รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุดปี 2563

---

1. **แผนงานวิจัย** : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาพืชสวนสร้างรายได้เพื่อความมั่นคงและยั่งยืน
2. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับสตรอเบอร์รี่
3. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

   กิจกรรมวิจัยที่ 1 : วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

   ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development Image Processing for Strawberry
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นายสนอง อมฤกษ์ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

   ผู้ร่วมงาน : นายมานพ รักญาติ[1], นายพงษ์รวี นามวงศ์[1], นายนิติ ผูกจิต[1], นายสรวิศ จันทร์เจนจบ[1], นายสุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง[2]

5. **บทคัดย่อ**

6. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ (Image Processing) เครื่องมีขนาด 1,325 x 3,000 x 1,400 mm ใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ในการประมวลผลภาพ ระบบการคัดแยกทำงานอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรม PLC สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ สีขาว สีชมพู สีแดงและสีแดงคล้ำ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 ms^{-1} ให้ผลทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 % ความสามารถเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดด้วยแรงงานมีความสามารถเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 2.15 เท่า เครื่องต้นแบบราคา 150,000 บาท อายุการใช้งาน 7 ปี มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.81 ปี

---

1 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

2 ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The objective of this is to research and develop the strawberry sorter by using image processing technology. The machine size is 1,325 x 3,000 x 1,400 mm, a camera's resolution 752 x 480 pixels is used for color detecting and IV-H1 software is used for image analyzing. The sorting system is automatically operated by PLC programmed control. The machine capable for sorting 4 types of strawberry's color as white, pink, red and dark red. The test was done at 0.05, 0.08 and 0.1 $m.s^{-1}$ of sorting speed, the result showed the good condition for strawberry grading at 0.05 $m.s^{-1}$. The average of sorting accuracy was 93.23 %, average working capacity was 3,214 fruits $hour^{-1}$, comparing with manual grading it is 2.15 times faster. The manual grading capacity was 1,494 fruits $hour^{-1}$. The machine price is 150,000 THB, the operation time is 7 years, the break-even point is 4.81 years.

6. คำนำ

สตรอเบอร์รี่ (Strawberry) เป็นสกุลไม้ดอกในวงศ์กุหลาบ ผลสามารถรับประทานได้ ในอดีตปลูกเป็นพืชคลุมดินให้กับต้นไม้ปลูกเลี้ยงอื่น ซึ่งอาจเป็นที่มาของชื่อก็เป็นได้ มีมากกว่า 20 สปีชีส์ และมีลูกผสมมากมาย แต่สตรอเบอร์รีที่นิยมปลูกมากในปัจจุบันคือ สตรอเบอร์รี่สวน ผลของสตรอเบอร์รี่มีรสชาติหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีตั้งแต่รสหวานจนถึงเปรี้ยว สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้ทางการค้าที่สำคัญมีปลูกกันเป็นวงกว้างหลายสภาพอากาศทั่วโลก

รูปที่ที่ 1 แปลงปลูกสตรอเบอร์รี่

การปลูกสตรอเบอร์รี่ในอำเภอแม่สาย และพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่นั้น มูลค่าต้นทุนของการผลิตต่อไร่ตกประมาณ 25,000 - 30,000 บาท และรายได้ตอบแทนต่อไร่ 62,500 บาท (คิดจากค่าเฉลี่ย 2,500 กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

ต่อไร่ และ 25 บาทต่อกิโลกรัม) ขณะที่เกษตรกรบนดอยอินทนนท์ใช้ต้นทุนการผลิตไร่ละ 30,000 - 35,000 บาท และมีรายได้ไร่ละ 72,500 บาท เนื่องจากสามารถขายเป็นผลรับประทานสดแก่นักท่องเที่ยว และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่าพื้นราบ ปกติแล้วผลผลิตจะออกประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ในพื้นที่ปลูกบนที่สูง และระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมจะมีคุณภาพดี และขนาดใหญ่ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงประมาณ 70 - 80 บาทต่อกิโลกรัมในท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลง และจำหน่ายได้ในราคา 20 - 30 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเดือนมกราคมถึงกลางเดือนมีนาคม ปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลิตของ สตรอเบอร์รี่ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมาก และกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการนำเข้าผลสตรอเบอร์รี่เพื่อใช้ในการแปรรูปมากสุด (ที่ผ่านมาประมาณ 1,000 - 3,000 ตันต่อปี) นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และบางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อย โดยมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย (ณรงค์ชัย, 2544)

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตสตรอเบอร์รี่นั้นในขั้นตอนการคัดแยก เกษตรกรต้องมานั่งคัดแยกผลที่สุกเกินไป และผลที่ไม่สุกออก โดยยังไม่มีเครื่องจักรกลมาช่วยในการทำงาน ทำให้เกษตรกรทำงานล่าช้า เนื่องจากผลสตรอเบอร์รี่ช้ำง่าย การเก็บเกี่ยวก็ต้องคำนึงถึงระยะทางในการขนส่งสู่ตลาด ถ้าระยะทางไกลต้องเก็บผลสุกหรือเห็นสีแดง 20 – 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้ผลแข็งสะดวกแก่การขนส่ง เวลาที่เก็บควรเก็บตอนเช้าเมื่อเก็บแล้วไม่ควรให้ผลถูกแสงแดด เกษตรกรจะเก็บผลสตรอเบอร์รี่โดยการเก็บคละสีกันมา ทำให้ผลแก่เกินก็จะเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นหากมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรมาช่วยในการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่จะทำให้ได้สตรอเบอร์รี่ที่มีคุณภาพ และช่วยลดต้นทุนเรื่องแรงงานลงได้

กรมวิชาการเกษตร

7. วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินงานโครงการวิจัย

กิจกรรมวิจัยที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

การทดลองที่ 1.1 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

- วิธีการมีดังนี้ คือ:

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่ทำการคัดแยกสีผลของสตรอเบอร์รี่
2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสีผลสตรอเบอร์รี่ที่จะทำการคัดแยก
3. ถ่ายภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกด้วยกล้องตรวจจับภาพสี และทำการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก

4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รี่จริงที่ต้องการคัดแยก
5. ดำเนินการออกแบบ และสร้างต้นแบบเบื้องต้นเครื่องคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing
6. ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้เครื่องสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผลคือ ความสามารถในการทำงาน และความแม่นยำของเครื่อง และความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ใช้แรงงานคน)

- เวลาและสถานที่ :

ระยะเวลาดำเนินงาน 2 ปี เริ่มต้นปี 2562 สิ้นสุดปี 2563

สถานที่ทำการวิจัย ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ โรงคัดผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกร และผู้ประกอบการในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่ทำการคัดแยกสีผลของสตรอเบอร์รี่

การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่เพื่อจำหน่ายทานสดของเกษตรกรและโรงรับซื้อ ปัจจุบันจะมีอยู่ 4 สี คือ สีแดง สีชมพู สีแดงคล้ำ (สุกเกินไป) และสีขาว (ยังไม่สุก) การคัดใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคเหนือประมาณ 4,000 ไร่ โดยพันธุ์ที่ปลูกมากคือ พันธุ์พระราชทาน 80 โดยสีที่คัดเพื่อจำหน่ายทานสดคือ สีชมพู และสีแดง ส่วนสีขาวและสีแดงคล้ำจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น เช่น สตรอเบอร์รี่ตากแห้ง และไวน์ เป็นต้น ดังนั้นสีของผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกจะมีอยู่ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ

รูปที่ 2 วิธีคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกรและโรงรับซื้อใน อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่

ศูนย์วิทยการเกษตร

รูปที่ 3 สีผลสตรอเบอร์รี่ที่คัดแยกของเกษตรกรและโรงคัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่สด

8.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสีผลสตรอเบอร์รี่ที่จะทำการคัดแยก

ลักษณะกายภาพผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ผลของสตรอเบอร์รี่ปกติจะมีลักษณะรูปทรงกลมปลายแหลม (รูปที่ 4 ซ้าย) ส่วนรูปทรงที่ตกเกรดจะมีลักษณะรูปทรงบิดเบี้ยวหรือผิดรูป (รูปที่ 4 ขวา)

สตรอเบอร์รี่รูปทรงปกติ สตรอเบอร์รี่รูปทรงผิดรูป

รูปที่ 4 ลักษณะรูปทรงผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80

การสุกของผลสตรอเบอร์รี่ส่วนใหญ่จะสุกจากด้านล่างขึ้นมาด้านบนของผล ลักษณะสีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพูหรือสีแดงอ่อนจะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวของผล ผลสตรอเบอร์รี่สีแดงจะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงมากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวของผล สีมีลักษณะแดงสด ส่วนผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำเป็นสีที่สุกเกินไป จะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงทั้งผล สีมีลักษณะแดงเข้มหรือแดงคล้ำ ส่วนสีขาว (ยังไม่สุก) สีผิวของผลจะมีลักษณะสีขาวไม่มีเปอร์เซ็นต์สีแดง ดังรูป 5 - 8

รูปที่ 5 สีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพู

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 6 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดง

รูปที่ 7 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำ

รูปที่ 8 สีผลสตรอเบอร์รี่สีขาว

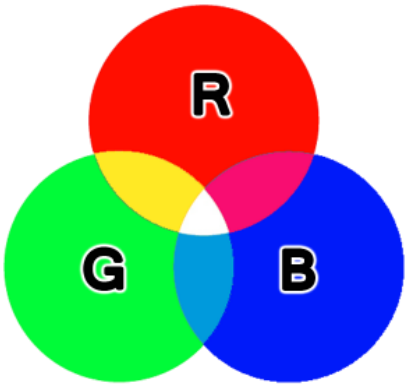
8.3 ทำการถ่ายภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกด้วยกล้องตรวจจับภาพสี และทำการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่

สีในธรรมชาติและสีที่สร้างขึ้น จะมีรูปแบบการมองเห็นของสีที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการมองเห็นสีที่ใช้ในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกทั่วไปนั้น มีอยู่ด้วยกัน 4 ระบบ ได้แก่

1) ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึมจะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สีรุ้ง (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามที่สายตามองเห็นได้ 7 สี คือ แดง แสด เหลือง ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสี ที่มีช่วงคลื่นที่สายตาสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงที่สุดคลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อุลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และคลื่นแสงสีแดงมีความถี่คลื่นต่ำที่สุด คลื่นแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดง เรียกว่า อินฟราเรด (Infrared) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจากแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue)

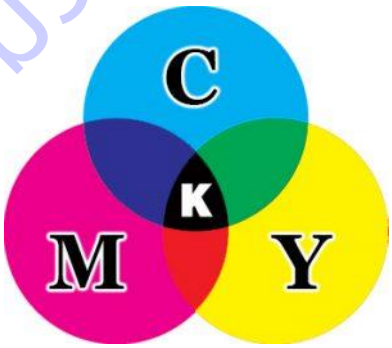
กรมวิชาการเกษตร

และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง ซึ่งใกล้เคียงกับตามนุษย์มากที่สุด และแต่ละช่องสีจะสามารถสร้างระดับสีได้ 256 ระดับ ดังนั้นจึงสามารถสร้างสีที่แตกต่างกันได้ถึง 16, 777, 216 สีต่อ 1 พิกเซล เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่ อีก 3 สี คือ สีแดงมาเจนต้า (Magenta) สีฟ้าไซแอน (Cyan) และสีเหลือง (Yellow) และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว



รูปที่ 9 ระบบสี RGB

2) ระบบสี CMYK เป็นระบบสีตามหลักการแสดงสีของเครื่องพิมพ์ ย่อมาจากคำว่า Cyan Magenta Yellow และ Black เป็นระบบสีมาตรฐานที่เหมาะกับงานพิมพ์ ซึ่งเป็นชื่อสีที่นำมาใช้การผสมสีทั้งสี่นี้จะทำให้เกิดสีได้อีกหลายร้อยสี นำมาใช้ในการพิมพ์สีต่าง ๆ ซึ่งปกติการเลือกใช้สีนั้นจะมีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือ CMYK และ RGB สามารถแบ่งแยกประเภทการใช้งานได้ง่ายๆ คือ ถ้าเป็นสีที่ต้องพิมพ์ออกมาไม่ว่าจะพิมพ์ในรูปแบบใดก็ตาม จะต้องใช้ค่าสีของ CMYK แต่ถ้าต้องการสีที่แสดงผลออกทางหน้าจอก็จะเลือกใช้ RGB เท่านั้น



รูปที่ 10 ระบบสี CMYK

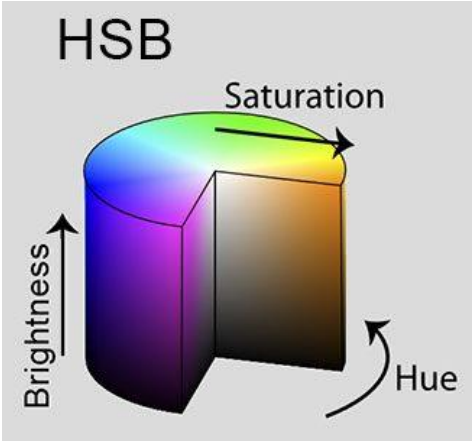
3) ระบบสี HSB เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ Hue เป็นสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตา

ค่า Hue เป็นสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตา แต่โดยทั่วไปจะเรียกการแสดงสีนั้น ๆ เป็นชื่อของสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น

Saturation เป็นการกำหนดค่าความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 หากกำหนดค่าเป็น 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 สีจะมีความสดมาก

กรมวิชาการเกษตร

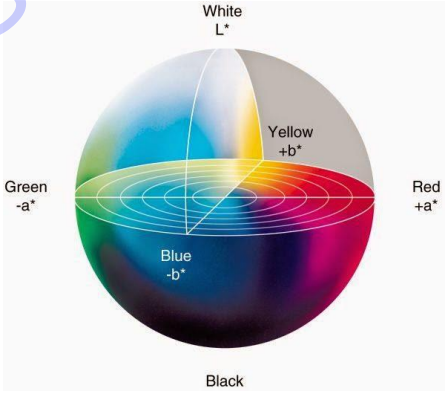
Brightness เป็นระดับความสว่างของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 หากกำหนดค่าเป็น 0 ความสว่างจะน้อย ซึ่งจะเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 สีจะมีความสว่างมาก



รูปที่ 11 ระบบสี HSB

4) ระบบสี LAB

ระบบสีแบบ Lab เป็นระบบสีแบบเก่าที่ถูกกำหนดขึ้นในฝรั่งเศส โดยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดสีที่ตาของเราสามารถรับได้ แต่เนื่องจากขณะนั้นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลยังไม่ถือกำหนดขึ้น ดังนั้น ระบบสี Lab นี้จึงไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และระบบปฏิบัติการใดโดยเฉพาะ ระบบสี Lab จะวัดแสงและสีโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ L (Luminance) เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดค่าที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 จะเป็นสีขาว A แสดงการไล่สีจากสีเขียวไปยังสีแดง B แสดงการไล่สีจากสีน้ำเงินไปยังสีเหลือง (ศุภณัฐ อ้นน่วม, 2560)



รูปที่ 12 ระบบสี LAB

โดยโปรแกรมประมวลผลภาพสีในงานวิจัยนี้ใช้มาตรฐานสีแบบ HSB โดยค่า Hue ในโปรแกรมแทนค่าสีด้วยองศา 0 ถึง 360 องศา ตามมาตรฐานวงล้อของสี (Standard Color Wheel) ค่า Saturation จะเริ่มที่ 0 ถึง 300 หากกำหนด Saturation เป็น 0 สีจะมีความสดน้อยแต่ถ้ากำหนดที่ 300 สีจะมีความสดมาก ค่า Brightness จะเริ่มที่ 0 ถึง 300 หาก กำหนดค่า 0 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำ

กรมวิชาการเกษตร

แต่ถ้ากำหนดค่า 300 สีจะมีความสว่างมากที่สุด ในส่วนของตัวกล้องใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียดของกล้อง 752 x 480 Pixel การปรับโฟกัสภาพของกล้องเป็นแบบอัตโนมัติ ไฟส่องสว่างเป็น LED สีขาว วิธีการให้แสงเลือกใช้การยิงแสงแบบ DC เนื่องจากให้แสงที่ต่อเนื่อง ระยะการติดตั้งตัวกล้อง 150 มิลลิเมตร จากวัตถุ จากนั้นนำสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ มาทำการถ่ายภาพสี (รูปที่ 13) และทำการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 เพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก โดยโปรแกรมประมวลผลภาพนี้แสดงค่าสีเป็นช่วงได้ค่าสีที่ประมวลผลภาพแล้ว ดังตารางที่ 1

รูปที่ 13 ถ่ายภาพผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกและทำการประมวลผลภาพ

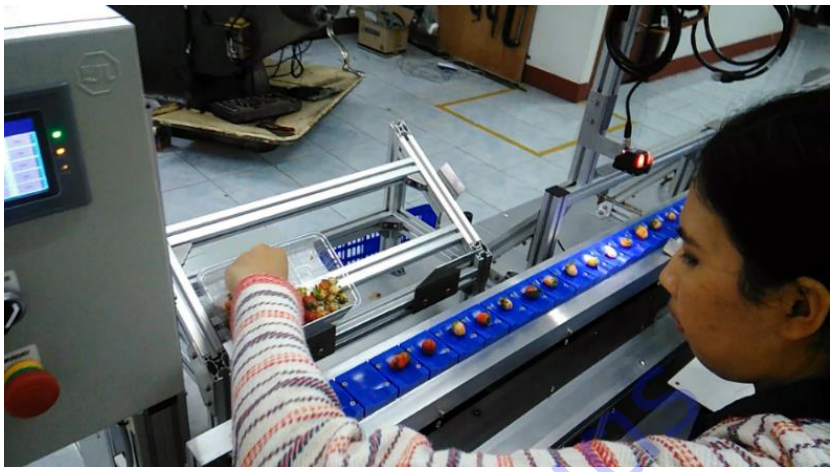
ตารางที่ 1 ค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ได้จากการประมวลผลภาพ (Image Processing)

สีผลสตรอเบอร์รี่	ค่า Hue	ค่า Saturation	ค่า Brightness
	(H)	(S)	(B)
สีขาว	30 - 35	77 - 130	144 - 220
สีชมพู	3 - 17	132 - 198	112 - 180
สีแดง	5 - 11	183 - 222	120 - 204
สีแดงคล้ำ	357 - 27	81 - 251	24 - 216

8.4 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รี่จริงที่ต้องการคัดแยก

กรมวิทยาศาสตร์

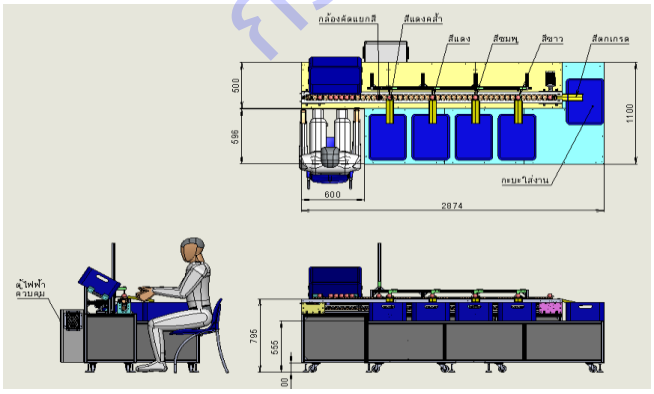
เมื่อได้ทำการประมวลภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ และบันทึกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกในโปรแกรมแล้ว ดำเนินการทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รีจริงที่ต้องการคัดแยก ซึ่งโปรแกรมก็สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ตามสีที่ได้ตั้งค่าไว้

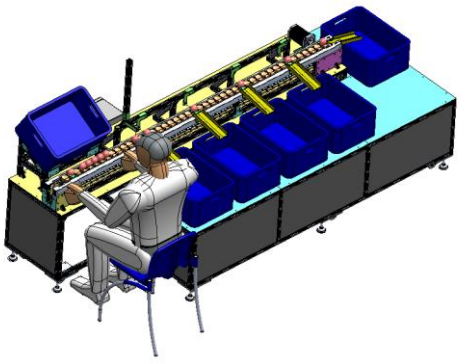


รูปที่ 14 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่

8.5 ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเบื้องต้น เครื่องมีขนาดกว้าง 1.1 เมตร ยาว 2.8 เมตร สูง 1.2 เมตร สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สีหลัก ได้แก่ สีแดงคล้ำ สีแดง สีชมพู สีขาว และด้านท้ายจะมีตะกร้าอีก 1 ใบรองรับสีที่ตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ และกำหนดให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานไม่น้อยกว่า 3,000 ผลต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 15 - 17





รูปที่ 15 แบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing เบื้องต้น

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 16 สร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

รูปที่ 17 ต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing เบื้องต้นที่สร้างแล้วเสร็จ

กรมวิชาการเกษตร

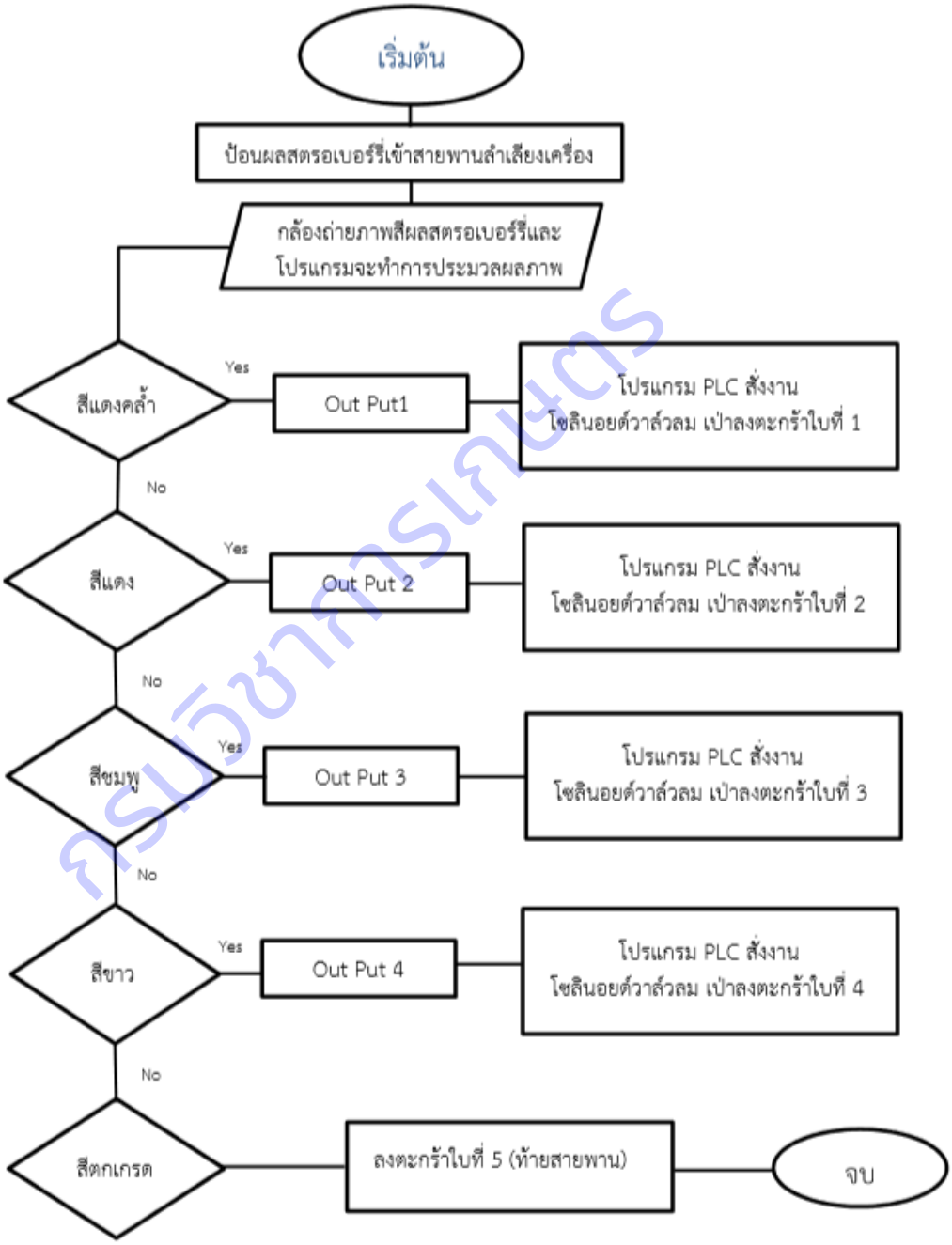
หลักการทำงานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าสายพานลำเลียง กล้องจะทำการถ่ายภาพและโปรแกรมจะประมวลผลภาพสีผลสตรอเบอร์รี่เมื่อกล้องตรวจเจอสีผลสตรอเบอร์รี่ตามค่าที่ได้ตั้งค่าไว้ในโปรแกรม โปรแกรมประมวลผลก็จะส่ง Out Put ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วแบบใช้ลม เป่าคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ลงตะกร้าแต่ละใบ

กรณีกล้องตรวจเจอสีแดงคล้ำ โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 1 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลม เป่าลงตะกร้าใบที่ 1

เมื่อกล้องตรวจเจอสตรอเบอร์รี่สีแดง โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 2 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลม เป่าลงตะกร้าใบที่ 2

เมื่อกล้องตรวจเจอสตรอเบอร์รี่สีชมพู โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 3 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลม เป่าลงตะกร้าใบที่ 3

เมื่อกล้องตรวจเจอสีขาว โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 4 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 4 และกรณีสีผลสตรอเบอร์รี่ไม่ตรงเฉดสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ตั้งค่าไว้ เครื่องก็จะปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ลงในตะกร้าท้ายสายพาน ดังแผนภาพที่ 18



รูปที่ 18 แผนผังการทำงานของเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

8.6 ทดสอบเบื้องต้น และปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้เครื่องสามารถใช้งานได้

เมื่อได้สร้างเครื่องต้นแบบเสร็จแล้วจึงได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น ในการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ ทดสอบครั้งละ 80 ผล จำนวน 3 ซ้ำ โดยคละสีผลสตรอเบอร์รี่ทั้ง 4 สี ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที

ซ้ำ	จำนวน (ผล)	ถูกต้อง (ผล)	ผิดพลาด (ผล)	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด (%)
1	80	70	10	87.50	12.50
2	80	71	9	88.75	11.25
3	80	71	9	88.75	11.25
เฉลี่ย				88.33	11.67

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นที่ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที พบว่าเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ถูกต้องเฉลี่ย 88.33 เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด 11.67 เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากแสงจากภายนอกมารบกวนแสงของตัวกล้อง และขณะทำการคัดแยกพบปัญหามีผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับราง ขณะปล่อยลงตะกร้าคัดแยก ดังรูปที่ 19

รูปที่ 19 ผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางทางลงผลสตรอเบอร์รี่

จากผลการทดสอบเครื่องเบื้องต้นจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ โดยได้ทำการออกแบบและสร้างห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยก ดังรูปที่ 20 เพื่อแก้ไขปัญหาแสงรบกวนจากภายนอก

กรมวิชาการเกษตร

และได้ปรับปรุงรางท้ายสายพานใหม่ ดังรูปที่ 21 โดยออกแบบรางท้ายสายพานใหม่ และติดตั้งรางให้ชิดกับสายพานมากขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางท้ายสายพาน

รูปที่ 20 ติดตั้งห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยก ก่อนปรับปรุง (ซ้าย) หลังปรับปรุง (ขวา)

รูปที่ 21 ปรับปรุงรางท้ายสายพานคัดแยกเพื่อไม่ให้ผลสตรอเบอร์รี่หล่นลงในช่องว่าง

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 22 เครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

8.7 ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ เมื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบแล้วเสร็จ จึงได้ดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการทำงาน ความแม่นยำของเครื่อง และความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ใช้แรงงานคน)

- ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ผลต่อชั่วโมง)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \left(\frac{\text{จำนวนผลสตรอเบอร์รี่คัดได้ (ผล)}}{\text{หน่วยเวลา (ชั่วโมง)}}\right)$$

- ความถูกต้อง หรือความแม่นยำ (Accuracy)

ความแม่นยำ (Accuracy; %) ใช้สมการ % Accuracy = 100 - % Error

และ % Error = Relative Error x 100

- ความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่

$$\text{ความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวนผลสตรอเบอร์รี่ที่ซ้ำ (ผล)}}{\text{จำนวนผลสตรอเบอร์รี่ทั้งหมดที่สุ่ม (ผล)}}\right)$$

กรมวิชาการเกษตร

จากนั้นได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบทดสอบเพื่อเลือกความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก โดยทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 23 ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4 - 6

รูปที่ 23 ทดสอบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด วินาที	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	372	418	35	2	106	9	77	5	129	9	347	25	93.28	3,204
2	376	420	32	2	95	7	81	6	142	11	350	26	93.09	3,223
3	375	420	37	3	99	7	76	5	138	10	350	25	93.33	3,214
เฉลี่ย													**93.23**	**3,214**

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.08 เมตรต่อวินาที

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด (วินาที)	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	370	350	30	5	80	15	80	9	126	25	**316**	**54**	85.41	3,806
2	371	350	31	5	86	13	79	10	123	24	**319**	**52**	85.98	3,816
3	373	352	30	4	85	15	75	10	128	26	**318**	**55**	85.25	3,815
เฉลี่ย													**85.55**	**3,812**

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดแยก 0.1 เมตรต่อวินาที

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด (วินาที)	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	376	300	29	6	78	21	73	14	122	33	302	74	80.32	4,512
2	368	292	27	6	80	23	71	14	117	30	295	73	80.16	4,537
3	366	290	32	7	75	21	68	12	120	31	295	71	80.60	4,543
เฉลี่ย													**80.36**	**4,531**

จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องทำงานที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเครื่องเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 24 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำ (ซ้าย) และสีผลสตรอเบอร์รี่สีแดง (ขวา) จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 25 สีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพู (ซ้าย) และสีผลสตรอเบอร์รี่สีขาว (ขวา) จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ

ส่วนการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบดังตารางที่ 7 และได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลสตรอเบอร์รี่เพื่อตรวจเช็คความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยคน โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ไม่พบความบอบช้ำจากการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน ดังตารางที่ 8 และรูปที่ 24-26

รูปที่ 26 การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน

ตารางที่ 7 ผลทดสอบการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้แรงงานคน

	สตรอเบอร์รี่สด (ผล)	เวลาคัด (วินาที)	สีขาว		สีชมพู		สีแดง		สีแดงคล้ำ		รวม		ความแม่นยำ (%)	ความสามารถทำงาน (ผล/ชั่วโมง)
			คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	คัดถูก (ผล)	คัดผิด (ผล)	**คัดถูก (ผล)**	**คัดผิด (ผล)**		
1	**367**	**300**	35	0	91	11	76	14	127	13	329	38	**89.65**	**1,484**
2	**365**	**292**	33	0	93	12	73	12	125	17	324	41	**88.77**	**1,493**
3	**377**	**290**	36	0	86	15	75	17	130	18	327	50	**86.74**	**1,505**
เฉลี่ย													**88.38**	**1,494**

ตารางที่ 8 ผลการสุ่มผลสตรอเบอร์รี่เพื่อเช็คตรวจความซ้ำที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน

	เครื่องต้นแบบ			แรงงานคน		
	ผลซ้ำ (ผล)	ผลไม่ซ้ำ (ผล)	เปอร์เซ็นต์ผลซ้ำ (%)	ผลซ้ำ (ผล)	ไม่ซ้ำ (ผล)	เปอร์เซ็นต์ผลซ้ำ (%)
1	0	10	**0**	0	10	**0**
2	0	10	**0**	0	10	**0**
3	0	10	**0**	0	10	**0**
เฉลี่ย			**0%**			**0%**

ผลการสุ่มตรวจเช็คความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดแยกสีด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยแรงงานคน สุ่มจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ผล โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการตรวจเช็คไม่พบความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่ทั้งการคัดด้วยเครื่องต้นแบบและการคัดด้วยแรงงานคน ดังรูปที่ 27 - 28

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 27 ผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดด้วยเครื่องต้นแบบ เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 28 ผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดด้วยคน เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายและหาจุดคุ้มทุนในการลงทุนเครื่องจักรกลเกษตร เพื่อการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ และคิดค่าเสื่อมราคาแบบวิธีเส้นตรง (Straight-line Method) เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้การลงทุนซื้อของเกษตรกร และเพื่อการรับจ้าง หรือเพื่อการแนะนำส่งเสริมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กำหนดให้ราคาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ เท่ากับ 150,000 บาท อายุการใช้งาน 7 ปี ความสามารถในการทำงาน 1,920 ผล/ชั่วโมง หรือประมาณ 57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{P-S}{N}$$

ค่าดอกเบี้ย $= \frac{P-S}{2} \times \frac{i}{100}$

โดย P = ราคาซื้อของเครื่องจักร (บาท)

S = ราคาซากของเครื่องจักร (บาท)

N = อายุการใช้งาน (ปี)

i = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์)

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่

ราคาเครื่องคัดน้ำหนักผลสตรอเบอร์รี่, P = 150,000 บาท

ราคาซาก, S = 10 % ของ P บาท

อายุการใช้งาน, N = 7 ปี

อัตราดอกเบี้ย, i = 10 % ต่อปี

ค่าไฟฟ้า = 0.80 บาทต่อชั่วโมง

ค่าแรงคนงาน = 35.50 บาทต่อชั่วโมง

ค่าบำรุงรักษา = 0.5 % ของ P/100 บาทต่อชั่วโมง

ความสามารถในการทำงานของเครื่อง = 57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ฤดูเก็บผลผลิตสตรอเบอร์รี่(เดือนธันวาคมถึงเมษายน) = 5 เดือน หรือ 150 วันต่อปี

ทำงานวันละ = 8 ชั่วโมง

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่

ค่าต้นทุนคงที่

ค่าเสื่อมราคา	19,285.57	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	6,750.00	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	26,035.57	บาท/ปี

ค่าต้นทุนผันแปร

ค่าไฟฟ้า	0.80	บาท/ชั่วโมง
ค่าแรงคนงาน	35.50	บาท/ชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษา	1.56	บาท/ชั่วโมง

รวมต้นทุนผันแปรของเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ 37.86 บาท/ชั่วโมง = 45,432 บาท/ปี

กรมวิชาการเกษตร

ต้นทุนในการใช้เครื่องแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

= 26,035.57 + 45,432 บาท/ปี

= 71,467.57 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ฤดูกาลคัดผลสตรอเบอร์รี่ได้ = 57 x 8 x 150 กิโลกรัม/ปี

= 68,400 กิโลกรัม/ปี

ต้นทุนค่าใช้จ่าย = 71,465.57/68,400 บาท/กิโลกรัม

= 1.045 บาท/กิโลกรัม

<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>

ราคาค่าจ้างในการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ = 2 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนค่าใช้จ่าย = 1.045 บาท/กิโลกรัม

มูลค่าเพิ่ม = 0.955 บาท/กิโลกรัม

ปริมาณที่เครื่องคัดได้ = 68,400 กิโลกรัม/ปี

จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย

ดังนั้น 2 x Q = 1.045 x 68,400

โดยที่ Q คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน = 35,739 กิโลกรัม/ปี

คุ้มทุนเมื่อเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ = 35,739 กิโลกรัม/ปี

มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง = (68,400 – 35,739) x 0.955 บาท/ปี

= 31,191.255 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม = 150,000/31}191.255 ปี

= 4.81 ปี

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน = 4.81 ปี

จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 35,739 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 4.81 ปี

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ได้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ เครื่องมีขนาดกว้าง 1,325 มิลลิเมตร ยาว 3,000 มิลลิเมตร สูง 1,400 มิลลิเมตร ในส่วนของกล้องตรวจจับภาพสีผลสตรอเบอร์รี่งานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel ใช้โปรแกรม

กรมวิชาการเกษตร

สำเร็จรูป IV - H1 ในการอ่านรับภาพมาจากกล้อง และทำการประมวลผลภาพ การใช้งานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าเครื่องระบบการคัดแยกสีจะทำงานอัตโนมัติควบคุมกลไกการคัดแยกด้วยโปรแกรม PLC โดยเครื่องต้นแบบสามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ และท้ายเครื่องจะมีตะกร้าอีก 1 ใบ รองรับผลสตรอเบอร์รี่ที่เป็นสีตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ ผลการทดสอบเครื่องที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีที่สุด เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดด้วยแรงงานมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซ็นต์ จากการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจเช็คความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่ไม่พบความช้ำทั้งการคัดด้วยคนและคัดด้วยเครื่อง เมื่อเปรียบเทียบความรวดเร็วในการคัดแยก การใช้เครื่องรวดเร็วกว่าการคัดด้วยวิธีเกษตรกรโดยใช้แรงงานคน ประมาณ 2.15 เท่า

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จะมีการเผยแพร่งานวิจัยนี้ แก่เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร ผู้ปลูกสตรอเบอร์รี่ โรงรับซื้อ และโรงคัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่สด เพื่อช่วยคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่สดให้มีคุณภาพ ตรงตามที่ตลาดต้องการ ทำให้ขายได้ราคาดี แก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตร และจะมีการขยายผลเครื่องต้นแบบสู่ผู้ประกอบการโรงงานผลิตเครื่องจักรในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ที่ช่วยสร้าง และช่วยทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ตลอดจนเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และโรงรับซื้อ - คัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่สดในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้สถานที่ในการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ จนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

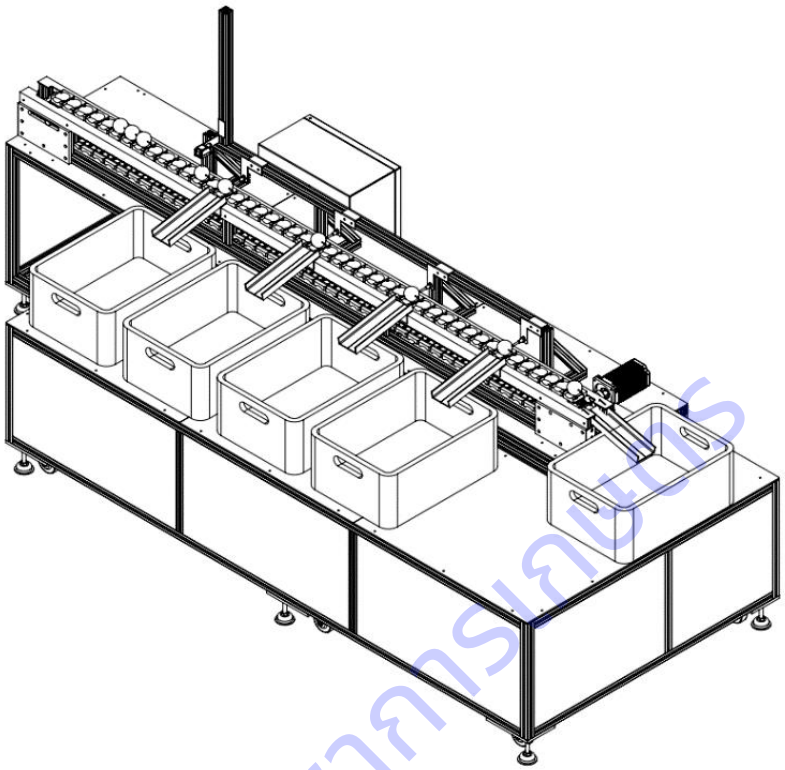
12. เอกสารอ้างอิง

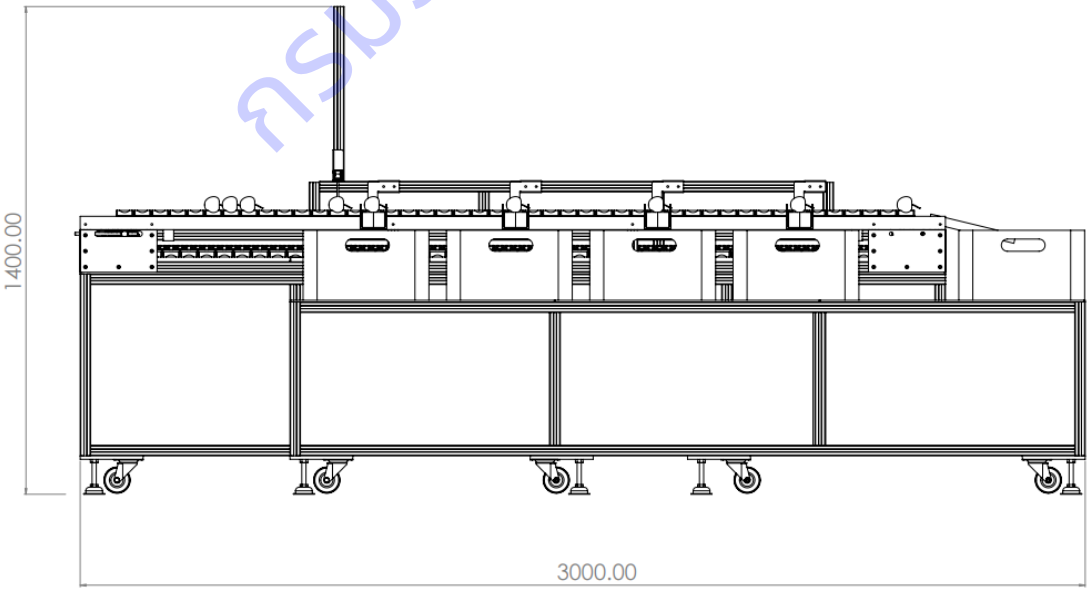
ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2544. การปลูกสตรอเบอร์รี่. สืบค้นจาก:
http://www.ku.ac.th/e-magazine/january44/agri/strawberry. [10 มิถุนายน 2560]

ศุภณัฐ อ้นน่วม. 2560. หลักการใช้สีและแสงสีในคอมพิวเตอร์. สืบค้นจาก:
http://www.krumoocenter.com. [20 ธันวาคม 2560]

13. ภาคผนวก

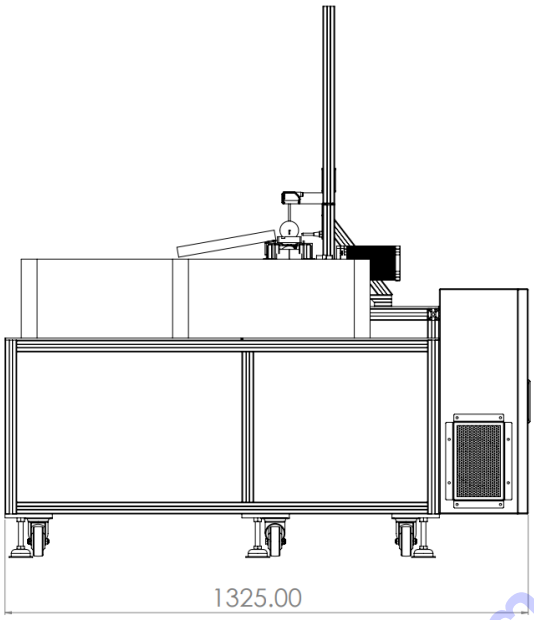
แบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing



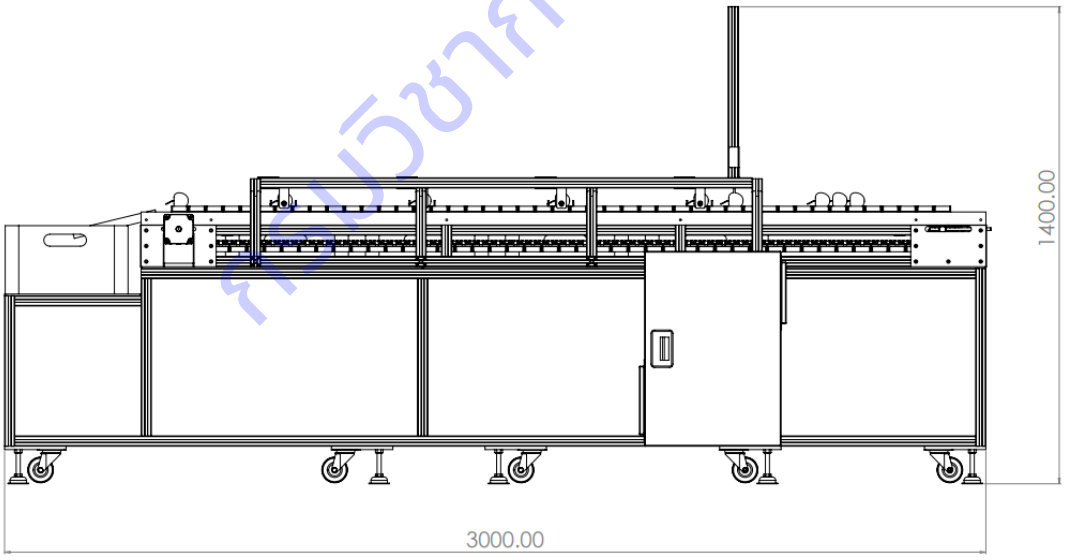


ด้านหน้า

กรมวิชาการเกษตร



ด้านข้าง



ด้านหลัง

ศูนย์วิชาการเกษตร