รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิค

Research and Development on Automatic Quality Grading Machine of Mangosteen using Ultrasonic Specific Gravity Sensor – based Control System

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร
Ms.Preedawan Chaisrichonlathan

ปี พ.ศ. 2559

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิค

Research and Development on Automatic Quality Grading Machine of Mangosteen using Ultrasonic Specific Gravity Sensor – based Control System

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร
Ms.Preedawan Chaisrichonlathan

ปี พ.ศ. 2559

คำปรารถ

งานวิจัยด้านเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพผลผลิตและผลิตภัณฑ์แปรรูปเกษตรมีความสำคัญต่อการแข่งขันเพื่อพัฒนาศักยภาพโดยเฉพาะด้านคุณภาพในการผลิตและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของไทย กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิค เพื่อให้ได้ต้นแบบในการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพเพื่อการส่งออก ในโครงการวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรที่สิ้นสุดในปีงบประมาณ 2559 คณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำผลงานวิจัยเรื่องเต็มของโครงการดังกล่าว เพื่อเป็นประโยชน์ในการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และนักวิจัย

ผู้วิจัย

1) นางสาวปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ
2) นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ
3) นายจิรวัสส์ เจียตระกูล	วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ
4) นายชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ (ข้าราชการบำนาญ)

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2558 มังคุดมีผลผลิต 199,876 ตัน ปริมาณการส่งออกเท่ากับ 178,689 ตัน มีมูลค่า 4,349 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) จำนวนผลมังคุดเฉลี่ย 15 ผลต่อกิโลกรัม มังคุดส่งออกคิดเป็นจำนวนประมาณ 2,680 ล้านผล การส่งออกมังคุดที่มีปริมาณสูงมาก ทำให้การตรวจสอบเพื่อจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์มีความสำคัญตามแนวนโยบายส่งเสริมการส่งออกมังคุดคุณภาพดีเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออก เครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดที่มีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงจึงจะสามารถควบคุมและจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์ได้

การส่งออกมังคุดไปยังต่างประเทศส่วนมากมีการคัดคุณภาพตามมาตรฐานโดยวิธีความถ่วงจำเพาะ แต่สำหรับญี่ปุ่นจำเป็นต้องผ่านการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชของมังคุดด้วย ชั้นคุณภาพมังคุดขึ้นอยู่ลักษณะภายนอกและลักษณะภายในเช่น ลักษณะเนื้อแก้ว และ/หรือยางเหลืองในผลมีได้ไม่เกิน 5, 10, 20 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลหรือน้ำหนัก สำหรับมังคุดชั้นพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้นสองตามลำดับ โดยผลมังคุดเพื่อการส่งออกควรมีขนาดประมาณ 70-100 กรัมต่อผล (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) อาการเนื้อแก้วของผลมังคุด เกิดจากก่อนเก็บเกี่ยวต้นมังคุดดูดน้ำและส่งเข้าไปที่ผลมากจนทำให้เซลล์แตก การคัดแยกคุณภาพมังคุดด้วยความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่นได้นำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อการรับซื้อผลมังคุดจากเกษตรกรเพื่อการส่งออกโดยเฉพาะไปยังประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีความต้องการมังคุดคุณภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยในทางปฏิบัติ หลังการรับซื้อจะมีการผ่าผลตรวจคุณภาพภายในทุกผล แล้วปิดด้วยเทป แช่เย็น และทำการบรรจุเพื่อการส่งออก (Chaisrichonlathan and Noomhorm, 2011)

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ศึกษา และพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการแยกคัดมังคุดแบบไม่ทำลาย อาศัยหลักการทำงานด้วยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะโดยผลมังคุดจะถูกป้อนแบบต่อเนื่องเข้าสู่ถังคัดแยกซึ่งบรรจุสารละลายที่ใช้คัดแยกมังคุดเนื้อแก้วให้จมลง ส่วนมังคุดเนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก กลไกควบคุมแบบย้อนกลับถูกออกแบบให้ควบคุมการไหลของสารละลายตัวกลางในการคัดแยกให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงซึ่งติดตั้งในถังคัดแยก ชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อม สัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้นเนื่องจากฝุ่นและสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลมังคุด อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วให้ดูดสารละลายจากถังสแตนเลสบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้ (ชูศักดิ์และคณะ, 2554) ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดได้ถูกทดสอบเชิงพาณิชย์โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร ในโครงการทดสอบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะเชิงพาณิชย์ และสำรวจความคิดเห็นหลังการสาธิตให้กับผู้ประกอบการส่งออกมังคุดสดจำนวน 100 คน พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าเครื่องดังกล่าวมีประโยชน์ เนื่องจากเครื่องมีการควบคุมความถ่วงจำเพาะทำให้สามารถคัดแยกมังคุดเนื้อ

ดีออกจากมังคุดเนื้อแก้วได้ดีกว่าการคัดแยกด้วยสารละลายแบบเดิมซึ่งต้องใช้คนปรับความถ่วงจำเพาะของสารละลายในแต่ละรอบการคัดแยก และมีข้อเสนอให้ปรับปรุงเครื่องให้มีข้อจำกัดลดลง เช่น ควรพัฒนารูปแบบการลำเลียงผลผลิตออกจากถังคัดแยกซึ่งเดิมใช้ตะกร้าตักผลมังคุดในแต่ละรอบการคัดแยกให้สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ควรพัฒนาทั้งระบบลำเลียงผลมังคุดในส่วนป้อนเข้าถังคัดแยกและระบบลำเลียงมังคุดเนื้อแก้วที่จมและระบบลำเลียงมังคุดเนื้อปกติที่ลอยในสารละลายหลังการคัดแยก และเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยกมากขึ้น

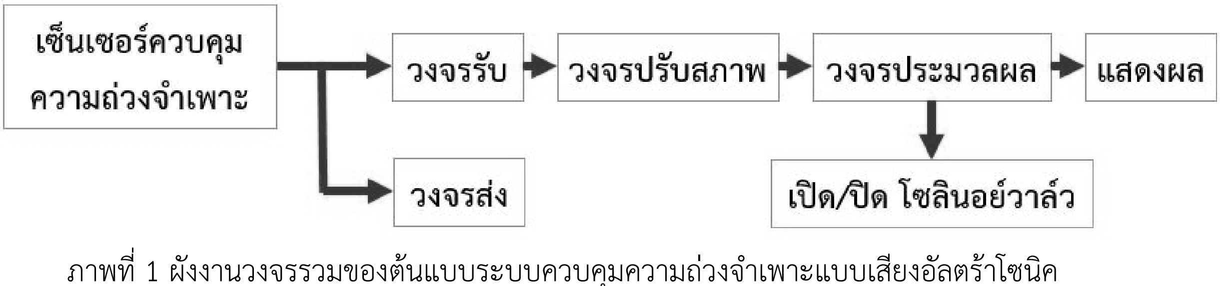
การวิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมแบบทำงานต่อเนื่องเป็นงานวิจัยต่อยอด โดยเน้นการพัฒนาชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคทั้งระบบและซอฟแวร์เพื่อให้ชุดควบคุมสามารถควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายคัดแยกให้คงที่อย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยก และพัฒนาระบบลำเลียงผลมังคุดทั้งในส่วนป้อนเข้าและส่วนขนย้ายออกหลังการคัดแยก เพื่อให้ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ ลดความเสียหายคุณภาพมังคุดจากการขนถ่าย และมีประสิทธิภาพการคัดแยกมากขึ้น

1. วัตถุประสงค์

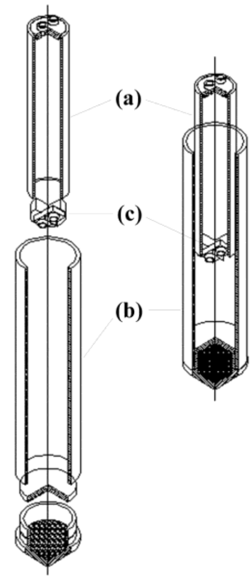
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมด้วยเสียงอัลตร้าโซนิคแบบทำงานต่อเนื่อง โดยศึกษา ทดสอบและพัฒนาระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิค และระบบลำเลียงผลมังคุดออกจากถังคัดแยก

2. วิธีการวิจัย

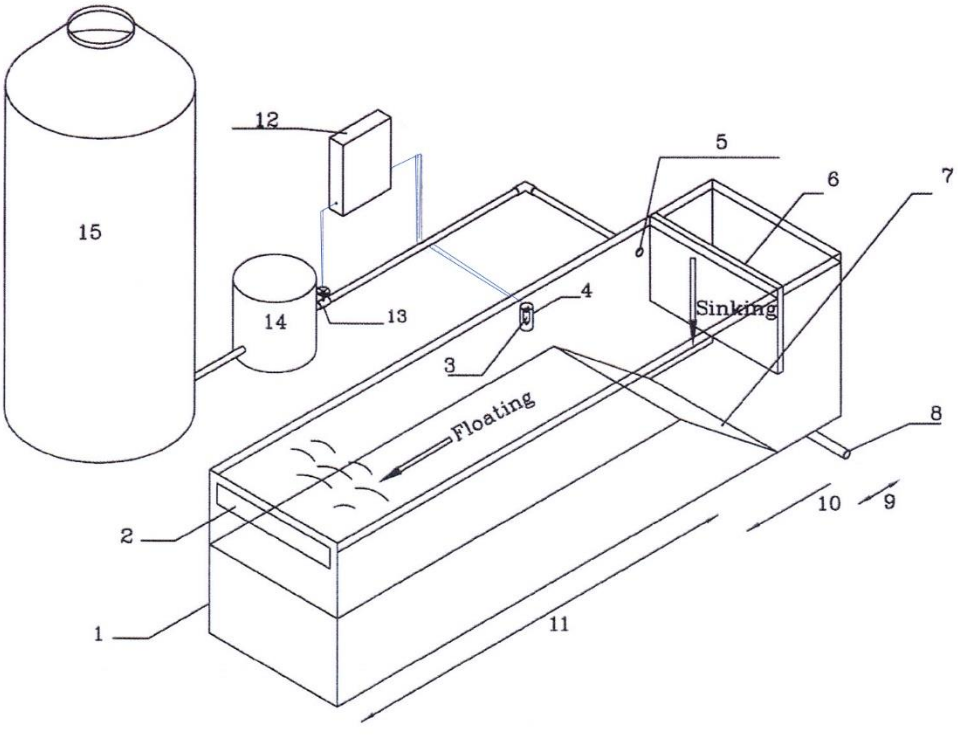
ระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิค ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิค วงจรส่งและรับสัญญาณ วงจรปรับสภาพ วงจรประมวลผลและหน่วยแสดงผล (ภาพที่ 1) เซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนสะท้อนแสงลอยน้ำได้และส่วนเซ็นเซอร์วัดระยะทางตรวจจับระยะการลอยซึ่งเปลี่ยนแปลงตามความถ่วงจำเพาะของสารละลายคัดแยก (ภาพที่ 2) เพื่อใช้กับระบบคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 ผังงานวงจรรวมของต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิค



ภาพที่ 2 แบบเซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะ; (a) ส่วนวัดระยะทาง, (b) ส่วนสะท้อนแสงลอยน้ำได้ และ (c) เซ็นเซอร์รับส่งเสียงอัลตร้าโซนิค



ภาพที่ 3 ระบบคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายของกรมวิชาการเกษตร; 1 ถังคัดแยก, 2 ช่องทางออก, 3 อุปกรณ์กันคลื่น, 4 เซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะ, 5 ท่อเข้า, 6 แผ่นกัน, 7 พื้นเอียง, 8 ช่องระบาย, 9 ส่วนมังคุดจม, 10 ส่วนคัดแยก, 11 ส่วนมังคุดลอย, 12 วงจรควบคุมความถ่วงจำเพาะ, 13 โซลินอยด์วาล์ว, 14 ปั๊ม และ 15 ถังบรรจุสารละลาย

การทำงานของระบบคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายของกรมวิชาการเกษตร ผลมังคุดถูกป้อนเข้าสู่ถังคัดแยกซึ่งบรรจุสารละลาย มังคุดเนื้อแก้วจะจมลง ส่วนมังคุด

เนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก กลไกควบคุมแบบย้อนกลับถูกออกแบบให้ควบคุมการไหลของสารละลายตัวกลางในการคัดแยกให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียง ซึ่งติดตั้งในถังคัดแยกชุดควบคุมลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อมสัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้นเนื่องจากฝุ่นและสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลมังคุด อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วให้ดูดสารละลายจากถังสแตนเลสบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้
เพื่อปรับปรุงต้นแบบดังกล่าว โครงการวิจัยนี้จึงมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคเบื้องต้น

2) ออกแบบ สร้างและทดสอบถังคัดแยกคุณภาพผลมังคุด

3) ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก

4) ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก

5) ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนลอยออกจากถังคัดแยก

6) ทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมด้วยเสียงอัลตร้าโซนิค

และรายงานผล

บทคัดย่อ

มาตรฐานการส่งออกมังคุดคุณภาพ กำหนดให้ต้องคัดมังคุดเนื้อแก้วออก ผู้ประกอบการส่งออกมังคุดโดยทั่วไปคัดคุณภาพตามมาตรฐานด้วยวิธีความถ่วงจำเพาะซึ่งเป็นการคัดมังคุดเนื้อแก้วออกจากมังคุดเนื้อปกติครั้งละหลายผลแบบดั้งเดิมด้วยความถ่วงจำเพาะของน้ำหรือสารละลายเช่นน้ำเกลืออย่างไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นระบบคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายเป็นต้นแบบที่ควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการคัดแยกให้คงที่และเป็นการคัดแยกอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาใน 5 ส่วน ได้แก่ ชุดวัดและควบคุมความถ่วงจำเพาะ ถังคัดแยกคุณภาพ ต้นแบบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก และต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัด ในการคัดแยกมังคุดดีหรือเนื้อปกติจะลอยไปตามช่องน้ำออกและถูกลำเลียงออกโดยต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยก ส่วนมังคุดที่จมเป็นมังคุดที่มีลักษณะเป็นเนื้อแก้วและหรือมียางไหลในนั้นจะถูกลำเลียงออกโดยต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก ชุดวัดและควบคุมความถ่วงจำเพาะถูกพัฒนามาจากโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายขึ้นอยู่กับการตกลงของผู้ประกอบการและเกษตรกร ตามคำแนะนำของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร แนะนำว่าในฤดูร้อนให้ใช้น้ำประปาในการคัดแยก และในฤดูฝนให้ใช้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ถังคัดแยกคุณภาพไฟเบอร์กลาส ขนาด กว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 3,100 มิลลิเมตร ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบใช้สายพานพีวีซี สีเขียว ผิวขรุขระ ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยกทำงานต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นกรงกระรอกทรงกระบอกติดใบตักมังคุดในแนวเฉียงเพื่อให้มังคุดไหลออกจากชุดลำเลียงได้หมดก่อนใบตักจะพลิกกลับไปด้านหลังกรงกระรอกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 เซ็นติเมตร ยาว 44 เซ็นติเมตร ติดใบตัก 2 ใบ ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ทำมุมเฉียงหรือมุมเท 60 องศา มอเตอร์เกียร์ขนาด 120 วัตต์ และควบคุมความเร็ว 10 รอบต่อนาที สามารถลำเลียงมังคุดลอยน้ำ 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก มีขนาดกว้าง 40 เซ็นติเมตร ยาว 120 เซ็นติเมตร สูง 100 เซ็นติเมตร ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมหัวเกียร์อัตราทด 20 ต่อ 1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า ลูกกลิ้งลำเลียง (Drive Roller) สายพานลำเลียงโพลิโพรพิลีน (PP) เพื่อให้ทนต่อการใช้ในน้ำเกลือ ขับด้วยโซ่และล้อฟันเฟืองสแตนเลส มีส่วนป้อนสแตนเลสเพื่อให้มังคุดจมกลิ้งไปยังสายพานลำเลียงส่วนจม สามารถลำเลียงมังคุดลอยได้ 1,330 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Abstract

Sorting out of translucent mangosteen fruits is national standard of quality mangosteens for export. Exporters in general perform grading of translucent and normal fresh mangosteens by conventional specific gravity method which is batch type bulk grading by water or saline solution. Quality grading system of mangosteen by specific gravity of solution aspired at possibility of continuous grading with constant specific gravity value of solution. Automatic Quality Grading Machine of Mangosteen using Ultrasonic Specific Gravity Sensor – based Control System is a prototype of the control constant specific gravity solution with developed 5 parts such as Specific gravity measurement and control set, Grading tank, Input conveyor prototype, Fruit submerged conveyor prototype and Fruit floating conveyor prototype. Specific gravity measurement and control set was developed from US-015 ultrasonic modules. The specific gravity solution depends on the agreement of entrepreneurs and farmers. Office of agricultural research and development region 6 advice that water and 5 percent of salt solution were used in the separation in the rainy and summer seasons, respectively. 1,000 mm long, 3,100 mm wide of grading tank was manufactured from fiberglass. Input conveyor prototype was manufactured green rough PVC. Fruit floating conveyor prototype was attained normal fresh mangosteens from grading tank. Based on angle of repose of fresh mangosteens was assessed to be 35 degrees, two curved type conveyor flights were 60 degrees of angle and designed to shove all fetched fruits out at the lateral side of the conveyor. Cylindrical conveyor was 29 cm. in diameter and 44 cm. in length. 120 watts of motor and 60 rpm in speed were utilized for grading rate of 800 kgs/hr. 40 centimeters wide and 120 centimeters long, 100 centimeters high of fruit submerged conveyor prototype was attained translucent mangosteens from grading tank. Electric motor with a gear ratio of 20 to 1, Roller conveyors (Drive roller), Conveyor poly propylene (PP) for withstand the salt water, Chain and cog wheels were utilized for grading rate of 1,330 kgs/hr. Grading effective depend on the amount of translucent and normal fruit and selected specific solution for grading rate of 800-2130 kg per hour.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิคเป็นต้นแบบที่ควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการคัดแยกให้คงที่และเป็นการคัดแยกอย่างต่อเนื่อง กระบวนการทำงานของระบบคัดแยกคือเมื่อมังคุดถูกป้อนไปยังถังคัดแยกแล้ว มังคุดดีหรือเนื้อปกติจะลอยไปตามช่องน้ำหรือช่องสารละลายออกและถูกลำเลียงออกโดยต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยก ส่วนมังคุดที่จมเป็นมังคุดที่มีลักษณะเป็นเนื้อแก้วและหรือมียางไหลในนั้นจะถูกลำเลียงออกโดยต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก

โครงการมีการวิจัยและพัฒนาส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน ได้แก่ ชุดวัดและควบคุมความถ่วงจำเพาะ ถังคัดแยกคุณภาพ ต้นแบบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก และต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยกเพื่อทำงานต่อเนื่อง ประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องควรนำไปขยายผลวิจัยและพัฒนาเชิงพาณิชย์ โดยร่วมมือกับสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร ในการเชิญผู้ประกอบการส่งออกมังคุดมาให้ความคิดเห็นติชมต้นแบบดังกล่าว ซึ่งเป็นการตอบสนองนโยบายส่งเสริมการส่งออกมังคุดคุณภาพดีเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออก เครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดที่มีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงสามารถควบคุมและจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้การซื้อขายมังคุดตามคุณภาพที่เป็นธรรมมากยิ่งขึ้น ควบคุมคุณภาพมังคุดส่งออกได้ดี สามารถเป็นเครื่องมือในการต่อรองและลดข้อโต้แย้งในทางการค้า

ชื่อกิจกรรมงานวิจัย วิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิค

Research and Development on Automatic Quality Grading Machine of Mangosteen using Ultrasonic Specific Gravity Sensor – based Control System

ชื่อผู้วิจัย

1) นางสาวปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ
2) นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์ วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ
3) นายจิรวัสส์ เจียตระกูล วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ
4) นายชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ (ข้าราชการบำนาญ)

คำสำคัญ (Key words)

Automatic Quality Grading Machine, Ultrasonic Specific Gravity Sensor, Mangosteen

เครื่องคัดแยกคุณภาพอัตโนมัติ เซ็นเซอร์วัดความถ่วงจำเพาะแบบอัลตร้าโซนิค มังคุด

บทคัดย่อ

มาตรฐานการส่งออกมังคุดคุณภาพ กำหนดให้ต้องคัดมังคุดเนื้อแก้วออก ผู้ประกอบการส่งออกมังคุดโดยทั่วไปคัดคุณภาพตามมาตรฐานด้วยวิธีความถ่วงจำเพาะซึ่งเป็นการคัดมังคุดเนื้อแก้วออกจากมังคุดเนื้อปกติครั้งละหลายผลแบบดั้งเดิมด้วยความถ่วงจำเพาะของน้ำหรือสารละลายเช่นน้ำเกลืออย่างไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นระบบคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายเป็นต้นแบบที่ควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการคัดแยกให้คงที่และเป็นการคัดแยกอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาใน 5 ส่วน ได้แก่ ชุดวัดและควบคุมความถ่วงจำเพาะ ถังคัดแยกคุณภาพ ต้นแบบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก และต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัด ในการคัดแยกมังคุดดีหรือเนื้อปกติจะลอยไปตามช่องน้ำออกและถูกลำเลียงออกโดยต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยก ส่วนมังคุดที่จมเป็นมังคุดที่มีลักษณะเป็นเนื้อแก้วและหรือมียางไหลในนั้นจะถูกลำเลียงออกโดยต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก ชุดวัดและควบคุมความถ่วงจำเพาะถูกพัฒนามาจากโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายขึ้นอยู่กับการตกลงของผู้ประกอบการและเกษตรกร ตามคำแนะนำของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร แนะนำว่าในฤดูร้อนให้ใช้น้ำประปาในการคัดแยก และในฤดูฝนให้ใช้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ถังคัดแยกคุณภาพไฟเบอร์กลาส ขนาด กว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 3,100 มิลลิเมตร ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก

แบบใช้สายพานพีวีซี สีเขียว ผิวขรุขระ ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยกทำงานต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นกรงกระรอกทรงกระบอกติดใบตักมังคุดในแนวเฉียงเพื่อให้มังคุดไหลออกจากชุดลำเลียงได้หมดก่อนใบตักจะพลิกกลับไปด้านหลังกรงกระรอกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 เซ็นติเมตร ยาว 44 เซ็นติเมตร ติดใบตัก 2 ใบ ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ทำมุมเฉียงหรือมุมเท 60 องศา มอเตอร์เกียร์ขนาด 120 วัตต์ และควบคุมความเร็ว 10 รอบต่อนาที สามารถลำเลียงมังคุดลอยน้ำ 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก มีขนาดกว้าง 40 เซ็นติเมตร ยาว 120 เซ็นติเมตร สูง 100 เซ็นติเมตร ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมหัวเกียร์อัตราทด 20 ต่อ 1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า ลูกกลิ้งลำเลียง (Drive Roller) สายพานลำเลียงโพลิโพรพิลีน (PP) เพื่อให้ทนต่อการใช้ในน้ำเกลือ ขับด้วยโซ่และล้อฟันเฟืองสแตนเลส มีส่วนป้อนสแตนเลสเพื่อให้มังคุดจมกลิ้งไปยังสายพานลำเลียงส่วนจม สามารถลำเลียงมังคุดลอยได้ 1,330 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Abstracts

Sorting out of translucent mangosteen fruits is national standard of quality mangosteens for export. Exporters in general perform grading of translucent and normal fresh mangosteens by conventional specific gravity method which is batch type bulk grading by water or saline solution. Quality grading system of mangosteen by specific gravity of solution aspired at possibility of continuous grading with constant specific gravity value of solution. Automatic Quality Grading Machine of Mangosteen using Ultrasonic Specific Gravity Sensor – based Control System is a prototype of the control constant specific gravity solution with developed 5 parts such as Specific gravity measurement and control set, Grading tank, Input conveyor prototype, Fruit submerged conveyor prototype and Fruit floating conveyor prototype. Specific gravity measurement and control set was developed from US-015 ultrasonic modules. The specific gravity solution depends on the agreement of entrepreneurs and farmers. Office of agricultural research and development region 6 advice that water and 5 percent of salt solution were used in the separation in the rainy and summer seasons, respectively. 1,000 mm long, 3,100 mm wide of grading tank was manufactured from fiberglass. Input conveyor prototype was manufactured green rough PVC. Fruit floating conveyor prototype was attained normal fresh mangosteens from grading tank. Based on angle of repose of fresh mangosteens was assessed to be 35 degrees, two curved type conveyor flights were 60

degrees of angle and designed to shove all fetched fruits out at the lateral side of the conveyor. Cylindrical conveyor was 29 cm. in diameter and 44 cm. in length. 120 watts of motor and 60 rpm in speed were utilized for grading rate of 800 kgs/hr. 40 centimeters wide and 120 centimeters long, 100 centimeters high of fruit submerged conveyor prototype was attained translucent mangosteens from grading tank. Electric motor with a gear ratio of 20 to 1, Roller conveyors (Drive roller), Conveyor poly propylene (PP) for withstand the salt water, Chain and cog wheels were utilized for grading rate of 1,330 kgs/hr. Grading effective depend on the amount of translucent and normal fruit and selected specific solution for grading rate of 800-2130 kg per hour.

บทนำ (Introduction)

ในปี พ.ศ. 2558 มังคุดมีผลผลิต 199,876 ตัน ปริมาณการส่งออกเท่ากับ 178,689 ตัน มีมูลค่า 4,349 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) จำนวนผลมังคุดเฉลี่ย 15 ผลต่อกิโลกรัม มังคุดส่งออกคิดเป็นจำนวนประมาณ 2,680 ล้านผล การส่งออกมังคุดที่มีปริมาณสูงมาก ทำให้การตรวจสอบเพื่อจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์มีความสำคัญตามแนวนโยบายส่งเสริมการส่งออกมังคุดคุณภาพดีเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออก เครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดที่มีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงจึงจะสามารถควบคุมและจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์ได้

การส่งออกมังคุดไปยังต่างประเทศส่วนมากมีการคัดคุณภาพตามมาตรฐานโดยวิธีความถ่วงจำเพาะ แต่สำหรับญี่ปุ่นจำเป็นต้องผ่านการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชของมังคุดด้วย ชั้นคุณภาพมังคุดขึ้นอยู่ลักษณะภายนอกและลักษณะภายในเช่น ลักษณะเนื้อแก้ว และ/หรือยางเหลืองในผลมีได้ไม่เกิน 5, 10, 20 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลหรือน้ำหนัก สำหรับมังคุดชั้นพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้นสองตามลำดับ โดยผลมังคุดเพื่อการส่งออกควรมีขนาดประมาณ 70-100 กรัมต่อผล (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) อาการเนื้อแก้วของผลมังคุด เกิดจากก่อนเก็บเกี่ยวต้นมังคุดดูดน้ำและส่งเข้าไปที่ผลมากจนทำให้เซลล์แตก การคัดแยกคุณภาพมังคุดด้วยความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่นได้นำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อการรับซื้อผลมังคุดจากเกษตรกรเพื่อการส่งออกโดยเฉพาะไปยังประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีความต้องการมังคุดคุณภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยในทางปฏิบัติ หลังการรับซื้อจะมีการผ่าผลตรวจคุณภาพภายในทุกผล แล้วปิดด้วยเทป แช่เย็น และทำการบรรจุเพื่อการส่งออก (Chaisrichonlathan and Noomhorm, 2011)

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ศึกษา และพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการแยกคัดมังคุดแบบไม่ทำลาย อาศัยหลักการทำงานด้วยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะโดยผลมังคุดจะถูกป้อนแบบต่อเนื่องเข้าสู่ถังคัดแยกซึ่งบรรจุสารละลายที่ใช้คัดแยก มังคุดเนื้อแก้วให้จมลง ส่วนมังคุดเนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก กลไกควบคุมแบบย้อนกลับถูกออกแบบให้ควบคุมการไหลของสารละลายตัวกลางในการคัดแยกให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุม

แบบเสียงซึ่งติดตั้งในถังคัดแยก ชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อม สัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้นเนื่องจากฝุ่นและสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลมังคุด อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วให้ดูดสารละลายจากถังสแตนเลสบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้ (ชูศักดิ์และคณะ, 2554) ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดได้ถูกทดสอบเชิงพาณิชย์โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร ในโครงการทดสอบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะเชิงพาณิชย์ และสำรวจความคิดเห็นหลังการสาธิตให้กับผู้ประกอบการส่งออกมังคุดสดจำนวน 100 คน พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าเครื่องดังกล่าวมีประโยชน์เนื่องจากเครื่องมีการควบคุมความถ่วงจำเพาะทำให้สามารถคัดแยกมังคุดเนื้อดีออกจากมังคุดเนื้อแก้วได้ดีกว่าการคัดแยกด้วยสารละลายแบบเดิมซึ่งต้องใช้คนปรับความถ่วงจำเพาะของสารละลายในแต่ละรอบการคัดแยก และมีข้อเสนอให้ปรับปรุงเครื่องให้มีข้อจำกัดลดลง เช่น ควรพัฒนารูปแบบการลำเลียงผลผลิตออกจากถังคัดแยกซึ่งเดิมใช้ตะกร้าตักผลมังคุดในแต่ละรอบการคัดแยกให้สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ควรพัฒนาทั้งระบบลำเลียงผลมังคุดในส่วนป้อนเข้าถังคัดแยกและระบบลำเลียงมังคุดเนื้อแก้วที่จมและระบบลำเลียงมังคุดเนื้อปกติที่ลอยในสารละลายหลังการคัดแยก และเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยกมากขึ้น

การวิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมแบบทำงานต่อเนื่องเป็นงานวิจัยต่อยอด โดยเน้นการพัฒนาชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคทั้งระบบและซอฟแวร์เพื่อให้ชุดควบคุมสามารถควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายคัดแยกให้คงที่อย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยก และพัฒนาระบบลำเลียงผลมังคุดทั้งในส่วนป้อนเข้าและส่วนขนย้ายออกหลังการคัดแยก เพื่อให้ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ ลดความเสียหายคุณภาพมังคุดจากการขนถ่าย และมีประสิทธิภาพการคัดแยกมากขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

อาการเนื้อแก้วของผลมังคุดเกิดจาก การที่น้ำเข้าไปในผลมากจนทำให้เซลล์แตก สารละลายที่อยู่ในแวคิวโอล ได้แก่ กรด และน้ำตาล รั่วออกมานอกเซลล์ ทำให้เพกตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงกลายเป็นเจล ทำให้มังคุดเนื้อแก้วมีความแข็งมากกว่าเนื้อปกติ (ศิริวรรณ แดงฉ่ำ, 2543) อาการเนื้อแก้วจะเริ่มพบในผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวหลังจากฝนตกในช่วงต้นฤดูและตกต่อเนื่องกัน 2-3 วัน จำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อแก้วและความรุนแรงของเนื้อแก้วจะพบมากในช่วงที่มีฝนทิ้งช่วงนานสลับกับฝนตกหนัก (ฝนมากกว่า 20 มม./วัน) ผลมังคุดที่พัฒนาการผ่านช่วงแล้งมาระยะหนึ่งจนผลมังคุดแก่จัด (Physiological maturity) กำลังจะเข้าสี การให้น้ำเหนือทรงพุ่มหรือมีฝนตกลงมาจะทำให้เกิดอาการเนื้อแก้วในอีก 3-7 วันต่อมา ซึ่งน้ำที่ให้เหนือทรงพุ่มหรือฝนที่ตกลงมาจะเข้าสู่ต้นมังคุดได้ทางใบและผิวผล

เทคนิคการคัดแยกคุณภาพมังคุด

การศึกษาเทคนิคการคัดแยกคุณภาพมังคุดที่มีการดำเนินการผ่านมา เป็นการคัดแยกมังคุดแบบทีละผลหรือในปริมาณไม่มาก ได้แก่ เอ็กซเรย์ คอมพิวท์โทโมกราฟฟี ความสามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟ การวัดสัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส การส่งผ่านความยาวคลื่นช่วงใกล้อินฟาเรด และการคัดแยกมังคุดในปริมาณมากได้แก่ การคัดแยกด้วยค่าความถ่วงจำเพาะ

รังสินันท์ พอดี (2541) ศึกษาการคัดแยกคุณภาพมังคุดเนื้อแก้วโดยวิธี เอ็กซเรย์คอมพิวท์โทโมกราฟฟี พบว่า สามารถให้ภาพที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างผลปกติกับผลผิดปกติลักษณะต่างๆ และสามารถแสดงให้เห็นน้ำที่มีในเปลือกผลปกติมาก และผลผิดปกติที่มีโพรงอากาศภายในเนื้อผลจากเมล็ดผ่อและเนื้อฟ่ามได้ บริเวณเนื้อที่มีอาการผิดปกติลักษณะต่างๆ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติและสามารถบ่งบอกอาการผิดปกติของแต่ละลักษณะในตำแหน่งนั้นๆ ได้

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ (2547) ศึกษาเนื้อสัมผัสของมังคุดโดยวัดแรงกดที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์วัดความแข็ง – นิ่มของเปลือกมังคุด พบว่า สามารถแสดงความเสียหายในมังคุดที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของความเสียหาย ความสม่ำเสมอในการกด และเนื่องจากการเก็บเกี่ยวมังคุดจะกระทำในช่วงที่มังคุดเริ่มเปลี่ยนสี จากเขียวเป็นแดง ซึ่งเป็นช่วงที่ผิวนุ่มมาก การวัดทำให้เกิดความเสียหายกับผิวน้อยตลอดจนความแปรปรวนในการคัดแยกน้อย

สุรเชษฐ์ บุญรัตน์ และคณะ (2541) ตรวจสอบความแข็งของเนื้อมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้รังสีอินฟราเรด ที่มีความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร หรือ 1250 นาโนเมตร ซึ่งมีอัตราผ่านผลมังคุดได้ดีที่สุด รังสีอินฟราเรดจะหักเหและดูดซึมพลังงานรังสีที่ผ่านเข้าสู่ผลมังคุดตามความแข็งของเนื้อ พบว่ารูปแบบของรังสีอินฟราเรดที่ผ่านเนื้อมังคุดที่แข็งมีความแตกต่างจากรูปแบบที่ผ่านเนื้อมังคุดปกติ การสร้างเครื่องต้นแบบในการตรวจสอบความแข็งของเนื้อมังคุดและการทดลองกับผล มังคุดจำนวน 30 ผล ปรากฏว่าเครื่องตรวจสอบนี้สามารถแบ่งแยกเนื้อมังคุดที่แข็งได้ถูกต้องประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

ฤทธิศักดิ์ จริตงาม (2543) ศึกษาการวัดค่าอิมพิแดนซ์เหมาะสำหรับการคัดแยกผลมังคุดที่เน่าออกได้โดยสามารถคัดแยกออกได้ถูกต้องถึง 83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการวัดความสามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟนั้นสามารถใช้คัดแยกมังคุดที่มีปัญหาได้เช่นกันแต่เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องยังมีค่าต่ำมาก และวิธีการวัดสัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์กำลังเชิงสเปคตรัมและวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ออโตรีเกรซซีฟ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์กำลังเชิงสเปคตรัมสามารถใช้คัดแยกมังคุดที่ดีได้ถูกต้องถึง 89 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่วิธีการลอยน้ำ (ความถ่วงจำเพาะ) สามารถคัดได้ 85 เปอร์เซ็นต์ และวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ออโตรีเกรซซีฟสามารถใช้คัดแยกมังคุดที่เกิดยางไหลได้ถูกต้องถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วิธีการลอยน้ำสามารถคัดได้เพียง 40 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธีการลอยน้ำ วิธีการวิเคราะห์กำลังเชิงสเปคตรัม และวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ออโตเกรซซีฟมาทำการวิเคราะห์ร่วมกัน จะสามารถใช้คัดแยกมังคุดทั้งผลดีและผลเสียได้ถูกต้องมากขึ้นกว่าทุกๆ วิธีโดยมีความถูกต้องประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ แต่ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล (2544) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์กำลังเชิงสเปคตรัมและวิธีความถ่วงจำเพาะสำหรับผลปกติไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การทดสอบผลไม่ปกติ

พบว่าวิธีความถ่วงจำเพาะมีความถูกต้องมากกว่าวิธีการวิเคราะห์กำลังเชิงสเปคตรัม อย่างไรก็ดีสำหรับผลที่มีอาการยางไหลในวิธีการวิเคราะห์กำลังเชิงสเปคตรัมได้ผลดีกว่าวิธีความถ่วงจำเพาะ

กัมปนาท พรรณราย (2547) ศึกษาเทคนิคการกระเจิงแบบคอมป์ตันของรังสีแกมมา เพื่อประเมินคุณภาพผลส้มและมังคุด พบว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถใช้กับผลไม้เปลือกบาง เช่น ส้มได้เท่านั้น

รังสินันท์ พอดี (2541) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่มีความแก่ 3 ระดับ และภายหลังการเก็บเกี่ยวในระยะเวลา 0, 2, 4, 6 วัน พบว่า ผลมังคุดทั้ง 3 ระดับความแก่มีความถ่วงจำเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องทุกๆ ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดเนื้อปกติและผลมังคุดที่มีลักษณะภายในผิดปกติ พบว่า ผลที่มีอาการเนื้อแก้ว ผลที่มีอาการเนื้อแก้วร่วมกับยางไหล และผลที่มีอาการยางไหล มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยสูงกว่าผลมังคุดที่มีเนื้อปกติตามลำดับ เมื่อใช้ค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกัน 4 ค่า ได้แก่ 0.980, 1.000, 1.016 และ 1.020 ในการคัดแยกมังคุดปกติและมังคุดที่มีอาการผิดปกติภายในผล พบว่า ที่ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.980 สามารถคัดแยกผลที่มีอาการเนื้อแก้วทุกระดับออกไปได้มากกว่าร้อยละ 95 และสามารถคัดผลที่มียางไหลออกไปได้ร้อยละ 89 ของผลที่มีอาการข้างต้นทั้งหมด ส่วนผลมังคุดที่คัดผิดพลาดพบว่าเป็นผลปกติที่มีน้ำในเปลือกสูง และผลผิดปกติที่มีโพรงอากาศในเนื้อจากเมล็ดที่ฝ่อและเนื้อฟ่าม

การคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ชูศักดิ์และคณะ, 2553 รายงานโครงการต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการแยกคัดมังคุดแบบไม่ทำลาย อาศัยหลักการทำงานด้วยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะโดยผลมังคุดจะถูกป้อนเข้าสู่ถังคัดแยกโดยการเทมังคุดลงถาดเอียงและขนส่งด้วยสายพานลำเลียง ถังคัดแยกบรรจุสารละลายที่ใช้คัดแยกทำให้มังคุดเนื้อแก้วให้จมลง ส่วนมังคุดเนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก กลไกควบคุมแบบย้อนกลับถูกออกแบบให้ควบคุมการไหลของสารละลายตัวกลางในการคัดแยกให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงซึ่งติดตั้งในถังคัดแยก ชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อม สัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้นเนื่องจากฝุ่นและสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลมังคุด อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วให้ดูดสารละลายจากถังสแตนเลสบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้ การลำเลียงออกของมังคุดเนื้อปกติโดยคนและลำเลียงมังคุดเนื้อแก้วที่จมด้วยตะกร้าตักผลมังคุดออกในแต่ละรอบ

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 รายงานโครงการทดสอบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะเชิงพาณิชย์และมีข้อแนะนำเกี่ยวกับความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยก โดยในฤดูร้อนควรใช้น้ำเปล่าในการคัดแยก และในฤดูฝนควรใช้สารละลายน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้สามารถคัดแยกผลมังคุดได้ถูกต้องมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งที่ความเข้มข้นดังกล่าวนี้สอดคล้องกับที่พ่อค้าบางรายมีการปฏิบัติ ตามความคิดเห็นจากการสำรวจหลังการสาธิตของผู้ประกอบการจำนวน 100 คน พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าเครื่องดังกล่าวมีประโยชน์ในระดับมากถึงปานกลาง ในอนาคตจะมี

การนำไปใช้หากมีการแก้ไขปรับปรุงเครื่องให้มีข้อจำกัดลดลง มีความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยกมากขึ้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงกว่าการคัดแยกโดยใช้คนของผู้ประกอบการล้งเล็กและล้งใหญ่เพียง 13 เปอร์เซ็นต์และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากแรงงานคนคัดของผู้ประกอบการจังหวัดจันทบุรีมีความชำนาญและประสบการณ์เฉพาะตัวโดยสังเกตจากลักษณะภายนอกของผลมังคุด เช่น ความสม่ำเสมอของสีผิว สีผิวผลผลิตปกติ เช่น สีแดงสดกว่าปกติ และมีวงกลมรอบก้นผล (กลีบเลี้ยง) ขั้วผลมีอาการฟูหรือเผยอเป็นต้น นอกจากนี้ในการทดสอบพบว่าควรพัฒนารูปแบบของเครื่อง เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการตักผลมังคุด วัสดุที่ใช้ในการทำสายพานลำเลียง และควรพัฒนาเครื่องให้สามารถรองรับผลผลิตปริมาณมากได้ และมีความยุ่งยากในการปฏิบัติงานลดลง การคัดแยกจะใช้เวลาส่วนใหญ่กับการตักผลผลิต และการที่ต้องทยอยเทผลมังคุดไม่สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่องได้ ดังนั้นจึงอาจเป็นข้อที่ควรปรับปรุงของเครื่อง (จรีรัตน์ และคณะ, 2555)

1. สูตรการคำนวณทางไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์กระแสสลับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สูตรการคำนวณทางไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์กระแสสลับ

ค่าที่ต้องการหา	ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current)	
	Single-Phase	Three-Phase
ต้องการหากระแสเมื่อทราบขนาดแรงม้า (Horsepower)	$\frac{HP \times 746}{E \times Eff \times pf}$	$\frac{HP \times 746}{1.73 \times E \times Eff \times pf}$
ต้องการหากระแสเมื่อทราบขนาดกิโลวัตต์ (kilowatts)	$\frac{Kw \times 1000}{E \times pf}$	$\frac{Kw \times 1000}{1.73 \times E \times pf}$
ต้องการหากระแสเมื่อทราบขนาดกิโลโวลท์-แอมป์ (kva)	$\frac{Kva \times 1000}{E}$	$\frac{Kva \times 1000}{1.73 \times E}$
ต้องการหาKilowatts	$\frac{I \times E \times pf}{1000}$	$\frac{1.73 \times I \times E \times pf}{1000}$
ต้องการหาKva	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{1.73 \times I \times E}{1000}$
ต้องการหาHorsepower = (Output)	$\frac{I \times E \times Eff \times pf}{746}$	$\frac{1.73 \times I \times E \times Eff \times pff}{746}$

ความหมายของอักษรย่อ

- I = Amperes
- E = Volts
- Eff = Efficiency
- pf = Power Factor
- Kva = Kilovolt-amperes
- Kw = Kilowatts

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1) ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคเบื้องต้น

2) ออกแบบ สร้างและทดสอบถังคัดแยกคุณภาพผลมังคุด

3) ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก

4) ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก

5) ออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนลอยออกจากถังคัดแยก

6) ทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมด้วยเสียงอัลตร้าโซนิค ทดลองประสิทธิภาพการคัดแยกโดยใช้ตัวอย่างมังคุดจำนวน 100 กิโลกรัม โดยทำการทดลองกับสารละลายความถ่วงจำเพาะ 0.997, 1.004, 1.011, 1.018 แล้ววัดผลมังคุดเนื้อปกติที่ลอยมายังส่วนมังคุดลอยน้ำ

7)) สรุป และรายงานผล

ผลการวิจัย (Results)

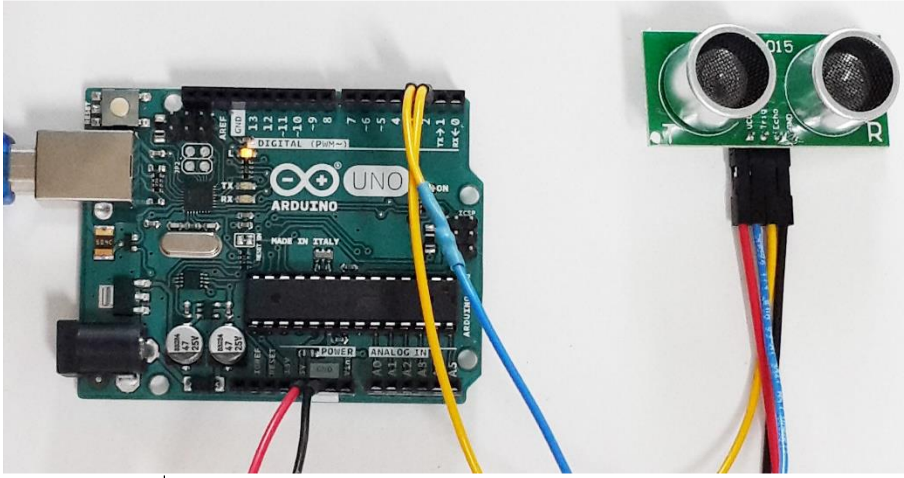
1) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคเบื้องต้น

หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความถ่วงจำเพาะคือหลังจากเตรียมสารละลายในถังบรรจุสารละลายแล้ว ปล่อยสารละลายเข้าไปในถังคัดแยก (ภาพที่ 3) เซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะประกอบด้วยส่วนที่ลอยในสารละลายได้ และเซ็นเซอร์ส่วนยึดติดกับที่ซึ่งมีเซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิคติดตั้งอยู่ ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ส่วนลอยได้บนสารละลายด้านบนครอบส่วนของเซ็นเซอร์ส่วนที่ยึดติดกับที่ เมื่อสารละลายมีความถ่วงจำเพาะมากขึ้นจากฝุ่นที่ติดมากลับผลมังคุด เซ็นเซอร์ที่ลอยได้จะยกตัวขึ้นทำให้ระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ทั้งสองลดลง เซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิคจะตรวจจับระยะห่างหรือความถ่วงจำเพาะที่เปลี่ยนไปได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสั่งให้ปล่อยสารละลายที่เตรียมไว้ในถังบรรจุสารซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าเข้ามาในถังคัดแยกเพื่อลดระดับความถ่วงจำเพาะของสารคัดแยกในถังคัดแยกให้ลดลงจนเท่ากับที่ตั้งไว้แต่แรกเริ่มแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งหยุดการปล่อยสารละลายเข้ามาในถังคัดแยก

ระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิก ออกแบบให้ใช้ โมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ซึ่งสามารถตรวจวัดระยะทางตั้งแต่ 2 เซนติเมตร มีความแม่นยำในการวัดระยะทาง 0.3 + 1% เซ็นติเมตร ซึ่งเหมาะสมที่จะนำใช้สร้างต้นแบบเซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะ โมดูลอัลตร้าโซนิกรุ่นนี้ใช้แรงจ่ายไฟ 5 โวลท์ ส่งสัญญาณสั่งงานไปทริก (Trig) และรับสัญญาณสะท้อนกลับเข้ามาประมวลผล โครงการได้ออกแบบวงจรเพื่อควบคุมโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตะกูลอาดูโน (Arduino) และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเบื้องต้น

ทดสอบต่อวงจรและเขียนโปรแกรมควบคุมโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณทริกที่ขา 3 เมื่อโมดูลอัลตร้าโซนิกรับสัญญาณทริกจะส่งคลื่นอัลตร้าโซนิกออกไปสะท้อนพื้นผิวแล้วสะท้อนสัญญาณอัลตร้าโซนิกกลับมาที่หัวรับเซ็นเซอร์ ขาที่ 2 ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนกลับ การคำนวณระยะทางคำนวณจากเวลาตั้งแต่ส่งจนถึงรับคูณความเร็วของคลื่นอัลตร้าโซนิกเดินทางในอากาศที่ 0.34 mm/uS แล้วหารด้วย

2 (ระยะทางไป-กลับ) ดังคำสั่งในบรรทัดที่ 19 โครงการฯ ใช้โมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ไปออกแบบเซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะ



ภาพที่ 4 ทดสอบต่อวงจรควบคุมโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015

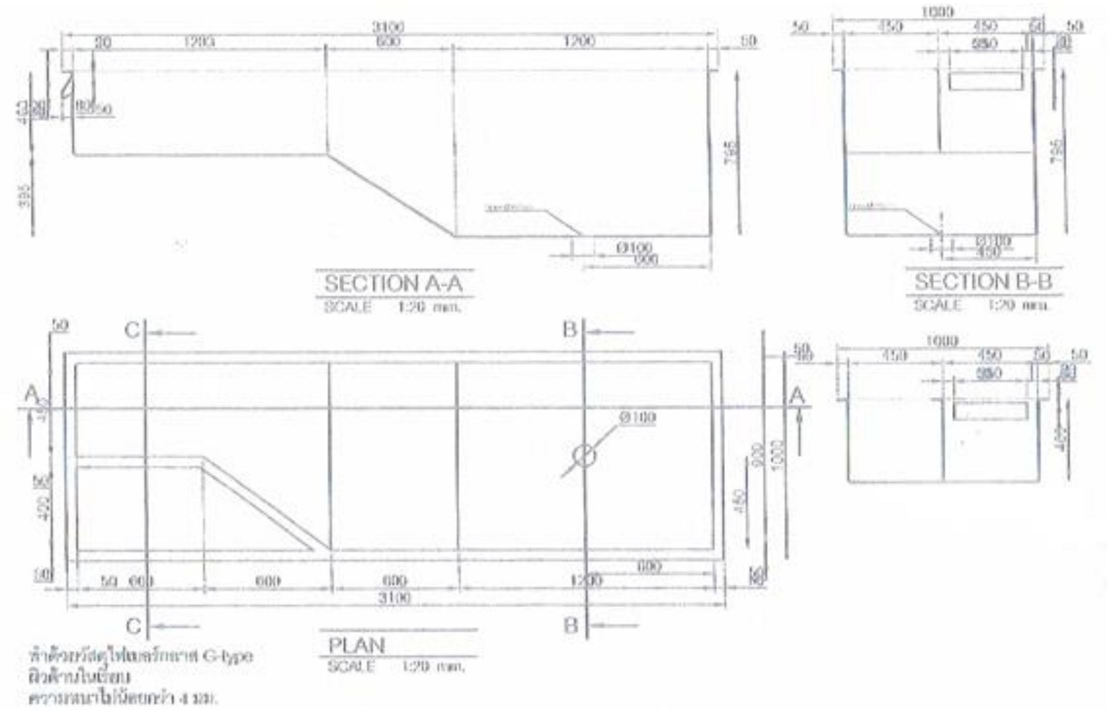
ตารางที่ 2 โปรแกรมโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 เบื้องต้น

บรรทัดที่	คำสั่ง
1	unsigned int EchoPin = 2;
2	unsigned int TrigPin = 3;
3	unsigned long Time_Echo_us = 0;
4	unsigned long Len_mm = 0;
5	void setup()
6	{ //Initialize
7	Serial.begin(9600);
8	pinMode(EchoPin, INPUT);
9	pinMode(TrigPin, OUTPUT);
10	}
11	void loop()
12	{
13	digitalWrite(TrigPin, HIGH);
14	delayMicroseconds(50);
15	digitalWrite(TrigPin, LOW);
16	Time_Echo_us = pulseIn(EchoPin, HIGH);
17	if((Time_Echo_us < 60000) && (Time_Echo_us > 1))
18	{

บรรทัดที่	คำสั่ง
19	Len_mm = (Time_Echo_us*34/100)/2;
20	Serial.print("Present Distance is: ");
21	Serial.print(Len_mm, DEC);
22	Serial.println("mm");
23	}
24	delay(1000);
25	}

2) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบถังคัดแยกคุณภาพผลมังคุด

โครงการฯ ได้ออกแบบถังคัดแยกดังภาพที่ 5 โดยออกแบบให้ใช้วัสดุเป็นไฟเบอร์กลาส เนื่องจากสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมไม่สามารถสร้างถังไฟเบอร์กลาสเองได้ อีกทั้งถังคัดแยกเป็นครุภัณฑ์จึงได้ดำเนินการขอเปลี่ยนงบดำเนินงานเป็นงบลงทุน และได้จัดซื้อจัดจ้างทำถังคัดแยกไฟเบอร์กลาส (ภาพที่ 6) และได้ดำเนินการสร้างฐานรองรับถังคัดแยก (ภาพที่ 7)



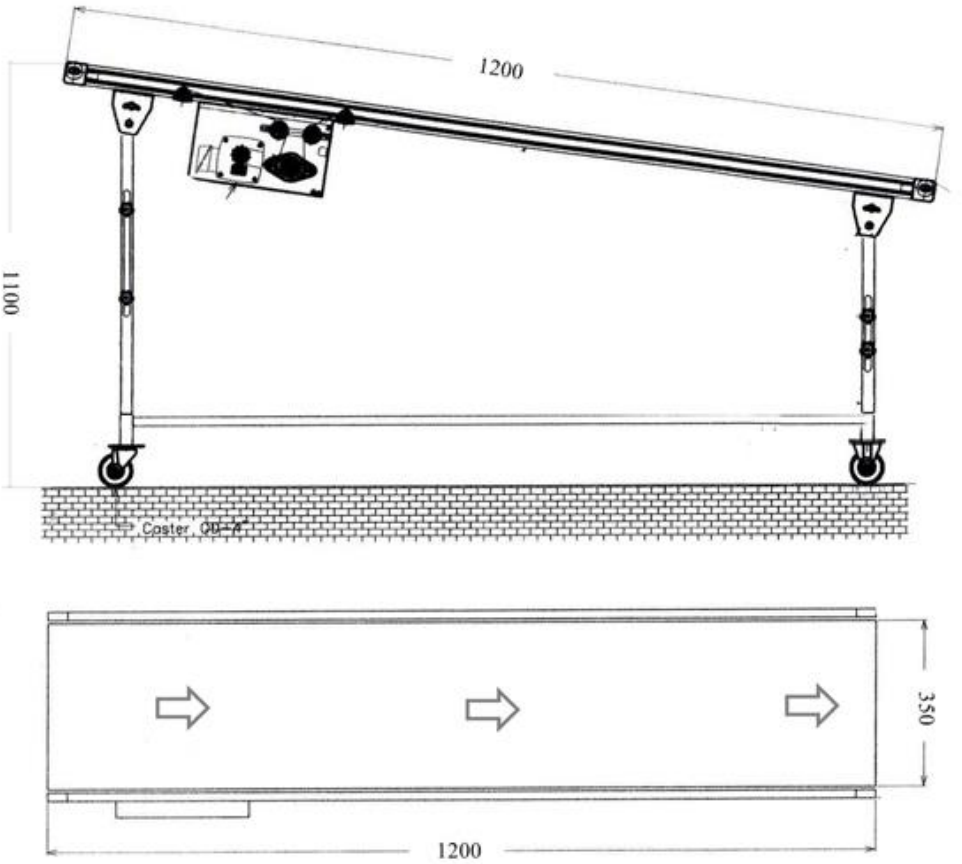
ภาพที่ 5 แบบถังคัดแยก

ภาพที่ 6 ต้นแบบถังคัดแยก

ภาพที่ 7 ฐานรองรับถังคัดแยก

3) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก

โครงการฯ ได้ออกแบบและสร้างระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก (ภาพที่ 8 – 9) และได้ทดสอบเบื้องต้นระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบเก่าและใหม่ (ภาพที่ 10 - 11) พบว่าระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบใหม่มีข้อดีกว่าหลายประการ เช่น เปลือกผลมังคุช้ำน้อยกว่า น้ำหนักของระบบลำเลียงเบากว่าของเดิมประมาณครึ่งหนึ่ง ความสูงของระบบลำเลียงเหมาะสมกับการใช้งานมากกว่า



ภาพที่ 8 แบบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก

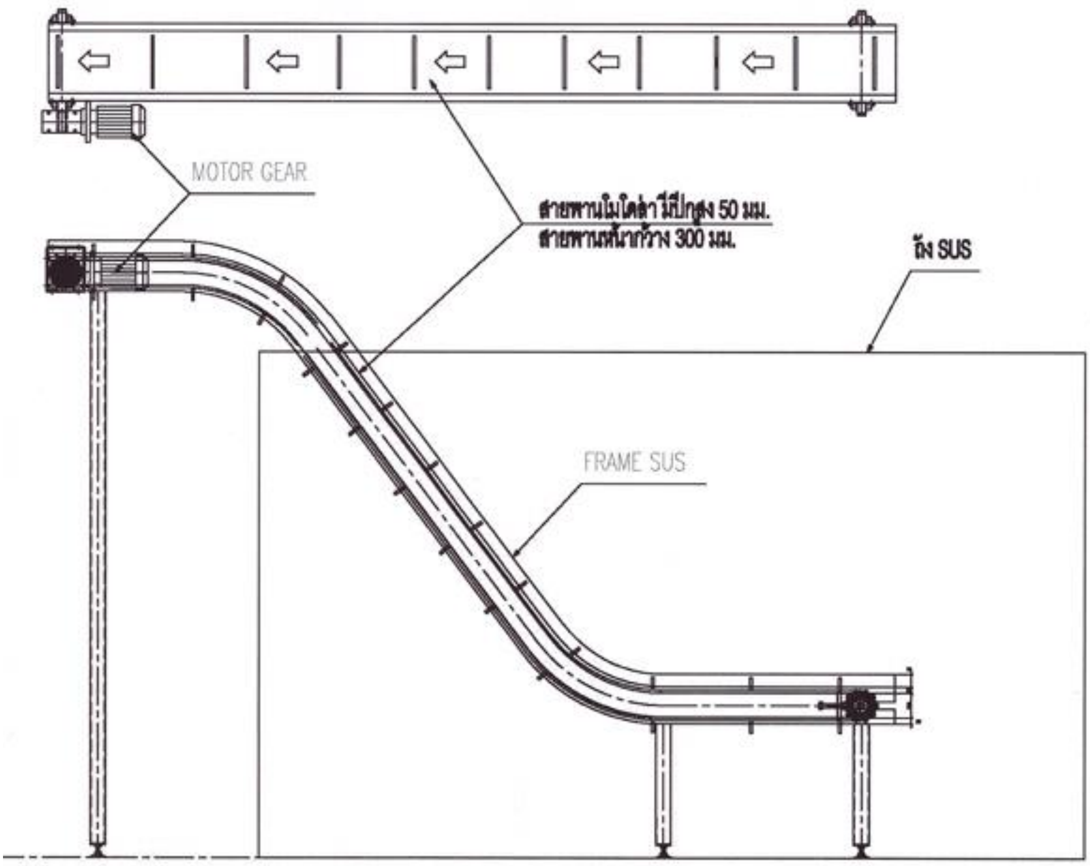
ภาพที่ 9 ต้นแบบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก

ภาพที่ 10 ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบเก่า

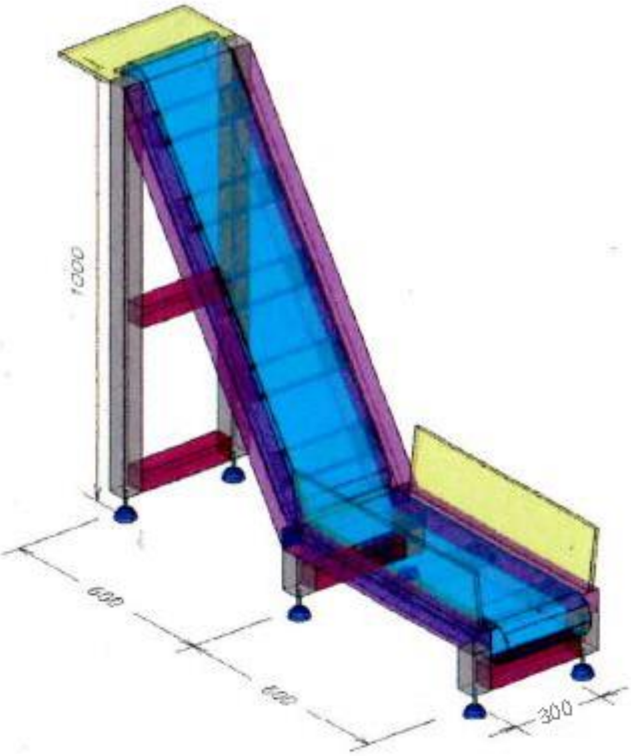
ภาพที่ 11 ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบใหม่

4) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก

โครงการฯ ได้ออกแบบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก (ภาพที่ 12 - 13) โดยออกแบบต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก มีขนาดกว้าง 40 เซ็นติเมตร ยาว 120 เซ็นติเมตร สูง 100 เซ็นติเมตร ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมหัวเกียร์อัตราทด 20 ต่อ 1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า ลูกกลิ้งลำเลียง (Drive Roller) สายพานลำเลียงโพลิโพรพิลีน (PP) เพื่อให้ทนต่อการใช้ในน้ำเกลือ โดยใช้สายพานลำเลียงแบบ HABSSIT Link Modular รุ่น M2533 เป็นตะแกรง 1 นิ้ว ใบตักกว้าง 3 นิ้ว ยาว 33 เซ็นติเมตร ระยะห่างระหว่างใบตัก 30.5 เซ็นติเมตร ล้อฟันเฟืองโพลิโพรพิลีน (Spocket) รุ่น MZ5S1203Q6-12T เส้นผ่าศูนย์กลาง 99 มิลลิเมตร ขับด้วยโซ่และล้อฟันเฟืองสแตนเลส มีส่วนป้อนสแตนเลสเพื่อให้มังคุดจมกลิ้งไปยังสายพานลำเลียงส่วนจม (ภาพที่ 14 -15) การทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยกเบื้องต้นพบว่ามีปัญหามังคุดหลุดไปใต้สายพานลำเลียงเนื่องจากมีช่องรูในจังหวะที่ใบตักยังไม่ได้ผ่านตรงจุดนี้ และมังคุดส่วนลอยหรือมังคุดดี ลอยมาปะปน (ภาพที่ 16) จึงแก้ปัญหาโดยใช้พลาสติกกระดกได้ปิดช่องดังกล่าว และใช้ตะแกรงสีเขียวให้อยู่หลังติดกับท่อพ่นน้ำกันมังคุดลอยน้ำเข้ามาปะปน (ภาพที่ 17 - 18) สามารถลำเลียงมังคุดลอยได้ 1,330 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 12 แบบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก



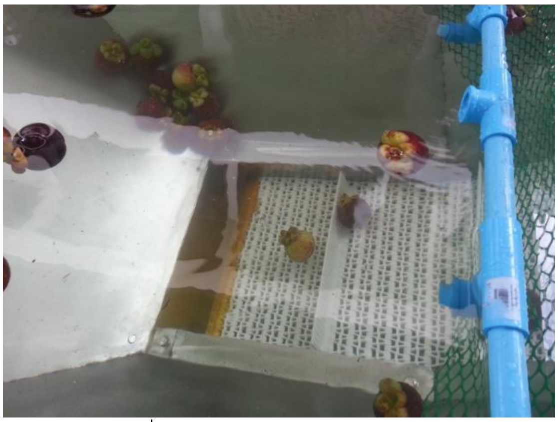
ภาพที่ 13 แบบสามมิติระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก

ภาพที่ 14 โครงสร้างของระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก

ภาพที่ 15 ล้อฟันเฟืองโพลิโพรพิลีน และ สายพานลำเลียงโพลิโพรพิลีน

ภาพที่ 16 ระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยกเบื้องต้น

ภาพที่ 17 ระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยกปรับปรุงแล้ว



ภาพที่ 18 พลาสติกกระดกได้ป้องกันมังคุดขัดใบตัก และตะแกรงกันการปนของมังคุดลอย

5) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนลอยออกจากถังคัดแยก

การออกแบบต้นแบบระบบคัดแยกคุณภาพมังคุดในส่วนของชุดลำเลียงมังคุดที่ลอยน้ำออกจากถังคัดแยก โดยเริ่มทดสอบเบื้องต้น มุมกองของมังคุด คือ 35 องศา (ภาพที่ 19) ออกแบบมุมใบตักให้มุมกองเป็น 45 องศา ชุดลำเลียงมังคุดลอยน้ำมีลักษณะเป็นกรงกระรอกทรงกระบอกติดใบตักมังคุดในแนวเฉียงตามมุมที่กำหนด มังคุดที่ตักขึ้นมาแล้วจะเคลื่อนที่ตามใบตักไปทางด้านข้าง ออกจากถังคัดได้พอดี กรงกระรอกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 เซ็นติเมตร ยาว 44 เซ็นติเมตร ติดใบตัก 2 ใบ ขนาดกว้าง 7 เซ็นติเมตร ทำมุมเฉียงหรือมุมเท 45 องศา และลองทดสอบหมุนกรงกระรอกด้วยมือ(ภาพที่ 20) ทำการปรับมุมใบตักเป็น 60 องศา เพื่อให้มังคุดไหลออกจากชุดลำเลียงได้หมดก่อนใบตักจะพลิกกลับไปด้านหลัง ใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 120 วัตต์ และควบคุมความเร็ว 10 รอบต่อนาที (ภาพที่ 21) แต่เนื่องจากมังคุดมีหลายขนาด จึงขยายขนาดใบตักเพื่อรองรับมังคุดขนาดใหญ่ โดยใช้ใบตักขนาด 10 เซ็นติเมตร ปรากฏว่ามังคุดเกิดการขัดกันเอง (ภาพที่ 22) จึงใส่รางที่ใบตัก ทำให้มังคุดไหลลงได้ดีขึ้น แต่ยังขัดกันเล็กน้อย (ภาพที่ 23) จึงเอาตะแกรงรูออก และทำให้ใบตักปรับขนาดใบได้ (ภาพที่ 24) ทำให้ประสิทธิภาพของสูงขึ้น และใช้คู่กับตะกร้าที่มีวัสดุรับแรง (ภาพที่ 25) เมื่อทำการทดสอบมังคุดด้วยการผ่าพิสูจน์ พบว่ามังคุดไม่ช้ำ และต้นแบบระบบคัดแยกคุณภาพมังคุดในส่วนของชุดลำเลียงมังคุดที่ลอยน้ำออกจากถังคัดแยกสามารถลำเลียงมังคุดได้ 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ภาพที่ 19 การทดสอบมุมกองของมังคุด

ภาพที่ 20 การทดสอบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยกเบื้องต้น

ภาพที่ 21 การทดสอบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยก

ภาพที่ 22 การทดสอบขยายใบตัก

ภาพที่ 23 การเสริมรางที่ใบตัก

ภาพที่ 24 เอาตะแกรงรูออก

ภาพที่ 25 ตะกร้ารองรับมังคุดลอย

6) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมด้วยเสียงอัลตร้าโซนิคแบบทำงานต่อเนื่องในฤดูการผลิตมังคุด

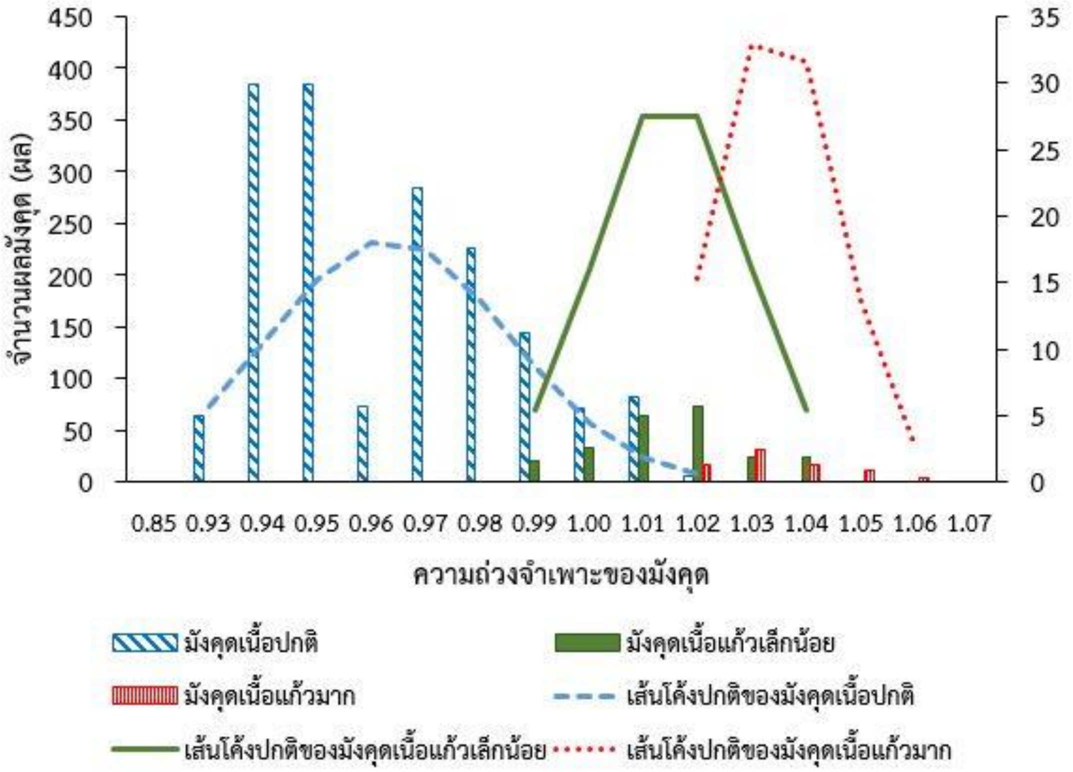
ประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ภาพที่ 26-28) จากการที่มังคุดที่เข้ามาในแต่ละล๊อตมีความถ่วงจำเพาะของมังคุดไม่เท่ากัน จรีรัตน์ และคณะ (2555) แนะนำการใช้เครื่องต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการว่าควรใช้น้ำเปล่าหากอยู่ในช่วงต้นฤดูเก็บเกี่ยวยังมีฝนน้อย แต่หากมีฝนตกสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ หรือหากสังเกตพบว่าเมื่อนำผลมังคุดเทลงในสารละลายแล้วมีปริมาณของผลมังคุดที่จมมากผิดปกติ ควรใช้สารละลายน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 5% (ความถ่วงจำเพาะ 1.04) ซึ่งจะทำให้สามารถคัดแยกผลมังคุดได้ถูกต้องมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งที่ความเข้มข้นดังกล่าวนี้สอดคล้องกับที่พ่อค้าบางรายมีการปฏิบัติตามการรายงานของ ดวงพร และคณะ (2552) ดังนั้นจึงควรทดสอบความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมก่อน หรือแล้วแต่การตกลงกันของเกษตรกรและผู้ประกอบการ

การทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกพิจารณาจากมังคุดส่วนที่ลอยมาเท่านั้น โดยการผ่าพิสูจน์มังคัดทั้งหมด ประสิทธิภาพการคัดแยกเท่ากับมังคุดปกติคูณร้อยหารด้วยมังคุดทั้งหมดที่ลอยมาในส่วนดี ในการทดลองตัวอย่างมังคุดล๊อตหนึ่ง โดยทำการทดลองกับสารละลายความถ่วงจำเพาะ 0.997, 1.004, 1.011, 1.018 พบว่ามีประสิทธิภาพการคัดแยก 98.46, 96.10, 96.21, 91.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ภาพที่ 29 และตารางที่ 3)

ภาพที่ 26 การทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่อง

ภาพที่ 27 การทดสอบประสิทธิภาพระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำออกจากถังคัดแยก

ภาพที่ 28 การทดสอบประสิทธิภาพระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก



ภาพที่ 29 กราฟแสดงจำนวนผลมังคุดที่ความถ่วงจำเพาะต่างๆ และการกระจายแบบปกติของมังคุดเนื้อปกติ มังคุดเนื้อแก้วเล็กน้อย และมังคุดเนื้อแก้วมาก

ตารางที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกมังคุด

ความถ่วงจำเพาะสารละลาย	ปริมาณเกลือที่ใส่	มังคุดทั้งหมด (กก.)	มังคุดในส่วนลอย (กก.)	มังคุดปกติในส่วนลอย (กก.)	ประสิทธิภาพการคัดแยก (%)
0.997	น้ำประปา	100	63.73	62.75	98.46
1.004	3 ถุง	100	70.39	67.65	96.10
1.011	6 ถุง	100	72.35	69.61	96.21
1.018	9 ถุง	100	82.75	75.29	91.00

หมายเหตุ ปริมาณเกลือที่ใส่เข้าไปในถังเตรียมสาร (น้ำประปา 1,500 ลิตร) โดยเกลือถุงละ 40 กิโลกรัม

อภิปรายผล (Discussion)

โครงการได้ดำเนินการออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคเบื้องต้น ถังคัดแยกคุณภาพผลมังคุด ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก ระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก ระบบลำเลียงมังคุดส่วนลอยออกจากถังคัดแยก และการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมด้วยเสียงอัลตร้าโซนิค บรรลุตามวัตถุประสงค์ และพบว่าต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิคมีประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนประสิทธิภาพการคัดแยกขึ้นอยู่กับการเลือกใช้สารละลายที่มีความถ่วงจำเพาะเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

โครงการมีการวิจัยและพัฒนาส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน ได้แก่ ชุดวัดและควบคุมความถ่วงจำเพาะ ถังคัดแยกคุณภาพ ต้นแบบระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยก ต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก และต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยกเพื่อทำงานต่อเนื่อง ประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนประสิทธิภาพการคัดแยกขึ้นอยู่กับการเลือกใช้สารละลายที่มีความถ่วงจำเพาะเหมาะสม

ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องควรมีการคำนวณความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ และนำไปขยายผลวิจัยและพัฒนาเชิงพาณิชย์ โดยร่วมมือกับสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร ในการเชิญผู้ประกอบการส่งออกมังคุดมาให้ความคิดเห็นติชมต้นแบบดังกล่าว ซึ่งเป็นการตอบสนองนโยบายส่งเสริมการส่งออกมังคุดคุณภาพดีเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออก เครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดที่มีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงสามารถควบคุมและจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้การซื้อขายมังคุดตามคุณภาพที่เป็นธรรมมากยิ่งขึ้น ควบคุมคุณภาพมังคุดส่งออกได้ดี สามารถเป็นเครื่องมือในการต่อรองและลดข้อโต้แย้งในทางการค้า

เอกสารอ้างอิง (References)

จรีรัตน์ มีพืชน์, ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์, ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร, ชูชาติ วัฒนวรรณ, รัตยา เกตุมาโร, และสุเมธ พากเพียร. (2555). รายงานเรื่องเต็ม โครงการทดสอบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะเชิงพาณิชย์. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. กรมวิชาการเกษตร.

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์, ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร, ปรีชา อานันท์รัตน์กุล, ยงยุทธ คงซ่าน และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. (2553). รายงานเรื่องเต็ม โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะ. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร : มังคุด, ISBN 974-403-187-5 [Internet document] URL http://www.acfs.go.th/standard/download/mungkud.pdf

Chaisrichonlathan, P. (2012). Quality grading of mangosteens using ultrasonic specific gravity sensor – based control system. (Disseriation). Pathumthani: Asian Institute of Technology

Chaisrichonlathan, P. and Noomhorm, A. (2011). Effects of harvesting seasons and maturity stage on internal characteristics of the mangosteen having different surface properties. International Journal of Food Science and Technology, 46, 717-723.

Chaisrichonlathan, P., Noomhorm, A. and Chavapradit, C (2010). Study on quality grading of mangosteen by ultrasonic specific gravity controlling system. Proceedings of 5th International Conference on Innovations in Food and Bioprocess Technology, Asian Institute of Technology, 7-9 December.

กรมการค้าต่างประเทศ. 2553. สถานการณ์การค้ามังคุด : http://www.dft.moc.go.th/the_files/$$16/level4/mangosteen53.doc. 26 กรกฎาคม 2553

กัมปนาท พรรณราย. 2547. การประเมินคุณภาพผลส้มและมังคุดแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคทางนิวเคลียร์ วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์. 2547. วิจัยและพัฒนาเครื่องวัดความแน่นเนื้อเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพมะม่วงมังคุด ในการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรวิศวกรรม ประจำปี 2547. ณ. โรงแรมการ์เด้น ซีวิว รีสอร์ท. ชลบุรี.

ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล. 2544. การพัฒนาและการตรวจจับอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลมังคุด. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,. 1 เล่ม (หน้าไม่เรียงลำดับ). (ว 124564) http://www.clib.psu.ac.th/acad_44/lchus1.htm

รังสินันท์ พอดี. 2541. วิธีการคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วแบบไม่ทำลายผลโดยใช้ความถ่วงจำเพาะและเอ็กซเรย์ คอมพิวท์โทโมกราฟ วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฤทธิศักดิ์ จริตงาม. 2543. การศึกษาวิธีการวัดเพื่อตรวจจับการเกิดยางและเนื้อแก้วขึ้นในผลมังคุด วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

ศิริวรรณ แดงฉ่ำ. 2543. กลไกการเกิดอาการเนื้อแก้วของผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-2.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2546. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, มกอช. 2-2526 มังคุด, กรุงเทพฯ. 1-4

สุรเชษฐ์ บุญรัตน์, บัณฑิต ทิพากร และโกสินทร์ จำนงไทย, ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และมาโกโตะ โอคุดะ. 2541. "วิธีตรวจสอบความแข็งของเนื้อมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้การส่งผ่านความยาวคลื่นช่วงใกล้อินฟราเรด" ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Mohsenin, N. N. (1970). Volume and Density. In: Physical properties of plant and animal materials. Pp. 66-76. New York, USA: Gordon and Breach Science.

ดวงพร อมัติรัตนะ ปัญจพร เลิศรัตน์ และ เสริมสุข สลักเพชร . 2552. ทดสอบวิธีการคัดแยกมังคุดคุณภาพแบบไม่ทำลายผลที่เหมาะสมในเชิงการค้า. รายงานเรื่องเต็ม. กรมวิชาการเกษตร