TPT-22

ผลของความชื้นต่อสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8

ฤษฎา วุฒิสาร, พงศธร ทองนุช,*ภูริชญา เร่งพัฒนกิจ, วราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์, และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ผู้เขียนติดต่อ: วราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ E-mail: kawarapo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 Arachis hypogaea L.ที่มีความชื้น (ฐานเปียก) ในช่วง 5.14-17.14% โดยศึกษา ความยาว, ความหนา, ความกว้าง มีค่าเท่ากับ 14.70–15.65 mm, 8.15–8.77 mm, 8.12–8.63 mm ตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตมีค่าเท่ากับ 9.90–10.56 mmความเป็นทรงกลม มีค่าเท่ากับ0.55–0.56 น้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่าเท่ากับ 53.09–65.18g พื้นที่ภาพฉาย มีค่าเท่ากับ 1.04-1.38 cm^2ความหนาแน่นเนื้อ มีค่าเท่ากับ1.13-1.21 g/ml ปริมาตรต่อเมล็ด มีค่าเท่ากับ 0.33 -0.61 ml ความพรุนมีค่าเท่ากับ 18.37-58.78 % และความเร็วสุดท้าย มีเท่ากับ 12.25–12.68 m/sความหนาแน่นรวม มีค่าเท่ากับ 0.67–0.61 g/ml และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต กับพื้นผิววัสดุที่ต่างกัน 3 ชนิดคือ ยางไม้อัด และ อลูมิเนียม มีค่าเท่ากับ 0.16-0.36, 0.05-0.36, 0.09-0.31 ตามลำดับ และได้หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับสมบัติทางกายภาพ ซึ่งข้อมูลดั้งกล่าวเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหารรวมทั้งประโยชน์ด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: ถั่วลิสง; สมบัติทางกายภาพ; ปริมาณความชื้น

บทนำ

ถั่วลิสงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogaea* L. เป็นพืชล้มลุกตระกูลถั่ว มีถิ่นกำเนิดจากทวีปอเมริกาใต้ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ในส่วนของประเทศไทยสามารถปลูกได้ในทั่วทุกภูมิภาคถั่วลิสงจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูก 205,235 ไร่ มีผลผลิต 51,586ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปีส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตถั่วลิสงไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศต้องมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง แนวทางแก้ไขหนึ่งคือการปรับปรุงพันธุ์ให้ถั่วลิสงมีผลผลิตสูงขึ้นและต้านทานโรคได้มากขึ้น ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 สายพันธุ์ถั่วลิสงที่ได้จากการปรับปรุงพันธุกรรมภายในประเทศ โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เพื่อสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากขึ้น (อารันต์ และคณะ, 2533) เดิมมีชื่อพันธุ์ KK4401 ได้ทำการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ขอนแก่น 60-2 (ต้นแม่) ซึ่งอยู่ในกลุ่มถั่วฝักสดสำหรับต้มและพันธุ์ Tupai (ต้นพ่อ) ที่มีความต้านทานต่อโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย (จิรากร, 2555) และค่อนข้างทนทานต่อโรคโคนเน่าได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตดี ปลูกง่าย โตเร็ว สามารถปลูกได้ในสภาพการผลิตถั่วลิสงของไทย อายุถึงวันออกดอก 25-30 วัน อายุถึงวันเก็บเกี่ยว 95-110 วัน ให้ผลผลิตฝักสด 650-800 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตฝักแห้ง 280-320 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนเมล็ด 1-3 เมล็ดต่อฝักมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ 64-67 เปอร์เซ็นต์มีขนาดเมล็ดโต โดยน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 44-55 กรัม ซึ่งโตกว่าถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และขอนแก่น 5 ที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 43.0 และ 47.5 กรัม ตามลำดับ มีลักษณะเด่น คือ มีเมล็ดรูปร่าง กลมรี สีแดงเลือดหมู เป็นร่อง เหมาะสำหรับทำเป็นถั่วต้ม เนื่องจากมีรสชาติดี มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูเข้ม เส้นลายบนฝักเห็นได้ชัดเจน ซึ่งเป็นที่นิยมของตลาดถั่วลิสงฝักต้มในประเทศไทย มีโปรตีน 23.4 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมัน 44.9 เปอร์เซ็นต์

สมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสง มีความสำคัญต่อการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปในขั้นตอนแปรรูป เช่น การทำความสะอาด การคัดขนาด การคัดแยก การขนส่งลำเลียง การอบแห้ง ตลอดจนการเก็บรักษา Aydin (2006) ได้ศึกษาผลของความชื้นต่อสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสงจากประเทศตุรกีแต่ในส่วนของถั่วลิสง สายพันธุ์ขอนแก่น 84-8 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทางศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นได้ ปรับปรุงใหม่ ยังไม่มีการศึกษามาก่อน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 ต่อผลของความชื้น ได้แก่ ขนาดของเมล็ด (Size) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Geometric Mean Diameter) ค่าความเป็นทรงกลม (Sphericity) ปริมาตรต่อเมล็ด (Volume per seed) มวล 100 เมล็ด (100 seeds Mass) พื้นที่ภาพฉาย (Projected Area) ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ความหนาแน่นจริง (True density) ปริมาตรต่อหนึ่งเมล็ด (Volume per seed) ความพรุน (Porosity) ความเร็วสุดท้าย (Terminal Velocity) และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (Static coefficient of friction) เพื่อประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปถั่วลิสง รวมทั้งประโยชน์ด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง

$\%Mc_{w.b.}$	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก (%w.b.)
Wb	น้ำหนักถั่วก่อนอบ (g)
Wa	น้ำหนักถั่วหลังอบ (g)
Wi	น้ำหนักถั่ว 100 เมล็ด (g)
Mi	ค่าความชื้นเริ่มต้น (%w.b.)
Mf	ค่าความชื้นที่ต้องการ (%w.b.)
Mw_{Mi}	ปริมาณน้ำที่ระดับความชื้นเริ่มต้น (g)
Mw_{Mf}	ปริมาณน้ำที่ระดับความชื้นที่ต้องการ (g)
L	ด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุด (mm)
W	เส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ L (mm)
T	ด้านเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ W และ L (mm)
GMD	ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (mm)
ϕ	ค่าความเป็นทรงกลม
Proj	พื้นที่ภาพฉาย (cm^2)
Asd	พื้นที่เมล็ดถั่ว 1 เมล็ด (pixel)
Asq	พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส 1 × 1 cm (pixel)
ρb	ความหนาแน่นรวม (g/ml)
Mb	น้ำหนักรวม – น้ำหนักภาชนะ (g)
Vb	ปริมาตรภาชนะ (ml)
V	ปริมาตรต่อหนึ่งเมล็ด (ml)
M_I	น้ำหนักเมล็ดก่อนจุ่ม (g)
M_L	น้ำหนักเมล็ดหลังจุ่ม (g)
ρ_{hex}	ความหนาแน่นของเฮกเซน (g/ml)
ρs	ความหนาแน่นเนื้อ (g/ml)
Ms	น้ำหนักของเมล็ด (g)
ε	ค่าความพรุน (%)
μ	สัมประสิทธิความเสียดทานสถิต
θ	มุมที่วัดได้(180°)×

2. วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

เมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 ได้จาก ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น 180 ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่นเป็นถั่วลิสงที่ยังไม่ได้ผ่านการคัดขนาดและคุณภาพของเมล็ดหรือแกะออกจากฝักบรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนำตัวอย่างมาทำความสะอาดนำเศษดินและฝุ่น แกะและแยกเมล็ดออกจากฝัก แล้วคัดแยกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์เช่น เมล็ดแตกหัก เมล็ดฝ่อ หรือเมล็ดเน่าออกใช้เฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ในการทดลอง

2.2 การหาความชื้น

ค่าความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างเมล็ดถั่วลิสงหาได้จากการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดละประมาณ 5 กรัม ชั่งจากเครื่องชั่งไฟฟ้า (Yamato รุ่น HB-120, ญี่ปุ่น) ที่มีค่าความละเอียดอยู่ที่ 0.0001 g อบด้วยตู้อบลมร้อน (MEMMERT รุ่น UFB 400, เยอรมัน) ที่อุณหภูมิ105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3

ชั่วโมง (AOAC, 1990) ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาความชื้นเริ่มต้นได้จากสมการ

$$\%Mc_{w.b.}=\frac{Wb-Wa}{Wb}\times 100 \qquad (1)$$

2.3 การปรับความชื้น

นำเมล็ดถั่วลิสงจำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักและปรับความชื้น 5 ระดับ เพิ่มจากความชื้นเริ่มต้น โดยเพิ่มขึ้นระดับละ 3 เปอร์เซ็นต์ คำนวณปริมาณน้ำที่ต้องเติมเพื่อให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต้องการ คำนวณได้จากสมการ 2 และ 3

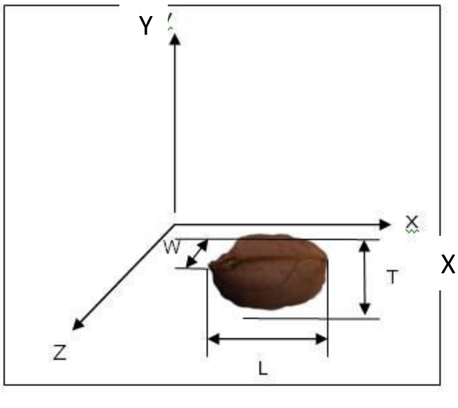
$$Mw_{Mi}=\frac{Wi\times Mi}{100-Mi} \qquad (2)$$

$$Mw_{Mf}=\frac{Wi\times Mf}{100-Mf} \qquad (3)$$

หลังจากเติมน้ำสะอาดในแต่ละถุง ปิดปากถุงให้สนิทแล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างที่เก็บในตู้เย็นต้องเขย่าถุงตัวอย่างทุกๆ 2 วัน เพื่อให้มีความชื้นสม่ำเสมอทั่วทุกเมล็ด

2.4 ขนาด (Size, mm)

วัดขนาดเมล็ดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (ค่าความละเอียด 0.25 มม.) โดย ความยาว (L) คือด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุด ความกว้าง (W) คือ เส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ L และความหนา (T) คือ ด้านเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ W และ L วัดตัวอย่างจำนวน 100 เมล็ด



รูปที่ 1 แสดงการวัดขนาดทั้ง 3 ด้านของเมล็ดถั่วลิสง.

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric Mean Diameter, GMD) สามารถคำนวณได้ จากสมการ

$$GMD = (WLT)^{\frac{1}{3}} \qquad (4)$$

2.5 ความเป็นทรงกลม (Sphericity , ∅)

ความเป็นทรงกลมเป็น คำนวณได้จากสมการ

$$\emptyset=\left[\frac{(WTL)^{\frac{1}{3}}}{L}\right] \qquad (5)$$

2.6 น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 seeds Mass)

สุ่มเมล็ดถั่วลิสง จำนวน 100 เมล็ด ชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (Yamato รุ่น HB-120, ญี่ปุ่น) ซึ่งมีค่าความละเอียด 0.01 g ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.7 พื้นที่ภาพฉาย (Projected area, cm^2)

สุ่มเมล็ดถั่วลิสงมาจากแต่ละความชื้น 50 เมล็ด จัดวางแต่ละเมล็ดในระยะที่เท่าๆกันเรียงบนกระดาษพื้นผิวเรียบ จากนั้นถ่ายภาพจากมุมสูงด้วยกล้องดิจิตอลที่มีภาพขนาด 5 ล้านพิกเซลเทียบกับสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 x 1 cm นำรูปภาพที่ได้มาหาสัดส่วนพื้นที่ (cm^2) และพื้นที่ pixel โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS5 พื้นที่ภาพฉายหาได้จากสมการ

$$\text{Projected area} = \frac{Asd(pixel)}{Asq\ (pixel)} \qquad (6)$$

2.8 ความหนาแน่นรวม (Bulk density, ρb, g/ml)

เทเมล็ดถั่วลิสงลงในภาชนะที่ทราบปริมาตรผ่านกรวย ที่ระดับความสูงคงที่ 15 cm จนเต็มจากนั้นปาดเมล็ดส่วนที่เกินออกให้เสมอกับขอบภาชนะ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (Yamato รุ่น HB-120, ญี่ปุ่น) ที่มีค่าความละเอียด 0.01 g ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ความหนาแน่นรวมหาได้จากสมการ

$$\rho b = \frac{Mb}{Vb} \qquad (7)$$

2.9 ปริมาตรต่อเมล็ด (Volume per seed) และความหนาแน่นเนื้อ (True density, ρs, g/ml)

ความหนาแน่นเนื้อใช้วิธีการชั่งน้ำหนักในของเหลว ของเหลวที่ใช้คือ เฮกเซน (VWR International Ltd, England) โดยมีแรงตึงผิวต่ำไม่ซึมเข้าเมล็ด วิธีการทดลองคือ สุ่มเมล็ดตัวอย่างจำนวน 10 เมล็ด ชั่งเมล็ดถั่ว 1 เมล็ดบนเครื่องชั่งดิจิตอลไฟฟ้า มีค่าความละเอียด 0.0001 g บรรจุเฮกเซนลงในบีกเกอร์ที่มีปริมาตรแน่นอน นำไปชั่งบนเครื่องชั่งดิจิตอล และใช้เข็มเย็บผ้าจิ้มเมล็ดเพื่อใช้จุ่มลงในเฮกเซนจุ่มเมล็ดลงในของเหลวโดยให้พื้นผิวเมล็ดปริมอยู่ที่พื้นผิวของเหลวทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ ปริมาตรต่อเมล็ดหาได้จากสมการ

$$V = \frac{M_I - M_L}{\rho_{hex}} \qquad (8)$$

นำปริมาตรต่อเมล็ดที่ได้ไปหาความหนาแน่นเนื้อได้จากสมการ

$$\rho s = \frac{Ms}{V} \qquad (9)$$

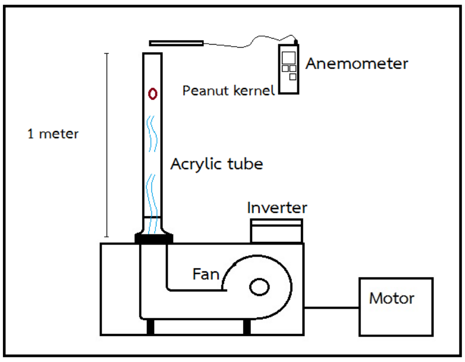
2.10 ความพรุน (Porosity, %)

ความพรุนปรากฎคือค่าที่แสดงปริมาณช่องว่างที่มีอยู่ระหว่างเมล็ดถั่วลิสง ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\varepsilon\ (\%) = (1-\frac{\rho b}{\rho s}) \times 100 \qquad (10)$$

2.11 ความเร็วสุดท้าย (Terminal Velocity, m/s)

ความเร็วสุดท้ายคือความเร็วลมที่ทำให้เมล็ดถั่วลิสงลอยตัวคงที่ที่ความสูงระดับหนึ่ง โดยที่เมล็ดไม่หลุดหรือกระเด็นออกจากชุดศึกษาสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ (รูปที่ 2)วิธีการทดลอง คือ สุ่มเมล็ดวางบนตะแกรงในชุดทดลอง จากนั้นปรับเครื่องกำเนิดลมเพิ่มรอบความถี่ของมอเตอร์จนกระทั่งเมล็ดถูกเป่าจนลอยอยู่นิ่ง คงที่ ณ ความสูงระดับหนึ่งวัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (รุ่น Testo 425, เยอรมัน) โดยทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ

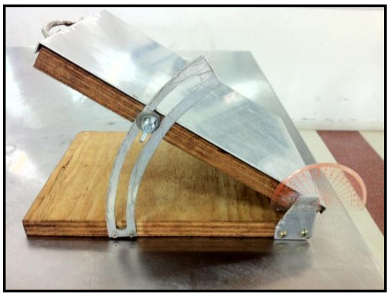


รูปที่ 2 ชุดทดสอบสมบัติทางอากาศพลศาสตร์

2.12 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (Static coefficient of friction, μ)

สุ่มเมล็ดถั่วลิสง มาวางบนอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (รูปที่ 3) ที่มีพื้นผิววัสดุต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ พื้นผิวไม้อัด พื้นผิวอลูมิเนียม และพื้นผิวยาง จากนั้นให้ค่อยๆยกพื้นผิวด้านหนึ่งขึ้นจนกระทั่งเมล็ดเริ่มกลิ้งไถลลงอย่างอิสระ อ่านค่ามุมที่เมล็ดเริ่มกลิ้งไถล โดยทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ และทดลองทั้ง 3 พื้นผิวในทุกๆความชื้น ซึ่งคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ได้จากสมการ

$$\mu = \tan\theta \qquad (11)$$



รูปที่ 3 ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของถั่วลิสงขอนแก่น 84-8 ที่ปริมาณความชื้น 5.14% (ฐานเปียก)

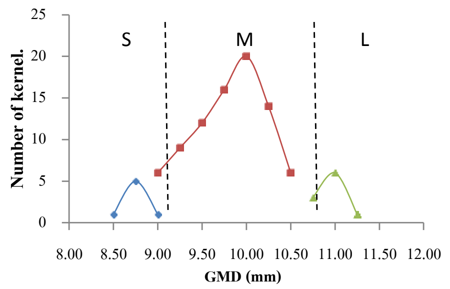
Physical properties	Number	average	max	min	SD
Width (mm)	100	8.17	9.95	6.20	0.83
Length (mm)	100	14.70	17.90	11.30	1.60
Thickness (mm)	100	8.15	9.80	6.60	0.69
GMD (mm)	100	9.90	11.35	8.24	0.67
Sphericity (%)	100	0.55	0.73	0.42	0.67
100 seeds mass (g)	100	53.09	54.72	50.58	1.80
Projected area (cm2)	50	1.04	1.28	0.84	0.11
Bulk density (g/ml)	3	0.67	0.68	0.66	0.01

Volume per seed (ml)	10	0.33	0.55	0.11	0.12
True density (g/ml)	10	1.13	2.82	0.66	0.63
Porosity (%)	10	18.37	28.81	9.28	7.82
Terminal velocity (m/s)	10	12.25	12.70	11.90	0.22
Static coefficient of frictionWood	10	0.17	0.36	0.05	0.10
luminium	10	0.17	0.31	0.09	0.07
Rubber	10	0.27	0.36	0.16	0.08

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

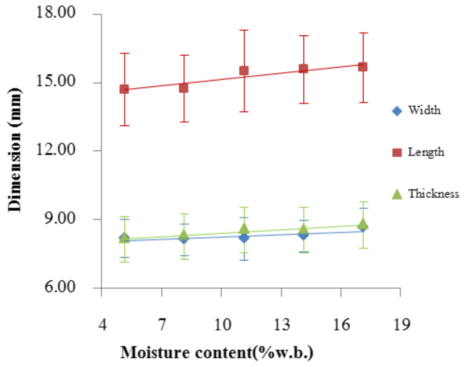
จากการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสงค์พันธุ์ขอนแก่น 84-8 ที่ระดับความชื้นแตกต่างกัน 5 ระดับได้ผลดังต่อไปนี้

3.1ขนาด



รูปที่ 4 เส้นโค้งการแจกแจงความถี่ของขนาดเมล็ดถั่วลิสง (เล็ก, กลาง , ใหญ่) กับ GMDที่ 5.14 (% wb)

จำนวนการกระจายตัวของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 แบ่งตามขนาด (7.00 –8.99 mmขนาดเล็ก (S), 9.00-10.99 mm ขนาดกลาง (M), 11.00-13.00 mm ขนาดใหญ่ (L)) กับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) ที่ความชื้นเริ่มต้น 5.14 (%w.b.) ซึ่งมีค่าการกระจายของเมล็ดขนาดกลางสูงที่สุด ในส่วนของค่าการกระจายของเมล็ดขนาดเล็กและขนาดโต มีค่าการกระจายตัวที่ต่ำและเมล็ดของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วลิสงจากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสงและเมล็ดถั่วลิสง Aydin (2006)



รูป 5 ผลของปริมาณความชื้นกับขนาดของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

ขนาดของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 ทั้งด้านความกว้าง (W), ความยาว (L) และความหนา (T) ทั้ง 3 ด้าน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ขนาดเพิ่มขึ้น) เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น (แปรผันตรง) เนื่องจากเมื่อเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 ได้รับความชื้นจะทำให้ด้าน W, L, T มีขนาดมากขึ้นและส่งผลให้เมล็ดมีขนาดเพิ่มขึ้นซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองของ Aydin (2006) จากการศึกษาพบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นขนาดของฝักถั่วลิสงและเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและความชื้นได้ดังนี้

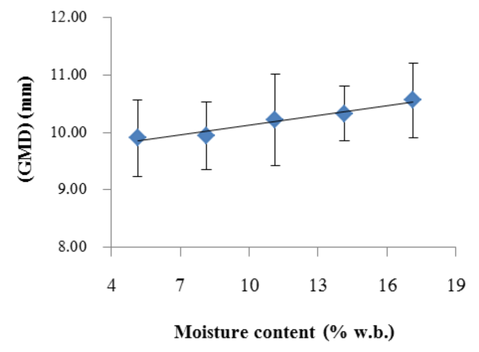
ความกว้าง(W); $Y = 0.036x+7.871 (R^2 = 0.6693)$..

ความยาว(L); $Y = 0.091x+14.22 (R^2 = 0.8362)$

ความหนา(T); $Y = 0.0503x+7.8953 (R^2 = 0.9394)$

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) ของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น (แปรผันตรง) ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองของ Aydin (2006) จากการศึกษาพบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของฝักถั่วลิสงและเมล็ดเพิ่มขึ้นโดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่าง GMD และความชื้นได้ดังสมการ

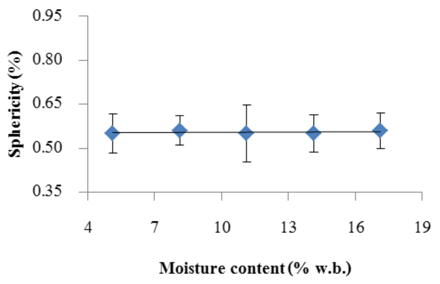
$Y = 0.057x+9.555 (R^2 = 0.961)$ **(12)**



รูป 6 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเรขาคณิต (GMD) ของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

3.2 ความเป็นทรงกลม

ค่าความเป็นทรงกลมเป็นสมบัติทางกายภาพที่อธิบายรูปร่างของวัตถุ หากเมล็ดมีค่าความเป็นทรงกลมเท่ากับ 1 แสดงว่า เมล็ดมีขนาดเท่ากันทุกด้าน สามารถเคลื่อนที่โดยการกลิ้ง ส่วนเมล็ดที่มีค่าความเป็นทรงกลมไม่เท่ากับ 1 อาจเคลื่อนที่ด้วยการไถล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการลำเลียงเมล็ดบนสายพาน



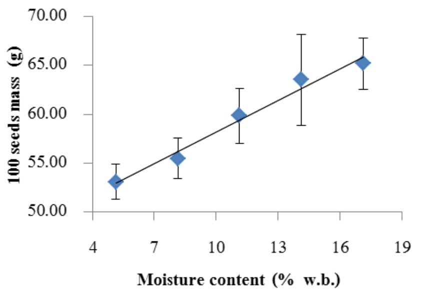
รูป 7 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับความเป็นทรงกลมของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

ความเป็นทรงกลมของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากถั่วลิสงมีเยื่อหุ้มเมล็ด ทำให้เมล็ดมีข้อจำกัดในการขยายตัวออกด้านข้างเมื่อได้รับความชื้น และเลือกขยายตัวออกสู่ด้านที่เป็นอิสระมากกว่า นั่นคือร่องหรือช่องว่างภายในเมล็ดแทนการขยายตัวออกทางด้างข้าง ผลของค่าความเป็นทรงกลมที่เกิดขึ้นจึงไม่เปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองถั่วโกโก้ของ Bart-Plange (2002) เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) ค่าความเป็นทรงกลมของถั่วลันเตาจะมีค่าที่สูงกว่าถั่วลิสง เนื่องจากถั่วลันเตามีความเป็นทรงกลมและความสามารถในการขยายตัวอย่างอิสระมากกว่าถั่วลิสง

3.3 น้ำหนัก 100 เมล็ด

น้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นสมบัติทางกายภาพที่ประยุกต์ใช้กับการออกแบบบรรจุภัณฑ์หรือภาชนะสำหรับเก็บวัสดุ เช่น ไซโล เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น น้ำหนัก 100 เมล็ดของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้นโดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ด และความชื้นได้ดังสมการ

$y = 1.0747x + 47.454 (R^2 = 0.9813)$ **(13)**

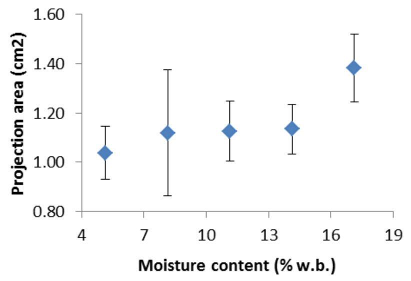


รูปที่ 8 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับน้ำหนัก100 เมล็ดของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองฝักถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin (2006) ถั่วปากอ้าของAltuntas (2005) และถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) โดยเมล็ดถั่วลิสงมีแนวโน้ม (ความชัน) ที่ต่ำกว่า และความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำกว่าถั่วปากอ้าและถั่วลันเตา

3.4 พื้นที่ภาพฉาย

พื้นที่ภาพฉาย เป็นสมบัติทางกายภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบตะแกรงเพื่อคัดขนาดหรือบรรจุภัณฑ์ จากการทดลองพบว่า เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น พื้นที่ภาพฉายของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้นและจะมีค่าของพื้นที่ภาพฉายคงที่ในช่างระยะหนึ่งเนื่องจากถั่วลิสงมีเปลือกหุ้มด้านนอกทำให้เป็นฉนวนในการขยายตัวของเนื้อถั่วลิสง



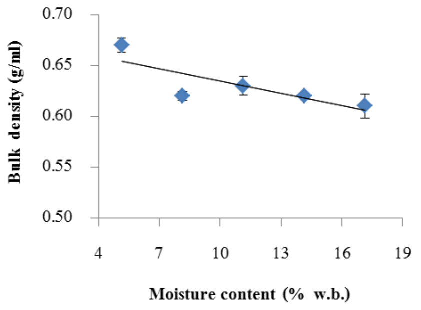
รูปที่ 9 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับพื้นที่ภาพฉายของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin (2006) ถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) อัลมอนด์และเมล็ดของAydin (2003) โดยเมล็ดถั่วลิสงมีแนวโน้มพื้นที่ภาพฉายที่ต่ำกว่าถั่วลันเตาและเมล็ดอัลมอนด์ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการขยายตัวและการดูดซับน้ำของเมล็ดถั่วลิสงที่ต่ำกว่าถั่วลันเตา และเมล็ดอัลมอนด์

3.5 ความหนาแน่นรวม

ความหนาแน่นรวม เป็นสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่บอกถึงความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวลที่รวมช่องว่างระหว่างชิ้นวัสดุด้วย สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบขนาดของบรรจุภัณฑ์เช่น ไซโล (silo) สำหรับเก็บอาหาร ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะลดลง เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น โดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม และความชื้นได้ดังสมการ

$$Y = -0.004x + 0.674 (R^2 = 0.654) \quad \textbf{(14)}$$



รูปที่ 10 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับความหนาแน่นรวมของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

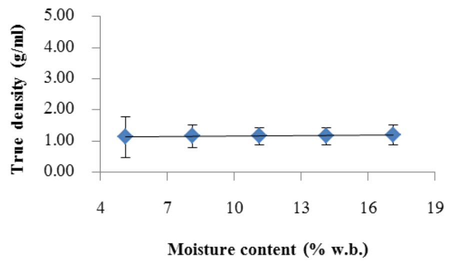
ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองฝักถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin (2006) ถั่วโกโก้ของ Bart-Plange (2002) และอัลมอนด์และเมล็ดของ Aydin (2003) เนื่องจากเมล็ดถั่วลิสงเป็นถั่วน้ำมัน (Oilseed legume) มีไขมันเป็นส่วนประกอบถึง 43.4 % เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ไขมันไม่ขยายตัวแต่ส่วนที่ดูดซึมน้ำจะขยายตัว เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วชนิดอื่นที่มีปริมาณไขมันสูงกว่า เช่น ถั่วโกโก้และถั่วอัลมอนด์ มีปริมาณไขมัน 54% และ49.42% ตามลำดับ พบว่าถั่วลิสงมีแนวโน้ม (ความชัน) ที่ต่ำกว่าถั่วที่มีปริมาณไขมันสูงกว่า

3.6 ความหนาแน่นเนื้อ

ความหนาแน่นเนื้อ ของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น โดยสามารถอธิบายสมการ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเนื้อ และความชื้นได้ดังสมการ

$$Y = 0.005x + 1.104 (R^2 = 0.700) \quad \textbf{(15)}$$

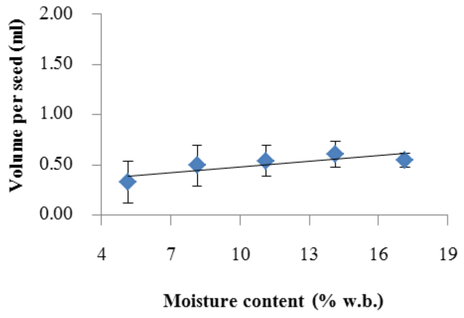


รูปที่ 11 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองฝักถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin (2006) เมล็ดถั่วแดงของ ISIK (2007) อัลมอนด์และเมล็ดของ Aydin (2003) เนื่องจากถั่วลิสงเป็นถั่วน้ำมัน เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นเนื้อจะไม่เปลี่ยนแปลงมากเพราะน้ำมันกับน้ำไม่รวมตัวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) จะพบว่าถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 มีแนวโน้มความหนาแน่นเนื้อที่ขัดแย้งกัน ด้วยเหตุผลที่ถั่วลันเตามีปริมาณไขมันในเมล็ดเพียง 0.4% ซึ่งต่ำกว่าถั่วลิสงมาก จึงส่งผลให้ความหนาแน่นเนื้อของถั่วลันเตาลดลง ในขณะที่ถั่วลิสงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น

3.7 ปริมาตรต่อเมล็ด

ปริมาตรต่อเมล็ด ของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 12. อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับปริมาตรต่อเมล็ดของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8

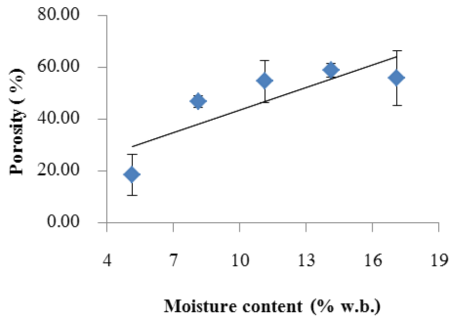
ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองถั่วปากอ้าของ Altuntas (2005) โดยถั่วปากอ้ามีแนวโน้มของปริมาตรต่อเมล็ดสูงกว่าถั่วลิสง (ความชัน) ซึ่งสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรต่อเมล็ดและความชื้นได้ดังสมการ

$$Y = 0.018x + 0.296 \ (R^2 = 0.685) \quad \textbf{(16)}$$

3.8 ความพรุน

ความพรุน ของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น (แปรผันตรง) โดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างความพรุนและความชื้นได้ดังสมการ

$$Y = 2.8918x + 14.586 \ (R^2 = 0.6904) \quad \textbf{(17)}$$



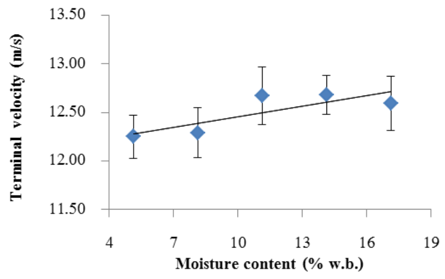
รูป 13. อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับความพรุนของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8.

ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองฟักถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin (2006) ถั่วโกโก้ของ Bart-Plange (2002) เมล็ดถั่วแดงของISIK (2007) อัลมอนด์และเมล็ดของAydin (2003) และถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) โดยพบว่า ถั่วลิสงมีแนวโน้มของความพรุนสูงกว่าถั่วลันเตา, อัลมอนด์และเมล็ด ,ถั่วโกโก้ และเมล็ดถั่วแดง ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าที่ความชื้นเพิ่มขึ้นถั่วลิสงสามารถเกิดความพรุนได้สูงกว่า

3.9 ความเร็วสุดท้าย

ความเร็วสุดท้ายเป็นสมบัติทางกายภาพของวัสดุทางอากาศพลศาสตร์ (Aero dynamics) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการทำความสะอาดด้วยลม การคัดแยก การคัดขนาดและการทำแห้งโดยความเร็วสุดท้ายของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น โดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วสุดท้ายและความชื้นได้ดังสมการ

$$Y = 0.0357x + 12.099 \ (R^2 = 0.6508) \quad \textbf{(18)}$$



รูปที่ 14 อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับความเร็วสุดท้ายของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-8.

ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองฟักถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin (2006) เมล็ดถั่วแดงของ ISIK (2007) อัลมอนด์และเมล็ดของ Aydin (2003) ถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) และถั่วพิสทาชิโอของ Kashaninejad (2005) โดยพบว่าถั่วลิสงมีแนวโน้มความเร็วสุดท้ายสูงกว่าถั่วพิสทาชิโอและถั่วลันเตา กล่าวคือเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นถั่วลิสงต้องใช้ความเร็วลมที่มากขึ้นเป็นอัตราส่วนที่สูงกว่าพิสทาชิโอและถั่วลันเตา

3.12 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

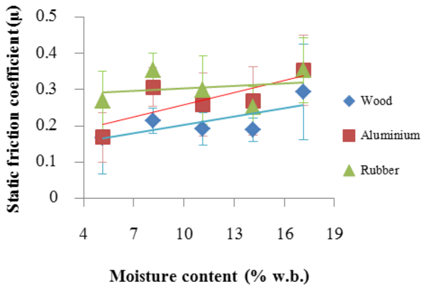
สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต เป็นลักษณะทางกายภาพระหว่างองศาและพื้นผิวกับการเริ่มเคลื่อนที่ของวัสดุสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบสายพานเพื่อใช้ในการลำเลียงขนส่งในกระบวนการผลิต สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 84-8 จะเพิ่มขึ้น เมื่อ

ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตที่เป็นพื้นผิวต่างกันมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเมล็ดถั่วลิสง เนื่องจากพื้นผิวแต่ละชนิดมีพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสต่างถั่วลิสงต่างกัน โดยสามารถอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและความชื้นได้ดังสมการ

แผ่นยาง ; $Y = 0.0022x + 0.2809$ ($R^2 = 0.0494$)

แผ่นอะลูมิเนียม ; $Y = 0.011x + 0.1479$($R^2 = 0.5872$)

แผ่นไม้อัด ; $Y = 0.0076x + 0.1268$($R^2 = 0.5361$)



รูปที่ 15. อิทธิพลของปริมาณความชื้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของเมล็ดถั่วลิสงขอนแก่น 84-84.

ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองฝักถั่วลิสงและเมล็ดของ Aydin, (2006) โดยพื้นผิวยาง มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงที่สุด พื้นผิวอลูมิเนียม และพื้นผิวไม้ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับถั่วลันเตาของ Yalcın (2006) เพราะถั่วลิสงและถั่วลันเตามีลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดเหมือนกัน

4.สรุปผลการทดลอง

1. ค่าความยาว (L) ความหนา (T) และความกว้าง (W) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นและมีจำนวนการกระจายตัวในเมล็ดขนาดกลาง (9.00 mm -10.99 mm) สูงที่สุด

2. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (GMD) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น

3. พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น

4. น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 seeds mass) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น

5. ความหนาแน่นรวม (Bulk density) มีค่าลดลงเมื่อค่าความชื้นเพิ่มขึ้น

6. ความหนาแน่นเนื้อ (True density) และปริมาตรต่อหนึ่งเมล็ด (Volume per seed) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น

7. เปอร์เซ็นต์ความพรุน (Porosity) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น

8. ความเร็วสุดท้าย (Terminal Velocity) มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้นตรงกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น

9. ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μ) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น โดยพื้นผิวยาง มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงที่สุด ตามด้วย พื้นผิวอลูมิเนียม และพื้นผิวไม้

5.เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมการเกษตรถั่วลิสง(2551). คู่มือชุดพืชศาสตร์ เรื่อง ถั่วลิสง, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ส่งเสริมและจัดการ สินค้าการเกษตร

[2] ไทยโพสต์ออนไลน์.(2555).ถั่วลิสงพันธุ์ใหม่ขอนแก่น 84-8 ให้ผลผลิตสูง, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.thaipost.net, เข้าดูเมื่อวันที่ 27/02/-2556

[3] บุพผา มงคลศิลป์ (2551).คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ถั่วลิสง, กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ส่งเสริมและจัดการ สินค้าการเกษตร

[4] ศาสตร์เกษตรดินปุ๋ย(2555).ถั่วลิสงพันธุ์ใหม่เมล็ดโตทนโรค, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://www.-soclaimon.wordpress.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 28/-12/2555.

[5] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (2555). ถั่วลิสงพันธุ์ใหม่ขอนแก่น 84-8, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.-kkfcrc.org, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/12/2555

[6] สำนักบริการข้อมูลและสารสนเทศ(2553)-.เศรษฐศาสตร์การเกษตร, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://www.idis.ru.ac.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 5/01/2556

[7] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,(2552).ข้อมูลสถิติการเกษตรของประเทศไทย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มาhttp://www.oes.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/01/2556

[8] อารันต์ พัฒโนทัย (2536).งานวิจัยถั่วลิสงในประเทศไทยถึงปี 2532, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์

[9] Aydin,C.(2003).Physical properties of almond nut and kernels.Journal of Food Engineering,vol. 60, December 2003, pp. 315-320.

[10] Aydin, C.(2007). Some engineering properties of peanut and kernels,Journal of FoodEngineering, vol 79, April 2007, pp. 810-816.

[11] Altuntas, E., Yildiz, M. (2007) "Effect of moisturecontent on some physical and mechanicalproperties of faba bean (Vicia faba L.) grains, Journal of Food Engineering, vol. 78, January 2007, pp.174-183.

[12] Bart-Plang, A., Baryeh, E. A. (2003). The physicalproperties of Category B cocoa beans,Journal of Food Engineering, vol 60, December 2003, pp 219–227.

[13] Food Network Solution (2553).ถั่วลิสง(Peanut), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://foodnetworksolution.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/01/2556

[14] ISIK E., UNAL H. (2007). Moisture-dependent physical properties of white speckled red kidney bean grains. Journal of Food Engineering, vol 82, September 2007, pp 209-216.

[15] I. Yalcın ,C. O¨ zarslan, T. Akbas. (2007). Physical properties of pea (Pisum sativum) seed, Journal of Food Engineering, vol 79, March 2007, pp 731-736.

[16] Kashaninejad,M., Mortazavi,A., Safekordi, A., Tabil,L.G. (2006). Some physical properties of Pistachio (Pistacia vera L.)nut and its kernels, Journal of Food Engineering, vol 72, January 2006, pp 30-38.

[17] Kabas,O., Yilmaz,E., Ozmerzi A., Akincil. (2007). Some physical and nutritionalproperties of cowpea seed (Vigna sinensis L.), Journal of Food Engineering, vol. 79, April 2007, pp 1405-1409