สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดข้าวเปลือก

(Equipment for measuring friction and flow property of rough rice)

T097044

นาย จเรวัฒน์ อินทรณรงค์ รหัสประจำตัว 42040147

นาย อัครวัจน์ ศิริภูธร รหัสประจำตัว 42040482

ปค.
ว184ค
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....97044
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัครวัจน์ ศิริภูธร และ จเรวัฒน์ อินทรณรงค์. 2546 : เครื่องวัดสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดข้าวเปลือก (Equipment for measuring friction and flow property of rough rice). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

มุมกองพื้น เป็นสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดพืชอาหาร ค่ามุมกองพื้นนี้ใช้ในการออกแบบเครื่องมือและกระบวนการที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว การขนถ่าย การเก็บรักษา และการแปรรูปสำหรับพืชอาหารที่ปลูกในประเทศไทย ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพเหล่านี้ยังมีอยู่น้อยมาก ในการทดลองนี้จึงได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดค่ามุมกองพื้นของเมล็ดพืชอาหาร โดยเครื่องมือประกอบด้วยกล่องอะคริลิคใสขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 122 เซนติเมตร สูง 85 เซนติเมตร และฮอปเปอร์(Hopper) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร เมื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้นของเมล็ดข้าวเปลือก โดยปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ พันธุ์ข้าวเปลือกทั้งหมด 10 พันธุ์ ซึ่งมีความยาวเมล็ดอยู่ในช่วง 8 – 11 มิลลิเมตรพบว่าพันธุ์ข้าวเปลือกทำให้ค่ามุมกองพื้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) , น้ำหนักของข้าวเปลือก โดยใช้ 4 , 5 , 6 , 7 กิโลกรัม พบว่าน้ำหนักของข้าวมีผลต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) , ความสูงของฮอปเปอร์ ที่ 65 , 70 , 75 , 80 เซนติเมตร พบว่าความสูงของฮอปเปอร์ไม่มีผลต่อค่ามุมกองพื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) , ความชื้นของข้าว โดยในการทดลองกำหนดให้ความชื้นของข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 10 – 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความชื้นของข้าวเปลือกมีผลต่อค่ามุมกองพื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเมื่อความชื้นของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้มุมกองพื้นของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นด้วย , เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องฮอปเปอร์ 2.5 , 5.0 , 7.5 , 10.0 เซนติเมตรพบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางของฮอปเปอร์มีผลต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และนอกจากนี้ยังได้ทดลองหาความแม่นยำของเครื่องจากการวัด 10 ครั้ง โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V) พบว่าเครื่องมือมีความแม่นยำ โดยในการวัดความกว้างของกอง มีค่าเท่ากับ 0.84 % การวัดความสูงของกองมีค่าเท่ากับ 3.17 % และมุมกองพื้นที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 2.70 %

.....จเรวัฒน์ อินทรณรงค์.....		
.....อัครวัจน์ ศิริภูธร.....	.....	...../...../.....
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง เครื่องวัดสมบัติความเสียดทานและการไหลของเมล็ดข้าวเปลือก (Equipment for measuring friction and flow property of rough rice) สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ดร. กิตติชัย บรรจง ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการจัดทำปัญหาพิเศษ รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณ ดร. พอใจ ถามากร และ อาจารย์ สนธิสุข ธีระชัยชยุติ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการทำปัญหาพิเศษ รวมทั้งให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังทรัพย์ในการทำงาน และคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา และขอขอบคุณพี่ จักราวุธ จึงสมาน รวมไปถึงเพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

18 มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
เมล็ดพืช	2
ประเภทของขนาดวัสดุปริมาณมวล	2
คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช	2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 อุปกรณ์ ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	6
อุปกรณ์	6
วัตถุดิบ	6
ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	6
บทที่ 4 ผลการทดลอง	14
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	26
ข้อแนะนำ	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	29
ประวัติผู้จัดทำ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่ามุมกองพื้นและสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ 4

ตารางที่ 2 แสดงค่ามุมกองพื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกทั้ง 10 พันธุ์ที่นำมาทดลอง 16

ตารางที่ 3 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกที่ปริมาณของข้าวเปลือกทั้ง 4 ปริมาณที่ต่างกัน 17

ตารางที่ 4 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมที่ระดับความชื้นต่าง ๆ 19

ตารางที่ 5 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ 20

ตารางที่ 6 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ 21

ตารางที่ 7 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระดับความสูงของ hopper 4 ระดับ 22

ตารางที่ 8 แสดงค่ามุมกองพื้นที่ขนาดความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 24

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ข้าวต่อค่ามุมกองพื้น 29

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณข้าวต่อค่ามุมกองพื้น 31

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์หอมปทุม 33

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์สุพรรณ 60 34

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์ กข. 23 35

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความสูงต่อค่ามุมกองพื้น 36

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของช่องเปิด hopper ต่อค่ามุมกองพื้น 37

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองพื้นจากการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ข้าวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลง
ปริมาณข้าวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 39
ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลง
ความชื้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของข้าวพันธุ์หอมปทุม 39
ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลง
ความชื้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 60 40
ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลง
ความชื้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของข้าวพันธุ์ กข.23 40
ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลง
ความสูงของ hopper ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 41
ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลง
ความกว้างช่องเปิดของ hopperที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงการไหลของข้าวเปลือกออกจากฮอปเปอร์ลงมาสู่ฐานกล่องอะคริลิก 9

ภาพที่ 2 แสดงรูปของกล่องอะคริลิกใสและฮอปเปอร์ที่ใช้ในการหาค่ามุมกอง 15

ภาพที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับค่ามุมกองพื้น
ที่วัดได้ทั้ง 3 พันธุ์ 18

ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับค่ามุมกองพื้น
ของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุม 19

ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมกองพื้น
ของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60 20

ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมกองพื้น
ของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23 21

ภาพที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับค่ามุมกองพื้น
ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ 23

ภาพที่ 8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกองพื้นกับขนาดช่องเปิด
ของ hopper ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การออกแบบเครื่องมือหรือกระบวนการในการเก็บเกี่ยว ขนถ่าย การเก็บรักษาและการแปรรูปเมล็ดพืช ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช สำหรับข้อมูลเหล่านี้ของเมล็ดพืชที่ปลูกในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมากโดยส่วนมากนักวิจัยจึงจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลพืชอื่นๆที่มีรายงานจากต่างประเทศหรือทำการวัดขึ้นมาเอง โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไป ทำให้ไม่สามารถพัฒนาฐานข้อมูลสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืชอาหารในประเทศไทยเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องมือและกระบวนการแปรรูปได้อย่างเต็มที่ ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืชอาหารที่เป็นที่ต้องการในการศึกษาออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ เช่น ขนาด รูปร่างและความหนาแน่น, สมบัติทางการดูดซับความชื้น, สมบัติทางแอโรไดนามิก เช่น terminal velocity และ drag coefficient, คุณสมบัติด้านความเสียดทานและการไหลของวัสดุเมล็ดพืช เช่น มุมกองพื้น (angle of repose) และ angle internal friction

ดังนั้นเพื่อให้ได้รับข้อมูลสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดข้าว การศึกษานี้จึงต้องการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดมุมกองพื้น (angle of repose) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความเสียดทานและการไหลของเมล็ดพืช

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดสมบัติทางกายภาพบางประการ ได้แก่ มุมกองพื้นของเมล็ดพืชอาหารที่ปลูกในประเทศไทย โดยมีความถูกต้อง แม่นยำ และสะดวกในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

เมล็ดพืช

เมล็ดพืชที่ได้กล่าวถึงนั้น ได้แก่ เมล็ดข้าวต่าง ๆ , เมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกจัดเป็นวัสดุปริมาณมวล (bulk matterial) 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 พื้นที่ภาพฉาย (Projected Area) ปริมาตร พื้นที่ผิว ขนาดที่ลอดผ่านตะแกรง เป็นต้น

วัสดุปริมาณมวลที่มีรูปร่างทรงกลม มีค่าความกลมเป็น 1 ซึ่งความสามารถในการไหลสูงได้สะดวก วัสดุรูปทรงอื่นที่มีค่าความกลมน้อยกว่า 1 การเกาะตัวหรือการขัดตัวกันสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการไหลลดลง

ประเภทของขนาดวัสดุปริมาณมวล แบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) ประเภทละเอียดมาก (Very Fine) มีขนาด 100 mesh หรือต่ำกว่า
2) ประเภทละเอียด (Fine) มีขนาด 8 mesh และต่ำกว่า
3) ประเภทเม็ด (Granular) มีขนาด 2 mesh และต่ำกว่า
4) ประเภทก้อน (Lumpy) มีขนาดใหญ่กว่า 2 mesh (>1/2 นิ้ว)
5) ประเภทรูปร่างไม่ปกติ (Irregular) เช่น มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous) เป็นเส้น (Stringy)

(mesh หมายถึง ช่องเปิดในเส้นตรงขนาด 1 นิ้ว เช่น 100 หมายถึง มีตารางเปิด 100 ช่องในระยะความยาว 1 นิ้ว)

คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช ได้แก่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความคมแข็ง หรือความสามารถในการขัดสี (Abrasiveness) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญเพราะขณะเคลื่อนที่ไปวัสดุเหล่านี้จะสัมผัสและขัดสีไปกับผิวของระบบขนถ่าย ทำให้สึกหรอได้ วัสดุบางชนิดแข็งและทำให้สึกหรอได้เร็วมาก เช่น แร่ออกไซด์ ปูนซิเมนต์ ดินลูกรัง ทรายและถ่านโค๊ก 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, แร่ยิปซั่ม, เถ้าโซดา, เปลือกหอยบด เป็นต้น

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

3) แรงเสียดทาน เมื่อวัสดุปริมาณมวลเคลื่อนที่ไปบนอุปกรณ์ขนถ่ายจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างวัสดุปริมาณมวลกับพื้นชนิดต่าง ๆ มีความสำคัญในงานสร้างระบบขนถ่ายวัสดุ

4) มุมกองพื้น (Angle of repose) เป็นมุมที่วัสดุกองตัวบนพื้นราบ มุมนี้มีสองประเภท คือมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่ง ซึ่งเรียกว่า “ Static angle of repose ” และ มุมกองพื้นขณะลื่นไถล 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่ามุมกองพื้นและสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ

วัสดุปริมาณมวล(ความชื้น % wb.)	มุมกองพื้น (องศา)		ส.ป.ส. ของแรงเสียดทานขณะนิ่ง			
	ขณะแล่น	ขณะนิ่ง	กับเหล็ก	กับไม้	กับยาง	กับพลาสติก
กรวดเล็ก	30	45	1.0	-	-	-
ผงปูนซิเมนต์	35	50	0.65	-	0.64	-
หินปูนก้อนเล็ก	30	-	0.56	0.7	-	-
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	-	31.52	0.215	0.394	-	-
ข้าวโพดบด	-	62.31	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

K. Oje และคณะ ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดออยล์บีน (Oilbeen) โดยทำการทดลองวัดมุมกองขณะแล่นของเมล็ดออยล์บีน ซึ่งใช้กล่องที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ (ขนาด 450 mm. X 450 mm. X 450 mm.) ซึ่งมีแผงกั้นอยู่ด้านหน้า โดยนำเมล็ดมาใส่ลงในกล่อง หลังจากนั้นแผงกั้นจะถูกยกขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เมล็ดไหลจนเกิดความเอียงตามธรรมชาติและพบว่ามุมกองของเมล็ดออยล์บีนที่คำนวณได้คือ 17 องศา ซึ่งถือว่าน้อยมากถ้าเทียบกับเมล็ดถั่วเหลือง ,ข้าวโพด และข้าวสาลี ซึ่งทั้งหมดนี้อาจเป็นไปได้ เพราะว่าผิวของเมล็ดออยล์บีนนั้นเรียบมากทำให้ง่ายต่อการไหลผ่านกัน

V. Chandrasekar และคณะได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟ ในการทำการทดลองวัดมุมกองของเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วหลาย ๆ ความชื้น ทำโดยปล่อยเมล็ดกาแฟคั่วให้ร่วงลงในจานทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm. และสูง 150 mm. เพื่อให้เกิดเป็นกองโดยธรรมชาติและพบว่ามุมกองมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยความชื้นที่ทำการทดลองอยู่ระหว่าง 9.9 -30.6% w.b.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

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

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) ข้าวพันธุ์ข้าวข้าวหอมคลองหลวง

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ในการทดลองหาค่ามุมกองพื้น ประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการทดลอง ดังนี้

1) ทำการออกแบบ และสร้างเครื่องมือวัดมุมกองพื้น
2) ทำการทดลองวัดมุมกองพื้นของเมล็ดข้าวเปลือกในแต่ละพันธุ์ ซึ่งมีทั้งหมด 10 พันธุ์
3) ทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้นของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมกองพื้น

เครื่องมือวัดมุมกองพื้น ประกอบไปด้วยกล่องอะคริลิก และฮอปเปอร์ (hopper) ดังนี้

ก) กล่องอะคริลิกใส

เป็นกล่องที่ใช้เพื่อการวัดมุมกอง จะถูกสร้างขึ้นโดยการใช้แผ่นอะคริลิกใส 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 จะทำการติดไม้บรรทัดเหล็กไว้ที่บริเวณด้านหลังกล่องอะคริลิคในแนวตั้ง และแนวนอน เพื่อใช้ในการวัดความสูงและความกว้างฐานของกองข้าวเปลือก ตามลำดับ และในบริเวณด้านข้างกล่องติดกับฐานจะทำเป็นช่องเปิดไว้เพื่อใช้เป็นช่องนำเมล็ดข้าวเปลือกออกเมื่อทำการวัดเสร็จในแต่ละครั้งการทดลอง

ข) การสร้างฮอปเปอร์ (hopper) รูปทรงกรวย

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

2 .ทำการทดลองวัดมุมกองพื้นของเมล็ดข้าวเปลือก

ในการทดลองหาค่ามุมกองพื้น วัตถุดิบที่ใช้ คือ เมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งจะประกอบด้วยข้าวเปลือกทั้งหมด 10 พันธุ์ ดังต่อไปนี้

- ข้าวหอมสุพรรณ
- ข้าวสุพรรณ 90
- ข้าวสุพรรณ 1
- ข้าวขาวดอกมะลิ 105
- ข้าวหอมปทุม
- ข้าวสุพรรณ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้าวพิษณุโลก 2
- ข้าวปทุม 60
- ข้าวพันธุ์ กข. 23
- ข้าวพันธุ์ข้าวจ้าวหอมคลองหลวง

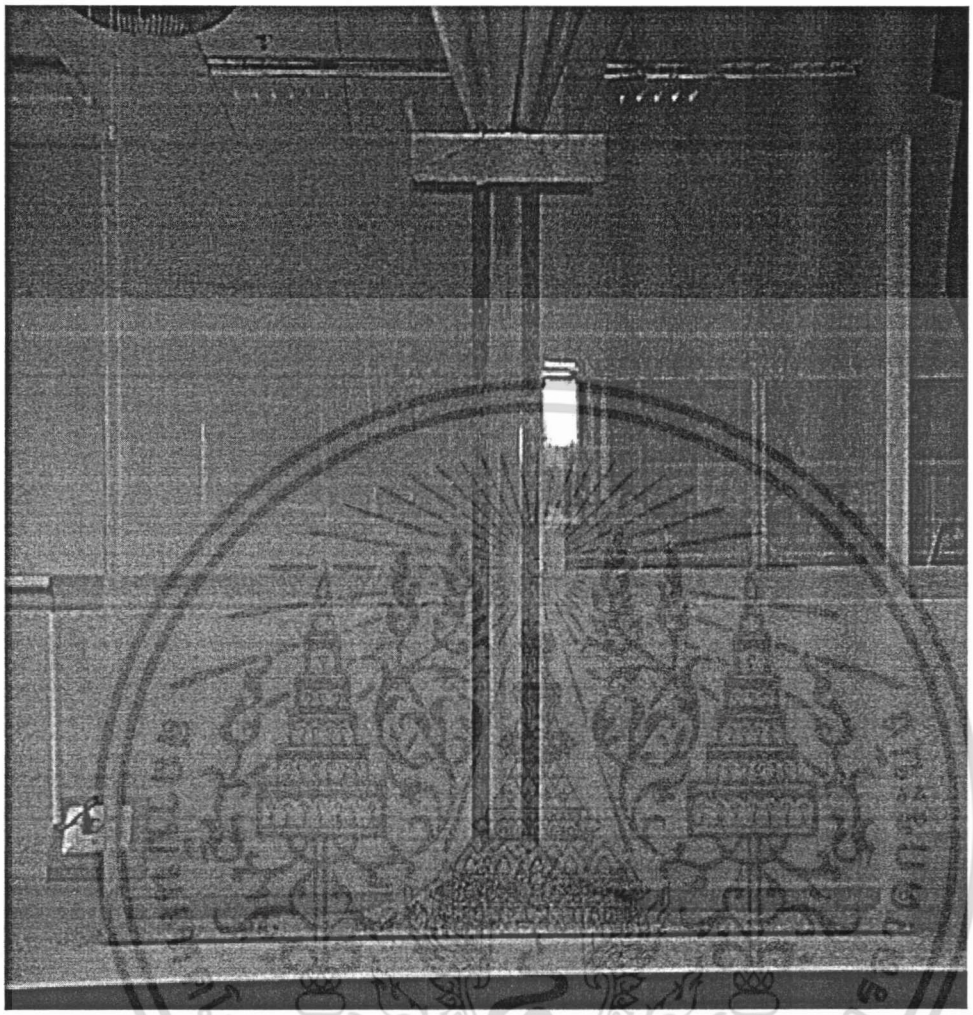
วิธีการวัดมุมกองพื้น (Angle of repose)

การวัดมุมกองพื้นของข้าวเปลือกมีขั้นตอนการวัด ดังต่อไปนี้

1) ใส่ข้าวเปลือกลงในฮอปเปอร์ที่ติดตั้งอยู่เหนือฐานกล่องอะคริลิก 80 ซม.
2) ปล่อยให้เมล็ดข้าวเปลือกไหลลงมากองที่พื้นกล่องจนหมด
3) วัดความสูงของกองและความกว้างของฐานกองโดยหนึ่งตัวอย่างจะทำการวัด 3 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย
4) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่ามุมกองพื้นจากสูตรการหามุมกอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงการไหลของข้าวเปลือกออกจากฮอปเปอร์ลงมาสู่ฐานกล่องอะคริลิก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้นของเมล็ดข้าว

ในการศึกษาหามุมกองของข้าวเปลือก ปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยมแปลงของค่ามุมกอง มีดังต่อไปนี้

3.1) การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น

- 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) ข้าวพันธุ์ข้าวจ้าวหอมคลองหลวง

- ปริมาณข้าวเปลือก

ข้าวที่ใช้ในการนำมาหาค่ามุมกอง จะใช้ข้าวในระดับปริมาณมาตรฐาน คือ 7 กิโลกรัม

- ระยะความสูงของฮอปเปอร์ (hopper)

โดยที่ความสูงที่ระดับที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการหาค่ามุมกองพื้น ซึ่งจะใช้ที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร

3.2) ศึกษาผลของปริมาณข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น

- ปริมาณข้าวเปลือก

ปริมาณข้าวที่ใช้ในการทดลองหามุมกองนั้น จะทำการศึกษาผลของปริมาณข้าวเปลือกโดยทำการเปลี่ยนแปลง ปริมาณข้าวที่ 4 ปริมาณด้วยกัน ดังนี้

1) ข้าวปริมาณ 4 กิโลกรัม
2) ข้าวปริมาณ 5 กิโลกรัม
3) ข้าวปริมาณ 6 กิโลกรัม
4) ข้าวปริมาณ 7 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พันธุ์ข้าวเปลือก

ข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการศึกษาหามุมกองพื้นจะถูกเลือกออกมาเพียง 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

3.3 ศึกษาผลของความชื้นของข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น

- ความชื้น

ในการศึกษาผลของความชื้นของข้าว จะทำการศึกษาโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นที่ต่างกัน 5 ค่าโดยค่าของความชื้นของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้จะอยู่ในช่วง 10-30 % mc. ซึ่งวิธีในการเพิ่มความชื้นสามารถทำได้โดย การแช่ข้าวในน้ำ ทิ้งไว้ 1 คืนแล้วนำมาหาค่าความชื้นโดยเครื่องวัดความชื้นแบบฮาโลเจน (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

3.4 ศึกษาผลของความสูงของฮอปเปอร์(hopper)จากฐานต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกอง

- ระยะความสูงของฮอปเปอร์(hopper)

การศึกษาปัจจัยทางด้านความสูงของฮอปเปอร์ จะทำการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของฮอปเปอร์ โดยใช้ท่อสังกะสีทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร 2 ท่อที่มีความยาว 12 เซนติเมตร และ7 เซนติเมตร ติดที่ช่องเปิดฮอปเปอร์ ซึ่งระดับความสูงที่ใช้ในทดลองจะมี 4 ระดับด้วยกัน ซึ่งได้แก่

1) ระดับความสูง 80 เซนติเมตร
2) ระดับความสูง 75 เซนติเมตร
3) ระดับความสูง 70 เซนติเมตร
4) ระดับความสูง 65 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พันธุ์ข้าวเปลือก

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

- ปริมาณข้าว

ปริมาณข้าวที่ใช้เพื่อการศึกษาผลของความสูงฮอปเปอร์ จะใช้ข้าวที่ปริมาณ 7 กิโลกรัม ทุกการทดลอง

3.5 ศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องเปิดฮอปเปอร์(hopper)

ขนาดช่องเปิดของฮอปเปอร์ เป็นปัจจัยสุดท้ายที่ถูกนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น โดยที่จะทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิดของฮอปเปอร์ที่ 4 ขนาดด้วยกัน ดังต่อไปนี้

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

ปริมาณข้าวที่ถูกนำมาทดลอง จะใช้ข้าวที่ปริมาณ 7 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6)หาความแม่นยำของเครื่องโดยคำนวณค่า Coefficient of Variation (C.V)

ทำการทดลองโดยใช้ข้าวเปลือก 2 พันธุ์ คือ

- **ข้าวสุพรรณ 1**
- **ข้าวสุพรรณ 60**

วิธีทดลองคือ วัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง เพื่อนำมาคำนวนหาค่า C.V

- **ความสูงของฮอปเปอร์(hopper)**

ความสูงที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยด้านความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์จะใช้ที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร

- ปริมาณข้าว

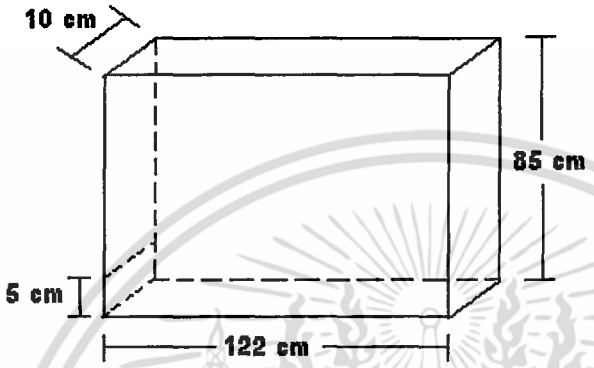
ปริมาณข้าวที่ถูกนำมาทดลอง จะใช้ข้าวที่ปริมาณ 7 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

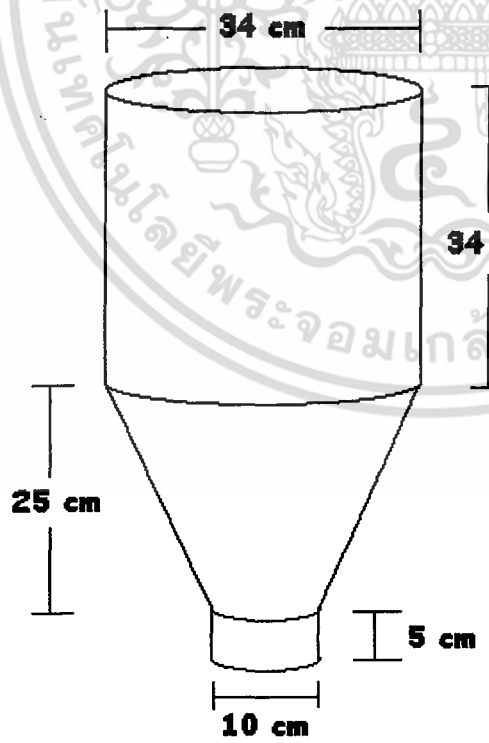
บทที่ 4
ผลการทดลอง

1. ทำการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมกองพื้น ซึ่งเครื่องมือประกอบด้วย

ก) กล่องอะคริลิกใส

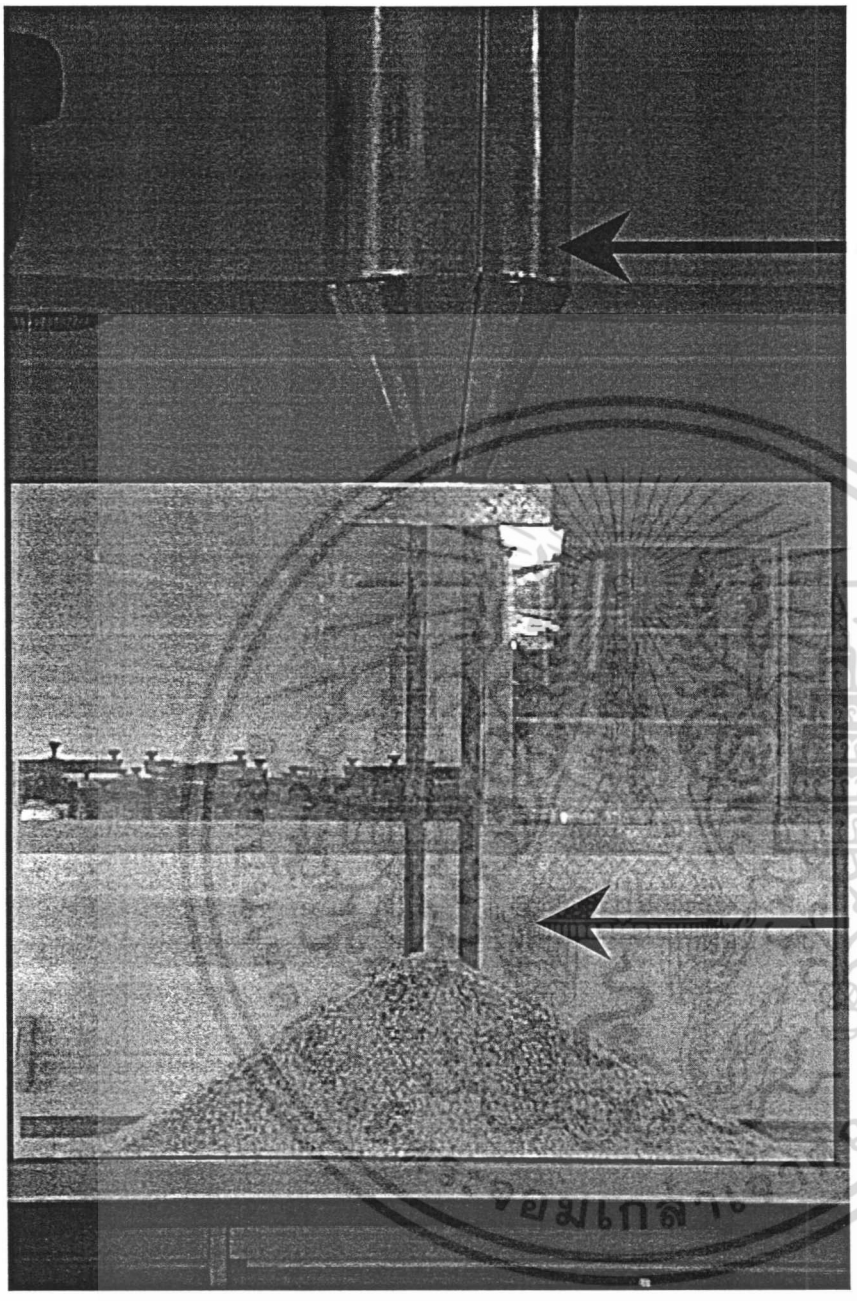


ข) ฮอปเปอร์ (hopper)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 แสดงรูปของกล่องอะคริลิกใสและฮอปเปอร์ที่ใช้ในการหาค่ามุมกองพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดมุมกองพื้นของเมล็ดข้าวเปลือก

จากการทดลองวัดมุมกองพื้นของข้าวเปลือก 10 พันธุ์ ได้ผลดังนี้

2.1) การศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น

ในการศึกษาผลของพันธุ์ข้าว ที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้น ซึ่งจะทำโดยการใช้ข้าวเปลือกทั้ง 10 พันธุ์ และใช้ข้าวปริมาณ 7 กิโลกรัม ปล่อยข้าวให้ไหลลงมาจากฮอปเปอร์ที่ระดับความสูง 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 ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) ศึกษาผลของปริมาณข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น

ในการศึกษาผลปัจจัยของปริมาณข้าวเปลือกที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น ซึ่งจะทำการทดลองโดยการใช้พันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์สุพรรณ1, พันธุ์สุพรรณ60 และพันธุ์ กข.23 โดยการศึกษาที่ปริมาณข้าว 4 kg, 5 kg, 6 kg และ 7 kg. ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกที่ปริมาณของข้าวเปลือกทั้ง 4 ปริมาณที่ต่างกัน

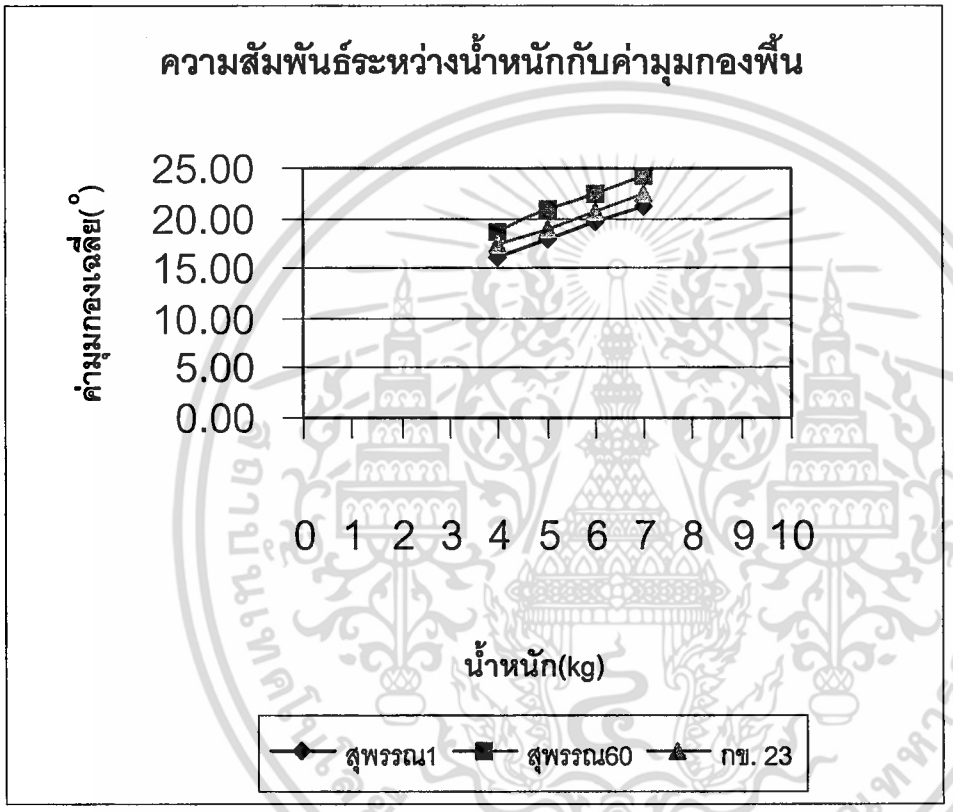
พันธุ์สุพรรณ 1	น้ำหนัก(kg.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	4	16.02
	5	17.74
	6	19.57
	7	21.21
พันธุ์สุพรรณ 60	น้ำหนัก(kg.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	4	18.68
	5	20.92
	6	22.32
	7	24.35
พันธุ์ กข. 23	น้ำหนัก(kg.)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
	4	17.37
	5	18.82
	6	20.63
	7	22.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

97044

จากตารางที่ 3 เมื่อนำข้อมูลของค่ามุมกองพื้นในข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ มาทำการพล็อต กราฟเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหรือปริมาณของข้าวเปลือก กับค่ามุมกองพื้นที่วัดได้ ซึ่งค่ามุมกองที่นำมาพล็อตกราฟจะเป็นค่ามุมกองเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้งทุกการทดลอง จะให้ผลการทดลองดังกราฟ

ภาพที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับค่ามุมกองพื้นที่วัดได้ทั้ง 3 พันธุ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) ศึกษาผลของความชื้นของข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมกองพื้น

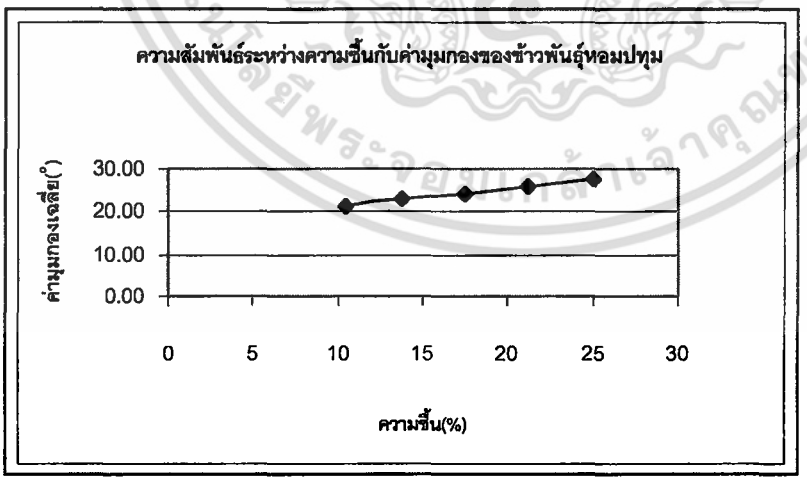
ในการศึกษาปัจจัยทางด้านความชื้นที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น โดยในการทดลองจะใช้ข้าวเปลือกเพียง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หอมปทุม, พันธุ์สุพรรณ60 และพันธุ์ กข.23 ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงที่ 5 ระดับความชื้น โดยจะอยู่ระหว่าง 10-30 % mc. ซึ่งจะแสดงผลของค่ามุมกองพื้นให้เห็นดังตารางที่ 4 , 5 และ 6 โดยแยกออกไปตามแต่ละพันธุ์ข้าว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

ตารางที่ 4 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมที่ระดับความชื้นต่าง ๆ

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

ซึ่งจากตารางที่ 4 เมื่อนำข้อมูลของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุมมาทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับค่ามุมกองที่วัดได้ จะให้ผลดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นกับค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์หอมปทุม



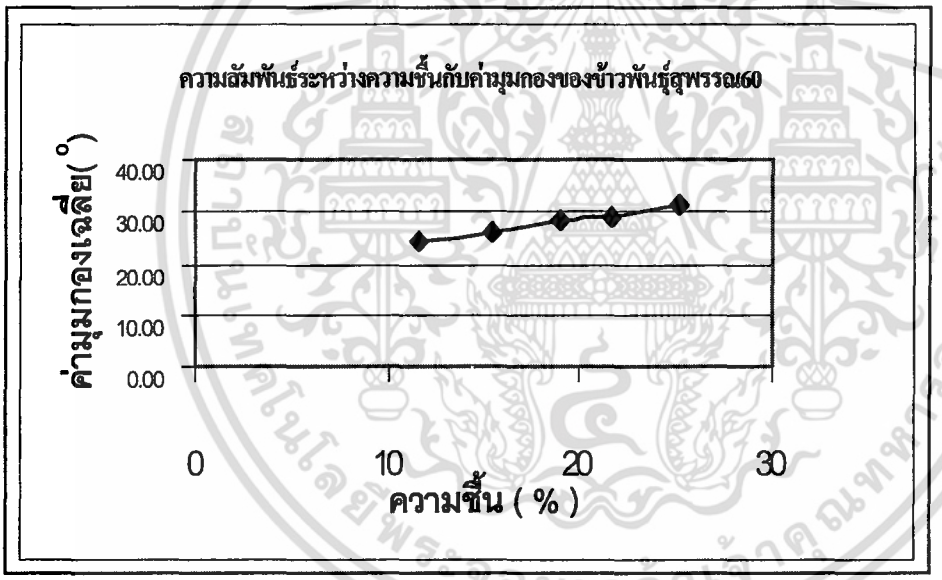
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ

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

จากตารางที่ 5 เมื่อนำข้อมูลของพันธุ์สุพรรณ 60 มาทำการพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่ามุมกองพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับความชื้น ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณ 60



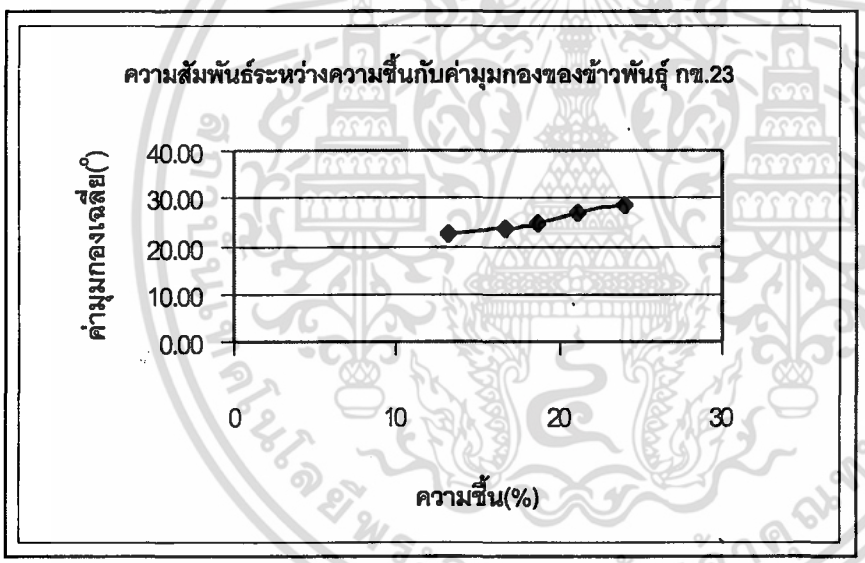
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23 ที่ระดับความชื้นต่าง ๆ

ความชื้น(%)	ค่ามุมกองเฉลี่ย(°)
13.09	22.36
16.72	23.44
18.68	24.68
21.12	27.04
24.07	28.74

จากตารางที่ 6 เมื่อนำข้อมูลของพันธุ์ กข.23มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกองพื้นกับระดับความชื้นต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ กข.23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.4) ศึกษาผลของระยะความสูงของฮอปเปอร์จากฐานต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกอง

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

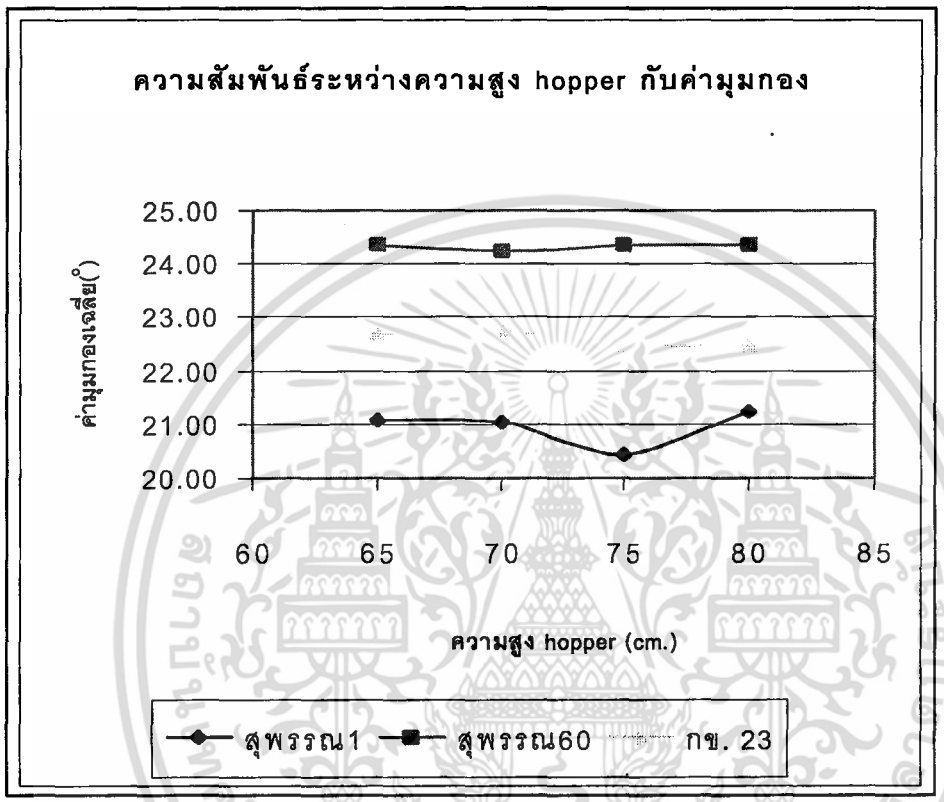
ตารางที่ 7 แสดงค่ามุมกองพื้นของข้าวเปลือกทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระดับความสูงของ hopper 4 ระดับ

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ภาพที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับค่ามุมกองพื้นของข้าวทั้ง 3 พันธุ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5) ศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิดของฮอปเปอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกองพื้น

ในการศึกษาผลของความกว้างของช่องปล่อยข้าวที่อาจมีผลต่อค่ามุมกองพื้นซึ่งจะทดลองโดยการใช้ข้าวเพียงพันธุ์เดียวเพื่อใช้เป็นตัวแทนซึ่งพันธุ์ดังกล่าวคือ พันธุ์สุพรรณ 1 และจะทำการศึกษาโดยการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ซึ่งวัดอยู่ในรูปของเส้นผ่านศูนย์กลางมีอยู่ 4 ขนาดด้วยกันคือ 10 ซ.ม., 7.5 ซ.ม., 5.0 ซ.ม.และ 2.5 ซ.ม. ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8

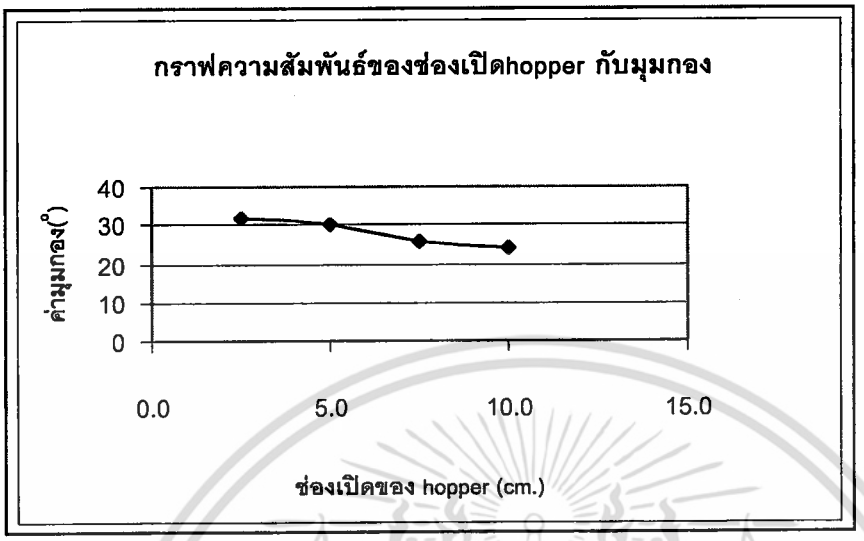
ตารางที่ 8 แสดงค่ามุมกองพื้นที่ขนาดความกว้างของช่องเปิดฮอปเปอร์ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1

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

จากตารางที่ 8 เมื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับค่ามุมกองของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1มาพล็อตกราฟกับขนาดช่องเปิดต่าง ๆ จะได้กราฟดังภาพที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมกองพื้นกับขนาดช่องเปิดของ hopper ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1



3.6) การหาความแม่นยำของเครื่องโดยคำนวนค่า Coefficient of Variation

จากการทดลองคำนวณค่า c.v. โดยใช้ข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 พบว่า

ค่า c.v. ของการวัดความกว้างของกองเท่ากับ 0.84 %

ค่า c.v. ของการวัดความสูงของกองเท่ากับ 3.17 %

ค่า c.v. ของการวัดมุมกองพื้นของกองเท่ากับ 2.70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมกอง ซึ่งสามารถสรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) จากการศึกษาผลของพันธุ์ข้าวที่ต่อมุมกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าพันธุ์มีผลต่อค่ามุมกองพื้น ซึ่งน่าจะเป็นเพราะข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความยาวและลักษณะรูปร่างของเมล็ดแตกต่างกัน ไปจึงทำให้มุมกองพื้นมีค่าไม่เท่ากัน

2) จากการศึกษาผลของปริมาณข้าวที่มีต่อค่ามุมกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่า ปริมาณข้าวมีผลต่อค่ามุมกองพื้นโดยเมื่อปริมาณข้าวมากขึ้น มุมกองพื้นก็จะมากขึ้นด้วย ซึ่งจะแตกต่างกับทางทฤษฎีที่ปริมาณข้าวจะไม่มีผล ซึ่งทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะว่า ในการทดลองเมื่อปริมาณข้าวมากขึ้น จำนวนข้าวที่ปล่อยลงมาช่วงหลัง ๆ จะกระทบกับกองข้าวที่ถูกปล่อยลงไปช่วงแรก ทำให้มีแรงกระแทกน้อยลง มุมกองจึงเพิ่มสูงขึ้น และใกล้เคียงค่าจริงมากขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ข้าวปริมาณน้อย เมื่อข้าวที่ถูกปล่อยลงไปจะกระทบกับข้าวที่กองอยู่ช่วงแรกซึ่งมีน้อยทำให้กองเกิดการกระจาย ทำให้ได้ผลที่ผิดพลาดไป ซึ่งปริมาณข้าวมากที่สุดที่สามารถใช้กับเครื่องได้ คือ 7 กิโลกรัม จึงควรใช้ปริมาณข้าว 7 กิโลกรัม เพื่อให้ได้ค่ามุมกองพื้นที่ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด

3.) จากการศึกษาผลของความชื้นของข้าวที่มีต่อค่ามุมกองพื้น ผลการทดลองที่ได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าความชื้นของข้าวเปลือกมีผลต่อค่ามุมกองพื้น โดยเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นมุมกองพื้นของข้าวเปลือกก็เพิ่มขึ้นด้วย เพราะเมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นสูงขึ้นเมล็ดข้าวจะเกาะติดกันง่ายขึ้น หรือมีความฝืดสูง ทำให้ไหลได้ยาก กองของข้าวเปลือกจึงสูง ทำให้มุมกองสูงขึ้น

4) จากการศึกษาผลของระยะความสูงของ hopper ที่มีต่อค่ามุมกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่า ระยะความสูง hopper ไม่มีผลต่อค่ามุมกองพื้น เพราะว่าความกว้างและความสูงของกองจะเพิ่มและลดลงสัมพันธ์กัน ทำให้มุมกองพื้นใกล้เคียงกัน

5) จากการศึกษาผลของความกว้างของช่องเปิด hopper ที่มีต่อค่ามุมกองพื้น ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าความกว้างของช่องเปิด hopper มีผลต่อค่ามุมกองพื้น เพราะว่าเมื่อช่องเปิด hopper มีความกว้าง 10 เซนติเมตร ข้าวเปลือกจะไหลออกได้เร็วและมีปริมาณมาก ทำให้มีแรงกระแทกกับพื้นในช่วงที่ปล่อยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนเริ่มต้นและเมื่อลงมาตกกระทบกับกองข้าวเดิมที่กองอยู่ก่อนจะทำให้เกิดแรงกระแทกสูง ทำให้กองข้าวเกิดการกระจาย ฐานกองจะกว้าง ความสูงจะน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้มุมกองที่ได้น้อย 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%

ข้อเสนอแนะ

1) ในการทดลองหาค่ามุมกองพื้นของเมล็ดข้าวหรือเมล็ดธัญพืชอื่น ๆ ควรจะใช้ปริมาณในระดับที่เหมาะสม หรือปริมาณมากที่สุดที่เครื่องจะรับได้ ซึ่งจากการทดลองนี้ปริมาณที่เหมาะสมที่สุดคือ 7 กิโลกรัม ทั้งนี้ก็เพื่อลดความผิดพลาดจากแรงกระแทก ซึ่งส่งผลให้ได้ผลที่ผิดพลาดไปจากความจริง

2). ในการทดลองหามุมกองพื้น ควรจะปล่อยให้ตัวอย่างไหลลงอย่างเป็นธรรมชาติมากที่สุด ซึ่งก็คือต้องลดแรงกระแทกให้ได้มากที่สุด ซึ่งควรจะใช้ช่องเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุดที่ตัวอย่างสามารถไหลลงมาได้อย่างอิสระ ซึ่งจากการทดลองนี้ขนาดที่เหมาะสมมากที่สุด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-5.0 เซนติเมตร ทำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

3) ในการทดลองหามุมกองพื้นควรจะติดตั้งแถบสไลด์ไม้บรรทัดเพื่อวัดความสูงของตัวอย่าง ทั้งนี้ก็เพื่อลดความผิดพลาดจากการอ่านค่าให้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, **สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ.** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, หนังสือชุดเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ. **วัสดุและอุปกรณ์ขนถ่าย.** โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

D.C. Joshi ; S.K. ; R.K. Mukherjee. **Physical Properties of Pumkin seeds,** Journal of Agricultural Engineering Research (1993). 54, 219-229

V. Chandrasekar; R. Visvanathan. **Physical and Thermal Property of Coffee,**Journal of Agricultural Engineering Research (1999). 73, 227 – 234.

K.Oje; E.C. Ugbor. **Some Physical Properties of Oilbeen Seed.** Journal of Agricultural Engineering Research (1991). 50, 305-313.

J.C. Jofriet; S.C. Negri; Z.Lu. **A numerical model for flow of granular material in silos. Part 3: Carametric study.** Journal of Agricultural Engineering Research (1997). 68, 237 – 246.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์หอมปทุม

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์สุพรรณ 60

ความชื้น (%mc.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อค่ามุมกองพื้นของข้าวพันธุ์ กข. 23

ความชื้น(% mc.)	พันธุ์ข้าว	ความสูง(ซ.ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(ซ.ม.)	ค่ามุมกอง(°)
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	1010	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าต่าง ๆ ของการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของช่องเปิด hopper ต่อค่ามุมกองพื้น

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตาราง ANOVA ของการทดลองในแต่ละปัจจัย

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองพื้นจากการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ข้าวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง ANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ANGLE	Main Effects	VAR	23.364	9	2.596	30.348	.000
	Model		23.364	9	2.596	30.348	.000
	Residual		1.711	20	8.554E-02		
	Total		25.075	29	.865		

a ANGLE by VAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณข้าวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง ANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
angle	Main Effects	(Combined)	192.539	5	38.508	544.894	.000
		weight	139.422	3	46.474	657.619	.000
		var	53.117	2	26.558	375.807	.000
	Model		192.539	5	38.508	544.894	.000
	Residual		2.120	30	7.067E-02		
	Total		194.659	35	5.562		

a angle by weight, var

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของข้าวพันธุ์หอมปทุม

ตาราง ANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ANGLE	Main Effects	MOISTURE	71.561	4	17.890	238.483	.000
	Model		71.561	4	17.890	238.483	.000
	Residual		.750	10	7.502E-02		
	Total		72.311	14	5.165		

a ANGLE by MOISTURE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของข้าวพันธุ์สุพรรณ 60

ตาราง ANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ANGLE	Main Effects	MOISTURE	87.053	4	21.763	546.589	.000
	Model		87.053	4	21.763	546.589	.000
	Residual		.398	10	3.982E-02		
	Total		87.451	14	6.247		

a ANGLE by MOISTURE

ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของข้าวพันธุ์ กข.23

ตารางANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ANGLE	Main Effects	MOISURE	82.176	4	20.544	723.351	.000
	Model		82.176	4	20.544	723.351	.000
	Residual		.284	10	2.840E-02		
	Total		82.460	14	5.890		

a ANGLE by MOISURE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลงความสูงของ hopper ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง ANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
angle	Main Effects	(Combined)	69.564	5	13.913	159.449	.000
		hight	.510	3	.170	1.949	.143
		var	69.054	2	34.527	395.700	.000
	Model		69.564	5	13.913	159.449	.000
	Residual		2.618	30	8.726E-02		
	Total		72.182	35	2.062		

a angle by hight, var

ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงผลทางสถิติของค่ามุมกองจากการเปลี่ยนแปลงความกว้างช่องเปิดของ hopperที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง ANOVA

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
angle	Main Effects	Hole-hopper	111.171	3	37.057	6312.125	.000
	Model		111.171	3	37.057	6312.125	.000
	Residual		4.697E-02	8	5.871E-03		
	Total		111.218	11	10.111		

a angle by hole-hopper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
สูตรที่ใช้ในการทดลอง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหามุมกอง

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

ซึ่ง θ = มุมกองของวัสดุ (angle of repose)

H = ความสูงจากฐานกองถึงยอดกองวัสดุ

Dp = เส้นผ่านศูนย์กลางของกองวัสดุ

สูตรคำนวณหาค่า coefficient of variation (c.v.)

C.V. = (standard deviation/mean) X 100

(ค่าที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูป %)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย อัครวัจน์ ศิริภูธร เกิดเมื่อ วันที่ 18 มกราคม 2525 ที่จังหวัด ลพบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียน นวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี ในปี พ.ศ. 2542 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2546

นาย จเรวัฒน์ อินทรณรงค์ เกิดเมื่อ วันที่ 26 มิถุนายน 2523 ที่จังหวัด นครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียน เบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช ในปี พ.ศ. 2542 และ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้