

## การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้ากับดัชนีวัดความสุกแก่ของทุเรียน Comparison of capacitor and standard maturity index of durian

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร<sup>1</sup> ชุศักดิ์ ชาวประดิษฐ์<sup>1</sup> และสุภัทร หนูสวัสดิ์<sup>1</sup>  
Preedawan Chaisrichonlathan<sup>1</sup>, Chusak Chavapradit<sup>1</sup> and Supat Noosawasd<sup>1</sup>

### Abstract

Percentage of dry weight or dry matter is utilized as the objectively maturity index in Thai agricultural commodity and food standard of durian. Minimum dry weight in percentage of Montong, Chane and Gradomong varieties are 32, 30, 27, respectively. Standard dry weight determination method is destructive and requires at least 5 hours of operation. Study and test on relationship between electrical properties and dry weight of durian fruits were performed on capacitance value of fruits between 25 to 40% dry weight range equity with under-mature to ripe fruit. Capacitance values of durian in terms of frequencies were determined through handheld measuring pins as electrodes which were connected to electronic circuits and microcontroller. Exponential relationship of  $R^2 = 0.98$  between pulse frequency and capacitance of durian was obtained. Capacitance values increased with the increasing of %dry weight for all specified durian size due to decreasing of moisture content of durian fruit. Relationship between dry weight and electrical properties were proposed to design and development of non-destructive dry weight meter for maturity determination of durian with less measuring time.

**Keywords:** durian, dry weight, maturity meter

### บทคัดย่อ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเป็นดัชนีมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติในการชี้วัดความสุกแก่ของทุเรียนโดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งขั้นต่ำของพันธุ์หมอนทอง พันธุ์กระดุม และพันธุ์ชะนีมีค่าเท่ากับ 32, 30 และ 27 ตามลำดับ วิธีการหาน้ำหนักแห้งแบบมาตรฐานที่ใช้อยู่เป็นแบบทำลายและใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมง การศึกษาทดสอบความสัมพันธ์ค่าความจุไฟฟ้ากับน้ำหนักแห้งของทุเรียนในช่วงน้ำหนักเนื้อแห้ง 25%–40% ซึ่งครอบคลุมความสุกแก่ทุเรียนอ่อนจนถึงแก่จัด แห่งหัววัดซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าที่ก้านผลทุเรียนเพื่อวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยหัววัดต่อกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผลการวัดมีค่าเป็นความถี่ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่และค่าความจุไฟฟ้าแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีค่าสหสัมพันธ์  $R^2 = 0.98$  ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเนื้อแห้งของผลทุเรียนกับค่าความจุไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งในทุกๆ ขนาดของผลทุเรียน ค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักเนื้อแห้งเพิ่มขึ้นหรือมีความแก่เพิ่มขึ้นในทุกๆ ขนาดของผลทุเรียน เนื่องจากปริมาณความชื้นของผลทุเรียนลดลง. ความสัมพันธ์นี้นำไปใช้ในการออกแบบ สร้างและพัฒนาเครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนแบบไม่ทำลายใช้เวลาในการวัดน้อยได้

**คำสำคัญ:** ทุเรียน น้ำหนักเนื้อแห้ง เครื่องวัดความสุกแก่

### คำนำ

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ผลผลิตทุเรียนเท่ากับ 661,665 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ปริมาณการส่งออกเท่ากับ 275,940 ตัน มีมูลค่า 4,625 ล้านบาท ปัญหาหลักของการส่งออกทุเรียนคือ การส่งทุเรียนอ่อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกรไทยอย่างมาก ผลทุเรียนที่แก่มีลักษณะภายนอก ได้แก่ ขั้วผลแข็ง สีเข้ม เมื่อสัมผัสขั้วจะรู้สึกสากมือ บริเวณรอยต่อระหว่างขั้วผลและก้านผล ซึ่งเรียกว่าปากปลิงบวมโต เมื่อจับขั้วผลแล้วแกว่งผลทุเรียนจะรู้สึกขั้วผลแข็ง และมีสปริงมากขึ้น ร่องหนามห่าง เมื่อบีบปลายหนามเข้าหากันจะรู้สึกว่ามีสปริง ปลายหนามเริ่มแห้ง มีสีน้ำตาลสังเกตเห็นรอยเป็นแนวยาวบนสันพูได้ชัดขึ้น ยกเว้นพันธุ์ก้านยาว ลักษณะภายในชั้นต่ำของผลแก่ได้ที่ของพันธุ์หมอนทอง ชะนี และหมอนทองที่ความแก่ร้อยละ 75 คือ สำหรับพันธุ์หมอนทองมีเนื้อสีขาวปนเหลืองอ่อน ผิวเมล็ดสีครีมปนน้ำตาล และ

<sup>1</sup> กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม คลองหลวง ปทุมธานี 12120

<sup>1</sup> Post-harvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, Klong Luang, Pathumthani 12120

น้ำหนักเนื้อแห้งชั้นต่ำร้อยละ 32 น้ำหนักเนื้อแห้งดังกล่าวเทียบเท่ากับทุเรียนที่มีจำนวนวันสุกหลังการเก็บเกี่ยวในสภาพธรรมชาติประมาณ 6-9 วัน ส่วนพันธุ์ชะนีมีเนื้อสีเหลือง ผิวเมล็ดสีน้ำตาลปนครีม พันธุ์กระดุมทองเนื้อสีเหลือง ผิวเมล็ดสีน้ำตาล น้ำหนักเนื้อแห้งของพันธุ์ชะนีและกระดุมทองชั้นต่ำร้อยละ 30 และ 27 ตามลำดับ ซึ่งเทียบเท่ากับทุเรียนที่มีจำนวนวันสุกหลังการเก็บเกี่ยวในสภาพธรรมชาติประมาณ 4-5 วัน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

การทำน้ำหนักเนื้อแห้งเป็นการทดสอบแบบทำลาย (Destructive) และใช้เวลาอย่างน้อย 5 ชั่วโมง งานวิจัยชิ้นนี้จึงเสนอการหาค่าน้ำหนักเนื้อแห้งทางอ้อมโดยใช้ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า ได้แก่ ความจุไฟฟ้าของผลทุเรียน เพื่อศึกษา ออกแบบ สร้าง ทดสอบ และพัฒนาต้นแบบเครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนด้วยน้ำหนักเนื้อแห้ง โดยไม่ทำลายหรือทำให้เสียหาย (Nondestructive) ใช้เวลาในการวัดน้อย และสามารถตรวจวัดความสุกแก่ได้ทุกผล เพิ่มการยอมรับในระดับชาติและระดับสากลเพื่อส่งเสริมการส่งออก

### อุปกรณ์และวิธีการ

ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ผลสด จำนวน 3,200 ผลที่ระดับความแก่-อ่อนต่างกัน 4 ระดับ และขนาดผลตามรหัสขนาดที่กำหนดโดยมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ 4 รหัสขนาด ได้แก่ น้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 4 กิโลกรัม (SC1), น้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 3 กิโลกรัมแต่น้อยกว่า 4 กิโลกรัม (SC2), น้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 2 กิโลกรัมแต่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม (SC3) และน้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 1.3 กิโลกรัมแต่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม (SC4) จากพื้นที่ผลิตภาคตะวันออกและภาคใต้ซึ่งเก็บเกี่ยวมาแล้วไม่เกิน 24 ชั่วโมง เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง และต้องเริ่มการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมงหลังได้รับตัวอย่าง

### การวิเคราะห์ความแก่ของผลทุเรียนด้วยเครื่องวัดต้นแบบ

ต้นแบบเครื่องวัดความแก่ของทุเรียนเป็นเครื่องวัดร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียนทางอ้อมโดยใช้ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้แก่ความจุไฟฟ้าของผลทุเรียน ที่ได้ ศึกษา ออกแบบ สร้าง ทดสอบ และพัฒนาขึ้น โดยวัดค่าทางไฟฟ้าด้วยหัววัดซึ่งประกอบด้วยเข็มเหล็กกล้า 2 เข็ม ขนาดยาว 15 มิลลิเมตร มีระยะห่าง 5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า ออกแบบให้ติดแน่นอยู่กับด้ามจับทำด้วยแท่งเทปลอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ขั้วไฟฟ้าต่อสายไปยังวงจรสร้างสัญญาณ ผ่านสวิทช์เลือกค่าขนาดผล 4 ระดับตามรหัสขนาด ไปสู่ชุดวงจรรับและขยาย รวมทั้งปรับสภาพสัญญาณ แล้วทำการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F887 เพื่อทำการรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ ประมวลผล แปลงและแสดงค่าที่วัดได้เป็นความถี่ออกทางจอแสดงผลแบบ LCD เมื่อกดสวิทช์อ่านค่า ทำการวัดค่าที่ขั้วผลทุเรียน ได้แก่ บริเวณต่ำกว่าปากปลิงลงมา โดยต้องเสียบหัวเข็มวัดให้จมมิดตรงจุดที่สูงกว่ารอยต่อของขั้วกับผลทุเรียน ประมาณ 10 มิลลิเมตรหรือจุดที่ด้ามจับหัววัดอยู่เสมอนามทุเรียนที่จุดสูงสุดของผล โดยจุดวัดจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับกึ่งกลางของพูสมบูรณ์ของผลทุเรียน เพื่อให้ได้ค่าที่คงที่และแม่นยำ (Table 1) การอ่านค่าความถี่จะทำ 3 ซ้ำต่อตัวอย่างผลทุเรียน ในการวัดค่าความถี่ของตัวอย่างทุเรียนแต่ละตัวอย่างระหว่างการทดสอบเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบจะต้องทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าเพื่อสอบเทียบด้วย Digital multi-meter DT-9205A

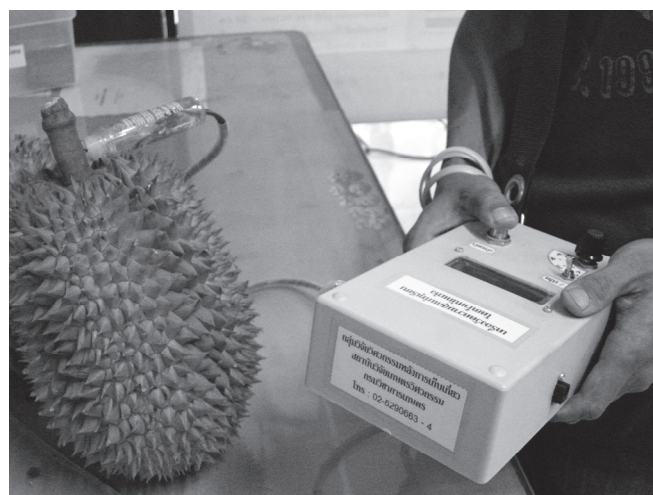


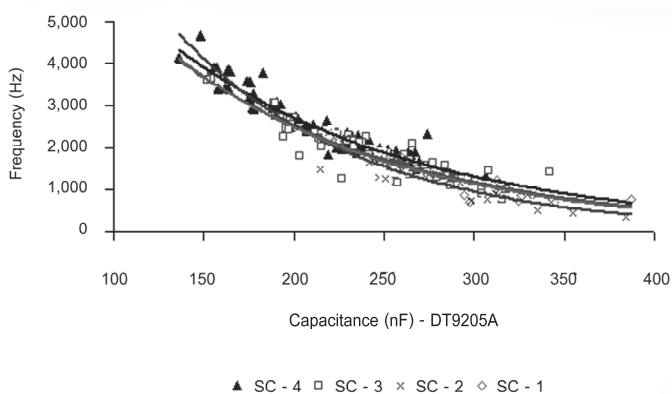
Figure 1 Demonstration of Durian Maturity Meter.

**การหาค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน**

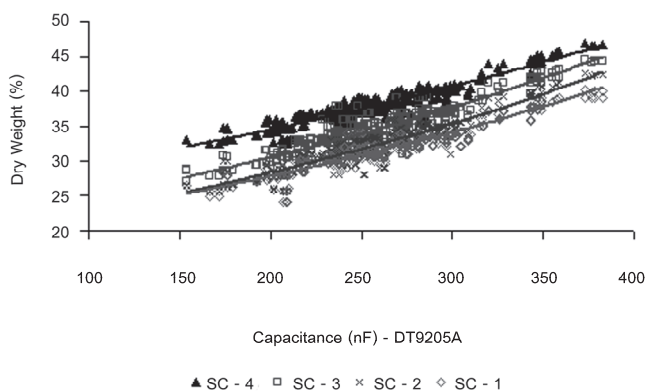
ตัวอย่างที่ใช้ในการหาค่าร้อยละน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐานได้แก่เนื้อทุเรียนจากส่วนกลางของผล โดยผลทุเรียนตัวอย่างจากการหาค่าน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยเครื่องวัดต้นแบบจะถูกตัดแบ่งตามแนวขวางของผล นำเนื้อทุเรียนจากทุกพูมาชอยละเอียด คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน ตัวอย่างจำนวน 2 กรัม รวมเป็น 3 ซ้ำจากตัวอย่างทุเรียนแต่ละผลจะถูกนำเข้าอบแห้งในตู้อบแบบลมร้อน (Air Oven) ที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 5 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างแห้งจะคงที่ ทำการชั่งน้ำหนักสุดท้าย หรือน้ำหนักเนื้อแห้ง โดยค่าร้อยละน้ำหนักเนื้อแห้งเท่ากับน้ำหนักสุดท้ายคูณหนึ่งร้อยหารด้วยน้ำหนักเริ่มต้น

**ผล**

ผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่และค่าความจุไฟฟ้าแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีค่าสหสัมพันธ์  $R^2 = 0.98$  (Figure 2) และความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยเครื่องวัดต้นแบบและค่าความจุไฟฟ้าที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์มีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง ในทุกๆ ขนาดของผลทุเรียน (Figure 3) โดยมีความชันของเส้นสหสัมพันธ์ลดลงตามค่ารหัสขนาดหรือลดลงเมื่อผลทุเรียนมีขนาดเพิ่ม ช่วงของการวัดที่เหมาะสม (Sensitivity) โดยสามารถวัดน้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียนในช่วง 25% – 40% ซึ่งครอบคลุมความสุกแก่ทุเรียนอ่อนจนถึงแก่จัด



**Figure 2** Relationship between frequency of various size codes of durians fruits and capacitance values (nF) from DT9205A multi-meter.



**Figure 3** Relationship between % dry weight of various size codes of durians fruits and capacitance values (nF) from DT9205A multi-meter.

**วิจารณ์ผล**

ต้นแบบเครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนโดยน้ำหนักเนื้อแห้งสามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าของทุเรียนซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียน เมื่อทำการโปรแกรมสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้เครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนด้วยน้ำหนักเนื้อแห้งซึ่งใช้เวลาการวัดเพียงผลละไม่เกิน 30 วินาที มีความแม่นยำในการวัดในระดับที่ใช้งานได้ โดยมีความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน ±1% และมีความสามารถในการผลิตซ้ำของต้นแบบ (ซุคักดี และ ปรีดาวรรณ, 2554) นอกจากนี้เครื่องวัดนี้ยังสามารถตรวจวัดทุเรียนได้ชิมและมีหนอนได้ สถาบันวิจัยวิศวกรรมเกษตรได้เผยแพร่เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัดความสุกแก่

ทุเรียนด้วยน้ำหนักเนื้อแห้งในการประชุม นิทรรศการ และสื่อโทรทัศน์ เพื่อให้เกษตรกร ผู้ประกอบการรับซื้อ เจ้าหน้าที่และผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ ปัจจุบันกำลังดำเนินการทดสอบโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบคุณภาพทุเรียนเพื่อการส่งออกในพื้นที่การผลิตจังหวัดจันทบุรี ต่อยอดพัฒนาเพื่อใช้วัดทุเรียนพันธุ์ทางการค้าอื่นๆ นอกเหนือจากทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่เป็นพันธุ์เพื่อการส่งออก และการบริโภคภายในประเทศ เช่น กระดุมทอง ชะนี ฯลฯ

### สรุป

เครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนโดยน้ำหนักเนื้อแห้งสามารถวัดความจุไฟฟ้าของทุเรียนซึ่งให้ผลการวัดเป็นความถี่ ความจุไฟฟ้าของทุเรียนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักเนื้อแห้งหรือความสุกแก่ของทุเรียนและขนาดผล

### เอกสารอ้างอิง

- ชูศักดิ์ ขวประดิษฐ์ และ ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร. 2554. เครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยน้ำหนักแห้ง การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 49 สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2546. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. มกอช. 3 – 2546: ทุเรียน ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 120 ตอนพิเศษ 145 ง, 19 ธันวาคม 2546
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลการผลิตทุเรียน [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/download/prcai/Durian10.xls>. (22 ตุลาคม 2553).