

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดบัวอบแห้งเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเคลือบผงปรุงรส  
Study of Physic Properties of Lotus Seed (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) for using Design of Seasoning  
Powder Coating Machine

ปิยะพงษ์ วงค์ขันแก้ว<sup>1,2\*</sup> และ, อรรถนพ ทัศนอุดม<sup>3</sup>  
Piyapong Wongkhunkeaw<sup>1,2\*</sup> and Unnop Tassanaudom<sup>3</sup>

### Abstract

The aim of this study was to investigate the physical properties of lotus seed (*Nelumbo nucifera* Gaertn.), which data are necessary for the design of seasoning powder coating machine and another machine. The lotus seed at moisture contents of 6.56% w.b. were used for this study. The result showed that the average width, length, and thickness of lotus seed was 10.17, 15.56, and 12.40, respectively. the geometric mean diameter (GMD) and sphericity of lotus seed was 12.49 and, 0.81, respectively. The hundred seed weight and bulk density of lotus seed were 58.20 grams and 0.33 grams/milliliter. The average static coefficient of friction and angle of friction was 0.41 and 22.38 degree, respectively. The angle of repose was 34.83 degree. All of the result physic properties of

**Keywords:** Physical Properties, Lotus Seed (*Nelumbo nucifera* Gaertn.)

### บทคัดย่อ

คุณสมบัติทางกายภาพเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบ ปรับปรุง หรือพัฒนา เครื่องจักรกลเกษตร ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดบัวนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบเครื่องเคลือบ เมล็ดบัวด้วยผงปรุงรสและเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เมล็ดบัวอบแห้งที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 6.56 มาตรฐาน เบี่ยง พบว่าเมล็ดบัวมีค่าเฉลี่ยความกว้าง ความยาวและความหนาของเมล็ดเท่ากับ 10.17, 15.56 และ 12.40 ตามลำดับ และ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต (GMD) เท่ากับ 12.49, ความเป็นทรงกลมเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 0.81, น้ำหนักต่อ 100 เมล็ดเท่ากับ 58.20 กรัม, ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตมีค่าเฉลี่ย 0.41, ค่ามุมการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 22.38 องศา กับแผ่น สแตนเลส, และค่ามุมกองมีค่าเฉลี่ย 34.83 องศา

**คำสำคัญ:** คุณสมบัติทางกายภาพ, เมล็ดบัว

### คำนำ

บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) มีชื่อสามัญว่า Lotus ชื่อเรียกอื่นๆ ได้แก่ บัวหลวง บอนทรอก ปทุม ปทุมมาลย์ สัตตบุษย์ สัตตบงกช และอุบล บัวหลวงถือว่าเป็นราชินีแห่งพืชน้ำมีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย และไทย เมล็ดบัวเป็น ัญพืชที่สามารถรับประทานได้ทั้งเมล็ดสดและแห้ง เป็นแหล่งรวมของวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด มีส่วนช่วยในการบำรุง ประสาท บำรุงไต บำรุงสมอง มีสรรพคุณทางยา อีกทั้งยังสามารถนำมาทำอาหารทั้งคาวและหวานได้

ปัจจุบันการแปรรูปเมล็ดบัวเป็นของทานเล่นนั้นเป็นการเพิ่มมูลค่าของเมล็ดบัวให้สูงขึ้น จากเดิมทานเมล็ดสดนำ เมล็ดบัวมาอบแห้งและใส่ผงปรุงรสเข้าไปเพื่อเพิ่มรสชาติ กลิ่น รสให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น แต่ขั้นตอนกระบวนการ เคลือบผงปรุงรสนั้นจำเป็นต้องใช้แรงงานคนและเวลา ทำให้ต้นทุนการแปรรูปเพิ่มสูงขึ้นตาม ดังนั้นจึงมีการออกแบบเครื่อง เคลือบผงปรุงรสเมล็ดบัวมาเพื่อช่วยการใช้แรงงานคน ลดระยะเวลา และต้นทุนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม แต่การออกแบบ เครื่องจักรต่างๆนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดบัวเพื่อให้สามารถออกแบบ

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 40002

<sup>2</sup> Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khonkaen, 40002

<sup>3</sup> สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup> Department of Agricultural Machinery, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok 65000

<sup>3</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000

<sup>3</sup> Department of Food Science and Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok 65000

เครื่องได้อย่างเหมาะสมและตรงตามความต้องการ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดบัวอบแห้ง ซึ่งผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบเครื่องเคลือบผงปรงรสเมล็ดบัวในลำดับต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

ในการทดลองนี้ใช้เมล็ดบัวอบแห้งที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทวานิช อินเทอร์เน็ตดีตติ้ง แอนสฟู้ดส์ จำกัด กรุงเทพฯ ซึ่งตัวอย่างที่ได้มาผ่านการกระเทาะเปลือก คัดแยกฝุ่นละออง สิ่งสกปรก เมล็ดแตกหัก และสิ่งเจือปนออกเรียบร้อยแล้ว โดยทำการวัดความชื้นเริ่มต้นได้เท่ากับ ร้อยละ 6.56 มาตรฐานเปียก ใช้วิธีการหาค่าความชื้นเริ่มต้นโดยใช้เตาอบร่อนอบแห้งเมล็ดบัว ด้วยความร้อย 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ASAE, 2006) ซึ่งนำหนักก่อนอบและหลังอบ แล้วใช้สมการ (1) ในการหาความชื้นเริ่มต้น.

$$\text{Moisture Content}_{\text{wet basic}} (\%) = \frac{\text{Weight}_{\text{before}} - \text{Weight}_{\text{after}}}{\text{Weight}_{\text{before}}} \times 100 \quad (1)$$

#### ขนาดและเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

ประกอบไปด้วย ความยาว (Length,  $l$ ), ความกว้าง (width,  $w$ ), และความหนา (thickness,  $t$ ) โดยความยาวหมายถึงด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุด, ความกว้างหมายถึงด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งฉากกับเส้นความยาว และความหนาหมายถึงด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งฉากกับความยาวและความกว้าง โดยทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ตัวอย่างในการวัดและทำการวัดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (ค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร) จากนั้นทำการหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric Mean Diameter (GMD)) (Bahnasawy, 2007) ดังสมการที่ 2

$$\text{GMD} = (wlt)^{1/3} \quad (2)$$

#### ความเป็นทรงกลม (Sphericity, $\phi$ )

ความเป็นทรงกลมของเมล็ดสามารถหาได้จากสมการที่ 3 (Mohsenin, 1970):

$$\text{Sphericity } (\phi) = \frac{(wlt)^{1/3}}{l} \quad (3)$$

#### น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)

ทำการสุ่มเลือกเมล็ดจากกลุ่มตัวอย่างมาจำนวน 100 เมล็ดจากนั้นชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 0.01 กรัม ทำการทดลอง 30 ซ้ำ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย

#### ความหนาแน่นรวม (Bulk density, $\rho_b$ )

การหาค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมโดยการสุ่มตัวอย่างเมล็ดบัวเทใส่ลงในกรวยสูงจากนั้นภาชนะทรงกลม 15 เซนติเมตรลงในภาชนะทรงกลมที่ปริมาตรแน่นอนจากนั้นปาดให้เมล็ดบัวส่วนเกินออกให้เสมอกับขอบบนภาชนะ แล้วทำการชั่งน้ำหนักเมล็ดบัวที่อยู่ภายในภาชนะนั้น ที่มีค่าความละเอียด 0.01 กรัม ทำการทดลอง 30 ซ้ำ จากนั้นนำมาคำนวณหาความหนาแน่นรวมจากสมการที่ 4

$$\text{Bulk density } (\rho_b) = \frac{\text{Mass (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}} \quad (4)$$

#### มุมกอง (Angle of repose, $\theta$ )

ค่ามุมกองของเมล็ดสามารถหาได้จากวิธีการนำเมล็ดปล่อยให้ไหลผ่านกรวยลงสู่ภาชนะรองรับ จากนั้นวัดค่าความสูงของกอง (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอง (D) ทำการทดลอง 30 ซ้ำ จากนั้นหาค่ามุมกองจากสมการที่ 5 (Gamayak et al., 2008):

$$\text{Angle of repose } (\theta) = \tan^{-1} (2H/D) \quad (5)$$

เมื่อ  $\theta$ , มุมกอง (องศา,  $o$ ); H, ความสูงกอง (เซนติเมตร); D, เส้นผ่านศูนย์กลางกอง (เซนติเมตร)

#### สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (Static coefficient of friction, $\mu$ )

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต  $\mu$  ความชื้นเริ่มต้นกับแผ่นสแตนเลส ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดบัวนำมาใส่ภาชนะทรงกระบอกที่วางบนอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจนเต็ม แล้วยกกระบอกขึ้นประมาณ 1 เซนติเมตร เพื่อให้ผิวเมล็ดสัมผัสกับแผ่นสแตนเลสที่วางบนอุปกรณ์ จากนั้นค่อยๆยกด้านหนึ่งของแผ่นวัสดุขึ้นจนเมล็ดเริ่มไถล อ่านค่ามุมที่เมล็ดเริ่มไถล  $\theta$  ทำการทดลอง 30 ซ้ำ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต โดยใช้สมการที่ 6 (Nimkar and Chattopadhyay, 2001):

$$\text{Coefficient of static friction } (\mu) = \tan \theta \tag{6}$$

เมื่อ  $\mu$  คือค่าสัมประสิทธิ์เสียดทานสถิต และ  $\theta$  คือมุมที่เกิดขึ้นจากการยกด้านหนึ่งๆขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดจะถูกไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติทางคอมพิวเตอร์

**ผล**

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดบัว ที่ระดับความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 6.56 พบว่า

**ขนาดและเส้นผ่านศูนย์กลาง**

จาก Table 1 พบว่าที่ระดับความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 6.56 ค่าเฉลี่ยของความกว้าง, ความยาวและความหนาของเมล็ดเท่ากับ 10.17, 15.561 และ 12.40 ตามลำดับ และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต (GMD) เท่ากับ 12.49 ซึ่งมีการกระจายตัวของขนาดของเมล็ดจะอยู่ในช่วง 9.40-10.60 คิดเป็นร้อยละ 75 ทำให้สามารถแบ่งขนาดของเมล็ดบัวได้ออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (GMD<9.4), ขนาดเล็ก (GMD 9.40-10.60) และ ขนาดใหญ่ (GMD>10.60) ดัง Figure 1

Table 1 Physical properties of lotus seed at initial moisture content (6.56% wet basics)

Physic Properties	Number of Sample	Max	Min	Mean	Median	Mode	Standard Deviation	Variance
Width (mm)	100	11.360	6.020	10.170	10.320	10.310	0.774	0.599
Length (mm)	100	17.900	13.050	15.561	15.610	15.750	0.982	0.965
Thickness (mm)	100	16.900	9.680	12.402	12.160	11.340a	1.470	2.161
GMD (mm)	100	14.160	10.520	12.487	12.505	11.910	0.665	0.442
Sphericity (%)	100	0.925	0.654	0.805	0.799	0.820	0.052	0.003
100 seeds mass (g)	30	59.600	48.200	56.993	58.200	58.200	3.416	11.670
Bulk Density (g/ml)	30	0.375	0.313	0.325	0.325	0.325	0.010	0.000
Static Coefficient of friction	30	0.466	0.384	0.412	0.404	0.384a	0.028	0.001
Angle of Repose	30	53.404	31.677	34.833	34.035	33.710	3.673	13.491

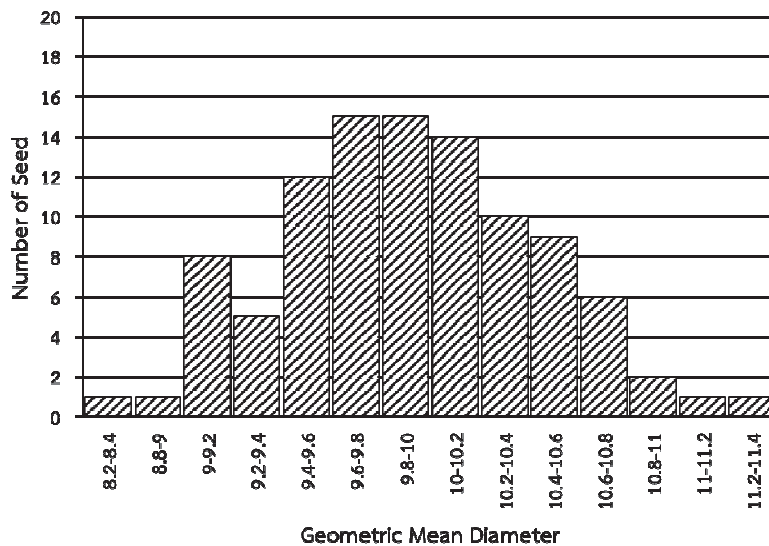


Figure 1 Dispersion of geometric mean diameter (GMD) for seed sample.

**ความเป็นทรงกลม**

ค่าความเป็นทรงกลมเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่บ่งบอกถึงรูปร่างของวัสดุ ความเป็นทรงกลมของเมล็ดบัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 0.81 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าด้านทุกด้านของเมล็ดมีขนาดเท่ากัน, เป็นทรงกลม และสามารถถลึงได้บนพื้นเรียบ เมล็ดบัวสามารถเคลื่อนที่ได้โดยการใช้วิธีการลื่นไถลในการลำเลียงและขนถ่ายวัสดุ

### น้ำหนัก 100 เมล็ด และความหนาแน่นรวม

น้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยของเมล็ดบัวเท่ากับ 58.20 กรัมจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบการรับภาระของโครงสร้างเครื่องจักรและนำไปหาความหนาแน่นของเมล็ด และความหนาแน่นรวมใช้ในการออกแบบขนาดของภาชนะบรรจุหรือบรรจุภัณฑ์สำหรับเก็บวัสดุ ซึ่งความหนาแน่นรวมของเมล็ดบัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.33 กรัมต่อมิลลิเมตร

### สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและมุมกอง

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของเมล็ดบัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.412 และมีค่ามุมการไถลเฉลี่ยเท่ากับ 22.38 องศา กับแผ่นสแตนเลส แสดงถึงเมล็ดบัวสามารถลื่นไถลได้ดีเมื่อใช้แผ่นสแตนเลสเป็นวัสดุพื้นผิว ค่ามุมกองของเมล็ดบัวมีค่าตั้งแต่ 31.68-53.40 องศา และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.83 องศา

### วิจารณ์ผล

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดบัวเพื่อใช้สำหรับการออกแบบเครื่องเคลือบผงปรุงรสเมล็ดบัว ณ ความชื้น 6.56 มาตรฐานเปียก ไกล่เคียงกับ Pal and Dey (2013) หาคูณสมบัติ Physicochemical ของเมล็ดบัว ได้ความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.26 ขนาดของเมล็ดบัวอบแห้งเฉลี่ยจะเป็นขนาดกลางอยู่ในช่วง 9.40-10.60 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 75 มีรูปร่างค่อนข้างกลม, มีความหนาแน่น 0.33 กรัมต่อมิลลิเมตร ไกล่เคียงกับลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงที่ สุรจุมิ และคณะ (2560) ได้ทดสอบเพื่อใช้สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัว จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 10.3 มิลลิเมตร และใกล้เคียงกับจตุรงค์และคณะ (2558) ที่หาลักษณะทางกายภาพเพื่อสำหรับการออกแบบเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง พบว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร ซึ่งรวมเปลือกเมล็ดบัวด้วย

### สรุป

ในการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพเมล็ดบัวครั้งนี้เพื่อใช้สำหรับการออกแบบเครื่องเคลือบผงปรุงรสเมล็ดบัว โดยมีความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดบัวเท่ากับร้อยละ 6.56 มาตรฐานเปียก, ขนาดเมล็ดบัวอยู่ในช่วง 9.40-10.60 มิลลิเมตร, ค่ามุมกองที่ใช้ในการออกแบบเครื่องเคลือบเท่ากับ 53.40 องศา และใช้วัสดุสแตนเลสเป็นวัสดุที่สัมผัสกับอาหารโดยตรง เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดสนิมและค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของเมล็ดบัวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.41 และมีค่ามุมการไถลเฉลี่ยเท่ากับ 22.38 องศา จึงนำไปออกแบบการลำเลียง, การคลุกเคล้าภายในรวมถึงรูปร่าง รูปทรงของเครื่อง ส่วนความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเท่ากับ 325 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ในการออกแบบขนาดเครื่องเคลือบให้เหมาะสมกับปริมาณที่ต้องการ

### คำขอขอบคุณ

บทความวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอขอบสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก, ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตร และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กทม. ที่ให้คำปรึกษาในด้านของข้อมูลการทดสอบ, สถานที่ และอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และภูรินทร์ อัครกุลธร. 2558. การศึกษาและทดสอบเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง. วารสารแก่นเกษตร 43 (1): 161-170.
- สุรจุมิ แสงสว่าง, จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และรุ่งเรือง กาลศิริศิลป์. 2560. การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 ระหว่างวันที่ 7-9 กันยายน 2560, กรุงเทพฯ.
- ASAE. 2006. Compression test of food materials of convex shape. S368.4: 609-616.
- Bahnasawy, A.H. 2007. Some physical and mechanical properties of garlic. International Journal of Food Engineering 3: 1-18.
- Pal, I. and P. Dey. 2013. A Review on Lotus (*Nelumbo nucifera*) Seed. International Journal of Science and Research 4 (7): 1659-1666.
- Garnayak, D.K., R.C. Pradhan, S.N. Naik and N. Bhatnagar. 2008. Moisture-dependent physical properties of *Jatropha* seed (*Jatropha curcas* L.). Industrial Crops and Products 27: 123-129.
- Nimkar, P.M. and P.K. Chattopadhyay. 2001 Some physical properties of green gram. Journal of Agricultural Engineering Research 80(2): 183-189.