

เครื่องวัดสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดพืชอาหารบางชนิด
ในประเทศไทย

Equipment for measuring friction and flow property of some grain
in Thailand



นายกิตติชัย บรรจง
หัวหน้าโครงการวิจัย

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โดยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2546

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่ RCH S 715 - G-67 กบ 73 ค

เลขทะเบียน 58920

วันเดือนปี 17 01 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ใน
i 11485760
b 11485760
i 11485760

เครื่องวัดสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดพืชอาหารบางชนิด
ในประเทศไทย

Equipment for measuring friction and flow property of some grain
in Thailand



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โดยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2546

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติชัย บรรจง 2546 : เครื่องวัดสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดพืชอาหารบางชนิดในประเทศไทย (Equipment for measuring friction and flow property of some grain in Thailand).
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ได้ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดค่ามุมกองพื้นของเมล็ดพืชอาหาร โดยเครื่องมือประกอบด้วยกล่องอะคริลิกใสขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 122 เซนติเมตร สูง 85 เซนติเมตร และฮอปเปอร์(Hopper) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร เมื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้นของเมล็ดข้าวเปลือก โดยปัจจัยที่ศึกษาดังนี้ ปัจจัยแรกพันธุ์พืชที่ใช้ในการทดลอง เป็นข้าวเปลือกทั้งหมด 10 พันธุ์ ซึ่งมีความยาวเมล็ดอยู่ในช่วง 8 – 11 มิลลิเมตรพบว่าพันธุ์ข้าวเปลือกทำให้ค่ามุมกองพื้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปัจจัยที่สองน้ำหนักของเมล็ดพืชที่ใช้ในการวัด โดยใช้ 4 , 5 , 6 และ 7 กิโลกรัม พบว่าน้ำหนักของเมล็ดพืชที่ใช้ในการวัดมีผลต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปัจจัยที่สามความสูงของฮอปเปอร์ ที่ระดับ 65 , 70 , 75 และ 80 เซนติเมตร จากพื้น พบว่าความสูงของฮอปเปอร์ไม่มีผลต่อค่ามุมกองพื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปัจจัยที่สี่ความชื้นของเมล็ดพืช โดยในการทดลองกำหนดให้ความชื้นของข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 10 – 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความชื้นของเมล็ดพืชมีผลต่อค่ามุมกองพื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเมื่อความชื้นของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้มุมกองพื้นของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นด้วย ปัจจัยที่ห้า เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องฮอปเปอร์ 2.5 , 5.0 , 7.5 และ 10.0 เซนติเมตร พบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของฮอปเปอร์มีผลต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อทดลองหาความแม่นยำของเครื่องจากการวัด 10 ครั้ง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของการวัดค่า พบว่าในการวัดความกว้างของกอง มีค่าเท่ากับ 0.84 % การวัดความสูงของกอง มีค่าเท่ากับ 3.17 % และมุมกองพื้นที่วัด ได้มีค่าเท่ากับ 2.70 %

Abstract

The equipment for measuring angle of repose was designed and constructed. This equipment was consisted of a 10 cm. x 122 cm. x 85 cm. transparent acrylic box and a 10 cm. diameter with 45 cm. height hopper. When the factors affecting the angle repose measurement was determined, it was found that 1) the angle of repose of 10 paddy varieties ranging between 8 – 11 mm. length was significantly different ($P < 0.05$), 2) the mass of paddy grain used in the measurement at 4, 5, 6 and 7 kg. also affected the angle of repose measuring by this equipment significantly ($P < 0.05$), 3) the height of hopper from the datum did not affect the measurement significantly ($P < 0.05$), 4) the moisture content of paddy between 10 – 30 % wet basis affected the angle of repose measurement significantly ($P < 0.05$), and 5) the orifice diameter of the hopper used in this experiment at 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 cm. also affected the angle of repose measurement significantly ($P < 0.05$). The accuracy of measurement by the equipment calculated from 10 measurements of the same paddy was determined. It was found that the coefficient of variation of the measurement for the width of repose, the height of repose and the angle of repose was 0.84 %, 3.17 % and 2.70 % respectively.

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
เมล็ดพืช	2
คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช	2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	6
วัตถุประสงค์	6
อุปกรณ์	6
ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	7
1.การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมกองพื้น	7
2.การทดลองวัดมุมกองพื้นของเมล็ดพืช	7
3.วิธีวัดมุมกองพื้น	8
4.การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวัดค่ามุมกองพื้น	9
บทที่ 4 ผลการทดลอง	13
1.ผลการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมกองพื้น	13
2.ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวัดมุมกองพื้นของเมล็ดพืช	15
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	25
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	28

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่ามุมกองพื้นและสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุ ปริมาณมวลที่สำคัญ	4
ตารางที่ 2 แสดงค่ามุมกองพื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกทั้ง 10 พันธุ์ที่นำมาทดลอง	15
ตารางที่ 3 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกที่ปริมาณของข้าวเปลือกทั้ง 4 ปริมาณที่ต่างกัน	16
ตารางที่ 4 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมที่ระดับความชื้นต่าง ๆ	18
ตารางที่ 5 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ	19
ตารางที่ 6 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ	20
ตารางที่ 7 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระดับความสูง ของ hopper 4 ระดับ	21
ตารางที่ 8 แสดงค่ามุมกองพื้นที่ขนาดความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1	23
ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง พันธุ์ข้าวต่อค่ามุมกองพื้น	29
ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง ปริมาณข้าวต่อค่ามุมกองพื้น	31
ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง ความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์หอมปทุม	33
ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง ความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์สุพรรณ 60	34
ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง ความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์ กข. 23	35
ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง ความสูงต่อค่ามุมกองพื้น	36
ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลง ขนาดความกว้างของช่องเปิด hopper ต่อค่ามุมกองพื้น	37

สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1	แสดงการไหลของข้าวเปลือกออกจากฮอปเปอร์ลงมาสู่ฐานกล่องอะคริลิก	8
ภาพที่ 2	แสดงรูปของกล่องอะคริลิกใสและฮอปเปอร์ที่ใช้ในการหาค่ามุมกอง	14
ภาพที่ 3	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับค่ามุมกองพื้นที่วัดได้ทั้ง 3 พันธุ์	17
ภาพที่ 4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับค่ามุมกองพื้นที่ของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุม	18
ภาพที่ 5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมกองพื้นที่ของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60	19
ภาพที่ 6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมกองพื้นที่ของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23	20
ภาพที่ 7	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับค่ามุมกองพื้นที่ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์	22
ภาพที่ 8	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกองพื้นที่กับขนาดช่องเปิดของฮอปเปอร์ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1	24

บทที่ 1

บทนำ

การออกแบบเครื่องมือหรือกระบวนการในการเก็บเกี่ยว ขนถ่าย การเก็บรักษาและการแปรรูป เมล็ดพืช ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช สำหรับข้อมูลเหล่านี้ของเมล็ดพืชที่ปลูกในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก ส่วนมากนักวิจัยจึงต้องใช้ข้อมูลพืชอื่นๆที่มีรายงานจากต่างประเทศหรือวัดขึ้นมาจาก โดยใช้วิธีการต่างๆ แตกต่างกันไป ทำให้ไม่สามารถพัฒนาฐานข้อมูลสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืชอาหารในประเทศไทยเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องมือและกระบวนการแปรรูปได้อย่างเต็มที่ ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืชอาหารที่เป็นที่ต้องการในการศึกษา ออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ เช่น ขนาด รูปร่างและความหนาแน่น, สมบัติทางการดูดซับความชื้น, สมบัติทางแอโรไดนามิก เช่น terminal velocity และ drag coefficient, คุณสมบัติความเสียดทานและการไหลของวัสดุเมล็ด เช่น มุมกองพื้น (angle of repose) และ angle internal friction

ดังนั้นเพื่อให้ได้รับข้อมูลสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดข้าว การศึกษานี้จึงต้องการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดมุมกองพื้น (angle of repose) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความเสียดทานและการไหลของเมล็ดพืช

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดสมบัติทางกายภาพบางประการ ได้แก่ มุมกองพื้นของเมล็ดพืชอาหารที่ปลูกในประเทศไทย โดยมีความถูกต้อง แม่นยำ และสะดวกในการวัด

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์

เมล็ดพีช

เมล็ดพีชที่ได้กล่าวถึงนั้น ได้แก่ เมล็ดข้าวต่าง ๆ , เมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกจัดเป็นวัสดุปริมาณมวล (bulk material) ซึ่งหมายถึง วัสดุที่เป็นก้อนหรือเมล็ดที่อยู่รวมกันเป็นปริมาณมาก ๆ

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของวัสดุปริมาณมวล ได้แก่ ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิว มุมกองพื้น (angle of repose) ความคมแข็ง (Abrasiveness) และความหนาแน่นรวม วัสดุปริมาณมวลส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเม็ดรูปร่างต่าง ๆ เช่น ทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยม มีผลต่อปฏิกิริยาของวัสดุต่อของไหลที่อยู่รอบ ๆ และต่อตัววัสดุเอง ทำให้มีผลต่อพฤติกรรมอื่น ๆ ของวัสดุ เช่น ความสามารถในการไหล การลอยตัว การอัดตัว การติดไฟ การระเบิดและความเป็นพิษ เป็นต้น

หากวัสดุมีรูปร่างเป็นทรงกลม จะกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลาง หากมีรูปร่างไม่เป็นทรงกลม จะกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ (Equivalent Diameter) ซึ่งพิจารณาจากค่าของคุณสมบัติอื่นของวัสดุที่หาได้ง่าย เช่น พื้นที่ฉายภาพ (Projected Area) ปริมาตร พื้นที่ผิว ขนาดที่ลอดผ่านตะแกรง เป็นต้น

วัสดุปริมาณมวลที่มีรูปร่างทรงกลม มีค่าความกลมเป็น 1 ซึ่งความสามารถในการไหลสูงได้สะดวก วัสดุรูปทรงอื่นที่มีค่าความกลมน้อยกว่า 1 การเกาะตัวหรือการขัดตัวกันสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการไหลลดลง

คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพีช

1) ความหนาแน่น (Bulk Density) หมายถึง ความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวล ซึ่งคำนวณจาก น้ำหนักวัสดุหารด้วยปริมาตรรวมของวัสดุ โดยที่ปริมาตรรวม ก็คือ ปริมาตรของวัสดุปริมาณมวลล้วน รวมกับปริมาตรของช่องว่างระหว่างวัสดุปริมาณมวลเหล่านั้น หากวัสดุอยู่รวมกันอย่างหลวม ๆ ปริมาตรรวมก็มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดเดียวกันที่อยู่รวมกันอย่างอัดแน่น

2) ความคมแข็ง หรือความสามารถในการขัดสี (Abrasiveness) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญเพราะขณะเคลื่อนที่ไปวัสดุเหล่านี้จะสัมผัสและขัดสีไปกับผิวของระบบขนถ่าย ทำให้สึกหรอได้ วัสดุบางชนิดแข็งและทำให้สึกหรอได้เร็วมาก เช่น แร่ออกไซด์ ปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง ทรายและถ่าน โค้ก เป็นต้น

คุณสมบัตินี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.1) ไม่คมแข็ง ไม่ทำให้เกิดการขัดสี (Nonabrasive) เช่น แป้ง, เมล็ดฝ้าย, เมล็ดข้าวโพด, ข้าวเปลือก, รำ เป็นต้น

2.2) คมแข็งปานกลาง เกิดการขัดสีปานกลาง (Mildly abrasive) เช่น อลูมิเนียมออกไซด์, เศษไม้, กราไฟต์, แร่บิชไมต์, ถ่านโค้ก, เปลือกหอยบด เป็นต้น

2.3) คมแข็งมาก เกิดการขัดสีมาก (Very abrasive) เช่น ทราย, ฟอสเฟต, หินปูนดิบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาของผู้ใช้เท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แรงเสียดทาน เมื่อวัสดุปริมาณมวลเคลื่อนที่ไปบนอุปกรณ์ขนถ่ายจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างวัสดุปริมาณมวลกับพื้นชนิดต่าง ๆ มีความสำคัญในงานสร้างระบบขนถ่ายวัสดุ

4) มุมกองพื้น (Angle of repose) เป็นมุมที่วัสดุกองตัวบนพื้นราบ มุมนี้มีสองประเภท คือมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่ง ซึ่งเรียกว่า “ Static angle of repose ” และ มุมกองพื้นขณะถล่ม ไถล ซึ่งเรียกว่า “ Dynamic angle of repose ” ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1

ค่ามุมกองเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่แสดงถึงความสามารถในการไหล (Flowability) ของวัสดุ โดยสามารถแบ่งได้เป็น

- 4.1) การไหลคล่องตัวมาก (Very Free Flowing) จะมีมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่ง 30 องศา
- 4.2) การไหลคล่องตัว (Free Flowing) จะมีมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่งตั้งแต่ 30-45 องศา
- 4.3) การไหลไม่คล่องตัว (Sluggish) จะมีมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่งมากกว่า 45 องศา



ตารางที่ 1 แสดงค่ามุกองพื้นและสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ

วัสดุปริมาณมวล (ความชื้น%wb)	มุกองพื้น (องศา)		ส.ป.ส. ของแรงเสียดทานขณะนิ่ง			
	ขณะแล่น	ขณะนิ่ง	กับเหล็ก	กับไม้	กับยาง	กับพลาสติก
กรวดเล็ก	30	45	1.00	-	-	-
ผงปูนซีเมนต์	35	50	0.65	-	0.64	-
หินปูนก้อนเล็ก	30	-	0.56	0.70	-	-
แป้งข้าวสาลี	49	55	0.65	-	0.85	-
ข้าวสาลี (11.2-15.7)	-	25-41	0.200-0.514	0.300-0.450	-	0.269-0.448
ข้าวโอ๊ต (10.6-17.3)	-	-	0.197-0.443	-	-	0.204-0.502
ข้าวเปลือก (12-16)	-	31.41	0.223-0.315	0.400-0.450	-	-
ข้าวโพด (7.5-13.9)	-	22-43.5	0.210-0.255	0.145-0.400	-	0.219-0.381
ข้าวบาร์เลย์ (10.7-16.4)	-	25-35	0.197-0.214	0.300-0.500	-	0.232-0.354
ถั่วเหลือง (7.1-12.2)	-	23-35	0.191-0.230	-	-	0.246-0.430
ข้าวฟ่าง	-	20-33	0.160-0.400	0.120-0.400	-	-
หญ้าอัลฟัลฟาอัดเม็ด	-	31.5	0.215	0.394	-	-
ข้าวโพดบด	-	62.3	0.399	0.516	-	-
เกลือ	-	29.0	0.379	0.394	-	-

ที่มา: ดัดแปลงจากตารางที่ 4 อนุกรมขนถ่ายวัสดุ 2 (2524) และ Appendix N, Feed Manufacturing Technology (1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Oje และคณะ (1991) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดคอบบี้ (Oilbean) โดยทำการทดลองวัดมุมของขณะแล่นของเมล็ดคอบบี้ ซึ่งใช้กล่องที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ (ขนาด 450 mm. X 450 mm. X 450 mm.) ซึ่งมีแผงกั้นอยู่ด้านหน้า โดยนำเมล็ดมาใส่ลงในกล่อง หลังจากนั้นแผงกั้นจะถูกยกขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เมล็ดไหลจนเกิดความเอียงตามธรรมชาติและพบว่ามุมของเมล็ดคอบบี้ที่คำนวณได้คือ 17 องศา ซึ่งถือว่าน้อยมากถ้าเทียบกับเมล็ดถั่วเหลือง ,ข้าวโพด และข้าวสาลี ซึ่งทั้งหมดนี้อาจเป็นไปได้ เพราะว่าผิวของเมล็ดคอบบี้ที่เรียบมากทำให้ง่ายต่อการไหลผ่านกัน

Chandrasekar และคณะ (1999) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟ ในการทำการทดลองวัดมุมของเมล็ดกาแฟที่ตัวแล้วหลาย ๆ ความชื้น ทำโดยปล่อยเมล็ดกาแฟตัวให้ร่วงลงในจานทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm. และสูง 150 mm. เพื่อให้เกิดเป็นกองโดยธรรมชาติ และพบว่ามุมของเมล็ดกาแฟตัวมีความชื้นเพิ่มขึ้น โดยความชื้นที่ทำการทดลองอยู่ระหว่าง 9.9 -30.6% w.b.



บทที่ 3 วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

เมล็ดข้าวเปลือก 10 พันธุ์ ประกอบด้วย

- 1) ข้าวหอมสุพรรณ
- 2) ข้าวสุพรรณ 90
- 3) ข้าวสุพรรณ 1
- 4) ข้าวขาวดอกมะลิ 105
- 5) ข้าวหอมปทุม
- 6) ข้าวสุพรรณ 60
- 7) ข้าวพิษณุโลก 2
- 8) ข้าวปทุม 60
- 9) ข้าวพันธุ์ กข. 23
- 10) ข้าวพันธุ์ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง

อุปกรณ์

- แผ่นอะคริลิก หนาแผ่นละ 6 มิลลิเมตร
- น้ำยาเชื่อมแผ่นอะคริลิก (Dichloro methane)
- ไม้บรรทัดเหล็ก 3 อัน
- เลื่อย
- สกรู
- กาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ในการทดลองหาค่ามุมกองพื้น ประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการทดลอง ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมกองพื้น

เครื่องมือวัดมุมกองพื้น ประกอบไปด้วยกล่องอะคริลิก และฮอปเปอร์ (hopper) ดังนี้

ก) กล่องอะคริลิกใส

เป็นกล่องที่ใช้เพื่อการวัดมุมกอง จะถูกสร้างขึ้น โดยการใช้แผ่นอะคริลิกใส ซึ่งหนาแผ่นละ 6 มิลลิเมตร มาประกอบกัน โดยการใช้น้ำยา Dichloro methane เชื่อมเพื่อยึดแผ่นอะคริลิกให้ติดกัน ซึ่งกล่องอะคริลิกเมื่อประกอบเสร็จจะมีขนาด ดังต่อไปนี้

- หนา 0.6 เซนติเมตร (แผ่นอะคริลิก)
- กว้าง 10 เซนติเมตร
- ยาว 122 เซนติเมตร
- สูง 85 เซนติเมตร

นอกจากนี้ที่ตัวกล่องอะคริลิก จะทำการติดไม้บรรทัดเหล็กไว้ที่บริเวณด้านหลังกล่องอะคริลิก ในแนวตั้ง และแนวนอน เพื่อใช้ในการวัดความสูงและความกว้างฐานของกองข้าวเปลือก ตามลำดับ และในบริเวณด้านข้างกล่องติดกับฐานจะทำเป็นช่องเปิดไว้เพื่อใช้เป็นช่องนำเมล็ดข้าวเปลือกออกเมื่อทำการวัดเสร็จในแต่ละครั้งการทดลอง

ข) การสร้างฮอปเปอร์ (hopper) รูปทรงกรวย

ฮอปเปอร์ที่ใช้ในการทดลอง จะทำโดยใช้แผ่นสังกะสีทำเป็นฮอปเปอร์กลม รูปกรวย และมีช่องเปิดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ซึ่งมีความสูงห่างจากฐานกล่อง 80 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังทำท่อสังกะสีทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. 2 อัน ซึ่งมีความยาว 12 ซม. และ 7 ซม.

2. การทดลองวัดมุมกองพื้นของเมล็ดพืช

ในการทดลองหาค่ามุมกองพื้น วัสดุที่ใช้ คือ เมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งจะประกอบด้วยข้าวเปลือก ทั้งหมด 10 พันธุ์ ดังต่อไปนี้

- ข้าวหอมสุพรรณ
- ข้าวสุพรรณ 90
- ข้าวสุพรรณ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้าวขาวดอกมะลิ 105
- ข้าวหอมปทุม
- ข้าวสุพรรณ 60
- ข้าวพิษณุโลก 2
- ข้าวปทุม 60
- ข้าวพันธุ์ กข. 23
- ข้าวพันธุ์ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง

3.วิธีการวัดมุมกองพื้น (Angle of repose)

การวัดมุมกองพื้นของข้าวเปลือกมีขั้นตอนการวัด ดังต่อไปนี้

- 1) ใส่น้ำข้าวเปลือกลงในชอปเปอร์ที่ติดตั้งอยู่เหนือฐานกลองอะคริลิก 80 ซม.
- 2) ปลดปล่อยให้เมล็ดข้าวเปลือกไหลลงมากองที่พื้นกลองจนหมด
- 3) วัดความสูงของกองและความกว้างของฐานกลองโดยหนึ่งตัวอย่างจะทำการวัด 3 ครั้งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย
- 4) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่ามุมกองพื้นจากสูตรการหามุมกอง



ภาพที่ 1 แสดงการไหลของข้าวเปลือกออกจากชอปเปอร์ลงมาสู่ฐานกลองอะคริลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวัดค่ามูกองพื้น

ในการศึกษาหามูกองของข้าวเปลือก ปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามูกอง มีดังต่อไปนี้

4.1) การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามูกองพื้น

- พันธุ์ข้าวเปลือก

พันธุ์ข้าวที่ใช้มีทั้งหมด 10 พันธุ์ ซึ่งมีความยาวของเมล็ดอยู่ในช่วง 8-11 มิลลิเมตร ได้แก่

- 1) ข้าวหอมสุพรรณ
- 2) ข้าวสุพรรณ 90
- 3) ข้าวสุพรรณ 1
- 4) ข้าวขาวดอกมะลิ 105
- 5) ข้าวหอมปทุม
- 6) ข้าวสุพรรณ 60
- 7) ข้าวพิษณุโลก 2
- 8) ข้าวปทุม 60
- 9) ข้าวพันธุ์ กข. 23
- 10) ข้าวพันธุ์ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง

- ปริมาณข้าวเปลือก

ข้าวที่ใช้ในการนำมาหาค่ามูกอง จะใช้ข้าวในระดับปริมาณมาตรฐาน คือ 7 กิโลกรัม

- ระยะความสูงของฮอปเปอร์ (hopper)

โดยที่ความสูงที่ระดับที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการหาค่ามูกองพื้น ซึ่งจะใช้ที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร

4.2) ศึกษาผลของปริมาณข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามูกองพื้น

- ปริมาณข้าวเปลือก

ปริมาณข้าวที่ใช้ในการทดลองหามูกองนั้น จะทำการศึกษาผลของปริมาณข้าวเปลือกโดยการเปลี่ยนแปลง ปริมาณข้าวที่ 4 ปริมาณด้วยกัน ดังนี้

- 1) ข้าวปริมาณ 4 กิโลกรัม
- 2) ข้าวปริมาณ 5 กิโลกรัม
- 3) ข้าวปริมาณ 6 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ข้าวปริมาณ 7 กิโลกรัม

- พันธุ์ข้าวเปลือก

ข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการศึกษาหามุมกองพินจะถูกเลือกออกมาเพียง 3 พันธุ์ จากทั้งหมด 10 พันธุ์ เพื่อทำการศึกษาผลของปริมาณข้าว โดยที่ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่เลือก ได้แก่ พันธุ์สุพรรณ 1 , พันธุ์สุพรรณ 60 และพันธุ์ กข. 23 ซึ่งข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่เลือกมานั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันทั้งขนาด รูปร่างของเมล็ด

- ความสูงของฮอปเปอร์ (hopper)

ความสูงของฮอปเปอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทดลอง จะใช้ระดับความสูงที่ 80 เซนติเมตร

4.3) ศึกษาผลของความชื้นของข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพิน

- ความชื้น

ในการศึกษาผลของความชื้นของข้าว จะทำการศึกษาโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นที่ต่างกัน 5 ค่าโดยค่าของความชื้นของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้จะอยู่ในช่วง 10-30 % mc. ซึ่งวิธีในการเพิ่มความชื้นสามารถทำได้โดย การแช่ข้าวในน้ำ ที่ไว้ 1 คืนแล้วนำมาหาค่าความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้นแบบฮาโลเจน (halogen)

- พันธุ์ข้าวเปลือก

การศึกษาผลของความชื้นนั้นจะทำการศึกษาผลดังกล่าวในพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ ซึ่งได้แก่ พันธุ์หอมปทุม, พันธุ์สุพรรณ 60 และพันธุ์ กข. 23

- ความสูงของฮอปเปอร์ (hopper)

ความสูงที่ถูกควบคุมในการศึกษาผลของปัจจัยด้านความชื้น จะทำการทดลองที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร

- ปริมาณข้าว

ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่นำมาทดลอง จะควบคุมปริมาณข้าวพันธุ์ละ 7 กิโลกรัม

4.4) ศึกษาผลของความสูงของฮอปเปอร์ (hopper) จากฐานต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกอง

- ระยะความสูงของฮอปเปอร์ (hopper)

การศึกษาปัจจัยทางด้านความสูงของฮอปเปอร์ จะทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของฮอปเปอร์ โดยใช้ท่อสังกะสีทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร 2 ท่อที่มีความยาว 12 เซนติเมตร และ 7 เซนติเมตร ติดที่ช่องเปิดฮอปเปอร์ ซึ่งระดับความสูงที่ใช้ในทดลองจะมี 4 ระดับด้วยกัน ซึ่งได้แก่

1) ระดับความสูง 80 เซนติเมตร

2) ระดับความสูง 75 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลิตขึ้นไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ระดับความสูง 70 เซนติเมตร

4) ระดับความสูง 65 เซนติเมตร

- พันธุ์ข้าวเปลือก

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษาผลของความสูง จะทำการศึกษาในพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ ซึ่งได้แก่ พันธุ์สุพรรณ 1, พันธุ์สุพรรณ 60 และพันธุ์ กข. 23

- ปริมาณข้าว

ปริมาณข้าวที่ใช้เพื่อการศึกษาผลของความสูงฮอปเปอร์ จะใช้ข้าวที่ปริมาณ 7 กิโลกรัม ทุกการทดลอง

4.5) ศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องเปิดฮอปเปอร์(hopper)

ขนาดช่องเปิดของฮอปเปอร์ เป็นปัจจัยสุดท้ายที่ถูกลำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น โดยที่จะทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิดของฮอปเปอร์ที่ 4 ขนาดด้วยกันดังต่อไปนี้

1) เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

2) เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร

3) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0 เซนติเมตร

4) เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร

- พันธุ์ข้าวเปลือก

ข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ ถูกเลือกมาทดลองเพื่อศึกษาเพียง 1 พันธุ์ คือ พันธุ์สุพรรณ 1

- ความสูงของฮอปเปอร์(hopper)

ความสูงที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยด้านความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์จะใช้ที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร

- ปริมาณข้าว

ปริมาณข้าวที่ถูกลำมาทดลอง จะใช้ข้าวที่ปริมาณ 7 กิโลกรัม

4.6)หาความแม่นยำของเครื่องโดยคำนวณค่า Coefficient of Variation (C.V)

ทำการทดลองโดยใช้ข้าวเปลือก 2 พันธุ์ คือ

- ข้าวสุพรรณ 1
- ข้าวสุพรรณ 60

วิธีทดลองคือ วัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง เพื่อนำมาคำนวณหาค่า C.V

- ความสูงของฮอปเปอร์(hopper)

ความสูงที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยด้านความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์จะใช้ที่ระดับ

ความสูง 80 เซนติเมตร

- ปริมาณข้าว

ปริมาณข้าวที่ถูกนำมาทดลอง จะใช้ข้าวที่ปริมาณ 7 กิโลกรัม

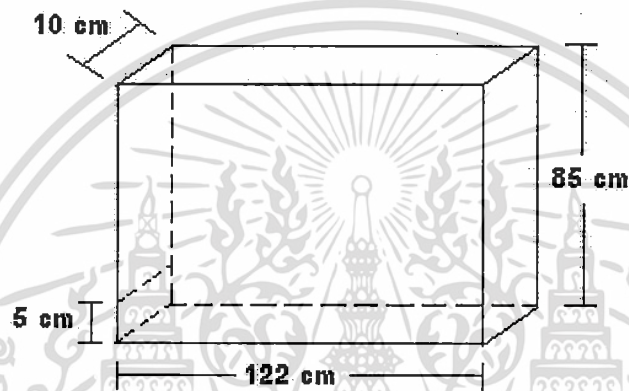


บทที่ 4

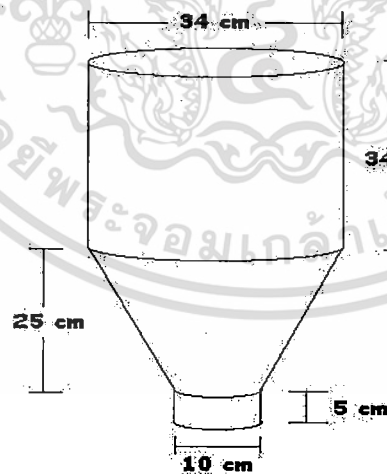
ผลการทดลอง

- การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมกึ่งพื้น
เครื่องมือประกอบด้วย

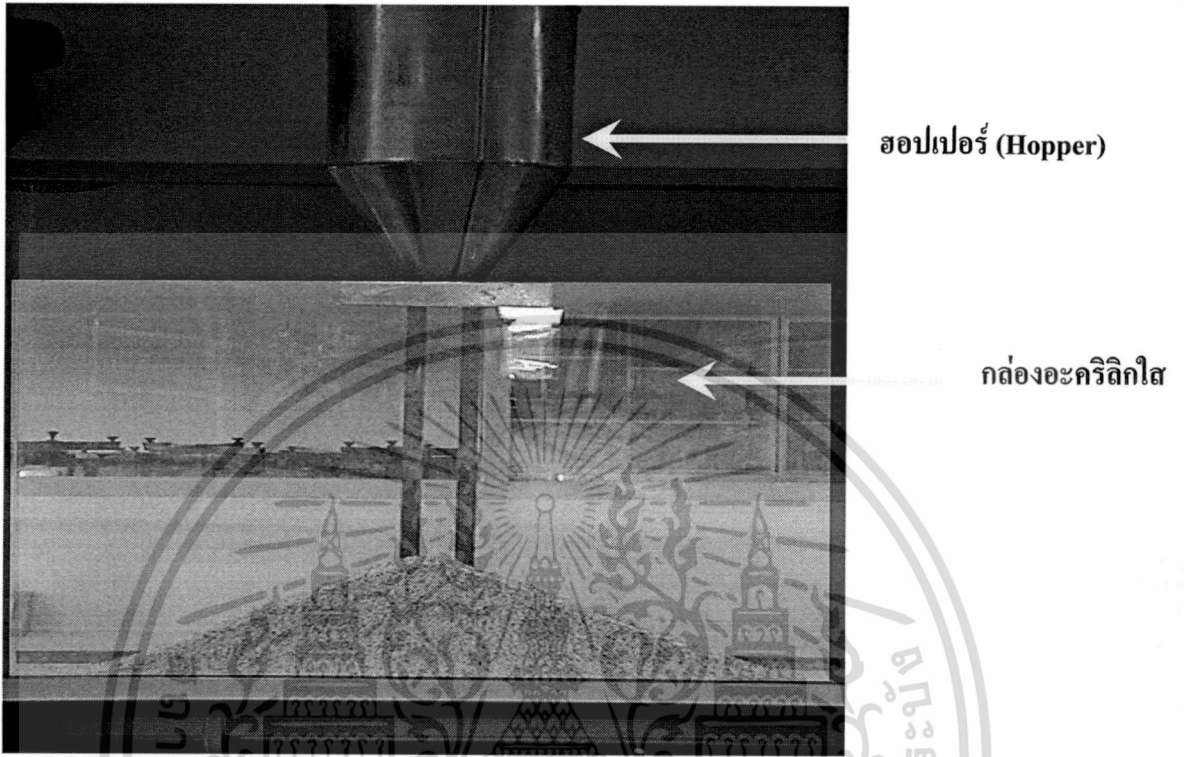
ก) กล่องอะคริลิกใส



ข) ฮอปเปอร์ (hopper)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2

แสดงรูปของกล่องอะคริลิกใสและสอปเปอร์ที่ใช้ในการหาค่ามูกอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดมุมกองพื้นของเมล็ดพืช

จากการทดลองวัดมุมกองพื้นของข้าวเปลือก 10 พันธุ์ ได้ผลดังนี้

2.1) การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น

ในการศึกษาผลของพันธุ์ข้าว ที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้น ซึ่งจะทำได้โดยใช้ข้าวเปลือกทั้ง 10 พันธุ์ และใช้ข้าวปริมาณ 7 กิโลกรัม ปล่อยให้ข้าวให้ไหลลงมาจากฮอปเปอร์ที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร ซึ่งจะให้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่ามุมกองพื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกทั้ง 10 พันธุ์ที่นำมาทดลอง

พันธุ์ข้าว	ความสูงเฉลี่ย (ซม.)	เส้นผ่าน ศ.ก เฉลี่ย (ซม.)	มุมกองเฉลี่ย(°)
homsupan	25.30	119.73	22.88
supan1	21.90	112.67	21.21
hompatum1	23.17	118.40	21.34
pitsanulok2	22.43	107.93	22.54
ir23	21.30	102.93	22.45
supan90	22.97	106.83	23.24
kawdokmali105	23.17	107.23	23.34
supan60	23.00	101.47	24.35
patum60	24.87	121.70	22.20
homklonghluang1	21.27	102.47	22.51

จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์ ซึ่งมีความยาวแตกต่างกันมีผลทำให้ค่ามุมกองพื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.2) ศึกษาผลของปริมาณข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น

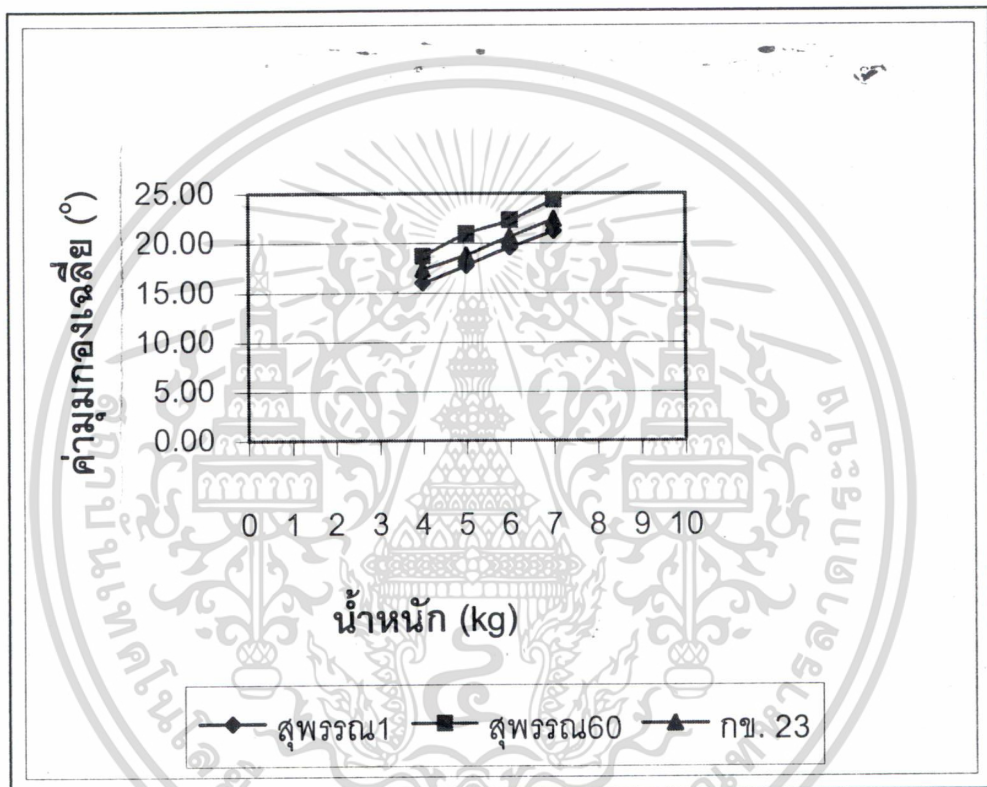
ในการศึกษาผลปัจจัยของปริมาณข้าวเปลือกที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น ซึ่งจะทำการศึกษาทดลองโดยใช้พันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์สุพรรณ 1, พันธุ์สุพรรณ 60 และพันธุ์ กข. 23 โดยการศึกษาที่ปริมาณข้าว 4 kg, 5 kg, 6 kg และ 7 kg. ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกที่ปริมาณของข้าวเปลือกทั้ง 4 ปริมาณที่ต่างกัน

พันธุ์สุพรรณ 1	น้ำหนัก(kg.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	4	16.02
	5	17.74
	6	19.57
	7	21.21
พันธุ์สุพรรณ 60	น้ำหนัก(kg.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	4	18.68
	5	20.92
	6	22.32
	7	24.35
พันธุ์ กข. 23	น้ำหนัก(kg.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	4	17.37
	5	18.82
	6	20.63
	7	22.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3 เมื่อนำข้อมูลของค่ามุมกอนพื้นในข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ มาทำการพล็อต กราฟ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหรือปริมาณของข้าวเปลือก กับค่ามุมกอนพื้นที่วัดได้ ซึ่งค่ามุมกอนที่นำมาพล็อตกราฟจะเป็นค่ามุมกอนเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้งทุกการทดลอง จะให้ผลการทดลองดังกราฟ



ภาพที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับค่ามุมกอนพื้นที่วัดได้ทั้ง 3 พันธุ์

2.3) ศึกษาผลของความชื้นของข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามูมกองพื้น

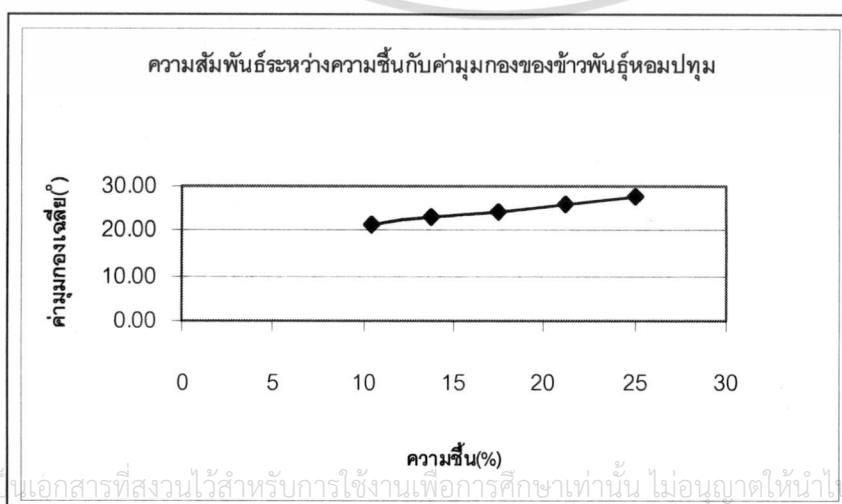
ในการศึกษาปัจจัยทางด้านความชื้นที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามูมกองพื้น โดยในการทดลองจะใช้ข้าวเปลือกเพียง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หอมปทุม, พันธุ์สุพรรณ60 และพันธุ์ กข.23 ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงที่ 5 ระดับความชื้น โดยจะอยู่ระหว่าง 10-30 % mc. ซึ่งจะแสดงผลของค่ามูมกองพื้นให้เห็นดังตารางที่ 4 , 5 และ 6 โดยแยกออกไปตามแต่ละพันธุ์ข้าว ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่ามูมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมที่ระดับความชื้นต่าง ๆ

ความชื้น(%)	ค่ามูมกองเฉลี่ย(°)
10.46	21.34
13.72	23.05
17.46	24.50
21.14	26.11
25.03	27.53

ซึ่งจากตารางที่ 4 เมื่อนำข้อมูลของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมมาทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับค่ามูมกองที่วัดได้ จะให้ผลดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับค่ามูมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุม



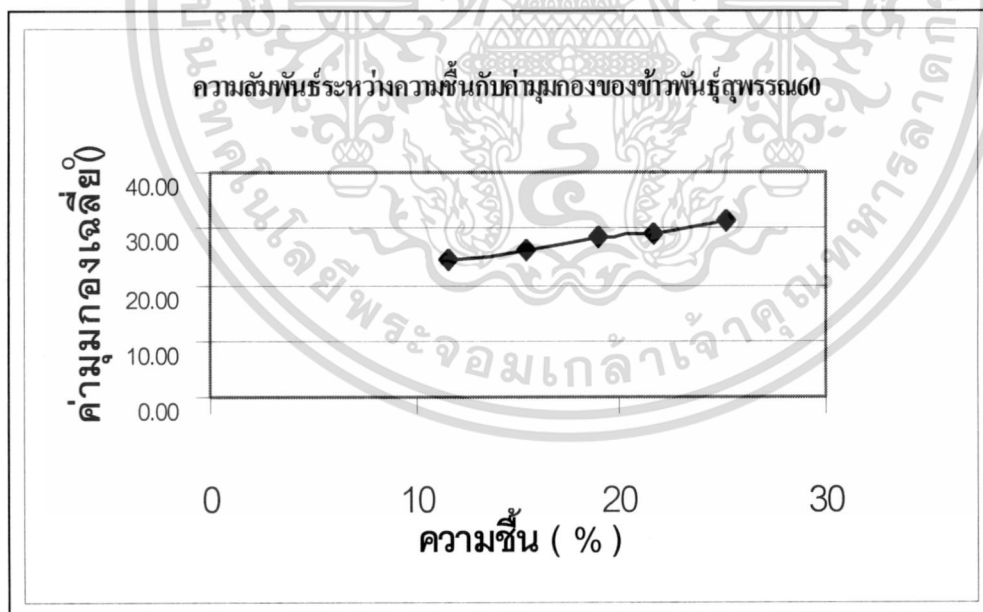
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่ามุมก้องพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ

ความชื้น(%)	ค่ามุมก้องเฉลี่ย(°)
11.56	24.35
15.46	26.34
19.02	28.49
21.68	29.14
25.23	31.39

จากตารางที่ 5 เมื่อนำข้อมูลของพันธุ์สุพรรณ 60 มาทำการพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่ามุมก้องพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับความชื้น ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมก้องพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60



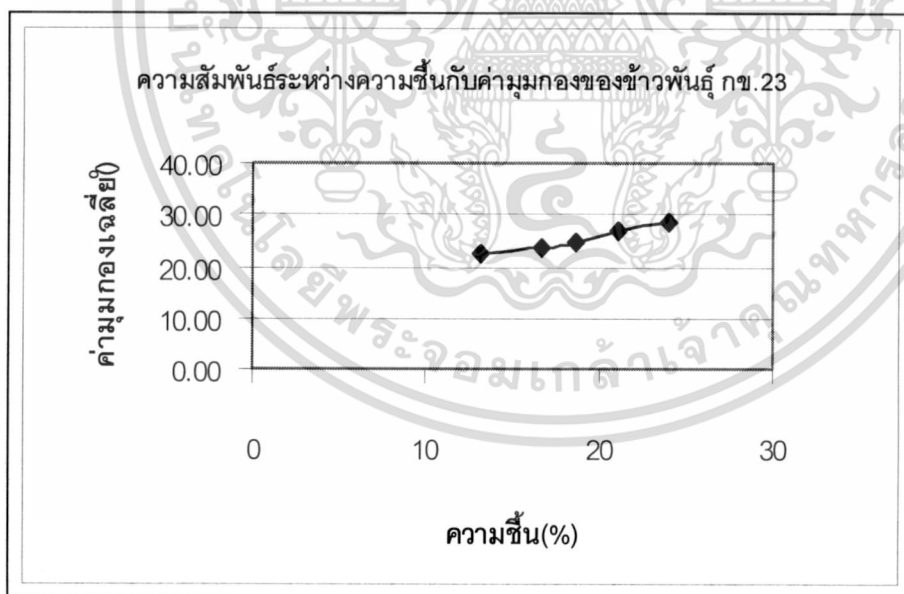
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่ามุมก้องพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ

ความชื้น(%)	ค่ามุมก้องเฉื่อย($^{\circ}$)
13.09	22.36
16.72	23.44
18.68	24.68
21.12	27.04
24.07	28.74

จากตารางที่ 6 เมื่อนำข้อมูลของพันธุ์ กข.23 มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมก้องพื้นกับระดับความชื้นต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมก้องพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4) ศึกษาผลของระยะความสูงของฮอปเปอร์จากฐานต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกอง

ในการศึกษาปัจจัยทางด้านความสูงของฮอปเปอร์ที่อาจมีผลต่อค่ามุมกอง ซึ่งในการทดลองจะใช้ข้าวทั้งหมด 3 พันธุ์ เพื่อเป็นตัวแทนในการทดลอง ซึ่งได้แก่ พันธุ์สุพรรณ 1, พันธุ์สุพรรณ 60 และ พันธุ์ กข.23 โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของ hopper ที่ 4 ระดับด้วยกัน ซึ่งได้แก่ ที่ระดับ 80 ซม., 75 ซม., 70 ซม. และ 65 ซม. ซึ่งจะให้ผลการทดลองดังตารางที่ 7

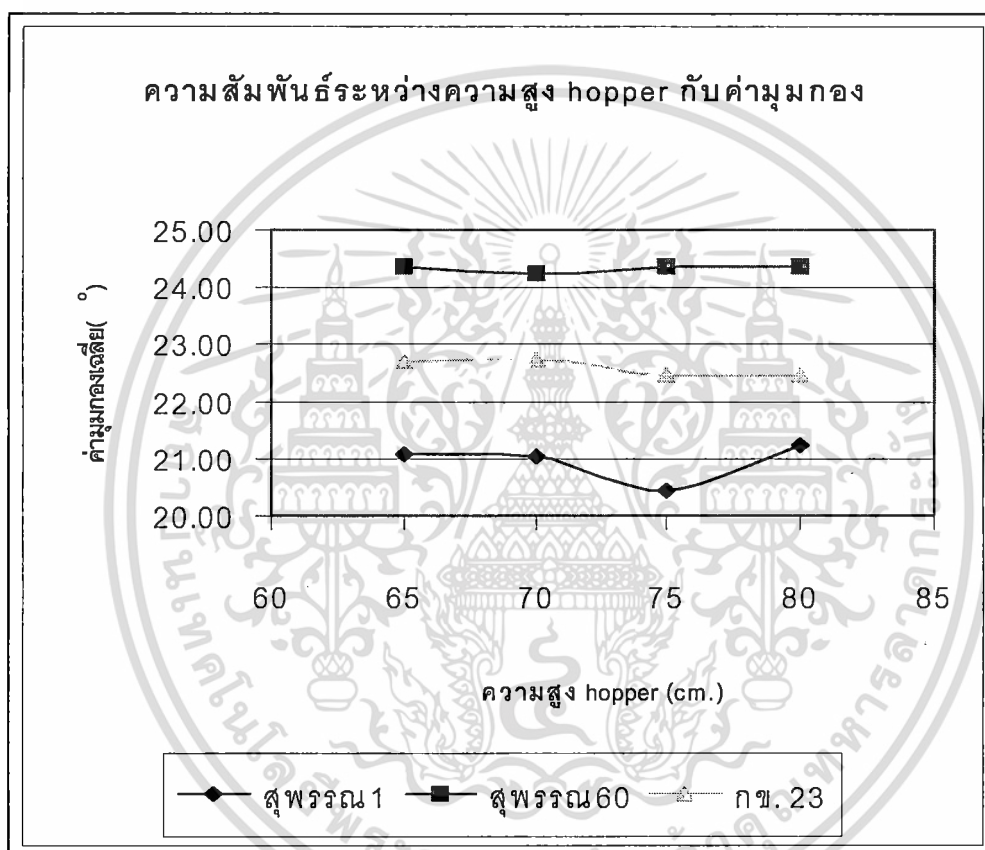
ตารางที่ 7 แสดงค่ามุมกองพื่นของข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระดับความสูงของ hopper 4 ระดับ

พันธุ์สุพรรณ 1	ความสูง hopper(cm.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	65	21.06
	70	21.05
	75	20.42
	80	21.21
พันธุ์สุพรรณ 60	ความสูง hopper(cm.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	65	24.35
	70	24.26
	75	24.36
	80	24.35
พันธุ์ กข. 23	ความสูง hopper(cm.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	65	22.70
	70	22.75
	75	22.46
	80	22.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7 เมื่อนำค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระดับความสูงต่าง ๆ กันของฮอปเปอร์(hopper) มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยที่ค่ามุมกองที่ใช้จะเป็นค่ามุมกองเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้งในแต่ละการทดลอง จะได้กราฟดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับค่ามุมกองพื้นของข้าวทั้ง 3 พันธุ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) ศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิดของฮอปเปอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น

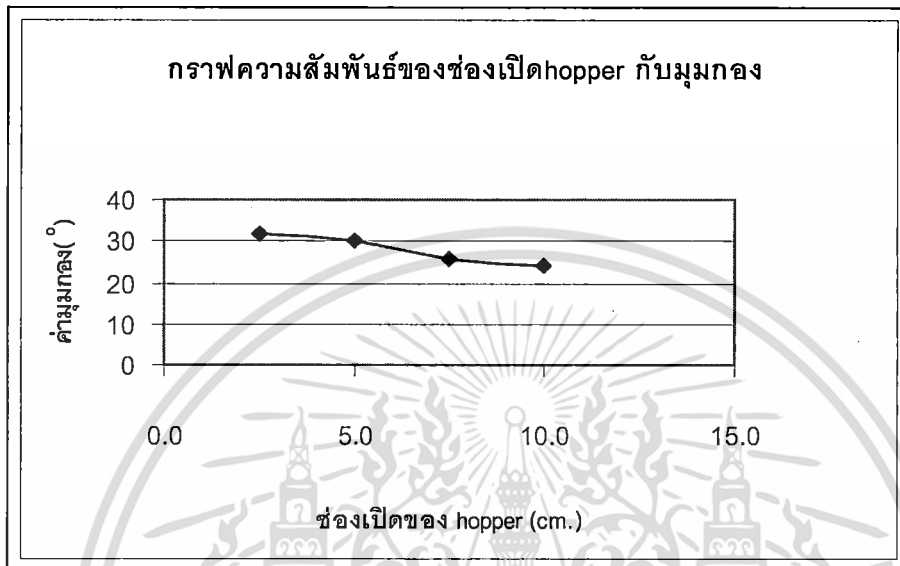
ในการศึกษาผลของความกว้างของช่องปล่อยข้าวที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้นซึ่งจะทดลองโดยใช้ข้าวเพียงพันธุ์เดียวเพื่อใช้เป็นตัวแทนซึ่งพันธุ์ดังกล่าวคือ พันธุ์สุพรรณ 1 และจะทำการศึกษาโดยการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ซึ่งวัดอยู่ในรูปของเส้นผ่านศูนย์กลางมีอยู่ 4 ขนาดด้วยกันคือ 10 ซม., 7.5 ซม., 5.0 ซม. และ 2.5 ซม. ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่ามุมกองพื้นที่ขนาดความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1

ช่องเปิดของ hopper (cm.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย (°)
10.0	24.15
7.5	25.57
5.0	29.91
2.5	31.58

จากตารางที่ 8 เมื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับค่ามุมกองของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 มาพล็อตกราฟกับขนาดช่องเปิดต่าง ๆ จะได้กราฟดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกองพูนกับขนาดช่องเปิดของ hopper ของข้าวพันธุ์ สุพรรณ 1



2.6) การหาความแม่นยำของเครื่องโดยคำนวณค่า Coefficient of Variation

จากการทดลองคำนวณค่า c.v. โดยใช้ข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 พบว่า

ค่า c.v. ของการวัดความกว้างของกองเท่ากับ 0.84 %

ค่า c.v. ของการวัดความสูงของกองเท่ากับ 3.17 %

ค่า c.v. ของการวัดมุมกองพูนของกองเท่ากับ 2.70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามูกอง ซึ่งสามารถสรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) จากการศึกษาผลของพันธุ์ข้าวที่ต่อมูกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าพันธุ์มีผลต่อค่ามูกองพื้น ซึ่งน่าจะเป็นเพราะข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความยาวและลักษณะรูปร่างของเมล็ดแตกต่างกัน ไปจึงทำให้มูกองพื้นมีค่าไม่เท่ากัน

2) จากการศึกษาผลของปริมาณข้าวที่มีต่อค่ามูกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่า ปริมาณข้าวมีผลต่อค่ามูกองพื้น โดยเมื่อปริมาณข้าวมากขึ้น มูกองพื้นก็จะมากขึ้นด้วย ซึ่งจะแตกต่างกับทางทฤษฎีที่ปริมาณข้าวจะไม่มีผล ซึ่งทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะว่า ในการทดลองเมื่อปริมาณข้าวมากขึ้น จำนวนข้าวที่ปล่อยลงมาช่วงหลัง ๆ จะกระทบกับกองข้าวที่ถูกปล่อยลงไปช่วงแรก ทำให้มีแรงกระแทกน้อยลง มูกองจึงเพิ่มสูงขึ้น และใกล้เคียงค่าจริงมากขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ข้าวปริมาณน้อย เมื่อข้าวที่ถูกปล่อยลงไปจะกระทบกับข้าวที่กองอยู่ช่วงแรกซึ่งมีน้อยทำให้กองเกิดการกระจาย ทำให้ได้ผลที่ผิดพลาดไป ซึ่งปริมาณข้าวมากที่สุดที่สามารถใช้กับเครื่องได้ คือ 7 กิโลกรัม จึงควรใช้ปริมาณข้าว 7 กิโลกรัม เพื่อให้ได้ค่ามูกองพื้นที่ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด

3.) จากการศึกษาผลของความชื้นของข้าวที่มีต่อค่ามูกองพื้น ผลการทดลองที่ได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าความชื้นของข้าวเปลือกมีผลต่อค่ามูกองพื้น โดยเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นมูกองพื้นของข้าวเปลือกก็เพิ่มขึ้นด้วย เพราะเมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นสูงขึ้นเมล็ดข้าวจะเกาะติดกันง่ายขึ้น หรือมีความฝืดสูง ทำให้ไหลได้ยาก กองของข้าวเปลือกจึงสูง ทำให้มูกองสูงขึ้น

4) จากการศึกษาผลของระยะความสูงของ hopper ที่มีต่อค่ามูกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่า ระยะความสูง hopper ไม่มีผลต่อค่ามูกองพื้น เพราะว่าความกว้างและความสูงของกองจะเพิ่มและลดลงสัมพันธ์กัน ทำให้มูกองพื้นใกล้เคียงกัน

5) จากการศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิด hopper ที่มีต่อค่ามูกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าความกว้างของช่องเปิด hopper มีผลต่อค่ามูกองพื้น เพราะว่าเมื่อช่องเปิด hopper มีความกว้าง 10

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร ข้าวเปลือกจะไหลออกได้เร็วและมีปริมาณมาก ทำให้มีแรงกระแทกกับพื้นในช่วงที่ปล่อยไป ตอนเริ่มต้นและเมื่อลงมาตกกระทบกับกองข้าวเดิมที่กองอยู่ก่อนจะทำให้เกิดแรงกระแทกสูง ทำให้กองข้าวเกิดการกระจาย ฐานกองจะกว้าง ความสูงจะน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้มุมกองที่ได้้น้อย แต่เมื่อลดเส้นผ่านศูนย์กลาง ช่องเปิด hopper ลง ความเร็วและปริมาณข้าวเปลือกที่ไหลออกจะลดลง ซึ่งจะเป็นการไหลแบบธรรมชาติ แรงกระแทกจึงน้อยลง ทำให้มุมกองสูงขึ้นและเมื่อใช้ความกว้างของช่องเปิด hopper ประมาณ 2.5 เซนติเมตร ค่ามุมกองที่ได้ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด

6.) เครื่องมือที่สร้างขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (c.v.) ซึ่งจะทำให้ทราบว่ามีความแม่นยำในการวัดมากน้อยเพียงใดดังนี้ C.V. ของการวัดความกว้างของกองเท่ากับ 0.84% นั่นคือ การวัดอาจมีการผิดพลาด $\pm 0.84\%$ C.V. ของการวัดความสูงของกองเท่ากับ 3.17% นั่นคือ การวัดอาจมีการผิดพลาด $\pm 3.17\%$ C.V. ของการวัดค่ามุมกองพื้นเท่ากับ 2.70% นั่นคือ การวัดอาจมีการผิดพลาด $\pm 2.70\%$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2537. เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ: วัสดุและอุปกรณ์ขนถ่าย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 118 หน้า
- ปานมนัส ศิริสมบุญ, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ สาทิป รัตนภากร. 2538.สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวะวัสดุ. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 217 หน้า
- Chandrasekar,V. and R. Visvanathan.1999. Physical and Thermal Property of Coffee. Journal of Agricultural Engineering Research 73, 227 – 234.
- Jofriet,J.C., S.C.Negri and Z.Lu.1997. A Numerical Model for Flow of Granular Material in Silos. Part 3: Carametric study. Journal of Agricultural Engineering Research 68, 237 – 246.
- Joshi,D.C., S.K. Das and R.K. Mukherjee.1993. Physical Properties of Pumpkin Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research 54, 219-229
- Oje,K. and E.C. Ugbor. 1991. Some Physical Properties of Oilbeen Seed. Journal of Agricultural Engineering Research 50, 305-313.
- Tabil,L.G.Ir., H.Qi, K.K. Chawla, J.Kienholz, V.Crossman and R.Write. 1999. Physical Properties of Selected Special Crops Grown in Alberta. In 1999 ASAE/CSAE Annual International Meeting, Sheraton Centre, Ontario July 18-21, 1999.

ภาคผนวก

ตารางแสดงค่าข้อมูลดิบของการหาค่ามุมกองพื้น

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ข้าวต่อค่ามุมกองพื้น

พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
homsupan	25.3	119.8	22.87
homsupan	25.1	120.2	22.64
homsupan	25.5	119.2	23.13
supan1	21.8	113.2	21.04
supan1	22.2	112.0	21.59
supan1	21.7	112.8	21.01
hompatum1	23.5	118.0	21.69
hompatum1	23.5	118.0	21.69
hompatum1	22.5	119.2	20.65
pitsanulok2	22.4	108.0	22.50
pitsanulok2	22.6	108.7	22.55
pitsanulok2	22.3	107.1	22.58
ir23	21.1	103.4	22.17
ir23	21.4	102.7	22.59
ir23	21.4	102.7	22.59
supan90	23.0	107.0	23.23
supan90	23.1	106.5	23.42
supan90	22.8	107.0	23.05
kawdokmali105	23.5	107.0	23.68
kawdokmali105	22.8	107.5	22.95
kawdokmali105	23.2	107.2	23.37
supan60	23.0	101.0	24.45
supan60	23.0	101.9	24.26
supan60	23.0	101.5	24.35
patum60	25.0	121.5	22.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

patum60	24.5	122.0	21.85
patum60	25.1	121.6	22.40
homklonghluang1	21.2	102.0	22.54
homklonghluang1	21.3	102.5	22.54
homklonghluang1	21.3	102.9	22.46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณข้าวต่อค่ามุมกองพื้น

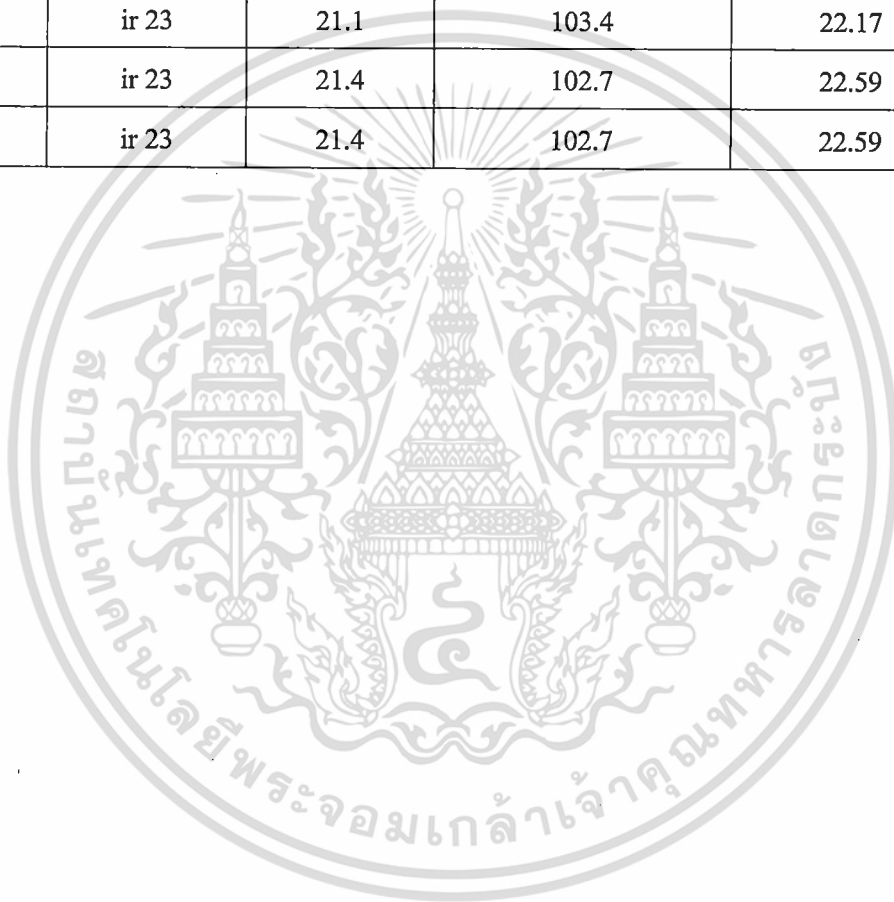
น้ำหนัก(kg.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
4kg.	supan 1	14.4	96.7	16.56
4kg.	supan 1	14.2	100.1	15.82
4kg.	supan 1	14.3	101.8	15.67
4kg.	supan 60	14.6	86.5	18.63
4kg.	supan 60	14.6	86.5	18.63
4kg.	supan 60	14.7	86.3	18.79
4kg.	ir 23	14.0	89.8	17.29
4kg.	ir 23	14.2	89.6	17.56
4kg.	ir 23	14.0	90.0	17.26
5kg.	supan 1	16.8	104.7	17.77
5kg.	supan 1	16.4	103.0	17.64
5kg.	supan 1	16.6	103.1	17.82
5kg.	supan 60	18.1	93.0	21.24
5kg.	supan 60	17.8	95.0	20.51
5kg.	supan 60	17.6	91.0	21.12
5kg.	ir 23	16.0	95.5	18.50
5kg.	ir 23	16.5	95.0	19.13
5kg.	ir 23	16.3	95.5	18.82
6kg.	supan 1	19.0	107.5	19.44
6kg.	supan 1	18.8	106.7	19.38
6kg.	supan 1	19.0	106.0	19.69
6kg.	supan 60	20.3	99.5	22.17
6kg.	supan 60	20.3	98.5	22.37
6kg.	supan 60	20.4	98.7	22.43
6kg.	ir 23	18.7	99.0	20.67
6kg.	ir 23	18.9	100.3	20.62
6kg.	ir 23	19.0	101.0	20.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

7kg.	supan 1	21.8	113.2	21.04
7kg.	supan 1	22.2	112.0	21.59
7kg.	supan 1	21.7	112.8	21.01
7kg.	supan 60	23.0	101.0	24.45
7kg.	supan 60	23.0	101.9	24.26
7kg.	supan 60	23.0	101.5	24.35
7kg.	ir 23	21.1	103.4	22.17
7kg.	ir 23	21.4	102.7	22.59
7kg.	ir 23	21.4	102.7	22.59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของ
ข้าวพันธุ์หอมปทุม

ความชื้น(% mc.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
10.46.	hompatoom	23.5	118.0	21.69
10.46.	hompatoom	23.5	118.0	21.69
10.46.	hompatoom	22.5	119.2	20.65
13.72	hompatoom	24.5	115.2	23.01
13.72	hompatoom	24.6	115.0	23.13
13.72	hompatoom	24.5	115.2	23.01
17.46.	hompatoom	25.5	112.0	24.45
17.46.	hompatoom	25.6	111.8	24.57
17.46	hompatoom	25.5	111.8	24.49
21.14	hompatoom	26.6	108.0	26.19
21.14	hompatoom	26.5	108.0	26.10
21.14	hompatoom	26.5	108.2	26.06
25.03	hompatoom	27.5	105.0	27.61
25.03	hompatoom	27.4	105.0	27.52
25.03	hompatoom	27.4	105.3	27.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกึ่งพื้นของ
ข้าวพันธุ์สุพรรณ 60

ความชื้น (%mc.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกึ่ง(°)
11.56	supan60	23.0	101.0	24.45
11.56	supan60	23.0	101.9	24.26
11.56	supan60	23.0	101.5	24.35
15.46	supan60	24.9	101.0	26.21
15.46	supan60	25.1	100.9	26.41
15.46	supan60	25.1	100.9	26.41
19.02	supan60	27.5	101.0	28.53
19.02	supan60	27.4	101.0	28.44
19.02	supan60	27.4	100.8	28.49
21.68	supan60	28.8	101.3	29.58
21.68	supan60	28.0	101.4	28.87
21.68	supan60	28.1	101.4	28.96
25.23	supan60	31.2	101.6	31.51
25.23	supan60	30.9	101.8	31.22
25.23	supan60	31.1	101.6	31.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกึ่งพื้นของ
ข้าวพันธุ์ กข. 23

ความชื้น(% mc.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกึ่ง(°)
13.09	Ir 23	21.1	103.4	22.17
13.09	ir 23	21.1	102.7	22.31
13.09	ir23	21.4	102.7	22.59
16.72	ir 23	22.3	102.5	23.48
16.72	ir 23	22.3	102.6	23.46
16.72	ir 23	22.2	102.6	23.37
18.68	ir 23	23.4	102.1	24.59
18.68	ir23	23.6	102.1	24.78
18.68	ir 23	23.5	102.2	24.66
21.12	ir 23	26.0	101.0	27.20
21.12	ir 23	25.8	101.5	26.91
21.12	ir 23	25.9	101.5	27.00
24.07	ir23	28.1	101.1	29.03
24.07	ir 23	27.8	101.8	28.60
24.07	ir 23	27.8	101.8	28.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

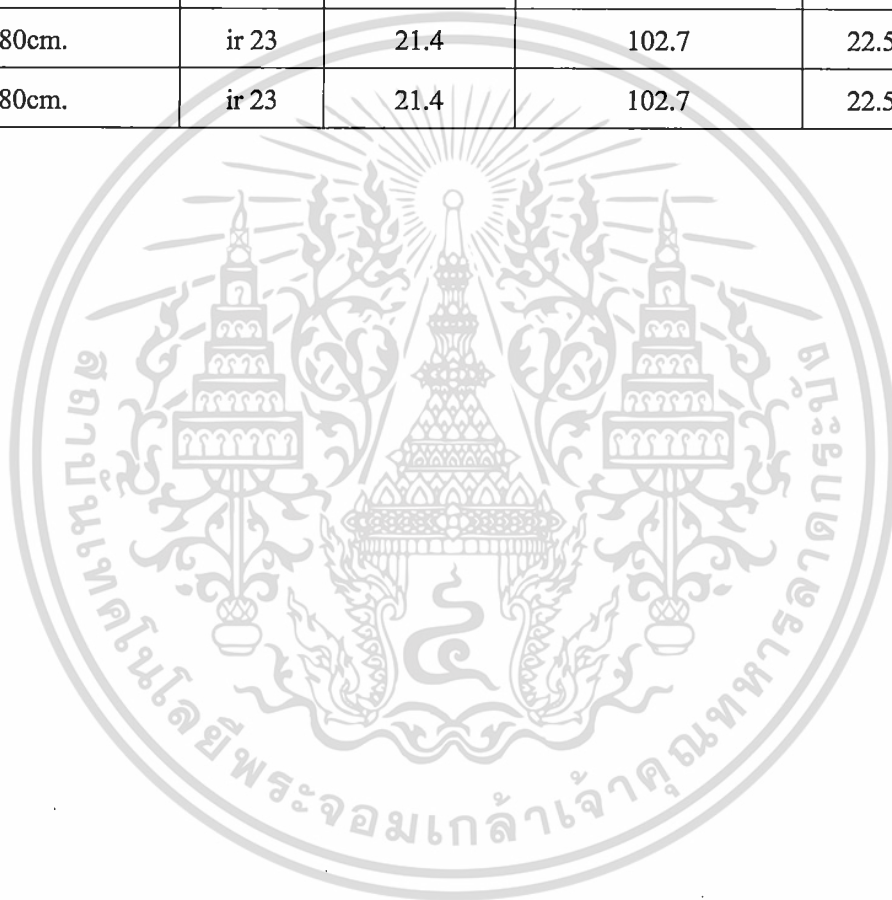
ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความสูงต่อค่ามุมกองพื้น

ความสูง hopper(ซ.ม.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
65cm.	supan1	21.7	111.0	21.33
65cm.	supan1	21.3	111.2	20.93
65cm.	supan1	21.3	111.2	20.93
65cm.	supan60	23.1	100.8	24.59
65cm.	supan60	22.8	101.4	24.18
65cm.	supan60	22.9	101.4	24.27
65cm.	ir 23	21.5	102.4	22.75
65cm.	ir 23	21.5	102.6	22.71
65cm.	ir 23	21.4	102.4	22.65
70cm.	supan1	21.7	111.0	21.33
70cm.	supan1	21.5	112.7	20.85
70cm.	supan1	21.5	112.0	20.97
70cm.	supan60	23.0	100.6	24.54
70cm.	supan60	22.7	101.8	24.00
70cm.	supan60	22.9	101.6	24.23
70cm.	ir 23	21.5	102.4	22.75
70cm.	ir 23	21.4	102.6	22.61
70cm.	ir 23	21.7	102.6	22.90
75cm.	supan1	21.0	115.0	20.03
75cm.	supan1	20.9	113.0	20.27
75cm.	supan1	21.1	110.0	20.96
75cm.	supan60	22.8	101.6	24.14
75cm.	supan60	22.8	101.2	24.22
75cm.	supan60	23.2	100.6	24.73
75cm.	ir 23	21.2	102.8	22.38
75cm.	ir 23	21.6	102.4	22.84
75cm.	ir 23	21.0	103.0	22.15
80cm.	supan1	21.8	113.2	21.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

80cm.	supan1	22.2	112.0	21.59
80cm.	supan1	21.7	112.8	21.01
80cm.	supan60	23.0	101.0	24.45
80cm.	supan60	23.0	101.9	24.26
80cm.	supan60	23.0	101.5	24.35
80cm.	ir 23	21.1	103.4	22.17
80cm.	ir 23	21.4	102.7	22.59
80cm.	ir 23	21.4	102.7	22.59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของช่องเปิด hopper ต่อค่ามุมกองพูน

ศ.ก. ช่องเปิด hopper	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
10 cm.	supan 1	25.3	113.2	24.05
10 cm.	supan 1	25.1	112.0	24.11
10 cm.	supan 1	25.5	112.8	24.29
7.5 cm.	supan 1	23.9	99.6	25.60
7.5 cm.	supan 1	23.7	99.3	25.48
7.5 cm.	supan 1	23.9	99.5	25.62
5 cm.	supan 1	25.1	87.0	29.94
5 cm.	supan 1	25.0	86.8	29.90
5 cm.	supan 1	25.1	87.2	29.89
2.5 cm.	supan 1	26.2	85.0	31.61
2.5 cm.	supan 1	26.1	84.8	31.57
2.5 cm.	supan 1	26.1	84.8	31.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ใช้ในการทดลอง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหามุมกอง

$$\text{สูตรที่ใช้ คือ } \theta = \tan^{-1} 2H/Dp$$

ซึ่ง θ = มุมกองของวัสดุ (angle of repose)

H = ความสูงจากฐานกองถึงยอดกองวัสดุ

Dp = เส้นผ่านศูนย์กลางของกองวัสดุ

สูตรคำนวณค่า coefficient of variation (c.v.)

$$C.V. = (\text{standard deviation/mean}) \times 100$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้