ระบบการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

รักพงษ์ คล้ายจำแลง

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
พ.ศ. 2556

AUTOMATIC MANGOSTEEN QUALITY GRADING USING IMAGE PROCESSING

RAKPONG KLAYJUMLANG

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE BACHELOR OF SCIENCE
IN COMPUTER INFORMATION SYSTEM
FACULTY OF SCIENCE AND ARTS BURAPHA UNIVERSITY
2013

ใบรับรองโครงงาน

สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศจันทบุรี

หัวข้อโครงงาน ระบบคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ (Automatic Mangosteen Quality Grading for Export using Image Processing)

ชื่อนิสิต นายรักพงษ์ คล้ายจำแลง **รหัสประจำตัว** 52310500

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อัครา โศภารักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

วันที่สอบ 21 พฤษภาคม 2556

โครงงานนี้ได้ผ่านการเห็นชอบจากคณะกรรมการสอบโครงงาน ได้พิจารณาโครงงานฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

..... (ดร.สมบัติ ฝอยทอง) ประธาน

..... (ดร.สุคนทิพย์ เถาว์โมลา) กรรมการ

..... (ดร.อัครา โศภารักษ์) กรรมการ

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์) คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์

.....

ประกาศคุณูปการ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยผู้ทำโครงงานได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.อัครา โศภารักษ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอด จนสามารถแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องของโครงงานให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ทุกท่านที่กรุณาให้คำสั่งสอนในการทำการศึกษาตลอดมา

ขอบคุณคุณเพื่อนๆ สาขา CIS ปีการศึกษา 2552 และน้องๆ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ให้กำลังใจและความห่วงใย ตลอดจนให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และสมาชิกในครอบครัวทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนด้านการศึกษา ทั้งให้ความอบอุ่นและเป็นกำลังใจอย่างสม่ำเสมอ จนทำให้โครงงานนี้ประสบผลสำเร็จ

รักพงษ์ คล้ายจำแลง

52310500 : สาขาวิชา : ระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์; วท.บ.(ระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์)
คำสำคัญ : มังคุด, คุณภาพ, การส่งออก, การประมวลผลภาพ

รักพงษ์ คล้ายจำแลง : ระบบการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออกโดยการประมวลผลภาพ (Automatic Mangosteen Quality Grading for Export using Image Processing) อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อัครา โศภารักษ์, ดุษฎีบัณฑิต(เทคโนโลยีสารสนเทศ). 171 หน้า. ปี พ.ศ.2556

โครงงานนี้ได้นำเสนอโปรแกรมการคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ ระบบนี้เข้ามาช่วยทำงานแทนวิธีตรวจสอบแบบเดิมที่จะต้องอาศัยการฝึกฝนคนเข้ามาเป็นผู้ตรวจสอบ ทำให้เกิดข้อเสีย เช่น ขาดความคงที่แน่นอน และผลที่ได้ไม่มีมาตรฐาน

โครงงานนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก การแยกผลมังคุด โดยใช้ภาพโหมด Blue ในระบบสี RGB และทำการลบสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Median Filtering ทำการปรับความคมชัดด้วยวิธี Gray-level Transformation จากนั้นทำการแยกผลมังคุดออกจากพื้นหลัง ขั้นตอนที่สอง เป็นการแยกส่วนประกอบของผลมังคุดอาทิ กลีบเลี้ยง ขั้วผลและตำหนิ ขั้นตอนที่สาม เป็นการคัดแยกระดับคุณภาพ โดยใช้ค่าความกว้างของช่วงพิกเซล เพื่อใช้ในขั้นตอนวิเคราะห์หาขนาดของผล ใช้ค่าสีโหมด Red และ Green คำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการจัดระยะสีของผลมังคุด รวมทั้งคำนวณหาเปอร์เซ็นความเสียหาย และแสดงระดับคุณภาพของมังคุด

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ ได้แก่ โปรแกรม MATLAB 2009a เวอร์ชั่น 7.8 และกล้องดิจิตอล Canon รุ่น EOS 550D ซึ่งใช้ในการถ่ายภาพเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลสำหรับการใช้ทดลอง โดยภาพที่ใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้ทั้งหมด 180 ภาพ

52310500 : MAJOR : COMPUTER INFORMATION SYSTEM; B.Sc. (COMPUTER INFORMATION SYSTEM)
KEYWORD : Mangosteen, Quality, Export. Image processing

RAKPONG KLAYJUMLANG : Automatic Mangosteen Quality Grading For Export Using Image Processing ADVISOR : AKARA SOPHARAK, Ph.D.(INFORMATION TECHNOLOGY) 171 P. 2013.

This project presented automatic mangosteen quality grading for export using image processing. The system could help old grading system working by man power. Which may cause an error and have no standard.

There are three steps in this project. First step, that is detection and extraction mangosteen from background, this method use blue feature from RGB colour, then remove noise by median filtering, enhance contrast with Gray level transformation, after that, extraction mangosteen from background. Second step is mangosteen component extraction such as flaw, calyx and pedicel. The final step is quality grading, which considered by size, colour stage and damage ratio.

Automatic mangosteen quality grading for export using image processing was developed by Matlab 2009a, version 7.8. The test images are taken by digital camera, Canon EOS 550D. The images used in this study were all 180 images.

สารบัญ

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง(ต่อ)

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

บทที่1
บทนำ

ความเป็นมาและปัญหา

เนื่องด้วยในปัจจุบันปัจจัยความต้องการของผู้คนในการค้นหาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อเข้ามาช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพ ช่วยแบ่งเบาภาระงาน เพิ่มผลผลิตให้ได้ในปริมาณที่มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีความต้องการอย่างหนึ่งนั่นคือการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งโครงงานนี้ได้จัดทำซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวเนื่องกับการตรวจสอบคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยที่บางกระบวนการมีโอกาสเกิดความผิดพลาดที่จะส่งผลให้มังคุดที่ไม่ได้คุณภาพหลุดลอดออกไป ทั้งนี้เพราะส่วนของกระบวนการคัดเลือกส่วนใหญ่ยังคงเป็นการทำงานโดยใช้การสังเกตุ และการกะเกณฑ์คาดคะเนจากมองเห็นด้วยสายตา ซึ่งจุดนั้นเองที่เป็นข้อเสียของกระบวนการ เนื่องมาจากความแปรปรวนของอารมณ์ และปัจจัยอื่นเกี่ยวกับตัวบุคคลเมื่อผ่านไปเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้กระบวนการคัดคุณภาพไม่มีมาตรฐานการดำเนินงานที่ชัดเจน คงที่ และแน่นอนในการตรวจสอบ

ระบบนี้จึงถูกจัดทำขึ้นมาเพื่อช่วยในการตรวจสอบคุณภาพของผลมังคุด โดยจะทำการถ่ายภาพผลมังคุดที่ละลูก และนำภาพที่ได้มาทำการตรวจสอบโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งจะทำการตรวจวัด และคัดแยกเกรดคุณภาพตามองค์ประกอบที่สำคัญของผลมังคุด อาทิเช่น ลักษณะของผิว สีผิว ขั้วผล ตำหนิ และลักษณะเด่นต่าง ๆ ของผลมังคุด ดังนั้นระบบนี้จึงถูกทำการพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาในข้างต้น เพื่อช่วยให้การตรวจสอบเป็นไปอย่างถูกต้อง แม่นยำ ได้มาตรฐาน และมีประสิทธิภาพในการทำงาน อีกทั้งยังตรวจสอบได้ในปริมาณที่มากและช่วยในการอำนวยความสะดวกในการทำงานได้อีกด้วย

จากความเป็นมาในข้างต้น ทำให้สามารถจำแนกปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ข้อจำกัดในด้านของระยะเวลากับมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพ
2. ความไม่แม่นยำในการตรวจสอบคุณภาพ

แนวทางในการพัฒนา

แนวทางในการพัฒนาระบบการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพมีวิธีการ ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมและศึกษาข้อมูล

1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะเด่นเฉพาะ ลักษณะทั่วไปในด้านต่าง ๆ ของมังคุดเพื่อใช้เป็นแนวทางในกระบวนการทำงาน

1.2 เก็บรวบรวมตัวอย่างภาพถ่ายจากผลมังคุด เพื่อศึกษาค้นคว้าและใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองการทำงานของซอฟต์แวร์

1.3 ศึกษาทฤษฎีการประมวลผลภาพ วิธีการของแต่ละทฤษฎีที่นำมาใช้ในซอฟต์แวร์ เพื่อใช้เป็นแบบแผนในกระบวนการทำงานของระบบ

1.4 ศึกษาอัลกอรึทึมในการประมวลผลภาพบางส่วนที่นำมาใช้ในซอฟต์แวร์ เพื่อใช้ดำเนินกระบวนการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ

2. การออกแบบลักษณะการทำงานของระบบ

2.1 นำตัวอย่างภาพถ่ายของผลมังคุดที่ได้จากการเก็บรวบรวมเบื้องต้นมาค้นคว้าและทำการศึกษาวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ

2.2 ตรวจสอบระดับสีผิว และขั้วของผลมังคุดจากภาพถ่ายเพื่อคัดแยกตามลักษณะที่พบ

2.3 ตรวจจับตำหนิ ริ้วรอยบนผิวของเปลือกมังคุด เพื่อวัดระดับคุณภาพ

2.4 สร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) และพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ

3. การพัฒนาระบบ

3.1 นำกระบวนการทำงานในงานวิจัยมาพัฒนาขึ้นเป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูป

3.2 ทดสอบการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ และตรวจสอบข้อบกพร่องของซอฟต์แวร์

3.3 ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานและปรับปรุงส่วนที่ผิดพลาด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากที่สุด

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อใช้ซอฟต์แวร์ที่ได้จากแบบแผนการประมวลผลภาพเบื้องต้น ไปใช้ในการลดอัตราความเสี่ยงจากความผิดพลาดในการคัดคุณภาพผลมังคุด
2. เพื่อนำสิ่งที่ได้จากการประมวลผลภาพของซอฟต์แวร์ไปประยุกต์ใช้เข้ากับการตรวจสอบคุณภาพของผลมังคุด
3. เพื่อให้เกิดการพัฒนาและนำไปสู่การใช้งานจริง และเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการดำเนินงานอื่นที่สอดคล้องกันได้ และให้ผู้ที่สนใจมีโอกาสได้ทำการศึกษาค้นคว้า
4. เพื่อให้สามารถสร้างมาตรฐานในขั้นตอนการตรวจสอบในขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้การคัดคุณภาพผลมังคุดมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของโครงงาน

1. ขอบเขตระบบงาน

1.1 คัดแยกคุณภาพของผลมังคุดที่ได้จากภาพถ่ายด้านเดียวจำนวน 3 ภาพต่อผลมังคุด 1 ผล เพื่อแบ่งคุณภาพตามลักษณะ สีผิว ขั้วผล และตำหนิบนผิวของมังคุด

1.2 ใช้กล้องดิจิตอล Canon รุ่น Eos 550 D ความละเอียดของกล้องเท่ากับ 18 ล้านพิกเซล

1.3 ใช้ภาพถ่ายของผลมังคุดโดยระยะห่างที่ใช้ถ่ายเท่ากับ 30 เซนติเมตร

1.4 ใช้ภาพถ่ายของผลมังคุดที่มีขนาดของภาพเท่ากับ 375 x 375 พิกเซล

1.5 ใช้ภาพสีโหมด RGB สกุลไฟล์ .jpg

1.6 พัฒนาส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก และง่ายต่อการดำเนินงาน

2. ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.2 ฮาร์ดแวร์

2.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ความเร็ว 2.5 กิกะเฮิร์ท (GHz)	1	หน่วย
2.2.2 ฮาร์ดดิส ขนาดความจุ 500 กิกะไบท์ (GB)	1	หน่วย
2.2.3 หน่วยความจำหลัก 6.0 กิกะไบท์ (GB)	1	หน่วย
2.2.4 เมาส์, จำนวนคีย์บอร์ด จำนวน	1	หน่วย

2.1 ซอฟต์แวร์

2.1.1 ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์เซเว่น (Microsoft windows 7)

2.1.2 โปรแกรมแมทแลบ อาร์ 2009 เอ (MATLAB R2009a)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้พัฒนาได้เรียนรู้ทฤษฎี และใช้ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการประมวลผลภาพเบื้องต้น ทำให้สามารถใช้แก้ปัญหาในการคัดคุณภาพของผลมังคุดได้
2. ระบบสามารถอำนวยความสะดวกด้วยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการจัดการกับขั้นตอนการคัดแยกจากภาพถ่ายได้
3. ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ที่สอดคล้องกัน ทั้งยังสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของการตรวจสอบลงได้
4. ผู้พัฒนาได้นำความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพที่ศึกษาค้นคว้า มาประยุกต์ใช้ร่วมกับความรู้ทางคอมพิวเตอร์ในการคัดแยกผลมังคุดได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงมาตรฐานมังคุด, ทฤษฎีทางด้านการประมวลผลภาพด้วยวิธีการต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพของมังคุดจากการประมวลผลภาพ

1. นิยามของมังคุด (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551, หน้า 8)

มังคุด (mangosteen) พันธุ์ที่ผลิตเป็นการค้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn อยู่ในวงศ์ Guttiferae สำหรับการบริโภคสด

ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ

1. คุณภาพขั้นต่ำ

1.1 เป็นมังคุดทั้งผล

1.2 มีกลีบเลี้ยง (calyx) และขั้วผล (pedicel)

1.3 ไม่แตกร้าว และไม่เน่าเสีย

1.4 สะอาด และปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

1.5 ผลมังคุดต้องแก่ระยะสีสายเลือด (ผิวเปลือกเกิดจุดแต้ม หรือจุดประสีม่วงแดง) เป็นอย่างน้อยเพื่อให้สามารถพัฒนาเป็นผลสุกต่อไปได้

2. การแบ่งชั้นคุณภาพ

มังคุดที่มีคุณภาพขั้นต่ำตามมาตรฐานแบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

2.1 ชั้นพิเศษ (extra class)

มังคุดในชั้นนี้มีคุณภาพดีที่สุด มีกลีบเลี้ยงและขั้วผลสมบูรณ์ ผลมีตำหนิที่ไม่สามารถมองเห็นอย่างชัดเจนได้เล็กน้อย และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในด้านรูปลักษณ์ทั่วไปของผล มีตำหนิหรือยางไหล ไม่เกินร้อยละ 5 ของพื้นที่ผิว

ภาพที่ 2-1 มังคุดชั้นพิเศษ

2.2 ชั้นหนึ่ง (class 1)

มังคุดในชั้นนี้มีคุณภาพดี มีกลีบเลี้ยงและขั้วผลสมบูรณ์ ผลมีตำหนิที่ไม่สามารถมองเห็นอย่างชัดเจนได้เล็กน้อย และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในด้านรูปลักษณ์ทั่วไปของผล มีตำหนิ หรือยางไหล ไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่ผิว

ภาพที่ 2-2 มังคุดชั้นหนึ่ง

2.3 ชั้นสอง (class 2)

มังคุดชั้นนี้รวมผลมังคุดที่ไม่เข้าขั้นชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพขั้นต่ำของมังคุดมีกลีบเลี้ยงและขั้วผลสมบูรณ์ ผลมีตำหนิที่ไม่สามารถมองเห็นอย่างชัดเจนได้เล็กน้อย และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในด้านรูปลักษณ์ทั่วไปของผล มีตำหนิ หรือยางไหล ไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่ผิว

ภาพที่ 2-3 มังคุดชั้นสอง

ระยะสี

การเก็บเกี่ยวผลผลิตของมังคุดจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของสีผิว ซึ่งจะเริ่มเก็บเกี่ยวหลังจากระยะสายเลือด (ผิวเปลือกเกิดจุดแต้ม หรือจุดประสีม่วงแดง) และสามารถพัฒนาเป็นระยะสีที่สุกต่อไปได้อีก (ยศพล พลพล, 2549) ระยะสีโดยทั่วไปของผลมังคุดสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ระยะสี ดังต่อไปนี้

1. **ระยะสีที่ 1**

หลังจากที่เจริญเติบโตมาได้ระยะเวลาหนึ่ง ผิวเปลือกของมังคุดระยะสีที่ 1 นี้ โดยทั่วไปพื้นที่ส่วนใหญ่จะยังคงเป็นสีเขียวเกือบทั่วทั้งผล

ภาพที่ 2-4 มังคุดระยะสีที่ 1

2. **ระยะสีที่ 2**

ผิวเปลือกของมังคุดในระยะสีที่ 2 จะเริ่มมีจุดแต้ม (จุดประสีม่วงแดง) กระจายอยู่ทั่วบริเวณผล หรือเรียกอย่างหนึ่งว่า ระยะสายเลือด

ภาพที่ 2-5 มังคุดระยะสีที่ 2

3. **ระยะสีที่ 3**

ผิวเปลือกของมังคุดในระยะสีที่ 3 จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยบริเวณผิวเปลือกของมังคุดจะถูกปกคลุมด้วยจุดแต้ม (จุดประสีม่วงแดง) ที่กระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผลจนกลายเป็นสีแดง

ภาพที่ 2-6 มังคุดระยะสีที่ 3

4. ระยะสีที่ 4

ผิวเปลือกของมังคุดในระยะสีที่ 4 จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงเป็นสีแดงเข้ม หรือสีแดงอมม่วงปกคลุมทั่วทั้งผล

ภาพที่ 2-7 มังคุดระยะสีที่ 4

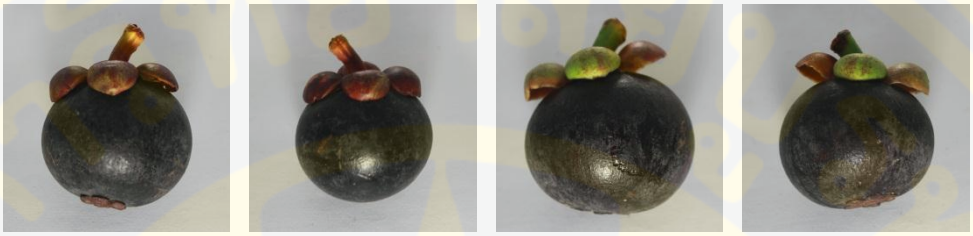
5. ระยะสีที่ 5

ผิวเปลือกของมังคุดในระยะสีที่ 5 จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงเข้ม หรือสีแดงอมม่วงเป็นสีม่วงเข้มปกคลุมอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผล

ภาพที่ 2-8 มังคุดระยะสีที่ 5

6. ระยะสีที่ 6

ผิวเปลือกของมังคุดในระยะสีที่ 6 จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากม่วงเข้มเป็นสีดำเข้มปกคลุมอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผล



ภาพที่ 2-9 มังคุดระยะสีที่ 6

ข้อกำหนดเรื่องขนาด

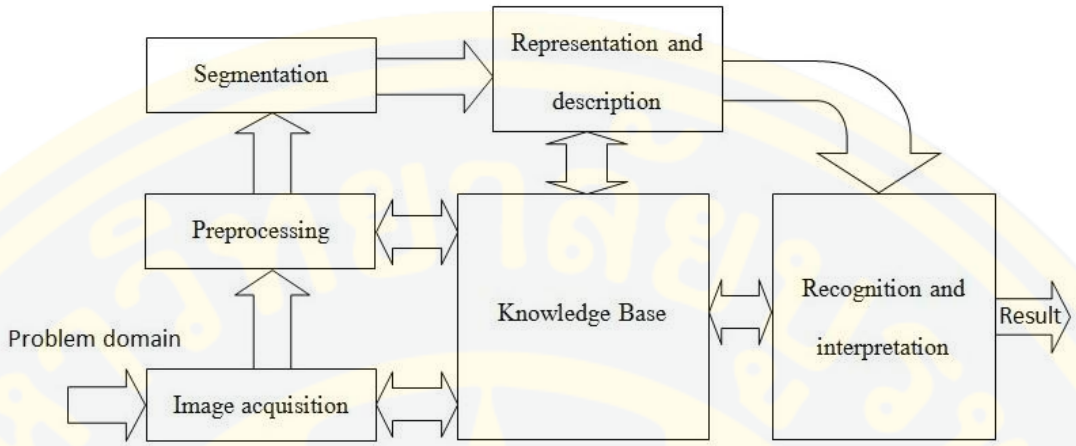
การส่งออกผลผิตมังคุดโดยทั่วไปจะต้องเป็นมังคุดที่มีขนาดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อให้มีมาตรฐานการวัดขนาดที่เป็นแบบเดียวกัน จึงได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของมังคุด ดังนี้

ตารางที่ 2-1 ข้อกำหนดเรื่องขนาดของมังคุด

รหัสขนาด	น้ำหนัก (กรัม)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
1	> 125	> 62
2	100 – 125	59 – 62
3	76 – 100	53 – 58
4	51 – 75	46 – 52
5	30 - 50	38 - 45

2. การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การประมวลผลสัญญาณรูปภาพ โดยใช้ดิจิตอลคอมพิวเตอร์

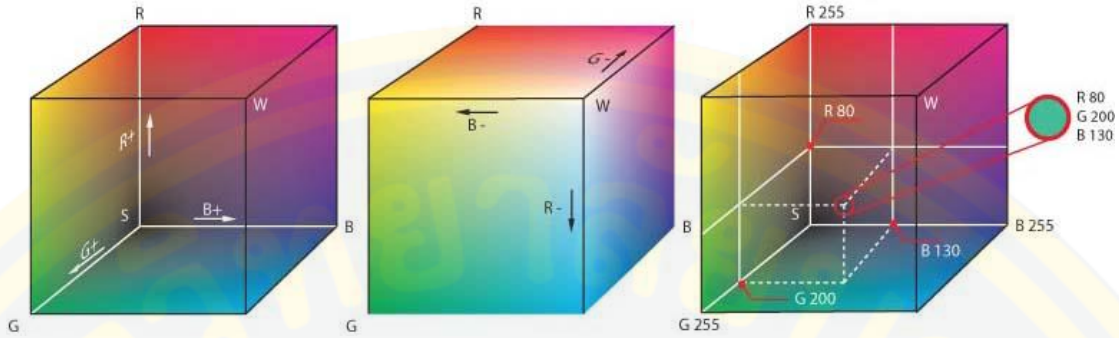


ภาพที่ 2-10 ขั้นตอนการทำงานของการประมวลผลภาพ (อ้างอิงภาพจาก http://digitaltoimage processing.blogspot.com/2010/04/basic-of-digital-image-processing.html)

1. **การเก็บรวบรวมข้อมูล(Image acquisition)** คือ การถ่ายภาพเซ็นเซอร์และความสามารถในการส่งสัญญาณแบบดิจิตอลที่เก็บรวบรวมโดยเซ็นเซอร์ผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น กล้องวีดีโอ กล้องดิจิตอล เป็นต้น โดยแปลงสัญญาณ แบบอนาล็อก เป็น ดิจิตอล ซึ่งเป็นการแสดงผลภาพในลักษณะสองมิติในหน่วยที่เรียกว่าพิกเซล (pixel) ภายในภาพคือค่าความเข้มแสงของภาพ (intensity) การเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิตอลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (raster) นี้จะเรียกภาพบิตแมป (bit-maped image) หรือภาพแรสเตอร์ (raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ (image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง ภาพดิจิตอลโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ ภาพสี ภาพโทนสีเทา และภาพขาวดำ

1.1 ภาพสี การผสมสีบนคอมพิวเตอร์นั้นอาศัยแม่สี 3 สีคือ สีแดง สีเขียว และ น้ำเงิน หรือที่เรียกว่า RGB colors (red-green-blue) ความเหมือนจริงของสีคอมพิวเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับจุดหนึ่งจุด (pixel) ของการแสดงผลนั้นใช้ระดับของสี หรือ color depths ที่มีค่าเท่าไหร่

1.1.1 ระบบสี RGB (RGB color) สี RGB ใช้ 8 บิตเก็บข้อมูลหนึ่งสี หมายความว่าเฉพาะแม่สี เช่น สีแดง สีเดียวก็จะมีความเป็นสีแดง อยู่ถึง 256 ระดับ (0-255) สีเขียวและสีน้ำเงินก็เช่นกัน จากนั้นจะเกิดจากการผสมของสีทั้งสามในอัตราส่วนต่างๆ กัน เช่น สีเหลืองธรรมดาเกิดจากการผสมสีแดง 255 ส่วน สีเขียว 255 ส่วน และสีน้ำเงิน 0 ส่วน เป็นต้น เพราะฉะนั้นระดับของสีแดงจะมีถึง 256 ระดับ สีเขียว 256 ระดับ สีน้ำเงิน 256 ระดับ RGB ทั้งหมดใช้ 24 บิตในการแสดงสี RGB ของหนึ่งจุด (pixel) ซึ่งสามารถแสดงสีได้มากถึง 256x256x256 = 16.7 ล้านสี



ภาพที่ 2-11 ระบบสี RGB (อ้างอิงภาพจาก http://bg.wikipedia.org/wiki/RGB)

1.1.2 ระบบสี HSI (HIS color) ในระบบสี HSI (hue, saturation, intensity) สีที่เรามองเห็นจะประกอบไปด้วย

ประเภทของสี (hue) คือ เฉดสี โดยที่ค่าของ Hue จะมีค่าระหว่าง 0 - 359 ซึ่งจะไล่ลำดับการเปลี่ยนแปลงจากสีแดง (Hue = 0) ไปยังสีเขียว (Hue = 120) และ จากสีเขียวไปยังสีน้ำเงิน (Hue = 240) และ จากสีน้ำเงินไปยังสีแดง (Hue = 0) ดังสมการ

สูตรการคำนวณหาค่า Hue

$$H = \begin{cases} \theta & B \le G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \qquad (1)$$

โดยที่

$$\theta = \cos^{-1}\left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\} \qquad (2)$$

ความอิ่มตัวของสี (saturation)) คือค่าที่ระบุว่าสีนั้นอยู่ห่างจากแกนกลางมากเท่าใด โดยที่ ถ้าค่า Saturation มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้ใกล้เคียงกับเฉดสีที่แท้จริงมากขึ้น ดังสมการ

สูตรการคำนวณหาค่า Saturation

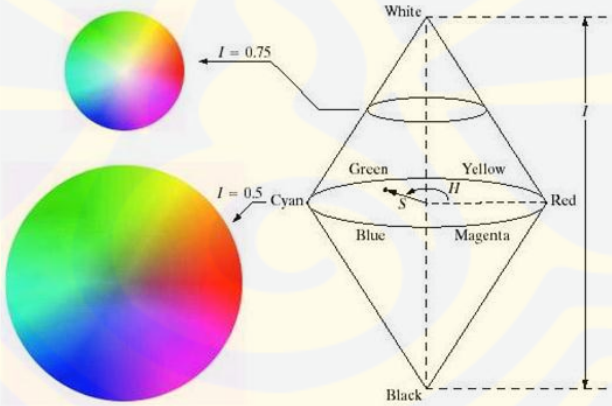
$$S = 1 \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \qquad (3)$$

ความเข้มของสี (intensity) คือค่าที่ใช้ระบุว่าสีนั้นมีความเข้มมากเท่าใด ถ้าค่ามากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีขาวมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าค่านี้มีค่าน้อยลงก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีดำมากขึ้นเช่นกัน ดังสมการ

สูตรการคำนวณหาค่า Intensity

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \tag{4}$$

ในระบบสี HSI นี้จะสังเกตได้ว่าถ้าความเข้มของสีที่มนุษย์มองเห็นมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่นเปลี่ยนจากสีแดงที่มีค่า Hue = 0, Saturation = 1, และ Intensity = 0.5 เป็น สีแดงที่มีความสว่างมากขึ้น (ค่า Intensity สูงขึ้น) การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่มีผลกับค่า Hue ทำ ให้ระบบสี HSI นี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์รูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงมากกว่าระบบสี RGB



ภาพที่ 2-12 ระบบสี HSI (อ้างอิงภาพจาก http://miac.unibas.ch/SIP/02-Fundamentals.html)

1.2 ภาพโทนสีเทา ซึ่งฟังก์ชันของค่าความเข้มข้นจะเป็นปริมาณสเกลาร์ ภาพโทนสีเทาบางครั้งอาจเรียกว่า ภาพสีเดียว (monochrome image) วิธีการทำให้ภาพจากที่เป็นสีให้กลายเป็นขาวดำนั้น ต้องไปแก้ไขเปลี่ยนแปลงจุดสีทุกๆจุด (pixel) ที่ประกอบกันเป็นภาพ จากนั้นจึงแยกย่อยออกมาเป็นกลวิธีในการจัดการแนวคิดนั้นให้เป็นไปตามที่ต้องการ แม่สีของแสงนั้นจะประกอบไปด้วย 3 สี คือ แดง(R) เขียว(G) น้ำเงิน(B) ในคอมพิวเตอร์จะต้องใช้แม่สีของแสง การจะทำให้ภาพเป็นสีเฉดเทานั้น จำเป็นจะต้องเฉลี่ยค่าสีของแม่สีทั้งสามนี้ให้มีค่าเท่าๆกัน โดยใช้สูตรดังนี้

สูตรการคำนวณหาภาพโทนสีเทา

$$Gray = (0.299\times Red) + (0.587\times Green) + (0.114\times Blue) \quad (5)$$

ซึ่งคอมพิวเตอร์จะแบ่งระดับของเฉดสีออกเป็น 256 ระดับ มีค่าตั้งแต่ 0 – 255 เรียงจากสีที่มืดที่สุดไปสีที่สว่างที่สุดหรือ ดำไปขาว เช่น นำค่าแม่สีที่ได้มารวมกัน แดง(128) เขียว (128) น้ำเงิน(128) จะได้ภาพออกมาเป็นสีเทากลางๆ จากนั้นจะแปลงจากภาพสีให้เป็นภาพเทา การทำภาพโทนสีเทา จะต้องแยกเอาสีธรรมชาติออกมาจากสีของแม่สีทั้งสาม (RGB) ก่อน แล้วจึงเอาค่าของแต่ละแม่สีนั้นมาเฉลี่ยกันให้เท่าๆกัน แต่ในความจริงนั้นหากทำออกมาตามขั้นตอนนี้ ผลจะไม่เหมือนภาพต้นฉบับ คือจะมีส่วนที่มืดเกินไป หรือสว่างเกินไป เพราะในแต่ละแม่สีนั้น ตัวแม่สีเองมีค่าความสว่างไม่เท่ากัน หากใช้สูตร Gray = (0.299×Red) + (0.587× Green) + (0.114×Blue) มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงสีเทาที่เป็นความจริงมากที่สุด

1.3 ภาพขาว-ดำ สำหรับภาพบางชนิดจะมีลักษณะวัตถุที่เราสนใจซึ่งมีความเข้มที่คงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลังตัวอย่างได้แก่ ภาพของตัวอักษร (text) เป็นต้น ซึ่งภาพเหล่านี้จะมีความเข้มของวัตถุที่เราสามารถแยกออกพื้นหลังได้อย่างชัดเจน (มีความเข้มข้นสองระดับได้แก่ความเข้มของวัตถุและความเข้มของพื้นหลัง)

การทำการ segmentation สามารถทำได้โดยการกำหนดค่า Threshold ซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังได้ตัวอย่าง เช่น ภาพของตัวอักษรที่มีความความเข้มของตัวอักษรเป็น 0 (สีดำ) และมีความเข้มของพื้นหลังเป็น 255 (สีขาว) ดังนั้นค่า Threshold จึงควรจะมีค่าเท่ากับ 128 เพื่อที่จะให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้ โดยปกติแล้วการเลือกค่า Threshold จะขึ้นอยู่กับ Histogram ของภาพ การหาค่า Threshold โดยควรที่จะเลือกค่า histogram ที่อยู่ที่จุดต่ำสุดที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุด (peaks)

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{If}(x, y) > T \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

เมื่อ g(x, y) เป็นข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งที่ x,y

T เป็นค่า Threshold

2. การดำเนินงานเบื้องต้นกับภาพถ่าย(Preprocessing) คือ การปรับปรุงภาพต้นฉบับก่อนนำเข้าสู่กระบวนการต่อไป เพื่อเพิ่มความคมชัดของภาพ ลดหรือลบสัญญาณรบกวน

2.1 การลบสัญญาณรบกวน มีจุดประสงค์เพื่อลดทอนส่วนของรูปภาพที่มีสิ่งแปลกปลอมอันไม่พึงประสงค์ออกไป โดยสัญญาณรบกวนส่วนใหญ่มักจะมาจากคุณภาพของภาพต้นฉบับซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ความถูกต้องของโปรแกรมการลดลง

2.1.1 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median filtering) วิธีการนี้จะนำมาส์ค(Mask)ไปวางทับภาพต้นฉบับแล้วนำตัวเลขมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ โดยวิธีการเลื่อนมาส์คจะเลื่อนจากซ้ายไปขวาบนลงล่าง วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือไม่สูญเสียความคมชัด ดังแสดงในภาพที่ 2-12

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Mask 3x3

1	3	4	6	8
2	7	1	1	4
6	8	9	0	6
5	1	2	2	3
8	4	7	0	5

ภาพต้นฉบับ

1	3	4	6	8
2	4	4	4	4
6	5	2	2	6
5	6	2	3	3
8	4	7	0	5

ภาพผลลัพธ์

ภาพที่ 2-13 ตัวอย่างการทำ Median filtering

จากภาพที่ 2-12 เป็นการนำมาส์คไปวางซ้อนทับกับภาพต้นฉบับ จากนั้นนำค่าของพิกเซลที่ถูกซ้อนทับมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก เช่น 1, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 แล้วนำค่ากลางที่ได้คือ 4 แล้วจึงนำไปแทนค่าเดิมของพิกเซลในภาพผลลัพธ์

ภาพที่ 2-14 ภาพมังคุดหลังการลดสัญญาณรบกวนด้วยการทำ Median filtering

2.1.2 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Average Filtering) ใช้เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ในภาพ โดยวิธีการนี้จะเป็นการหาค่าเฉลี่ยโดยจะมีการกำหนดมาส์คให้กับภาพ โดยวิธีการเลื่อนมาส์คจะเลื่อนจากซ้ายไปขวาบนลงล่าง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำค่าเฉลี่ยของภาพมาทำการลบสัญญาณรบกวน ดังแสดงในภาพที่ 2-14

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Mask 3x3

1	3	4	6	8
2	1	2	1	4
6	1	3	9	6
5	1	3	2	3
8	4	7	0	5

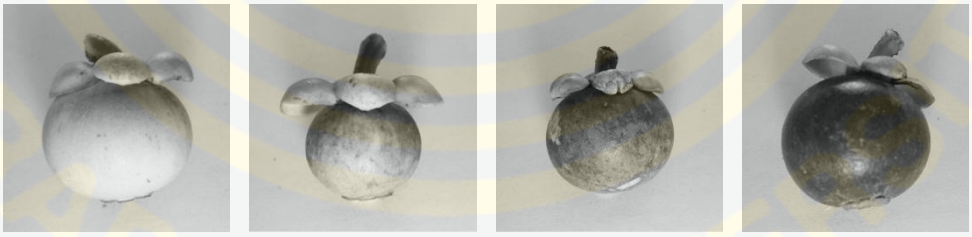
ภาพต้นฉบับ

1	3	4	6	8
2	0.94	1.81	1.81	4
6	1.44	3.06	3.31	6
5	1.06	2.19	2.19	3
8	4	7	0	5

ภาพผลลัพธ์

ภาพที่ 2-15 ตัวอย่างการทำ Averaging filter

จากภาพที่ 2-13 เป็นการนำมาส์คไปวางซ้อนทับกับภาพต้นฉบับ จากนั้นนำค่ามาส์คคูณกับค่าของพิกเซลในภาพต้นฉบับที่ถูกซ้อนทับ แล้วหารด้วยผลรวมของค่ามาส์ค เช่น (1*1) + (2*3) + (1*4) + (2*2) + (4*1) + (2*2) + (1*6) + (2*1) + (1*3)/ 16 ซึ่งค่าที่ได้คือ 0.94 แล้วจึงนำไปแทนค่าเดิมของพิกเซลในภาพผลลัพธ์



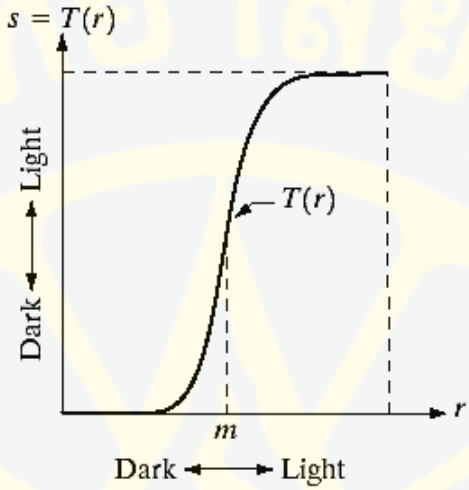
ภาพที่ 2-16 ภาพมังคุดหลังการลดสัญญาณรบกวนด้วยการทำ Averaging filter

2.2 การปรับความคมชัดของภาพถ่าย การปรับค่าความคมชัดของภาพด้วยการเฉลี่ยค่าความมืดและความสว่างของภาพ เพื่อเน้นภาพส่วนที่มืดเกินไปหรือสว่างเกินไปให้มีความพอดี การปรับความคมชัดในกับภาพนั้น มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ภาพมีความคมชัดในภาพมากยิ่งขึ้นในสายตามนุษย์และให้ภาพนั้นมีความเหมาะสมกับงาน โดยมีเทคนิคในการทำดังนี้

2.2.1 Gray-Level Transformation เป็นการแปลงความเข้มของภาพตั้งต้นไปเป็นความเข้มของภาพผลลัพธ์ โดยการใช้

Function: s = T(r) (7)

เมื่อ r คือ ภาพ input และ s คือ ภาพ output

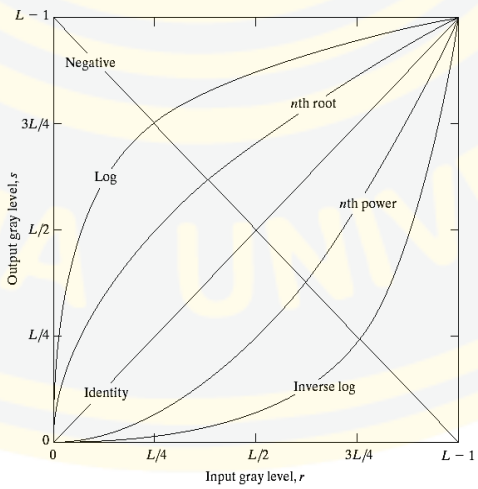


ภาพที่ 2-17 กราฟการแปลงค่าความเข้ม (อ้างอิงภาพจาก http://bme.med.upatras.gr/improc/image_negatives.htm)

2.2.2 Log Transformations ในขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับภาพให้ดูสว่างยิ่งขึ้นโดยการใช้

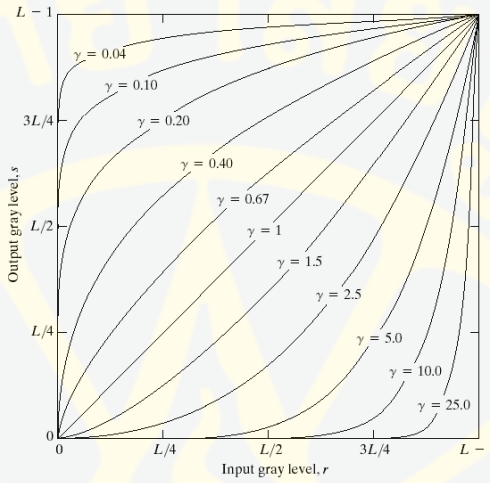
Function: s = c log(1 + r) (8)

เมื่อ r คือ ภาพ input และ s คือ ภาพ output



ภาพที่ 2-18 Log Transformations (อ้างอิงภาพจาก http://leeway.tistory.com/556?nil_profile=tot&srchid=IIM0EdyT10)

2.2.3 Power-Law Transformations ในขั้นตอนนี้จะมีการกำหนดค่าแกรมม่าขึ้นมา เพื่อเป็นตัวกำหนดว่าภาพนั้นจะมีความสว่างมากหรือน้อย โดยที่ถ้าค่าแกรมม่ายิ่งน้อยภาพก็จะยิ่งสว่าง แต่ถ้าค่าแกรมม่ายิ่งมาก ภาพที่ได้ก็จะยิ่งมืด



ภาพที่ 2-19 Power-Law Transformations (อ้างอิงภาพจาก http://dc391.4shared.com/doc/VZWHBeld/preview.html)

2.2.3 **Histogram** ฮิสโตแกรมนี้จะเป็นกราฟที่แสดงจำนวนพิกเซลของสี หรือค่าความเข้มต่างๆ ซึ่งภาพที่มืดจะมีฮิสโตแกรมกองอยู่ทางซ้าย ส่วนภาพที่สว่างจะมีฮิสโตแกรมกองอยู่ทางขวา

กระบวนการประมวลผลด้วยฮิสโตแกรม หมายถึง กระบวนการในการปรับปรุงความเข้มของรูปภาพ เพื่อให้ได้ฮิสโตแกรมที่มีลักษณะตามต้องการ เช่น

Histogram equalization เป็นการทำให้ฮิสโตแกรมกระจายกันอย่างสม่ำเสมอ

ภาพที่ 2-20 Histogram equalization(อ้างอิงภาพจาก http://opencvpython.blogspot.com/2013/03/histograms-2-histogram-equalization.html)

2.3 Morphology image processing เปนการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปรางหรือโครงสรางของภาพ

2.3.1 Dilation กระบวนการขยายภาพ คือ การขยายพิกเซลสีขาวโดยมีสัดสวนเทากันทั่วทั้งภาพ

สูตรการทำ Dilation

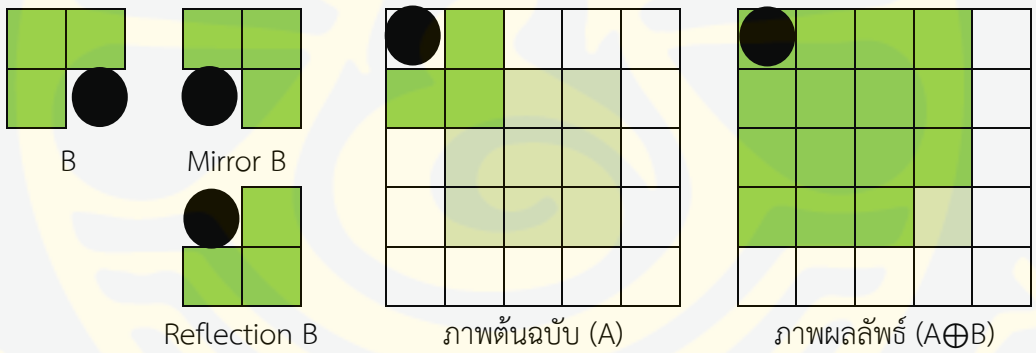
$$A \oplus B = \{ Z|(\hat{B})_z \cap A \neq \phi \} \quad (9)$$

เมื่อ A คือ ภาพต้นฉบับ

B คือ มาส์ค

$\hat{B}$ คือ Reflection มาส์ค B

$A \oplus B$ คือ ผลลัพธ์จากการทำ Dilation A ด้วยมาส์ค B



ภาพที่ 2-21 ตัวอย่างการทำ Dilation

จากภาพที่ 2-20 เป็นการนำมาส์ค Reflection B (มาส์คที่ได้จากการกลับด้านในแกนแนวนอน (mirror) และนำมากลับด้านในแกนแนวตั้ง (up-side down)) มาวางซ้อนทับกับภาพต้นฉบับ เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของมาส์คไปซ้อนทับกับพิกเซลของวัตถุภายในภาพ มาส์คจะทำการดึงพิกเซลที่ซ้อนทับไปแทนพิกเซลในภาพผลลัพธ์

2.3.2 Erosion กระบวนการลดภาพ คือ การลดพิกเซลสีขาวโดยมีสัดสวนเท่ากันทั่วทั้งภาพ

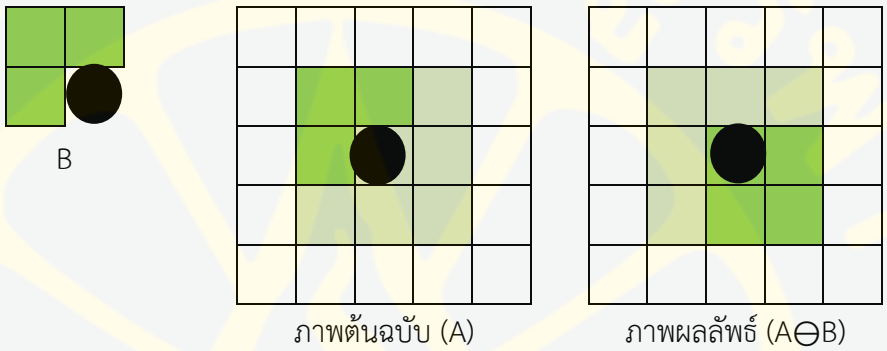
สูตรการทำ Erosion

$$A \ominus B = \{ Z|(B)_Z \subseteq A \} \quad (10)$$

เมื่อ A คือ ภาพต้นฉบับ

B คือ มาส์ค

$A \ominus B$ คือ ผลลัพธ์จากการทำ Erosion A ด้วยมาส์ค B



ภาพที่ 2-22 ตัวอย่างการทำ Erosion

จากภาพที่ 2-21 เป็นการนำมาส์ค B มาวางซ้อนทับกับภาพต้นฉบับ โดยที่ทุกส่วนของมาส์คจะต้องวางซ้อนทับกับวัตถุภายในภาพ มาส์คจะทำการดึงพิกเซลที่ซ้อนทับไปแทนพิกเซลในภาพผลลัพธ์

3. การแบ่งส่วนภาพ(Segmentation) จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนวัตถุที่ต้องการออกมาจากพื้นหลังของภาพได้ จะทำให้ทราบว่าในภาพมีวัตถุอยู่กี่ชิ้นและพิกเซลใดเป็นของวัตถุชิ้นใด ซึ่งกระบวนการดังกล่าวถือเป็นพื้นฐานของการประมวลขั้นสูงที่จะนำไปสู่การตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพของภาพที่ใช้งานต่อไป

3.1 การแยกส่วนภาพโดยใช้ค่า Threshold มีการกำหนดค่าเทรชโฮลขึ้นมา 2 ค่า คือ high threshold (T1) และ low threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (สีขาวเป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 (สีดำ) ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่าเทรชโฮลทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า >T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน

ขั้นตอนนี้จะเป็นวิธีการแบ่งภาพขาว-ดำ เป็นวิธีการปรับสภาพพื้นฐานที่ดีที่สุดในการประมวลผลภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการจดจำภาพหรือระยะเวลาในการประมวลผลภาพโดยตรง เนื่องจาก

สามารถใช้งานได้สะดวกและเรียบง่ายมากยิ่งขึ้น การประมวลผลภาพจะใช้ค่าเกณฑ์ในการควบคุมตำแหน่งที่สำคัญในการแยกภาพ ซึ่งผลลัพธ์จะเป็นประเภท "วัตถุ" หรือ "พื้นหลัง" สามารถเขียนเป็นตัวแปรแบบบูลีน (boolean) "1" หรือ "0"

โดยเทคนิคที่ใช้ในการแบ่งส่วนภาพนั้น จะเป็นการแบ่งส่วนภาพไบนารี (binary) โดยจะเลือกค่าเทรชโฮล ซึ่งจะพิจารณาว่าจุดใดควรจะเป็นสีขาวที่มีค่าเท่ากับ 1 หรือจุดใดควรจะเป็นสีดำที่มีค่าเท่ากับ 0 โดยจะคำนวณจากพิกเซลกับค่าคงที่เทรชโฮล หากมีค่าความเข้มน้อยกว่าเทรชโฮลจะให้ค่าเท่ากับ 1 หากมีค่าความเข้มมากกว่าเทรชโฮล จะให้ค่าเท่ากับ 0 หลังจากผ่านกระบวนการแปลงภาพแล้วจะทำให้สามารถภาพกับพื้นหลังออกจากกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \text{ if } f > T \\ 0 \text{ if } f \leq T \end{cases} \tag{11}$$

3.2 การหาขอบภาพ การหาขอบภาพ เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุ หลังจากได้จะสามารถคำนวณหาพื้นที่ (ขนาด) หรือรู้จำชนิดของวัตถุนั้นได้ การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นเรื่องที่ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ มีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วภาพ ขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หากต่างนี้มีค่ามาก ขอบภาพก็จะเห็นได้ชัด ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อย ขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน

3.2.1 Sobel edge detection จะใช้หาขอบของภาพที่มีอยู่ในภาพ โดยวิธีการนี้จะมีการกำหนดมาส์ค ให้กับภาพ 2 ตัว โดยที่มาส์ค ที่ใช้นั้นจะช่วยให้การหาขอบภาพนั้นชัดเจนและมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

ภาพที่ 2-23 มาส์คแบบ Sobel edge detection

ภาพที่ 2-24 ภาพมังคุดหลังการหาขอบภาพด้วยการทำ Sobel edge detection

3.2.2 Laplacian edge detection จะใช้หาขอบของภาพที่มีอยู่ในภาพ โดยวิธีการนี้จะมีการกำหนดมาส์ค ให้กับภาพ 4 ตัว ซึ่งจะต้องมีการคำนวณหาค่าใน มาส์ค แต่ละตัว โดยที่มาส์คที่ใช้นั้นจะช่วยให้การหาขอบภาพนั้นชัดเจนและมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

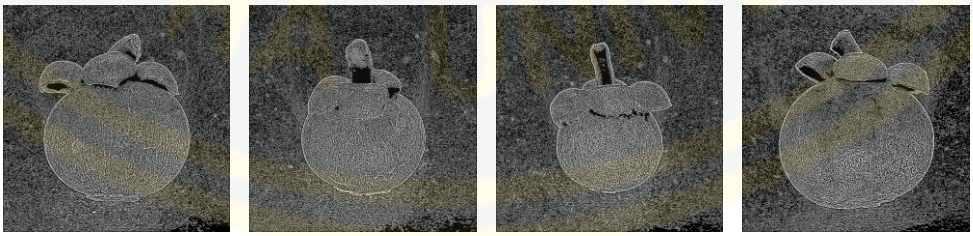
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

-1	-1	-1
-1	-8	-1
-1	-1	-1

ภาพที่ 2-25 มาส์คแบบ Laplacian edge detection



ภาพที่ 2-26 ภาพมังคุดหลังการหาขอบภาพด้วยการทำ Laplacian edge detection

4. การแสดงผลและคำอธิบาย(Representation and description) คือ การเลือกลักษณะเกี่ยวข้องกับส่วนที่สนใจออกมา ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของข้อมูลในเชิงปริมาณของที่สนใจหรือคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่างจากวัตถุอื่นหรือพื้นหลังภาพ

4.1 Area คือ การหาจำนวนพิกเซลของพื้นที่

คำนวณจากสูตร $\text{Area} = \pi r^2$ (12)

โดยที่ Area = พื้นที่ภายในวงกลม

π = 3.14

r = รัศมีของวงกลม

คำนวณจากสูตร $\text{diameter} = r^2$ (13)

โดยที่ diameter = เส้นผ่าสูนย์กลาง

r = รัศมีของวงกลม

5. การรู้จำและการตีความ(Recognition and interpretation) การกำหนดชื่อให้กับวัตถุที่ต้องการหาตามข้อมูลโดยละเอียด เพื่อกำหนดความหมายให้กับกลุ่มของวัตถุที่เป็นที่สนใจ

การวัดค่าความถูกต้อง คือการเปรียบเทียบจากมาตราฐานต่างๆ

1. ขนาด เปรียบเทียบค่าความถูกต้องจากการตารางขนาดที่หาได้

2. สี เปรียบเทียบโดยจะใช้ค่าเฉลี่ยสี Red และ Green

3. บริเวณตำหนิภายในผลมังคุด เปรียบเทียบจากจำนวนพิกเซลที่เสีย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

P,Rujapha and C.Kosin.(2004) งานวิจัยชิ้นนี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับการคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดโดยการจำแนกตามลักษณะภายนอกของผลมังคุด โดยเริ่มจากการแปลงภาพให้อยู่ในโหมดสีเทา (Gray Scale) และแยกออกเป็นภาพในแบบ RGB (Red, Green และ Blue) และ HSI (Hue, Saturation และ Intensity) จากนั้นจะทำการตรวจหาขอบภาพ โดยการใช้ Sobel Edge Detection ที่นำมาประยุกต์ใช้กับภาพแบบ Hue หลังจากนั้นจะทำให้แบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของผล และส่วนของขั้วผล จากนั้นจะเป็นการนับหูใบของผลมังคุด ซึ่งถ้าหากต้องการตรวจสอบตำหนิบนผิวมังคุดสามารถได้ผลดีในภาพแบบ Red และ Green ทั้งนี้หากปรับให้ภาพมีความสว่างขึ้นก็จะสามารถใช้สีในการคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดได้

Y.Palapola, S.Ketsa, D.Stevenson, J.M.Cooney, A.C.Allan, I.B.Ferguson.(2009) งานวิจัยชิ้นนี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับลักษณะของสีผิวของผลมังคุดในระยะสีต่างๆ ซึ่งจากการแบ่งตามลักษณะของสีผิวสามารถแบ่งผลคุดออกได้เป็น 6 ระยะสี คือเริ่มตั้งแต่ระยะสีที่หนึ่งซึ่งผลดิบจะมีสีเขียว ไปจนถึงระยะสีที่สี่ผลเริ่มมีจุดสีแดงปรากฏขึ้นจนเกือบทั่วทั้งผลที่เรียกว่า ระยะสีสายเลือด หรือระยะสีเก็บเกี่ยว และสุดท้ายผลมีสีม่วงเข้มจนเกือบดำทั้งลูกหรือระยะสีที่หก นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาเกี่ยวกับระยะสีของสีที่ควรจะเก็บเกี่ยวและวิธีการชะลอสีผิวเพื่อการส่งออกได้กว้างขึ้น

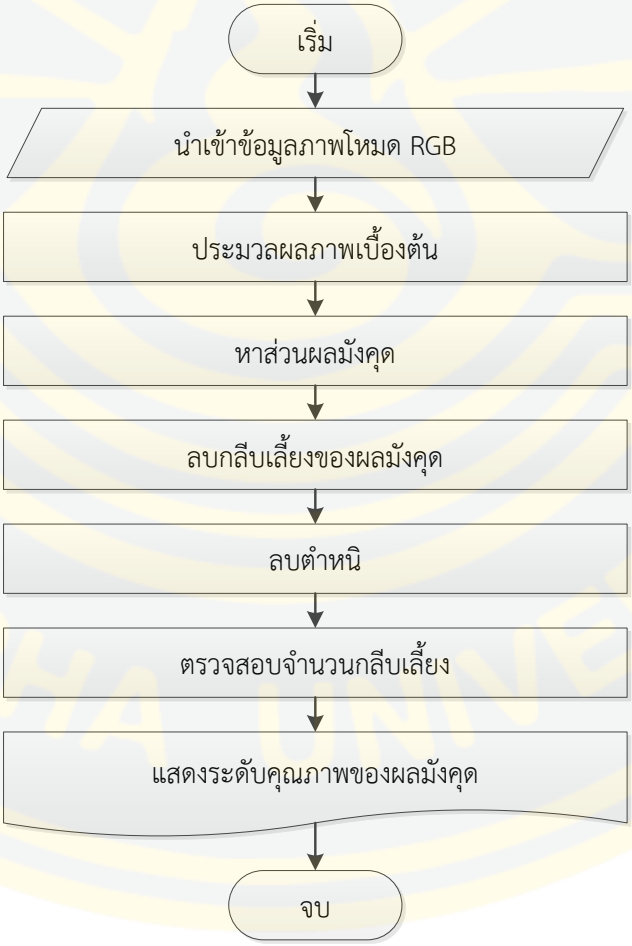
Fernando Lopez-Garcia, Gabriela Andreu-Garcia, Jose Blasco, Nuria Aleixos, Jose-Miguel Valiente.(2010) ปัญหาหลักหลังกระบวนการเก็บเกี่ยวส้มcitrus คือ การตรวจสอบข้อบกพร่องที่สามารถมองเห็นได้เพื่อใช้ในการแบ่งแยกประเภทตามลักษณะของผลไม้ ปัจจุบันชนิดและสายพันธุ์ของส้มมีอัตราสูงขึ้น ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้จากผิวและสีของส้ม จึงเป็นเรื่องยากที่จะพัฒนา วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องกำหนดข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์(unsupervised) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของภาพ (PCA) โดยดึงลักษณะเฉพาะของส้มมาอ้างอิงจากเมทริกซ์ของเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะที่สร้างขึ้นโดยดูข้อมูลจากสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากตัวอย่างของเปลือก ตัวอย่างภาพที่ได้จะถูกนำไปคำนวณหาพื้นที่ที่เกิดข้อบกพร่องโดยอ้างจากเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะและผลที่ได้จากเมททริกซ์ โดยใช้การคำนวณพื้นที่ที่มีข้อบกพร่องบนพื้นฐานของสถิติ

Sandra.(2008) ปริมาณของมังคุดที่มีคุณภาพส่งออกเพียง30 - 40% ของการผลิตรวม ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่เกิดจากหลากหลายในคุณภาพของผลไม้ เป็นความต้องการบางอย่างของมาตรฐานในอินโดนีเซียและมาตรฐานการส่งออกที่มีคุณภาพซึ่งได้รับการประเมินตามปกติทางสายตา ดังนั้นการประมวลผลภาพถูกแนะนำให้นำไปใช้ในการคัดเกรดมังคุด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อกำหนดระดับความสุกและเพื่อให้การคัดแยกไม่ทำลายมังคุดโดยใช้การประมวลผลภาพโดยจะใช้ภาพสีที่เกิดจากการถ่ายภาพแบบเรียลไทม์นำมาประมวลผลโดยใช้ภาพในโหมดสี RGB และใช้องค์ประกอบในการวิเคราะห์พื้นผิว 4 องค์ประกอบคือด้านบน ด้านข้าง 2 ด้าน และด้านล่าง และใช้วิธีการวัดพื้นที่จากภาพสีขาว-ดำ ใช้การหาค่าเฉลี่ยสีโดยใช้สี แดง เขียว และฟ้า ผลที่ได้จากการใช้การประมวลผลภาพตามระดับความสุกของผล คือ 90% นอกจากนี้ระดับความถูกต้องจากข้อกำหนดของกลีบเลี้ยง 100% และระดับความถูกต้องของเส้นผ่าศูนย์กลางจากมุมมองด้านบนเป็น 95.33% และ 87.5% จากมุมมองด้านข้าง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการทดลอง

การศึกษาและการวิเคราะห์โครงงาน

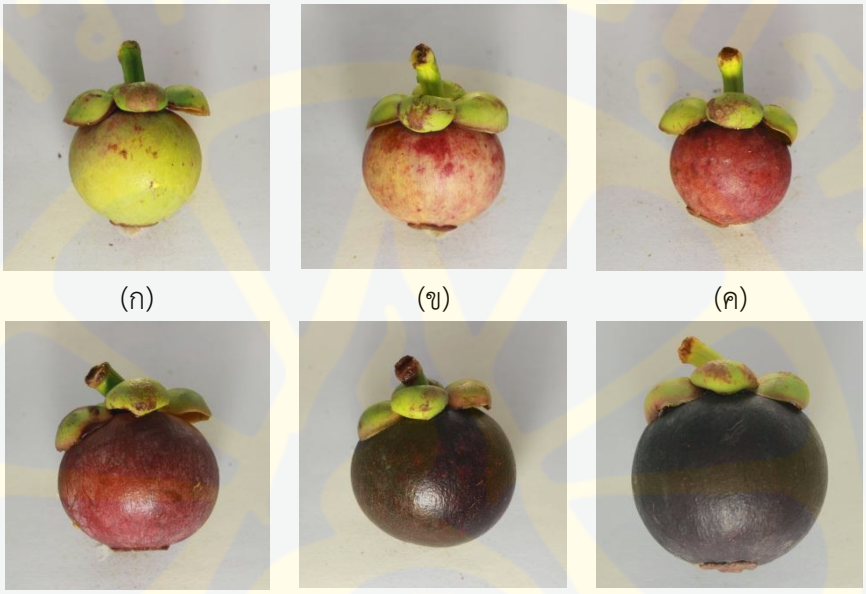
งานวิจัยนี้ต้องการนำเสนอวิธีการตรวจสอบคุณภาพของผลมังคุดจากภาพถ่าย โดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพเบื้องต้นมาช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลมังคุดจากภาพถ่ายโดยมีกระบวนการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนกระบวนการทำงานของระบบ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

เป็นการนำภาพถ่ายผลมังคุดจากกล้อง Canon รุ่น EOS 550D ซึ่งจะได้ภาพผลมังคุดต้นฉบับ ขนาด 375 x 375 พิกเซล เป็นภาพสกุล .jpg จากฐานข้อมูลภาพ จำนวน 180 ภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 มังคุดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง, (ก)ระยะสีที่ 1, (ข)ระยะสีที่ 2, (ค)ระยะที่ 3, (ง)ระยะที่4, (จ)ระยะที่ 5,(ฉ)ระยะที่6

จากภาพตัวอย่างที่ 3-2 ภาพต้นฉบับของมังคุดจะถูกนำไปดำเนินการเพื่อประมวลผลคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุด โดยใช้เทคนิคทางการประมวลผลภาพเบื้องต้น จากนั้นจึงนำเข้าสู่กระบวนการของระบบคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การแยกผลมังคุด และส่วนที่ 2 การแยกส่วนประกอบของผลมังคุด

ส่วนที่ 1 การแยกผลมังคุด

ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนกระชวนการทำงานการแยกผลมังคุด

ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมภาพมังคุด

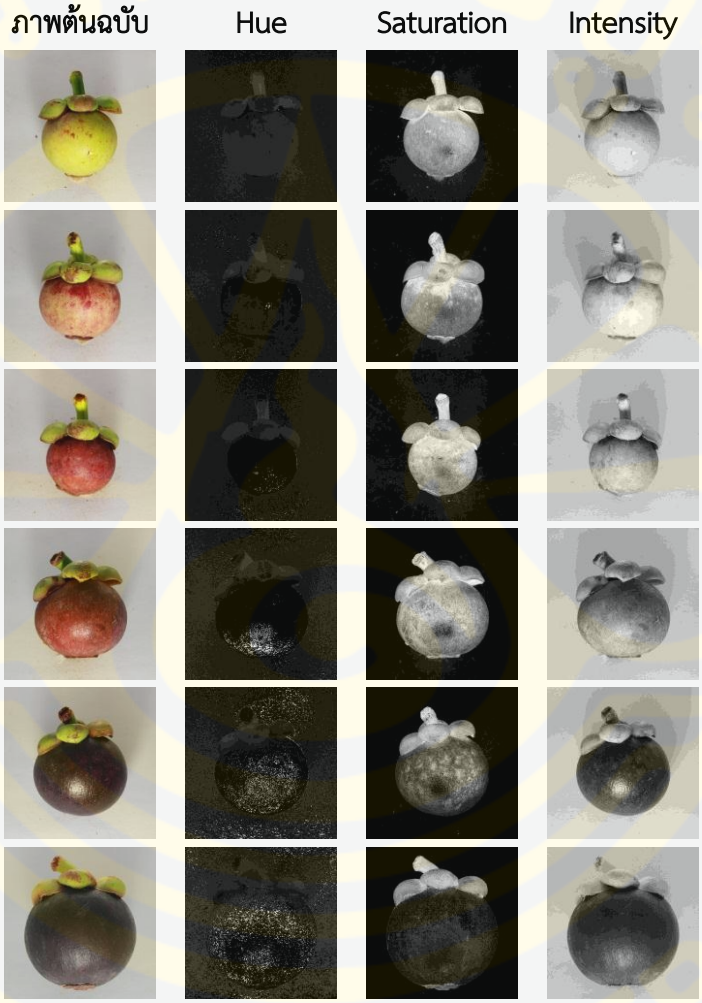
นำภาพจากไฟล์เข้ามา โดยภาพที่นำเข้ามานั้นจะต้องมีขนาด 375 x 375 พิกเซล

ขั้นตอนที่ 2 การแปลงภาพสีในระบบ RGB และ HSI

แปลงภาพมังคุดเพื่อแยกหาค่าสี RGB และ ค่าสี HSI เพื่อนำมาเปรียบเทียบความเหมาะสมของภาพที่จะใช้ในการทำการทดลองนี้ ดังแสดงในภาพที่ 3-4 และภาพที่ 3-5

ภาพที่ 3-4 ภาพมังคุดโหมดต่างๆ ในระบบสี RGB

จากภาพที่ 3-4 จะเห็นได้ว่า การแยกสีในระบบ RGB ภาพที่มีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะนำไปทำการแยกขั้วผลและหาตำหนิก็คือภาพในโหมด Blue เพราะว่ามีรายละเอียดที่แตกต่างจากพื้นหลังสามารถมองเห็นได้ชัดเจนกว่าโหมด Red และ Green ที่บางระยะสีมีรายละเอียดบางส่วนสีค่อนข้างใกล้เคียงกันกับพื้นหลังจึงไม่สามารถนำไปใช้แยกออกจากพื้นหลังได้



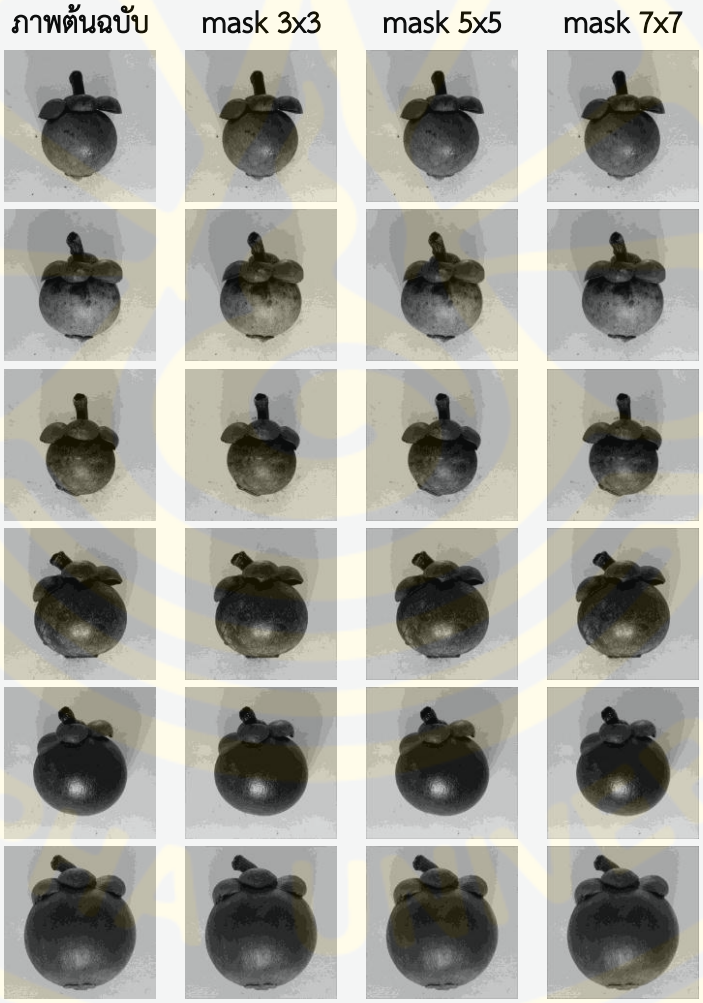
ภาพที่ 3-5 ภาพมังคุดโหมดต่างๆ ในระบบสี HSI

จากภาพที่ 3-5 จะเห็นได้ว่า การแยกสีในระบบ HSI ภาพที่มีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะนำไปทำการแยกขั้วผลและหาตำหนิก็คือภาพในโหมด Hue และ Saturation เพราะว่ามีรายละเอียดที่ของขั้วและตำหนิที่ชัดเจน แต่เนื่องจาพื้นที่โดยรอบผลส่วนใหญ่มีสัญญาณรบกวนเป็นจำนวนมากอย่างเห็นได้ชัดดังนั้นจึงไม่สามารถแปลงเป็น Binary image เพื่อแยกผลมังคุดจากพื้นหลังได้ส่วนผล

เมื่อนำภาพโหมด RGB และ HSI มาทำการวิเคราะห์ จึงเลือกใช้ภาพโหมด Blue ในการแยกพื้นหลัง และใช้ภาพโหมด Hue และ Saturation ในการแยกขั้วผลและตำหนิ

ขั้นตอนที่ 3 การลดสัญญาณรบกวน

การลดสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ในภาพด้วยการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ Averaging Filter และ Median Filtering ซึ่งเป็นการลบสัญญาณรบกวนทั่วไปที่มีในภาพถ่าย และจะช่วยให้ภาพที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพนั้น ลดสภาพแวดล้อมที่ไม่จำเป็นออกไป เพื่อให้เหลือเฉพาะวัตถุที่เราสนใจในภาพถ่ายและลดปัญหาในการประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อๆไป ดังแสดงในภาพที่ 3-6 และ 3-7



ภาพที่ 3-6 การลดสัญญาณรบกวนด้วย Averaging filter

จากภาพที่ 3-6 จะเห็นได้ว่า การใช้ตัวกรองแบบ average นี้ จะใช้เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ในภาพ โดยวิธีการนี้จะเป็นการหาค่าเฉลี่ยเพื่อตัดภาพฮิสโตแกรม (histogram) ระหว่างภาพกับพื้นหลังออกจากกัน โดยจะมีการกำหนด mask ให้กับภาพ เพื่อหาค่าเฉลี่ยให้กับแต่ละพิกเซล ซึ่งเป็นการลบสัญญาณรบกวนที่ดีมาก แต่หากใช้ mask ที่มีขนาดใหญ่มากจนเกินไปจะทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้เบลอ ซึ่งจะทำให้สูญเสียรายละเอียดข้อมูลที่สำคัญภายในภาพ

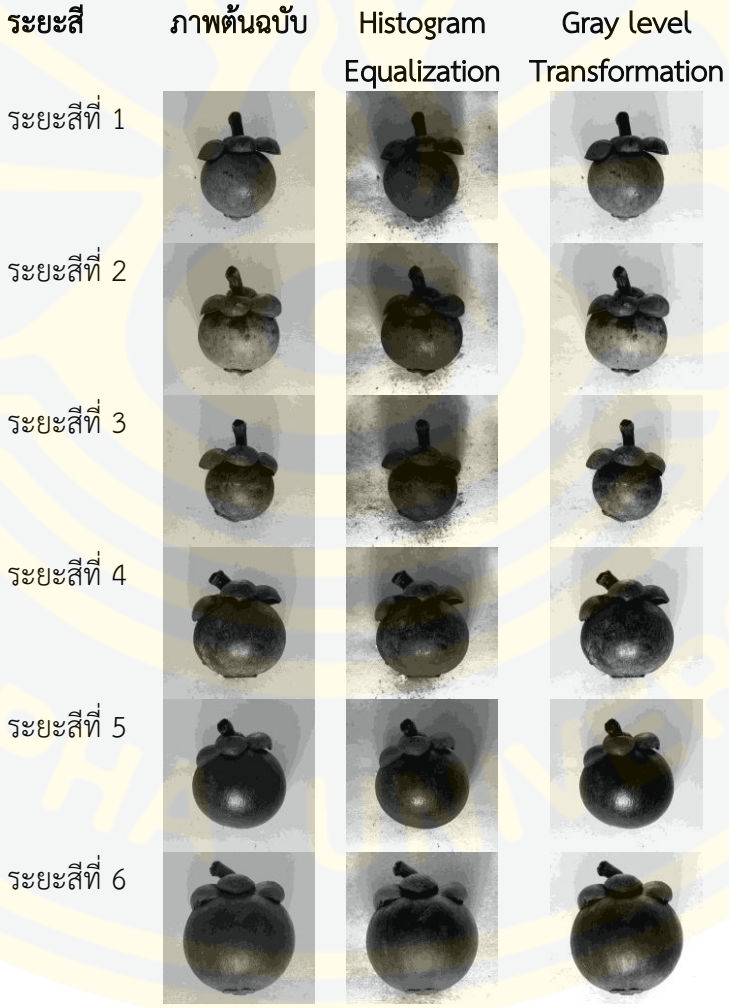
ภาพที่ 3-7 การลดสัญญาณรบกวนด้วย Median filter

จากภาพที่ 3-7 จะเห็นได้ว่า การลบสัญญาณรบกวนภาพด้วยวิธีการ Median Filtering นั้นคือการนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับ (sort) จากน้อยไปหามากจากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการ

คำนวณสูง แต่ข้อดีคือไม่สูญเสียความคมชัด เพราะความแตกต่างของค่าพิกเซลในบริเวณใกล้เคียงกันน้อยจึงทำให้รักษาความคมชัดของภาพได้ดี จากการเปรียบเทียบวิธีการลบสัญญาณรบกวนด้วย Median filter กับ Average filter วิธีที่มีความเหมาะสมในการนำไปดำเนินการต่อนั่น คือ การลบสัญญาณรบกวนแบบ Median Filtering

ขั้นตอนที่ 4 การปรับความคมชัดของภาพ

การปรับความคมชัดของภาพ เป็นขั้นตอนในการเน้นรายละเอียดวัตถุที่สนใจศึกษาทดลองด้วยการปรับความเข้มของแสง ทั้งนี้วิธีการปรับความเข้มของแสงนั้นมีทั้งเน้นความเข้มของแสงแต่ละพิกเซลให้มากกว่าเดิมเพื่อเน้นวัตถุที่สนใจเฉพาะจุดหรือเฉลี่ยความเข้มของแสงแต่ละพิกเซลให้เท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 3-8

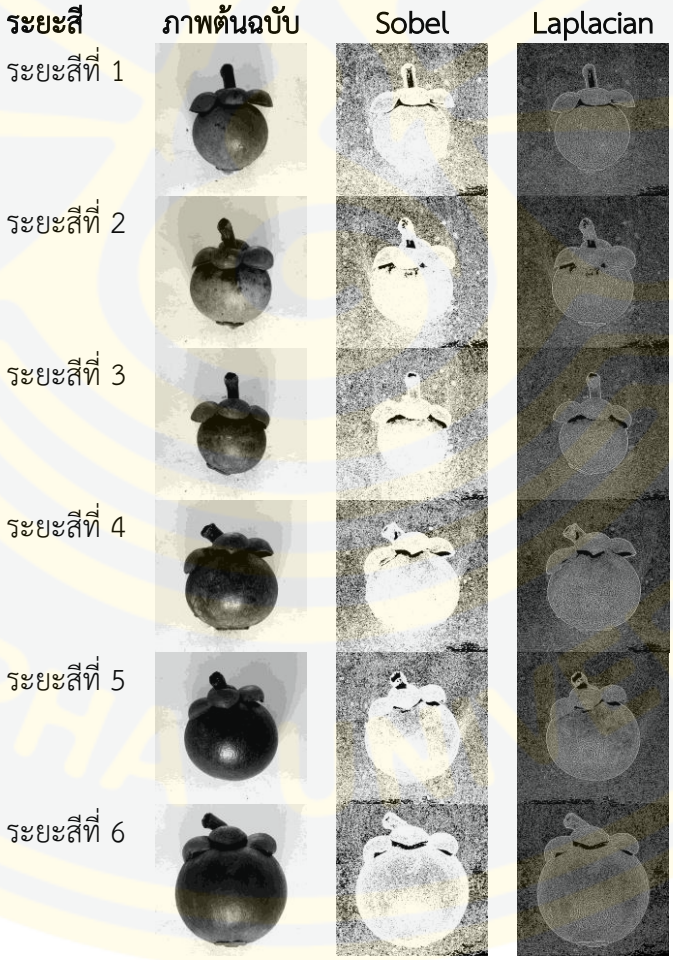


ภาพที่ 3-8 การปรับความคมชัดของภาพ

จากตัวอย่างภาพที่ 3-8 จะเห็นได้ว่า การปรับความคมชัดของภาพด้วยการทำ Histogram Equalization ไม่เหมาะในการใช้ทำการทดลองเนื่องจาก ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าสีที่กระจัดกระจายมากเกินไปทำให้รายละเอียดของภาพผิดเพี้ยนจากเดิม ส่วนการทำ Gray level transformation ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความคมชัดมากยิ่งขึ้น จากการเปรียบเทียบวิธีการที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับกระบวนการต่อไป คือ การปรับความคมชัดแบบ Gray level transformation

ขั้นตอนที่ 5 การหาขอบภาพ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาขอบภาพโดยวิธีการหาแบบ Laplacian และ Sobel ซึ่งจะเป็นการนำภาพที่ผ่านกระบวนการปรับความคมชัดมาทำการหาขอบภาพเพื่อที่จะปรับคุณภาพรายละเอียดภายในภาพให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยผลลัพธ์นั้นจะได้ขอบภาพออกมา เพื่อให้เส้นขอบของผลมังคุดมีความคมชัดมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 การหาขอบภาพ

จากตัวอย่างภาพที่ 3-9 จะเห็นได้ว่าการหาขอบภาพแต่ละวิธีสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่การหาขอบภาพด้วยวิธี Laplacian edge detection ไม่สามารถนำไปใช้กับกระบวนการต่อไปได้สะดวก ดังนั้นจึงเลือกใช้การหาขอบภาพด้วยวิธี Sobel edge detection เพื่อนำไปใช้การหาขอบภาพในกระบวนการต่อไป

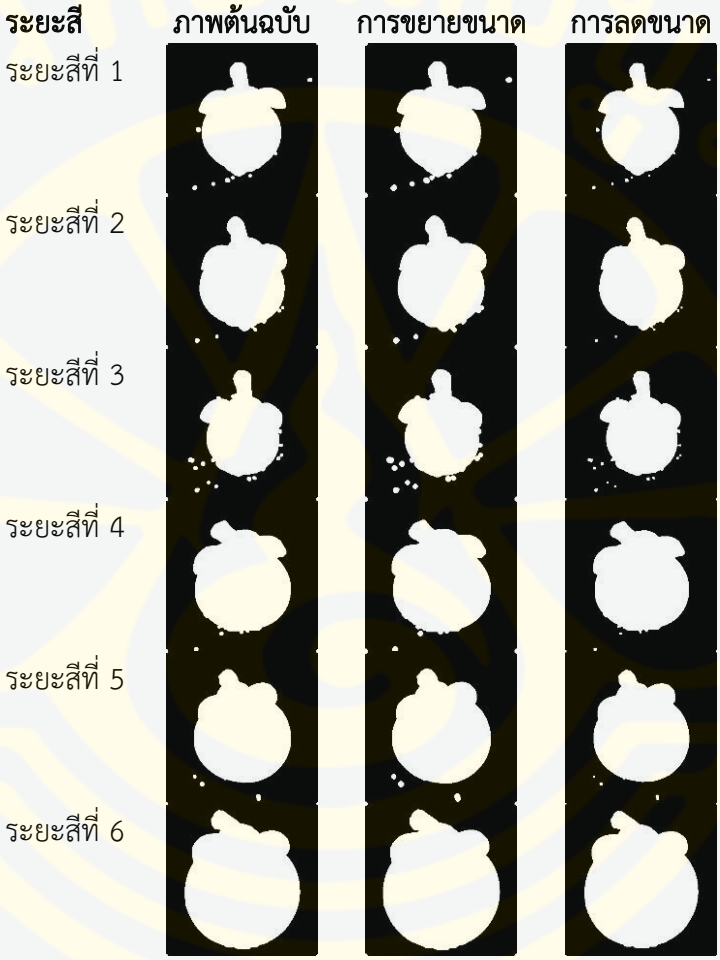
ขั้นตอนที่ 6 การเติมช่องว่าง

ขั้นตอนนี้จะเป็นการเติมช่องว่าง หลังจากการขยายขนาดหรือลดขนาดภาพแล้ว จะเป็นการเติมช่องว่างที่มีเส้นติดกัน เพื่อให้การตรวจหาผลมังคุดชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งการตรวจหาพื้นที่จะทำงานกับที่เป็นสีขาวในตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการหาขนาดของผลมังคุด ดังแสดงในภาพที่ 3-10

ภาพที่ 3-10 การเติมช่องว่าง

ขั้นตอนที่ 7 การขยายขนาดและลดขนาด

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำภาพที่ผ่านการปรับความคมชัดของภาพแล้ว มาทำการขยาย (Dilation) และการลดภาพ (Erosion) เพื่อทำการปรับปรุงภาพให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในตัวอย่างภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 การขยายขนาดและลดขนาดวัตถุ

ขั้นตอนที่ 8 การลบวัตถุขนาดเล็ก

การลบวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุที่ต้องการ เพื่อกำจัดอุปสรรคในการหาขอบเขตของวัตถุภายในภาพ และลบสัญญาณรบกวนสำหรับวัตถุที่ไม่ต้องการ ซึ่งมีผลต่อการหาบริเวณส่วนที่เสียในขั้นตอนต่อๆ ไป ดังแสดงในตัวอย่างภาพที่ 3-12

ภาพที่ 3-12 การลบวัตถุขนาดเล็ก

ขั้นตอนที่ 9 การลบพื้นหลัง

การลบพื้นหลัง คือ การดึงส่วนภาพที่ต้องการ เพื่อให้สามารถทำงานได้สะดวก เป็นการจำกัดพื้นที่การทำงานให้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น โดยการลบพื้นหลังเพื่อกำจัดสิ่งรบกวนที่อาจส่งผลเสียต่อการทำงานกับวัตถุในภาพถ่าย ผลลัพธ์จากการลบพื้นหลังดังแสดงในตัวอย่างภาพที่ 3-13

จากภาพตัวอย่างที่3-13 จะพบว่าหลังจากที่ลบพื้นหลังออกแล้วจะทำให้ส่วนผลปรากฏชัดเจนขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การทำงานกับรายละเอียดต่างๆ ของผลมังคุดสะดวกมากยิ่งขึ้น

ภาพที่ 3-13 การลบพื้นหลัง

จากตัวอย่างภาพที่ 3-13 การลบพื้นหลัง ทำให้แยกส่วนที่เป็นผลมังคุดออกจากพื้นหลัง และสามารถนำไปใช้ทำงานในกระบวนการต่อไปเพื่อแยกส่วนประกอบของผล และหาระดับคุณภาพของผลมังคุดได้สะดวก

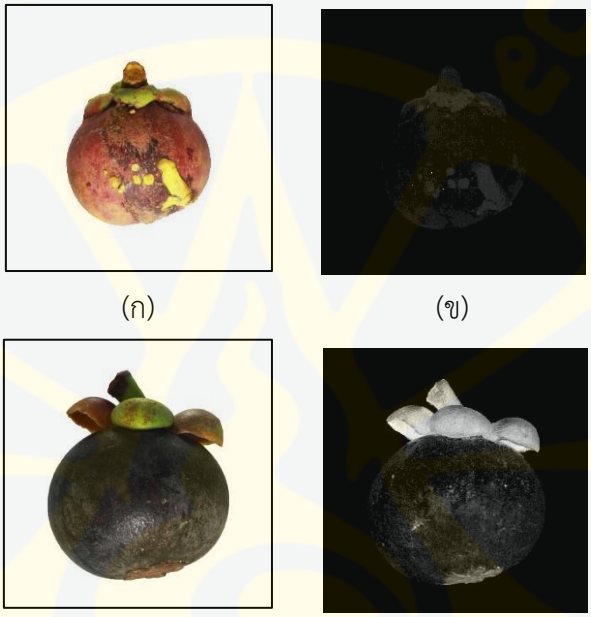
ส่วนที่ 2 การแยกส่วนประกอบของผล

2.1 การแยกขั้วผลและกลีบเลี้ยง(ภาพด้านข้าง)

ภาพที่ 3-14 ขั้นตอนกระบวนการแยกกลีบเลี้ยงและขั้วผล(ภาพด้านข้าง)

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกโหมดภาพในการทำงาน

การแยกขั้วและกลีบเลี้ยงของผลทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยความเข้มสีเพื่อเลือกโหมดภาพในการดำเนินการ โดยที่หากค่าเฉลี่ยความเข้มสีน้อยกว่า 0.35 จะเลือกใช้ภาพโหมด Saturation ในการดำเนินการ แต่ถ้าหากว่ามากกว่า 0.35 จะเลือกใช้ภาพโหมด Hue ในการดำเนินการ



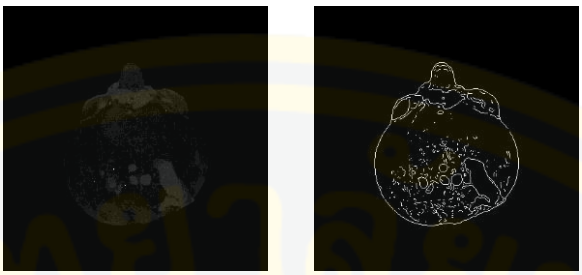
ภาพที่ 3-15 ภาพผลลัพธ์จากการวัดค่าเฉลี่ยความเข้มสี, (ก)ภาพต้นฉบับที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มสีมากกว่า 0.35, (ข)ภาพโหมด Hue, (ค)ภาพต้นฉบับที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มสีน้อยกว่า 0.35, (ง)ภาพโหมด Saturation

ขั้นตอนที่ 2 การแยกขั้วผล

2.1 ภาพโหมด Hue

2.1.1 การหาขอบภาพ

การทำงานกับภาพโหมด Hue เริ่มต้นด้วยการนำภาพมาลดสัญญาณลบกวนด้วยวิธี Median filtering และทำการปรับความคมชัดด้วยวิธี Gray-level Transform จากนั้นนำภาพที่ได้มาทำการหาขอบภาพ

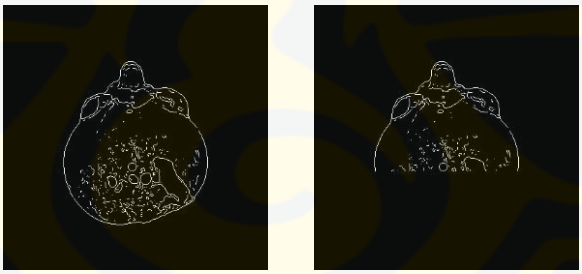


(ก) (ข)

ภาพที่ 3-16 การดำเนินการกับภาพที่ค่าเฉลี่ยความเข้มสีสูงกว่า 0.35, (ก)ภาพต้นฉบับโหมด Hue, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการหาขอบภาพ

2.1.2 การกำหนดพื้นที่การทำงาน

จากตัวอย่างภาพที่ 3-16 หลังจากที่ได้ผลลัพธ์ของขอบภาพ จะเป็นการจำกัดพื้นที่การทำงานเพื่อให้สามารถทำงานกับพื้นที่กลีบเลี้ยงและขั้วผลได้ง่ายขึ้น โดยการเปลี่ยนให้พิกเซลในแนวระนาบที่อยู่ต่ำกว่าครึ่งผลเป็นสีดำ

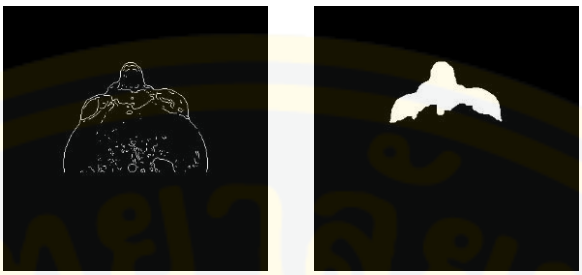


(ก) (ข)

ภาพที่ 3-17 ภาพการจำกัดพื้นที่การทำงาน, (ก)ภาพที่ได้จากการหาขอบภาพ,(ข) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการจำกัดพื้นที่การทำงาน

2.1.3 การทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์

จากตัวอย่างที่ 3-17 หลังจากที่ทำการจำกัดพื้นที่การทำงานแล้ว เป็นขั้นตอนของการทำให้กลีบเลี้ยงมีพื้นที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเบื้องต้น เริ่มจากการขยายขนาดภาพด้วยการทำ Dilation จากนั้นเติมช่องว่างให้เต็ม ทำการลดขนาดภาพด้วยการทำ Erosion และลบพื้นที่ขนาดเล็กที่มีพื้นที่น้อยกว่า 350 พิกเซลจะทำให้ได้กลีบเลี้ยงที่สมบูรณ์



(ก) (ข)

ภาพที่ 3-18 ภาพการทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์, (ก)ภาพที่ได้จากการจำกัดพื้นที่, (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์

2.1.4 การแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล

จากตัวอย่างภาพที่ 3-18 หลังจากที่ได้ขั้วผลที่สมบูรณ์แล้ว เป็นส่วนของการแยกขั้วผลเพื่อลดส่วนประกอบที่ไม่จำเป็นในการคัดแยกระดับคุณภาพออก เพื่อให้สามารถคัดแยกระดับคุณภาพได้อย่างถูกต้อง

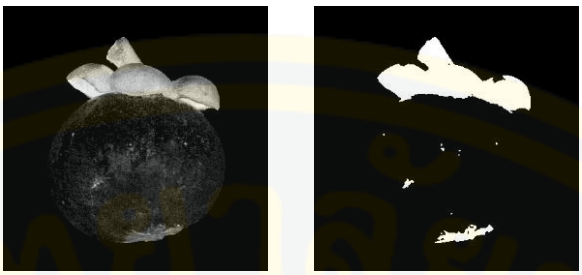
(ก) (ข)

ภาพที่ 3-19 ภาพการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล, (ก)ภาพที่ได้ทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์, (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล

2.2 ภาพโหมด Saturation

2.2.1 การทำ Thresholding

การทำงานกับภาพโหมด Saturation เริ่มต้นด้วยการนำภาพมาลดสัญญาณลบกวนด้วยวิธี Median filtering และทำการปรับความคมชัดด้วยวิธี Gray-level Transform จากนั้นนำภาพที่ได้มาทำการหาส่วนที่เป็นกลีบเลี้ยงโดยการทำ Thresholding

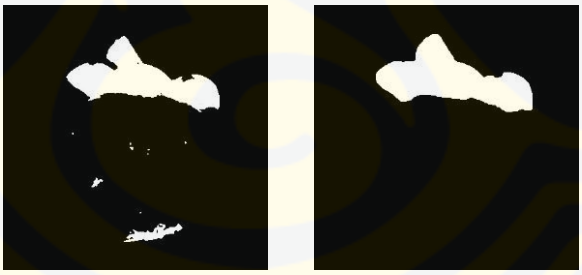


(ก) (ข)

ภาพที่ 3-20 การดำเนินการกับภาพที่ค่าเฉลี่ยความเข้มสีต่ำกว่า 0.35, (ก)ภาพต้นฉบับโหมด Saturaton, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการทำ Thresholding

2.2.2 การทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์

จากตัวอย่างที่ 3-20 หลังจากที่ทำการจำกัดพื้นที่การทำงานแล้ว เป็นขั้นตอนของการทำให้กลีบเลี้ยงมีพื้นที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเบื้องต้น เริ่มจากการขยายขนาดภาพด้วยการทำ Dilation จากนั้นเติมช่องว่างให้เต็ม ทำการลดขนาดภาพด้วยการทำ Erosion และลบพื้นที่ขนาดเล็กที่มีพื้นที่น้อยกว่า 350 พิกเซลจะทำให้ได้กลีบเลี้ยงที่สมบูรณ์



(ก) (ข)

ภาพที่ 3-21 ภาพการทำกลีบเลี้ยงให้สมบูรณ์, (ก)ภาพที่ได้จากการทำ Thresholding, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการทำกลีบเลี้ยงให้สมบูรณ์

2.2.3 การแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล

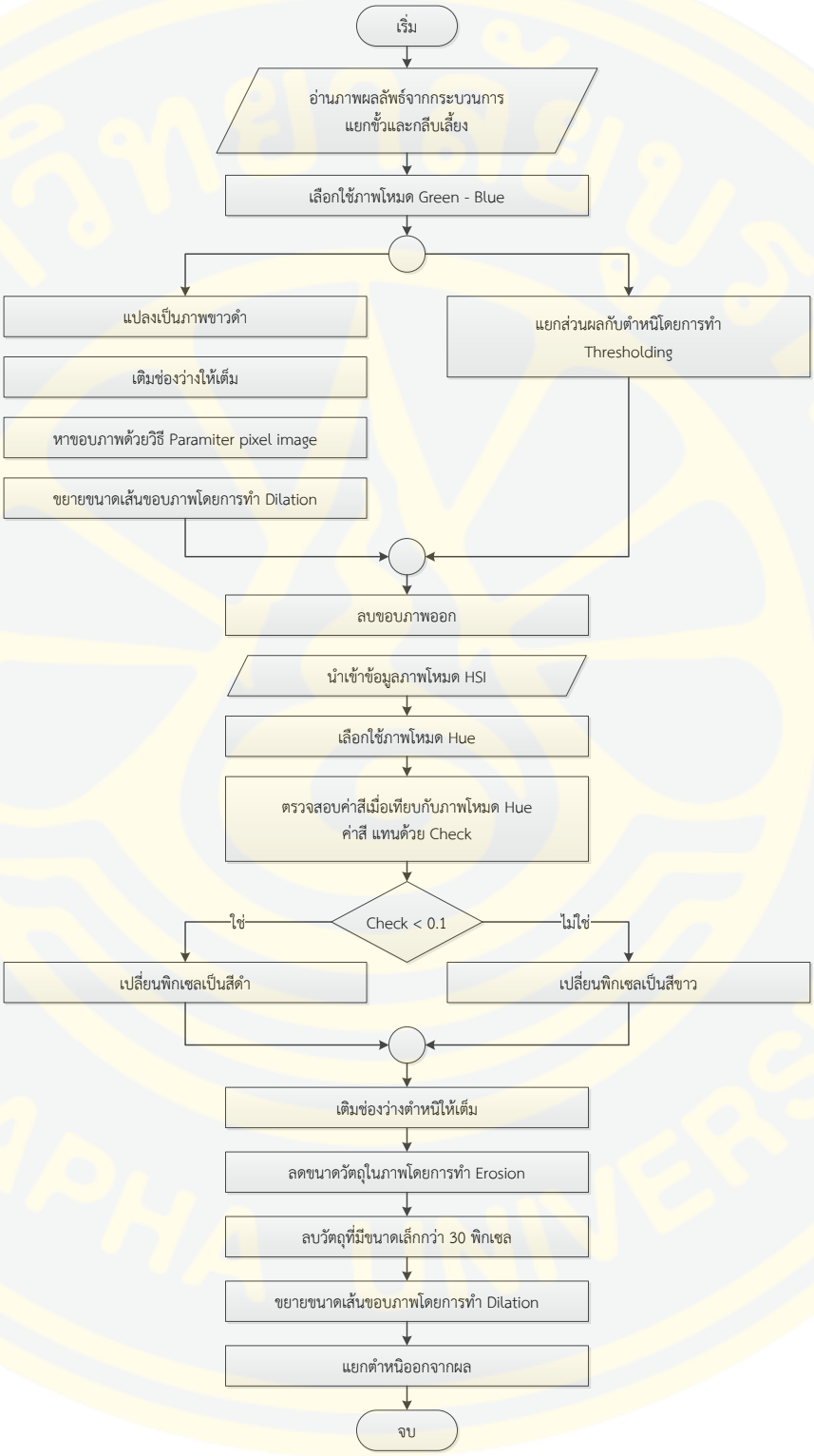
จากตัวอย่างภาพที่ 3-21 หลังจากที่ได้ขั้วผลที่สมบูรณ์แล้ว เป็นส่วนของการแยกขั้วผลเพื่อลดส่วนประกอบที่ไม่จำเป็นในการคัดแยกระดับคุณภาพออก เพื่อให้สามารถคัดแยกระดับคุณภาพได้อย่างถูกต้อง

(ก) (ข)

ภาพที่ 3-22 ภาพการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล, (ก)ภาพที่ได้ทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์, (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล

จากตัวอย่างภาพที่ 3-22 เมื่อสามารถแยกกลีบเลี้ยงและขั้วผลของภาพด้านข้างแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นส่วนของการแยกตำหนิของผลมังคุด เพื่อที่จะทำการดำเนินการคัดแยกระดับคุณภาพ จึงจำเป็นที่จะต้องหาพื้นที่ของตำหนิ หรือส่วนที่มีความเสียหายบนผิวของมังคุด เพื่อหาปริมาณความเสียหายและคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุด ซึ่งมีกระบวนการทำงานดังแสดงในตัวอย่างภาพที่ 3-23

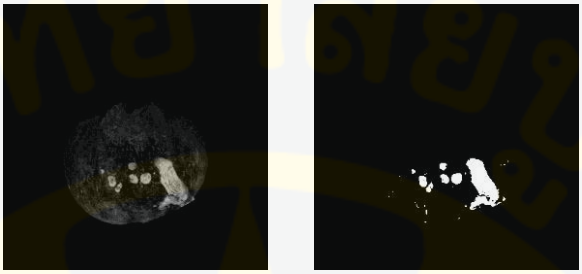
2.2 การแยกตำหนิของผลมังคุด



ภาพที่ 3-23 การแยกตำหนิของผลมังคุด

ขั้นตอนที่ 1 การทำ Thresholding

กระบวนการแยกตำหนิในส่วนนี้เลือกใช้ภาพโหมด Green – Blue โดยเริ่มจากการทำ Thresholding เพื่อแยกส่วนที่เป็นตำหนิออกจากรายละเอียดอื่นๆ ทำให้ตำหนิที่ได้มีความชัดเจน



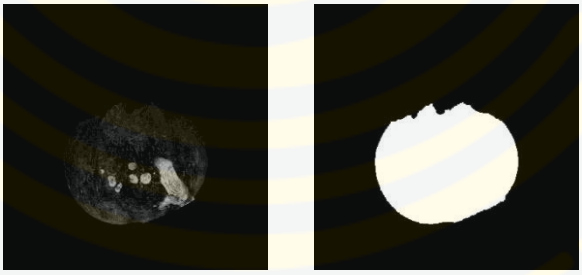
(ก) (ข)

ภาพที่ 3-24 ภาพการทำ Thresholding, (ก)ภาพต้นฉบับ Green – Blue ,(ข)ภาพผลลัพธ์จากการทำ Thresholding

ขั้นตอนที่ 2 การลบขอบภาพ

2.1 การแปลงเป็นภาพขาวดำ

กระบวนการลบขอบภาพ เริ่มต้นจากการนำเข้าภาพข้อมูลผลลัพธ์จากการแยกกลีบเลี้ยง โดยเลือกใช้ภาพโหมด Green – Blue จากนั้นนำมาแปลงเป็นภาพขาวดำเพื่อให้แสดงพื้นที่ทั้งหมดอย่างครบถ้วนสมบูรณ์



(ก) (ข)

ภาพที่ 3-25 ภาพการแปลงเป็นภาพขาวดำ, (ก)ภาพต้นฉบับ Green – Blue ,(ข)ภาพผลลัพธ์การแปลงเป็นภาพขาวดำ

2.2 การหาขอบภาพ

จากตัวอย่างภาพที่ 3-25 หลังจากที่แปลงเป็นภาพขาวดำ เป็นการหาขอบภาพโดยการใช้เทคนิคหาขอบภาพแล้วนำมาทำให้สมบูรณ์ขึ้นโดยการขยายขนาดขอบภาพด้วยวิธี Dilation เพื่อที่จะทำให้ขอบภาพมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยจะนำไปใช้ในการลบขอบภาพ

(ก) (ข)

ภาพที่ 3-26 ภาพการหาขอบภาพ, (ก)ภาพที่ได้จากการแปลงเป็นภาพขาวดำ, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการหาขอบภาพ

2.3 การลบขอบภาพ

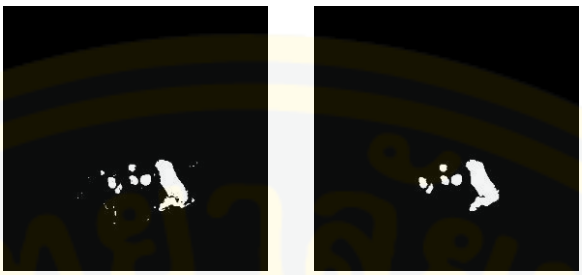
จากตัวอย่างภาพที่ 3-26 หลังจากที่หาขอบภาพแล้ว เป็นการนำขอบภาพที่ได้ไปใช้ในการลบขอบภาพออกจากภาพที่ทำ Thresholding เพื่อทำให้สามารถทำงานกับรายละเอียดที่อยู่ภายในเพื่อให้สามารถตรวจหาตำหนิได้อย่างถูกต้อง

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3-27 ภาพการลบขอบภาพ, (ก)ภาพที่ได้จากการหาขอบภาพ, (ข)ภาพที่ได้จากการทำ Thresholding, (ค)ภาพผลลัพธ์จากการลบขอบภาพ

2.3 การทำให้ตำหนิสมบูรณ์

จากตัวอย่างภาพที่ 3-27 หลังจากที่ลบขอบภาพแล้ว เป็นการทำให้ตำหนิมีความถ้วนสมบูรณ์ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเบื้องต้น เริ่มจากการขยายขนาดภาพด้วยการทำ Dilation จากนั้นเติมช่องว่างให้เต็ม ทำการลดขนาดภาพด้วยการทำ Erosion และลบพื้นที่ขนาดเล็กที่มีพื้นที่น้อยกว่า 30 พิกเซลจะทำให้ได้กลีบเลี้ยงที่สมบูรณ์



(ก) (ข)

ภาพที่ 3-28 ภาพการทำให้ตำหนิสมบูรณ์, (ก)ภาพที่ได้จากการลบขอบภาพ, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการทำให้ตำหนิสมบูรณ์

2.4 การแยกตำหนิออกจากผล

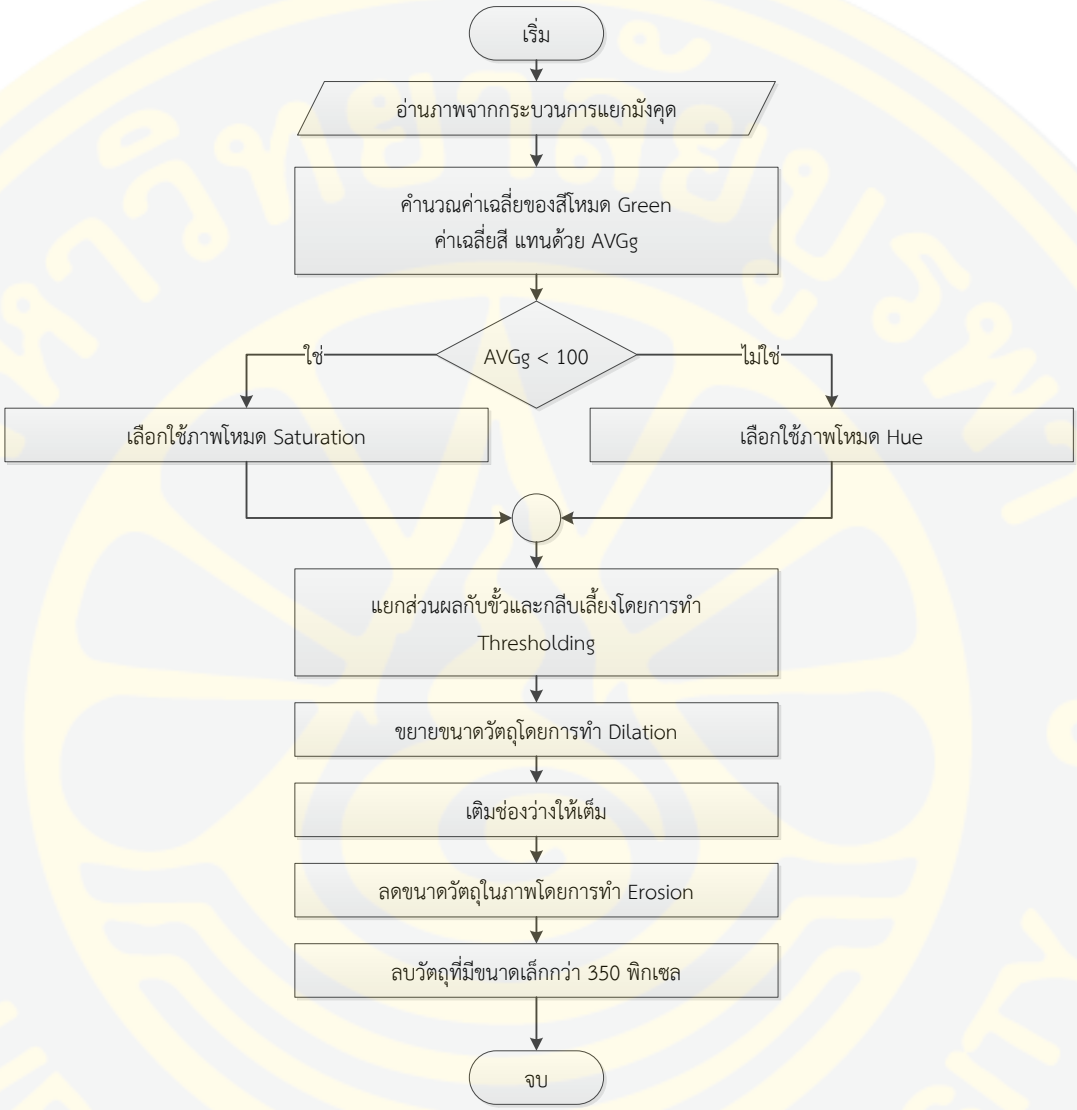
จากตัวอย่างภาพที่ 3-28 หลังจากที่ได้ตำหนิที่สมบูรณ์แล้ว เป็นส่วนของการแยกตำหนิออกจากผลเพื่อที่จะนำไปใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นความเสียหาย และคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุด

(ก) (ข)

ภาพที่ 3-29 ภาพการแยกตำหนิออกจากผล, (ก)ภาพที่ได้จากการตรวจหาตำหนิ, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการแยกตำหนิออกจากขั้ว

จากตัวอย่างภาพที่ 3-29 หลังจากที่สามารถแยกส่วนกลีบเลี้ยง ขั้วผลและตำหนิของภาพด้านข้างได้แล้วจากนั้นจะเป็นการแยกส่วนขั้วด้านบนเพื่อใช้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของกลีบเลี้ยงและขั้ว ซึ่งมีกระบวนการทำงานดังตัวอย่างภาพที่ 3-30

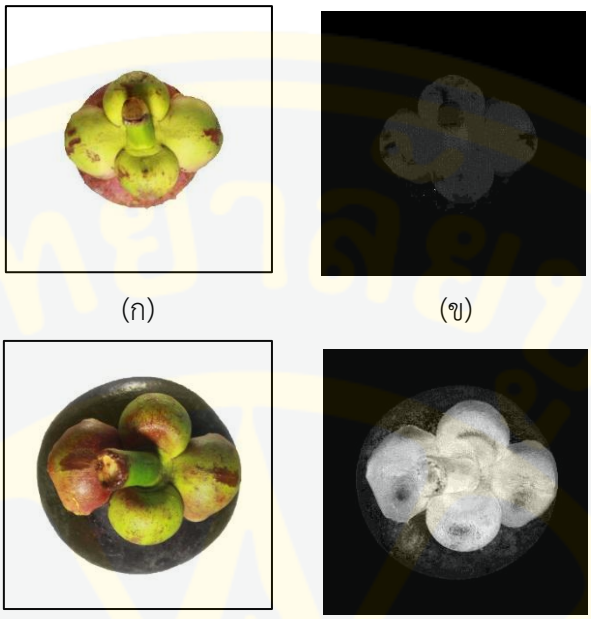
2.3 การแยกกลีบเลี้ยงและขั้วผล(ภาพด้านบน)



ภาพที่ 3-30 ขั้นตอนกระบวนการแยกกลีบเลี้ยงและขั้วผล(ภาพด้านบน)

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกโหมดภาพในการทำงาน

การแยกขั้วและกลีบเลี้ยงของผลทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยสีเขียวเพื่อเลือกโหมดภาพในการดำเนินการ โดยที่หากค่าเฉลี่ยสีเขียวน้อยกว่า 100 จะเลือกใช้ภาพโหมด Saturation ในการดำเนินการ แต่ถ้าหากว่ามากกว่า 100 จะเลือกใช้ภาพโหมด Hue ในการดำเนินการ



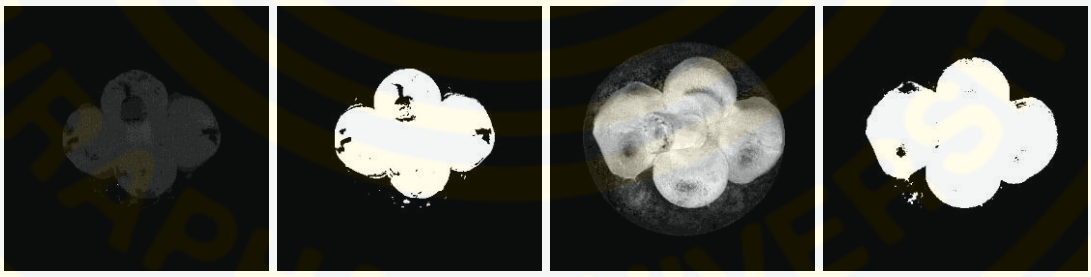
(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3-31 ภาพผลลัพธ์จากการวัดค่าเฉลี่ยสีเขียว, (ก)ภาพต้นฉบับที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวมากกว่า 100, (ข)ภาพโหมด Hue, (ค)ภาพต้นฉบับที่มีค่าเฉลี่ยสีเขียวน้อยกว่า 100, (ง)ภาพโหมด Saturation

ขั้นตอนที่ 2 การทำ Thresholding

จากตัวอย่างที่ 3-31 หลังจากที่เลือกโหมดภาพได้แล้ว เป็นขั้นตอนการแยกกลีบเลี้ยงและขั้วผล เพื่อที่จะนำไปตรวจสอบความสมบูรณ์ของกลีบเลี้ยง เพื่อใช้ในการคัดแยกระดับคุณภาพ โดยวิธีการที่ใช้ในการแยกกลีบเลี้ยงคือ การทำ Thresholding

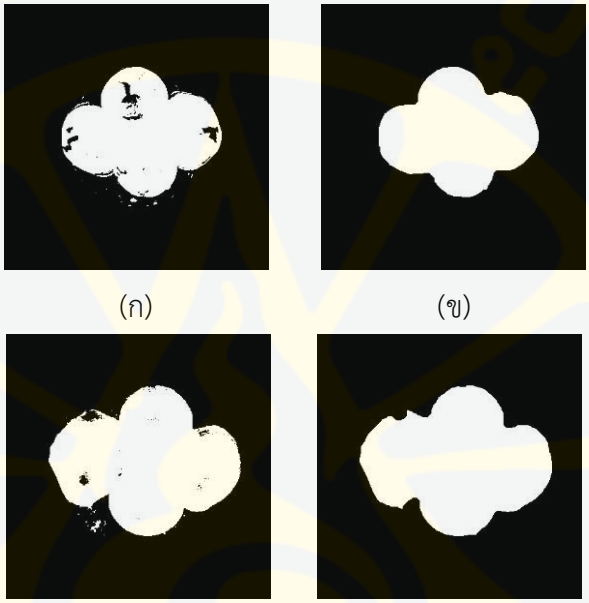


(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3-32 ภาพผลลัพธ์จากการทำ Thresholding, (ก)ภาพต้นฉบับโหมด Hue, (ข)ภาพผลลัพธ์จากการทำ Thresholding ภาพโหมด Hue, (ค) ภาพต้นฉบับโหมด Saturation, (ง)ภาพผลลัพธ์จากการทำ Thresholding ภาพโหมด Saturation

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์

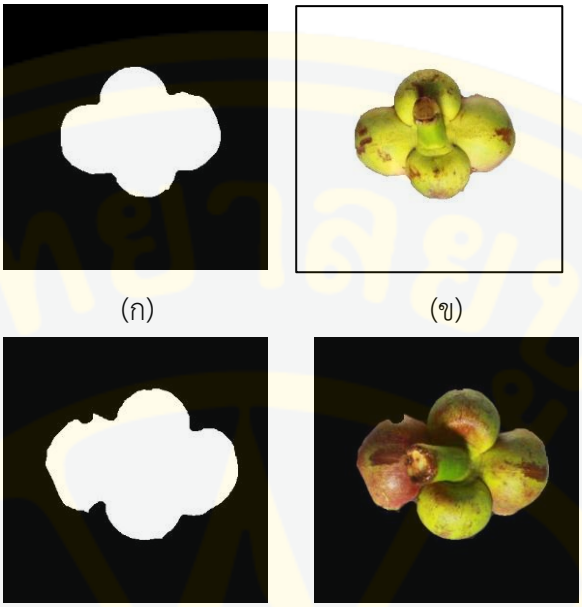
จากตัวอย่างภาพที่ 3-32 หลังจากที่ทำ Thresholding แล้ว เป็นขั้นตอนของการทำให้กลีบเลี้ยงมีพื้นที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเบื้องต้น เริ่มจากการขยายขนาดภาพด้วยการทำ Dilation จากนั้นเติมช่องว่างให้เต็ม ทำการลดขนาดภาพด้วยการทำ Erosion และลบพื้นที่ขนาดเล็กที่มีพื้นที่น้อยกว่า 350 พิกเซลจะทำให้ได้กลีบเลี้ยงที่สมบูรณ์



ภาพที่ 3-33 ภาพการทำกลีบเลี้ยงให้สมบูรณ์, (ก)ภาพที่ได้จากการทำ Thresholding โหมด Hue, (ข) และ (ง) ภาพผลลัพธ์จากการทำกลีบเลี้ยงให้สมบูรณ์, (ค)ภาพที่ได้จากการทำ Thresholding โหมด Saturation

ขั้นตอนที่ 4 การแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล

จากตัวอย่างภาพที่ 3-34 หลังจากที่ได้ขั้วผลที่สมบูรณ์แล้ว เป็นส่วนของการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผลเพื่อที่จะใช้ในการตรวจนับความสมบูรณ์ของกลีบเลี้ยงและขั้วผล ซึ่งในกระบวนการต่อไปจะเป็นการแยกกลีบเลี้ยงออกจากกัน เพื่อตรวจนับความครบถ้วนสมบูรณ์ และเพื่อเป็นองค์ประกอบในการคัดแยกระดับคุณภาพ



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3-34 ภาพการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล, (ก) และ (ค) ภาพที่ได้ทำให้กลีบเลี้ยงสมบูรณ์, (ข) และ (ง) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกกลีบเลี้ยงออกจากผล

ขั้นตอนที่ 5 การแยกกลีบเลี้ยงออกจากกัน

จากตัวอย่างภาพที่ 3-35 หลังจากที่สามารถหาส่วนที่เป็นกลีบเลี้ยงได้แล้ว ต่อไปจะเป็นการแยกกลีบเลี้ยงออกจากกันเพื่อนับจำนวนว่ามีความครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ โดยการนำภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำมาทำการหาขอบภาพ แล้วทำการวัดระยะจากจุดศูนย์กลางของกลีบเลี้ยงถึงพิกเซลขอบภาพที่อยู่ใกล้ที่สุด เพื่อให้เป็นค่าของรัศมีวงกลม จากนั้นนำค่ารัศมีที่ได้สร้างวงกลม แล้วนำไปซ้อนทับกับภาพกลีบเลี้ยงสีขาวดำ เพื่อแยกกลีบเลี้ยงออกจากกันดังตัวอย่างที่ 3-35

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3-35 ภาพการแยกกลีบเลี้ยงออกจากกัน, (ก)ภาพกลีบเลี้ยงสีขาวดำ , (ข)ขอบภาพของกลีบเลี้ยง, (ค)วงกลมที่สร้างขึ้นจากการหารัศมี, (ง)ภาพผลลัพธ์จากการซ้อนทับกันของภาพ (ก) และภาพ (ค)

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดลอง

การทดลองโครงงานนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ส่วนของการทดลองในการเลือกกระบวนการทำงานที่ดีที่สุด

1.1) ส่วนของความเหมาะสมในการเลือกใช้โหมดสี RGB หรือ HSI โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด

1.2) ส่วนของความเหมาะสมในการเลือกใช้วิธีลบสัญญาณรบกวน โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด

1.3) ส่วนของความเหมาะสมในการเลือกใช้วิธีปรับความคมชัด โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด

1.4) ส่วนของความเหมาะสมในการเลือกใช้วิธีการหาขอบภาพ โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด

โดยชุดข้อมูลประกอบไปด้วย

1) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่1 จำนวน 30 ภาพ
2) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่2 จำนวน 30 ภาพ
3) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่3 จำนวน 30 ภาพ
4) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่4 จำนวน 30 ภาพ
5) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่5 จำนวน 30 ภาพ
6) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่6 จำนวน 30 ภาพ

2) ส่วนของการทดลองผลลัพธ์ของโครงงาน

2.1) ส่วนของความแม่นยำในการคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุด โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด คือ

2.1.1) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่1 จำนวน 30 ภาพ
2.1.2) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่2 จำนวน 30 ภาพ
2.1.3) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่3 จำนวน 30 ภาพ
2.1.4) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่4 จำนวน 30 ภาพ
2.1.5) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่5 จำนวน 30 ภาพ
2.1.6) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่6 จำนวน 30 ภาพ

2.2) ส่วนของความแม่นยำในการแยกขั้วและกลีบเลี้ยงของผลมังคุด โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด คือ

2.2.1) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่1 จำนวน 30 ภาพ

2.2.2) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่2 จำนวน 30 ภาพ

2.2.3) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่3 จำนวน 30 ภาพ

2.2.4) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่4 จำนวน 30 ภาพ

2.2.5) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่5 จำนวน 30 ภาพ

2.2.6) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่6 จำนวน 30 ภาพ

2.3) ส่วนของความแม่นยำในการตรวจหาตำหนิของผลมังคุด โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด คือ

2.3.1) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่1 จำนวน 30 ภาพ

2.3.2) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่2 จำนวน 30 ภาพ

2.3.3) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่3 จำนวน 30 ภาพ

2.3.4) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่4 จำนวน 30 ภาพ

2.3.5) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่5 จำนวน 30 ภาพ

2.2.6) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่6 จำนวน 30 ภาพ

2.4) ส่วนของความแม่นยำในการระบุระยะสีของผลมังคุด โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด คือ

2.4.1) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่1 จำนวน 30 ภาพ

2.4.2) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่2 จำนวน 30 ภาพ

2.4.3) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่3 จำนวน 30 ภาพ

2.4.4) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่4 จำนวน 30 ภาพ

2.4.5) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่5 จำนวน 30 ภาพ

2.4.6) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่6 จำนวน 30 ภาพ

2.5) ส่วนของความแม่นยำการระบุขนาดผล โดยใช้ข้อมูล 6 ชุด คือ

2.1.1) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่1 จำนวน 30 ภาพ

2.1.2) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่2 จำนวน 30 ภาพ

2.1.3) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่3 จำนวน 30 ภาพ

2.1.4) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่4 จำนวน 30 ภาพ

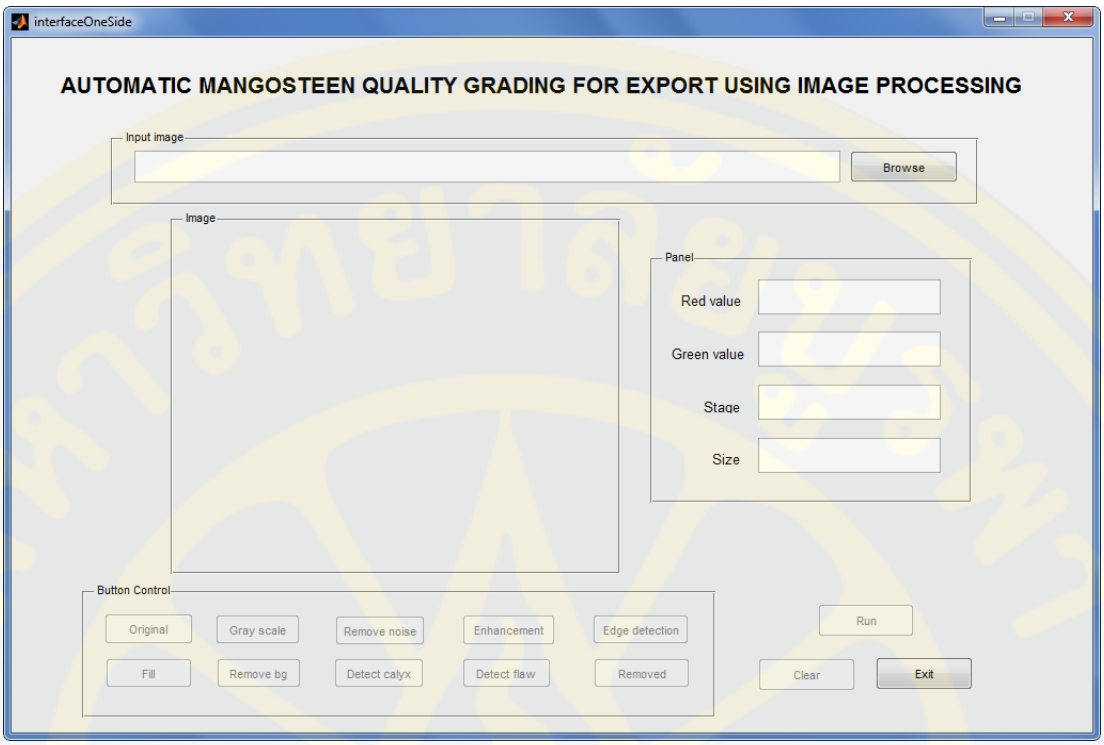
2.1.5) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่5 จำนวน 30 ภาพ

2.1.6) ชุดภาพมังคุดระยะสีที่6 จำนวน 30 ภาพ

หน้าจอที่สำคัญของโปรแกรม

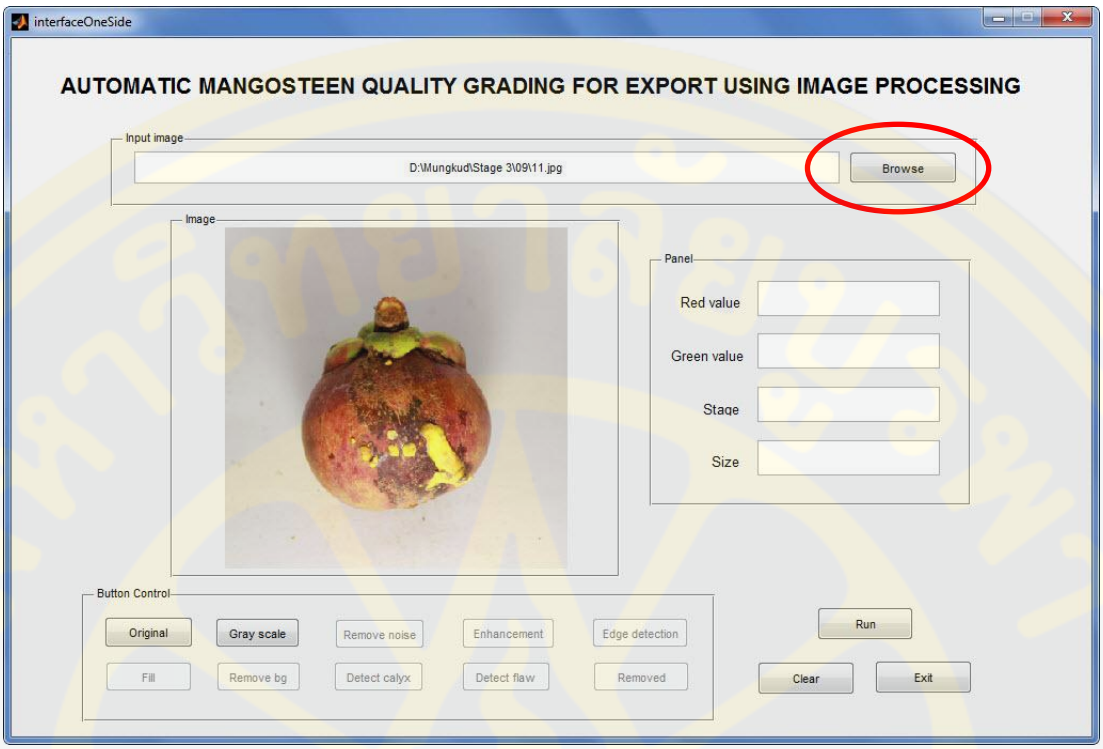
ภาพที่ 4-1 หน้าจอหลักของโปรแกรม

จากภาพที่ 4-1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมเพื่อเลือกเข้าสู่ตัวโปรแกรม



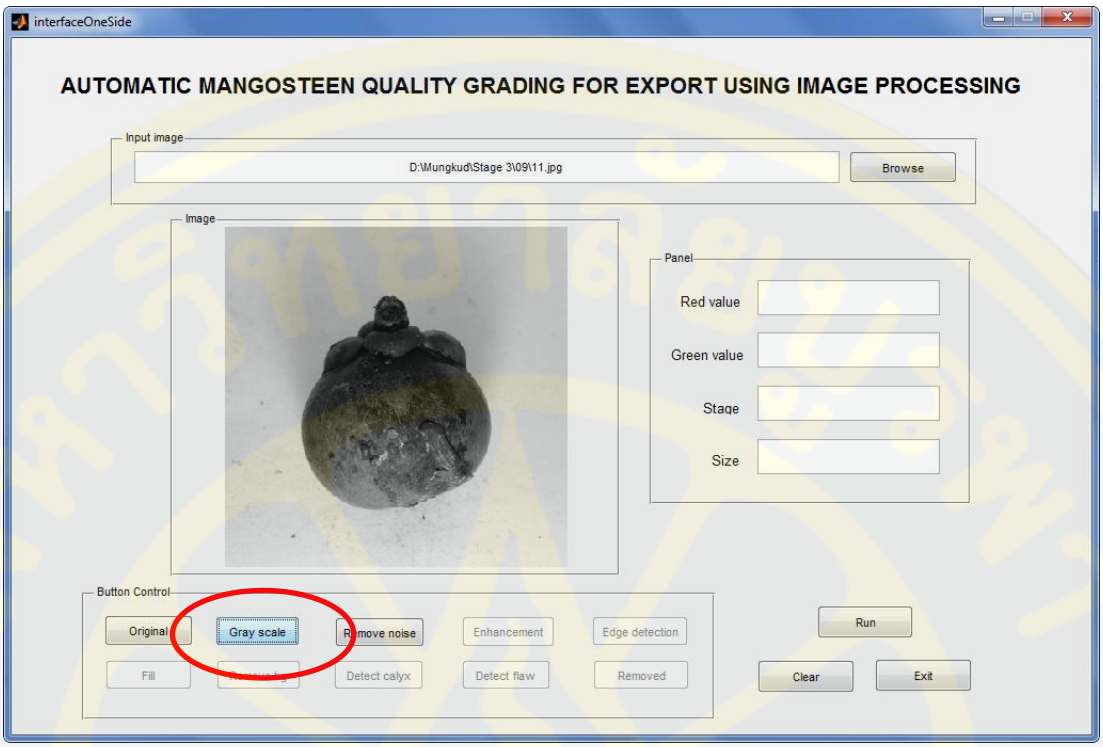
ภาพที่ 4-2 หน้าจอโปรแกรมการทำงาน(ภาพด้านข้างของผลมังคุด)

จากภาพที่ 4-2 แสดงหน้าจอโปรแกรมการทำงาน โดยโปรแกรมจะปรากฏปุ่ม Browse และ Exit เพื่อให้ผู้ใช้เริ่มงานหรือปิดโปรแกรม



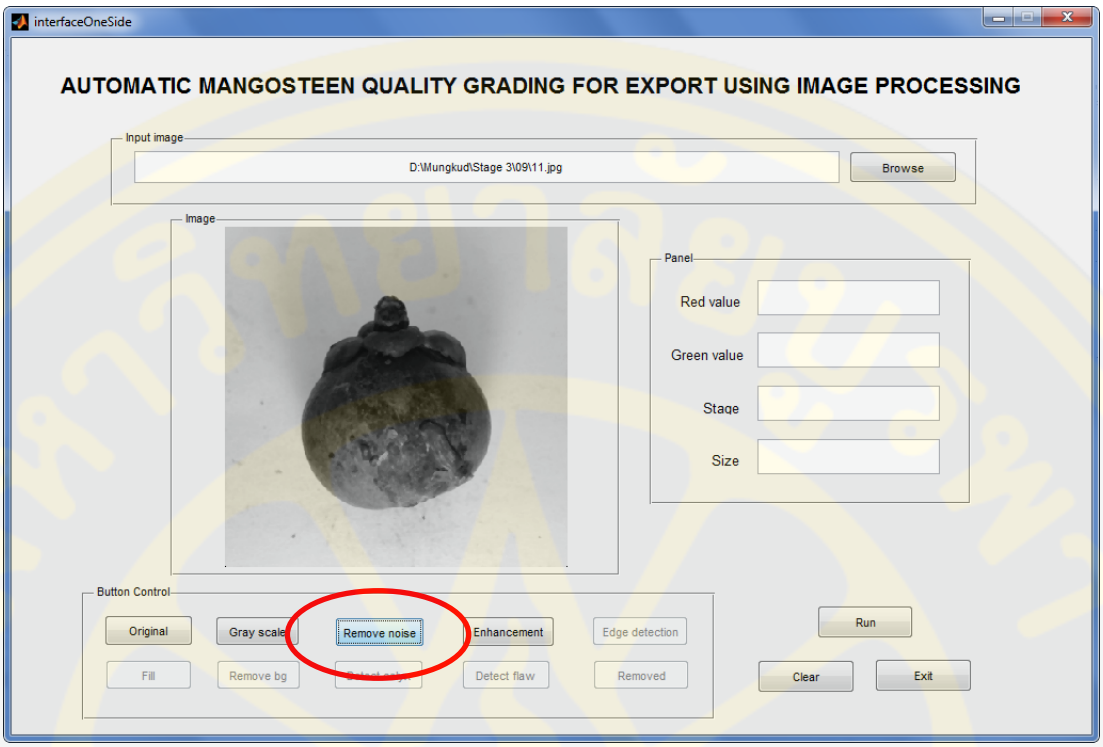
ภาพที่ 4-3 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้ต้องการอ่านรูปเข้ามาในโปรแกรม

จากภาพที่ 4-3 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse เพื่อทำการอ่านภาพที่จะใช้งานเข้ามาในโปรแกรม เมื่อเลือกภาพได้แล้วจะมีรูปภาพปรากฏขึ้น



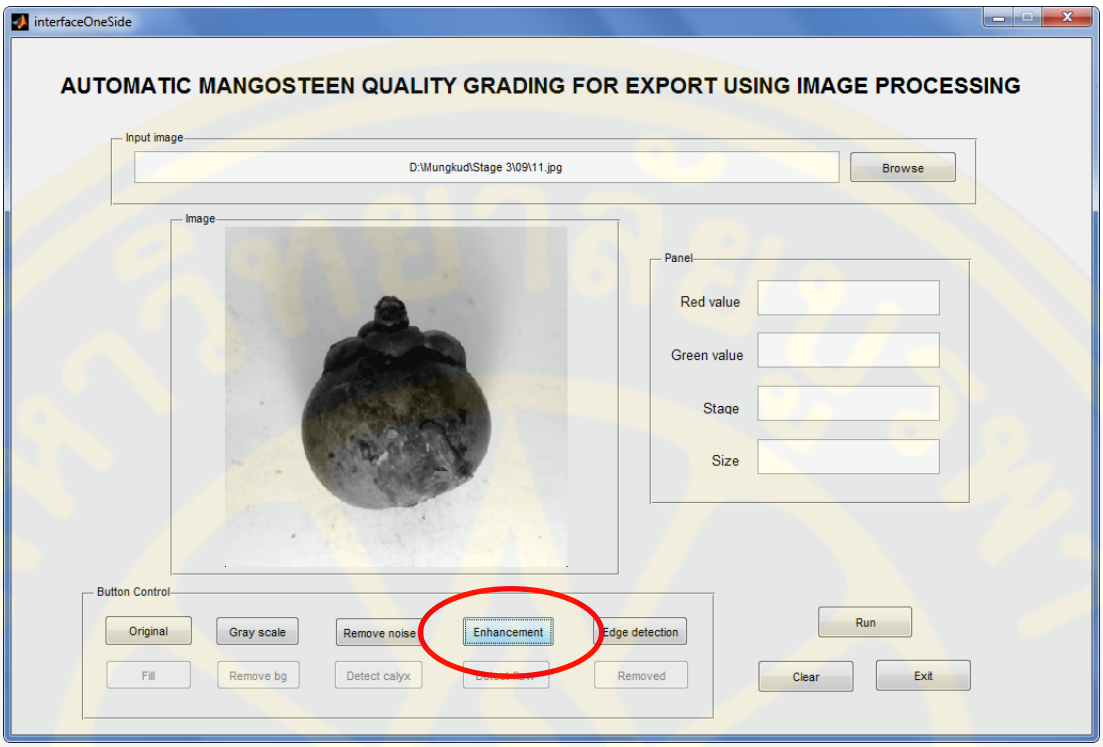
ภาพที่ 4-4 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Gray Scale

จากภาพที่ 4-4 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Gray Scale โปรแกรมจะดึงภาพโหมด Blue ในระบบสี RGB ออกมาแสดงผล



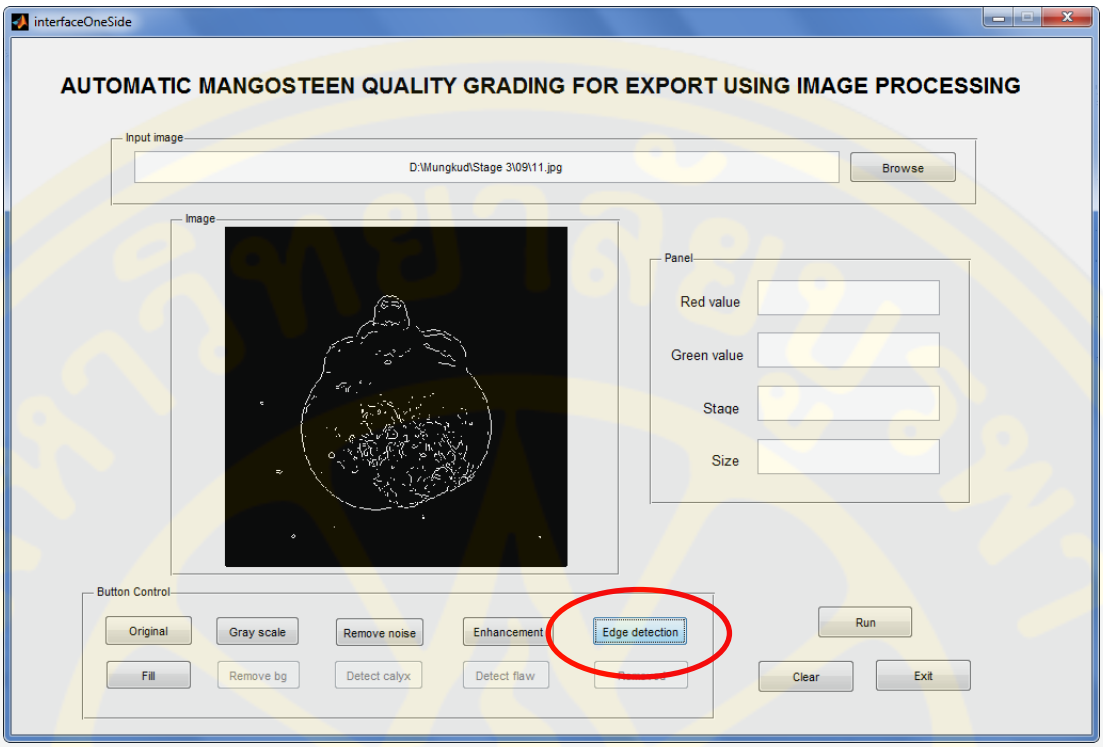
ภาพที่ 4-5 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove noise

จากรูป 4-5 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove noise โปรแกรมจะทำการลบสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิค Median Filtering ด้วย mask ขนาด 5x5 มาแสดงผล



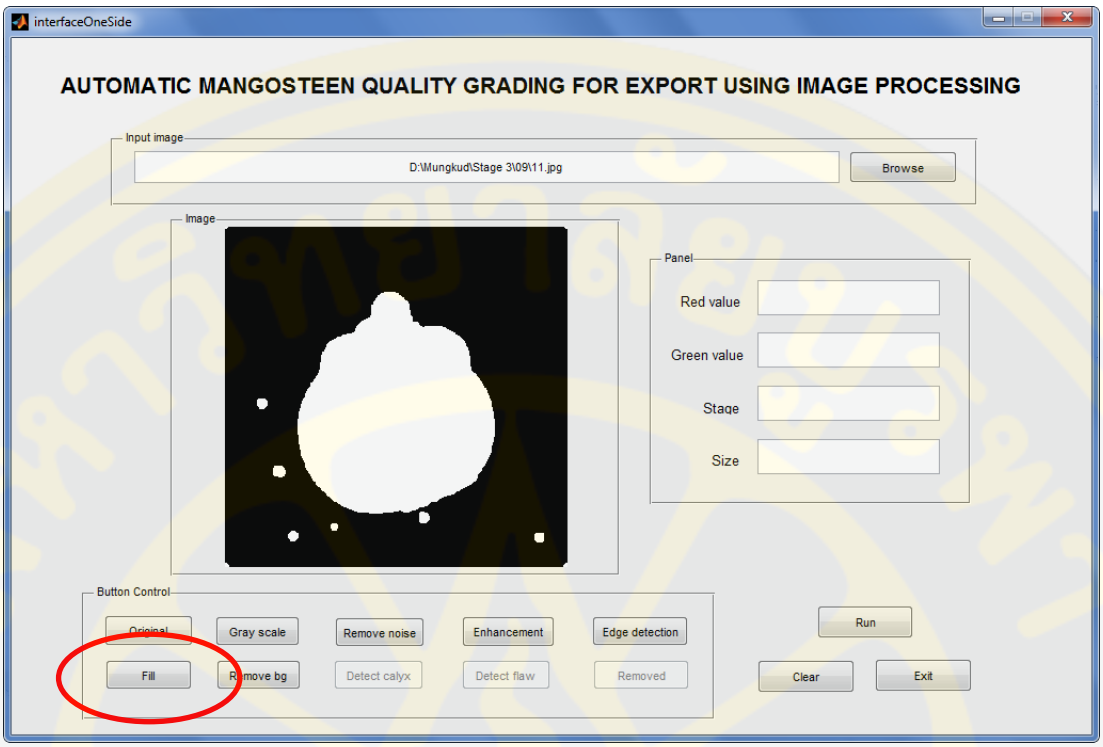
ภาพที่ 4-6 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Enhancement

จากภาพที่ 4-6 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Enchantment โปรแกรมจะทำการปรับความคมชัดของภาพด้วยเทคนิค Gray level transformation มาแสดงผล



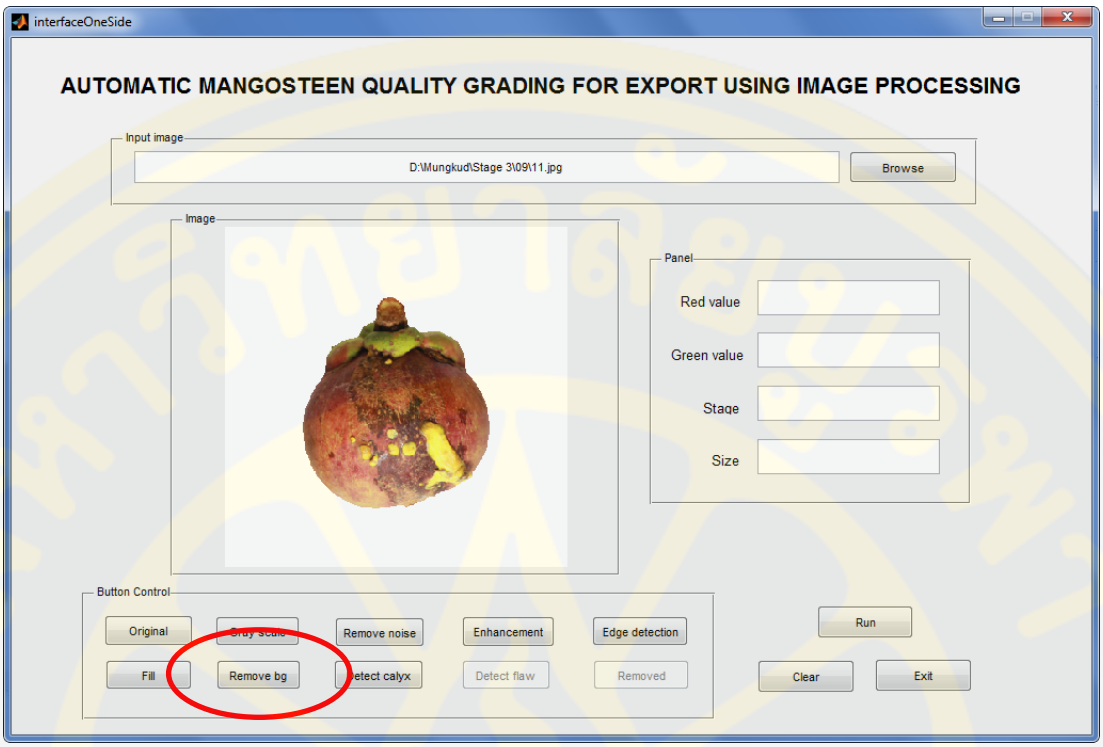
ภาพที่ 4-7 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Edge detection

จากรูป 4-7 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Edge detection โปรแกรมจะทำการหาขอบภาพของผลมังคุดซึ่งจะแสดงขึ้นมาบนหน้าจอ



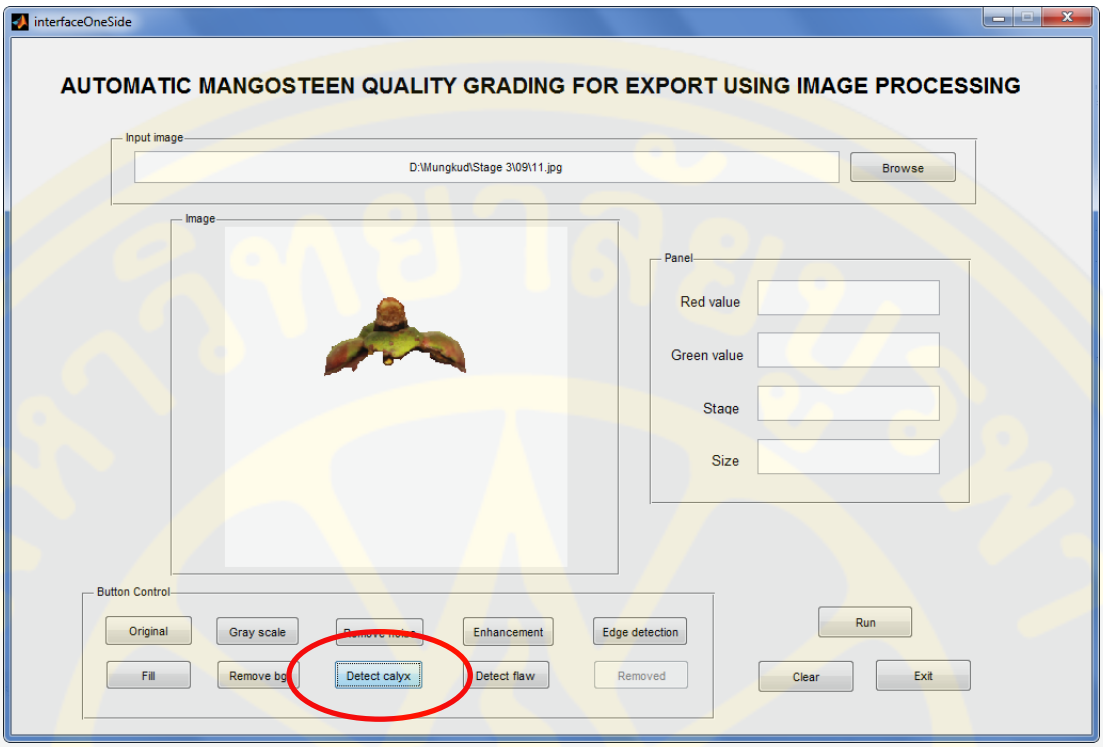
ภาพที่ 4-8 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Fill

จากภาพที่ 4-8 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Fill โปรแกรมทำการขยายภาพเติมพื้นที่ภายในมังคุดให้เต็ม จะทำการลบวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า 500 พิกเซลออก แล้วทำการลดขนาดภาพลงให้เท่ากับภาพปกติ



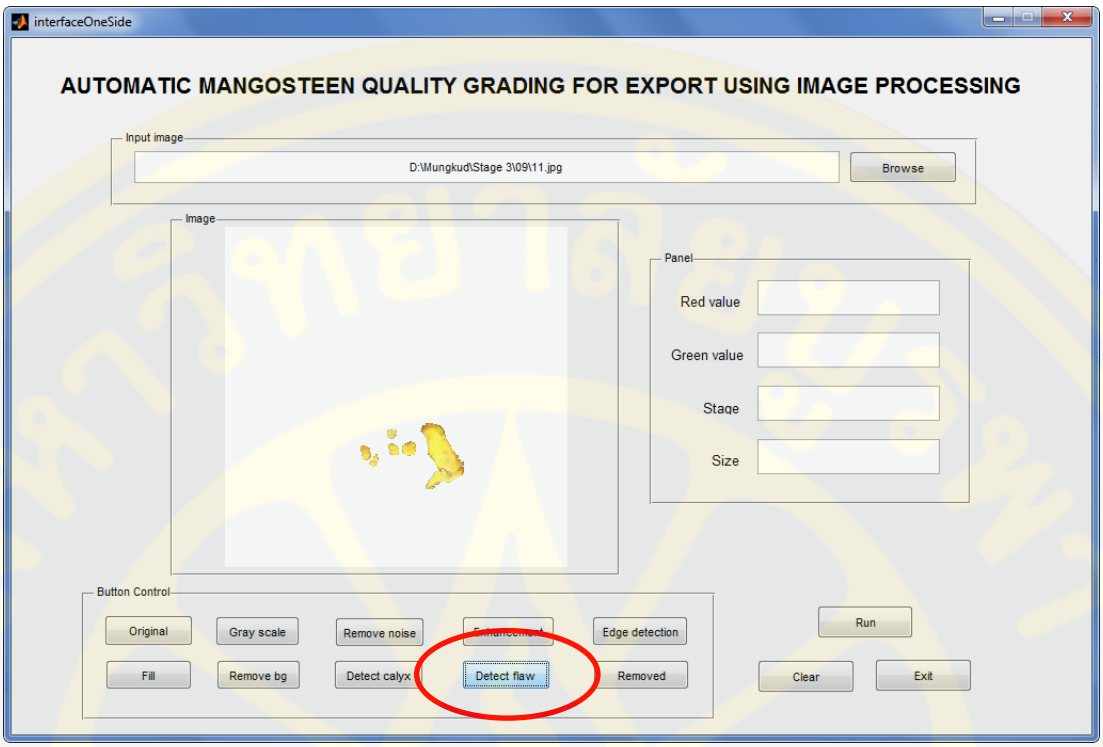
ภาพที่ 4-9 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove BG

จากภาพที่ 4-9 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove BG โปรแกรมจะทำการลบพื้นหลังแล้วแสดงส่วนที่เป็นผลมังคุด



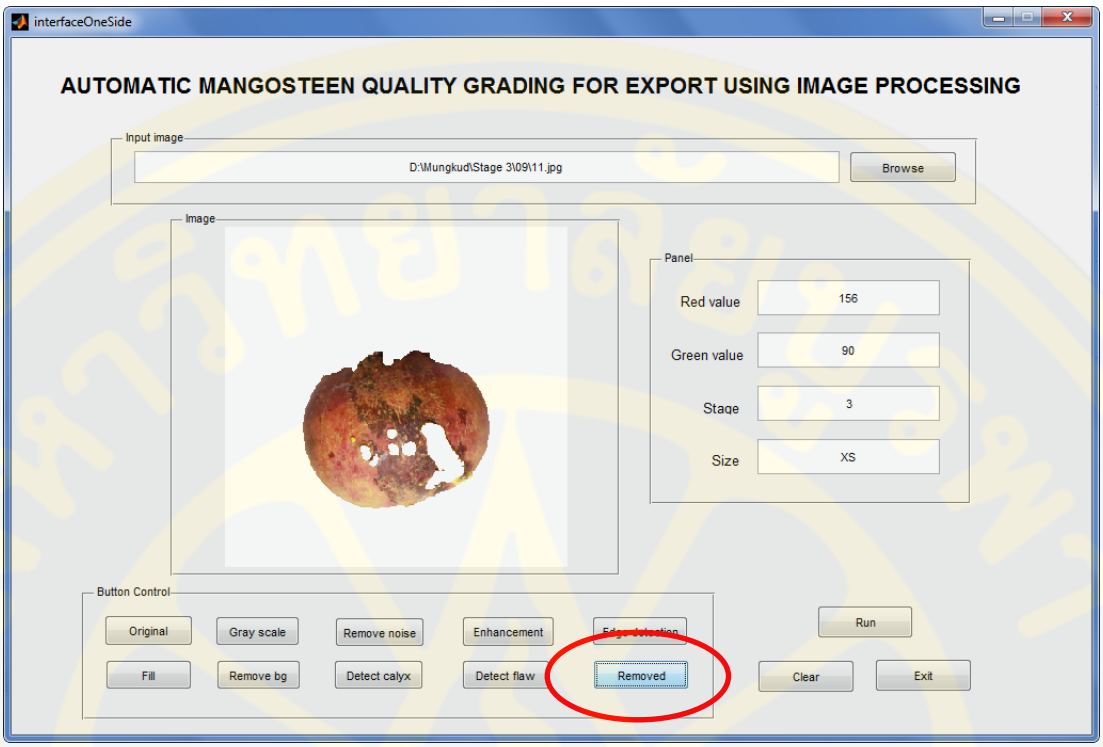
ภาพที่ 4-10 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect calyx

จากภาพที่ 4-10 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect calyx โปรแกรมจะทำการแสดงบริเวณส่วนที่ขั้วผลมังคุด



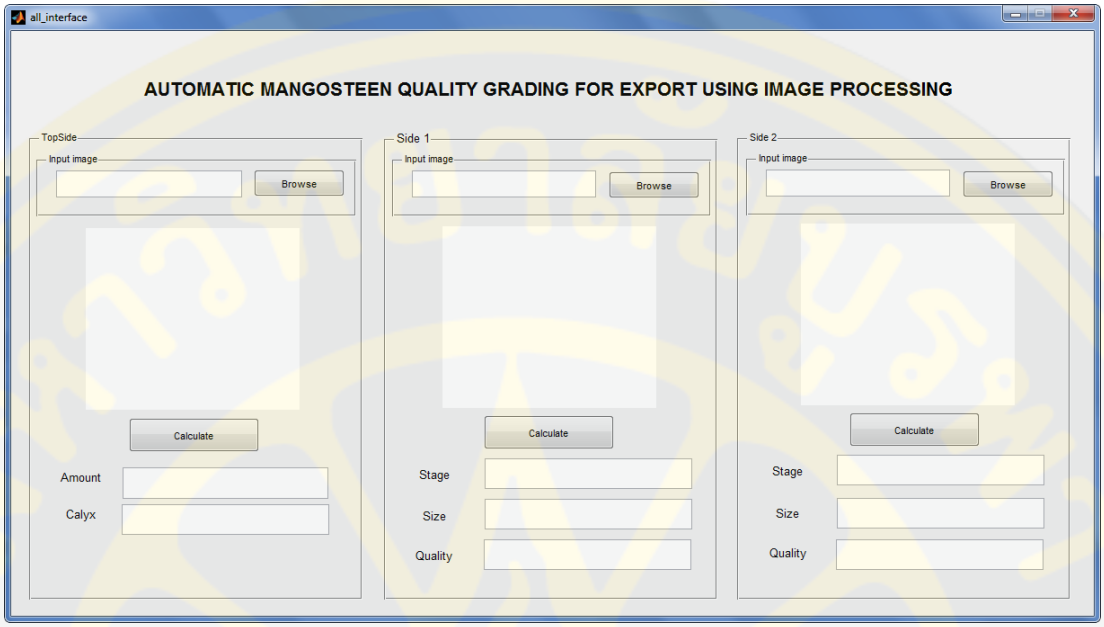
ภาพที่ 4-11 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect flaw

จากภาพที่ 4-11 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect flaw โปรแกรมจะแสดงพิกเซลที่เป็นตำหนิออกมา



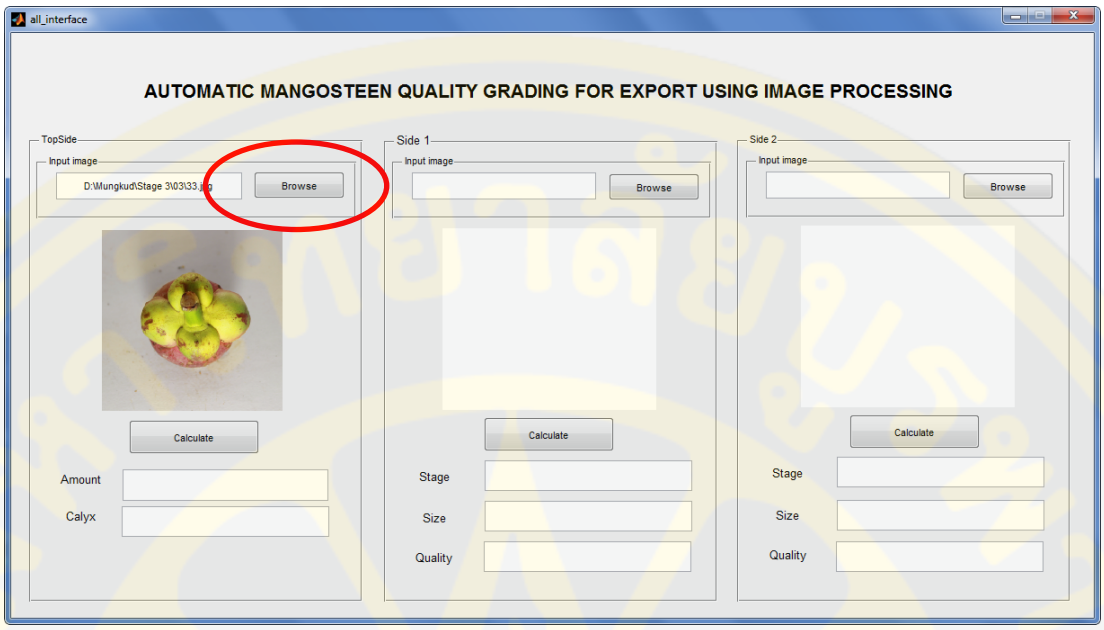
ภาพที่ 4-12 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Removed

จากภาพที่ 4-12 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการแสดงลบส่วนที่เป็นขั้วผล และส่วนที่เป็นตำหนิ แล้วแสดงส่วนที่ดีออกมา พร้อมทั้งแสดงค่าเฉลี่ยของ Red, Green, ระยะสี และขนาดของผล



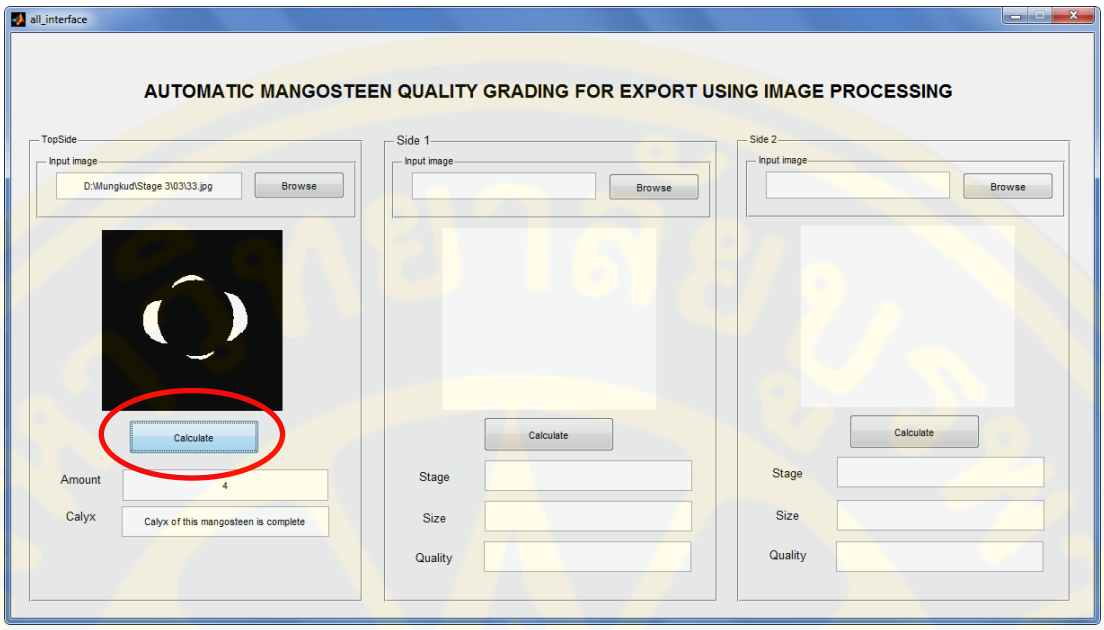
ภาพที่ 4-13 หน้าจอโปรแกรมการทำงาน(ภาพด้านข้างของผลมังคุด)

จากภาพที่ 4-13 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมจะปรากฏหน้าจอของการทำงานกับภาพผลมังคุดทั้ง 3 ด้านโดยจะมีปุ่ม Browse ปรากฏขึ้นมาให้เรียกรูปภาพผลมังคุด



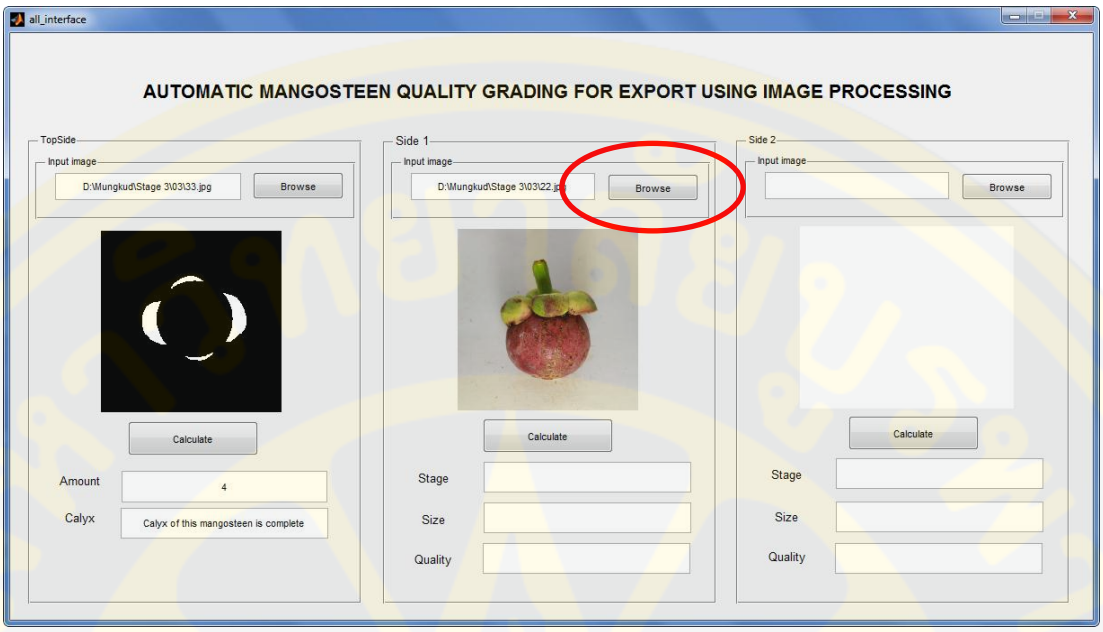
ภาพที่ 4-14 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse

จากภาพที่ 4-14 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse จะปรากฏภาพของขั้วผล และกลีบเลี้ยงด้านบนขึ้นมา



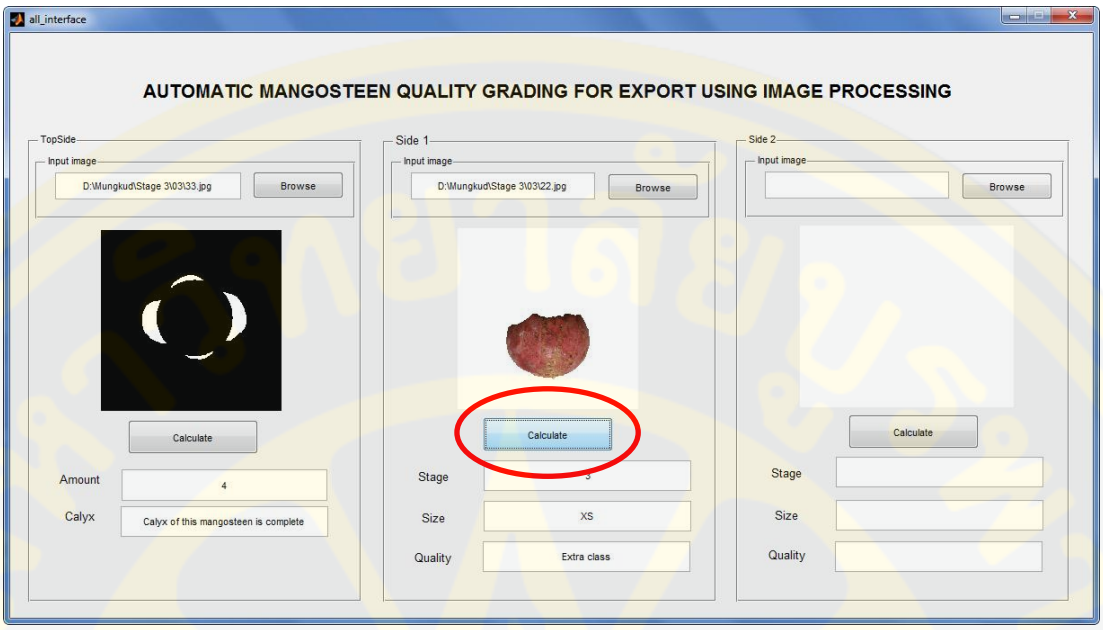
ภาพที่ 4-15 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate

จากภาพที่ 4-15 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการหาความสมบูรณ์ของขั้วผลด้านบน แล้วแสดงผลลัพธ์ออกมา



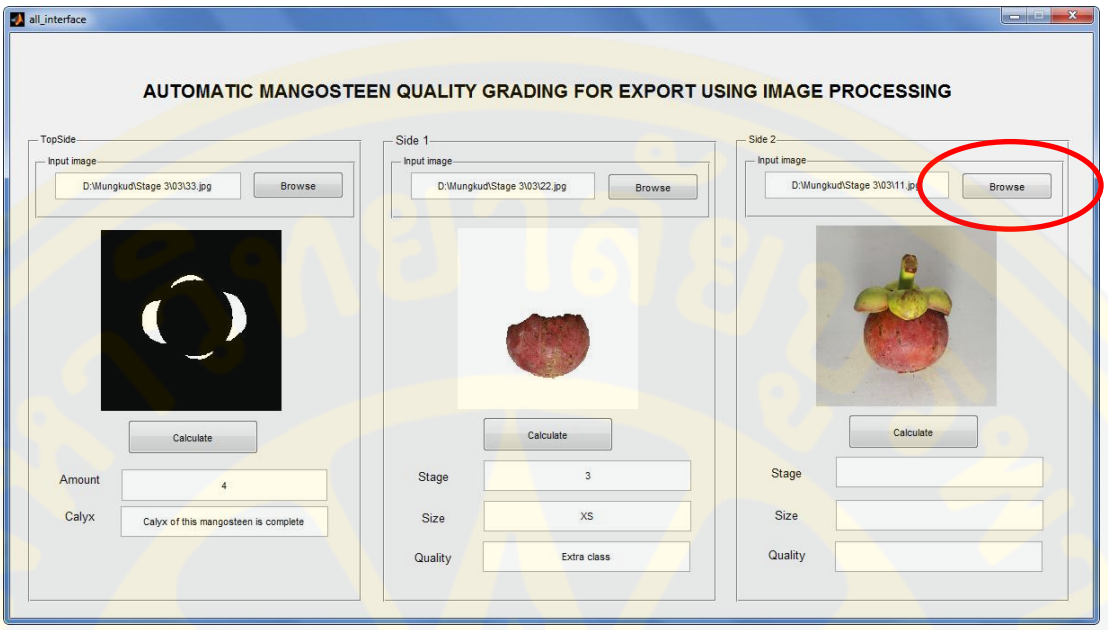
ภาพที่ 4-16 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse

จากภาพที่ 4-16 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse จะปรากฏภาพของขั้วผล และกลีบเลี้ยงด้านข้างขึ้นมา



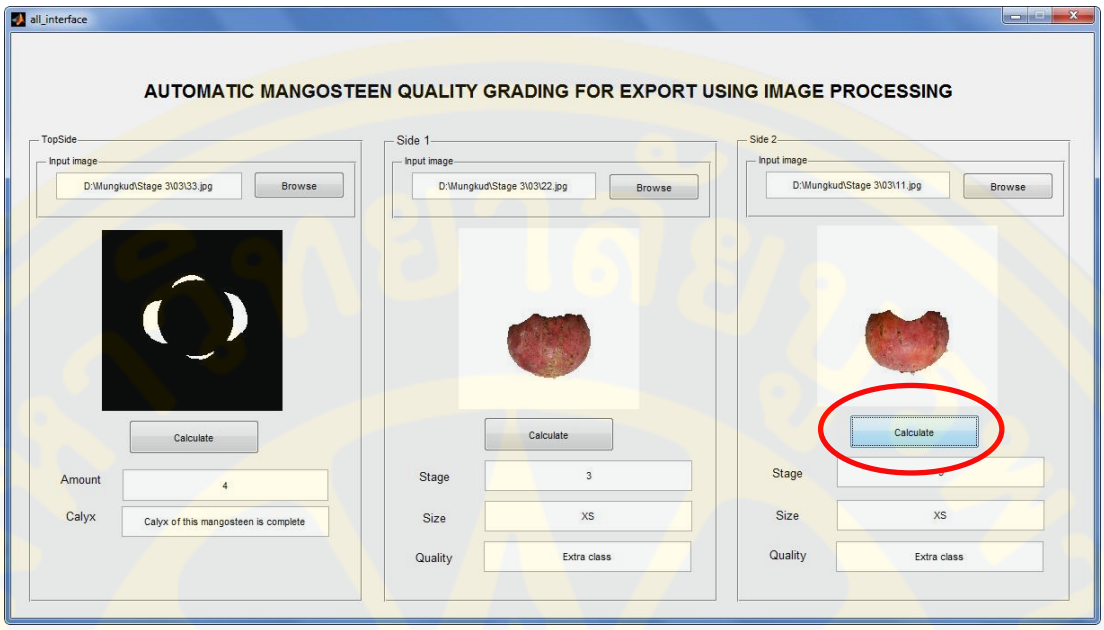
ภาพที่ 4-17 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate

จากภาพที่ 4-17 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการตรวจจับขั้วผล, กลีบเลี้ยง และ ตำหนิบนผิวมังคุด เพื่อกำจัดออก แล้วแสดงส่วนที่เป็นส่วนดีของผล รวมทั้งแสดงระยะสี ขนาด และระดับคุณภาพของผลมังคุด



ภาพที่ 4-18 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse

จากภาพที่ 4-18 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse จะปรากฏภาพของขั้วผล และกลีบเลี้ยงด้านข้างขึ้นมา



ภาพที่ 4-19 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate

จากภาพที่ 4-19 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการตรวจจับขั้วผล, กลีบเลี้ยง และ ตำหนิบนผิวมังคุด เพื่อกำจัดออก แล้วแสดงส่วนที่เป็นส่วนดีของผล รวมทั้งแสดงระยะสี ขนาด และระดับคุณภาพของผลมังคุด

ผลการทดลอง ส่วนที่ 1

จากการทดลองระบบสีที่เหมาะสมในการแยกผลมังคุด ผลสรุปคือเลือกใช้ระบบสี RGB โหมด Blue เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่ ดังแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-1

จากการทดลองวิธีลบสัญญาณรบกวนภาพถ่ายที่เหมาะสมในการทดลอง ผลสรุปคือเลือกใช้วิธีการลบสัญญาณรบกวนแบบ Median filtering เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่ ดังแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-2

จากการทดลองวิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายที่เหมาะสมในการทดลอง ผลสรุปคือเลือกใช้วิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายแบบ Gray level transformation เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่ ดังแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-3

จากการทดลองเลือกวิธีการหาขอบภาพของวัตถุในภาพถ่ายที่เหมาะสมในการทดลอง ผลสรุปคือเลือกใช้วิธีการหาขอบภาพแบบ Sobel edge detection เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่ ดังแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-4

ผลการทดลอง ส่วนที่ 2

ตารางที่ 4-1 เปอร์เซ็นความถูกต้องในการคัดแยกระดับคุณภาพของผลมังคุด

ระยะสี	คัดแยกระดับคุณภาพ		ความถูกต้อง		% ความถูกต้อง	
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2
ระยะสีที่ 1	10	10	0	0	0.00	0.00
ระยะสีที่ 2	10	10	1	0	10.00	0.00
ระยะสีที่ 3	10	10	7	6	70.00	60.00
ระยะสีที่ 4	10	10	6	6	60.00	60.00
ระยะสีที่ 5	10	10	3	3	30.00	30.00
ระยะสีที่ 6	10	10	7	4	70.00	40.00
% ความถูกต้องเฉลี่ย					40.00	31.67

ตารางที่ 4-2 เปอร์เซ็นความถูกต้องในการคัดแยกขั้วและกลีบเลี้ยง (ภาพด้านข้าง)

ระยะสี	แยกขั้วและกลีบเลี้ยง		ความถูกต้อง		% ความถูกต้อง	
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2
ระยะสีที่ 1	10	10	2	3	20.00	30.00
ระยะสีที่ 2	10	10	6	7	60.00	70.00
ระยะสีที่ 3	10	10	10	10	100.00	100.00
ระยะสีที่ 4	10	10	7	7	70.00	70.00
ระยะสีที่ 5	10	10	3	3	30.00	30.00
ระยะสีที่ 6	10	10	9	9	90.00	90.00
% ความถูกต้องเฉลี่ย					61.67	65.00

ตารางที่ 4-3 เปอร์เซ็นความถูกต้องในการคัดแยกขั้วและกลีบเลี้ยง (ภาพด้านบน)

ระยะสี	แยกขั้วและกลีบเลี้ยง	ความถูกต้อง	% ความถูกต้อง
	ด้านบน		
ระยะสีที่ 1	10	0	0.00
ระยะสีที่ 2	10	6	60.00
ระยะสีที่ 3	10	8	80.00
ระยะสีที่ 4	10	9	90.00
ระยะสีที่ 5	10	9	90.00
ระยะสีที่ 6	10	8	80.00
% ความถูกต้องเฉลี่ย			66.67

ตารางที่ 4-4 เปอร์เซ็นความถูกต้องในการตรวจหาตำหนิของผลมังคุด

ระยะสี	ตรวจหาตำหนิ		ความถูกต้อง		% ความถูกต้อง	
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2
ระยะสีที่ 1	10	10	0	0	0.00	0.00
ระยะสีที่ 2	10	10	1	1	10.00	10.00
ระยะสีที่ 3	10	10	7	6	70.00	60.00
ระยะสีที่ 4	10	10	9	8	90.00	80.00
ระยะสีที่ 5	10	10	4	4	40.00	40.00
ระยะสีที่ 6	10	10	7	5	70.00	50.00
% ความถูกต้องเฉลี่ย					46.67	40.00

ตารางที่ 4-5 เปอร์เซ็นความถูกต้องในการระบุระยะสี

ระยะสี	ระบุระยะสี		ความถูกต้อง		% ความถูกต้อง	
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2
ระยะสีที่ 1	10	10	0	0	0.00	0.00
ระยะสีที่ 2	10	10	2	1	20.00	10.00
ระยะสีที่ 3	10	10	10	10	100.00	100.00
ระยะสีที่ 4	10	10	4	3	40.00	30.00
ระยะสีที่ 5	10	10	3	2	30.00	20.00
ระยะสีที่ 6	10	10	7	7	70.00	70.00
% ความถูกต้องเฉลี่ย					43.33	38.33

ตารางที่ 4-6 เปอร์เซ็นความถูกต้องในการระบุขนาดผล

ระยะสี	ระบุขนาด		ความถูกต้อง		% ความถูกต้อง	
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2
ระยะสีที่ 1	10	10	2	3	20.00	30.00
ระยะสีที่ 2	10	10	6	7	60.00	70.00
ระยะสีที่ 3	10	10	10	10	100.00	100.00
ระยะสีที่ 4	10	10	7	6	70.00	70.00
ระยะสีที่ 5	10	10	3	3	30.00	30.00
ระยะสีที่ 6	10	10	9	9	90.00	90.00
% ความถูกต้องเฉลี่ย					61.67	65.00

จากตารางที่ 4-1 ค่าความถูกต้องของการระบุระดับคุณภาพของผลมังคุดระยะสีต่างๆ โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การระบุคุณภาพในระยะสีที่ 3 มีค่าความถูกต้องของด้านที่ 1 และด้านที่ 2 สูงถึง 70% และ 60% ตามลำดับ ถัดลงมาคือระยะสีที่ 4 ทั้งด้านที่ 1 และด้านที่ 2 มีค่าความถูกต้อง 60% แต่เสตทที่ 1 ไม่สามารถระบุระดับคุณภาพได้จึงทำให้ค่าความถูกต้องต่ำลง ส่งผลให้ค่าความถูกต้องทั้งหมดของทั้ง 2 ด้านเฉลี่ย 40% และ 31.67% ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การทำงานของระบบการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

1. แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมเพื่อเลือกเข้าสู่ตัวโปรแกรม

2. หน้าจอโปรแกรมการทำงาน โดยโปรแกรมจะปรากฏปุ่ม Browse และ Exit เพื่อให้ผู้ใช้เริ่มงานหรือปิดโปรแกรม

3. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse โปรแกรมจะทำการอ่านภาพที่จะใช้งานเข้ามาในโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลขั้นต่อไป

4. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Gray Scale โปรแกรมจะดึงภาพโหมด Blue ซึ่งเป็นภาพระดับสีเทาในระบบสี RGB

5. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove noise โปรแกรมจะทำการลบสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิค Median Filtering ด้วย mask ขนาด 5x5

6. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Enhancement โปรแกรมจะทำการปรับความคมชัดของภาพด้วยเทคนิค Gray level transformation

7. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Edge detection โปรแกรมจะทำการหาขอบภาพผลมังคุดแล้วแปลงเป็นภาพขาวดำ

8. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Fill โปรแกรมจะทำการขยายภาพ ทำการลบวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า 500 พิกเซลออก เติมพื้นที่ภายในผลให้เต็ม แล้วทำการลดขนาดภาพลงให้เท่ากับภาพปกติ

9. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove BG โปรแกรมจะทำการลบพื้นหลังออกเพื่อแสดงแต่ส่วนที่เป็นผลมังคุด

10. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect calyx โปรแกรมจะทำการแสดงขั้วผล และกลีบเลี้ยงของผลมังคุด

11. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect flaw โปรแกรมจะทำการแสดงตำหนิบนผิวของผลมังคุด

12. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Removed โปรแกรมจะทำการแสดงผลมังคุดที่ถูกลบส่วนที่เป็นขั้วผลกลีบเลี้ยงและตำหนิบนออกแล้ว

13. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการแสดงค่าการคำนวณพื้นที่ เส้นผ่านศูนย์กลาง ค่าเฉลี่ยสี จำนวนพิกเซลที่เสีย และเปอร์เซ็นต์ของพิกเซลที่เสีย

สรุปปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1. ภาพที่รับเข้ามาถ้าผลของมังคุดไม่ถูกจัดวางให้ขั้วอยู่ด้านบนจะไม่สามารถหาผลได้
2. ภาพที่รับเข้าบางภาพรายละเอียดของผลมังคุดไม่ชัดเจนทำให้ดำเนินการได้ถูกต้อง
3. ภาพผลมังคุดมีลักษณะคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันมากระหว่างระยะที่อยู่ใกล้เคียงกันทำให้การกำหนดค่าเพื่อเป็นเกณฑ์การวัดเป็นไปได้ยาก

ข้อเสนอแนะ

1. ภาพมังคุดที่นำเข้าควรจะหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ไม่ว่าจะหันในทิศทางใดก็ตาม
2. ขนาดของภาพที่รับเข้ามาควรรับภาพได้หลายขนาด
3. ควรควบคุมกล้อง ระยะถ่าย แสงสว่าง และมุมองศาในการถ่ายให้คงที่อยู่เสมอ

บรรณานุกรม

[1] Rujapha P. and Kosin C.(2004). Nondestructive exported mangosteen grading by inspection of external features. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 75, Issue 3, October 2004, Page(s) 465-468.

[2] Y.Palapola, S.Ketsa, D.Stevenson, J.M.Cooney, A.C.Allan, I.B.Ferguson.(2009). Colour development and quality of mangosteen (Garcinia mangostana L.) fruit during ripening and after harvest. Postharvest biology and technology, Volume 51, Issue 3, March 2009, Page(s) 349-353.

[3] Fernando Lopez-Garcia, Gabriela Andreu-Garcia, Jose Blasco, Nuria Aleixos, Jose-Miguel Valiente.(2010). Automatic detection of skin defects in citrus fruits using a multibariate image analysis approach". Computers and Electronics in Agriculture, Volumn 71, Issue 2, May 2010, Page(s) 189-197.

[4] Sandra.(2011). Mage Processing Application for mangosteen grading with non destructive method". Computers and Electronics in Agriculture, Volumn 70, Issue 2, September 2011, Page(s) 1890-1894.

ภาคผนวก ก
อัลกอริทึมของระบบการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

Algorithm 1 การหาส่วนของผลมังคุด

Input ภาพมังคุดที่เป็นภาพขาวดำ แทนด้วย bg_dilIm

Output ภาพมังคุดที่ลบพื้นหลังออกแล้ว แทนด้วย bg_pixelResult

Variable bg_pixelResult = ภาพต้นฉบับระบบสี RGB

rSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน X

cSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน Y

Begin

1 ให้ bg_pixelResult เก็บภาพต้นฉบับ

2. [rSize cSize] = ขนาดของ(ภาพมังคุดที่เป็นสีขาวดำ)

```
For bg_Row = 1:rSize
    For bg_Col = 1:cSize
        If  ภาพมังคุดที่เป็นภาพขาวดำ(bg_Row,bg_Col) == สีดำ then
            ให้ bg_pixelResult ที่เก็บภาพต้นฉบับ(bg_Row,bg_Col,ทุกสี)
            == สีขาว
        End If
    End For
End For
```

End

Algorithm 2 การลบกลีบเลี้ยงของภาพด้านข้าง

Input ภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ แทนด้วย calyx_dilIm

Output ภาพมังคุดที่ลบกลีบเลี้ยงออกแล้ว แทนด้วย calyx_pixelResult

Variable calyx_pixelResult = ภาพผลมังคุดที่ลบพื้นหลังออกแล้ว

rSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน X

cSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน Y

Begin

1. ให้ calyx_pixelResult เก็บภาพผลมังคุดที่ลบพื้นหลังออกแล้ว
2. [rSize cSize] = ขนาดของ(ภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ)

```
For c_Row = 1:rSize
    For c_Col = 1:cSize
        If  ภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ(c_Row,c_Col) == สีขาว then
            ให้ calyx_pixelResult ที่เก็บภาพต้นฉบับ(c_Row,c_Col,ทุกสี)
            == สีขาว
        End If
    End For
End For
```

End

Algorithm 3 การลบตำหนิของผลมังคุด

Input ภาพตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ แทนด้วย flaw_fillHoles

Output ภาพมังคุดที่ลบตำหนิออกแล้ว แทนด้วย flaw_pixelResult

Variable flaw_pixelResult = เก็บภาพผลมังคุดที่ลบกลีบเลี้ยงออกแล้ว

rSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน X

cSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน Y

Begin

1. ให้ flaw_pixelResult เก็บภาพผลมังคุดที่ลบกลีบเลี้ยงออกแล้ว
2. [rSize cSize] = ขนาดของ(ภาพตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ)

```
For fl_Row = 1:rSize
    For fl_Col = 1:cSize
        If  ภาพตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ(fl_Row,fl_Col) == สีขาว then
            ให้ flaw_pixelResult ที่เก็บภาพต้นฉบับ(fl_Row,fl_Col,ทุกสี)
            == สีขาว
        End If
    End For
End For
```

End

Algorithm 5 การแยกกลีบเลี้ยงออกจากกัน

Input ภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ แทนด้วย calyx_bwlm

Output ภาพกลีบเลี้ยงที่ถูกแยกออกจากกัน แทนด้วย calyx_exlm

Variable X = พิกัดแกน X ของจุดศูนย์กลาง

Y = พิกัดแกน Y ของจุดศูนย์กลาง

S = พิกัดแกน X ของพิกเซลขอบภาพที่ใกล้จุดศูนย์กลางที่สุด

T = พิกัดแกน Y ของพิกเซลขอบภาพที่ใกล้จุดศูนย์กลางที่สุด

Begin

1. อ่านภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ
2. กำหนดให้

   ขอบภาพ = พิกเซลขอบภาพของ(ภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ)

   จุดศูนย์กลาง = จุดศูนย์กลางของ(ภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำ)

   If พิกเซลขอบภาพ <= จำนวนพิกเซลขอบภาพทั้งหมด **then**

   ให้ รัศมีที่สั้นที่สุด = รากที่สองของ[(S–X)ยกกำลัง 2 + (T-Y)ยกกำลัง 2]

   End If

   ให้ วงกลม = 3.14 x (รัศมีที่สั้นที่สุด)ยกกำลัง 2
3. นำวงกลมไปซ้อนทับกับภาพกลีบเลี้ยงที่เป็นภาพขาวดำเก็บไว้ในตัวแปร calyx_exlm

End

Algorithm 5 การนับพิกเซลตำหนิ

Input ภาพตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ แทนด้วย flaw_resultIm

Output จำนวนพิกเซลของตำหนิ

Variable rSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน X

cSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน Y

Begin

1. อ่านภาพตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ
2. กำหนดให้

[rSize, cSize] = ขนาดของ(ภาพตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ)

If พิกเซลภาพตำหนิที่เป็นภาพของดำ(rSize, cSize) == 1 **then**

ให้ จำนวนพิกเซลของตำหนิ = จำนวนพิกเซลของตำหนิ+1

Else

ให้ จำนวนพิกเซลของตำหนิ = จำนวนพิกเซลของตำหนิ+0

End If

End

Algorithm 6 การหาค่าเฉลี่ยสี Red, Green

Input ภาพมังคุดหลังลบตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ แทนด้วย flaw_pixelResult

Output ค่าเฉลี่ยสี Red

ค่าเฉลี่ยสี Green

Variable rSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน X

cSize = จำนวนพิกเซลในแนวแกน Y

Begin

1. อ่านภาพมังคุดหลังลบตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ
2. กำหนดให้

[rSize, cSize] = ขนาดของ(อ่านภาพมังคุดหลังลบตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ)

If พิกเซลของภาพมังคุดที่ลบตำหนิที่เป็นภาพขาวดำ(rSize,cSize) == 1 **then**

ให้ ผลรวมสี Red = ผลรวมสี Red + ค่า Red ของภาพต้นฉบับ

ให้ ผลรวมสี Green = ผลรวมสี Green + ค่า Green ของภาพต้นฉบับ

End If

ให้ ค่าเฉลี่ยสี Red = mean(ผลรวมสี Red)

ให้ ค่าเฉลี่ยสี Green = mean(ผลรวมสี Green)

End

Algorithm 7 การหาความกว้างของผลมังคุด

Input ภาพผลมังคุดที่ลบกลิ้บเลี้ยงเป็นภาพขาวดำ แทนด้วย calyx_fillHoles

Output ค่าความกว้างของพิกเซลสีขาว แทนด้วย W

Variable GW = [ ] ใช้เก็บค่าพิกเซลแกน x และ แกน Y ของภาพ

resume = จำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาว

LWStart1 = 0 ใช้เก็บค่าพิกเซลแรกที่เป็นสีขาวในแนวแกน X

LWStop1 = 0 ใช้เก็บค่าพิกเซลสุดท้ายที่เป็นสีขาวในแนวแกน X

Begin

1. อ่านภาพ calyx_fillHoles เข้ามา
2. กำหนดให้

[จำนวนพิกเซลแนวแกน X ของภาพ calyx_fillHoles, จำนวนพิกเซลแนวแกน Y ของภาพ calyx_fillHoles] = ขนาดของ(calyx_fillHoles)

ตัวแปร GW = [ ]

```
For x = 1 : จำนวนพิกเซลแนวแกน Y ของภาพ calyx_fillHoles
    For y = 1 : จำนวนพิกเซลแนวแกน X ของภาพ calyx_fillHoles
        If calyx_fillHoles (x,y)  == สีขาว then
            ให้ตัวแปร resume = resume + 1
            GW(x:จำนวนพิกเซลแนวแกน Yของภาพ calyx_fillHoles)
            =  resume
        Else If  calyx_fillHoles (x,y)  == สีดำ then
            ให้ตัวแปร resume = resume + 0
            GW(x:จำนวนพิกเซลแนวแกน Y ของภาพ calyx_fillHoles)
            = resume
        End If
    End For
    กำหนดค่า resume=0
End For
```

3. กำหนดให้

[จำนวนพิกเซลแนวแกน X ของภาพ GW, จำนวนพิกเซลแนวแกน Y ของภาพ GW] = ขนาด(GW)

ตัวแปร LWStart1 = 0

```
For m3 = 1 : จำนวนพิกเซลแนวแกน X ของภาพGW
    For n3 = 1 : จำนวนพิกเซลแนวแกน Y ของภาพGW
        If GW(m3,n3) > สีดำ then
            ให้ตัวแปร LWStart1 = n3
            ออกจากการทำงานในส่วนนี้
        End If
    End For
End For

ตัวแปร LWStop1 = 0

For m4 = 1 : จำนวนพิกเซลแนวแกน X ของภาพGW
    For n4 = LWStart1 : จำนวนพิกเซลแนวแกน Y ของภาพGW
        If GW(m4,n4) <= สีดำ then
            ให้ตัวแปร LWStop1 = n4
            ออกจากการทำงานในส่วนนี้
        End If
    End For
End For
ความกว้าง = n4 - n3
End
```

Algorithm 8 การคัดแยกระยะสีของผลมังคุด

Input ค่าเฉลี่ยสี Red

ค่าเฉลี่ยสี Green

Output ระยะสีของผลมังคุด

Begin

1. อ่านค่าเฉลี่ยสี Red และ ค่าเฉลี่ยสี Green
2. กำหนดให้

If ค่าเฉลี่ยสี Red <= 70 ค่าเฉลี่ยสี Green <=60 **then**

ให้ ระยะสีของมังคุด = ระยะสีที่ 6

Else If Red <= 100 ค่าเฉลี่ยสี Green <= 65 **then**

ให้ ระยะสีของมังคุด = ระยะสีที่ 5

Else If Red <= 120 ค่าเฉลี่ยสี Green <= 70 **then**

ให้ ระยะสีของมังคุด = ระยะสีที่ 4

Else If Red <= 200 ค่าเฉลี่ยสี Green <= 120 **then**

ให้ ระยะสีของมังคุด = ระยะสีที่ 3

Else If Red <= 190 ค่าเฉลี่ยสี Green <= 175 **then**

ให้ ระยะสีของมังคุด = ระยะสีที่ 2

Else

ให้ ระยะสีของมังคุด = ระยะสีที่ 1

End If

End

Algorithm 9 การตรวจสอบความครบถ้วนของกลีบเลี้ยง

Input จำนวนกลีบเลี้ยง

Output ความสมบูรณ์ของกลีบเลี้ยง

Begin

1. อ่านค่าจำนวนกลีบเลี้ยงที่นับได้
2. กำหนดให้

If จำนวนกลีบเลี้ยง = 4 **then**

ให้ ความสมบูรณ์ของกลีบเลี้ยง = สมบูรณ์

Else

ให้ ความสมบูรณ์ของกลีบเลี้ยง = ไม่สมบูรณ์

End If

End

Algorithm 10 การแยกขนาดผลมังคุด

Input ความกว้างของผลมังคุด

Output ขนาดของผลมังคุด

Begin

1. อ่านค่าความกว้างของผลมังคุด
2. กำหนดให้

If ความกว้างของผลมังคุด > 62 มิลลิเมตร **then**

ให้ ขนาดของผลมังคุด = ใหญ่พิเศษ

Else If ความกว้างของผลมังคุด >= 59 มิลลิเมตร และ **<=** 62 มิลลิเมตร **then**

ให้ ขนาดของผลมังคุด = ใหญ่

Else If ความกว้างของผลมังคุด >= 53 มิลลิเมตร และ **<=** 58 มิลลิเมตร **then**

ให้ ขนาดของผลมังคุด = กลาง

Else If ความกว้างของผลมังคุด >= 46 มิลลิเมตร และ **<=** 52 มิลลิเมตร **then**

ให้ ขนาดของผลมังคุด = เล็ก

Else If ความกว้างของผลมังคุด >= 38 มิลลิเมตร และ **<=** 45 มิลลิเมตร **Then**

ให้ ขนาดของผลมังคุด = เล็กพิเศษ

Else

ให้ ขนาดของผลมังคุด = ไม่อยู่ในขนาดใดเลย

End If

End

Algorithm 11 การแยกระดับคุณภาพ

Input จำนวนพิกเซลของตำหนิ

Output ระดับคุณภาพ

Begin

1. อ่านค่าพิกเซลของตำหนิ
2. ให้ เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย = (จำนวนพิกเซลตำหนิ x 100) **/** จำนวนพิกเซลผลมังคุด
3. กำหนดให้

If เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย <= 5 เปอร์เซ็นต์ **then**

ให้ ระดับคุณภาพ = ชั้นพิเศษ

Else If เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย <= 10 เปอร์เซ็นต์ **then**

ให้ ระดับคุณภาพ = ชั้นหนึ่ง

Else If เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย <= 20 เปอร์เซ็นต์ **then**

ให้ ระดับคุณภาพ = ชั้นสอง

Else

ให้ ระดับคุณภาพ = ไม่อยู่ในระดับชั้นคุณภาพใดเลย

End If

End

ภาคผนวก ข
คู่มือติดตั้งโปรแกรมการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

ขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรม

เนื่องจากโปรแกรมการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ ได้ถูกพัฒนาโดยโปรแกรมแมทแลบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมแมทแลบก่อน โดยวิธีการติดตั้งโปรแกรมในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

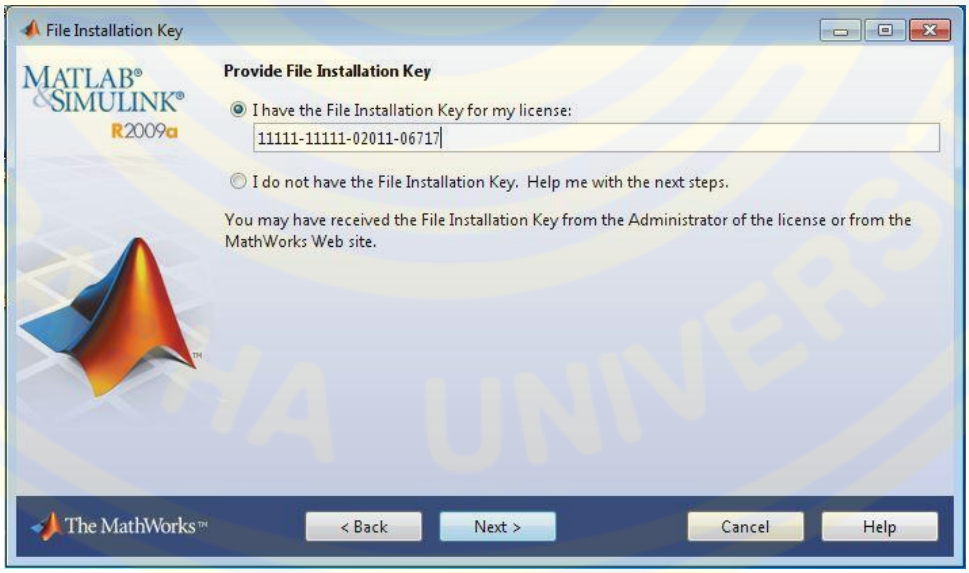
1. ทำการดับเบิ้ลคลิกที่โปรแกรม setup.exe ในโฟลเดอร์ที่ชื่อว่า Matlab r2009a Version 7.8 จะปรากฏหน้าจอต้อนรับดังภาพที่ ข-1 จากนั้นเลือกที่ Install manually without using the Internet แล้วกดปุ่ม Next

ภาพที่ ข-1 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 1

2. จากนั้นให้ผู้ใช้เลือก Yes เพื่อยอมรับการใช้งานโดยการใช้ลิขสิทธิ์ แล้วกดปุ่ม Next ดังภาพที่ ข-2 เพื่อดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

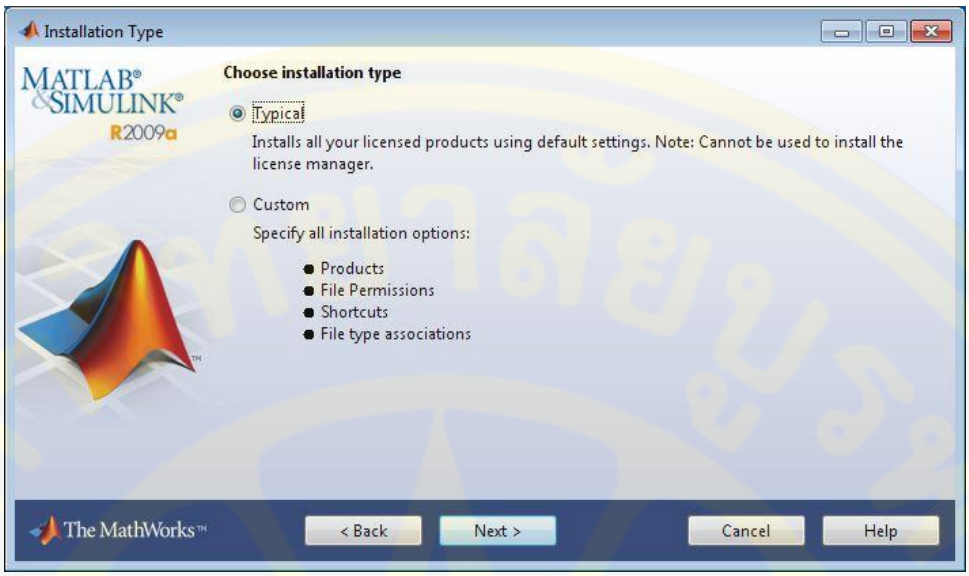
ภาพที่ ข-2 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 2

3. ทำการใส่ License โดยจะอยู่ในโฟลเดอร์ crack -> install(notepad) ดังภาพที่ ข-3



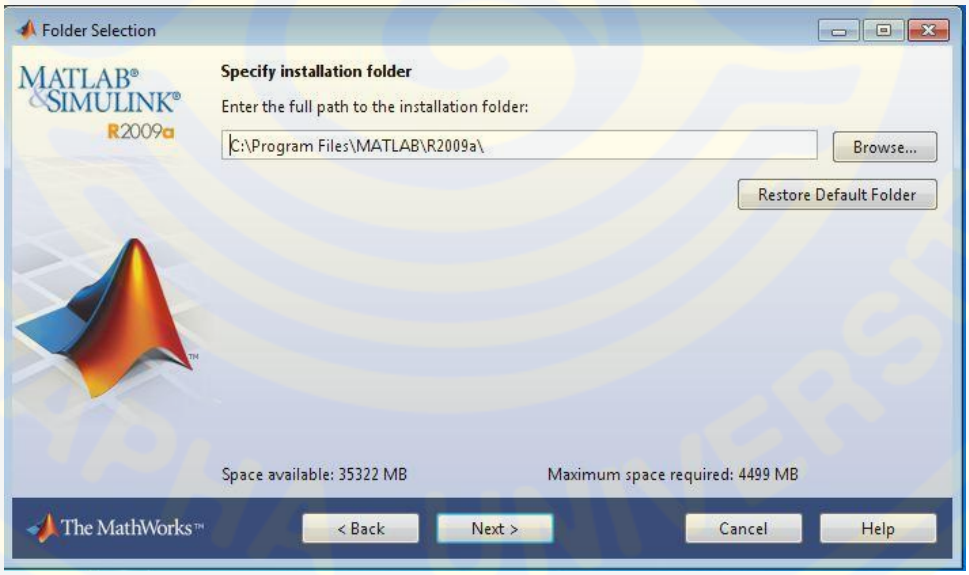
ภาพที่ ข-3 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 3

4. จากนั้นเลือก Typical แล้วคลิกปุ่ม Next ดังภาพที่ ข-4



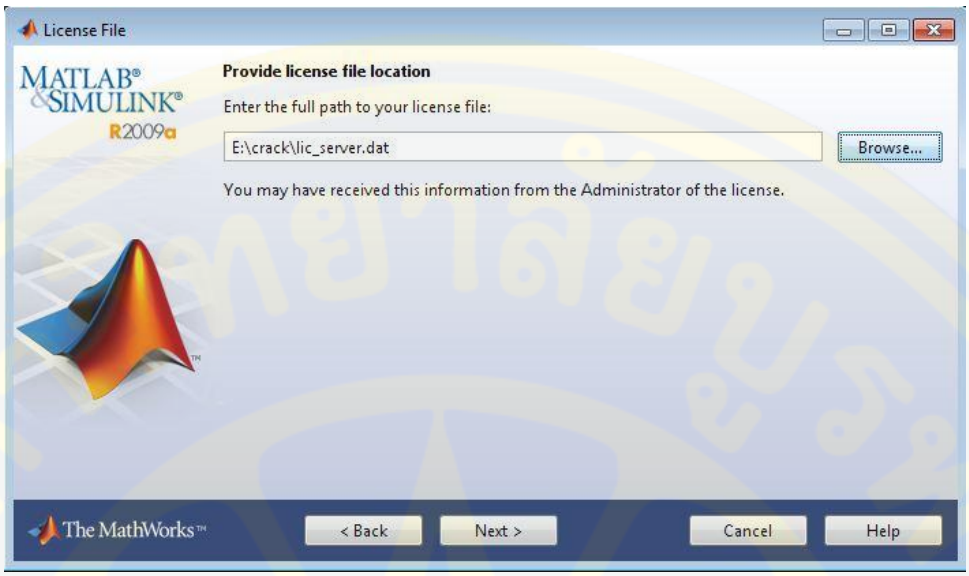
ภาพที่ ข-4 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 4

5. ทำการกดปุ่ม Browse เพื่อเลือก folder ที่จะใช้เก็บโปรแกรม หรือ ถ้าไม่ต้องการเลือก กดปุ่ม next ได้เลย ดังภาพที่ ข-5



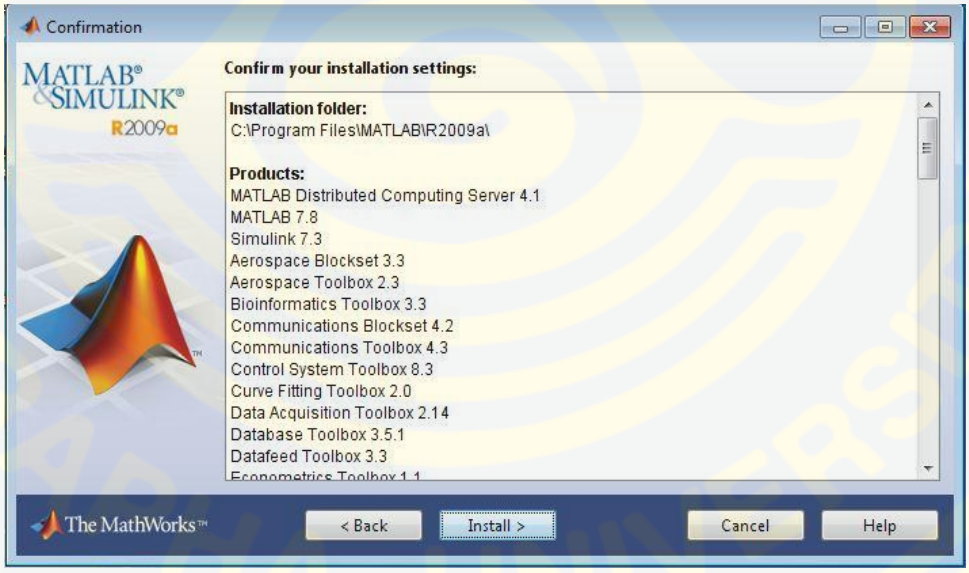
ภาพที่ ข-5 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 5

6. จากนั้นทำการ Browser เพื่อไปยังโฟลเดอร์ที่ทำการเก็บ full license โดยจะอยู่ในโฟลเดอร์ crack --> lic_server.dat แล้วกดปุ่ม Next ดังภาพที่ ข-6



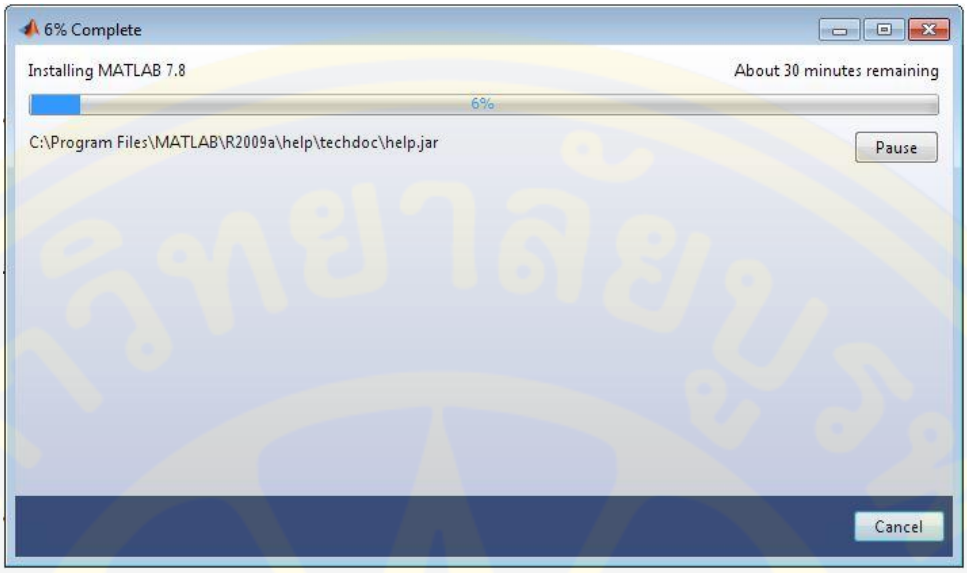
ภาพที่ ข-6 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 6

7. จากนั้นคลิกปุ่ม Install ดังภาพที่ ข-7



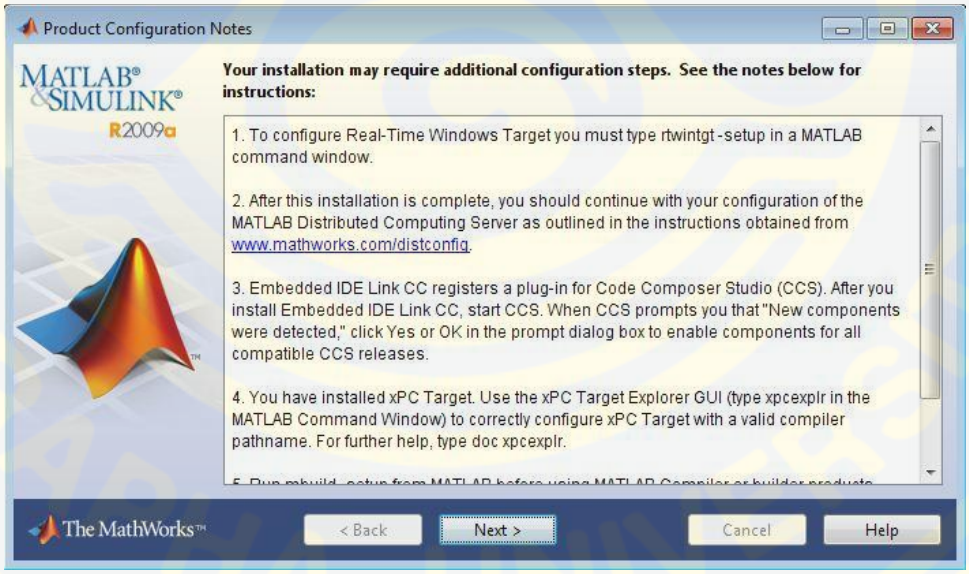
ภาพที่ ข-7 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 7

8. จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มทำการติดตั้ง ดังภาพที่ ข-8



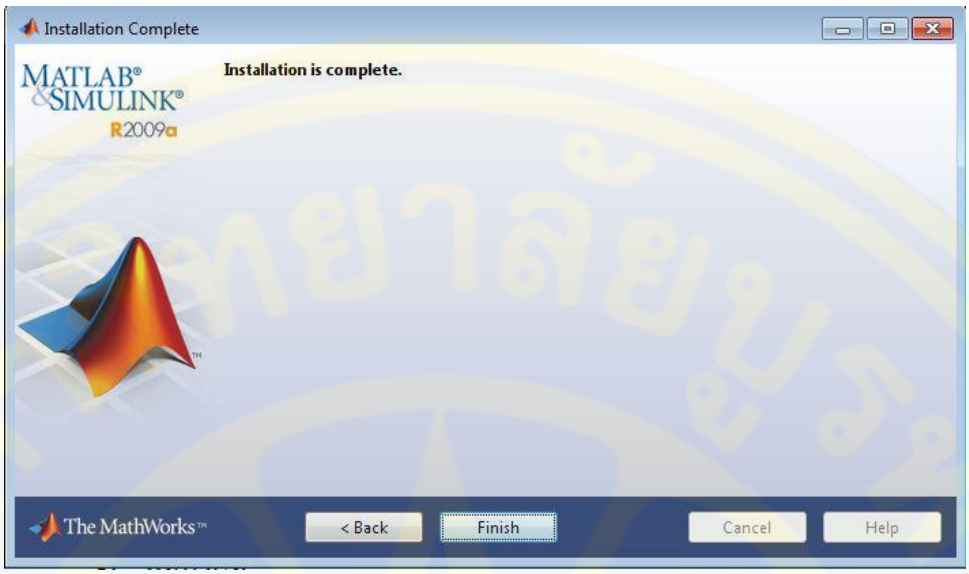
ภาพที่ ข-8 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 8

9. จากนั้นกดปุ่ม Next ดังภาพที่ ข-9



ภาพที่ ข-9 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 9

10. การติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ กดปุ่มFinish ดังภาพที่ ข-10



ภาพที่ ข-10 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 10

11. เมื่อติดตั้งโปรแกรมแมทแลบเสร็จแล้ว จะปรากฏไอคอนอยู่ที่เดสท็อป ดังภาพที่ ข-14

ภาพที่ ข-11 ภาพการติดตั้งโปรแกรมขั้นตอนที่ 11

12. จากนั้นให้ผู้ใช้คัดลอกโฟลเดอร์ของโปรแกรมการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ ซึ่งได้แก่ โฟลเดอร์ Programing จากนั้นนำไปวางไว้ยัง C:\Users\Documents\MATLAB

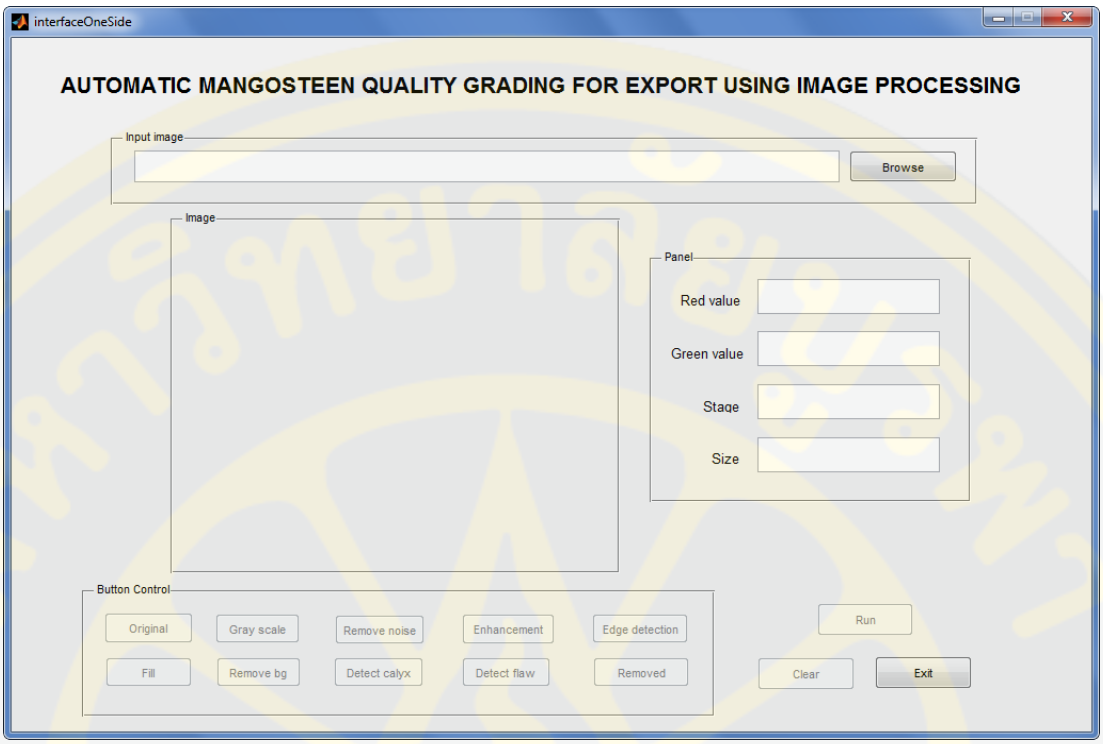
13. เมื่อผู้ใช้ต้องการจะเปิดใช้โปรแกรม ผู้ใช้จะต้องเปิดโปรแกรมแมทแลบขึ้นมาก่อน จากนั้นให้เปิดไฟล์ index.m ขึ้นมา แล้วเลือกที่ Run หรือใช้วิธีกดปุ่ม F5 บนคีย์บอร์ดก็จะได้ผลเช่นเดียวกัน

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานระบบการคัดคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

หน้าจอที่สำคัญของโปรแกรม

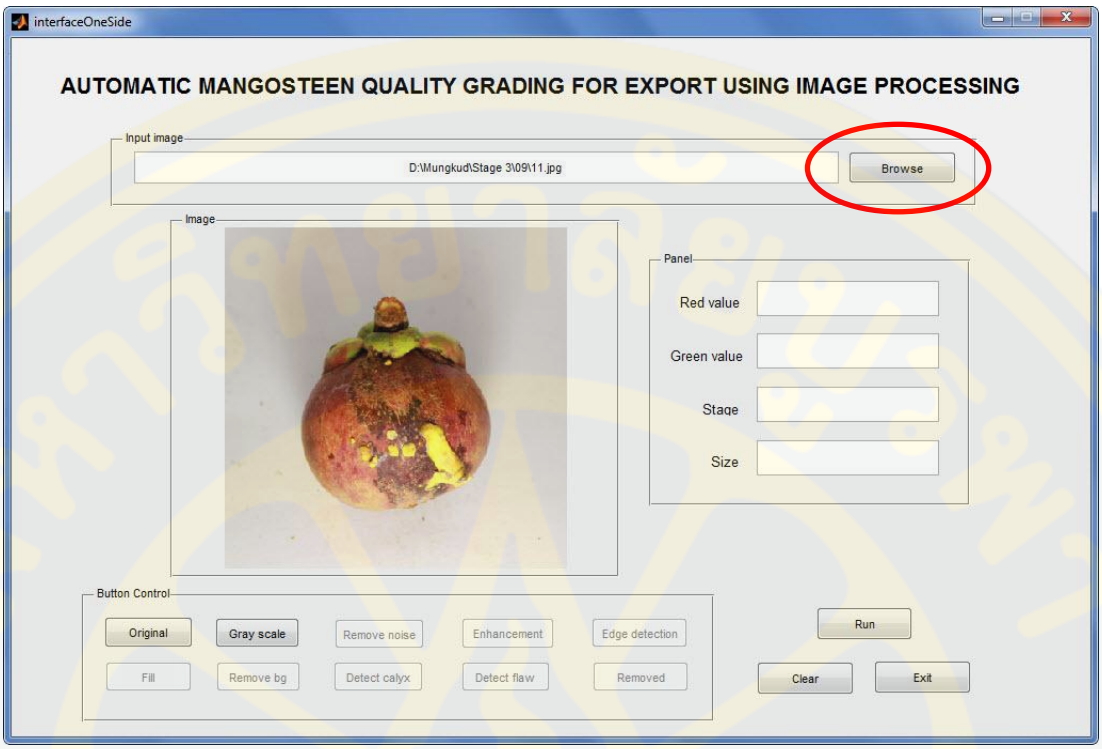
ภาพที่ ค-1 หน้าจอหลักของโปรแกรม

จากภาพที่ ค-1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมเพื่อเลือกเข้าสู่ตัวโปรแกรม



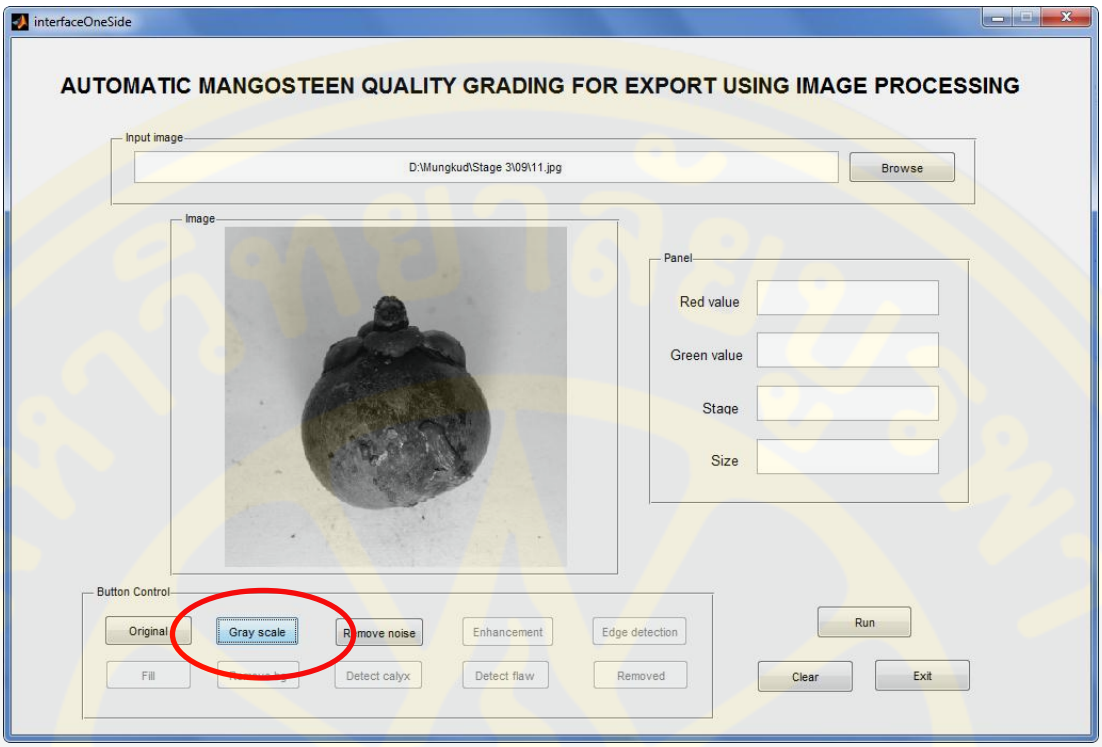
ภาพที่ ค-2 หน้าจอโปรแกรมการทำงาน(ภาพด้านข้างของผลมังคุด)

จากภาพที่ ค-2 แสดงหน้าจอโปรแกรมการทำงาน โดยโปรแกรมจะปรากฏปุ่ม Browse และ Exit เพื่อให้ผู้ใช้เริ่มงานหรือปิดโปรแกรม



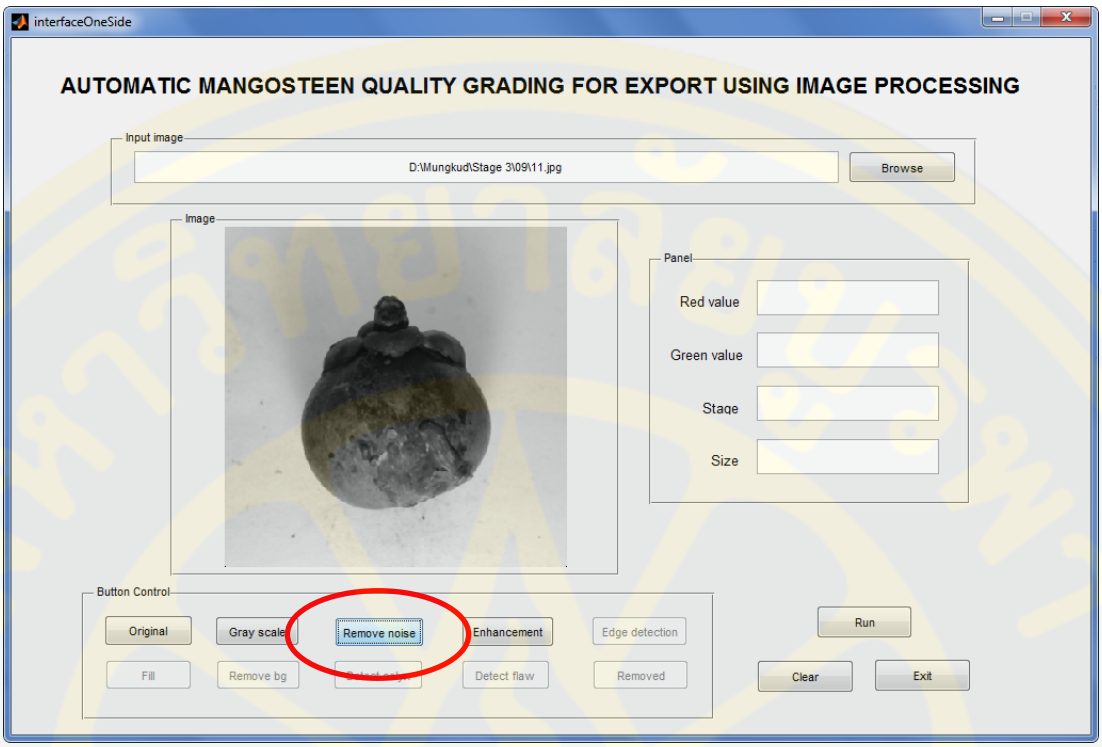
ภาพที่ ค-3 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้ต้องการอ่านรูปเข้ามาในโปรแกรม

จากภาพที่ ค-3 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse เพื่อทำการอ่านภาพที่จะใช้งานเข้ามาในโปรแกรม เมื่อเลือกภาพได้แล้วจะมีรูปภาพปรากฏขึ้น



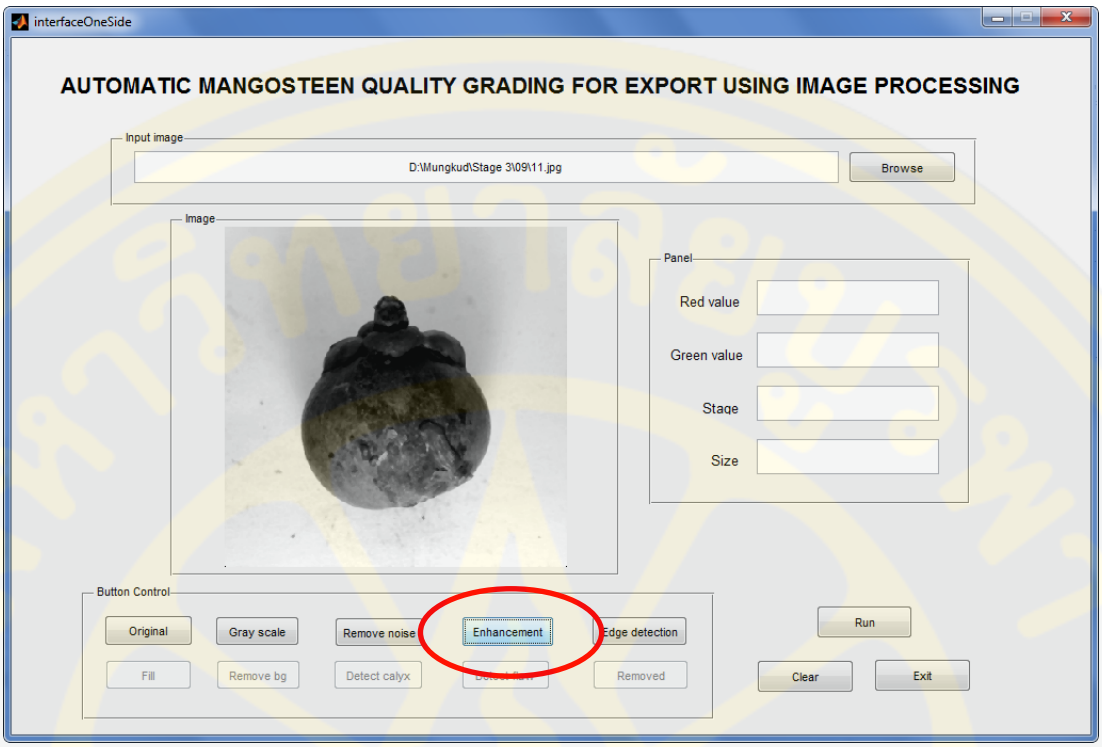
ภาพที่ ค-4 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Gray Scale

จากภาพที่ ค-4 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Gray Scale โปรแกรมจะดึงภาพโหมด Blue ในระบบสี RGB ออกมาแสดงผล



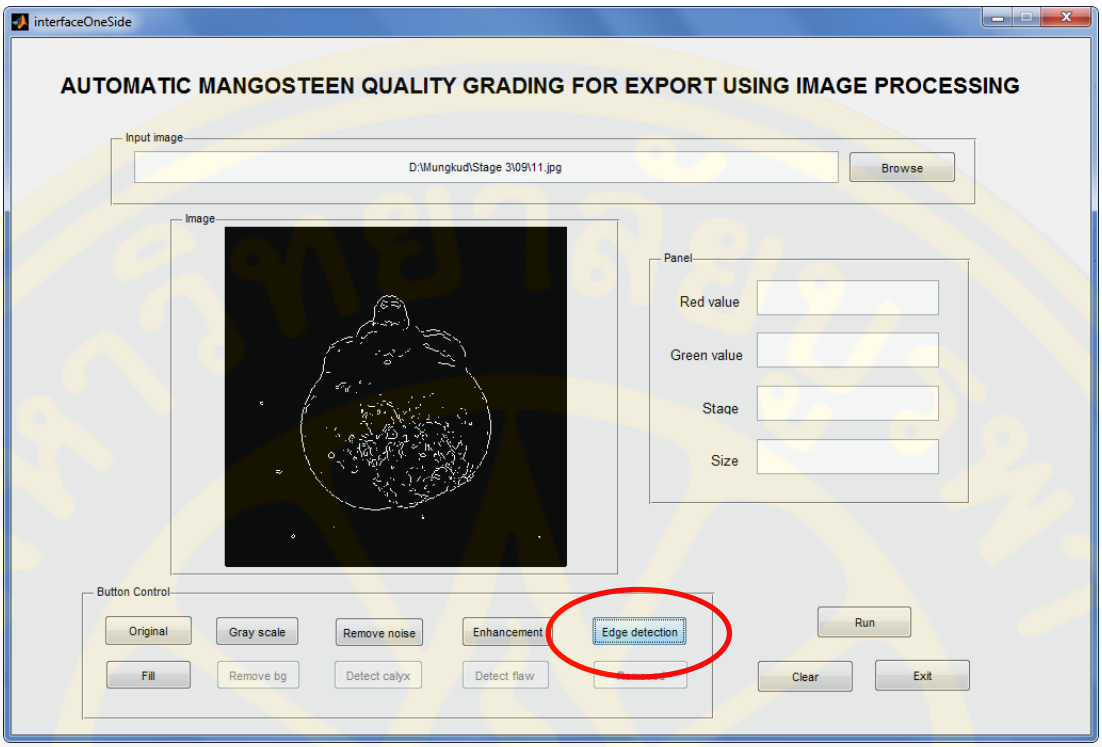
ภาพที่ ค-5 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove noise

จากรูป ค-5 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove noise โปรแกรมจะทำการลบสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิค Median Filtering ด้วย mask ขนาด 5x5 มาแสดงผล



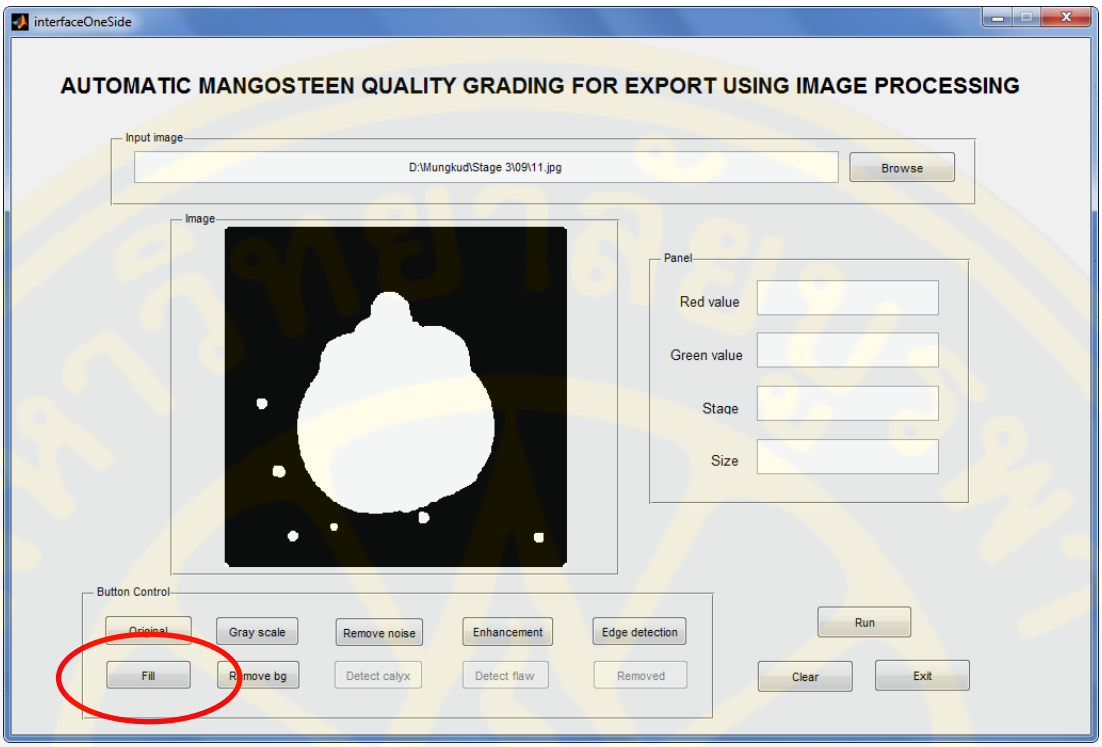
ภาพที่ ค-6 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Enhancement

จากภาพที่ ค-6 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Enchantment โปรแกรมจะทำการปรับความคมชัดของภาพด้วยเทคนิค Gray level transformation มาแสดงผล



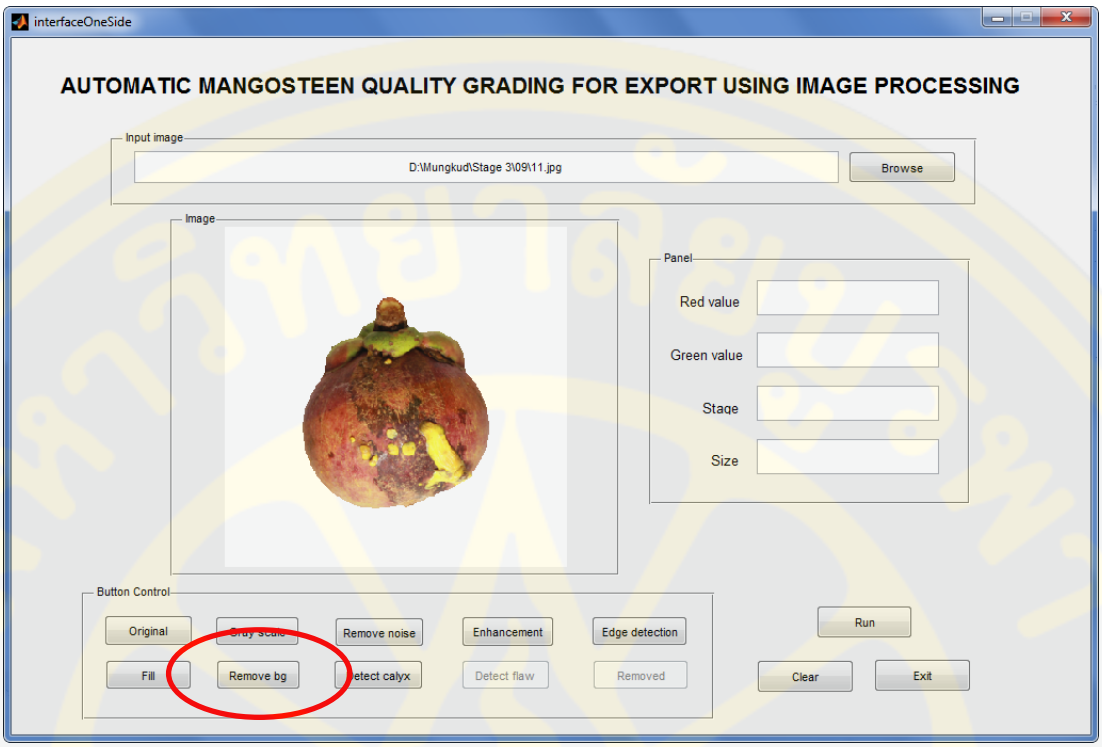
ภาพที่ ค-7 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Edge detection

จากรูป ค-7 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Edge detection โปรแกรมจะทำการหาขอบภาพของผลมังคุดซึ่งจะแสดงขึ้นมาบนหน้าจอ



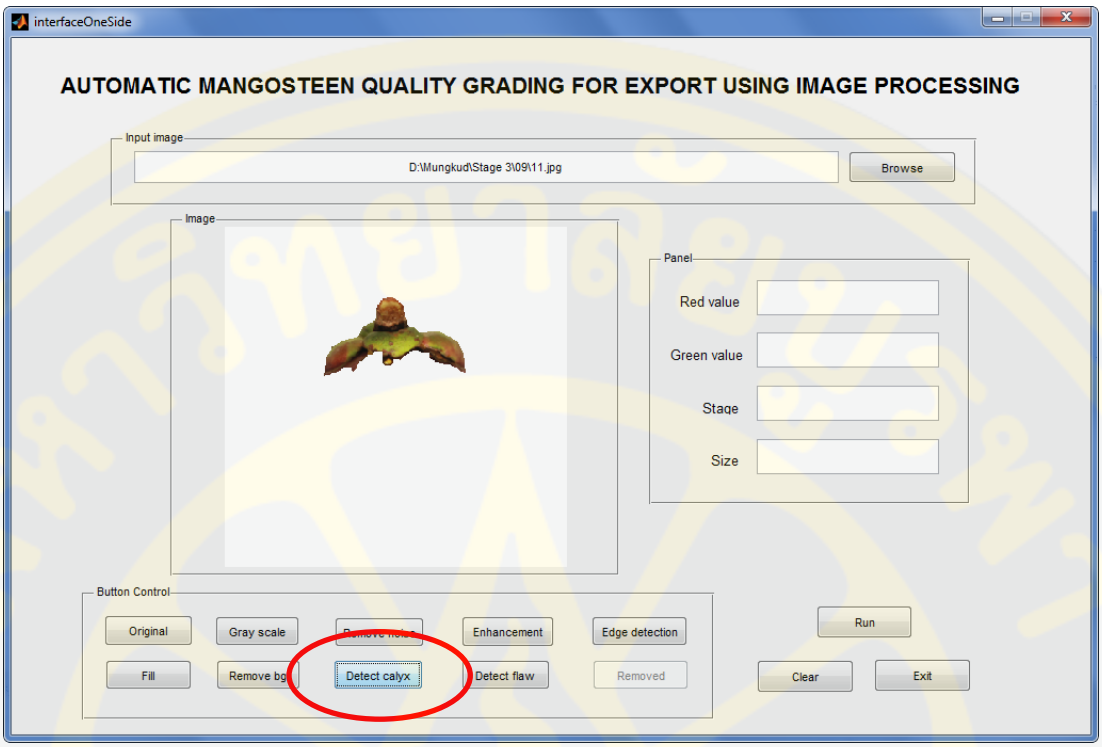
ภาพที่ ค-8 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Fill

จากภาพที่ ค-8 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Fill โปรแกรมทำการขยายภาพเติมพื้นที่ภายในผลมังคุดให้เต็ม จะทำการลบวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า 500 พิกเซลออก แล้วทำการลดขนาดภาพลงให้เท่ากับภาพปกติ



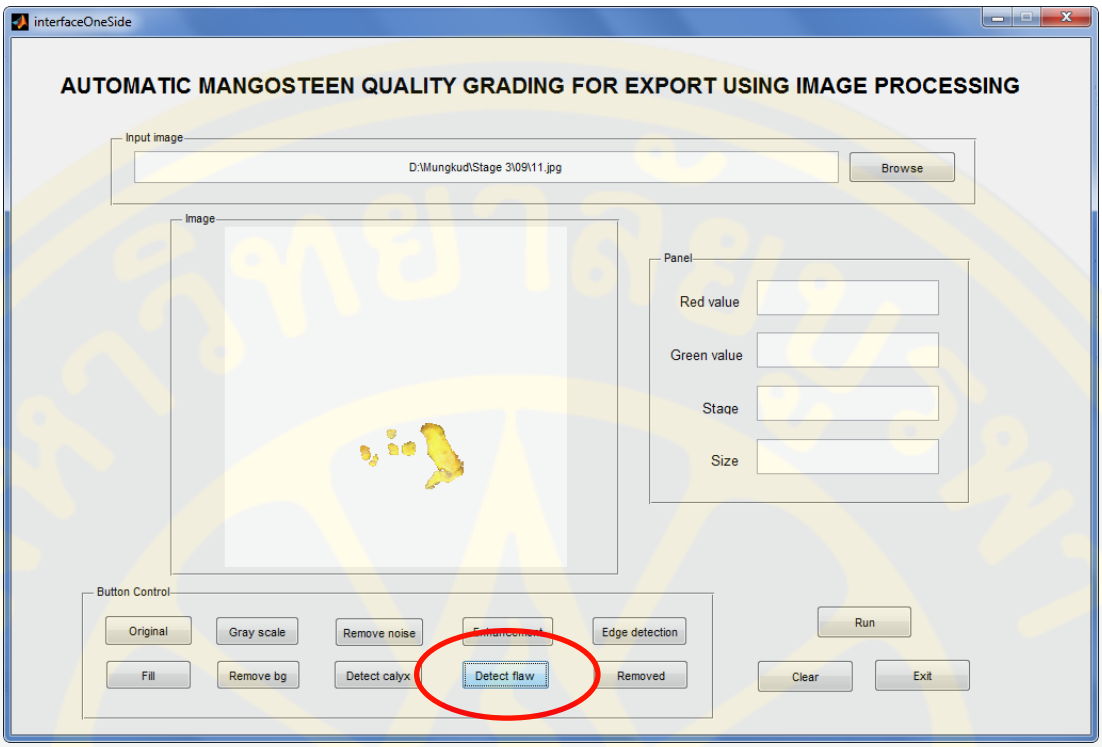
ภาพที่ ค-9 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove BG

จากภาพที่ ค-9 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Remove BG โปรแกรมจะทำการลบพื้นหลังแล้วแสดงส่วนที่เป็นผลมังคุด



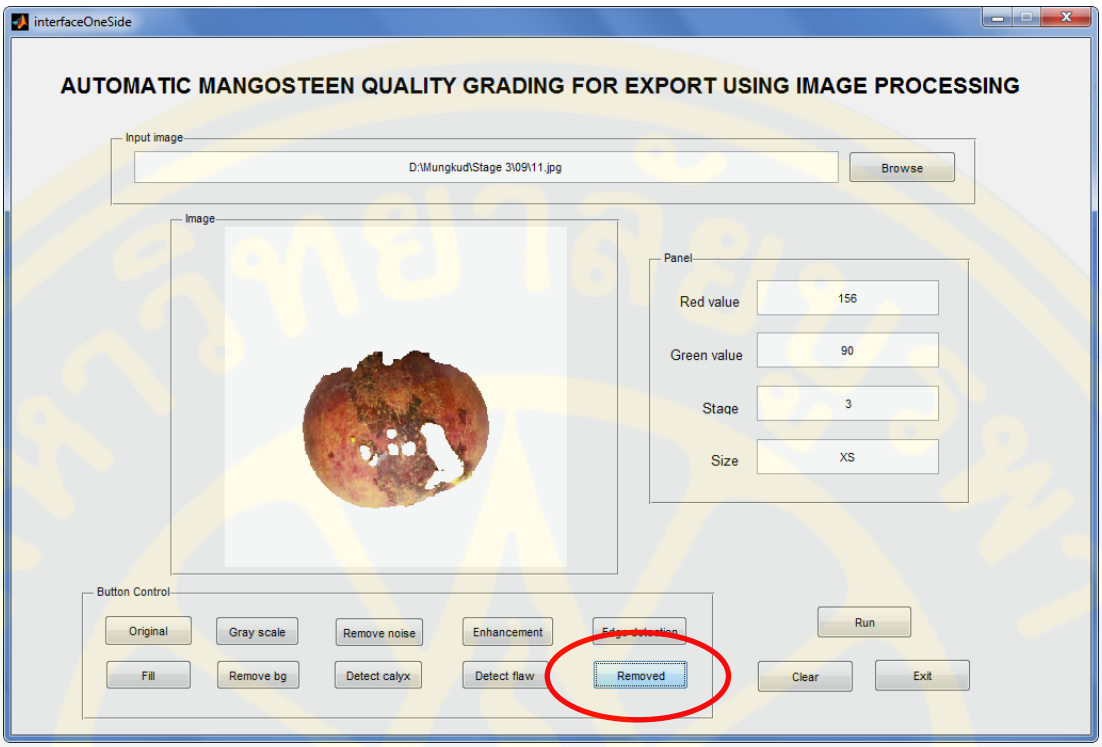
ภาพที่ ค-10 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect calyx

จากภาพที่ ค-10 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect calyx โปรแกรมจะทำการแสดงบริเวณส่วนที่ขั้วผลมังคุด



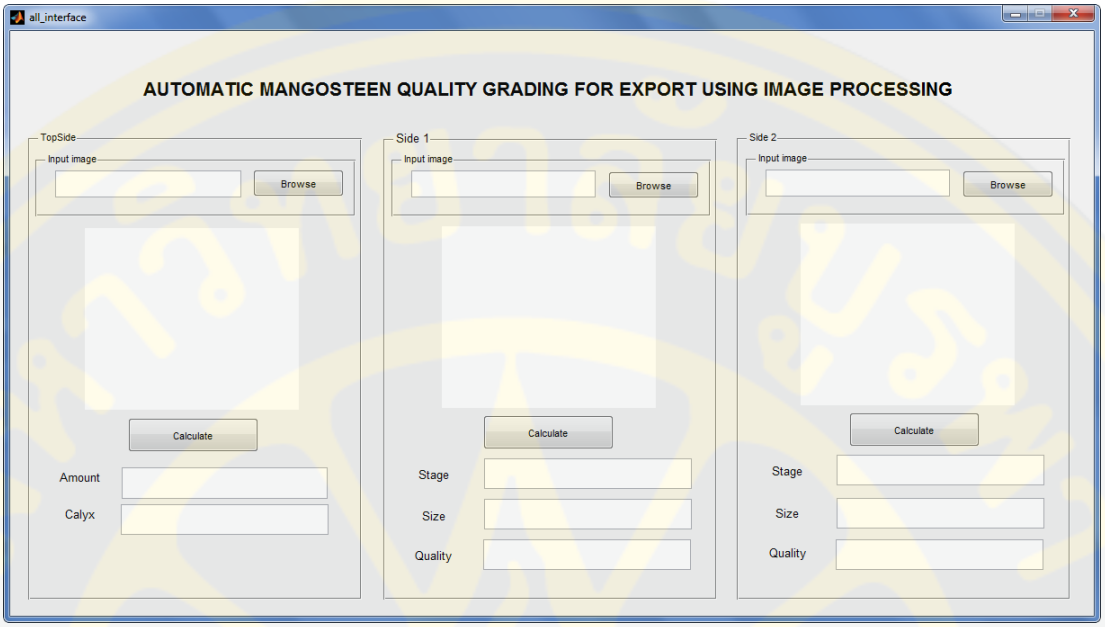
ภาพที่ ค-11 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect flaw

จากภาพที่ ค-11 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Detect flaw โปรแกรมจะแสดงพิกเซลที่เป็นตำหนิออกมา



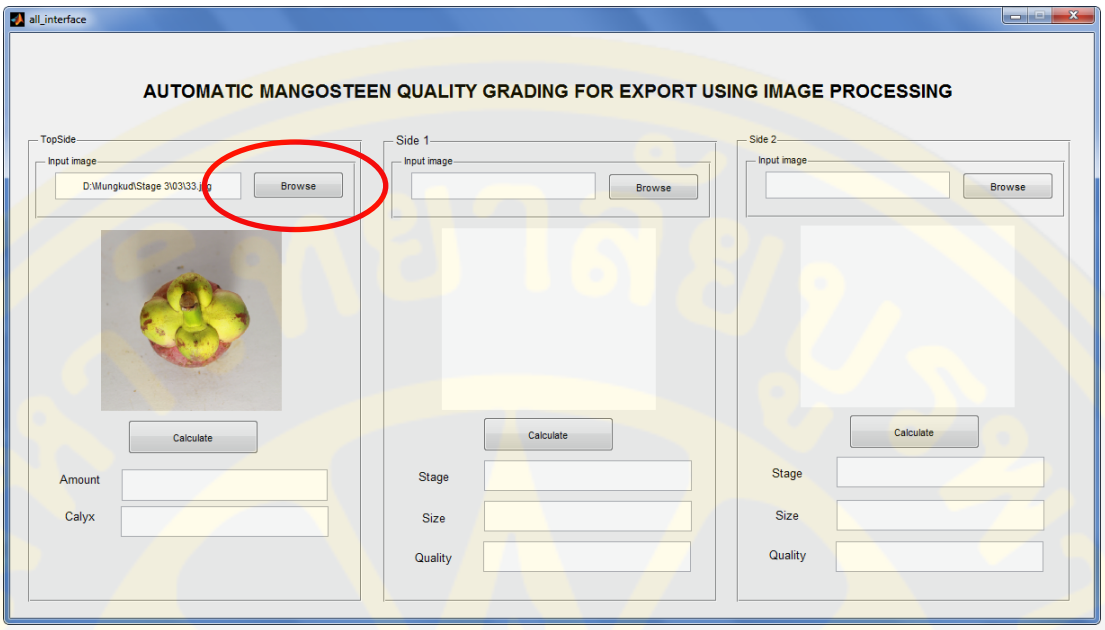
ภาพที่ ค-12 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Removed

จากภาพที่ ค-12 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการแสดงลบส่วนที่เป็นขั้วผล และส่วนที่เป็นตำหนิ แล้วแสดงส่วนที่ดีออกมา พร้อมทั้งแสดงค่าเฉลี่ยของ Red, Green, ระยะสี และขนาดของผล



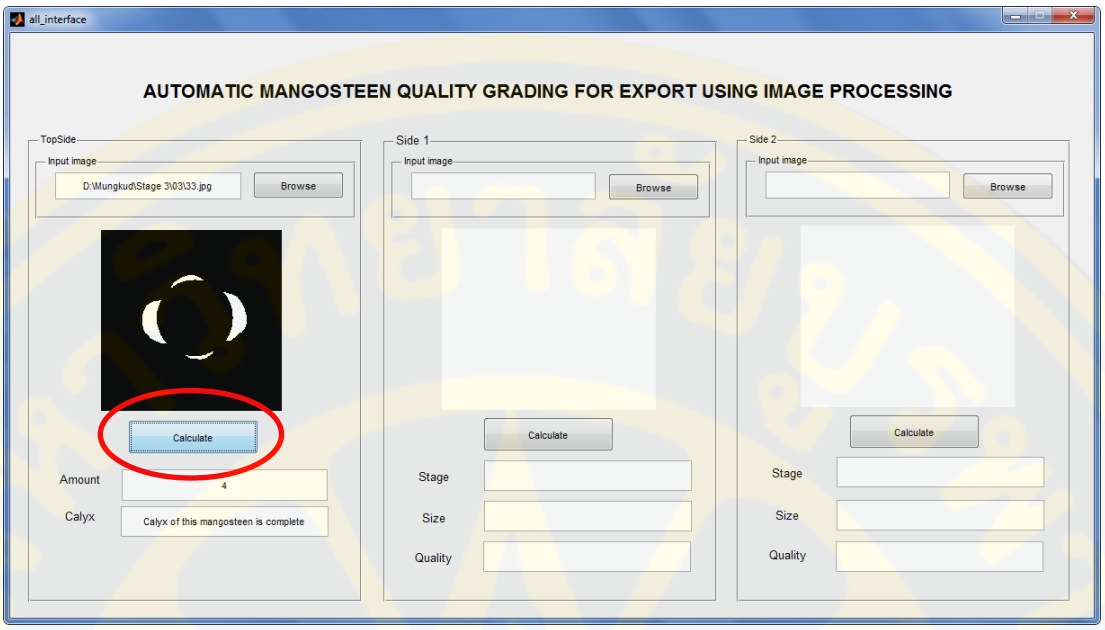
ภาพที่ ค-13 หน้าจอโปรแกรมการทำงาน(ภาพด้านข้างของผลมังคุด)

จากภาพที่ ค-13 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมจะปรากฏหน้าจอของการทำงานกับภาพผลมังคุดทั้ง 3 ด้านโดยจะมีปุ่ม Browse ปรากฏขึ้นมาให้เรียกรูปภาพผลมังคุด



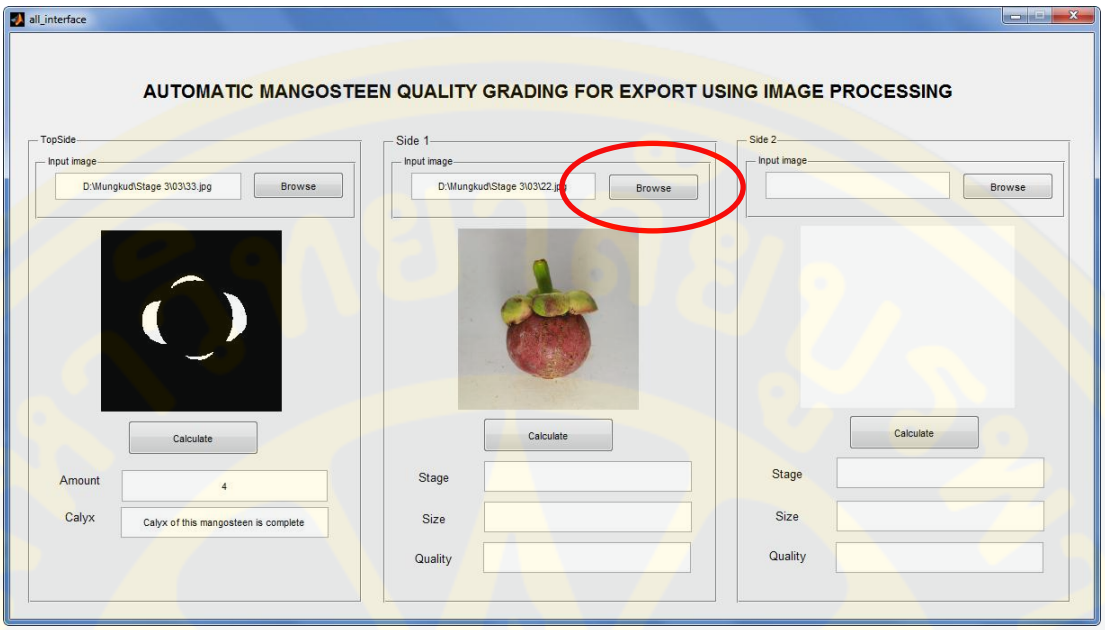
ภาพที่ ค-14 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse

จากภาพที่ ค-14 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse จะปรากฏภาพของขั้วผล และกลีบเลี้ยงด้านบนขึ้นมา



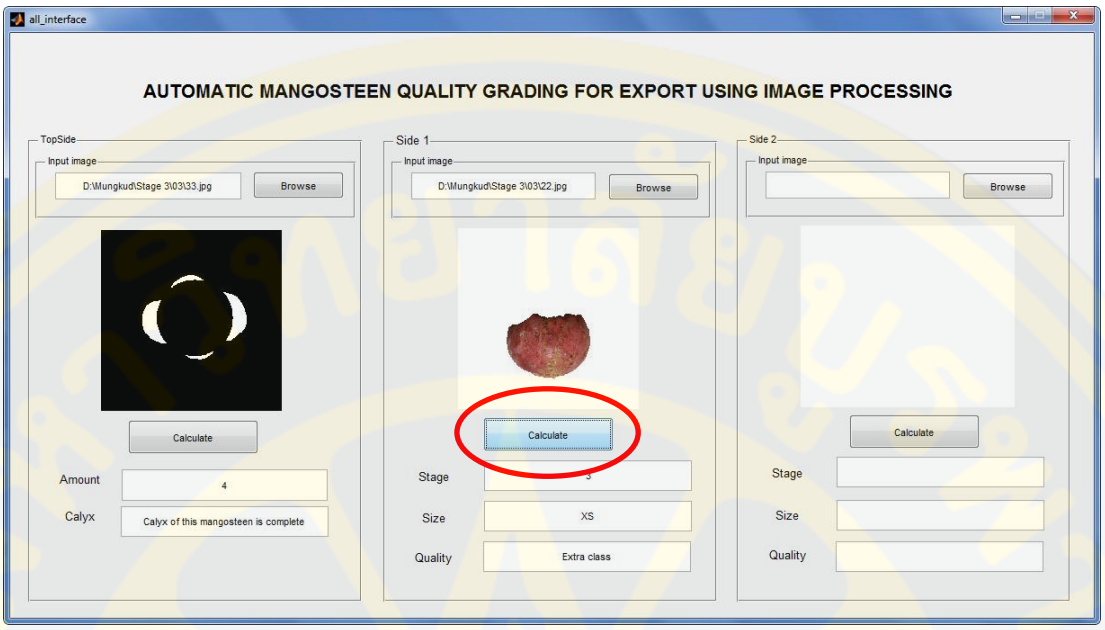
ภาพที่ ค-15 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate

จากภาพที่ ค-15 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการหาความสมบูรณ์ของขั้วผลด้านบน แล้วแสดงผลลัพธ์ออกมา



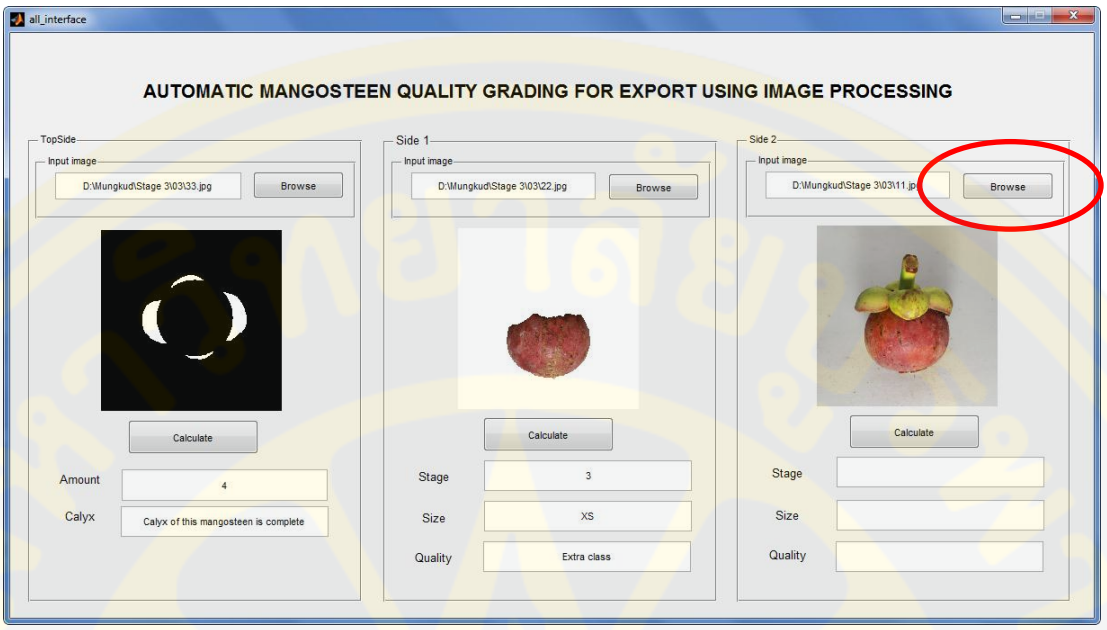
ภาพที่ ค-16 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse

จากภาพที่ ค-16 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse จะปรากฏภาพของขั้วผล และกลีบเลี้ยงด้านข้างขึ้นมา



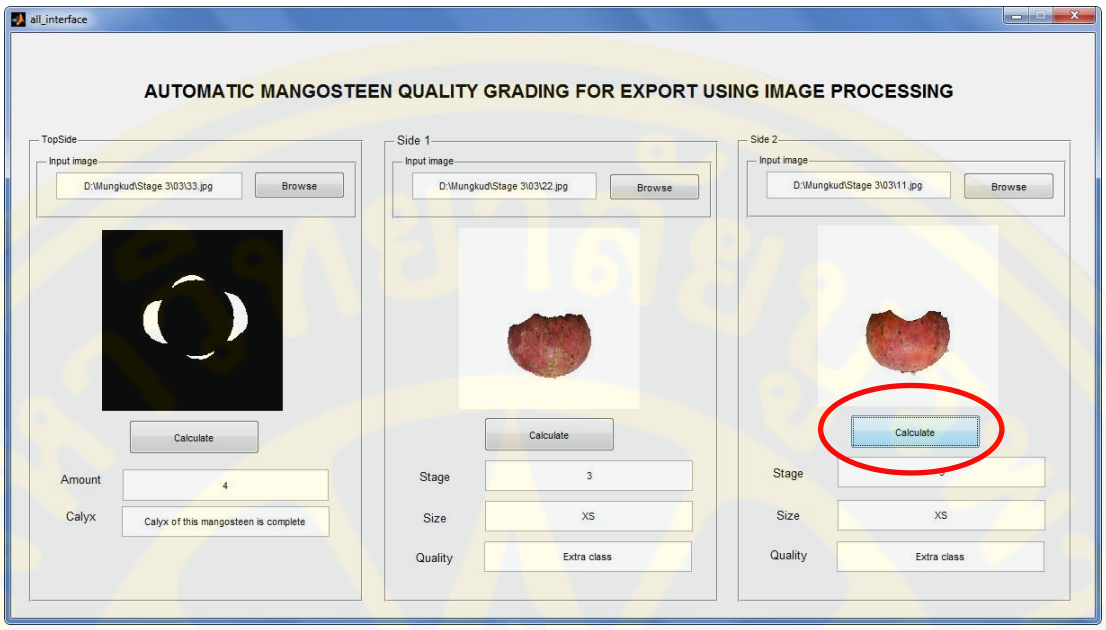
ภาพที่ ค-17 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate

จากภาพที่ ค-17 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการตรวจจับขั้วผล, กลีบเลี้ยง และ ตำหนิบนผิวมังคุด เพื่อกำจัดออก แล้วแสดงส่วนที่เป็นส่วนดีของผล รวมทั้งแสดงระยะสี ขนาด และระดับคุณภาพของผลมังคุด



ภาพที่ ค-18 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse

จากภาพที่ ค-18 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Browse จะปรากฏภาพของขั้วผล และกลีบเลี้ยงด้านข้างขึ้นมา



ภาพที่ ค-19 หน้าจอแสดงผลเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate

จากภาพที่ ค-19 เป็นการแสดงผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการตรวจจับขั้วผล, กลีบเลี้ยง และ ตำหนิบนผิวมังคุด เพื่อกำจัดออก แล้วแสดงส่วนที่เป็นส่วนดีของผล รวมทั้งแสดงระยะสี ขนาด และระดับคุณภาพของผลมังคุด

ภาคผนวก ง
ตารางและภาพผลลัพธ์จากการทดลองในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรมคัดคุณภาพผลมังคุดเพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

โดยจะแบ่งเป็น 6 ขั้นตอนได้แก่

1) การทดลองเลือกระบบสีที่เหมาะสมในส่วนของผล
2) การทดลองเลือกระบบสีที่เหมาะสมในส่วนของกลีบเลี้ยง
3) การทดลองเลือกวิธีการลบสัญญาณรบกวนที่เหมาะสม
4) การทดลองเลือกวิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายที่เหมาะสม
5) การทดลองเลือกวิธีการหาขอบภาพที่เหมาะสม

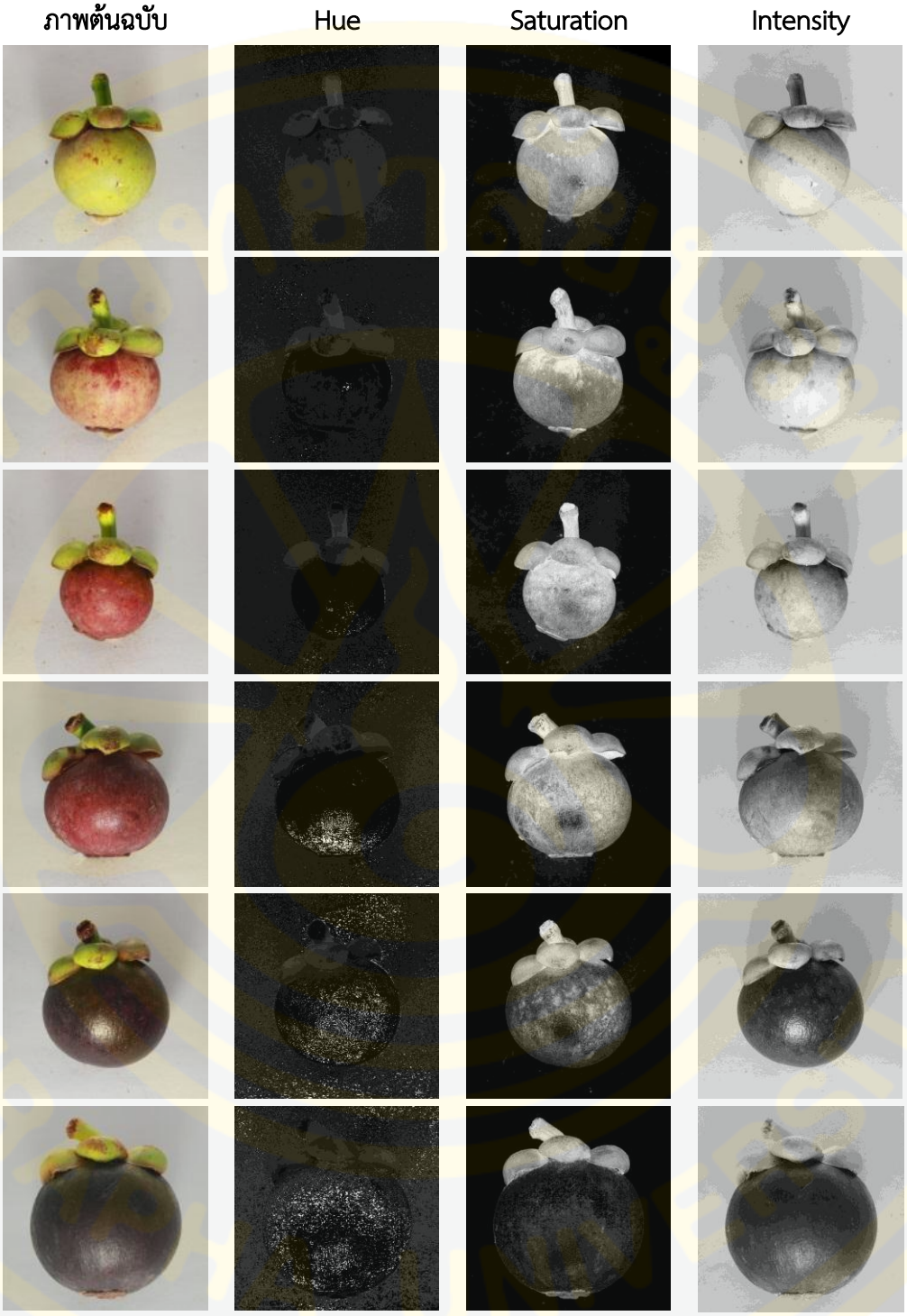
1. ตารางและภาพผลลัพธ์การเลือกระบบสีที่ใช้ในการทดลองในการหาส่วนของผล

จากการทดลองในตารางที่ ง-1 คือการเลือกระบบสีที่เหมาะสมในการทดลองผลสรุปคือเลือกใช้ระบบสี RGB โหมด Blue เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่

ตารางที่ ง-1 ผลลัพธ์การเลือกระบบสีที่ใช้งานในการหาส่วนของผล

วิธีการที่ใช้	RGB Color			HSI Color		
	Red	Green	Blue	Hue	Saturation	Intensity
ผลมังคุดระยะสีที่ 1	1	1	8	-	5	5
ผลมังคุดระยะสีที่ 2	3	1	6	-	7	3
ผลมังคุดระยะสีที่ 3	2	2	6	-	5	5
ผลมังคุดระยะสีที่ 4	3	1	6	-	6	4
ผลมังคุดระยะสีที่ 5	1	1	8	-	5	5
ผลมังคุดระยะสีที่ 6	1	3	6	-	3	7

ภาพที่ ง-1 ตัวอย่างภาพในระบบสี RGB



ภาพที่ ง-2 ตัวอย่างภาพในระบบสี HSI

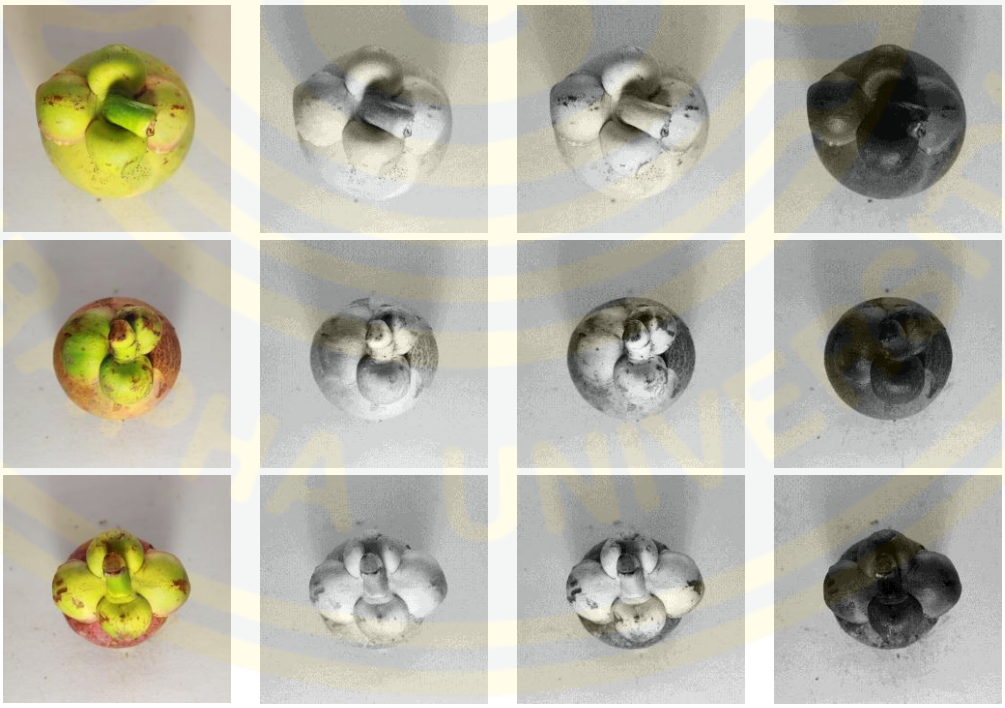
2. ตารางและภาพผลลัพธ์การเลือกระบบสีที่ใช้ในการทดลองในการหาส่วนของกลีบเลี้ยง

จากการทดลองในตารางที่ ง-2 คือการเลือกระบบสีที่เหมาะสมในการทดลองผลสรุปคือเลือกใช้ระบบสี HSI โหมด Hue และ Saturation เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่

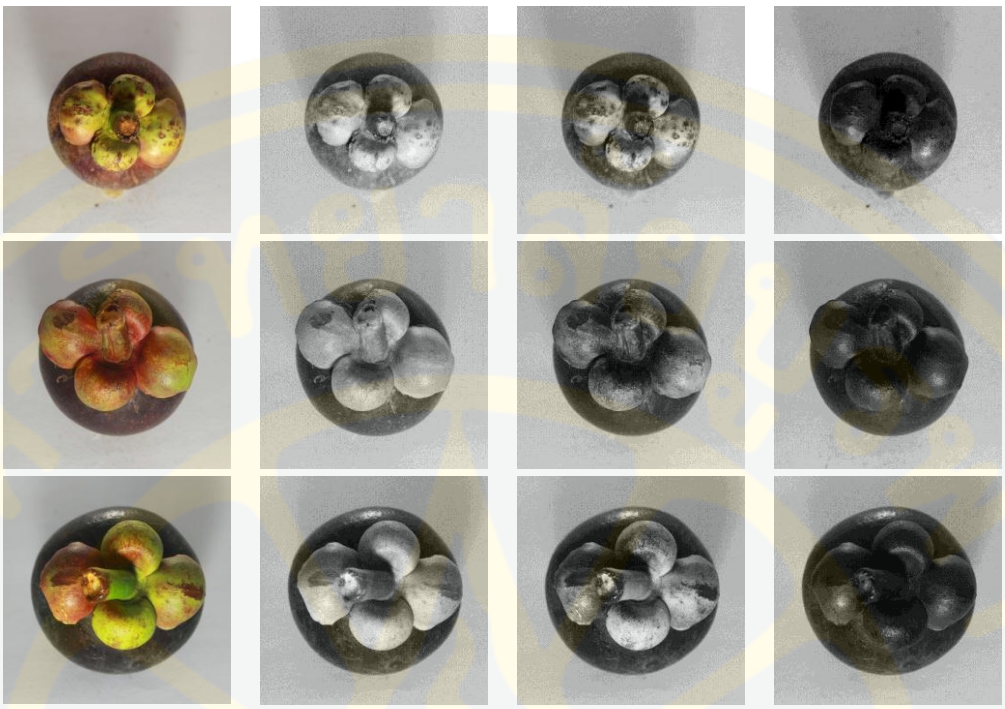
ตารางที่ ง-2 ผลลัพธ์การเลือกระบบสีที่ใช้งานในการหาส่วนขั้ว

วิธีการที่ใช้	RGB Color			HSI Color		
	Red	Green	Blue	Hue	Saturation	Intensity
ผลมังคุดระยะสีที่ 1	-	-	-	10	-	-
ผลมังคุดระยะสีที่ 2	-	-	-	10	-	-
ผลมังคุดระยะสีที่ 3	-	-	-	10	-	-
ผลมังคุดระยะสีที่ 4	-	-	-	10	-	-
ผลมังคุดระยะสีที่ 5	-	-	-	9	1	-
ผลมังคุดระยะสีที่ 6	-	-	-	1	9	-

ระยะสี **Red** **Green** **Blue**

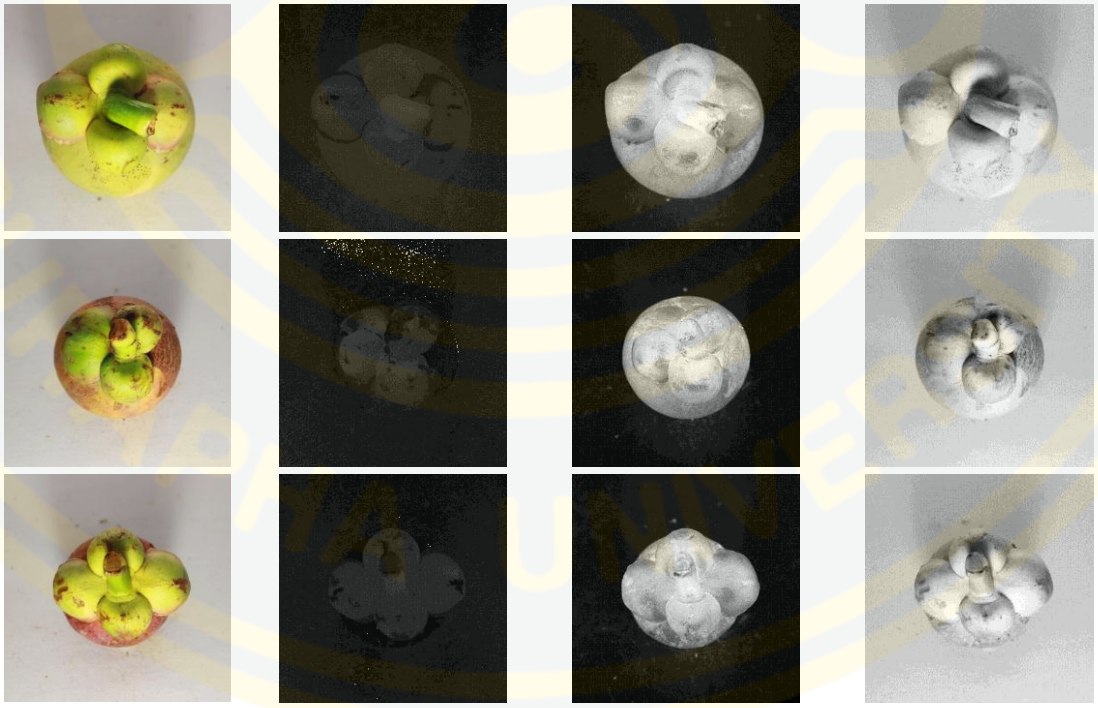


ภาพที่ ง-3 ตัวอย่างภาพในระบบสี RGB

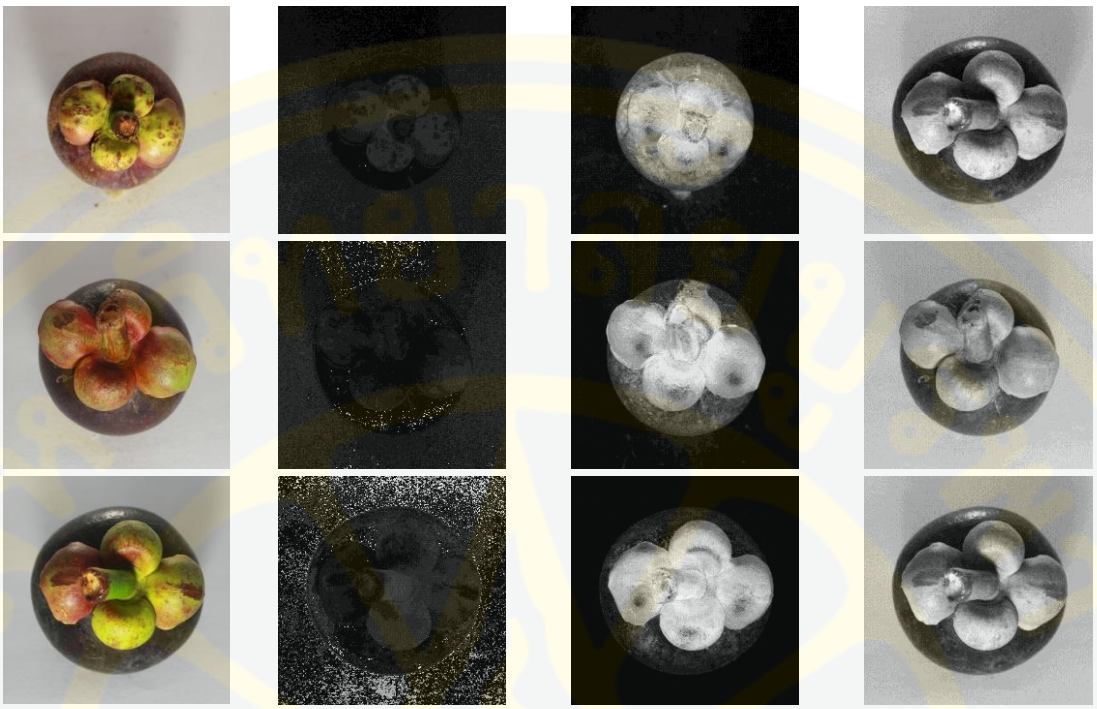


ภาพที่ ง-3 ตัวอย่างภาพในระบบสี RGB(ต่อ)

ระยะสี	Hue	Saturation	Intensity



ภาพที่ ง-4 ตัวอย่างภาพในระบบสี HSI



ภาพที่ ง-4 ตัวอย่างภาพในระบบสี HIS(ต่อ)

3. ตารางและภาพผลลัพธ์การเลือกระบบสีที่ใช้ในการทดลองในการลดสัญญาณรบกวน

จากการทดลองในตารางที่ ง-3 คือการเลือกวิธีลบสัญญาณรบกวนภาพถ่ายที่เหมาะสมในการทดลอง ผลสรุปคือเลือกใช้วิธีการลบสัญญาณรบกวนแบบ Median filtering mask ขนาด 5*5 เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่

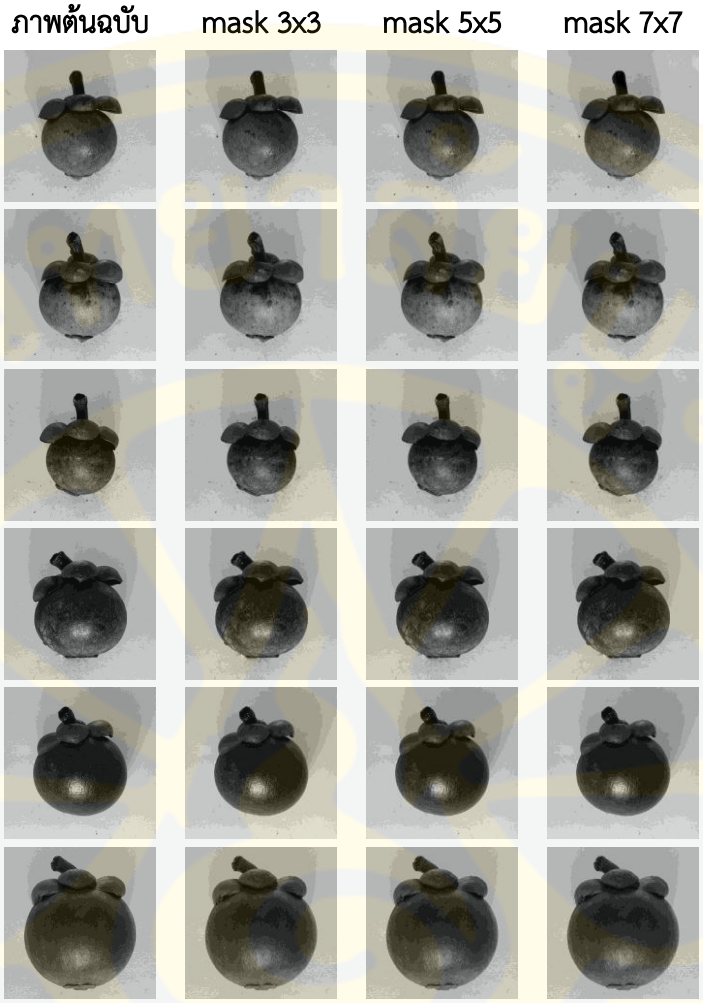
ตารางที่ ง-3 ผลลัพธ์การเลือกวิธีการลบสัญญาณรบกวนภาพถ่ายที่ใช้งาน

วิธีการที่ใช้	Averaging filter			Median filtering		
	mask 3*3	mask 5*5	mask 7*7	mask 3*3	mask 5*5	mask 7*7
ผลมังคุด ระยะสีที่ 1	3	5	2	2	8	0
ผลมังคุด ระยะสีที่ 2	4	4	2	3	6	1
ผลมังคุด ระยะสีที่ 3	6	1	3	2	7	1

ตารางที่ ง-3 ผลลัพธ์การเลือกวิธีการลบสัญญาณรบกวนภาพถ่ายที่ใช้งาน(ต่อ)

ผลมังคุด ระยะสีที่ 4	3	5	2	1	8	1
ผลมังคุด ระยะสีที่ 5	1	4	5	1	8	1
ผลมังคุด ระยะสีที่ 6	2	2	5	1	8	1

ภาพที่ ง-5 ตัวอย่างภาพการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Averaging filter ด้วยมาส์คขนาดต่าง ๆ



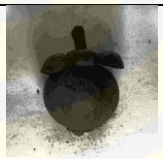
ภาพที่ ง-6 ตัวอย่างภาพการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Median filtering ด้วยมาส์คขนาดต่าง ๆ

4. ตารางและภาพผลลัพธ์การเลือกวิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลอง

จากการทดลองในตารางที่ ง-4 คือการเลือกวิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายที่เหมาะสมในการทดลอง ผลสรุปคือเลือกใช้วิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายแบบ Gray level transformation เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่

ตารางที่ ง-4 ผลลัพธ์การเลือกวิธีการปรับความคมชัดภาพถ่ายที่ใช้งาน

วิธีการที่ใช้	Histogram Equalization	Gray level transformation
ผลมังคุดระยะสีที่ 1	-	10
ผลมังคุดระยะสีที่ 2	-	10
ผลมังคุดระยะสีที่ 3	-	10
ผลมังคุดระยะสีที่ 4	-	10
ผลมังคุดระยะสีที่ 5	-	10
ผลมังคุดระยะสีที่ 6	-	10

ระยะสี	**ภาพต้นฉบับ**	Histogram Equalization	Gray level Transformation
ระยะสีที่ 1			
ระยะสีที่ 2			
ระยะสีที่ 3			

ภาพที่ ง-7 ตัวอย่างภาพการปรับความคมชัดภาพถ่ายด้วยวิธี Histogram equalization และ Gray-level Transformation

ระยะสีที่ 4			
ระยะสีที่ 5			
ระยะสีที่ 6			

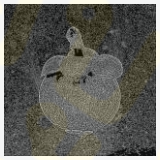
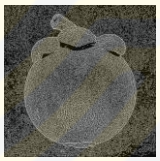
ภาพที่ ง-7 ตัวอย่างภาพการปรับความคมชัดภาพถ่ายด้วยวิธี Histogram equalization และ Gray-level Transformation(ต่อ)

5. ตารางและภาพผลลัพธ์การเลือกวิธีการหาขอบภาพที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลอง

จากการทดลองในตารางที่ ง-5 คือการเลือกวิธีการหาขอบภาพของวัตถุในภาพถ่ายที่เหมาะสมในการทดลอง ผลสรุปคือเลือกใช้วิธีการหาขอบภาพแบบ Sobel เพราะมีความเหมาะสมที่สุดกับภาพส่วนใหญ่

ตารางที่ ง-5 ผลลัพธ์การเลือกวิธีการหาขอบภาพถ่ายที่ใช้งาน

วิธีการที่ใช้	**Edge Detection**	
	Sobel	Laplacian
ผลมังคุดระยะสีที่ 1	8	2
ผลมังคุดระยะสีที่ 2	7	3
ผลมังคุดระยะสีที่ 3	8	2
ผลมังคุดระยะสีที่ 4	8	2
ผลมังคุดระยะสีที่ 5	7	3
ผลมังคุดระยะสีที่ 6	6	4

ระยะสี	ภาพต้นฉบับ	Sobel	Laplacian
ระยะสีที่ 1			
ระยะสีที่ 2			
ระยะสีที่ 3			
ระยะสีที่ 4			
ระยะสีที่ 5			
ระยะสีที่ 6			

ภาพที่ ง-8 ตัวอย่างภาพเปรียบเทียบการหาขอบภาพด้วยวิธี Sobel edge detection และ Laplacian edge detection

ภาคผนวก จ
ภาพแสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของโปรแกรมการคัดคุณภาพขอผลมังคุด เพื่อการส่งออก โดยการประมวลผลภาพ

โดยจะแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

1) ชุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง
2) ชุดภาพที่ให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง
   - 2.1) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3
   - 2.2) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4
   - 2.3) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5
   - 2.4) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6

3) ชุดภาพที่ให้ผลการทดลองที่ผิดพลาด
   - 3.1) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 1
   - 3.2) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 2
   - 3.3) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3
   - 3.4) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4
   - 3.5) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5
   - 3.6) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6

1) ชุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ จ-1 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 1 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 1			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
1			
2			
3			
4			
5			

ตารางที่ จ-2 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 1 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 1			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
6			
7			
8			
9			
10			

ตารางที่ จ-3 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 2 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 2			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
1			
2			
3			
4			
5			

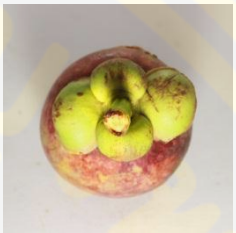
ตารางที่ จ-4 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 2 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 2			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
6			
7			
8			
9			
10			

ตารางที่ จ-5 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 3 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 3			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
1			
2			
3			
4			
5			

ตารางที่ จ-6 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 3 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 3			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
6			
7			
8			
9			
10			

ตารางที่ จ-7 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 4 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 4			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
1			
2			
3			
4			
5			

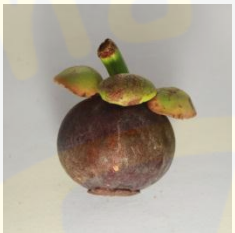
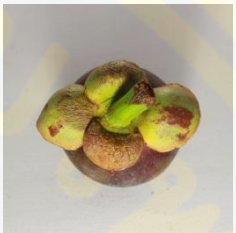
ตารางที่ จ-8 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 4 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 4			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
6			
7			
8			
9			
10			

ตารางที่ จ-9 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 5 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 5			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
1			
2			
3			
4			
5			

ตารางที่ จ-10 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 5 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 5			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
6			
7			
8			
9			
10			

ตารางที่ จ-11 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 6 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 6			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
1			
2			
3			
4			
5			

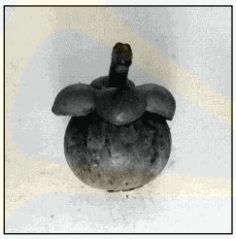
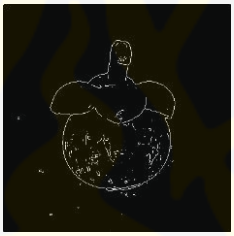
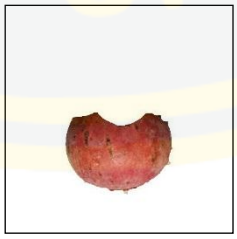
ตารางที่ จ-12 ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 6 ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผลมังคุดระยะสีที่ 6			
ผลที่	**ภาพด้านข้าง 1**	**ภาพด้านข้าง 2**	**ภาพด้านบน**
6			
7			
8			
9			
10			

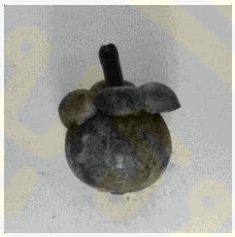
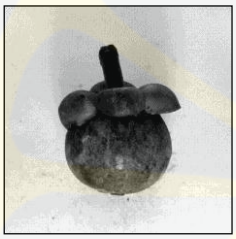
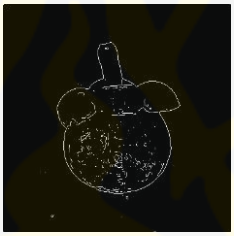
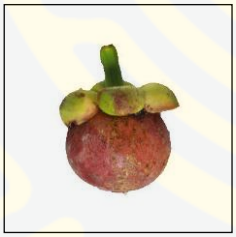
2) ชุดภาพที่ให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง

2.1) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3

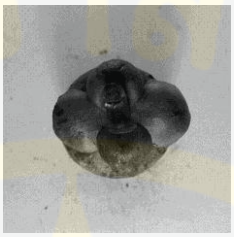
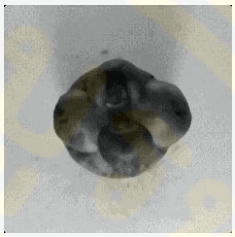
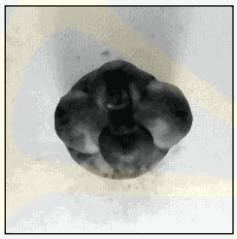
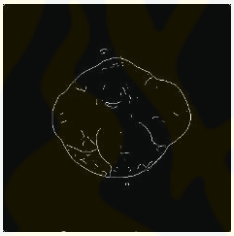
ตารางที่ จ-13 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-14 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3 (ด้านที่ 2)

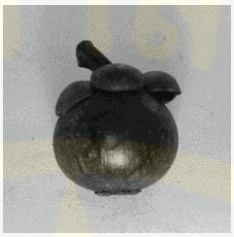
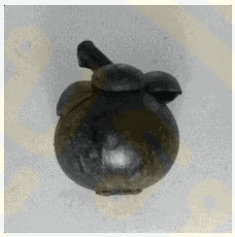
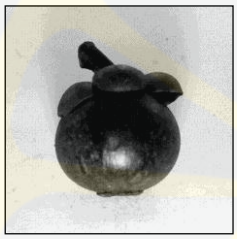
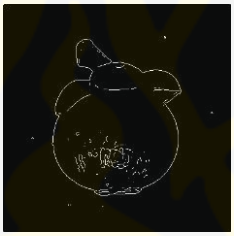
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-15 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3 (ด้านบน)

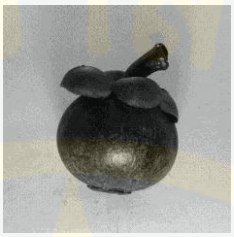
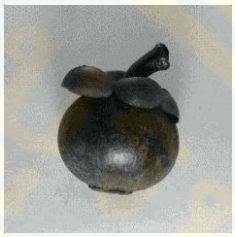
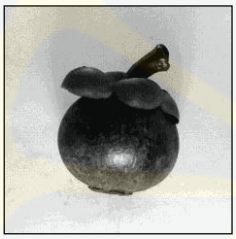
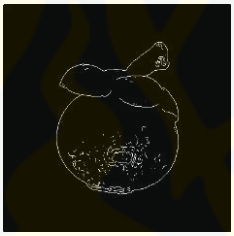
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

2.2) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4

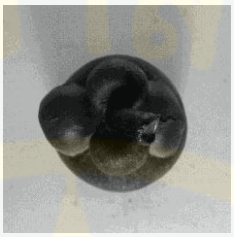
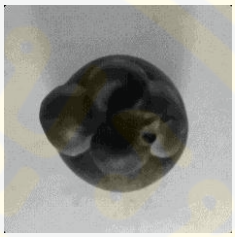
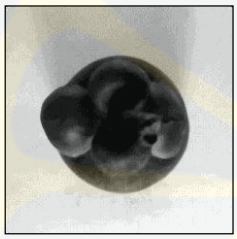
ตารางที่ จ-16 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-17 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4 (ด้านที่ 2)

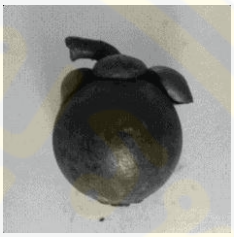
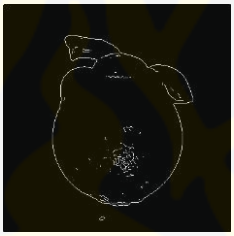
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-18 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4 (ด้านบน)

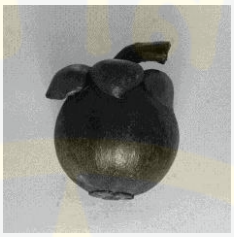
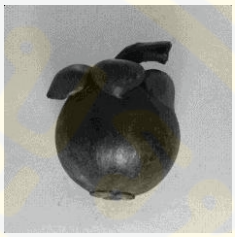
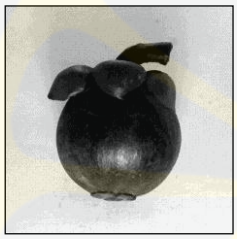
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

2.3) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5

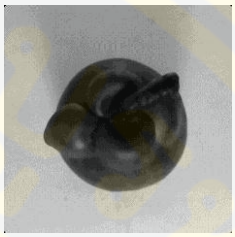
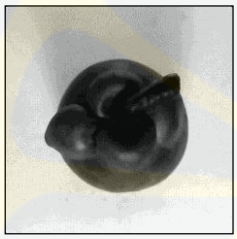
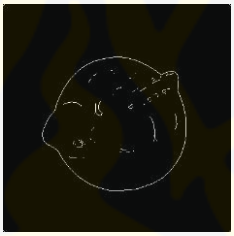
ตารางที่ จ-19 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-20 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5 (ด้านที่ 2)

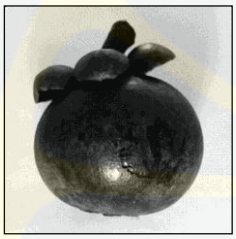
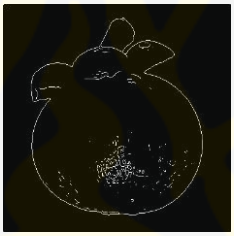
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-21 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5 (ด้านบน)

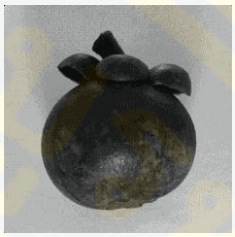
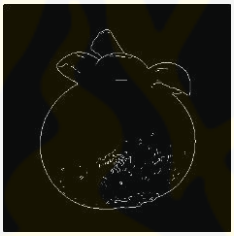
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

2.4) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6

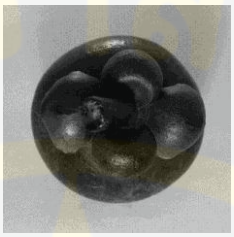
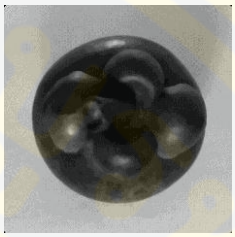
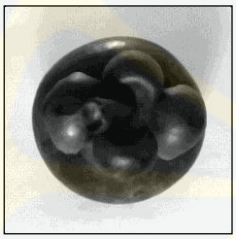
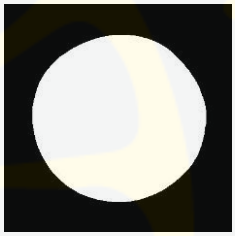
ตารางที่ จ-22 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-23 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6 (ด้านที่ 2)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

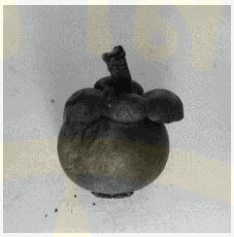
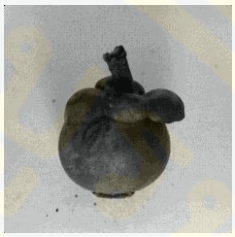
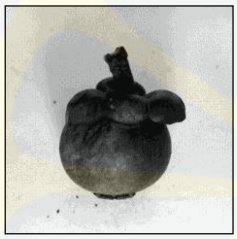
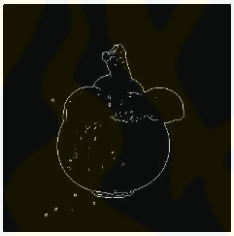
ตารางที่ จ-24 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6 (ด้านบน)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

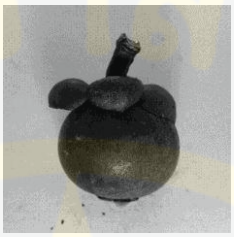
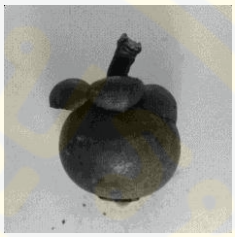
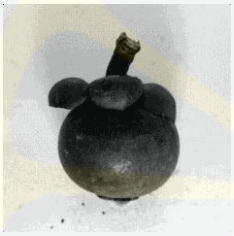
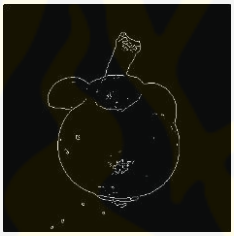
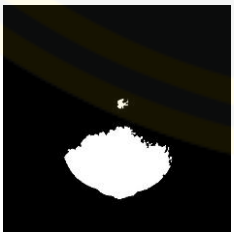
3) ชุดภาพที่ให้ผลการทดลองที่ผิดพลาด

3.1) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 1

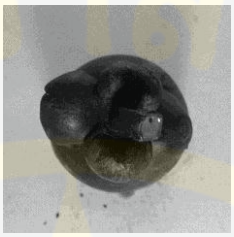
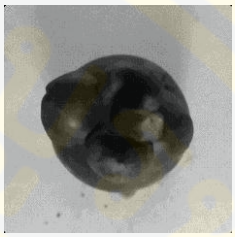
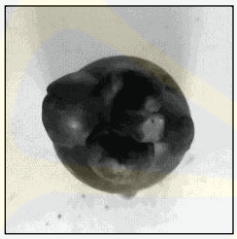
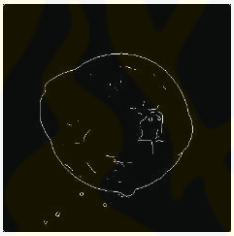
ตารางที่ จ-25 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 1 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-26 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 1 (ด้านที่ 2)

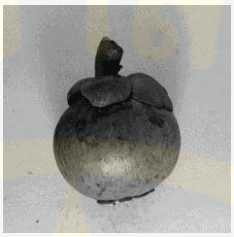
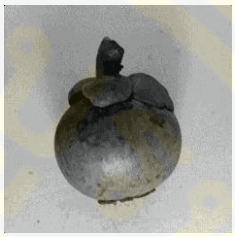
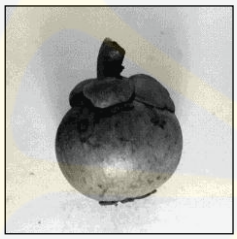
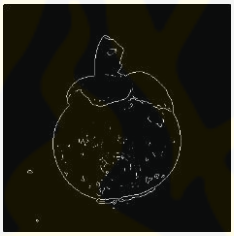
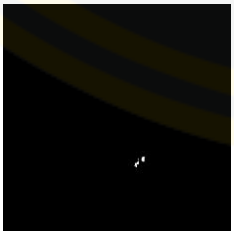
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-27 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 1 (ด้านบน)

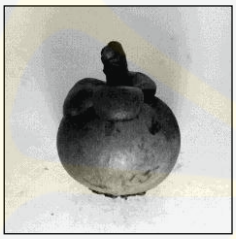
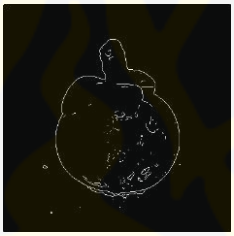
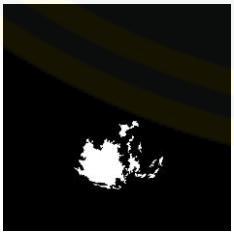
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

3.2) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 2

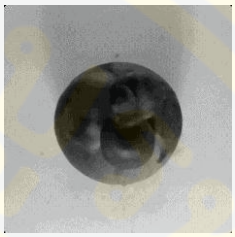
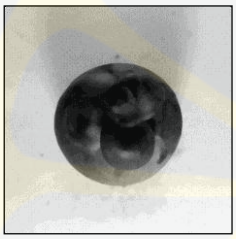
ตารางที่ จ-28 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 2 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-29 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 2 (ด้านที่ 2)

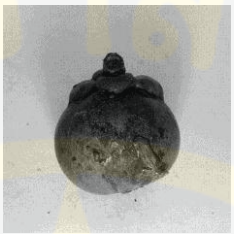
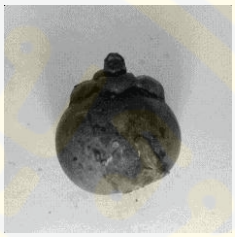
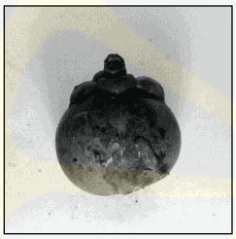
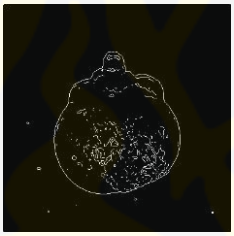
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-30 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 2 (ด้านบน)

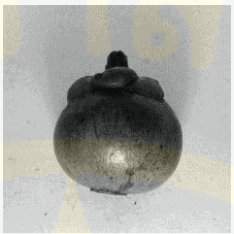
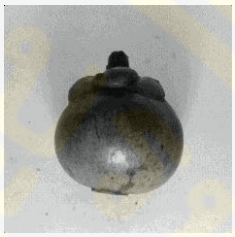
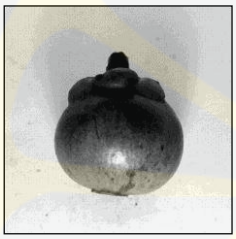
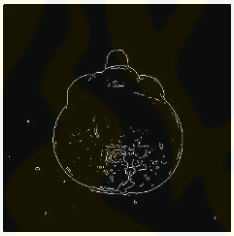
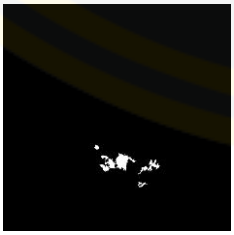
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

3.3) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3

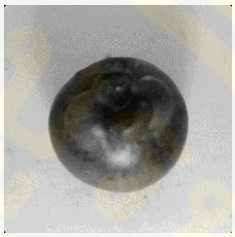
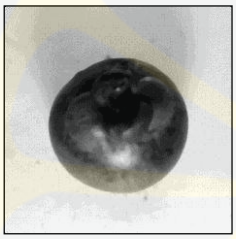
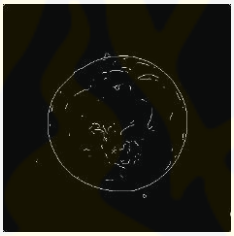
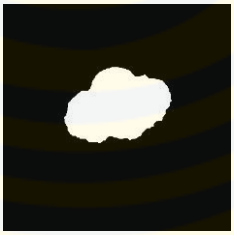
ตารางที่ จ-31 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-32 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3 (ด้านที่ 2)

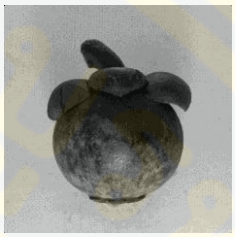
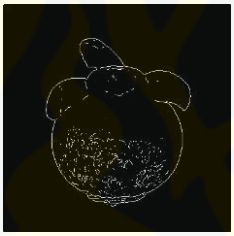
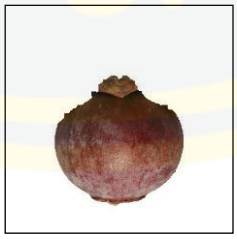
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-33 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 3 (ด้านบน)

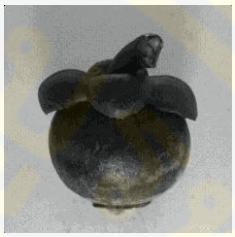
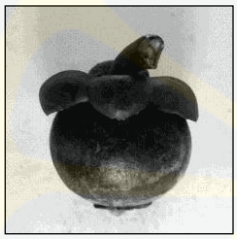
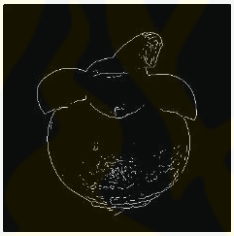
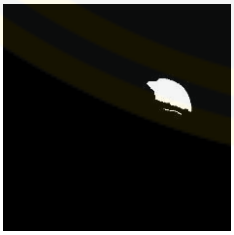
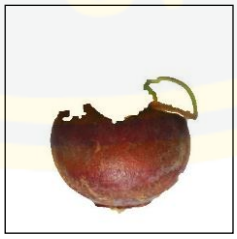
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

3.4) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4

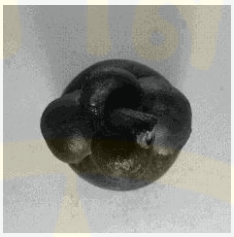
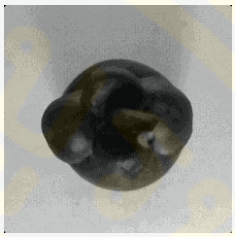
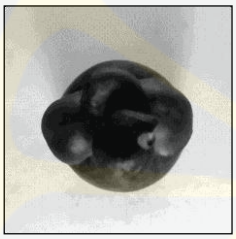
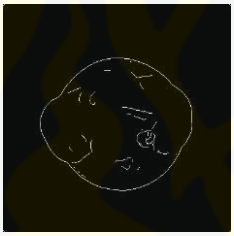
ตารางที่ จ-34 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-35 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4 (ด้านที่ 2)

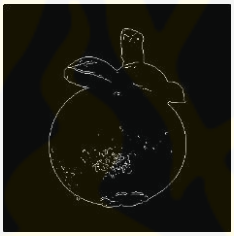
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-36 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 4 (ด้านบน)

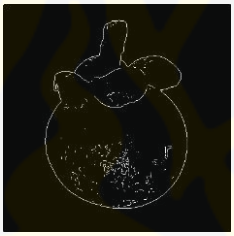
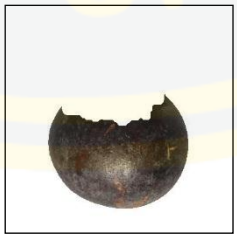
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

3.5) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5

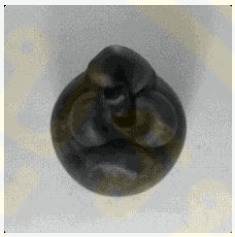
ตารางที่ จ-37 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-38 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5 (ด้านที่ 2)

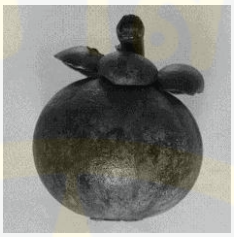
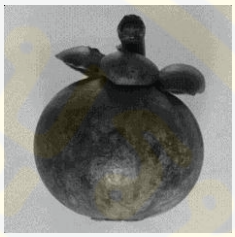
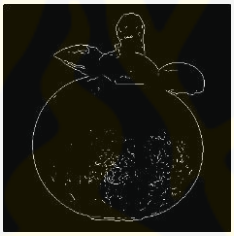
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-39 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 5 (ด้านบน)

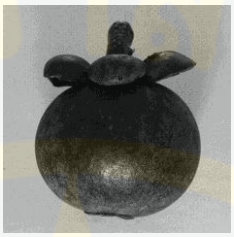
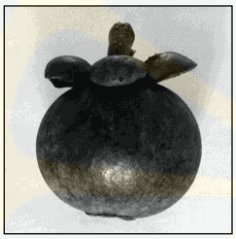
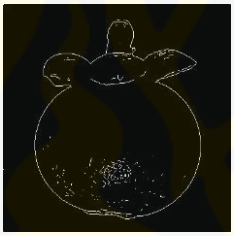
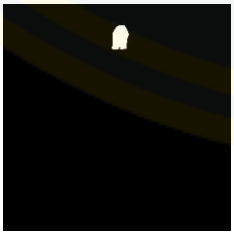
ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง
		

3.6) ชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6

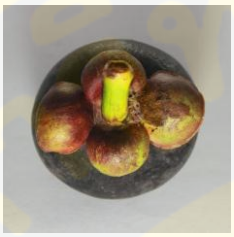
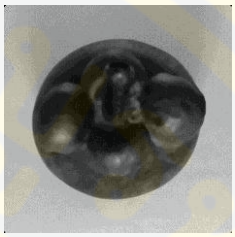
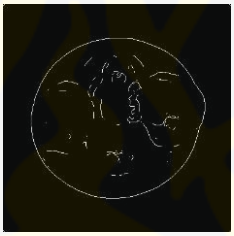
ตารางที่ จ-40 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6 (ด้านที่ 1)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-41 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6 (ด้านที่ 2)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 ลบกลีบเลี้ยงและขั้วผล คำนวณหาความกว้างของผล
		
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจจับตำหนิ คำนวณพื้นที่เสีย	ขั้นตอนที่ 10 ลบตำหนิ คำนวณหาค่าเฉลี่ยสี	
		

ตารางที่ จ-42 ผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของชุดภาพถ่ายระยะสีที่ 6 (ด้านบน)

ภาพต้นฉบับ	ขั้นตอนที่ 1 เลือกภาพโหมด Blue	ขั้นตอนที่ 2 ลดสัญญาณรบกวน
		
ขั้นตอนที่ 3 ปรับความคมชัด	ขั้นตอนที่ 4 หาขอบภาพ	ขั้นตอนที่ 5 เติมพื้นที่ให้เต็ม
		
ขั้นตอนที่ 6 ลบพื้นหลัง	ขั้นตอนที่ 7 ตรวจจับกลีบเลี้ยงและขั้วผล	ขั้นตอนที่ 8 แยกกลีบเลี้ยง นับจำนวนกลีบเลี้ยง