



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย  
ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 13-15 มีนาคม 2562  
ณ โรงแรมฮาร์ตโรค พัทยา จังหวัดชลบุรี  
Available online at [www.tsae.asia](http://www.tsae.asia)

สมบัติทางกายภาพของผลลำไยพันธุ์อีดอที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยว

Physical properties of Edor longan fruit on affect to postharvest machinery design

สินีนามู ตุลยธำรงกิจ<sup>1\*</sup>, เทวรัตน์ ตรีอำรรค<sup>1</sup>, กระจวี ตรีอำรรค<sup>2</sup>

Sineenat Tulyathamrongkit<sup>1\*</sup>, Tawarat Treeamnu<sup>1</sup>, Krawee Treeamnu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000

<sup>1</sup> School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000

<sup>2</sup> School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

\*Corresponding author: Tel: +66-6-1941-9164, E-mail: [yui\\_lol@hotmail.com](mailto:yui_lol@hotmail.com)

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลลำไยพันธุ์อีดอซึ่งมีผลต่อการออกแบบและประเมินสมรรถนะเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ค่าความสูง (H) เส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) และเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ ) ของผลก่อนปอกเปลือกและเมล็ด ค่าน้ำหนักผลก่อนปอกเปลือก เนื้อ เปลือกและเมล็ด ค่าความหนาของเนื้อและเปลือก ค่าความถ่วงจำเพาะ มุมกลิ้งของผลลำไยบนพื้นผิวเรียบประเภท แผ่นไม้ เหล็กกล้าไร้สนิม กัลวาไนซ์และเหล็ก ค่าความชื้น ของเนื้อ เปลือก และเมล็ด โดยทำการแบ่งผลลำไยออกเป็น 6 ขนาด คือ 1 2 3 4 5 และ 6 โดยเรียงจากขนาดใหญ่ไปเล็ก ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ทำการทดลองที่ขนาดละ 50 ผล ผลจากการศึกษาพบว่าค่า H,  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  และน้ำหนักของผลลำไยก่อนปอกเปลือก เนื้อและเมล็ด มีค่าลดลงตามตัวเลขขนาดของลำไยที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนาเนื้อและเปลือก ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่ามุมกลิ้ง มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยไม่ขึ้นกับขนาดของผลลำไย สำหรับค่าความชื้นพบว่าความชื้นของเนื้อมีค่าสูงสุด รองมาคือ เปลือก และเมล็ด ตามลำดับ ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและประเมินสมรรถนะเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์อีดอต่อไป

คำสำคัญ: ลำไย, สมบัติทางกายภาพ, เครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยว

#### Abstract

This research aims to study the physical properties of Edor longan fruit that affect to design and performance evaluation of postharvest machinery. The 50 fruits of each longan grade (1, 2, 3, 4, 5, and 6 according to TAFS 1-2003 longans) were used to study physical properties such as the dimension of longan fruit i.e. height (H), the large diameter ( $D_{max}$ ) and the minimum diameter ( $D_{min}$ ) of fruit and seed, the weight of whole fruit, flesh, shell and seed, the thickness of the flesh and shell, specific gravity, the rolling angle of fruit on a flat surface i.e. wood, stainless-steel, galvanized steel, steel and the moisture of the flesh, shell and seed. The results shown that H,  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  of fruit and seed, weight of the fruit, flesh, shell, and seed are decrease when grade number increase. The thickness of flesh and shell, specific gravity, rolling angle do not have relations with grade. The moisture content of flesh is the highest and seed is the lowest, these data can be used to design and performance evaluation of postharvest machinery.

Keywords: Edor longan, Physical properties, Postharvest machinery.

## 1 บทนำ

ลำไยเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศ ที่มีการส่งออกทั้งในรูปผลสดและแปรรูป โดยมีปริมาณการส่งออกโดยเฉลี่ย ในปี 2559 อยู่ที่ 458 ล้านกิโลกรัม รวมมูลค่าทั้งสิ้น 10,353 ล้านบาท ซึ่งจัดว่ามีปริมาณการส่งออกมากเป็นอันดับ 1 ของประเทศในกลุ่มของผลไม้ (Service group exporting agricultural products, 2016) ลำไยที่ปลูกในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์โดยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากคือสายพันธุ์ค้อหรืออีตอ เนื่องจากเจริญเติบโตได้ดี และทนทานต่อสภาพแวดล้อม (Office of Agricultural Extension and Development, 2010)

ลำไยในไทย มีผลผลิตในปี 2559 เท่ากับ 0.76 ล้านตัน ในปี 2560 เท่ากับ 1.02 ล้านตันและในปี 2561 เท่ากับ 1.06 ล้านตัน ผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี เนื่องจากเกษตรกรปรับเปลี่ยนมาผลิตลำไยนอกฤดูเพิ่มขึ้น ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวย (Office of Agricultural Economics, 2018) ตามหลักการทางเศรษฐศาสตร์หากผลผลิตสูงขึ้น ราคาจะยิ่งตกต่ำ ส่งผลให้เกษตรกรและผู้ผลิตลำไยประสบกับภาวะขาดทุน เนื่องจากลำไยล้นตลาด

เมื่อผลผลิตลำไยสดมีมากจึงจำเป็นต้องทำการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า และยังเป็นภาระถนอมรักษา ก่อนที่ลำไยจะเกิดการเสียหายหรือเน่าเสียขึ้นซึ่งจากรายงานของ Jiang et al. (2002) ได้รายงานว่าผลลำไยสดหากเก็บไว้ที่สภาพบรรยากาศปกติจะมีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 วัน จึงจำเป็นต้องแปรรูปก่อนเน่าเสีย โดยผลิตภัณฑ์แปรรูปลำไยที่พบเห็นโดยทั่วไป ได้แก่ ลำไยอบแห้งทั้งผล ลำไยกระป๋อง ผงน้ำลำไย และเนื้อลำไยอบแห้ง เป็นต้น การแปรรูปลำไยจึงมีความสำคัญมากขึ้นในภาวะที่ลำไยล้นตลาด ในการทำลำไยแปรรูปดังกล่าวมีขั้นตอนอยู่หลายขั้นตั้งแต่ทำการเก็บเกี่ยว การตัดขนาด ไปจนถึง ขั้นตอนการคว้านเมล็ด จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือเครื่องจักรเข้ามาช่วย โดยเครื่องจักรที่นำมาใช้กับลำไยได้แก่ เครื่องเก็บเกี่ยวผลลำไย เครื่องตัดขนาดลำไย เครื่องคว้านเมล็ดลำไย (Treeamnuk et al., 2014) เป็นต้น ซึ่งในการออกแบบเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์การเกษตรมาทำงานแทนคน จำเป็นที่จะต้องรู้จักสมบัติทางกายภาพผลิตผลก่อนการออกแบบสร้างเครื่องจักรกลที่จะทำงานกับผลิตผลเกษตรนั้น (Jarimopas, 2002) ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยวลำไย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลลำไย โดยศึกษากับผลลำไยพันธุ์อีตอ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 ลำไย

ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลลำไยพันธุ์อีตอ จากตลาดสุรนคร อ.เมืองนครราชสีมา จ.นครราชสีมา อยู่ในสภาพเดียวกัน เก็บเกี่ยวช่วงเดือน สิงหาคม-กันยายน ชื่อในลักษณะเป็นช่อแล้วนำมาตัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ซึ่งตัดขนาดลำไยได้ 6 ขนาด ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช 1 -2546 (The National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2003) และทำการทดลองขนาดละ 50 ผล

### 2.2 การวัดขนาด

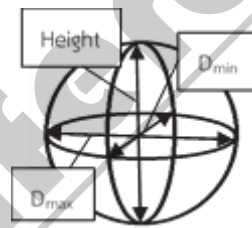


Figure 1. Dimensions of longan.

ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลลำไยมีมิติของผลลำไย และเมล็ดลำไยที่ต้องวัดดังนี้

#### 2.2.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำไยทั้ง 3 แขน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 3 แขน ที่ตั้งฉากกัน ได้แก่ ผลก่อนปอกเปลือก ผลหลังปอกเปลือก และเมล็ด ประกอบด้วย ความสูง (Height) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ ) (ดังแสดงใน Figure 1) ทำการวัดโดยใช้อุปกรณ์เวอร์เนียร์คาลิเปอร์แบบดิจิตอล ความแม่นยำ  $\pm 0.01\text{mm}$  (Figure 2)



Figure 2. Measurement of the dimension of longan by using a digital caliper.

ค่ามิติสามารถนำไปหาค่าความกลม (Sphericity) ได้โดยใช้สมการที่ 1 (Mohsenin, 1986)

$$Sphericity = \frac{(D_{max} \times D_{min} \times H)^{\frac{1}{3}}}{D_{max}} \quad (1)$$

### 2.2.2 ความหนา

วัดความหนาของเนื้อที่ทำการคว้านเมล็ดออกแล้วและเปลือกของผลลำไย โดยใช้อุปกรณ์เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิทัล

### 2.3 น้ำหนักของผลลำไย

ทำการศึกษาน้ำหนักของลำไยพันธุ์อีดอที่มีผลต่อการออกแบบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร ได้แก่ น้ำหนักผลก่อนปอกเปลือก ผลหลังปอกเปลือก เนื้อผลลำไยเมล็ด และเปลือก โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 2 ตำแหน่งยี่ห้อ Sartorius, BSA3202S-CW ผลิตจากประเทศ Germany ความละเอียด  $\pm 0.01$

### 2.4 ความถ่วงจำเพาะ (SG)

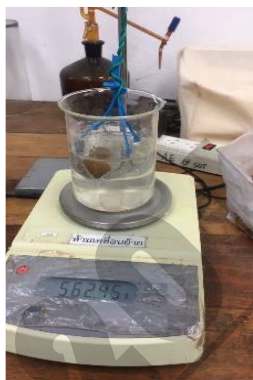


Figure 3. Weighing in water for specific gravity Measurement.

หาค่าความถ่วงจำเพาะโดยวิธีการแทนที่น้ำโดยการชั่งน้ำหนักผลลำไยในอากาศแล้วบันทึกค่า จากนั้นทำการจุ่มลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำดังแสดงใน Figure 3 อ่านค่ามวลของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยผลลำไยแล้วนำมาคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้สมการที่ 2 (Jarimopas, 2002) ดังนี้

$$SG = \frac{W_d}{W_f} \quad (2)$$

SG คือ ค่าความถ่วงจำเพาะ

$W_d$  คือ น้ำหนักของผลลำไยที่ชั่งในอากาศ

$W_f$  คือ น้ำหนักของผลลำไยที่ชั่งในน้ำ

### 2.5 มุมกลิ้ง

หามุมกลิ้งของผลลำไยพันธุ์อีดอ โดยทดสอบกับวัสดุผิวราบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ แผ่นไม้ เหล็กกล้าไร้สนิม กัลวาไนซ์ และ เหล็ก ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ดังแสดงใน Figure 4 โดยใช้ลำไยขนาดละ 50 ผล ทดสอบ 3 ซ้ำ

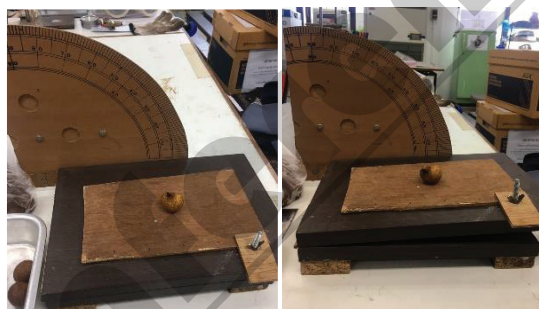


Figure 4. Rolling test.

### 2.6 การหาปริมาณความชื้นของผลลำไยพันธุ์อีดอ

สุ่มเลือกผลลำไยพันธุ์อีดอ ที่ใช้ในการทดสอบขนาดละ 5 ผล โดยแยกเปลือก เนื้อ และเมล็ด โดยใช้มีดคว้าน ทำการชั่งน้ำหนักเปลือกเนื้อและเมล็ด ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius, รุ่น BSA224S-CW ความแม่นยำ  $\pm 0.0001g$  ประเทศ Germany แล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนยี่ห้อ FRANCE ETUVES รุ่น XU058 ประเทศฝรั่งเศส ที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}C$  เป็นเวลา 72 h (AOAC, 1995) อ้างถึงโดย Kansaard et al. (2018) จากนั้นนำไปพักไว้ใน โถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก ทำการคำนวณค่าความชื้น ด้วยสมการ (3)

$$\%M_d = \frac{W - d}{d} \times 100 \quad (3)$$

$\%M_d$  คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง

W คือ มวลก่อนนำเข้าตู้อบลมร้อน (g)

d คือ มวลหลังจากออกจากตู้อบลมร้อน (g)

### 3 ผลและวิจารณ์

#### 3.1 ผลการหาขนาดต่าง ๆ ของผลลำไยพันธุ์อีดอ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 3 แกนที่ตั้งฉากของผลลำไยพันธุ์อีดอทั้ง 6 ขนาด ได้แก่ ผลก่อนปอกเปลือก ผลหลังปอกเปลือก และเมล็ด ซึ่งขนาดของผลก่อนปอกเปลือกมีความสูงเฉลี่ย (Height) เท่ากับ 25.85, 24.49, 24.03, 23.54, 22.69 และ 21.32 mm. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) เท่ากับ 28.91, 27.48, 26.50, 25.49, 24.53 และ 23.11 mm. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ ) เท่ากับ 25.80, 24.71, 24.30, 23.60, 22.73 และ 21.31 mm. ซึ่งพบว่าขนาดมิติของผลลำไยทั้งเปลือกมีแนวโน้มลดลงเมื่อตัวเลขขนาดมากขึ้น ดังแสดงใน Figure 5 นั่นคือเมื่อตัวเลขขนาดมากขึ้นผลลำไยจะมีขนาดเล็กลง สำหรับขนาดของผลหลังปอกเปลือกพบว่ามีความสูงเฉลี่ย (Height) เท่ากับ 20.32, 18.98, 18.13, 17.20, 16.08 และ 15.03 mm. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) เท่ากับ 25.09, 23.18, 22.00, 20.14, 18.52 และ 17.09 mm. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ ) เท่ากับ 20.97, 19.81, 19.00, 17.27, 15.94 และ 14.54 mm. ดัง Figure 6 ขนาดของเมล็ดมีความสูงเฉลี่ย (Height) เท่ากับ 13.46, 13.11, 12.52, 11.94, 11.69 และ 10.98 mm. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) เท่ากับ 14.29, 13.95, 13.55, 12.85, 12.55 และ 11.76 mm. ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ ) เท่ากับ 11.52, 11.26, 11.11, 10.39, 10.17 และ 9.53 mm. ดัง Figure 7

Table 1. Dimensions and Sphericity index of longan.

Grade	Diameter (mm.)			Sphericity
	$D_{max}$	$D_{min}$	H	
Grade 1	28.91	25.80	25.85	0.93
Grade 2	27.48	24.71	24.49	0.93
Grade 3	26.50	24.30	24.03	0.94
Grade 4	25.49	23.60	23.54	0.95
Grade 5	24.53	22.73	22.69	0.95
Grade 6	23.11	21.31	21.32	0.95

ลักษณะผลก่อนปอกเปลือกและหลังจากปอกเปลือกมีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของความสูง (Height) ใกล้เคียงกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ ) และมีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) ที่มากที่สุด ลำไยจึงมีลักษณะทรงแป้นซึ่งมีค่าความกลม(sphericity) ดังแสดงในTable 1 เท่ากับ

0.93,0.93,0.94,0.95,0.95 และ0.95 ตามลำดับ รูปร่างลำไยยิ่งเล็กลง ส่งผลให้ค่าความกลมมีค่ามากขึ้น

ในทางกลับกันลักษณะของเมล็ดลำไย มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) ใกล้เคียงกับ ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของความสูง (Height) แต่ ค่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ( $D_{min}$ )เป็นค่าที่น้อยที่สุด เมล็ดจึงมีลักษณะค่อนข้างกลม (Wilhelm et al., 2005)

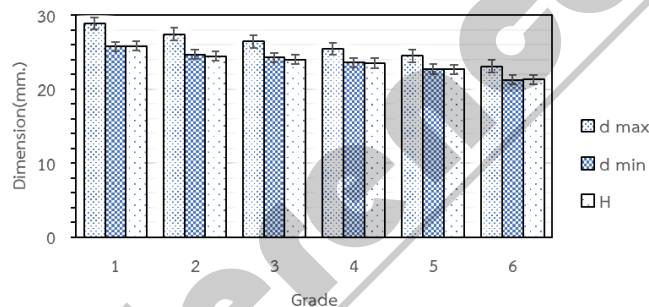


Figure 5. Dimensions of whole longan fruit.

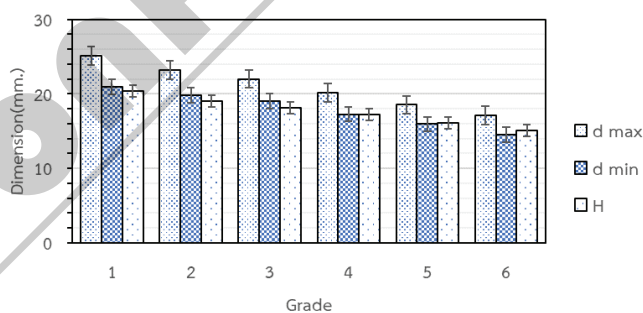


Figure 6. Dimensions of longan without shell.

ผลการศึกษหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดลำไยพันธุ์อีดอขนาดต่าง ๆ พบว่ามิติของเมล็ดลำไยมีการเปลี่ยนแปลงตามขนาดผลที่แบ่งเป็นเกรดต่าง ๆ ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติดัง แสดงใน Figure 7

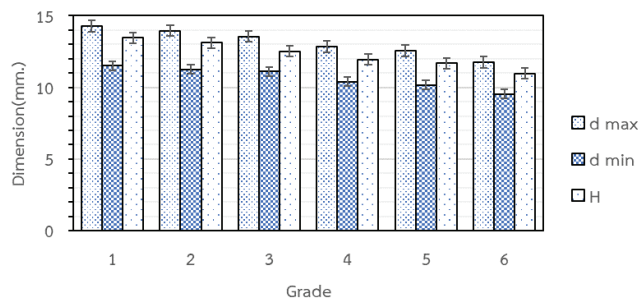


Figure 7. Dimensions of longan seed.

สำหรับขนาดมิติของเมล็ดลำไยนั้นสามารถนำไปใช้เพื่อการพัฒนาออกแบบหัวคว้านเมล็ดลำไยสำหรับเครื่องจักรหรือเครื่องมือช่วยในการคว้านเมล็ด ซึ่งเนื้อลำไย

ที่ผ่านการนำเมล็ดออกแล้วสามารถนำมาใช้ต่อยอดในอุตสาหกรรมลำใยกระป๋อง หรือเนื้อลำใยอบแห้งต่อไปได้ เมื่อพิจารณาเฉพาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดแล้ว พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) และค่าน้อย ( $D_{min}$ ) ของเมล็ดลำใย ซึ่งในการออกแบบหัวคว้านเมล็ด จะใช้ ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ( $D_{max}$ ) เป็นหลัก ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 14.29 mm. (Table 2) ซึ่งจะสามารถนำไปออกแบบหัวคว้านเมล็ดลำใยต่อไป

Table 2. Dimensions and Sphericity index of longan seed.

Grade	Diameter (mm.)			Sphericity
	$D_{max}$	$D_{min}$	H	
Grade 1	14.29	11.52	13.46	0.91
Grade 2	13.95	11.26	13.11	0.91
Grade 3	13.55	11.11	12.51	0.91
Grade 4	12.85	10.39	11.94	0.91
Grade 5	12.55	10.17	11.69	0.91
Grade 6	11.76	9.54	10.98	0.91

สำหรับค่าความหนาของเนื้อลำใยทั้ง 6 ขนาด มีค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อของลำใย เท่ากับ  $3.07 \pm 0.74$ ,  $2.89 \pm 0.58$ ,  $3.03 \pm 0.53$ ,  $3.38 \pm 0.70$ ,  $2.63 \pm 0.74$  และ  $2.01 \pm 0.75$  mm. ส่วนค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกลำใย มีค่าเท่ากับ  $0.75 \pm 0.20$ ,  $0.80 \pm 0.17$ ,  $0.96 \pm 0.18$ ,  $0.90 \pm 0.15$ ,  $0.81 \pm 0.12$  และ  $0.84 \pm 0.14$  mm. ซึ่งค่าความหนาของเนื้อและเปลือกมีผลต่อแรงที่ใช้ในการคว้านทำให้ขาด ซึ่งถ้าหนามากจะต้องใช้แรงมาก นอกจากนี้ความหนาของเปลือกและเนื้อยังมีผลต่อระยะเวลาการกรีดและความลึกของใบมีด ที่ใช้ในการกรีดเปลือกและคว้านเนื้อเพื่อแยกเมล็ดออก ผลจากการศึกษาพบว่าความหนาเปลือกไม่ขึ้นอยู่กับขนาดตามเกรดนั้นคือความหนาไม่มีความแตกต่างกันต่างสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ความหนาของเนื้อขนาดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีขนาดที่หนากว่าเนื้อลำใย ขนาดที่ 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) แสดงว่าแรงที่ใช้ในการคว้านที่เปลือกไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อถึงเนื้อ แรงที่ใช้ในการคว้านของขนาดที่ 1-4 มีมากกว่า แรงที่ใช้คว้านในขนาดที่ 5-6

Table 3. The thickness of flesh and shell of longan.

Grade	Thickness (mm.)	
	flesh	shell
Grade 1	$3.07 \pm 0.74^a$	$0.75 \pm 0.20^c$
Grade 2	$2.89 \pm 0.58^a$	$0.80 \pm 0.17^c$
Grade 3	$3.03 \pm 0.53^a$	$0.96 \pm 0.18^c$
Grade 4	$3.38 \pm 0.70^a$	$0.90 \pm 0.15^c$
Grade 5	$2.63 \pm 0.74^b$	$0.81 \pm 0.12^c$
Grade 6	$2.01 \pm 0.75^b$	$0.84 \pm 0.14^c$

Note: - Each value shown in the table was an average of triplicates  $\pm$  standard deviation

- a-c in the same column with different superscripts mean that the data are significantly different ( $P < 0.05$ )

### 3.2 น้ำหนักของผลลำใย

น้ำหนักของลำใยพันธุ์ดีต่อ ทั้ง 6 ขนาด ได้แก่ น้ำหนักผลก่อนปอกเปลือกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.52, 9.87, 9.21, 8.36, 7.38 และ 6.21 g น้ำหนักผลหลังปอกเปลือก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.19, 7.95, 7.25, 6.58, 5.75 และ 4.66 g น้ำหนักเนื้อผลลำใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.38, 5.23, 4.45, 4.22, 3.48 และ 2.60 g น้ำหนักเมล็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.49, 1.40, 1.32, 1.23, 1.16 และ 1.00 g น้ำหนักเปลือกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.12, 1.65, 1.69, 1.60, 1.46 และ 1.25 g ซึ่งการใช้มีดในการคว้านหาน้ำหนักส่วนประกอบต่าง ๆ ของลำใยเป็นวิธีมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพและมีความประหยัด คำน้ำหนักของเนื้อ เปลือก และเมล็ดของลำใยสามารถใช้เพื่อที่เป็นเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องจักรหรือเครื่องมือสำหรับการคว้านเมล็ดลำใยได้

เมื่อพิจารณาน้ำหนักของผลลำใยเทียบกับขนาดมิติของผลลำใยพบว่าน้ำหนักมีความสัมพันธ์กับขนาดของลำใย โดยแนวโน้มไปทางเดียวกันคือลำใยที่ผลโตกว่า (ขนาด 1) จะมีน้ำหนักมากผลที่มีขนาดเล็กกว่า (ขนาด 6) ดังแสดงใน

Figure 8

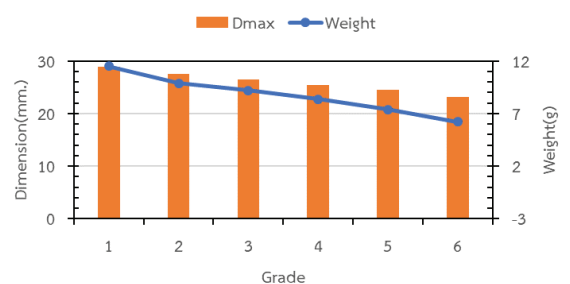


Figure 8. The relationship between the weight and size of longan fruit.

### 3.3 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของผลลำไย(Specific Gravity ,SG) ทั้ง 6 ขนาด มีค่าเท่ากับ  $0.97 \pm 0.15$  ข้อมูลใน Table 4 แสดงว่าลำไยมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำส่งผลให้ลำไยอยู่ในระดับลอยปริ่ม น้ำ และค่าความถ่วงจำเพาะบ่งบอกถึงความแก่ของผลลำไย ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของผลลำไย

Table 4. Specific gravity of longan and ratio of flesh per hole fruit and flesh per seed longan.

Grade	Specific Gravity, SG	flesh per hole fruit	flesh per seed longan
Grade 1	$1.02 \pm 0.23$	0.55	4.29
Grade 2	$0.95 \pm 0.05$	0.53	3.72
Grade 3	$0.97 \pm 0.05$	0.48	3.37
Grade 4	$0.96 \pm 0.08$	0.50	3.43
Grade 5	$0.90 \pm 0.15$	0.47	3.01
Grade 6	$1.03 \pm 0.32$	0.42	2.60

Note: - Each value shown in the table was an average of triplicates  $\pm$  standard deviation

### 3.4 มุมกลิ้ง

ผลการศึกษามุมกลิ้งของผลลำไยเฉลี่ยทั้ง 6 ขนาดที่ได้จากการนำไปทดสอบกับวัสดุผิวเรียบประเภท แผ่นไม้ เหล็กกล้าไร้สนิม กัลวาไนซ์ และเหล็ก คือ  $6.72^\circ$ ,  $7.29^\circ$ ,  $7.58^\circ$  และ  $6.87^\circ$  ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของผล วัสดุผิวเรียบประเภทแผ่นไม้และเหล็ก มีมุมกลิ้งใกล้เคียงกัน วัสดุประเภทกัลวาไนซ์มีมุมกลิ้งที่มากที่สุด และค่ามุมกลิ้งของเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ระหว่าง กัลวาไนซ์และแผ่นไม้กับเหล็ก มุมกลิ้งที่มีค่าสูงหมายถึงมีแรงเสียดทานมาก ซึ่งลำไยทั้ง 6 ขนาดสามารถกลิ้งได้ดีในทุกสภาพพื้นผิว แต่ในสายการผลิตอาหารนิยมใช้วัสดุประเภทเหล็กกล้าไร้สนิม หรือ สแตนเลส (Stainless) เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นคือ ความแข็งแรง ความทนทาน และต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง จึงไม่เป็นสนิม ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดและเกลือที่มีอยู่ในอาหาร รวมทั้งเหล็กกล้าไร้สนิม ยังทนความร้อน ความเย็น และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลันได้ดี ง่ายต่อการดูแลรักษาและทำความสะอาด

Table 5. Angle of rolling affect on different kinds of materials.

Grade	Friction			
	Wood (°)	Stainless (°)	Galvanize steel (°)	Steel (°)
Grade 1	$5.85 \pm 2.36$	$7.28 \pm 2.81$	$8.57 \pm 2.09$	$8.57 \pm 1.98$
Grade 2	$6.09 \pm 1.99$	$6.45 \pm 1.82$	$6.01 \pm 1.40$	$6.31 \pm 1.85$
Grade 3	$5.90 \pm 1.77$	$6.26 \pm 1.80$	$5.90 \pm 1.45$	$5.77 \pm 1.55$
Grade 4	$7.72 \pm 1.55$	$8.79 \pm 1.44$	$9.58 \pm 1.53$	$5.83 \pm 1.40$
Grade 5	$7.89 \pm 1.41$	$7.37 \pm 1.59$	$8.13 \pm 1.54$	$7.27 \pm 1.39$
Grade 6	$6.88 \pm 1.48$	$7.57 \pm 1.54$	$7.32 \pm 1.34$	$7.43 \pm 1.46$

Note: - Each value shown in the table was an average of triplicates  $\pm$  standard deviation

### 3.5 ผลการศึกษาปริมาณความชื้น

ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณความชื้น พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของลำไยทั้ง 6 ขนาด ของเนื้อไม้ค่า  $469.80 \pm 22.07\%db$ . ความชื้นเปลือกมีค่า  $138.80 \pm 11.71\%db$ . และความชื้นเมล็ดลำไยมีค่า  $75.69 \pm 16.05\%db$ . ซึ่งจากการศึกษาเห็นได้ชัดว่าปริมาณความชื้นของเนื้อลำไย มีมากกว่า ปริมาณความชื้นที่เปลือก และ ปริมาณความชื้นที่เมล็ด ตามลำดับ (Figure 9) ความชื้นของเปลือก มีผลต่อการปอกเปลือก หรือการกดผ่านเปลือกในกรณีของหัวคว้าน ซึ่งเปลือกที่มีความชื้นสูงสามารถปอกเปลือกได้ดีกว่า (Rakthawangwong and Pichaitong, 2015)

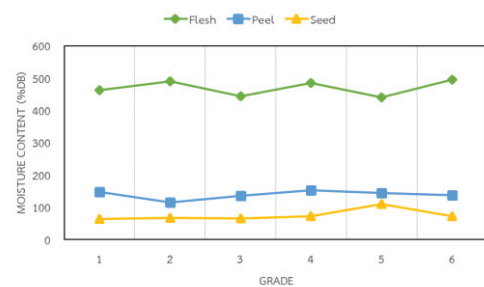


Figure 9. Moisture content of flesh, shell and seed of longan.

## 4 สรุป

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของลำไยพันธุ์อีดอ โดยการแบ่งขนาดเป็น 6 ขนาด ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช 1 -2546 (ลำไย) สมบัติทางกายภาพของประกอบด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลและเมล็ดลำไยทั้ง 3 แขน ทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก

น้ำหนักของลำไยก่อนปอกเปลือกและหลังปอกเปลือกมีความสัมพันธ์กับขนาด ส่วนความหนาของเนื้อและเปลือก ความถ่วงจำเพาะ และมุมกลิ้งไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของลำไย โดยมุมกลิ้งจะขึ้นอยู่กับพื้นผิววัสดุแผ่นรอบ ค่าความชื้นของเนื้อลำไยสดโดยเฉลี่ย  $469.80 \pm 22.07\%db$ . เปลือกลำไย  $138.80 \pm 11.71\%db$ . และเมล็ด  $75.69 \pm 16.05\%db$ . ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

## 5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

## 6 เอกสารอ้างอิง

Jarimopas B. 2002. Physical properties of agricultural products 1: theory. Department of agricultural engineering. Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, 150p. (In Thai)

Jiang, Y., Zhang Z., Joyce, D. C., Ketsa, S. 2002. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). *Postharvest Biology and Technology* 26: 241-252.

Kansaard N., Khruakaew A., Seasong P., Sa-adchom P. 2018. Effect of hot air velocity on preserved tomatoes drying using combined conveyor system and hot air. *RMUTP Research Journal*, Vol 12, No.1, January-June.

Mohsenin, N. N., 1986. Physical properties of plant and animal materials. 2nd Gorden and Breach, Science Publishers: revised 891pp

Treamnuk, K., Tangli, S., Neatsawang, W., Treamnuk, T. 2014. Testing and Evaluation of Semi-automatic Longan Seed Removing Machine. *Agricultural Sci. J.* 45: 3/1 (Suppl.): 317-320. (In Thai)

Office of Agricultural Extension and Development. 2010. Varieties of longan. Available at: [http://www.ndoae.doae.go.th/article2010/longan/longan\\_intro.html](http://www.ndoae.doae.go.th/article2010/longan/longan_intro.html). Accessed on 6 December 2018.

Office of Agricultural Economics. 2018. The production schedule of longan in Thailand from 2015 to 2017. Available at: <http://aginfo.oae.go.th>. Accessed on 6 December 2018.

Rakthawangwong J. and Pichaithong N. 2015. Development of mechanical mechanism for rambutan peeled by 5-link mechanism. The Agricultural Engineering Project, Department of Agricultural Engineering. Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. 73p. (In Thai)

Service group exporting agricultural products. 2016. Data export fresh fruit (list type) to go abroad. In 2016. (only the phytosanitary certificate). Available at: <http://www.doa.go.th>. Accessed on 20 September 2018.

Soonthornkijpanich S., Kaewrueng S., Sayasoonthorn S. 2015. Some Physical Properties of Rambutan for Designing Rambutan Seed Remover. *Agricultural Sci. J.* 46: 3/1 (Suppl.): 501-504. (In Thai)

The National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2003. : Longans. Thai Agricultural Commodity and Food Standard TACFS 1-2003, 6p. (In Thai)

Wilhelm, L. R., Suter, D. A., Brusewitz, G. H. 2005. Physical Properties of Food Materials. Chapter 2 in *Food & Process Engineering Technology*, 23-52. St. Joseph, Michigan: ASAE. © American Society of Agricultural Engineers.