รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** :

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิค

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิค

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development on Automatic Quality Grading Machine of Mangosteen using Ultrasonic Specific Gravity Sensor – based Control System

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นางสาวปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร
   สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

   ผู้ร่วมงาน :

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

   สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

5. **บทคัดย่อ** :

มาตรฐานการส่งออกมังคุดคุณภาพ กำหนดให้ต้องคัดมังคุดเนื้อแก้วออก ผู้ประกอบการส่งออกมังคุดโดยทั่วไปคัดคุณภาพตามมาตรฐานด้วยวิธีความถ่วงจำเพาะซึ่งเป็นการคัดมังคุดเนื้อแก้วออกจากมังคุดเนื้อปกติครั้งละหลายผลแบบดั้งเดิมด้วยความถ่วงจำเพาะของน้ำหรือสารละลายเช่นน้ำเกลืออย่างไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นระบบคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายเป็นต้นแบบที่ควบคุมความ

ถ่วงจำเพาะของสารละลายในการคัดแยกให้คงที่และเป็นการคัดแยกอย่างต่อเนื่อง 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.

6. คำนำ :

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 หรือความหนาแน่นได้นำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อการรับซื้อผลมังคุดจากเกษตรกรเพื่อการส่งออก โดยเฉพาะไปยังประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีความต้องการมังคุดคุณภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยในทางปฏิบัติ หลังการรับซื้อจะมีการผ่าผลตรวจคุณภาพภายในทุกผล แล้วปิดด้วยเทป แช่เย็น และทำการบรรจุเพื่อการส่งออก (Chaisrichonlathan and Noomhorm, 2011)

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ศึกษา และพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายในการแยกคัดมังคุดแบบไม่ทำลาย อาศัยหลักการทำงานด้วยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะโดยผลมังคุดจะถูกป้อนแบบต่อเนื่องเข้าสู่ถังคัดแยกซึ่งบรรจุสารละลายที่ใช้คัดแยก มังคุดเนื้อแก้วให้จมลง ส่วนมังคุดเนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก กลไกควบคุมแบบย้อนกลับถูกออกแบบให้ควบคุมการไหลของสารละลายตัวกลางในการคัดแยกให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียงซึ่งติดตั้งในถังคัดแยก ชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อมสัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้นเนื่องจากฝุ่นและสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลมังคุด อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วให้ดูดสารละลายจากถังสแตนเลสบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้ (ชูศักดิ์และคณะ, 2554) ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดได้ถูกทดสอบเชิงพาณิชย์โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร ในโครงการทดสอบเครื่องคัดแยกคุณภาพมังคุดโดยความถ่วงจำเพาะเชิงพาณิชย์ และสำรวจความคิดเห็นหลังการสาธิตให้กับผู้ประกอบการส่งออกมังคุดสดจำนวน 100 คน พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าเครื่องดังกล่าวมีประโยชน์ เนื่องจากเครื่องมีการควบคุมความถ่วงจำเพาะทำให้สามารถคัดแยกมังคุดเนื้อดีออกจากมังคุดเนื้อแก้วได้ดีกว่าการคัดแยกด้วยสารละลายแบบเดิมซึ่งต้องใช้คนปรับความถ่วงจำเพาะของสารละลายในแต่ละรอบการคัดแยก และมีข้อเสนอให้ปรับปรุงเครื่องให้มีข้อจำกัดลดลง เช่น ควรพัฒนารูปแบบการลำเลียงผลผลิตออกจากถังคัดแยกซึ่งเดิมใช้ตะกร้าตักผลมังคุดในแต่ละรอบการคัดแยกให้สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ควรพัฒนาทั้งระบบลำเลียงผลมังคุดในส่วนป้อนเข้าถังคัดแยกและระบบลำเลียงมังคุดเนื้อแก้วที่จมและระบบลำเลียงมังคุดเนื้อปกติที่ลอยในสารละลายหลังการคัดแยก และเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยกมากขึ้น

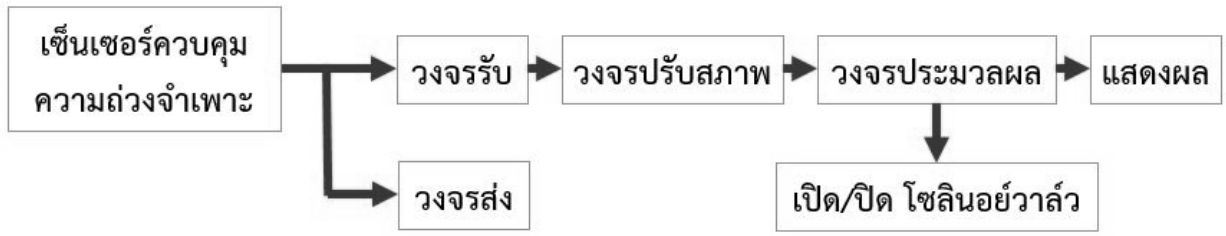
การวิจัยพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมแบบทำงานต่อเนื่องเป็นงานวิจัยต่อยอด โดยเน้นการพัฒนาชุดควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคทั้งระบบและซอฟแวร์เพื่อให้ชุดควบคุมสามารถควบคุมความถ่วงจำเพาะของสารละลายคัดแยกให้คงที่อย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของการคัดแยก และพัฒนาระบบลำเลียงผลมังคุดทั้งในส่วนป้อนเข้าและส่วนขนย้ายออกหลังการคัดแยก เพื่อให้ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ ลดความเสียหายคุณภาพมังคุดจากการขนถ่าย และมีประสิทธิภาพการคัดแยกมากขึ้น

7. วิธีดำเนินการ :

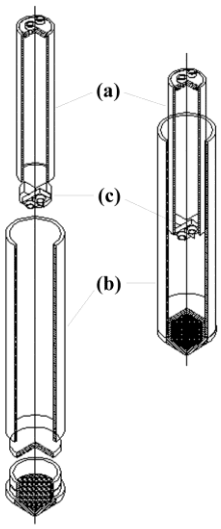
- อุปกรณ์ - เพลาสแตนเลส สแตนเลสแผ่น สเตนเลสฉาก ลูกปืน คลัปปลิ้ง สายพานพลาสติกทดน้ำเกลือ โซ่สแตนเลส เฟืองโซ่สแตนเลส ขาฉิ่งปรับระดับ มอเตอร์เกียร์ทด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มังคุด เกลือ

- วิธีการ -

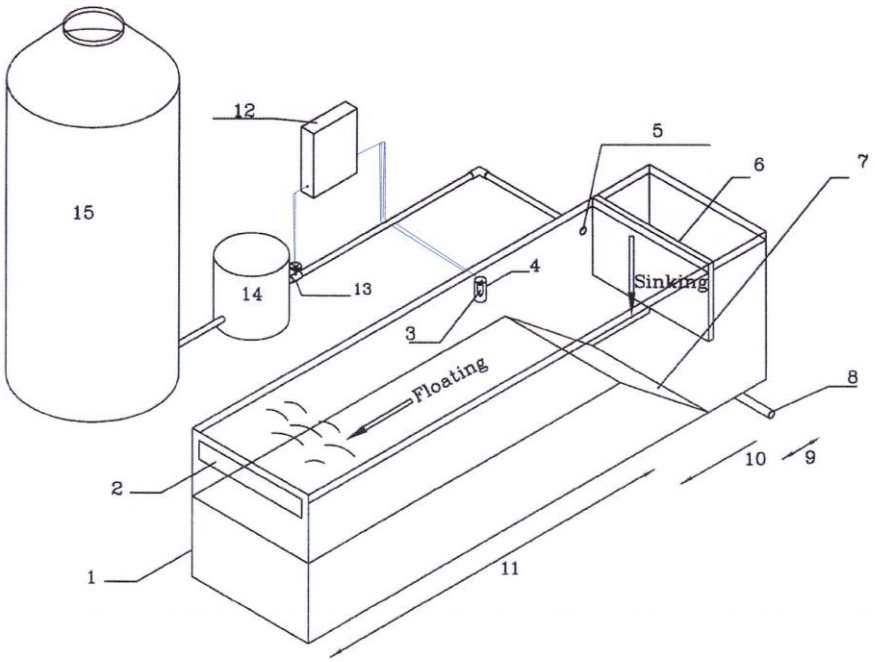
ระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิค ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิค วงจรส่งและรับสัญญาณ วงจรปรับสภาพ วงจรประมวลผลและหน่วยแสดงผล (ภาพที่ 1) เซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนสะท้อนแสงลอยน้ำได้และส่วนเซ็นเซอร์วัดระยะทางตรวจจับระยะการลอยซึ่งเปลี่ยนแปลงตามความถ่วงจำเพาะของสารละลายคัดแยก (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 ส่วนมังคุดเนื้อปกติจะลอยและถูกพาไปยังทางออก กลไกควบคุมแบบย้อนกลับถูกออกแบบให้ควบคุมการไหลของสารละลายตัวกลางในการคัดแยกให้มีค่าความถ่วงจำเพาะคงที่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมแบบเสียง ซึ่งติดตั้งในถังคัดแยกชุดควบคุมลอยอย่างอิสระในอุปกรณ์ป้องกันคลื่นกระเพื่อมสัญญาณจากชุดควบคุมถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายที่ใช้คัดแยกสูงขึ้นเนื่องจากฝุ่น

และสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลมังคุด อุปกรณ์ควบคุมจะสั่งให้เปิดโซลินอยด์วาล์วให้ดูดสารละลายจากถังสแตนเลสบรรจุสารละลายเข้ามาปรับค่าความถ่วงจำเพาะจนถึงค่าที่กำหนดไว้
เพื่อปรับปรุงต้นแบบดังกล่าว โครงการวิจัยนี้จึงมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

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

- เวลาและสถานที่ - ปีงบประมาณ 2558 – 2559

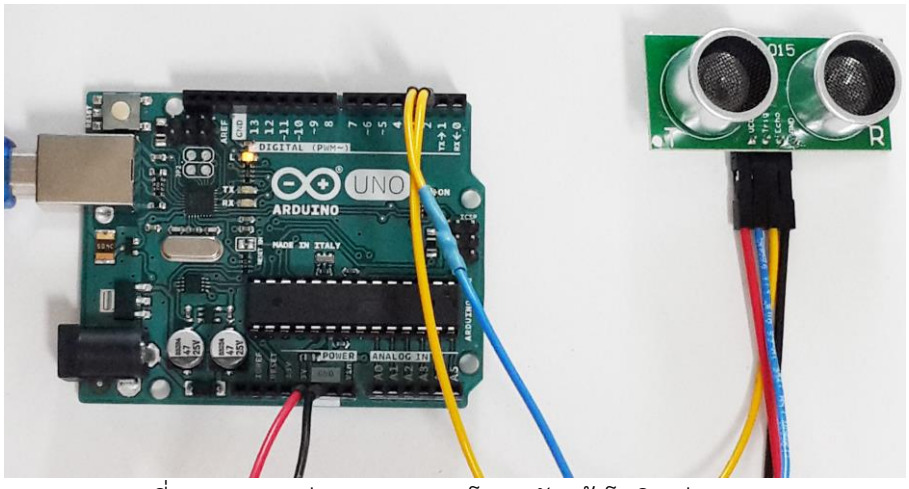
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิคเบื้องต้น

ระบบควบคุมความถ่วงจำเพาะแบบเสียงอัลตร้าโซนิก ออกแบบให้ใช้ โมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 ซึ่งสามารถตรวจวัดระยะทางตั้งแต่ 2 เซนติเมตร มีความแม่นยำในการวัดระยะทาง 0.3 + 1% เซ็นติเมตร ซึ่งเหมาะสมที่จะนำใช้สร้างต้นแบบเซ็นเซอร์ควบคุมความถ่วงจำเพาะ โมดูลอัลตร้าโซนิกรุ่นนี้ ใช้แรงจ่ายไฟ 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

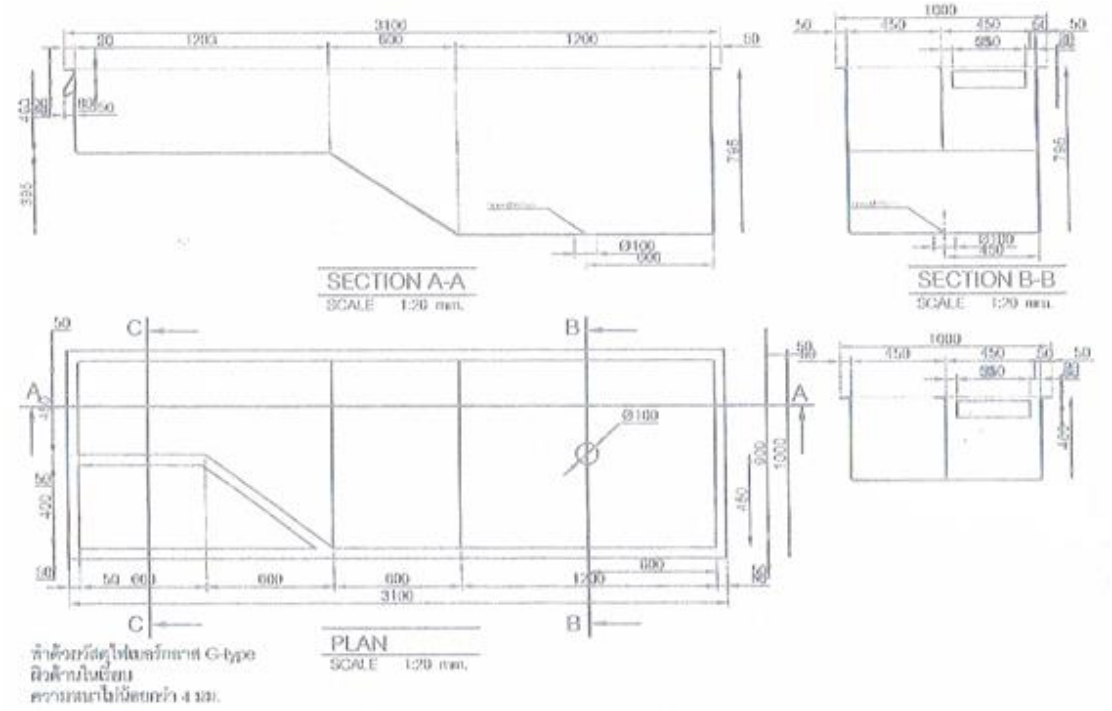
ตารางที่ 2 โปรแกรมโมดูลอัลตร้าโซนิก รุ่น US-015 เบื้องต้น

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	{
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");

บรรทัดที่	คำสั่ง
23	}
24	delay(1000);
25	}

2) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบถังคัดแยกคุณภาพผลมังคุด

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



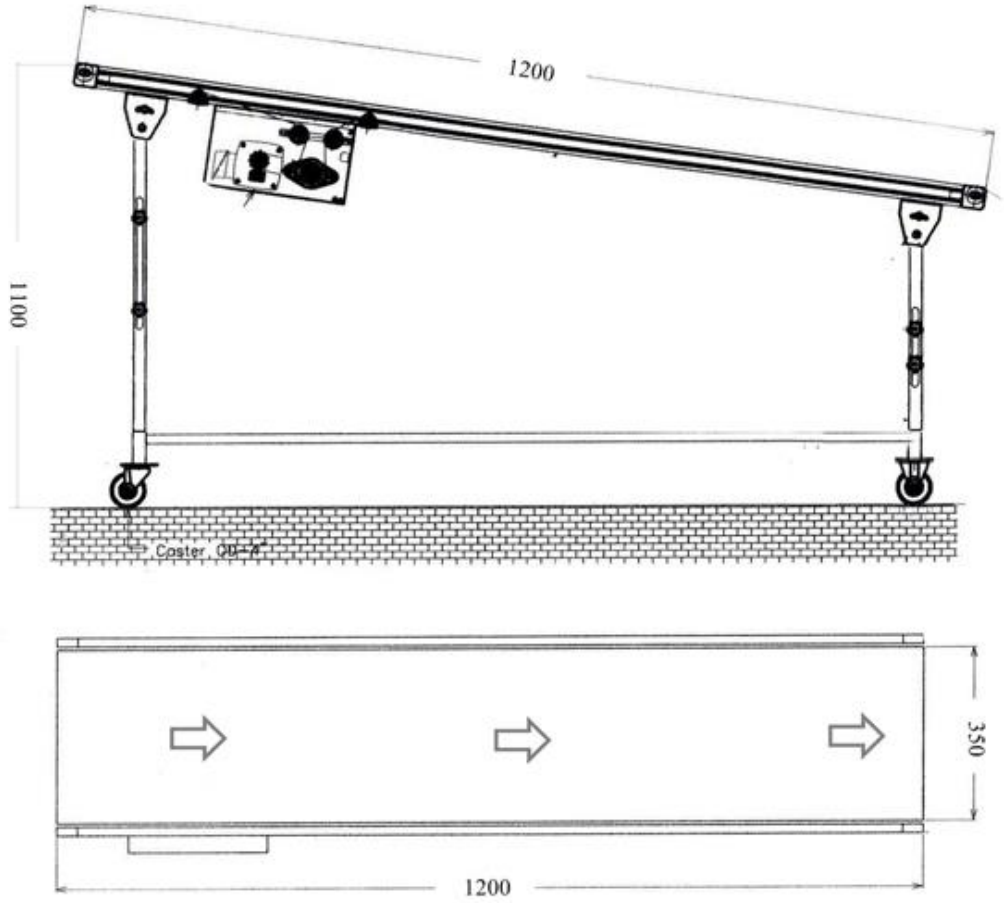
ภาพที่ 5 แบบถังคัดแยก

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

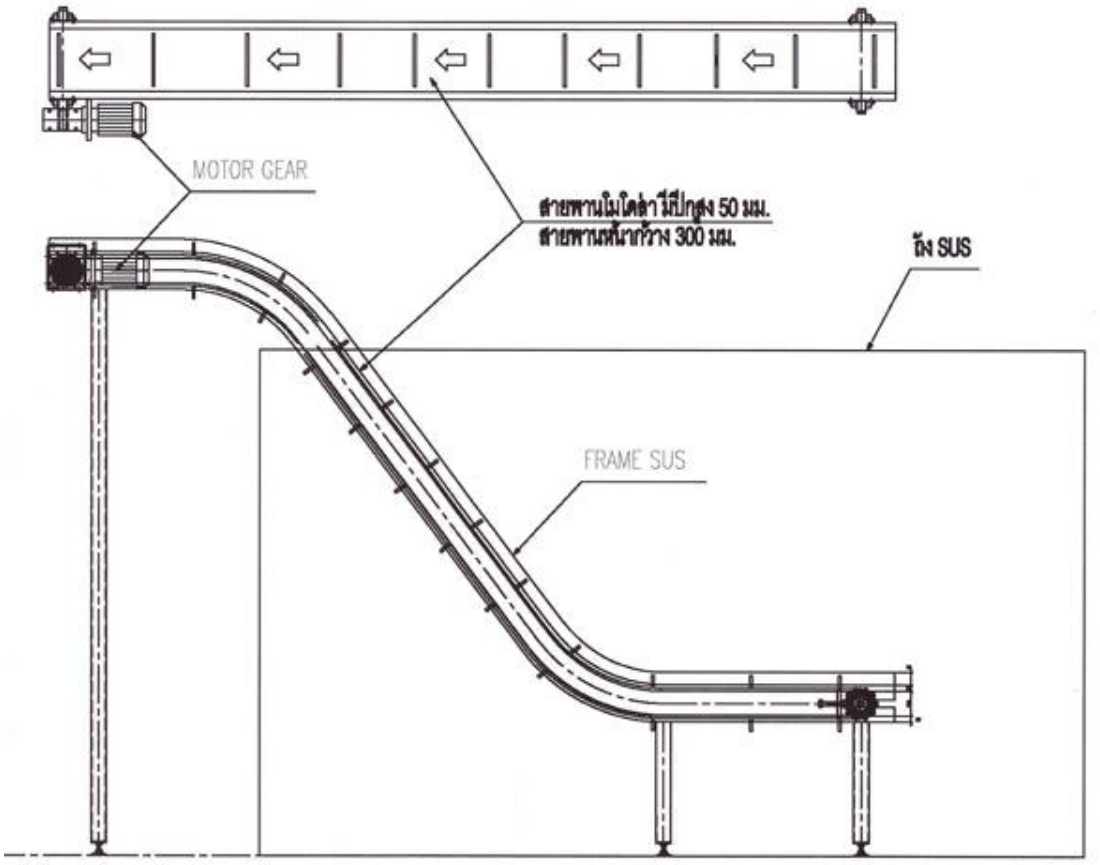
ภาพที่ 10 ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบเก่า

ภาพที่ 11 ระบบลำเลียงมังคุดเข้าถังคัดแยกแบบใหม่

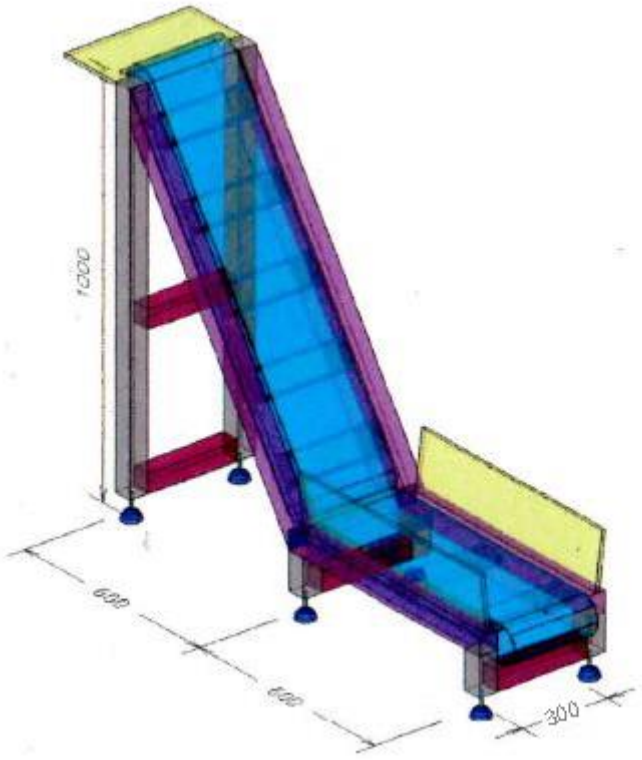
4) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก

โครงการฯ ได้ออกแบบระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก (ภาพที่ 12 - 13) โดยออกแบบต้นแบบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนจมน้ำในถังคัดแยก มีขนาดกว้าง 40 เซ็นติเมตร ยาว 120 เซ็นติเมตร สูง 100 เซ็นติเมตร ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมหัวเกียร์อัตราทด 20 ต่อ 1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์

ไฟฟ้า 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

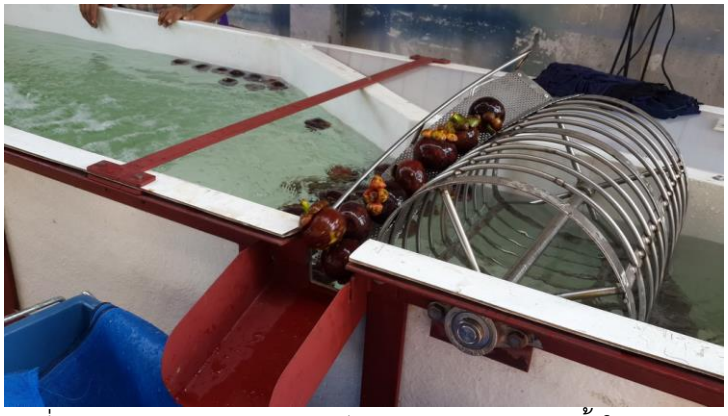
ภาพที่ 18 พลาสติกกระดกได้ป้องกันมังคุดขัดใบตัก และตะแกรงกันการปนของมังคุดลอย

5) ผลการออกแบบ สร้างและทดสอบระบบลำเลียงมังคุดส่วนลอยออกจากถังคัดแยก

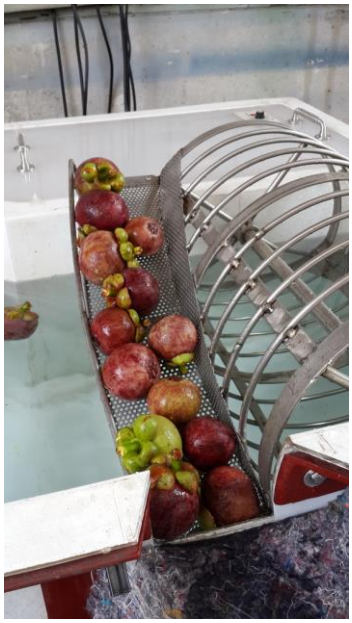
การออกแบบต้นแบบระบบคัดแยกคุณภาพมังคุดในส่วนของชุดลำเลียงมังคุดที่ลอยน้ำออกจากถังคัดแยก โดยเริ่มทดสอบเบื้องต้น มุมกองของมังคุด คือ 35 องศา (ภาพที่ 19) ออกแบบมุมใบตักให้มุมกองเป็น 45 องศา ชุดลำเลียงมังคุดลอยน้ำมีลักษณะเป็นกรงกระรอกทรงกระบอกติดใบตักมังคุดในแนวเฉียงตามมุมที่กำหนด มังคุดที่ตักขึ้นมาแล้วจะเคลื่อนที่ตามใบตักไปทางด้านข้าง 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

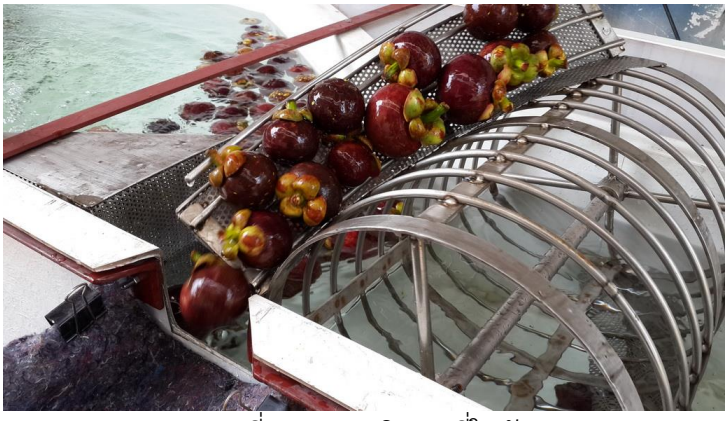
ภาพที่ 20 การทดสอบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยกเบื้องต้น



ภาพที่ 21 การทดสอบระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำในถังคัดแยก



ภาพที่ 22 การทดสอบขยายใบตัก



ภาพที่ 23 การเสริมรางที่ใบตัก

ภาพที่ 24 เอาตะแกรงรูออก

ภาพที่ 25 ตะกร้ารองรับมังคุดลอย

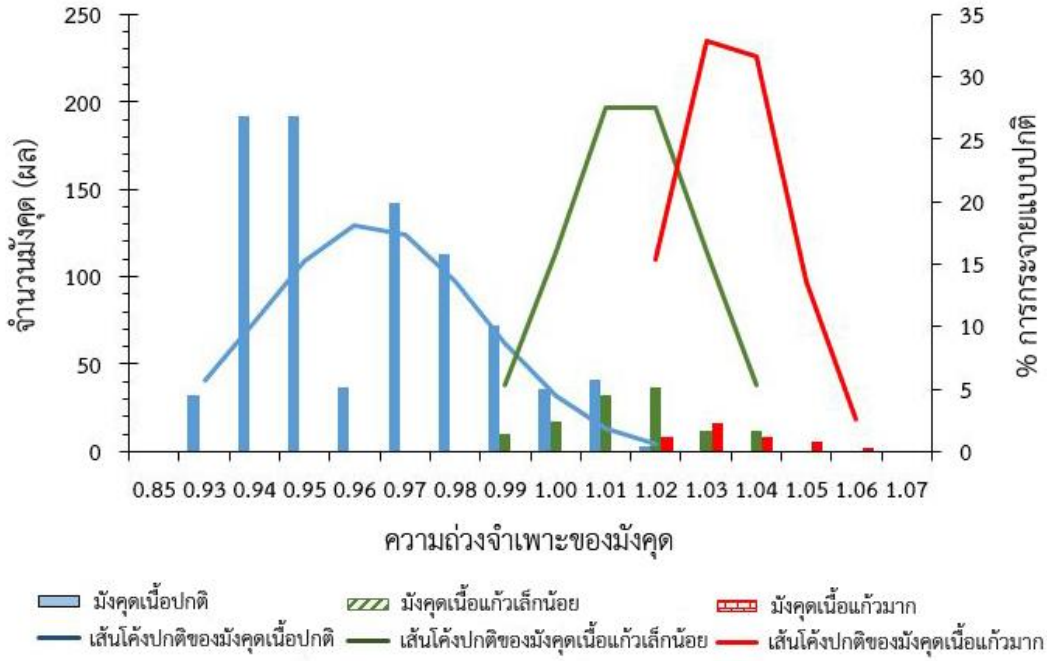
6) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยอุปกรณ์ควบคุมด้วยเสียงอัลตร้าโซนิคแบบทำงานต่อเนื่องในฤดูการผลิตมังคุด

ประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่องขึ้นอยู่กับปริมาณมังคุดปกติและมังคุดเนื้อแก้วที่เข้ามาในแต่ละล๊อตโดยสามารถคัดแยกได้ 800 – 2,130 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ภาพที่ 26-28) จากการที่มังคุดที่เข้ามาในแต่ละล๊อตมีความถ่วงจำเพาะของมังคุดไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมก่อน หรือแล้วแต่การตกลงกันของเกษตรกรและผู้ประกอบการ ในการทดลองตัวอย่างมังคุดล๊อตหนึ่ง โดยทำการทดลองกับสารละลายความถ่วงจำเพาะ 0.997, 1.004, 1.011, 1.018 พบว่ามีประสิทธิภาพการคัดแยก 98.46 – 91.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 29 และตารางที่ 3)

ภาพที่ 26 การทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกของต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายทำงานต่อเนื่อง

ภาพที่ 27 การทดสอบประสิทธิภาพระบบลำเลียงผลมังคุดส่วนลอยน้ำออกจากถังคัดแยก

ภาพที่ 28 การทดสอบประสิทธิภาพระบบลำเลียงมังคุดส่วนจมออกจากถังคัดแยก



ภาพที่ 29 กราฟแสดงจำนวนผลมังคุดที่ความถ่วงจำเพาะต่างๆ และการกระจายแบบปกติของมังคุดเนื้อปกติ มังคุดเนื้อแก้วเล็กน้อย และมังคุดเนื้อแก้วมาก

ตารางที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกมังคุด

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

7) **สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ** :

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

ต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายแบบต่อเนื่องควรมีการคำนวณความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ และนำไปขยายผลวิจัยและพัฒนาเชิงพาณิชย์ โดยร่วมมือกับสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร ในการเชิญผู้ประกอบการส่งออกมังคุดมาให้ความคิดเห็นติ

ชมต้นแบบดังกล่าว ซึ่งเป็นการตอบสนองนโยบายส่งเสริมการส่งออกมังคุดคุณภาพดีเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออก เครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดที่มีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงสามารถควบคุมและจัดการปัญหามังคุดเนื้อแก้วเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้การซื้อขายมังคุดตามคุณภาพที่เป็นธรรมมากยิ่งขึ้น ควบคุมคุณภาพมังคุดส่งออกได้ดี สามารถเป็นเครื่องมือในการต่อรองและลดข้อโต้แย้งในทางการค้า

8) **การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :**

ผลงานวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์ได้แบบและต้นแบบเครื่องคัดแยกคุณภาพผลมังคุดโดยค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัลตร้าโซนิคทำงานต่อเนื่อง และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม ศูนย์วิจัยพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร เกษตรกร ผู้ประกอบการรับซื้อมังคุด ผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์

9) **คำขอบคุณ (ถ้ามี)** **:** -

10) **เอกสารอ้างอิง** **:**

จรีรัตน์ มีพืชน์, ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์, ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร, ชูชาติ วัฒนวรรณ, รัตยา เกตุมาโร, และ สุเมธ 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. วิจัยและพัฒนาเครื่องวัดความแน่นเนื้อเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพมะม่วง มังคุด 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. วิธีการคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วแบบไม่ทำลายผลโดยใช้ความถ่วงจำเพาะและเอ็กซเรย์คอมพิวท์โทโมกราฟ 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.

ภาคผนวก :