

การใช้อัลตราโซนิกในการควบคุมระบบคัดแยกคุณภาพมังคุดด้วยความถ่วงจำเพาะ Ultrasonic controller in quality grading of mangosteen by specific gravity

ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลาธาร¹ และ ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์¹
Preedawan Chaisrichonlathan¹ and Chusak Chavapradit¹

Abstract

Design of a specific gravity sensor based on the principle of ultrasonic distance measurement was proposed to assess the quality of mangosteen in the grading system. The specific gravity sensor consists of a free floating part and a fixed transducer part grabbed by clamp. The floating part was designed to freely move up and down with respect to specific gravity of grading solution. Reflective ultrasonic transmission modes of the specific gravity sensor were designed in a closed system to diminish noises. Changing in specific gravity of the grading solution was simulated by water level and was established by phase difference of ultrasonic signal through the electronic circuits and PIC microcontroller. The ultrasonic specific gravity sensor could sensitively control specific gravity value for the grading of mangosteen. Repeatability and accuracy of the ultrasonic specific gravity sensor were high. Linear relationship between electrical properties and distance of ultrasonic sensor was obtained with $R^2 = 0.99$, grading specific gravity value could be set between 1.00 to 1.04. Economic analysis showed the break even point of 32,000 kg. for grading at 200 kg/hr.

Keywords: specific gravity sensor, ultrasonic distance measurement, controlling specific gravity system

บทคัดย่อ

การออกแบบหัววัดความถ่วงจำเพาะใช้หลักการวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกเพื่อการควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการคัดแยกคุณภาพของผลมังคุด หัววัดความถ่วงจำเพาะประกอบด้วยส่วนที่ลอยได้และส่วนหัววัดที่ถูกยึดติดอยู่กับที่ ส่วนที่ลอยได้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างอิสระตามความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้ในการคัดแยก ส่วนหัววัดถูกออกแบบสำหรับวัดระยะการเคลื่อนที่ของส่วนลอยในระบบปิดโดยใช้ระบบอัลตราโซนิกแบบสะท้อนกลับ การวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำถูกทดสอบแทนการเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยวัดความต่างเฟสของหัววัดอัลตราโซนิกผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์และไม่โครคอนโทรลเลอร์ หัววัดความถ่วงจำเพาะแบบอัลตราโซนิกมีความเหมาะสมสำหรับระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายและมีความสามารถในการวัดซ้ำและความถูกต้องในการวัดสูง ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของค่าทางไฟฟ้ากับระยะการเคลื่อนที่ของหัววัดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 สามารถทำงานสำหรับการแยกคัดมังคุดโดยไม่มีผลเสียหายต่อผลในช่วงความถ่วงจำเพาะ 1.00 – 1.04 จุดคุ้มทุนในการคัดมังคุดที่ 32,000 กิโลกรัม เมื่อคัดที่ 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: หัววัดความถ่วงจำเพาะ, การวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิก, ระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะ

บทนำ

มังคุดเป็นผลไม้ที่ตลาดมีความต้องการสูงมาก พื้นที่ปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยวมังคุดใน ปี พ.ศ. 2552 ของประเทศประมาณ 487,405 และ 399,438 ไร่ตามลำดับ ผลผลิตมังคุดเท่ากับ 270,554 ตัน ปริมาณการส่งออกเท่ากับ 117,987 ตัน มีมูลค่า 1,879 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2553) การส่งออกมังคุดไปยังต่างประเทศส่วนมากมีการคัดคุณภาพตามมาตรฐานโดยวิธีความถ่วงจำเพาะ เพื่อให้ได้คุณภาพภายในที่ปราศจากอาการเนื้อแก้วและยางไหล อาการเนื้อแก้วของผลมังคุดซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะน้ำภายในผลเป็นสาเหตุหลัก การคัดแยกคุณภาพมังคุดด้วยความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่นได้มีการนำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อการรับซื้อผลมังคุดจากเกษตรกรเพื่อการส่งออกโดยเฉพาะส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีความต้องการมังคุดคุณภาพ 100% ซึ่งในทางปฏิบัติหลังการรับซื้อต้องมีการผ่าผลตรวจคุณภาพภายในผล ปิดด้วยเทป แชนเย็น และทำการบรรจุเพื่อการส่งออก ความถ่วงจำเพาะใช้เป็นดัชนีที่กำหนดองค์ประกอบของ

¹ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม คลองหลวง ปทุมธานี 12120

¹ Post-harvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, Klong Luang, Pathumthani 12120,

ของเหลวหรือความเข้มข้นสารละลาย ที่ใช้ในการคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้ว ยางไหลออก การควบคุมความเข้มข้นสารละลายให้คงที่จะทำให้การคัดแยกมีประสิทธิภาพสูงสุด

การคัดแยกคุณภาพมังคุดในเชิงพาณิชย์ที่มีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นการคัดมังคุดจำนวนหลายผลในแต่ละครั้ง (Batch type) ด้วยความถ่วงจำเพาะของมังคุดโดยใช้สารละลายน้ำเกลือและควบคุมด้วยไฮโดรมิเตอร์แบบหลอดแก้ว (Yantarasi et al., 1996) แต่การควบคุมดังกล่าวเป็นไปได้ยากเนื่องจากฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับมังคุดทำให้ความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือมีการเปลี่ยนแปลงตลอด ในการควบคุมการแยกคัดแบบต่อเนื่องจึงกระทำได้อย่างเพราะคลื่นที่เกิดขึ้น และการเคลื่อนที่ของสารละลาย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์คุณสมบัติทางไฟฟ้ากับระยะการเคลื่อนที่ของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์เพื่อออกแบบควบคุมค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายให้คงที่แบบต่อเนื่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงอัลตราโซนิก

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ดำเนินการวิจัยออกแบบ สร้าง ทดสอบ และพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงอัลตราโซนิก โดยใช้อุปกรณ์วัดเสียงอัลตราโซนิกวัดระยะการลอยขึ้นลงของวัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะคงที่นั้นๆ (Figure 1) หาค่าและช่วงทางไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการใช้อุปกรณ์ควบคุมแบบอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์เพื่อนำไปใช้กับระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะสำหรับคัดแยกคุณภาพมังคุด

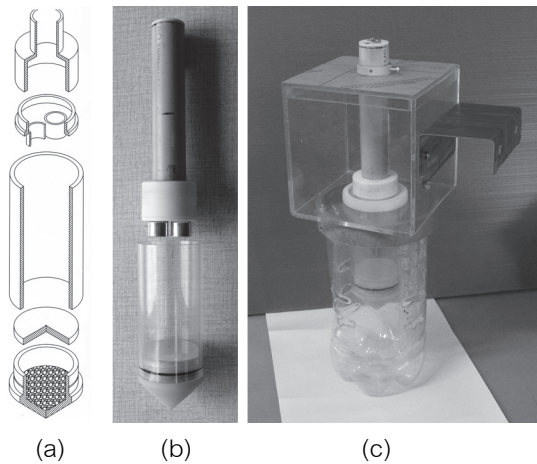


Figure 1 Specific gravity sensor by ultrasonic technique: drawing (a), floating and transducer parts (b) and completely erecting sensor (c).

ชุดระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะประกอบด้วยหัวเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก มีวงจรสร้างสัญญาณความถี่ 40 kHz แก่หัวเซ็นเซอร์ ส่งตรงไปสะท้อนซึ่งเป็นส่วนที่มีความถ่วงจำเพาะคงที่ เสียงจากแผ่นสะท้อนกลับไปที่หัวรับ สัญญาณอัลตราโซนิกได้จากหัวรับถูกส่งผ่านวงจรเพื่อปรับสภาพและส่งต่อไปไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถูกเขียนโปรแกรมคำนวณค่าความต่างเฟสระหว่างสัญญาณจากวงจรส่งและรับ บันทึกผลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านสายต่อ RS232 การทดสอบชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะโดยติดตั้งต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงอัลตราโซนิกในโกแ้วซึ่งบรรจุน้ำกลั่น วัดค่าทางไฟฟ้าเทียบกับระยะการเคลื่อนที่ของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ โดยปรับเพิ่ม-ลดระดับน้ำแทนการเพิ่มขึ้น-ลดลงของค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว

การทดสอบต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะสำหรับคัดแยกคุณภาพมังคุด

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ดำเนินการวิจัยทดสอบและพัฒนาต้นแบบระบบคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดควบคุมค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงอัลตราโซนิก (Figure 2) โดยผลมังคุดจะถูกป้อนแบบต่อเนื่องเข้าสู่ถึงคัดแยกซึ่งบรรจุสารละลาย มังคุดเนื้อแก้วจะจมลง (ลูกศร A) ส่วนมังคุดเนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก (ลูกศร B) มังคุดเนื้อแก้วและเนื้อปกติถูกนำออกด้วยตระกร้าโยงและคนตามลำดับ สารละลายจะถูกควบคุมให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงอัลตราโซนิกซึ่งติดตั้งในถังคัดแยกด้านเดียวกับช่องเข้าของสารละลายและถัดจากส่วนคัดแยก ชุดควบคุมลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อม สัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และ

ประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้น อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วดูดสารละลายจากแท่งคั่นบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้

การทดสอบและพัฒนาต้นแบบในระยะสุดท้ายนี้ใช้มังคุดตัวอย่างในฤดูการผลิตจากพื้นที่ภาคตะวันออกจำนวน 3,000 ผล ที่ระดับความสุกแก่ระยะน้ำตาลแดงเรื่อย ๆ ถูกนำมาหาค่าความถ่วงจำเพาะแต่ละผลด้วยวิธี Balance scale method (Mohsenin, 1970) ภายใน 3 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว แล้วนำไปคัดแยกด้วยระบบคัดแยกมังคุดแบบควบคุมด้วยเสียงอัลตราโซนิก นำมังคุดมาผ่าพิสูจน์ลักษณะภายในโดยแบ่งมังคุดตามลักษณะภายในเป็นเนื้อปกติและเนื้อแก้ว ผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

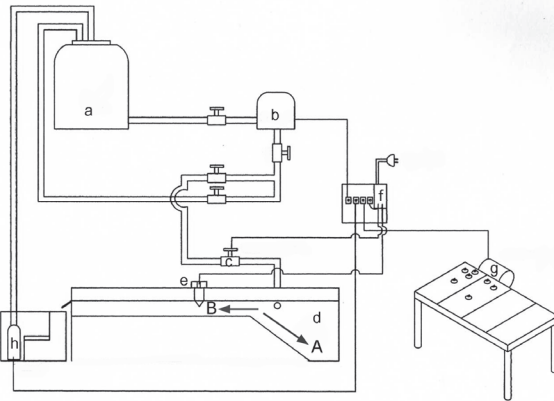


Figure 2 Specific gravity controlling system; (a) tank, (b) pump1, (c) solenoid valve, (d) separating tank, (e) specific gravity sensor, (f) controlling box, (g) loader motor and (h) pump2

ผล

ผลการทดสอบชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบอัลตราโซนิก

ชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบอัลตราโซนิกมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของค่าทางไฟฟ้ากับระยะเวลาเคลื่อนที่ของหัววัดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 (Figure 3) แสดงค่าในช่วงเฟส 0 – 360 องศา การนำไปใช้กับเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุด เมื่อกดเริ่มต้นทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์จะจดจำความต่างเฟสเริ่มต้นและประมวลผลเพื่อส่งคำสั่งไปเปิด/ปิดโซลินอยด์วาล์วเมื่อมีความแตกต่างของเฟสจากค่าเริ่มต้น 100 องศา หรืออุปกรณ์ความถ่วงจำเพาะลอยขึ้นหรือลงประมาณ 1 มิลลิเมตร

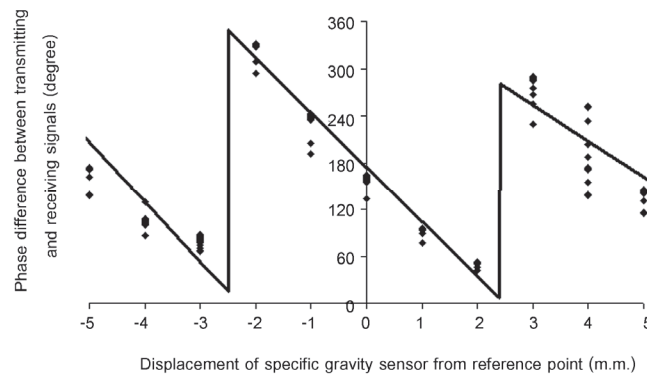


Figure 3 Phase difference characteristics of specific gravity sensor

มังคุดที่นำมาทดสอบในครั้งนี้มีค่าความถ่วงจำเพาะจากการวัดทดสอบด้วยวิธี Balance scale method (Figure 4) มังคุดเนื้อปกติมีปริมาณเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ของมังคุดทั้งหมด ทำการคัดแยกโดยใช้น้ำเกลือความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.01 เป็นตัวกลาง มังคุดที่ถูกแยกด้วยน้ำให้ลอยไปยังส่วน normal fruit fraction ประกอบด้วยมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้ว 84 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมังคุดเนื้อปกติที่คัดได้คิดเป็น 94 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเนื้อปกติทั้งหมด ในขณะที่การแยกคัดโดยไม่มีกระบวนการควบคุมมีประสิทธิภาพการคัดแยกเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่ต้นทุนคงที่ของเครื่องต้นแบบเท่ากับ 82,000 บาท ต้นทุนผันแปร 438 บาท/วัน ใช้แรงงาน 2 คน เครื่องมีจุดคุ้มทุนที่การคัดมังคุด 32,000 กก. เท่ากับต้องทำการคัดแยก 155 – 160 ชั่วโมง ที่อัตราการทำงาน 200 กก./ชม.

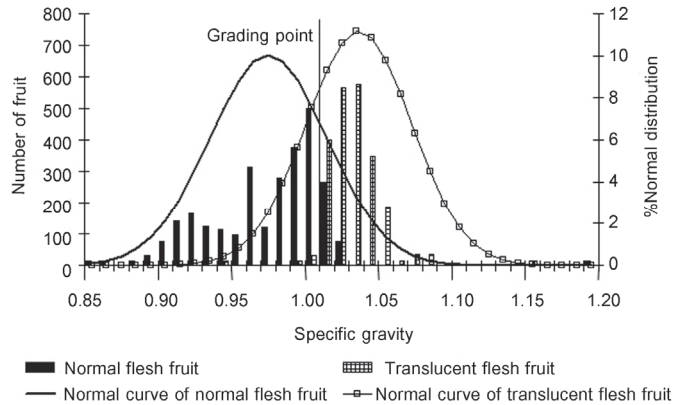


Figure 4 Specific gravity histogram of normal and translucent flesh fruits and percentage normal distribution of harvested mangosteen fruit

วิจารณ์ผล

ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดด้วยความถ่วงจำเพาะของสารละลายมีความเหมาะสมในการใช้เพื่อคัดมังคุดส่งออกซึ่งมีปริมาณมาก ต้นแบบเครื่องคัดแยกสามารถผลิตซ้ำ มีแบบและต้นแบบที่แน่นอน ส่วนประกอบต่างๆ เช่น อุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นแบบมาตรฐาน แผ่นวงจรรวมทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ และชุดคำสั่ง มีแบบ และต้นแบบที่แน่นอน (Figure 5) สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการแยกคัดผลไม้อื่นๆ ที่แยกคัดคุณภาพได้ด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ เช่น มะม่วง ส้ม ฯลฯ ปัจจุบันกำลังดำเนินการทดสอบโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบคุณภาพมังคุดเพื่อการส่งออกในพื้นที่การผลิตจังหวัดจันทบุรี

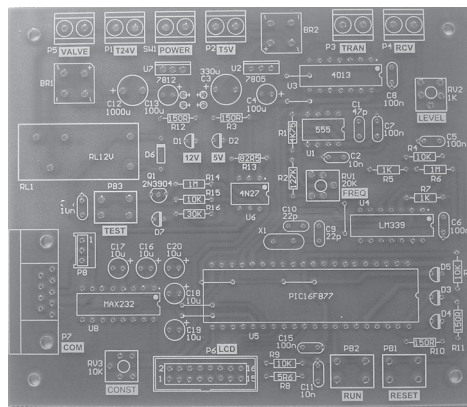


Figure 5 Controlling circuit board

สรุป

ชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตราโซนิกมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้ากับระยะเวลาเคลื่อนที่ของหัววัดอย่างสูงส่งผลให้การควบคุมความถ่วงจำเพาะมีความแม่นยำ ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดด้วยความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตราโซนิกสำหรับคัดแยกคุณภาพมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้วโดยไม่มีผลเสียหายต่อผล มีประสิทธิภาพการคัดแยกมังคุดเนื้อปกติร้อยละ 94

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2553. สถานการณ์การค้ามังคุด [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: URL [http://www.dft.moc.go.th/the_files/\\$16/level4/mangosteen53.doc](http://www.dft.moc.go.th/the_files/$16/level4/mangosteen53.doc). (26 กรกฎาคม 2553).

Mohsenin, N.N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach, New York. USA. 66-76.

Yantasari, T., C. Sivasomboon, J. Uthaibutra and J. Sornsrivichai. X-ray and NMR for nondestructive internal quality evaluation of durian and mangosteen fruits. ISHS Acta Hortic, 1996: 464, 97-101