เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

Marigold Flower Size Sorting Machine

ขวัญชัย เสวีนันท์[1], หทัยรัตน์ เกตุมณีชัยรัตน์[2*], โสภิดา ท้วมมี[3]

Kwanchai Saeweenan[1], Hathairat Ketmaneechairat[2*], Sopida Tuammee[3]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

[2,3]ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

[1]Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok

[2,3]Department of Information and Production Technology Management,
College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology, Bangkok

[*]Corresponding author email: hathairat.k@cit.kmutnb.ac.th

Received 25 Jan 2025 Revised 13 Feb 2025 Accepted 03 Apr 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง เพื่อแก้ไขปัญหาการคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองให้ใช้ระยะเวลาในการคัดแยกขนาดลดลง รวมถึงลดความผิดพลาดจากการคัดแยก เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองออกแบบให้มีขนาดโดยรวมเท่ากับ ความกว้าง x ความยาว x ความสูง ประมาณ 1,211 x 2,450 x 1,546 มิลลิเมตร ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญหลายส่วน ดังนี้ ชุดโครงเครื่อง ชุดถาดเขย่า ชุดลำเลียงและคัดแยกขนาด ชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง ชุดรองรับ ชุดควบคุมการทำงาน เป็นต้น ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองสามารถคัดแยกขนาดดอก ได้ 3 ขนาด อัตราการคัดแยกดอกดาวเรืองคือ 100 ดอก ภายใน 3 นาที มีความผิดพลาดของการคัดแยกไม่เกินร้อยละ 15 และนับจำนวนดอกดาวเรืองได้แม่นยำ โดยนับเกินได้อยู่ในร้อยละ 15 ของดอกที่นับทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: เครื่องคัดแยก ขนาดดอกดาวเรือง การออกแบบและการสร้าง ประสิทธิภาพ

Abstract

This research aims to design and develop a marigold flower size sorting machine to enhance efficiency in size classification and reduce sorting errors. The marigold flower size sorting machine is designed with overall dimensions of approximately 1,211 x 2,450 x 1,546 mm (Width x Length x Height) and consists of several key components, including the machine frame, vibrating tray unit, conveying and sorting unit, direction adjustment unit, receiving unit, and control unit. The performance test results of the marigold flower size sorting machine showed that it can classify marigold flowers into three different sizes. The sorting rate is 100 flowers within 3 minutes, with a sorting error not exceeding 15%. Additionally, the machine can accurately count the number of marigold flowers, with an overcounting error within 15% of the total counted flowers. These results align with the research objectives.

Keywords: Sorting Machine, Marigold Flower Size, Design and Creating, Efficiency

1. บทนำ

ดาวเรือง เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่มีปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากปลูกง่าย โตเร็ว คงทนต่อสภาพแวดล้อม มีสีสันสดใส ดอกมีลักษณะกลม สวยงาม กลีบดอกจัดเรียงเป็นระเบียบ กลีบดอกยึดแน่นกับฐานดอก ไม่หลุดง่าย อายุการใช้งานนาน ประมาณ 7-10 วัน นอกจากนี้ ดาวเรืองยังเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 60-70 วัน ก็สามารถตัดจำหน่ายได้ รวมทั้งดาวเรืองยังเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีทุกสภาพพื้นที่และทุกฤดูกาลของประเทศ (ปรีชาวุฒิ พลัดทองศรี และ ณัฐา โพธาภรณ์, 2559 : หน้า 95-99) และเป็นไม้ดอกที่สามารถทำรายได้ให้กับผู้ปลูกเป็นอย่างดี มีความต้องการของตลาดสูง ราคาไม่ตก ขายได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ประดับตกแต่งสถานที่เพื่อความสวยงาม นำมาทำพวงมาลัยและจัดแจกันดอกไม้ที่สามารถใช้ได้กับงานเทศกาล งานพิธีทำบุญ ใช้ป้องกันแมลง รวมถึงใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ เป็นต้น จากข้อมูลการผลิตตั้งแต่ปี 2565 - ปัจจุบัน พบว่าแนวโน้มการผลิตลดลงร้อยละ 7.40 ต่อปี ทั้งพื้นที่การผลิตและผลผลิต ส่วนปริมาณการส่งออกลดลงแต่ความต้องการของตลาดภายในประเทศเพิ่มขึ้น เห็นได้จากราคาที่ปรับตัวสูงขึ้นและปริมาณนำเข้ามากขึ้น จากประเทศเยอรมัน อินเดีย และเนเธอร์แลนด์ ในอัตราร้อยละ 132 ต่อปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2568)

เกษตรกร ต.มุกดาหาร อ.เมือง จ.มุกดาหารประกอบอาชีพเพาะปลูกดอกดาวเรืองส่งออกขาย ซึ่งมีวิธีการเพาะปลูกดาวเรืองแล้วตัด จากนั้นมาทำการคัดแยกขนาดของดอกเพื่อส่งออกขาย แต่เนื่องด้วยในปัจจุบัน หากมีการสั่งซื้อดอกดาวเรืองจำนวนมาก จะไม่สามารถรับยอดสั่งซื้อได้ทั้งหมด ถึงแม้ดอกดาวเรืองมีเพียงพอต่อการส่งออก แต่ติดปัญหาในส่วนของกำลังคนในการคัดแยกดอกดาวเรืองหลังจากการตัดซึ่งใช้ระยะเวลานาน อีกทั้งทุกขั้นตอนยังใช้คนในทุกกระบวนการเก็บเกี่ยวและต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ในการทำงานของเกษตรกร ซึ่งหากเกษตรกรขาดความชำนาญและทักษะยิ่งจะทำให้กระบวนการตัดและคัดแยกใช้เวลานานมากยิ่งขึ้น และยังมีโอกาสคัดแยกขนาดดอกผิดพลาด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ภูมินทร์ และ ณัฐกร (2562) ได้ทำการพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อจากโปรแกรมวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยสามารถวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรืองได้ 4 ขนาด ในงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบสายพานคัดแยกดอกดาวเรืองขึ้น โดยประกอบด้วยชุดสายพาน 2 ชุด ได้แก่ ชุดสายพานวางและบีบดอกดาวเรือง และชุดสายพานคัดแยกดอกดาวเรือง ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

ด้วยบอร์ดราสเบอรี่พายรุ่น 3 โมเดลบี (Raspberry pi 3 Model B) และรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมกับชุดสายพานผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระยะใกล้หรือโมดูลบูลทูธ (Bluetooth Module) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง พบว่า (1) ความถูกต้องในการวิเคราะห์ขนาดของดอกดาวเรือง มีความถูกต้องอยู่ที่ 97.2 เปอร์เซ็นต์ (2) การทดลองการทำงานของเซนเซอร์และแขนผลักทั้ง 4 ตัว พบว่า ต้องปรับมุมแต่ละตัวอยู่ที่ 110, 90, 90 และ 90 องศา ตามลำดับจึงจะเหมาะสม (3) การทดลองการทำงานภาพรวมร่วมกับการวิเคราะห์ขนาดดาวเรืองทั้งระบบ มีความถูกต้องอยู่ที่ 73.33 เปอร์เซ็นต์ และ (4) การทดลองด้านเวลาในการประมวลต่อดอกเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาที

สุทธิดา และคณะ (2563) ได้จัดทำเครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว ผลการหาประสิทธิภาพความถูกต้องในการคัดแยกสีและขนาด คิดเป็นร้อยละ 83.33 และผลการหาประสิทธิภาพความถูกต้องของการแยกขนาดของลูกมะนาว คิดเป็นร้อยละ 79.33 และสามารถสรุปผลวัดความเร็วในการคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว จากการวัดหาความเร็วในการคัดแยกจานวนลูกมะนาว ทั้งหมด 5 รอบ ได้ค่าเฉลี่ย 14.80 ลูกต่อนาที

วรวุฒิ กังหัน และคณะ (2563) ได้สร้างเครื่องคัดแยกเกรดแตงโมอัตโนมัติโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนัก โดยเครื่องคัดแยกเกรดดังกล่าว แตงโมจะถูกส่งไปตามสายพานลำเลียง สามารถตั้งค่าน้ำหนักผ่านทางจอทัชสกรีน โดยมีการตรวจจับน้ำหนัก โดยใช้โหลดเซลล์ หลังจากนั้นส่งสัญญาณไปยังระบบ Programmable Logic Controller (PLC) จะทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการไปเปิดช่องรับสำหรับคัดแยกเกรดแตงโมตามเกรดที่กำหนดไว้ในผลการทดสอบเครื่องคัดแยกเกรดแตงโมโดยวัดเป็นค่าความผิดพลาดการทดลองมีการตั้งค่าน้ำหนักที่ทำการทดสอบจากตัวอย่าง 3 เกรด ใช้แตงโมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 135 ผล ได้ผลของค่าความผิดพลาดเกรดที่ 1 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด 0.00%

สุรเทพ แป้นเกิด และคณะ (2565) ได้พัฒนาเครื่องคัดแยกน้ำหนักและสีมะม่วงอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทดสอบเครื่องพบว่า การทดสอบคัดเกรดมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีความผิดพลาด เท่ากับ 0.00% และการคัดแยกความสุก ดิบ มีความผิดพลาดเท่ากับ 0.00% ส่วนมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ผลการทดสอบคัดเกรดมะม่วงมีความผิดพลาด เท่ากับ 3% และการคัดแยกความสุก ดิบ มีความผิดพลาด เท่ากับ 3%

Sethy และคณะ (2019) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง การตรวจจับและนับจำนวนดอกดาวเรืองโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอระเบียบวิธีที่สามารถตรวจจับและนับจำนวนดอกดาวเรืองได้สำเร็จ โดยใช้การแปลงสีแบบ HSV และการแปลงฮัฟแบบ

วงกลม (Circular Hough Transform: CHT) ระเบียบวิธีที่นำเสนอถูกนำไปใช้กับดอกดาวเรืองที่ถ่ายภาพในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง โดยมีค่าเฉลี่ยของข้อผิดพลาดอยู่ที่ 5%

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่องานทางด้านการเกษตรเช่นเดียวกัน เพื่อลดต้นทุนแรงงาน ลดระยะเวลา ทักษะและประสบการณ์ในการทำงาน และปัญหาต่าง ๆ จากแรงงาน แต่ในกระบวนการออกแบบแต่ละเครื่องจักรไม่พบการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการทำงานย่อยเพื่อตอบโจทย์ผู้ใช้งานอย่างแท้จริง ดังนั้น คณะผู้วิจัย จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองด้วยการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมของแต่ละกระบวนการทำงานย่อยตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านเกษตรกรรม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกร ในเรื่องการขาดแคลนแรงงาน การลดระยะเวลาในการคัดแยก ลดรายจ่ายในการจ้างแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

(2) เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการออกแบบและเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง คณะผู้จัดทำได้มีวิธีการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ คือ (1) ศึกษาปัญหา และหาข้อมูลต่างๆ (2) การวิเคราะห์และกำหนดการออกแบบ (3) การคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง และ (4) การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก ตามลำดับ

3.1 ศึกษาปัญหาและหาข้อมูลต่างๆ

กรณีศึกษา คือ ตัวแทนเกษตรกร ต.มุกดาหาร อ.เมือง จังหวัดมุกดาหาร ที่ดำเนินกิจการเพาะปลูกดอกดาวเรืองเพื่อจัดจำหน่าย และประสบปัญหาในส่วนของกำลังคนในการคัดแยกดอกดาวเรือง เกษตรกรกลุ่มดังกล่าวมีวิธีการเพาะปลูกดาวเรืองแล้วตัด จากนั้นมาทำการคัดแยกขนาดของดอกเพื่อส่งออกขาย ปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในในการคัดแยกดอกดาวเรืองหลังจากการตัด ซึ่งใช้ระยะเวลานาน และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคนที่สูง อีกทั้งทุกขั้นตอนยังใช้คนในทุกกระบวนการเก็บเกี่ยวและต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ในการทำงานของเกษตรกร ซึ่งหากเกษตรกรขาดความชำนาญ

และทักษะยิ่งจะทำให้กระบวนการตัดและคัดแยกใช้เวลานานมากยิ่งขึ้น และยังมีโอกาสคัดแยกขนาดดอกผิดพลาด ทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น

3.2 การวิเคราะห์และการกำหนดการออกแบบ

3.2.1 ขอบเขตของลักษณะการทำงานของเครื่องที่ออกแบบ

(1) เครื่องคัดแยกขนาดของดอกดาวเรือง มีขนาด ความกว้าง x ความยาว x ความสูง ประมาณ 1,211 x 2,450 x 1,546 มิลลิเมตร ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ชุดโครงเครื่อง ชุดถาดเขย่า ชุดลำเลียงและคัดแยก ชุดเปลี่ยนทิศทาง ชุดรองรับ ชุดนับจำนวน ชุดควบคุมการทำงาน ชุดส่งกำลัง และชุดต้นกำลัง เป็นต้น โดยใช้วัสดุตามความเหมาะสมกับลักษณะงาน

(2) ชุดโครงเครื่อง มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน

(3) ชุดถาดเขย่า สามารถรองรับจำนวนดอกดาวเรืองได้ไม่ต่ำกว่า 300 ดอก และมีแรงสั่นเพียงพอที่จะเขย่าดอกดาวเรืองให้หล่นไปยังชุดลำเลียง

(4) ชุดลำเลียงและคัดแยก มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงและสามารถลำเลียงดอกดาวเรืองได้อย่างต่อเนื่อง

(5) ชุดเปลี่ยนทิศทาง อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม สามารถเปลี่ยนทิศทางของดอกดาวเรืองที่มาตามชุดลำเลียงได้

(6) ชุดรองรับ มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม

(7) ชุดนับจำนวน สามารถนับจำนวนดอกดาวเรืองได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยต้องไม่นับต่ำกว่าจำนวนจริง แต่สามารถนับจำนวนดอกเกินได้ร้อยละ 15 ของจำนวนดอกที่นับทั้งหมด

(8) ชุดควบคุมการทำงาน อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้งานง่ายและมีความปลอดภัยสูง

(9) ชุดส่งกำลัง มีขนาดที่เหมาะสมทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง สามารถรับและส่งผ่านแรงจากต้นกำลังได้อย่างเหมาะสม

(10) ชุดต้นกำลัง สามารถส่งกำลังได้พอเพียงต่อการใช้งาน มีความต่อเนื่องในการส่งกำลัง

(11) สามารถคัดแยกดอกดาวเรืองได้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองเฉลิม ร็อคโค่ดีฟ และล่ำซำ

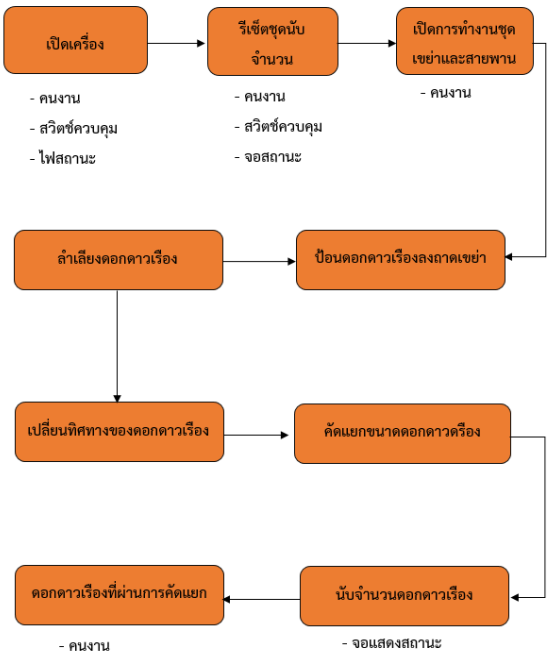
(12) สามารถคัดแยกดอกดาวเรืองที่ตัดก้านสั้นเท่านั้น

(13) สามารถคัดแยกขนาดดอก ได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ขนาด 50-70 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร โดยคัดแยกขนาดผิดผลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกดาวเรืองที่นับ

(14) สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง จำนวน 100 ดอก/3 นาที

3.2.2 กระบวนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง สามารถแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

3.2.3 แนวคิดการออกแบบ

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองออกเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

แนวความคิดที่ 1 ใช้หลักการทำงาน โดยเริ่มจากการป้อนดอกดาวเรืองลงในถาดเขย่า ซึ่งจะถูกเขย่าด้วยชุดกลไกและมอเตอร์ เพื่อให้ดอกดาวเรืองเกิดการสั่น และไหลไปบริเวณปากทางออกของถาด ที่เอียงองศาไว้ เพื่อให้ดอกดาวเรืองตกลงบนร่องสายพานลำเลียง ซึ่งจะลำเลียงดอกดาวเรืองผ่านชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง ที่ทำหน้าที่ค่อยเกลี่ยดอกดาวเรืองเพื่อไม่ให้ดอกซ้อนกันและให้ดาวเรืองเปลี่ยนไปทิศทางเดียวกัน โดยจะทำการตั้งสายพานหัวท้ายให้เป็นลักษณะช่องเรียว เมื่อถึงจุดหนึ่งที่ดอกดาวเรืองมีขนาดเล็กกว่าช่องของสายพาน ดาวเรือง

จะตกไปยังถาดรองรับด้านล่างที่เอียงไว้ให้ดาวเรืองไหลไปยังทางออก ที่มีชุดนับจำนวนดอกติดตั้งอยู่เพื่อนับดอก เมื่อครบแล้ว 100 ดอกแล้วจะมีสัญญาณไฟสถานะแจ้งผู้ใช้งานเครื่อง แสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 เครื่องเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองตามแนวคิดที่ 1

แนวความคิดที่ 2 ใช้หลักการทำงาน เริ่มจากการป้อนดอกดาวเรืองลงในถาดเขย่า โดยถาดเขย่าจะอยู่ด้านบนของชุด คัดแยกขนาด ทำให้ประหยัดพื้นที่ในของตัวเครื่องในการวาง ซึ่งจะถูกเขย่าด้วยชุดกลไกและมอเตอร์ เพื่อให้ดอกดาวเรืองเกิดการสั่นและตกลงไปยังเพลาคัดแยกขนาด จากนั้นดอกจะเคลื่อนที่ไปตามเพลาด้วยแรงโน้มถ่วง โดยเพลาจะมีการตั้งระยะห่างของเพลาส่วนหัวและท้ายไม่เท่ากัน ทำให้เป็นลักษณะ ช่องเรียว เมื่อถึงระยะหนึ่งที่ดอกดาวเรืองมีขนาดเล็กกว่าช่องของเพลา ดาวเรืองจะตกไปยังถาดรองรับด้านล่างที่เอียงไว้ให้ดาวเรืองไหลไปยังทางออก ที่มีชุดนับจำนวนดอกติดตั้งอยู่เพื่อนับดอก เมื่อครบจำนวน 100 ดอก แล้วจะมีสัญญาณไฟแจ้งสถานะให้ผู้ใช้งานเครื่อง แสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองตามแนวคิดที่ 3

3.2.4 การสร้างตารางกำหนดคะแนนเพื่อใช้ในการออกแบบ

ในการสร้างตารางเพื่อกำหนดคะแนนนั้น จะอ้างอิงจากแผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยกำหนดกลไกขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายในการออกแบบโดยใช้คุณสมบัติของกลไกเป็นตัวกำหนดหัวข้อการให้คะแนน ซึ่งจะบ่งบอกถึงความสามารถและความเหมาะสมของกลไกนั้นๆ โดยแต่ละช่องคุณสมบัติ (ประกอบด้วย ความปลอดภัย การใช้งาน ราคา และการบำรุงรักษา) จะมีการประเมินคะแนนต่างกัน และมีการถ่วงค่าน้ำหนักให้แก่แต่ละคุณสมบัติ เมื่อมีการคำนวณคะแนนรวมที่มีการปรับค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว กลไกที่ได้คะแนนมากที่สุดจะนำไปเป็นแนวคิดที่ 1 แล้วกลไกลที่ลองลงมาจะใช้เป็นแนวคิดที่ 2

ผลการให้คะแนนลักษณะการทำงานของกลไกการทำงานต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบแนวความคิดที่ 1 และ 2

เครื่องคัดแยกขนาดของดอกดาวเรือง	ข้อดี	ข้อเสีย
แนวคิดที่ 1	- การคัดแยกทำได้ต่อเนื่อง - คัดไซด์ได้หลายขนาด - ซ่อมบำรุงได้ง่าย - การคัดแยกสามารถทำได้รวดเร็วกว่าแบบเพลา - โครงสร้างรับการสั่น สะเทือนได้ดีกว่า	- ราคาสูงกว่า - มีกลไกที่ซับซ้อนกว่า - ใช้พื้นที่ในการวางเครื่องมากกว่า
แนวคิดที่ 2	- กลไกไม่ซับซ้อน - ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง - ราคาถูกกว่าสายพานกลม - ใช้ต้นกำลังเพียงหนึ่งตัว	- โครงสร้างรับน้ำหนักและการสั่นมาก - มีโอกาสที่ดอกจะช้ำเนื่องจากการกลิ้งลงมาจากเพลา - ดอกมีโอกาสที่จะไม่ไหลและติดอยู่ที่เพลา - พื้นที่ในการซ่อมบำรุงมอเตอร์มีน้อยกว่า - ใช้เวลาในการคัดแยกมากกว่าและไม่สามารถควบคุมเวลาได้

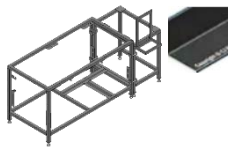
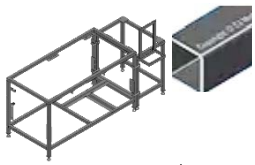
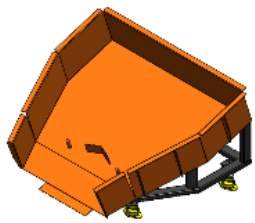
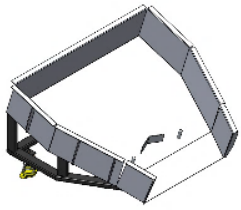
ตารางที่ 2 ผลการให้คะแนน

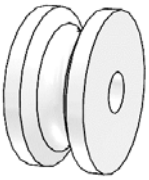
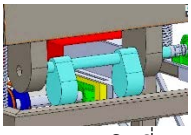
กลไกการทำงาน	ลักษณะการทำงาน	คะแนนรวม
รูปแบบของปุ่มควบคุม	1. สวิตช์ปุ่มกด	63
	2. สวิตช์แบบเลือก	55
	3. สวิตช์แบบก้านยาว	45
ชุดลำเลียง	1. ลูกกลิ้งลำเลียง	53
	2. สายพานแบบกลม	58
ชุดควบคุมการทำงาน	1. ตู้ควบคุมแบบปุ่มกด	65
	2. ตู้ควบคุมแบบ Touch screen	55
	3. ตู้ควบคุมแบบผสม	56
การคัดแยกขนาด	1. การคัดแยกโดยใช้ตะแกรง	50
	2. การคัดแยกโดยใช้เพลา	59
	3. การใช้สายพานแบบกลม	60
ชุดส่งกำลัง (สายพาน)	1. เฟือง	53
	2. สายพาน	60
	3. โซ่	50
ชุดนับจำนวน	1. Photo sensor	62
	2. Proximitry sensor	51
	3. Laser sensor	59

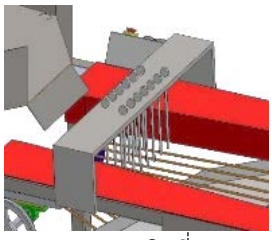
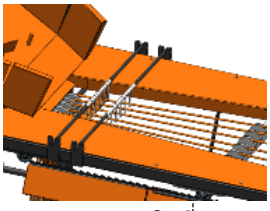
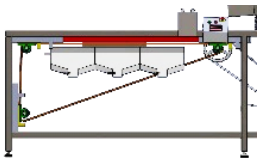
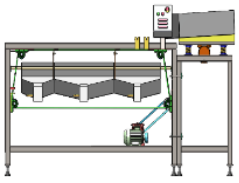
3.2.5 การกำหนดรูปทรง การเลือกใช้กลไกและอุปกรณ์

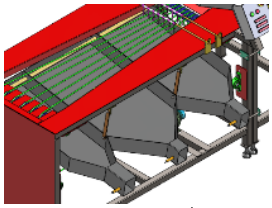
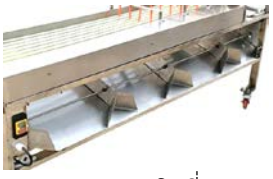
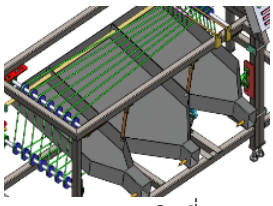
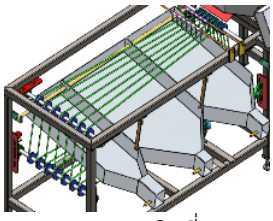
จากผลกาให้คะแนนในหัวข้อที่ 3.2.4 นั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาการกำหนดรูปร่างหรือรูปทรงของชิ้นส่วน โดยเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนรวมไปถึงการใช้ระบบกลไกและตลอดจนอุปกรณ์ที่สำคัญและเกี่ยวข้องในการกำหนด เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

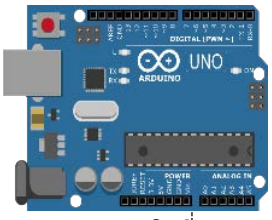
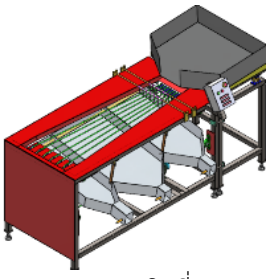
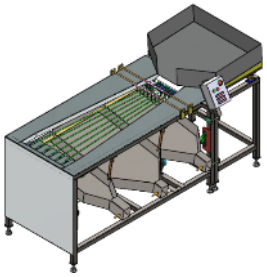
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการเลือกใช้วัสดุ

ชุดโครงเครื่อง	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 โครงสร้างเหล็กฉาก	- มีความแข็งแรง ทนทาน - สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี - รับแรงสั่นสะเทือนได้ดี - เหมาะสำหรับนำมาทำเป็นโครงสร้างต่างๆ ได้ดี	- สามารถเกิดสนิมได้ง่าย - มีลักษณะที่บาง - กระบวนการเชื่อมประกอบได้ยากกว่า
 แนวความคิดที่ 2 โครงสร้างเหล็กกล่อง	- ตัดเฉือนขึ้นรูปได้ง่าย - กระบวนการเชื่อมประกอบง่ายกว่า - รูปทรงสมส่วน มีความสวยงาม	- สามารถเกิดสนิมภายในโครงสร้างของเหล็กได้ - เกิดการเสียรูปทรงได้ง่าย
ชุดวัสดุถาดเขย่า	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
 แนวความคิดที่ 1 Stainless Steel	- ต้านทานการกัดกร่อนได้ดี - ความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดตัวสูง - สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเย็นจัดและร้อนจัด	- มีราคาสูง
 แนวความคิดที่ 2 Steel Plate Painting	- ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย - มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี	- เกิดสนิมได้ง่ายกว่า - มีความแข็งแรงน้อย

วัสดุพู่เลย์สายพาน	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 Aluminum	- เป็นวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน - มีคุณสมบัติที่ไม่เกิดสนิม - ทนความร้อนได้ดี - คงรูปไม่เกิดการบิดงอ - ง่ายต่อการผลิตขึ้นรูป	- ไม่ทนต่อการกระแทก - เสียรูปทรงได้ง่าย
 แนวความคิดที่ 2 Superlene Nylon	- ไม่เสียค่าใช้จ่ายการตกแต่งและเคลือบผิว - ตัดเฉือนขึ้นรูปได้ง่าย - มีน้ำหนักเบา - ทนการกัดกร่อนสูง - มีความเหนียว แต่ยืดตัวได้ดี - มีราคาถูกกว่า	- เมื่อผ่านการใช้งานจะมีการสึกหรอ
กลไกการเขย่า	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
 แนวความคิดที่ 1 ใช้การเหวี่ยงหนีศูนย์ของเพลาและลูกเบี้ยว	- มีราคาถูกกว่า - จัดหาซื้อได้ง่าย - หากมอเตอร์ชำรุดจะซ่อมบำรุงง่ายกว่า	- ต้องคำนวณลูกเบี้ยวให้ดี หากคำนวณผิดผลาดแล้วจะไม่สามารถแก้ไขได้ - ควบคุมการสั่นได้ยาก - ลูกเบี้ยวและเพลาจะสึกหรอง่ายกว่ามอเตอร์เขย่า
 แนวความคิดที่ 2 Vibrator Motors	- สะดวกและสำเร็จรูป - สามารถเลือกขนาดความแรงการสั่นของมอเตอร์ได้ - เพิ่มอัตราการไหลตัวของวัสดุเหมาะกับงานคัดแยก - มีอายุใช้งานนาน - สามารถปรับความเร็วของการสั่นได้	- มีราคาสูงกว่าถ้าเทียบกับมอเตอร์ทั่วไป - หากมอเตอร์ชำรุดจะซ่อมบำรุงยากกว่า

ชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 ชุดปรับเปลี่ยนทิศทางแบบบังคับ	- ถอดประกอบง่ายกว่า - มีการห้อยตัวได้อิสระรอบด้านมากกว่า	- ไม่สามารรถปรับระยะของก้านเกลี่ยได้ - ไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักของก้านเกลี่ยได้ - กระบวนการผลิตยากกว่า - ต้นทุนวัสดุสูงกว่า
 แนวความคิดที่ 2 ชุดปรับเปลี่ยนทิศทางแบบปรับได้	- สามารรถปรับระยะของก้านเกลี่ยได้ - สามารถเพิ่มน้ำหนักของก้านเกลี่ยได้ - ใช้วัสดุที่ซ่อมบำรุงรักษาง่ายกว่า - กระบวนการผลิตง่ายกว่า	- ห้อยตัวได้ทิศทางเดียว
แนวการติดตั้งสายพาน	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
 แนวความคิดที่ 1 ติดตั้งสายพาน 3 จุด	- ประหยัดวัสดุและต้นทุน	- ทำได้ยากมีโอกาศที่สายพานจะชนกับถาด
 แนวความคิดที่ 2 ติดตั้งสายพาน 4 จุด	- มีพื้นที่มาก ไม่มีโอกาศที่สายพานจะชนกับถาด	- ใช้วัสดุและต้นทุนสูง

ชุดรองรับ	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 แบบไม่สามารถปรับได้	- ผลิตง่ายกว่าไม่ซับซ้อน - ประหยัดต้นทุนกว่า - ป้องกันการคลาดเคลื่อนของปากทางออก - ติดตั้งอุปกรณ์นับจำนวนได้สะดวกกว่า	- ไม่สามารถปรับตั้งได้ขนาดของทางออกได้
 แนวความคิดที่ 2 แบบสามารถปรับได้	- สามารถปรับตั้งได้ขนาดของทางออกได้	- ใช้ต้นทุนเพิ่มขึ้น - มีโอกาสเกิดการคลาดเคลื่อนของปากทางออกหากลืมปรับตั้ง
วัสดุชุดรองรับ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
 แนวความคิดที่ 1 Steel plate painting	- ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย - มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี	- เกิดสนิมได้ง่ายกว่า
 แนวความคิดที่ 2 Stainless Steel	- ต้านทานการกัดกร่อนดี - ความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดตัวสูง - สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเย็นจัดและร้อนจัด	- มีราคาสูง

ชุดกำหนดการทำงาน	ข้อดี	ข้อเสีย
 แนวความคิดที่ 1 ระบบควบคุม PLC	- มีความเสถียรและมีคำสั่งสำเร็จรูปที่แม่นยำ - สามารถตั้งค่าการรีเซตจำนวนแบบอัตโนมัติได้ - เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้ง่าย -อายุการใช้งานยาวนาน	- มีราคาสูงมาก - ต้องใช้เวลามากในการต่อสายไฟ - ซ่อมบำรุงยากต้องใช้ผู้ชำนาญเท่านั้น
 แนวความคิดที่ 2 มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส	- มีราคาถูก - หาซื้อได้ง่ายกว่า - สามารถเขียนคำสั่งได้หลากหลายคำสั่ง - หากชำรุดสามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนได้ง่ายกว่า	- ต้องมีความชำนาญและประสบการณ์ในการเขียนคำสั่งโปรแกรม - ซ่อมบำรุงยากต้องใช้ผู้ชำนาญเท่านั้น
วัสดุฝาครอบตัวเครื่อง	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
 แนวความคิดที่ 1 Steel plate painting	- ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย - มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี	- เกิดสนิมได้ง่ายกว่า
 แนวความคิดที่ 2 Stainless Steel	- ต้านทานการกัดกร่อนดี - ความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดตัวสูง - สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเย็นจัดและร้อนจัด	- มีราคาสูง

คณะผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการออกแบบทั้ง 2 แนวความคิด ดังตารางที่ 1 - ตารางที่ 3 ทำให้ได้ข้อสรุปว่าจะดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ตามแนวคิดที่ 1 คือ ใช้เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองที่มีขั้นตอนไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน ทำงานได้ง่าย ทำให้ดอกดาวเรืองไหลลงได้ง่ายและไม่เกิดการติดขัด

3.2.6 การแสดงคุณลักษณะของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

คณะผู้วิจัยได้พิจารณาและกำหนดกรอบคุณลักษณะที่เป็นส่วนหลักของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง เพื่อใช้สำหรับการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยสรุปไว้ในตารางที่ 4 ว่าสิ่งใดต้องมีและสิ่งใดควรจะมี ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สรุปคุณลักษณะต่างๆ ที่สำคัญ เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่อง

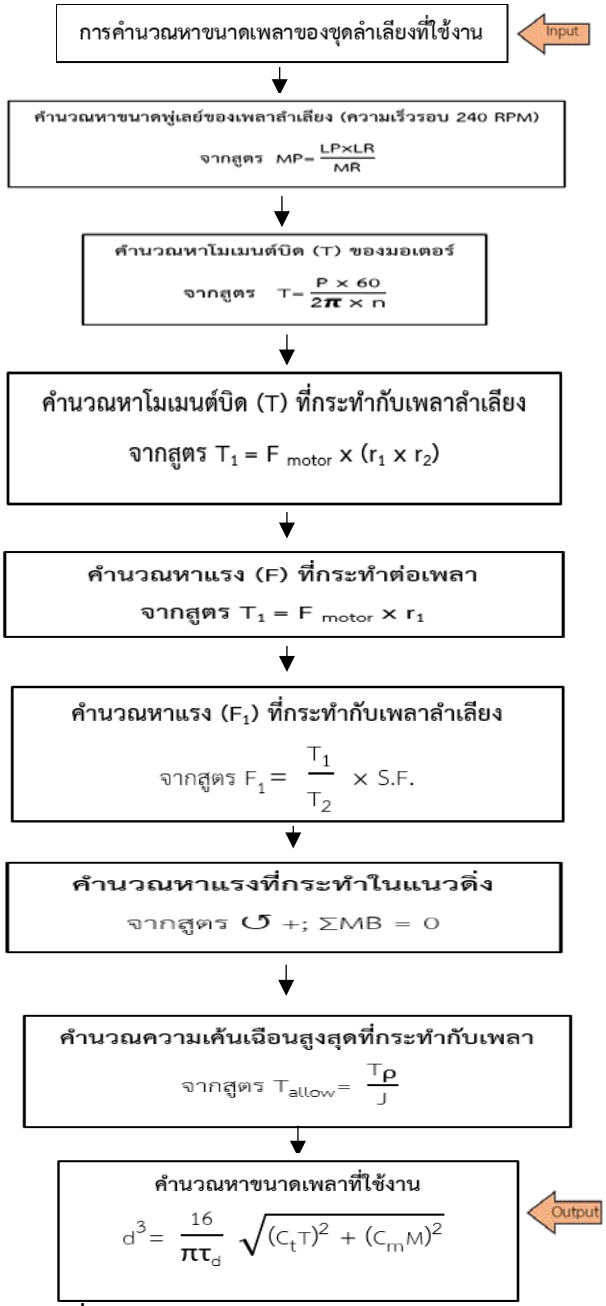
การเปรียบเทียบความจำเป็นในการทำโครงงาน		**ความจำเป็น**	
สิ่งที่ควรคำนึง	**คุณลักษณะ**	**สิ่งที่ต้องมี**	**สิ่งที่ควรมี**
1. หน้าที่	- สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้	✓	
2. ความสามารถ	- สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้ 3 ขนาดตามที่กำหนด	✓	
	- สามารถนับจำนวนดอกและแสดงผลได้	✓	
	- เมื่อนับจำนวนครบ 100 ดอกเครื่องจะหยุดทำงานอัตโนมัติ		✓
3. คุณสมบัติของเครื่อง	- มีขนาดของเครื่องที่เหมาะสม		✓
	- การใช้งานของเครื่องไม่ยุ่งยาก	✓	
	- ดูแลและถอดทำความสะอาดได้ง่าย	✓	
	- มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน	✓	

การเปรียบเทียบความจำเป็นในการทำโครงงาน		**ความจำเป็น**	
4. กระบวนการทำงาน	- ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสายพานและชุดถาดเขย่าดอกดาวเรือง	✓	
	- แจ้งเตือนสัญญาณเมื่อนับจำนวนครบ	✓	
5. การเคลื่อนย้าย	- สามารถเคลื่อนย้ายนอกสถานที่ได้		✓
6. รูปร่างของเครื่อง	- มีขนาดความกxยxส ประมาณ 1,211 x 2,450 x 1,546	✓	

3.3 การคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

ผู้วิจัยได้พิจารณาและกำหนดขอบเขตสำหรับการคำนวณหาขนาดของวัสดุที่ใช้ทำชุดอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ดังนี้

3.3.1 การคำนวณหาขนาดเพลาของชุดลำเลียง



ภาพที่ 4 การคำนวณหาขนาดเพลาของชุดลำเลียง

(1) คำนวณหาขนาดพู่เลย์ของเพลาลำเลียง

$$MP = \frac{LPxLR}{MR} \qquad (1)$$

โดยที่ MP = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เลย์ของมอเตอร์
MR = ความเร็วรอบของต้นกำลัง มอเตอร์ (มอเตอร์เกียร์ทด1:10)
LP = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เลย์ ของโหลด (เพลาของสายพานลำเลียง)
C_m = ตัวประกอบความล้าต่อเนื่องจากการดัด
LR = ความเร็วรอบของโหลด

(2) คำนวณหาโมเมนต์บิด (T) ของมอเตอร์

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi \times n} \qquad (2)$$

โดยที่ T = โมเมนต์บิดของมอเตอร์
P = กำลังของมอเตอร์ (วัตต์)
n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบ/นาที)

(3) คำนวณหาแรง (F) ที่กระทำต่อเพลา

$$T_1 = F_{motor} \times r_1 \qquad (3)$$

โดยที่ T_1 = โมเมนต์บิดของมอเตอร์ (นิวตันเมตร)
F_{motor} = กำลังของมอเตอร์
r_1 = รัศมีของพู่เลย์บนเพลามอเตอร์ (เมตร)

(4) คำนวณหาโมเมนต์บิด (T) ที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$T_2 = F_{motor} \times (r_1 - r_2) \quad (4)$$

โดยที่ T_2 = โมเมนต์บิดของมอเตอร์ (นิวตันเมตร)

F_{motor} = กำลังของมอเตอร์

r_1 = รัศมีของพู่เลย์บนเพลามอเตอร์(เมตร)

r_2 = รัศมีของพู่เลย์บนเพลาลำเลียง (เมตร)

(5) คำนวณหาหาแรง (F_1) ที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$F_1 = \frac{T_2}{r_2} \times S.F. \quad (5)$$

F_1 = แรงที่กระทำต่อเพลา (นิวตัน)

r_2 = รัศมีของพู่เลย์บนเพลาลำเลียง (เมตร)

S.F. = ค่าความปลอดภัย = 3

(6) คำนวณหาหาแรง (F_2) ที่กระทำกับเพลาลำเลียง

$$F_2 = m \times g \times S.F. \quad (6)$$

โดยที่ F_2 = แรงที่กระทำต่อเพลา (นิวตัน)

m = มวล (น้ำหนักของดาวเรือง + น้ำหนักพู่เลย์) (Kg)

g = ค่าความเร่งโน้มถ่วง

= 9.81 m/s^2

S.F. = ค่าความปลอดภัย = 3

(7) คำนวณความเค้นเฉือนสูงสุดที่กระทำกับเพลา

$$\tau_{allow} = \frac{T\rho}{J} \quad (7)$$

โดยที่ τ_{allow} = ความเค้นเฉือน (N/mm^2)

T = โมเมนต์บิดที่กระทำต่อเพลา (Nm)

ρ = รัศมีวงนอกสุดของเพลา (m)

J = โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

(8) คำนวณหาขนาดเพลาที่ใช้งาน

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} \sqrt{(C_t T)^2 + (C_m M)^2} \quad (8)$$

โดยที่ d = รัศมีเพลา (mm)

τ_d = ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน

= 4.563 N/mm^2

Ct = ตัวประกอบความล้าจากการบิด ; แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ = 1.0

C_m = ตัวประกอบความล้าจากการดัด ; แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้าๆ = 1.5

T = ค่าความเค้นเฉือน = 9.54 Nm

M = โมเมนต์ดัด

3.3.2 การคำนวณหาขนาดกำลังมอเตอร์ที่ใช้งาน

(1) คำนวณหาแรงที่กระทำต่อเพลา

$$\Sigma F = m \times g \quad (9)$$

โดยที่ F_2 = แรงที่กระทำต่อเพลา (นิวตัน)

m = มวล (น้ำหนักของดาวเรือง + น้ำหนักพู่เลย์) (Kg)

g = ค่าความเร่งโน้มถ่วง

= 9.81 m/s^2

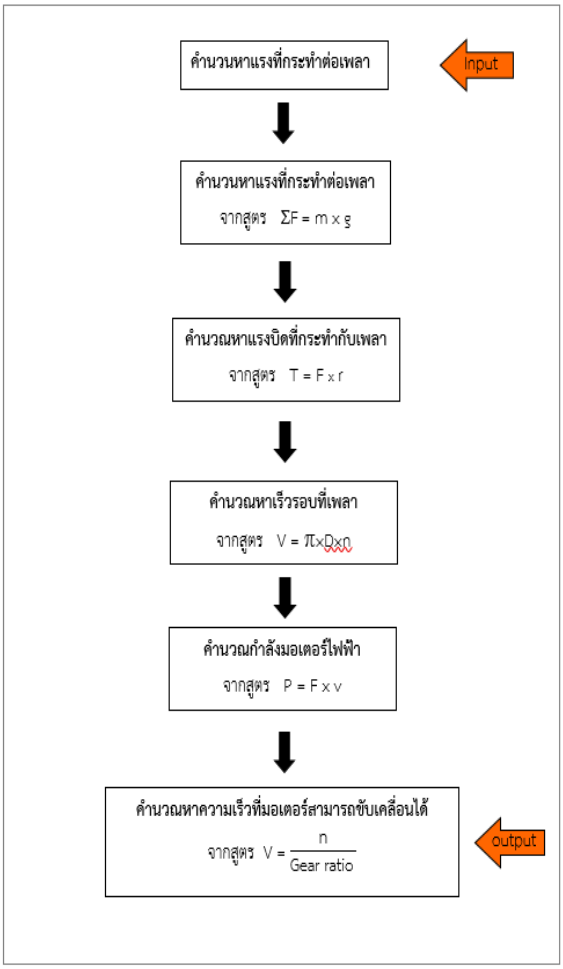
(2) คำนวณหาแรงบิดที่กระทำต่อเพลา

$$T = F \times r \quad (10)$$

โดยที่ T = โมเมนต์บิดของมอเตอร์ (นิวตันเมตร)

F = กำลังของมอเตอร์

r = รัศมีของพู่เลย์บนเพลามอเตอร์ (เมตร)



ภาพที่ 5 การคำนวณหาขนาดกำลังมอเตอร์ที่ใช้งาน

(3) คำนวณหาเร็วรอบที่เพลา

$$V = \pi \times D \times n \qquad (11)$$

โดยที่ V = ความเร็วรอบของเพลา (เมตรต่อนาที)

D = ขนาดความโตของพู่เลย์ (เมตร)

n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)

(4) คำนวณกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า

$$P = F \times V \qquad (12)$$

โดยที่ P = กำลังของมอเตอร์ (Watt)

F = แรง (N)

V = ความเร็วของมอเตอร์ (m/s)

(5) คำนวณหาความเร็วที่มอเตอร์สามารถขับเคลื่อนได้

$$V = \frac{n}{\text{Gear ratio}} \qquad (13)$$

โดยที่ V = ความเร็วของมอเตอร์ (m/s)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

Gear ratio = อัตราทดเกียร์ 1:10

(6) คำนวณหาน้ำหนักที่มอเตอร์สามารถขับเคลื่อนได้

$$\Sigma F = m \times g \times S.F. \qquad (14)$$

โดยที่ F = แรง (N)

m = มวล (น้ำหนักของดาวเรือง + น้ำหนักพู่เลย์) (Kg)

g = ค่าความโน้มถ่วง = 9.81 m/s^2

SF = Safety factor = 1.3

(7) คำนวณหาอายุการใช้งานแบริ่ง

$$L_{10h} = \frac{L10^6}{60n} \times L_{10} \qquad (15)$$

โดยที่ L_{10h} = อายุการใช้งานแบริ่ง (ชั่วโมง)

n = ความเร็วรอบขณะนั้น (150 RPM)

L = ช่วงความกว้างของแบริ่ง

L_{10} = อายุการใช้งานแนะนำของลูกปืนตามมาตรฐาน ISO 281

(8) คำนวณหาค่า K ของสปริง (Spring's constant)

$$\Sigma F = m \times g \times S.F. \qquad (16)$$

โดยที่ F = แรง (N)

m = มวล (น้ำหนักดอกดาวเรือง + น้ำหนักถาดเขย่า + น้ำหนักมอเตอร์เขย่า)

g = ค่าความโน้มถ่วง = 9.81 m/s^2

SF = Safety factor = 2

จากสูตร $F = k.x \qquad (17)$

โดยที่ F = แรง (N)

k = ค่าคงตัวของสปริง (spring's constant)

x = ความยาวของสปริงที่เปลี่ยนไป (เมตร)

3.4 การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก

การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือกและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยสำคัญสำหรับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ CAD/CAM (Prasad K. and Chakraborty S.) เพื่อค้นหาจุดในการปรับปรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมเพื่อตรวจสอบจุดอ่อนของโครงสร้างเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งจากผลการประเมินพบว่า เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมามีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยไม่ทำให้ชิ้นส่วนใดของเครื่องเกิดความเสียรูปได้

ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยมากที่สุด

ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยมาก

ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยปานกลาง

ลักษณะโครงสร้างที่ปลอดภัยน้อยที่สุด

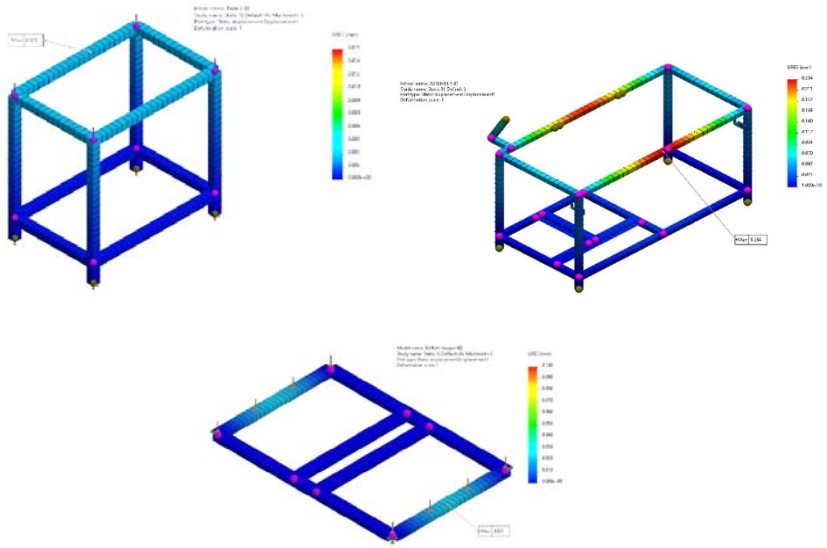
สูตรการหาหน่วยแรงดึงที่จุดคราก (Yield Strength)

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A} \qquad (18)$$

โดยที่ σ_y = หน่วยแรงดึงที่จุดคราก (ksc)

P_y = แรงดึงที่จุดคราก (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดก่อนการทดสอบ (cm^2)



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่า Maximum Elastic Strain โครงฐานเครื่องชุดลำเลียง

4. ผลการศึกษา

4.1 วิธีการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

4.1.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

-เพื่อทดสอบว่าสามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ขนาด 50-70 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร โดยคัดแยกขนาดผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกดาวเรืองที่นับ

-เพื่อทดสอบว่าสามารถคัดแยกดอกดาวเรืองจำนวน 100 ดอก ภายในเวลา 3 นาที

-เพื่อทดสอบการนับดอกดาวเรืองของชุดนับจำนวน โดยต้องไม่นับต่ำกว่าจำนวนจริง แต่สามารถนับจำนวนดอกได้เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกที่นับทั้งหมด

-เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุความบกพร่องต่างๆ และนำไปปรับปรุงแก้ไข

4.1.2 เงื่อนไขการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดของดอกดาวเรือง

-ดอกดาวเรืองที่คัดแยก ต้องเป็นสายพันธุ์ตามที่กำหนดไว้ ได้แก่ ทองเฉลิม ร็อคโค่ดีฟ ล่ำซำ

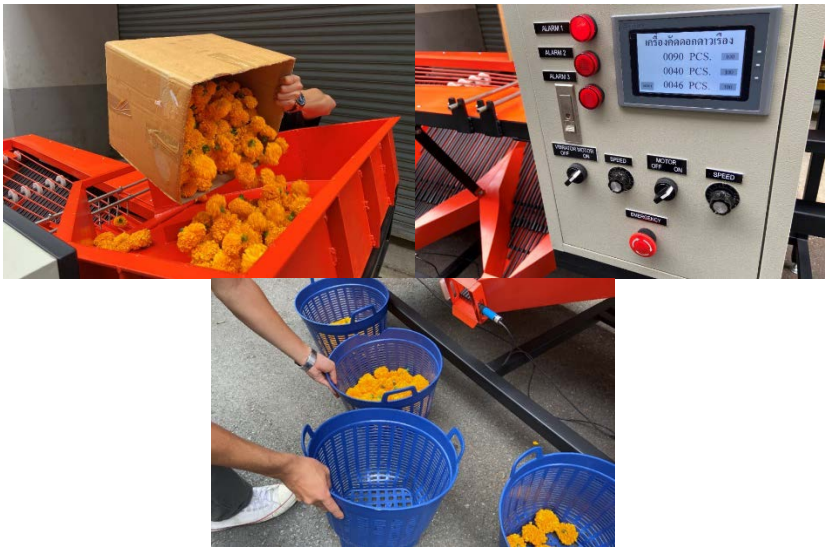
- ดอกดาวเรืองที่นำมาคัดแยก ต้องมีขนาดความโตดอกไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิเมตร และขนาดความโตดอกสูงสุดไม่เกิน 80 มิลลิเมตร

- ดอกดาวเรืองที่นำมาคัดแยก ต้องตัดก้านสั้นเท่านั้น ก้านไม่ต้องยาวไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- เตรียมดอกดาวเรืองที่จะนำมาทำการคัดแยกขนาด
- เสียบปลั๊กเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองกับเต้าเสียบปลั๊กไฟ (220 V)
- เตรียมตะกร้าสำหรับรองรับดอกดาวเรืองที่คัดแยกแล้ว ไว้ตรงปากทางออกชุดรองรับ
- เปิด Emergency สวิตช์ของเครื่อง
- เปิดสวิตช์การทำงานของมอเตอร์เขย่าและมอเตอร์ลำเลียง
- ปรับความแรงในการสั่นและความเร็วของสายพานลำเลียง
- รอสัญญาณไฟสีเขียวจากไฟแสดงสถานการณ์ทำงานว่าพร้อมใช้งาน
- กดรีเซ็ตชุดนับจำนวนดอกดาวเรืองให้จำนวนเป็นศูนย์
- ป้อนดอกดาวเรืองลงบนชุดถาดเขย่าของเครื่อง
- เมื่อนับจำนวนถึง 90 ดอก จะมีสัญญาณไฟแจ้งเตือน เพื่อเปลี่ยนตะกร้ารองรับ
- นำตะกร้ามาเปลี่ยนแทนตะกร้าเดิม ที่ตรงปากทางออกของชุดรองรับ
- เมื่อคัดแยกเสร็จสิ้น กดปุ่มหยุดการทำงานของเครื่อง
- ปิด Emergency สวิตช์
- กดรีเซ็ตชุดนับจำนวนดอกดาวเรือง ให้จำนวนเป็นศูนย์
- ถอดปลั๊กเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง
- ทำความสะอาดเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองหลังการใช้งาน

ภาพที่ 7 เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง



ภาพที่ 8 การคัดแยกดาวเรือง

4.1.4 การทดสอบ

การทดสอบครั้งที่ 1 ปัญหาที่พบคือ ดอกดาวเรืองไม่ไหลลงจากถาดเขย่า เนื่องจากกำลังสั่นของมอเตอร์ไม่เพียงพอและตำแหน่งของการติดตั้งมอเตอร์ เนื่องจากติดตั้งมอเตอร์ไว้ที่โครงด้านล่างแรงสั่นจึงไม่ส่งถึงถาดเขย่าทำให้ดอกดาวเรืองสั่นอยู่กับที่

การทดสอบครั้งที่ 2 ปัญหาที่พบคือ คือ ดอกดาวเรืองยังคงไม่ไหลลงจากถาดเขย่า แม้จะมีการสั่นที่แรงขึ้นและย้ายตำแหน่งมอเตอร์แล้ว ผลลัพธ์ก็ยังเหมือนเดิม จึงคาดว่าองศาที่เอียงของถาดเขย่ายังไม่มากพอที่จะทำให้ดอกดาวเรืองไหลลงมา และมีดอกดาวเรืองมาติดตรงมุมของถาดเขย่า ทำให้ดอกดาวเรืองไหลได้ไม่ดี

การทดสอบครั้งที่ 3 ปัญหาที่พบคือ ดอกดาวเรืองหล่นลงถาดคัดแยกขนาดที่ไม่ตรงกับขนาดจริง เนื่องจากสาเหตุที่ดอกดาวเรืองที่ไหลออกจากถาดเขย่าลงมาบนสายพานลำเลียง บางดอกเกิดการเอียงบนสายพานและชุดเกลี่ยไม่สามารถปรับลักษณะดอกได้ทั้งหมด รวมถึงระยะความยาวของสายพานจากหัวเครื่องไปยังท้ายเครื่องมีความยาวมาก ทำให้สายพานลำเลียงเกิดการแกว่ง จึงมีบางดอกตกลงไปไม่ตรงกับช่องขนาดจริงของดอกดาวเรือง

การทดสอบครั้งที่ 4 ปัญหาที่พบคือ มีดอกดาวเรืองบางดอกไม่ไหลลงจากถาดเขย่า เนื่องจาก องศาในการเอียงของถาดยังไม่มากพอและพื้นผิวของถาดสัมผัสกับตัวดอกดาวเรืองมากเกินไปทำให้ดอกดาวเรืองเกิดความหนืดและไม่ไหลและอีกหนึ่งปัญหาคือดอกดาวเรืองจากจะติดกันตรงทางออกของปากถาดรองรับ อาจเกิดจากสาเหตุปากทางออกนั้นมีความยาวมากเกินไปซึ่งปากทางออกดาวเรืองสามารถออกได้ทีละดอกเท่านั้นหากใช้เวลาในการไหลมากดอกจึงไปติดกันตรงทางออก

การทดสอบครั้งที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพ ที่ความเร็วสายพานลำเลียง 100 รอบต่อนาที แรงสั่นมอเตอร์ 50% โดยคัดแยกดอกดาวเรืองที่ตัดก้านสั้น คละไซด์ทั้งหมดจำนวน 300 ดอก

4.1.5 ผลการทดสอบ สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 5 ถึงตารางที่ 7

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกดอกดาวเรือง

ผลการทดสอบชุดถาดเขย่า			
การทดสอบครั้งที่	**เวลาที่ใช้ (นาที)**		
		ผ่าน	**ไม่ผ่าน**
1	1.08	✓	
2	1.25	✓	
3	1.10	✓	
4	1.05	✓	
5	1.20	✓	
6	1.15	✓	
7	1.22	✓	
8	1.10	✓	
9	1.19	✓	
10	1.23	✓	
รวม	**10.57**	**ผ่าน**	

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง

ผลการทดสอบชุดคัดแยกขนาด									
ครั้งที่	จำนวนของดอก (ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15)								
	ต่ำกว่า 50 มม.			50-70 มม.			มากกว่า 70 มม.		
	จำนวน	ผิดพลาด	*	จำนวน	ผิดพลาด	*	จำนวน	ผิดพลาด	*
1	111	4	✓	110	3	✓	103	1	✓
2	114	5	✓	108	3	✓	102	2	✓
3	108	4	✓	114	7	✓	100	2	✓
4	110	6	✓	108	3	✓	103	3	✓
5	113	8	✓	105	5	✓	101	1	✓
6	115	7	✓	103	4	✓	105	3	✓
7	108	8	✓	108	3	✓	103	2	✓
8	106	5	✓	112	4	✓	104	3	✓
9	115	10	✓	110	6	✓	103	3	✓
10	115	10	✓	110	4	✓	106	2	✓
รวม	**1,124**	**67**		**1,088**	**42**		**1,030**	**22**	

* หมายเหตุ = ยอมรับได้หรือไม่

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดนับจำนวน

ผลการทดสอบชุดนับจำนวน												
ครั้งที่	ขนาดของดอก (ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15)											
	ต่ำกว่า 50 มม.				50-70 มม.				มากกว่า 70 มม.			
	จำนวนจริง	จำนวนที่แสดง	ผิดพลาด	*	จำนวนจริง	จำนวนที่แสดง	ผิดพลาด	*	จำนวนจริง	จำนวนที่แสดง	ผิดพลาด	*
1	111	100	11	✓	110	100	10	✓	103	100	3	✓
2	114	100	14	✓	108	100	8	✓	102	100	2	✓
3	108	100	8	✓	114	100	14	✓	100	100	0	✓
4	110	100	10	✓	108	100	8	✓	103	100	3	✓
5	113	100	13	✓	105	100	5	✓	101	100	1	✓
6	115	100	15	✓	103	100	3	✓	105	100	5	✓
7	108	100	8	✓	108	100	8	✓	103	100	3	✓
8	106	100	6	✓	112	100	12	✓	104	100	4	✓
9	115	100	15	✓	110	100	10	✓	103	100	3	✓
10	115	100	15	✓	110	100	10	✓	106	100	6	✓
รวม	**1,124**		**115**		**1,088**		**88**		**1,030**		**30**	

จากกตารางที่ 5-7 เป็นการทดสอบหลักการทำงานของแต่ละชุดของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง คือ

ตารางที่ 5 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของชุดเขย่าดอกดาวเรือง สามารถเขย่าดอกดาวเรืองให้ไหลไปยังสายพานคัดแยกได้ จำนวนมากกว่า 100 ดอก ภายในเวลาไม่เกิน 3 นาที

ตารางที่ 6 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพชุดคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยสามารถขนาดดอกดาวเรือง 3 ขนาดที่กำหนด มีการคัดแยกผิดพลาดอยู่ในขอบเขตที่กำหนด

ตารางที่ 7 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพชุดนับจำนวน สามารถนับจำนวนได้ดี มีการนับผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 15 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5. สรุปผลการศึกษา

เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง ที่สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้งานได้จริงเป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง และทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่ ชุดโครงเครื่อง ชุดถาดเขย่า ชุดลำเลียงและคัดแยกขนาด ชุดปรับเปลี่ยนทิศทาง ชุดรองรับ ชุดควบคุมการทำงาน เป็นต้น ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดดอกดาวเรือง สามารถคัดแยกดอกดาวเรืองสายพันธุ์ตามที่กำหนดไว้ ได้แก่ ทองเฉลิม ร็อคโค่ดีฟ ล่ำซำ สามารถคัดแยกขนาดดอกดาวเรืองได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ขนาด 50-70 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร โดยคัดแยกขนาดผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของจำนวนดอกดาวเรืองที่นับ และสามารถคัดแยกดอกดาวเรืองจำนวน 100 ดอก ภายในเวลา 3 นาที ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

6. เอกสารอ้างอิง

ปรีชาวุฒิ พลัดทองศรี และ ณัฐา โพธาภรณ์. การถ่ายทอดลักษณะสีกลีบดอก ของดาวเรือง. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54; 2-5 กุมภาพันธ์ 2559; มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2559. หน้า 95-99.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2568). [ออนไลน์]. สถานการณ์การผลิตสินค้าเกษตร 2567. [สืบค้นวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2568]. จาก http://www.agriman.doae.go.th/home/news/year2568.pdf

ภูมินทร์ ตันอุตม์ และ ณัฐกร ขาสุวรรณ. (2562). การพัฒนาเครื่องต้นแบบคัดแยกดอกดาวเรืองโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ.วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. ปีที่ 11 (ฉบับที่ 13), 79-92.

สุทธิดา รอดเกษม, สมรักษ์ วงค์โปทา และ ธนิรัตน์ ยอดดำเนิน. เครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้และสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2563; 17 ธันวาคม 2563, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี; 2563. หน้า 1-12.

วรวุฒิ กังหัน, ดิเรก ไชยสิทธิ์, ไตรภพ คนาจันทร์แสง, อภิชาต ศรีประดิษฐ และทวีศักดิ์ กังหัน. (2563). เครื่องคัดแยกเกรดแตงโมอัตโนมัติโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนัก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ปีที่ 26, (ฉบับที่ 2), 15-20.

สุรเทพ แป้นเกิด, นรินทร์ จีระนันตสิน, ปิติวัฒน์ จุลเกษมศักดิ์, รุ่งทิพย์ โคบาล และ วาสนา ด้วงเหมือน. (2565). เครื่องคัดแยกน้ำหนักและสีมะม่วงอัตโนมัติด้วย *ไมโครคอนโทรลเลอร์.* วารสารวิจัยราชมงคลกรุงเทพ, 99-105.

Prabira Kumar Sethy, Bijayalaxmi Routray and Santi Kumari Behera. (2019). Detection and Counting of Marigold Flower Using Image Processing Technique. In: Biswas, U., Banerjee, A., Pal, S., Biswas, A., Sarkar, D., Haldar, S. (eds) Advances in Computer, Communication and Control. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 41. Springer, Singapore.