รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

Research and Development Image Processing for Strawberry

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สนอง อมฤกษ์

Sanong Amaroek

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

Research and Development Image Processing for Strawberry

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

สนอง อมฤกษ์

Sanong Amaroek

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

คำปรารภ

สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้ที่มีโภชนาการสูงอุดมไปด้วยสารต่อต้านอนุมูลอิสระมีส่วนช่วยในการชะลอวัย ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือ ผลของสตรอเบอร์รี่มีรสชาติหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์มีตั้งแต่รสหวานจนถึงเปรี้ยว ในกระบวนการผลิตสตรอเบอร์รี่นั้นในขั้นตอนการคัดแยกเกษตรกรต้องมานั่งคัดแยกสีผลที่สุกเกินไปและผลที่ไม่สุกออกทำให้ทำงานได้ช้า ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image processing ขึ้น เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 3,214 ผลต่อชั่วโมง ซึ่งรวดเร็วกว่าการใช้แรงงาน 2.15 เท่า

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เมื่อนำเทคโนโลยีที่ได้ไปขยายผลสู่เกษตรกรแล้ว จะสามารถช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิต ทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ ลดความเมื่อยล้าของเกษตรกร สุดท้ายนำไปสู่เกษตรกรมีผลกำไรเพิ่มขึ้นและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

นายสนอง อมฤกษ์
หัวหน้าโครงการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
ผู้วิจัย	ข
บทนำ	1
บทคัดย่อ	6
ระเบียบวิธีการวิจัย	8
ผลการวิจัย	9
อภิปรายผล	21
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	22
บรรณานุกรม	23
ภาคผนวก ก	24
ภาคผนวก ข	26

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกร และโรงคัดผลสตรอเบอร์รี่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการทดสอบเก็บข้อมูล และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image processing รวมถึงการทดสอบและเก็บข้อมูล จนโครงการฯ เสร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

1. สนอง อมฤกษ์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	หัวหน้าโครงการ
2. มานพ รักญาติ	วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
3. พงษ์รวี นามวงศ์	วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
4. นิติ ผูกจิต	นายช่างเครื่องกลปฏิบัติงาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
5. สรวิศ จันทร์เจนจบ	นายช่างเครื่องกลปฏิบัติงาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
6. นายสุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

สตรอเบอร์รี่ (Strawberry) เป็นสกุลไม้ดอกในวงศ์กุหลาบ ผลสามารถรับประทานได้ ในอดีตปลูกเป็นพืชคลุมดินให้กับต้นไม้ปลูกเลี้ยงอื่นมีมากกว่า 20 สปีชีส์ และมีลูกผสมมากมาย แต่สตรอเบอร์รีที่นิยมปลูกมากในปัจจุบันคือ สตรอเบอร์รี่สวน ผลของสตรอเบอร์รี่มีรสชาติหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีตั้งแต่รสหวานจนถึงเปรี้ยว สตรอเบอร์รี่เป็นผลไม้ทางการค้าที่สำคัญมีปลูกกันเป็นวงกว้างหลายสภาพอากาศทั่วโลก

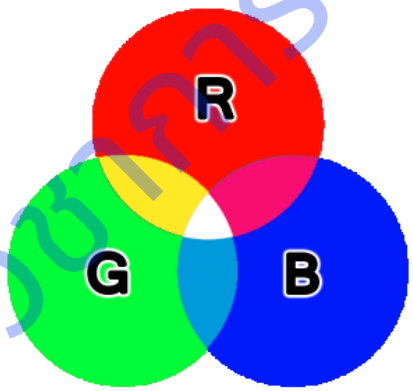
ภาพที่ 1 แปลงปลูกสตรอเบอร์รี่

การปลูกสตรอเบอร์รี่ในอำเภอแม่สาย และพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่นั้น มูลค่าต้นทุนของการผลิตต่อไร่ตกประมาณ 25,000 - 30,000 บาท และรายได้ตอบแทนต่อไร่ 62,500 บาท (คิดจากค่าเฉลี่ย 2,500 กิโลกรัม ต่อไร่ และ 25 บาทต่อกิโลกรัม) ขณะที่เกษตรกรบนดอยอินทนนท์ใช้ต้นทุนการผลิตไร่ละ 30,000-35,000 บาท และมีรายได้ไร่ละ 72,500 บาท เนื่องจากสามารถขายเป็นผลรับประทานสดแก่นักท่องเที่ยว และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่าพื้นราบ ปกติแล้วผลผลิตจะออกประมาณเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนพฤษภาคม ในพื้นที่ปลูกบนที่สูง และระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคมจะมีคุณภาพดี และขนาดใหญ่ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงประมาณ 70 - 80 บาทต่อกิโลกรัมในท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลง และจำหน่ายได้ในราคา 20 - 30 บาทต่อกิโลกรัมในช่วงเดือนมกราคม ถึงกลางเดือนมีนาคม ปัจจุบันยังมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลิตของ สตรอเบอร์รี่ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมาก และกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการนำเข้าผลสตรอเบอร์รี่เพื่อใช้ในการแปรรูปมากสุด (ที่ผ่านมาประมาณ 1,000 - 3,000 ตันต่อปี) นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และบางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อย โดยมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย (ณรงค์ชัย, 2544)

สตรอเบอร์รี่ พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นสตรอเบอร์รี่พันธุ์ที่กำลังเป็นที่นิยม และสามารถหาชิมได้ตามท้องตลาด โดยเฉพาะที่ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ซึ่งถือเป็นแหล่งที่มีการปลูกสตรอเบอร์รี่ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และเหตุที่ใช้ชื่อพันธุ์พระราชทาน 80 เนื่องจากได้พระราชทานมาเมื่อปี พ.ศ.2550 ที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ทรงมีพระชนมพรรษาครบ 80 พรรษา สตรอเบอร์รี่ พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นสายพันธุ์กิน

ผลสด และเป็นพันธุ์ที่ต้องการอากาศหนาวเย็นมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ คือ ต้องปลูกในพื้นที่สูงตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 16-20 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 30 วัน ซึ่งสถานีเกษตรหลวงอ่างขางจะเป็นพื้นที่ปลูกได้ผลดี เพราะมีความสูงประมาณ 1,400 เมตร เพื่อกระตุ้นการสร้างตาดอกอย่างต่อเนื่อง และให้ได้ผลผลิตในปริมาณมากและยาวนานขึ้น และยังเป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสและราแป้งได้ดี

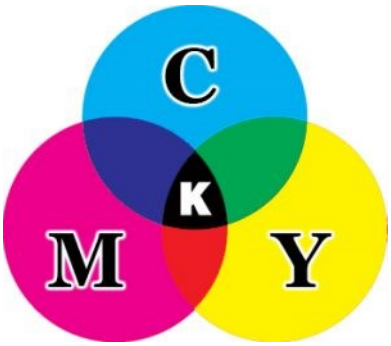
สีในธรรมชาติและสีที่สร้างขึ้น จะมีรูปแบบการมองเห็นของสีที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการมองเห็นสีที่ใช้ในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกทั่วไปนั้น มีอยู่ด้วยกัน 4 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึมจะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สีรุ้ง (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามที่สายตามองเห็นได้ 7 สี คือ แดง แสด เหลือง ดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสี ที่มีช่วงคลื่นที่สายตาสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงที่สุดคลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อุลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และคลื่นแสงสีแดงมีความถี่คลื่นต่ำที่สุด คลื่นแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดง เรียกว่า อินฟราเรด (Infrared) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจากแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง ซึ่งใกล้เคียงกับตามนุษย์มากที่สุด และแต่ละช่องสีจะสามารถสร้างระดับสีได้ 256 ระดับ ดังนั้นจึงสามารถสร้างสีที่แตกต่างกันได้ถึง16,777,216 สีต่อ 1 พิกเซล เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่ อีก 3 สี คือ สีแดงมาเจนต้า (Magenta) สีฟ้าไซแอน (Cyan)และสีเหลือง (Yellow) และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว



ภาพที่ 2 ระบบสี RGB

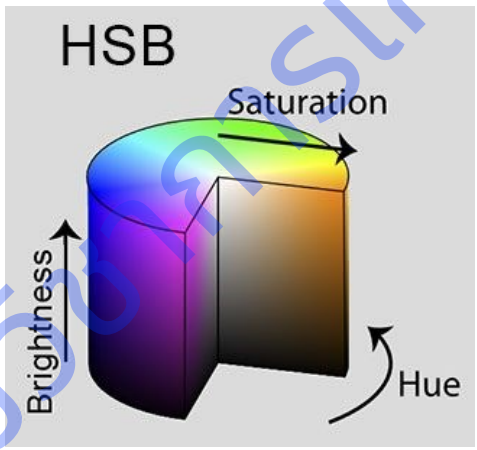
2) ระบบสี CMYK เป็นระบบสีตามหลักการแสดงสีของเครื่องพิมพ์ ย่อมาจากคำว่า Cyan Magenta Yellow และ Black เป็นระบบสีมาตรฐานที่เหมาะกับงานพิมพ์ ดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นชื่อสีที่นำมาใช้การผสมสีทั้งสี่นี้จะทำให้เกิดสีได้อีกหลายร้อยสี นำมาใช้ในการพิมพ์สีต่าง ๆ ซึ่งปกติการเลือกใช้สีนั้นจะมีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือ CMYK และ RGB สามารถแบ่งแยกประเภทการใช้งานได้ง่ายๆ คือ ถ้าเป็นสีที่ต้องพิมพ์ออกมาไม่ว่าจะพิมพ์ในรูปแบบใดก็ตาม จะต้องใช้ค่าสีของ CMYK แต่ถ้าต้องการสีที่แสดงผลออกทางหน้าจอก็จะเลือกใช้ RGB เท่านั้น

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3 ระบบสี CMYK

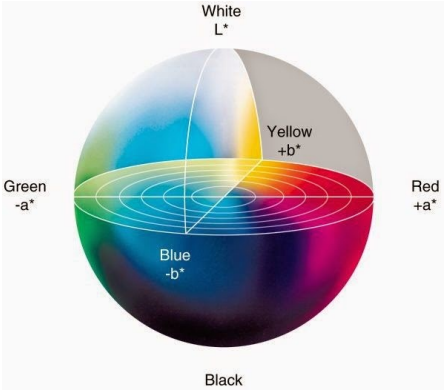
3) ระบบสี HSB เป็นระบบสีแบบการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ Hue เป็นสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตา ค่า Hue เป็นสีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วเข้าสู่สายตา แต่โดยทั่วไปจะเรียกการแสดงสีนั้น ๆ เป็นชื่อของสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีแดง เป็นต้น Saturation เป็นการกำหนดค่าความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 หากกำหนดค่าเป็น 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 สีจะมีความสดมาก Brightness เป็นระดับความสว่างของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 หากกำหนดค่าเป็น 0 ความสว่างจะน้อย ซึ่งจะเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 สีจะมีความสว่างมาก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ระบบสี HSB

4) ระบบสี LAB ระบบสีแบบ Lab เป็นระบบสีแบบเก่าที่ถูกกำหนดขึ้นในฝรั่งเศส โดยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดสีที่ตาของเราสามารถรับได้ แต่เนื่องจากขณะนั้นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลยังไม่ถือกำหนดขึ้น ดังนั้นระบบสี Lab นี้จึงไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และระบบปฏิบัติการใดโดยเฉพาะ ระบบสี Lab จะวัดแสงและสีโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ L (Luminance) เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดค่าที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดค่าที่ 100 จะเป็นสีขาว A แสดงการไล่สีจากสีเขียวไปยังสีแดง B แสดงการไล่สีจากสีน้ำเงินไปยังสีเหลือง (ศุภณัฐ อ้นน่วม, 2560) ดังภาพที่ 5

กรมวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 5 ระบบสี LAB

การคัดสี Color sorter ด้วยสีที่ผิวของวัตถุ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อคัดแยกวัสดุที่มีสีแตกต่างกันออกจากกัน โดยใช้การถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image processing) เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่เก็บไว้ ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เพื่อคัดแยกวัตถุดิบ เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง โกโก้ ชากาแฟ ในโรงคัดบรรจุ (Packing house) หรือการคัดสีของวัตถุดิบที่นำมาใช้เพื่อการแปรรูปอาหารที่สีเป็นปัจจัยสำคัญและมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้แยกความแก่อ่อนของผักผลไม้ (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2561) ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 การวัดสีผลส้มโดยใช้ Image processing

Feng and Qixin (2004) ได้ศึกษาระบบคัดแยกผลไม้โดยการประมวลผลภาพสี เพื่อใช้สำหรับการคัดแยกผลไม้ความเร็วสูงอัตโนมัติ ผลการทดลองในการคัดแยกเกรดคุณภาพของแอปเปิ้ลพันธุ์คริสตัลฟูจิ การคัดแยกเกรดคุณภาพแบ่งออกเป็น 3 เกรด คือ เกรด A มีพื้นผิวสีแดงเข้มมากกว่า 70% เกรด B มีพื้นที่ผิวเป็นสีแดง 40-70% และเกรด C มีพื้นที่ผิวสีแดงน้อยกว่า 30% มีความแม่นยำในการคัดแยกเฉลี่ย 90 %

พูนพัฒน์ และอัมพวัน (2548) ได้เสนอวิธีการคัดแยกมะม่วงโดยระบบแมชีนวิชัน (Machine Vision) ระบบจะทำการคัดแยกขนาดความสุกและตำหนิ ซึ่งในการคัดแยกความสุกจะใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนของปริมาณพื้นที่สีเหลืองที่ปรากฏอยู่บนเปลือกของผลต่อปริมาณพื้นที่ทั้งหมดทำให้สามารถระบุมะม่วงสุก ซึ่งเป็นมะม่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการส่งออกได้ความถูกต้องถึงร้อยละ 93.4 ส่วนมะม่วงที่แก่แต่ยังไม่สุกสามารถระบุได้ถูกต้องร้อยละ 68.1 และมะม่วงอ่อนสามารถคัดแยกได้ถูกต้องร้อยละ 42.6

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตสตรอเบอร์รี่นั้นในขั้นตอนการคัดแยก เกษตรกรต้องมานั่งคัดแยกผลที่สุกเกินไป และผลที่ไม่สุกออก โดยยังไม่มีเครื่องจักรกลมาช่วยในการทำงานทำให้เกษตรกรทำงานได้ช้า เนื่องจากผลสตรอเบอร์รี่ช้ำง่าย การเก็บเกี่ยวก็ต้องคำนึงถึงระยะทางในการขนส่งสู่ตลาด ถ้าระยะทางไกลต้องเก็บผลสุกหรือเห็นสีแดง 20 – 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้ผลแข็งสะดวกแก่การขนส่ง การเก็บผลสตรอเบอร์รี่เกษตรกรจะเก็บคละสีกันมา ทำให้ผลแก่เกินก็จะเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นหากมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรมาช่วยในการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่จะทำให้ได้สตรอเบอร์รี่ที่มีคุณภาพ และช่วยลดต้นทุนเรื่องแรงงานลงได้

กรมวิชาการเกษตร

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

สนอง อมฤกษ์[1] มานพ รักญาติ[1]
พงษ์รวี นามวงศ์[1] นิติ ผูกจิต[1]
สรวิศ จันทร์เจนจบ[1] สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง[2]

คำสำคัญ: สตรอเบอร์รี่, เครื่องคัดแยกสี, ประมวลผลภาพ

บทคัดย่อ

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 เมตรต่อวินาที 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

กรมวิชาการเกษตร

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
[2] ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Research and Development Image Processing for Strawberry

Sanong Amaroek[1] Manop Rakyat[1]

Pongrawee Namwong[1] Niti Pookjit[1]

Sorawit Chanchenchob[1] Supattanakij Posawang[2]

Keywords: Strawberry, Sorter, Image Processing

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.

กรมวิชาการเกษตร

[1] Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture.

[2] Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, Horticulture Research Institute, Department of Agriculture

วัตถุประสงค์

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค image processing

ระเบียบวิธีการวิจัย

- สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. กล้องวัดสี
2. โปรแกรมประมวลผลภาพ
3. ผลสตรอเบอร์รี่สด
4. ต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. นาฬิกาจับเวลา

- วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่ทำการคัดแยกสีผลของสตรอเบอร์รี่
2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสีผลสตรอเบอร์รี่ที่จะทำการคัดแยก
3. ถ่ายภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกด้วยกล้องตรวจจับภาพสี และทำการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก
4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รี่จริงที่ต้องการคัดแยก
5. ดำเนินการออกแบบ และสร้างต้นแบบเบื้องต้นเครื่องคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing
6. ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้เครื่องสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการทำงาน และความแม่นยำของเครื่อง และความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ใช้แรงงานคน)

- สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล
  ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
  โรงคัดผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกร และผู้ประกอบการ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่
- ระยะเวลาดำเนินงาน 2 ปี เริ่มต้น ปี 2562 สิ้นสุด ปี 2563

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ผลการวิจัย

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่ทำการคัดแยกสีผลของสตรอเบอร์รี่

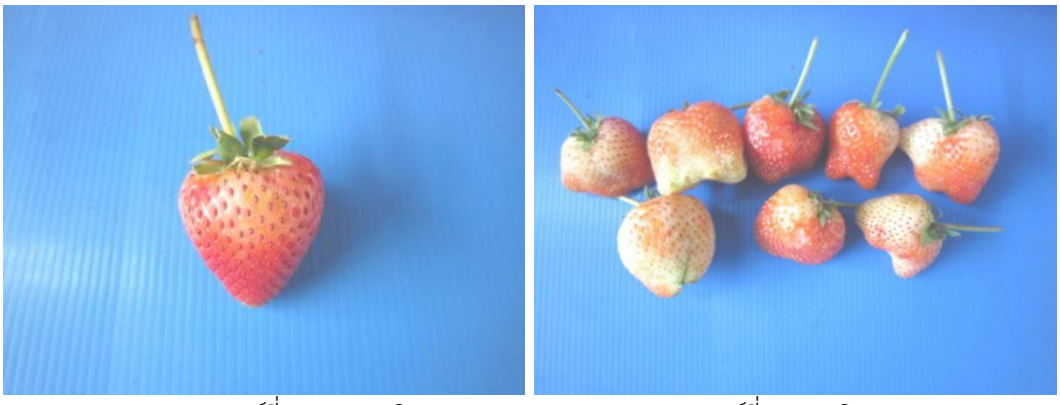
การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่เพื่อจำหน่ายทานสดของเกษตรกรและโรงรับซื้อ ปัจจุบันจะมีอยู่ 4 สี คือ สีแดง สีชมพู สีแดงคล้ำ (สุกเกินไป) และสีขาว (ยังไม่สุก) การคัดใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคเหนือประมาณ 4,000 ไร่ โดยพันธุ์ที่ปลูกมากคือ พันธุ์พระราชทาน 80 โดยสีที่คัดเพื่อจำหน่ายทานสดคือ สีชมพู และสีแดง ส่วนสีขาวและสีแดงคล้ำจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น เช่น สตรอเบอร์รี่ตากแห้ง และไวน์ เป็นต้น ดังนั้นสีของผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกจะมีอยู่ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ ดังภาพที่ 7-8

ภาพที่ 7 วิธีคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ของเกษตรกรและโรงรับซื้อใน อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่

ภาพที่ 8 สีผลสตรอเบอร์รี่ที่คัดแยกของเกษตรกรและโรงคัดบรรจุผลสตรอเบอร์รี่สด

2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสีผลสตรอเบอร์รี่ที่จะทำการคัดแยก

ลักษณะกายภาพผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ผลของสตรอเบอร์รี่ปกติจะมีลักษณะรูปทรงกลมปลายแหลม (ภาพที่ 9 ซ้าย) ส่วนรูปทรงที่ตกเกรดจะมีลักษณะรูปทรงบิดเบี้ยวหรือผิดรูป (ภาพที่ 9 ขวา)



สตรอเบอร์รี่รูปทรงปกติ สตรอเบอร์รี่รูปทรงผิดรูป

ภาพที่ 9 ลักษณะรูปทรงผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80

การสุกของผลสตรอเบอร์รี่ส่วนใหญ่จะสุกจากด้านล่างขึ้นมาด้านบนของผล ลักษณะสีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพูหรือสีแดงอ่อนจะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวของผล ผลสตรอเบอร์รี่สีแดงจะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงมากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวของผล สีมีลักษณะแดงสด ส่วนผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำเป็นสีที่สุกเกินไป จะมีเปอร์เซ็นต์สีแดงทั้งผล สีมีลักษณะแดงเข้มหรือแดงคล้ำ ส่วนสีขาว (ยังไม่สุก) สีผิวของผลจะมีลักษณะสีขาวไม่มีเปอร์เซ็นต์สีแดง ดังภาพ 10-13

ภาพที่ 10 สีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพู

ภาพที่ 11 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดง

ภาพที่ 12 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำ

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 13 สีผลสตรอเบอร์รี่สีขาว

3. ทำการถ่ายภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกด้วยกล้องตรวจจับภาพสี และทำการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ประมวลผลภาพ มาตรฐานการวัดสีเป็นแบบ 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 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำแต่ถ้ากำหนดค่า 300 สีจะมีความสว่างมากที่สุด การปรับโฟกัสภาพของกล้องเป็นแบบอัตโนมัติ ไฟส่องสว่างเป็น LED สีขาว วิธีการให้แสงเลือกใช้การยิงแสงแบบ DC เนื่องจากให้แสงที่ต่อเนื่อง ระยะการติดตั้งตัวกล้อง 150 มิลลิเมตร จากวัตถุ จากนั้นนำสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยก คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ มาทำการถ่ายภาพสี (ภาพที่ 14) และทำการประมวลผลภาพเพื่อแยกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ โดยโปรแกรมประมวลผลภาพนี้แสดงค่าสีเป็นช่วงได้ค่าสีที่ประมวลผลภาพแล้วดังตารางที่ 1

ภาพที่ 14 ถ่ายภาพผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกและทำการประมวลผลภาพ

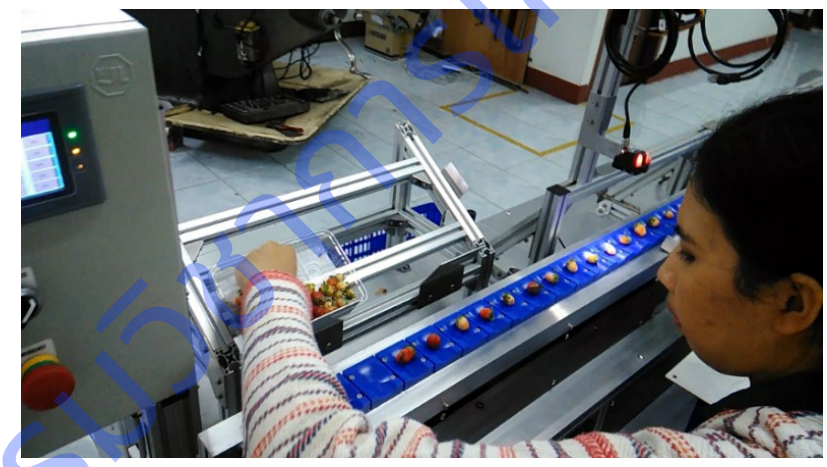
กรมวิชาการเกษตร

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

4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รี่จริงที่ต้องการคัดแยก

เมื่อได้ทำการประมวลภาพสีผลสตรอเบอร์รี่ และบันทึกค่าสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ต้องการคัดแยกในโปรแกรมแล้ว ดำเนินการทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีกับสีผลสตรอเบอร์รีจริงที่ต้องการคัดแยก ซึ่งโปรแกรมก็สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ตามสีที่ได้ตั้งค่าไว้ ดังภาพที่ 15

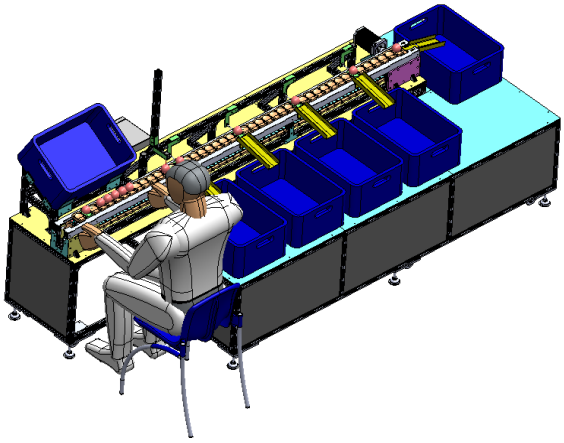


ภาพที่ 15 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่

5. ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องมีขนาดกว้าง 1.325 เมตร ยาว 3.0 เมตร สูง 1.40 เมตร สามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สีหลัก ได้แก่ สีแดงคล้ำ สีแดง สีชมพู สีขาว และด้านท้ายจะมีตะกร้าอีก 1 ใบรองรับสีที่ตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ และกำหนดให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานไม่น้อยกว่า 3,000 ผลต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 16 – 18

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 16 แบบ 3 มิติต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing เบื้องต้น

ภาพที่ 17 สร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

ภาพที่ 18 ต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing เบื้องต้นที่สร้างแล้วเสร็จ

หลักการทำงานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าสายพานลำเลียง กล้องจะทำการถ่ายภาพและโปรแกรมจะประมวลผลภาพสีผลสตรอเบอร์รี่เมื่อกล้องตรวจเจอสีผลสตรอเบอร์รี่ตามค่าที่ได้ตั้งค่าไว้ในโปรแกรม โปรแกรมประมวลผลก็จะส่ง Out Put ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วแบบใช้ลม เป่าคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ลงตะกร้าแต่ละใบ

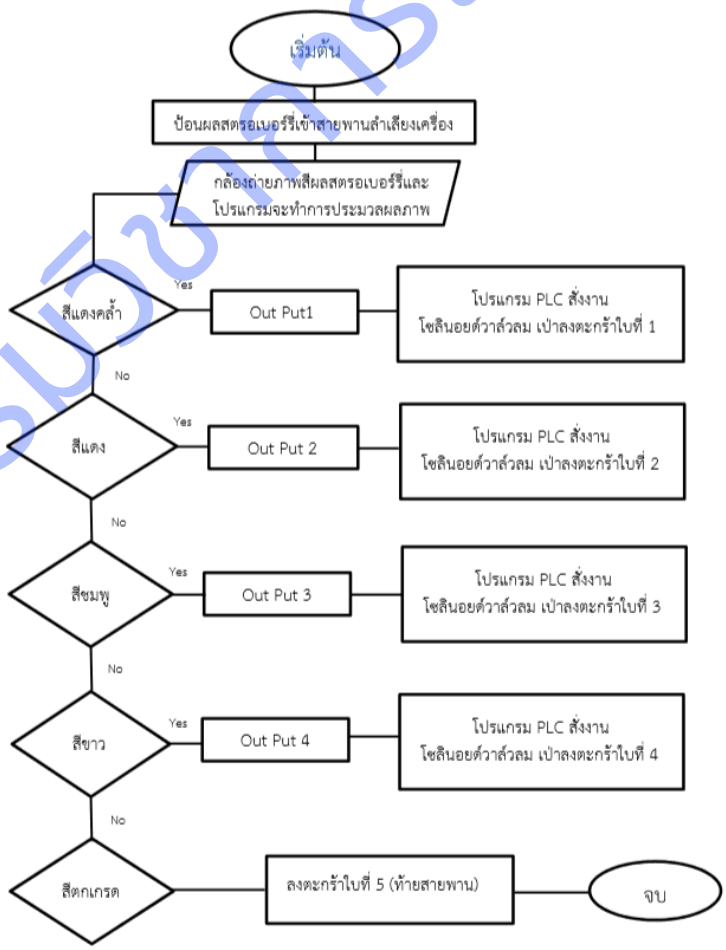
กรมวิชาการเกษตร

กรณีกล้องตรวจเจอสีแดงคล้ำ โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 1 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 1

เมื่อกล้องตรวจเจอสตรอเบอร์รี่สีแดง โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 2 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 2

เมื่อกล้องตรวจเจอสตรอเบอร์รี่สีชมพู โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 3 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 3

เมื่อกล้องตรวจเจอสีขาว โปรแกรมประมวลผลภาพจะส่งสัญญาณจากตัวเก็บบันทึกข้อมูล Amplifier Output ที่ 4 ไปยังโปรแกรมควบคุมกลไกของเครื่องจักร (PLC) สั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วลมเป่าลงตะกร้าใบที่ 4 และกรณีสีผลสตรอเบอร์รี่ไม่ตรงเฉดสีผลสตรอเบอร์รี่ที่ตั้งค่าไว้ เครื่องก็จะปล่อยผลสตรอเบอร์รี่ลงในตะกร้าท้ายสายพาน ดังแผนภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แผนผังการทำงานของเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

กรมวิชาการเกษตร

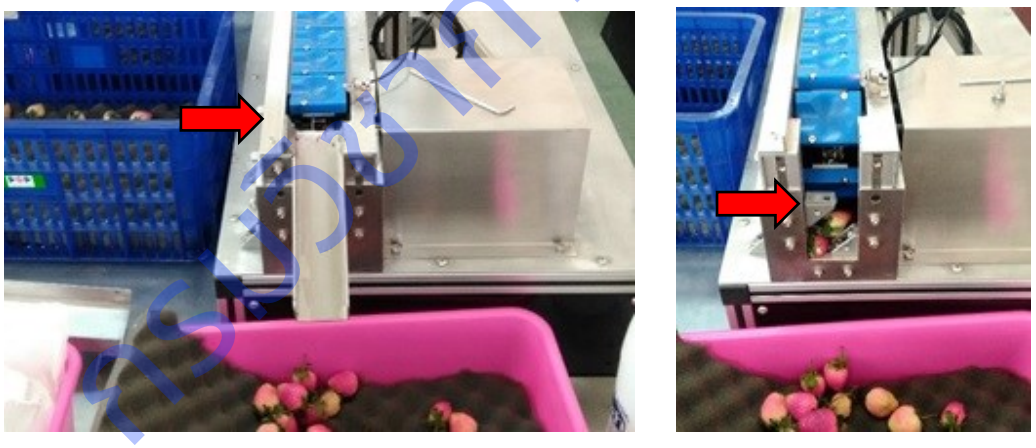
6. ทดสอบเบื้องต้น และปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้เครื่องสามารถใช้งานได้

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 ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางทางลงผลสตรอเบอร์รี่

จากผลการทดสอบเครื่องเบื้องต้นจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ โดยได้ทำการออกแบบและสร้างห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยก ดังภาพที่ 21 เพื่อแก้ไขปัญหาแสงรบกวนจากภายนอก และได้ปรับปรุงรางท้ายสายพานใหม่ ดังภาพที่ 22 โดยออกแบบรางท้ายสายพานใหม่ และติดตั้งรางให้ชิดกับสายพานมากขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางท้ายสายพาน ได้ต้นแบบที่เสร็จสมบูรณ์ ดังภาพที่ 23

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ภาพที่ 21 ติดตั้งห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยก ก่อนปรับปรุง (ซ้าย) หลังปรับปรุง (ขวา)

ภาพที่ 22 ปรับปรุงรางท้ายสายพานคัดแยกเพื่อไม่ให้ผลสตรอเบอร์รี่หล่นลงในช่องว่าง

ภาพที่ 23 เครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ เมื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบแล้วเสร็จ จึงได้ดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ โดยมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการทำงาน ความแม่นยำของเครื่อง และความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (ใช้แรงงานคน)

- ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (ผลต่อชั่วโมง)

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

- ความแม่นยำ (Accuracy)

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

และ % Error = Relative Error x 100

- ความซ้ำของผลสตรอเบอร์รี่

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

จากนั้นได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบทดสอบเพื่อเลือกความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก โดยทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที ดังภาพที่ 24 ผลการทดสอบดังตารางที่ 4 - 6

ภาพที่ 24 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 โดยสีผลสตรอเบอร์รี่หลังจากการคัดแยกด้วยเครื่อง แสดงดังภาพที่ 25-26

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 25 สีผลสตรอเบอร์รี่สีแดงคล้ำ (ซ้าย) และสีผลสตรอเบอร์รี่สีแดง (ขวา) จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ

ภาพที่ 26 สีผลสตรอเบอร์รี่สีชมพู (ซ้าย) และสีผลสตรอเบอร์รี่สีขาว (ขวา) จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ

ส่วนการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน (ภาพที่ 27) พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบดังตารางที่ 7 และได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลสตรอเบอร์รี่เพื่อตรวจเช็คความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยคน โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ไม่พบความบอบช้ำจากการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน ดังตารางที่ 8

ภาพที่ 27 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 ดังภาพที่ 28 - 29

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 28 ผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดด้วยเครื่องต้นแบบ เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

ภาพที่ 29 ผลสตรอเบอร์รี่หลังคัดด้วยคน เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นที่ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที พบว่าเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ถูกต้องเฉลี่ย 88.33 % ผิดพลาด 11.67 % ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากแสงจากภายนอกมารบกวนแสงของตัวกล้อง และขณะทำการคัดแยกพบปัญหามีผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงในช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับราง ขณะปล่อยลงตะกร้าคัดแยกจากผลการทดสอบเครื่องเบื้องต้นจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบโดยได้ทำการออกแบบและสร้างห้องครอบตัวกล้องบนสายพานคัดแยกเพื่อแก้ไขปัญหาแสงรบกวนจากภายนอก และได้ปรับปรุงรางท้ายสายพานใหม่ โดยติดตั้งรางให้ชิดกับสายพานมากขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาผลสตรอเบอร์รี่หลุดลงช่องว่างระหว่างสายพานคัดแยกกับรางท้ายสายพาน เมื่อปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบจนได้

เครื่องที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อเลือกความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก โดยทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05, 0.08 และ 0.1 เมตรต่อวินาที จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องทำงานที่ความเร็วเชิงเส้นสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุดคือ เครื่องมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.23 % ความสามารถในการทำงานเครื่องเฉลี่ย 3,214 ผลต่อชั่วโมง โดยเลือกใช้ความเร็วสายพานคัดแยก 0.05 เมตรต่อวินาที เนื่องจากให้ความแม่นยำสูงสุด ถ้าลดความเร็วสายพานคัดแยกน้อยลงกว่านี้จะทำให้เครื่องมีความสามารถทำงานต่ำกว่า 3,000 ผลต่อชั่วโมง ส่วนการคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยแรงงานคน พบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,494 ผลต่อชั่วโมง มีความแม่นยำเฉลี่ย 88.38 % และได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลสตรอเบอร์รี่เพื่อตรวจเช็คความช้ำของผลสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการคัดด้วยเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการคัดด้วยคน โดยเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลการตรวจเช็คไม่พบความบอบช้ำจากการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยแรงงานคน การคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ด้วยเครื่องต้นแบบเมื่อเพิ่มความเร็วของสายพานคัดแยกให้มีความเร็วมากขึ้น ส่งผลให้ความแม่นยำของเครื่องลดลงเนื่องจากความเร็วการเคลื่อนที่ของผลสตรอเบอร์รี่บนสายพานส่งผลโดยตรงกับการจับภาพของตัวกล้อง ยิ่งเพิ่มความเร็วสายพานคัดแยกสูงขึ้นจะทำให้การประมวลผลภาพของค่าสีผลสตรอเบอร์รี่บนสายพานมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นตามไปด้วย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ได้ทำการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ เครื่องมีขนาดกว้าง 1,325 มิลลิเมตร ยาว 3,000 มิลลิเมตร สูง 1,400 มิลลิเมตร ในส่วนของกล้องตรวจจับภาพสีผลสตรอเบอร์รี่งานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องตรวจจับภาพสีความละเอียด 752 x 480 Pixel ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IV - H1 ในการอ่านรับภาพมาจากกล้อง และทำการประมวลผลภาพ การใช้งานเครื่องโดยการป้อนผลสตรอเบอร์รี่เข้าเครื่องระบบการคัดแยกสีจะทำงานอัตโนมัติควบคุมกลไกการคัดแยกด้วยโปรแกรม PLC โดยเครื่องต้นแบบสามารถคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ได้ 4 สี คือ 1. สีขาว 2. สีชมพู 3. สีแดง 4. สีแดงคล้ำ และท้ายเครื่องจะมีตะกร้าอีก 1 ใบรองรับผลสตรอเบอร์รี่ที่เป็นสีตกเกรดหรือสีที่คัดไม่ได้ 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 การใช้เครื่องรวดเร็วกว่าการคัดด้วยวิธีเกษตรกรโดยใช้แรงงานคนประมาณ 2.15 เท่า

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

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

พูนพัฒน์พูนน้อย และอัมพวัน ตั้นสกุล. 2548. การคัดแยกมะม่วงโดยระบบแมชีนวิชัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2561. เครื่องคัดสี. สืบค้นจาก:
http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2320/color-sorter-เครื่องคัดสี [มิถุนายน 2560].

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

Feng, G., Qixin, C. 2004. Study on color image processing based intelligent fruit sorting system. Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation. Hangzhou, P.R. China, June 15-19, 2004: 4802-4805.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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

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

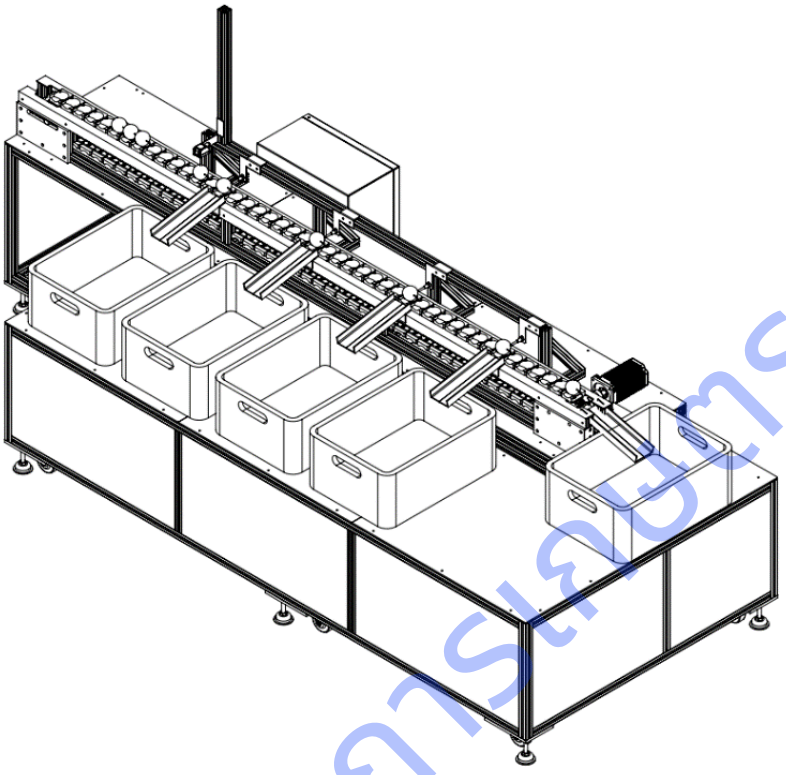
ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน = 4.81 ปี

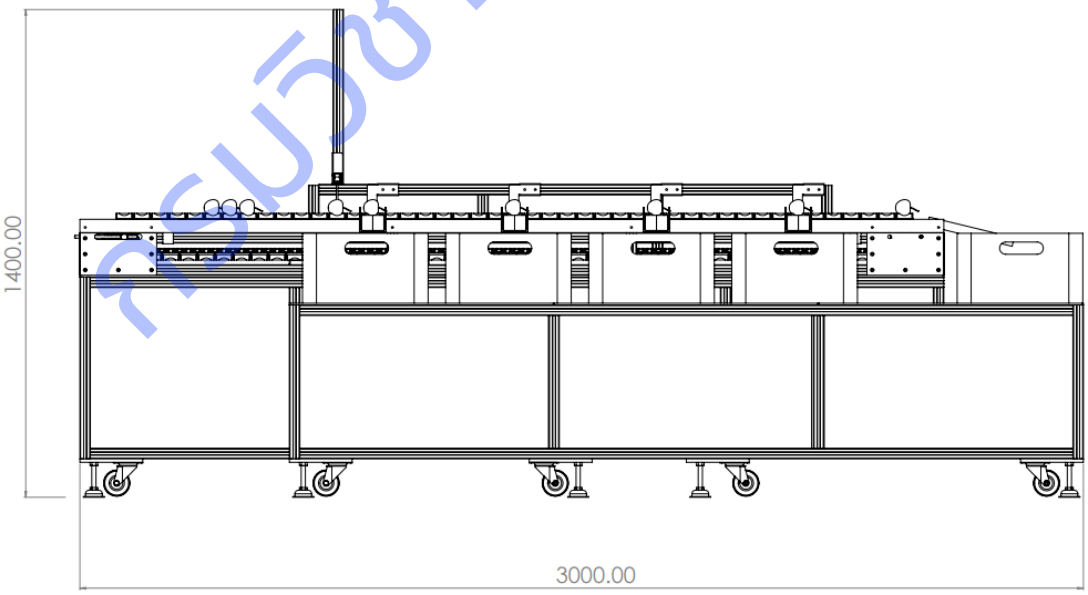
จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่ จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 35,739 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาคืนทุน 4.81 ปี

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ข

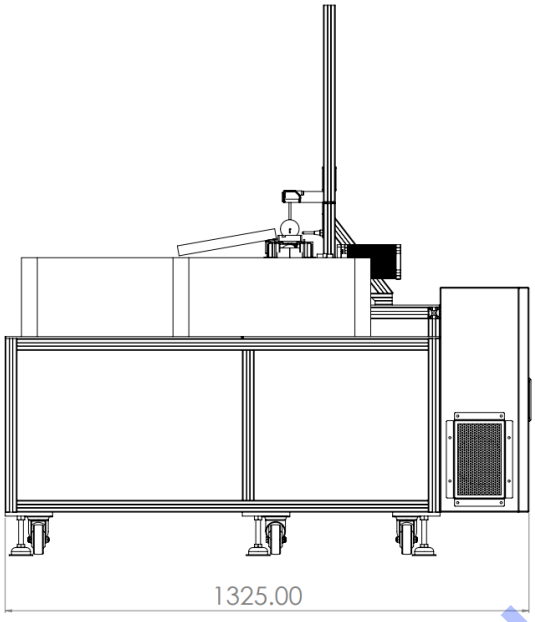
แบบเครื่องคัดแยกสีผลสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค Image Processing



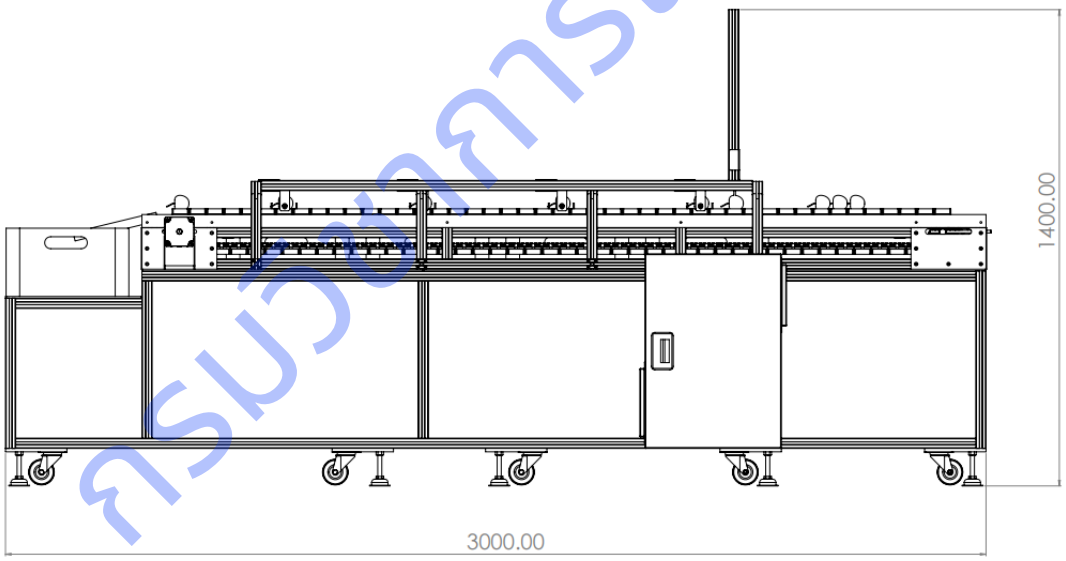


ด้านหน้า

กรมวิชาการเกษตร



ด้านข้าง



ด้านหลัง

กรมวิชาการเกษตร