.50
42	0.65	9.57	1.77
43	0.49	9.51	2.32
44	0.47	9.41	2.37
45	0.61	9.3	1.78
46	0.44	9.38	2.51
47	0.38	9.14	2.76
48	0.59	9.4	1.88
49	0.56	9.05	1.84
50	0.56	9.72	2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-34 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดในสปูค่าหลังการอบที่ 60°C (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เม็ดในที่	น้ำหนักเม็ดใน(g)	GMD(เม็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
51	0.46	9.4	2.41
52	0.64	9.81	1.89
53	0.48	9.94	2.59
54	0.49	8.88	2.02
55	0.58	9.93	2.14
56	0.55	10.1	2.33
57	0.53	9.39	2.09
58	0.53	9.49	2.13
59	0.55	9.26	1.96
60	0.59	9.5	1.92
61	0.49	9.59	2.36
62	0.58	10.06	2.19
63	0.51	9.52	2.23
64	0.49	9.7	2.41
65	0.61	9.26	1.77
66	0.44	9.18	2.41
67	0.62	8.91	1.61
68	0.49	9.64	2.38
69	0.57	9.76	2.10
70	0.52	8.22	1.63
71	0.57	9.24	1.88
72	0.52	9.15	2.02
73	0.55	9.79	2.19
74	0.61	9.16	1.73
75	0.51	8.75	1.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-34 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบู่ดำหลังการอบที่ 60°C (ต่อ) (cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>)

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน(g)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
76	0.54	9.15	1.95
77	0.54	9.64	2.16
78	0.56	9.22	1.91
79	0.53	9.44	2.11
80	0.52	9.47	2.17
81	0.54	9.44	2.07
82	0.53	9.24	2.02
83	0.52	9.7	2.27
84	0.53	9.54	2.16
85	0.55	9.08	1.88
86	0.54	8.83	1.81
87	0.41	9.11	2.54
88	0.44	9.62	2.64
89	0.49	9.4	2.26
90	0.45	9.09	2.31
91	0.42	9.26	2.56
92	0.49	9.08	2.11
93	0.43	8.85	2.29
94	0.49	8.77	1.97
95	0.56	9.81	2.16
96	0.47	9.26	2.29
97	0.43	8.89	2.31
98	0.37	9.12	2.82
99	0.44	8.85	2.24
100	0.42	8.8	2.32
ค่าเฉลี่ย	0.52	9.37	2.14
STDEV	0.06	0.35	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-35 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสบู่อัดหลังการนึ่ง( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดดินที่	น้ำหนักเม็ดดิน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
1	0.37	8.24	2.94
2	0.22	6.5	3.08
3	0.29	7.62	3.21
4	0.29	7.55	3.15
5	0.35	8.06	2.97
6	0.32	7.68	2.95
7	0.32	7.64	2.92
8	0.32	7.99	3.19
9	0.37	8.37	3.03
10	0.29	7.21	2.87
11	0.32	7.73	2.99
12	0.35	7.81	2.79
13	0.36	8.26	3.03
14	0.32	7.81	3.05
15	0.42	8.65	2.85
16	0.38	8.63	3.14
17	0.38	7.62	2.45
18	0.24	6.69	2.99
19	0.33	7.23	2.54
20	0.34	7.91	2.95
21	0.23	6.79	3.21
22	0.3	6.94	2.57
23	0.36	6.81	2.06
24	0.28	7.15	2.92
25	0.37	7.49	2.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-35 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสปูค่าหลังการนึ่ง (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดดินที่	น้ำหนักเม็ดดิน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
26	0.29	6.98	2.69
27	0.28	6.97	2.78
28	0.34	7.15	2.41
29	0.28	6.87	2.70
30	0.35	7.31	2.44
31	0.28	6.56	2.46
32	0.37	8.67	3.25
33	0.34	8.09	3.08
34	0.28	6.71	2.58
35	0.35	7.38	2.49
36	0.21	6.02	2.76
37	0.32	7.01	2.46
38	0.28	6.69	2.56
39	0.29	6.9	2.63
40	0.27	6.9	2.82
41	0.2	6.19	3.07
42	0.25	6.49	2.70
43	0.3	7.08	2.68
44	0.26	6.78	2.83
45	0.25	6.41	2.63
46	0.28	7.18	2.95
47	0.29	7.25	2.90
48	0.45	8.3	2.45
49	0.38	7.85	2.60
50	0.32	7.13	2.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-35 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเม็ดดินในสบู่อำล้างการนึ่ง (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เม็ดดินที่	น้ำหนักเม็ดดิน(g)	GMD(เม็ดดิน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
51	0.33	7.13	2.47
52	0.24	6.27	2.62
53	0.27	6.89	2.82
54	0.28	7.01	2.81
55	0.38	7.95	2.66
56	0.35	7.5	2.57
57	0.33	7.11	2.45
58	0.29	6.78	2.54
59	0.31	6.97	2.51
60	0.38	7.54	2.40
61	0.31	7.58	2.97
62	0.34	7.13	2.39
63	0.35	7.46	2.55
64	0.36	7.02	2.19
65	0.38	7.56	2.41
66	0.22	6.26	2.85
67	0.28	6.75	2.61
68	0.4	7.26	2.11
69	0.28	6.72	2.58
70	0.16	5.54	3.07
71	0.32	7.08	2.51
72	0.35	7.37	2.49
73	0.32	7.34	2.70
74	0.37	7.54	2.46
75	0.34	7.22	2.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-35 ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเมล็ดในสบู่ดำหลังการนึ่ง (ต่อ) ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )

เมล็ดในที่	น้ำหนักเมล็ดใน(g)	GMD(เมล็ดใน)(mm)	ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ
76	0.38	6.18	1.61
77	0.28	6.49	2.41
78	0.25	6.45	2.66
79	0.28	6.94	2.75
80	0.27	6.49	2.50
81	0.35	7.55	2.61
82	0.27	9.4	5.24
83	0.26	6.37	2.50
84	0.41	7.62	2.27
85	0.3	6.96	2.59
86	0.29	6.82	2.57
87	0.41	7.47	2.18
88	0.33	7.12	2.46
89	0.36	7.46	2.48
90	0.3	7.26	2.81
91	0.32	6.89	2.38
92	0.39	7.83	2.52
93	0.27	6.57	2.56
94	0.41	7.12	1.98
95	0.27	6.77	2.72
96	0.26	6.81	2.86
97	0.28	6.67	2.54
98	0.29	6.8	2.55
99	0.26	6.75	2.81
100	0.22	6.12	2.73
ค่าเฉลี่ย	0.31	7.19	2.69
STDEV	0.05	0.64	0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้