



การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวอ่อนโดยการประมวลผลภาพถ่ายด้านท้ายและ  
สมการการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียล  
**Classifying Young Aromatic Coconuts Flesh by Image Processing from the  
Buttom and Polynomial Regression Equation**

ศุภชัย มะเดื่อ  
**Suppachai Madue**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Engineering in Computer Engineering  
Prince of Songkla University**

**2553**

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



|                 |  |
|-----------------|--|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนโดยการประมวลผลภาพถ่าย<br>ด้านท้ายและสมการการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียล |
| ผู้เขียน        | นายศุภชัย มะเคื้อ  |
| สาขาวิชา        | วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  |
| ปีการศึกษา      | 2552   |

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน โดยการประมวลผลภาพถ่าย จากภาพถ่ายบริเวณก้นของผลมะพร้าวน้ำหอมอ่อน ซึ่งในการวิจัยได้ทำการจำแนกประเภทชั้นเนื้อ ของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น

การวิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาระนาบสีของภาพที่มีนัยสำคัญในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อ โดยทำการคำนวณหาปริมาณร้อยละของพื้นที่สีที่ได้จากการทำขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม บนพื้นที่สนใจในแต่ละระนาบสีของภาพในระบบสี RGB HSV และระบบสี CIELAB ผลการทดลองพบว่า มีเพียงภาพในระนาบ S ระบบสี HSV และภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB เท่านั้น ที่มีนัยสำคัญในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อคือ มีปริมาณพื้นที่สีสนใจเพิ่มขึ้นตามอายุของผลที่เปลี่ยนไป จากนั้นได้ทำการทดลองเพื่อหาผลลัพธ์ในการจำแนก โดยการเปรียบเทียบหาค่าระยะห่างระหว่างกราฟที่น้อยที่สุด โดยการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจตรงจุดกึ่งกลางของผล จากนั้นคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีขาวบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวน และทำการเปรียบเทียบหาค่าระยะห่างของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับร้อยละของพื้นที่สีที่สนใจในแต่ละวงแหวนของภาพ นำเข้า กับกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว ของสมการจำแนกที่ได้จากการประมาณเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียลกำลังสองของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ผลมะพร้าวที่นำมาทดสอบจะอยู่ในประเภทชั้นเนื้อที่มีค่าระยะห่างน้อยที่สุด จากผลการทดลองพบว่าภาพในระนาบ S ระบบสี HSV ให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุดโดยมีความถูกต้องในการจำแนกมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว ร้อยละ 97.15 ประเภทเนื้อชั้นครึ่งร้อยละ 82.85 และประเภทเนื้อสองชั้นร้อยละ 71.42 และ ความถูกต้องในการจำแนกรวมร้อยละ 83.80 หลังจากนั้นได้ทำการปรับปรุงกระบวนการจำแนก โดยใช้วิธีการลบรอยดลอกแบบกึ่งอัตโนมัติคือพิจารณาการตัดพื้นที่รอยดลอกออกไปด้วยสายตา วิธีการนี้ให้ความถูกต้องในการจำแนกมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียวร้อยละ 97.15

ประเภทเนื้อชั้นครึ่งร้อยละ 80 และประเภทเนื้อสองชั้นร้อยละ 82.85 และความถูกต้องในการ  
จำแนกรวมร้อยละ 86.67

**คำสำคัญ:** การประมวลผลภาพ, มะพร้าว<sup>น้ำ</sup>หอมอ่อน, การจำแนก, เส้นโค้งแบบโพลีโนเมียล

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Thesis Title</b>  | Classifying Young Aromatic Coconuts Flesh by Image Processing from the Bottom and Polynomial Regression Equation |
| <b>Author</b>        | Mr.Suppachai Madue   |
| <b>Major Program</b> | Computer Engineering   |
| <b>Academic Year</b> | 2009   |

### **ABSTRACT**

This research proposes a method for young aromatic coconut classification from an image of the bottom part of the coconut using image processing techniques. Coconuts are classified into 3 categories: single layer, one-and-a-half layer and double layer. Preliminary experiments were conducted to search for significant color components in 3 color standards: RGB, HSV and CIELAB. Percentage of the color area inside interest region was used as a classification threshold. Experimented results showed that the S plane in HSV color standard and the A plane in CIELAB color standard were significant. Their intensities are correlated with coconuts age. In classification phase, the minimum distance interested regions for classification are defined. Circular rings around the center of the coconuts for each ring the percentage of white pixels with are computed. Then the relation between the ring order and the percentage of the white pixels of each ring and plotted. The graph is approximated by a second-order polynomial function. Each coconut category has its own polynomial function. In classification mode, the graph of the unknown sample is compared against these 3 polynomial functions. The function that yield the minimum distance is the answer. From experiments, the image in s plane of the HSV color space yields the highest accuracy, that is 97.15% for single layer coconuts. 82.85% for one-and-a-half layer coconuts and 71.42% for double layer coconuts. This yields the overall accuracy of 83.80%.

A scratch mark removal algorithm was introduced in order to remove the image areas which contain scratch marks. After applying this technique the overall classification result of 86.67%. This comes from 97.15%, 80% and 82.85% accuracies for single layer, one-and-a-half layer and double layer coconuts, respectively

**Keyword:** Fresh Aromatic Coconuts, Image Processing, Classification, Polynomial Regression

## กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชเนศ เคารพพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง ที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา และคำชี้แนะแนวทางในการทำวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขการ จัดทำวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้อง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี กาญจนเดชะ และ ดร.สมชัย หลิมศิริรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงการทำวิจัยให้ ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์ จันทน์ไทย และ ดร.นิคม สุวรรณวร ที่กรุณา ให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการวิจัย ตลอดจน ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณน้องๆ นักศึกษาปริญญาตรีทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการร่วมลงพื้นที่ เก็บข้อมูลในสวนมะพร้าว ตลอดจนช่วยนำมะพร้าวจากสวนมาทำการทดสอบที่ภาควิชาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์

สุดท้ายนี้ขอโน้มรำลึกถึงพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การส่งเสริม และการ สนับสนุนในทุกๆด้านด้วยดีตลอดมา

ศุภชัย มะเคื่อ

## สารบัญ

|  |      |
|--|------|
| บทคัดย่อ.....                              | (3)  |
| ABSTRACT.....                              | (5)  |
| กิตติกรรมประกาศ.....                       | (7)  |
| สารบัญ .....                               | (8)  |
| รายการรูปภาพ.....                          | (12) |
| รายการตาราง.....                           | (15) |
| สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ.....               | (16) |
| <br>                                       |      |
| บทที่ 1 บทนำ .....                         | 1    |
| 1.1. ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ ..... | 1    |
| 1.2. การตรวจเอกสาร .....                   | 3    |
| 1.3. วัตถุประสงค์.....                     | 7    |
| 1.4. ขอบเขตของการวิจัย .....               | 7    |
| 1.5. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....     | 7    |
| 1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....       | 8    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ .....              | 9    |
| 2.1. ระบบรูปร่างแบบ .....                  | 9    |
| 2.1.1. ข้อมูล .....                        | 10   |
| 2.1.2. ตัวตรวจรู้.....                     | 10   |
| 2.1.3. การแบ่งแยกวัตถุ .....               | 11   |
| 2.1.4. การหาคุณลักษณะเด่น.....             | 11   |
| 2.1.5. การจำแนก.....                       | 11   |



## สารบัญ (ต่อ)

|   |    |
|---|----|
| 2.1.6. การปรับปรุงการจำแนก .....                                    | 11 |
| 2.1.7. ตัดสินใจ.....  | 12 |
| 2.2. มาตรฐานของสี .....   | 12 |
| 2.2.1. ระบบสี RGB .....   | 12 |
| 2.2.2. ระบบสี HSV.....  | 13 |
| 2.2.3. ระบบสี CIE แบบ XYZ .....                                     | 14 |
| 2.2.4. ระบบสี CIE แบบ L*a*b(CIELAB) .....                           | 16 |
| 2.3. เทคนิคการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement Technique).....        | 17 |
| 2.3.1. การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา.....                           | 17 |
| 2.3.2. การขยายจุดภาพ .....  | 18 |
| 2.4. เทคนิคการแบ่งแยกวัตถุ.....                                     | 19 |
| 2.5. การถดถอย.....  | 21 |
| 2.5.1. การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดียว (Simple Linear Regression) ..... | 22 |
| 2.5.2. การถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียล (Polynomail Regression).....  | 25 |
| บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ .....                                 | 28 |
| 3.1. วัสดุและอุปกรณ์ .....  | 28 |
| 3.1.1. วัสดุและการเลือกตัวอย่าง.....                                | 28 |
| 3.1.2. อุปกรณ์ .....  | 29 |
| 3.1.3. การออกแบบชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ .....                          | 30 |
| 3.2. แนวทางในการทดลอง.....  | 31 |
| 3.2.1. ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....                            | 32 |
| 3.3. วิธีการทดลอง .....   | 33 |

## สารบัญ (ต่อ)

|   |    |
|---|----|
| 3.3.1. การทดลองการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน ..... | 33 |
| 3.3.1.1. การแบ่งแยกวัตถุและการหาพื้นที่สนใจ .....           | 35 |
| 3.3.1.2. การหาลักษณะเด่น.....                               | 38 |
| 3.3.1.3. การสร้างสมการจำแนก .....                           | 41 |
| 3.3.1.4. การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน .....       | 42 |
| 3.3.2. การทดลองเพื่อปรับปรุงวิธีการจำแนก.....               | 42 |
| 3.3.2.1. การทดลองเพิ่มจำนวนวงแหวนของพื้นที่สนใจ.....        | 42 |
| 3.3.2.1. การทดลองลบรอยถลอก .....                            | 43 |
| บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....                                     | 45 |
| 4.1. การเก็บบันทึกข้อมูล .....                              | 45 |
| 4.2. ผลการทดลองการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าว น้ำหอมอ่อน .....    | 47 |
| 4.2.1. ผลการหาลักษณะเด่นในแต่ละระบบสี .....                 | 48 |
| 4.2.1.1. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี RGB .....                | 48 |
| 4.2.1.2. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี RGB .....                | 50 |
| 4.2.1.3. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี RGB .....                | 53 |
| 4.2.1.4. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี CIELAB .....             | 55 |
| 4.2.1.5. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี CIELAB.....              | 57 |
| 4.2.1.6. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี CIELAB .....             | 60 |
| 4.2.1.7. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี HSV .....                | 63 |
| 4.2.1.8. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี HSV .....                | 66 |
| 4.2.1.9. ผลการหาลักษณะเด่นในระบบสี HSV .....                | 68 |
| 4.2.2. ผลการจำแนกชั้นเนื้อ .....                            | 71 |

## สารบัญ (ต่อ)

|   |     |
|---|-----|
| 4.2.2.1. ผลการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB .....              | 71  |
| 4.2.2.2. ผลการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV.....                  | 72  |
| 4.2.3. ผลการทดลองปรับปรุงวิธีการจำแนก .....                         | 72  |
| 4.2.3.1. การจำแนกเมื่อทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนสนใจ.....                | 73  |
| 4.2.3.2. ผลการจำแนกเมื่อทำการลบรอยถลอก .....                        | 75  |
| 4.2.3.3. ผลการจำแนกเมื่อใช้ชุดข้อมูลทดสอบ .....                     | 78  |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....                            | 79  |
| 5.1. สรุปผล.....  | 79  |
| 5.1.1. ผลการหาระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก .....                  | 79  |
| 5.1.2. ผลการจำแนกชั้นเนื้อโดยทำการลบรอยถลอก.....                    | 79  |
| 5.1.3. ผลการจำแนกชั้นเนื้อโดยการเพิ่มจำนวนวงแหวนบนพื้นที่สนใจ ..... | 80  |
| 5.1.4. สาเหตุที่ทำให้ผลการจำแนกเกิดการผิดพลาด .....                 | 81  |
| 5.1.4.1. สาเหตุจากภาพนำเข้าไม่ปกติ.....                             | 81  |
| 5.1.4.2. สาเหตุจากขั้นตอนในการประมวล.....                           | 82  |
| 5.2. ข้อเสนอแนะ.....  | 84  |
| เอกสารอ้างอิง .....   | 85  |
| ภาคผนวก.....  | 87  |
| ภาคผนวก ก โปรแกรมจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าว น้ำหอมอ่อน.....              | 88  |
| ภาคผนวก ข การปรับปรุงการจำแนก.....                                  | 90  |
| ภาคผนวก ค งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....                          | 94  |
| ประวัติผู้เขียน .....   | 102 |

## รายการรูปภาพ

|  |    |
|--|----|
| รูปที่ 1 ภาพตัดตามยาวของผล (เมล็ด) มะพร้าวอ่อนแสดงประเภทชั้นเนื้อภายใน ..... | 2  |
| รูปที่ 2 ระบบการรู้จำรูปแบบ.....   | 10 |
| รูปที่ 3 ระบบสี RGB .....  | 13 |
| รูปที่ 4 ระบบสี HSV .....  | 14 |
| รูปที่ 5 ระบบสี CIEXYZ .....   | 16 |
| รูปที่ 6 ระบบสี CIELAB .....   | 17 |
| รูปที่ 7 ตัวอย่างการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา .....                         | 18 |
| รูปที่ 8 ลักษณะของมาตรฐานระดับสีเทา .....                                    | 18 |
| รูปที่ 9 ลักษณะการดำเนินการขยายจุดภาพ .....                                  | 19 |
| รูปที่ 10 การกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน .....                                   | 20 |
| รูปที่ 11 ตัวอย่างการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยน .....                              | 20 |
| รูปที่ 12 การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดียว.....                                   | 21 |
| รูปที่ 13 ตัวอย่างการปรับแต่งเส้นโค้งในลักษณะต่างๆ .....                     | 23 |
| รูปที่ 14 เปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการถดถอย .....                             | 26 |
| รูปที่ 15 ลักษณะของมะพร้าวที่นำมาทดสอบ.....                                  | 29 |
| รูปที่ 16 ชุดควบคุมแสงประดิษฐ์.....  | 31 |
| รูปที่ 17 ขั้นตอนการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน .....                 | 34 |
| รูปที่ 18 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาขนาดของผลและพื้นที่สนใจ .....                | 35 |
| รูปที่ 19 ขั้นตอนการหาขนาดของผลและพื้นที่สนใจ .....                          | 37 |
| รูปที่ 20 พื้นที่สนใจระบบสี RGB.....   | 39 |
| รูปที่ 21 ระบบสี HSV.....  | 39 |
| รูปที่ 22 ระบบสี CIELAB .....  | 40 |
| รูปที่ 23 ภาพสีขาวดำในระนาบ S ระบบสี HSV .....                               | 40 |
| รูปที่ 24 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก .....         | 41 |
| รูปที่ 25 ขั้นตอนในการลบรอยถลอก .....  | 44 |
| รูปที่ 26 ภาพที่ได้จากการถ่ายรูปมะพร้าวภายในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์.....        | 45 |
| รูปที่ 27 ตัวอย่างเนื้อเยื่อภายในผลของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ.....     | 46 |

## รายการรูปภาพ (ต่อ)

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 28 ตัวอย่างพื้นที่สนใจของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ .....               | 47 |
| รูปที่ 29 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ R ระบบสี RGB.....     | 48 |
| รูปที่ 30 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ R.....            | 49 |
| รูปที่ 31 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ R ระบบสี RGB .....                          | 50 |
| รูปที่ 32 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ G ระบบสี RGB .....    | 50 |
| รูปที่ 33 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ G.....            | 51 |
| รูปที่ 34 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ G ระบบสี RGB .....                          | 52 |
| รูปที่ 35 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ B ระบบสี RGB.....     | 53 |
| รูปที่ 36 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ B .....           | 54 |
| รูปที่ 37 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ B ระบบสี RGB .....                          | 55 |
| รูปที่ 38 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ L ระบบสี CIELAB.....  | 55 |
| รูปที่ 39 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ L .....           | 56 |
| รูปที่ 40 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ L ระบบสี CIELAB .....                       | 57 |
| รูปที่ 41 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ A ระบบสี CIELAB ..... | 58 |
| รูปที่ 42 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ A.....            | 59 |
| รูปที่ 43 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB.....                        | 60 |
| รูปที่ 44 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ B ระบบสี CIELAB ..... | 60 |
| รูปที่ 45 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ B .....           | 62 |
| รูปที่ 46 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ B ระบบสี CIELAB.....                        | 63 |
| รูปที่ 47 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ H ระบบสี HSV.....     | 63 |
| รูปที่ 48 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ H.....            | 64 |
| รูปที่ 49 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ H ระบบสี HSV .....                          | 65 |
| รูปที่ 50 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ S ระบบสี HSV .....    | 66 |
| รูปที่ 51 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ S .....           | 67 |
| รูปที่ 52 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV .....                          | 68 |
| รูปที่ 53 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าสีคเริ่มเปลี่ยนในระนาบ V ระบบสี HSV.....     | 68 |
| รูปที่ 54 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ V .....           | 69 |

## รายการรูปภาพ (ต่อ)

|   |    |
|---|----|
| รูปที่ 55 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ V ระบบสี HSV .....                      | 70 |
| รูปที่ 56 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV พื้นที่สนใจ 5 วงแหวน ..... | 73 |
| รูปที่ 57 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV พื้นที่สนใจ 6 วงแหวน ..... | 74 |
| รูปที่ 58 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV เมื่อลบรอยถลอก.....        | 75 |
| รูปที่ 59 แสดงลักษณะการพิจารณาเพื่อลบพื้นที่รอยถลอก .....                     | 77 |
| รูปที่ 60 ปริมาณพื้นที่สีที่สนใจ.....   | 80 |
| รูปที่ 61 ปัญหาการเกิดรอยถลอก .....   | 81 |
| รูปที่ 62 มะพร้าวที่ได้รับแสงแดดมากเกินไปจนมีลักษณะเป็นสีเหลือง.....          | 82 |
| รูปที่ 63 มะพร้าวที่มีลักษณะก้ำกึ่งของชั้นเนื้อ .....                         | 83 |
| รูปที่ ก.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม .....                        | 89 |
| รูปที่ ข.1 การสร้างวงแหวนสนใจ 20 วง .....                                     | 91 |
| รูปที่ ข.2 กราฟสมการจำแนกเมื่อใช้วงแหวนสนใจจำนวน 20 วง .....                  | 92 |

## รายการตาราง

|   |    |
|---|----|
| ตารางที่ 1 สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของโลก .....                                 | 1  |
| ตารางที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นของกล้องถ่ายภาพก่อนทำการถ่ายภาพ .....                     | 33 |
| ตารางที่ 3 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 4 วง.....  | 38 |
| ตารางที่ 4 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 5 วง.....  | 43 |
| ตารางที่ 5 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 6 วง.....  | 43 |
| ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ R ระบบสี RGB.....                         | 48 |
| ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ G ระบบสี RGB .....                        | 51 |
| ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ B ระบบสี RGB.....                         | 53 |
| ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ L ระบบสี CIELAB.....                      | 56 |
| ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ A ระบบสี CIELAB .....                    | 58 |
| ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ B ระบบสี CIELAB .....                    | 61 |
| ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ H ระบบสี HSV.....                        | 64 |
| ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ S ระบบสี HSV .....                       | 66 |
| ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ V ระบบสี CIELAB .....                    | 69 |
| ตารางที่ 15 ผลการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB .....                               | 71 |
| ตารางที่ 16 ผลการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV .....                                  | 72 |
| ตารางที่ 17 ผลการจำแนกเมื่อกำหนดพื้นที่วงแหวนสนใจ 4, 5 และ 6 วง.....                    | 74 |
| ตารางที่ 18 ผลการจำแนกเมื่อทำการลบรอยดลอกก่อนการประมวลผล .....                          | 76 |
| ตารางที่ 19 ผลการจำแนกเมื่อทำการลบรอยดลอกแบบกึ่งอัตโนมัติก่อนการประมวลผล.....           | 78 |
| ตารางที่ 20 ผลการจำแนกเมื่อใช้ชุดข้อมูลทดสอบ .....                                      | 78 |
| ตารางที่ 21 ผลการจำแนกโดยยอมรับว่าผลที่ก้ำกึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง 2 ประเภทขึ้นเนื้อ ..... | 83 |
| ตารางที่ ข.1 การกำหนดขนาดครีมีวงแหวน 20 วง.....   | 91 |
| ตารางที่ ข.2 ผลการจำแนกเมื่อใช้พื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 20 วง .....                       | 93 |

## สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

|     |  |
|-----|--|
| RGB | Red Green Blue                           |
| HSV | Hue Saturation Value                     |
| CIE | Commission Internationale de l'Eclairage |



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

มะพร้าวน้ำหอมเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทย เนื่องจากน้ำมะพร้าวและเนื้อมะพร้าวมีรสชาติหวานกลมกล่อมและมีกลิ่นหอมชื่นใจ น้ำมะพร้าวยังใช้เป็นเครื่องดื่มเกลือแร่ได้ เนื่องจากอุดมไปด้วยโพแทสเซียม นอกจากนี้น้ำมะพร้าวยังมีคุณสมบัติปลอดเชื้อโรค และเป็นสารละลายไอโซโทนิค (สารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ ซึ่งไม่ทำให้เซลล์เสียรูปทรง) ด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำน้ำมะพร้าวไปใช้ฉีดเข้าหลอดเลือดแดง (หลอดเลือดดำ) ในผู้ป่วยที่มีอาการขาดน้ำหรือปริมาณเลือดคลดผิดปกติได้ ปัจจุบันมะพร้าวจึงเป็นพืชที่นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทยก็นิยมรับประทาน นอกจากนี้ยังมีการส่งมะพร้าวออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ทั้งในรูปแบบสด และแปรรูปมูลค่าปีละหลายสิบล้านบาท

ตารางที่ 1 สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของโลก

| อันดับ | ประเทศ       | ปริมาณ (หน่วย:เมตริกตัน) |
|--------|--------------|--------------------------|
| 1      | อินโดนีเซีย  | 16,300,000               |
| 2      | ฟิลิปปินส์   | 14,796,600               |
| 3      | อินเดีย      | 9,500,000                |
| 4      | บราซิล       | 3,033,830                |
| 5      | ศรีลังกา     | 1,950,000                |
| 6      | ไทย          | 1,500,000                |
| 7      | เม็กซิโก     | 950,000                  |
| 8      | เวียดนาม     | 940,000                  |
| 9      | ปาปัวนิวกินี | 650,000                  |
| 10     | มาเลเซีย     | 642,000                  |

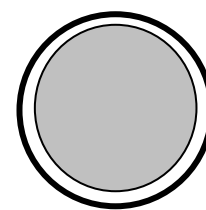
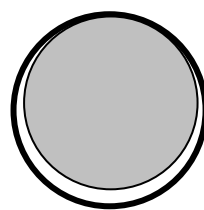
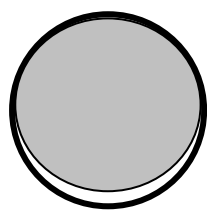
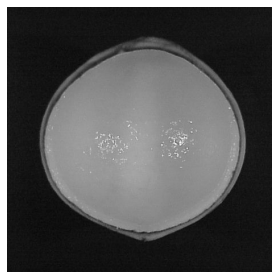
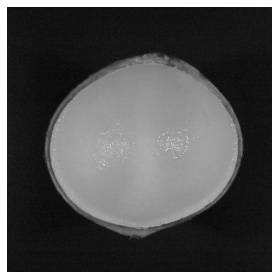
ที่มา: สถิติการผลิตมะพร้าวจากองค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ (2548)

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของชาวสวนมะพร้าวคือ ปัญหาที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยว ผลผลิต ซึ่งการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมอ่อนในระยะที่เหมาะสม จะทำให้ได้ผลมะพร้าวที่มี คุณภาพดี คือน้ำมีรสหอมหวาน และเนื้ออ่อนนุ่มกำลังรับประทาน ผลมะพร้าวที่มีอายุอ่อนเกินไป น้ำจะไม่หวานและมีรสอมเปรี้ยว นอกจากนี้ยังไม่มีการสร้างเนื้อเยื่ออีกด้วย ส่วนผลที่แก่เกินระยะ พอเหมาะ แม้น้ำจะหวานแต่จะมีรสขำ และเนื้อก็แข็งเกินไป เมื่อดูจากความหนาของเนื้อเยื่อเป็น เกณฑ์สามารถแบ่งมะพร้าวน้ำหอมออกเป็น 3 ประเภท (จุลพันธ์, 2538) คือ

1. มะพร้าวชั้นเดียว จะมีอายุหลังจากจันทันเปิดประมาณ 170 วัน มะพร้าวเริ่มที่จะสร้างเนื้อ ภายในกะลา เนื้อจะมีลักษณะเป็นวุ้นบางๆ ประมาณครึ่งผล น้ำยังไม่ค่อยหวาน วัดความหวานได้ ประมาณ 5.0-5.6 เปอร์เซ็นต์บrix ไม่เหมาะในการบริโภค

2. มะพร้าวชั้นครึ่ง จะมีอายุประมาณ 180-185 วัน มะพร้าวเริ่มสร้างเนื้อมากขึ้นจนเกือบเต็ม กะลา แต่บริเวณส่วนหัวของผลยังมีลักษณะเป็นวุ้นอยู่บ้าง น้ำมีความหวานประมาณ 6.0-6.6 เปอร์เซ็นต์บrix เริ่มรับประทานได้ ขึ้นกับความชอบของผู้บริโภค

3. มะพร้าวสองชั้น มีอายุประมาณ 200-210 วัน มีเนื้อเต็มกะลา เนื้อหนาอ่อนนุ่ม สามารถ รับประทานได้ทั้งผล น้ำมีความหวานประมาณ 6.6-7.0 เปอร์เซ็นต์บrix



(ก) มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว

(ข) มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง

(ค) มะพร้าวเนื้อสองชั้น

รูปที่ 1 ภาพตัดตามยาวของผล (เมล็ด) มะพร้าวอ่อนแสดงประเภทชั้นเนื้อภายใน

แต่มะพร้าวที่เป็นความต้องการของตลาดเหมาะสมกับการบริโภคคือ มะพร้าวเนื้อสองชั้น เท่านั้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541) ซึ่งในการจำแนก ชาวสวนส่วนใหญ่จะใช้วิธีสังเกตจากสีผล บริเวณรอยต่อผลกับหัวผล ถ้าเห็นสีขาวเป็นวงกว้าง แสดงว่ามะพร้าวอ่อนเกินไป แต่เมื่อสีขาว บริเวณรอยต่อเหลือเพียงเล็กน้อย แสดงว่าได้ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยที่ผลการจำแนกชั้นเนื้อ

มะพร้าวของชาวสวนผู้มีประสบการณ์ สามารถจำแนกได้ถูกต้องเพียงประมาณร้อยละ 46.3 นราธร สังข์ประเสริฐ ได้ทำการนำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอม โดยใช้ภาพถ่ายส่วนบนของมะพร้าวสามารถจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 86.9 ซึ่งขั้นตอนในการจำแนกเริ่มจากตัดมะพร้าวออกจากคั้นนำมาถ่ายภาพ จากนั้นนำภาพที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ คัดแยกชั้นเนื้อมะพร้าวได้ แต่ในกรณีที่มะพร้าวที่ตัดมามีชั้นเนื้อที่ไม่เหมาะสมกับการบริโภค ก็ต้องทิ้งไปทำให้เกิดการสูญเสียผลในการทดสอบ(นราธร,2549) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน โดยการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายบริเวณก้น ซึ่งวิธีการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายบริเวณก้นสามารถที่จะทำการทดสอบผลมะพร้าวอบนต้นมะพร้าวได้โดยตรง โดยที่ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียลูกมะพร้าวไปในการทดสอบ เนื่องจากการจำแนกก่อนที่จะทำการตัดผลมะพร้าวลงมาจากคั้น และวิธีการนี้สามารถทดสอบผลมะพร้าวได้ที่ผล เนื่องจากมะพร้าวในทะเลยเดียวกันไม่ได้อยู่ในประเภทชั้นเนื้อเดียวกันทั้งหมด การจำแนกที่ผลจะทำให้ได้ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมอ่อนที่มีคุณภาพมากที่สุด

## 1.2. การตรวจเอกสาร

มะพร้าวน้ำหอมมีชื่อสามัญว่า Yong Coconut และชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. ซึ่งเป็นพืชวงศ์ Palmae หรือ Arecaceae (ปาล์ม) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541) ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตชาวสวนมีวิธีการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอ่อนดังนี้

### 1.ชาวสวนมะพร้าวที่มีความชำนาญอาจจะดูลักษณะต่างๆดังนี้

- สีของเปลือก มีสีเขียว ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป
- การติดผล สีขิงที่ติดจะแตกต่างกันออกไปตามอายุ
- สีผลบริเวณรอยต่อผลกับขั้วผลถ้าเห็นสีขาวเป็นวงกว้างแสดงว่ามะพร้าวอ่อนเกินไป แต่เมื่อสีขาวบริเวณรอยต่อเหลือเพียงเล็กน้อยแสดงว่าได้ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.สังเกตจันและทะเลยที่อยู่เหนือทะเลยที่ต้องการจะเก็บเกี่ยว การเรียงตัวของใบมะพร้าวจะเป็นชุดทั้งหมด 5 ชุดรอบต้น ซึ่งแต่ละชุดจะเรียงตัวในแนวเดียวกัน โดยทำมุมเฉียงเล็กน้อยจากโคนถึงยอด ในการเก็บเกี่ยวถ้าสังเกตจันและทะเลยในทางใบแต่ละชุดจะพบว่า เริ่มจากทะเลยที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว เหนือขึ้นไปจะเป็นผลอ่อนใหญ่กว่ากำปั้นเล็กน้อย และเหนือทะเลยอ่อนจะเป็นจันที่บานแล้วดอกตัวเมียเพิ่งได้รับการผสมพันธุ์ ถ้าดอกตัวเมียได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะติดผล

อ่อนขนาดผลหมาก หรือโตกว่า เนื้อของทะลายที่จะเก็บเกี่ยวจะค่อนข้างหนา แต่ถ้าจันทน์ที่บ้านยังมี ดอกตัวผู้อยู่มาก และดอกตัวเมียยังไม่บาน เนื้อของทะลายที่จะเก็บเกี่ยวจะบางและเป็นขุ่น

3. นับระยะเวลาเก็บเกี่ยว ต้นมะพร้าวที่สมบูรณ์และออกจันทน์สม่ำเสมอตลอดปี จะแทงจันทน์ โดยเฉลี่ย 20 วัน เพราะฉะนั้นจะต้องเก็บเกี่ยวทุกๆ 20 วัน แต่วิธีนี้ต้นมะพร้าวที่ออกจันทน์ไม่สม่ำเสมอ อาจผิดพลาดได้บ้าง (จุลพันธ์, 2538)

จากวิธีการจำแนกของชาวสวนดังกล่าวพบว่ามีความถูกต้องในการจำแนกเพียงร้อยละ 46.3 ซึ่งถือได้ว่ามีความถูกต้องต่ำ จึงได้มีการคิดค้นเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ในการคัดแยกและตรวจสอบคุณภาพของพืชผลทางการเกษตรขึ้นมากมายหลายวิธี ซึ่งสามารถที่จะแบ่งวิธีการต่างๆ เหล่านี้ออกได้เป็น 2 ประเภทคือ เทคโนโลยีการคัดแยกแบบทำลายผลและเทคโนโลยีการคัดแยกแบบไม่ทำลายผล

เทคโนโลยีการคัดแยกแบบทำลายผล ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียผลไปในการทดสอบจึงไม่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน การคัดแยกแบบนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวอยู่ด้วยกัน 2 งานวิจัยคือ

การวัดทางกายภาพของผลมะพร้าวอ่อน โดยการทดสอบหาแรงกดทะลุโมดูลัสยืดหยุ่น (บัณฑิต จริโมภาส และอัครเดช เพชรสมัย, 2545) ซึ่งได้ทำการทดสอบกับมะพร้าวอ่อนที่มีอายุต่างกัน (หนึ่งชั้น หนึ่งชั้นครึ่ง สองชั้น แก่ แข็งแบบกะลาดำ) มาเข้าเครื่อง Autograph เคนเครื่องเคลื่อนหัวกดที่ความเร็ว 25.0 mm/min กดผิวผลมะพร้าวจนทะลุ ก็จะได้ความสัมพันธ์ที่มีค่าแปรเปลี่ยนไปเมื่อผลมีอายุมากขึ้นก็จะใช้แรงกดมากขึ้นแต่วิธีการนี้จะเป็นการทำลายผล จะไม่สามารถนำมาบริโภคหรือไม่สามารถทำได้ทุกผล

การทดสอบหาความชื้นตามมาตรฐาน ASAE (บัณฑิต จริโมภาส และอัครเดช เพชรสมัย, 2545) โดยนำมาตัดเปลือกเป็นรูปลูกบาศก์ 1 x 1 เซนติเมตรชั่งน้ำหนักเปลือกนั้นก่อนบันทึกผล นำเปลือกเข้าเครื่องอบใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักหลังอบ จึงได้ความสัมพันธ์ของความชื้นต่ออายุผลที่ได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้น แต่วิธีการนี้ก็ใช้เวลานานมากอีกทั้งซับซ้อนยุ่งยากและทำลายผล

เทคโนโลยีการคัดแยกแบบไม่ทำลายผล(Non Destructive Technology: NDT) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการคัดแยกและตรวจสอบคุณภาพจากลักษณะภายนอกเช่น การตรวจสอบสี ขนาด รูปร่างและความเสียหายชำรุด นอกจากนี้ก็มีการตรวจสอบจากลักษณะภายในเช่น เทคโนโลยีของ x-ray, อัลตราโซนิก เป็นต้น แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวกับการคัดแยกและตรวจสอบจากลักษณะของสีภายนอก ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

Tao และคณะ (2538) ได้รายงานความสำเร็จในการศึกษาการตรวจจับสีของมันฝรั่งและแอปเปิลโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ สภาพสีที่ตรวจสอบอยู่ในระบบ HSI (Hue-Saturation-Intensity) โดยได้ทำการตรวจสอบสีเพื่อนำไปเป็นข้อมูลสถิติเพื่อการจำแนกด้วยสี หลักการของการจำแนกเชิงเส้น มีพื้นฐานอยู่บนการทดสอบมันฝรั่งและแอปเปิลมีความสามารถในการตรวจสอบสูงให้ความถูกต้องถึงร้อยละ 90 ในการตรวจสอบสี ซึ่งการนำสมการจำแนกเชิงเส้น (Linear Discriminant Functions) จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการประมาณค่าจากช่วงหรือกลุ่ม

Laykin และคณะ (2542) ได้ออกแบบและสร้างอัลกอริทึมการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของมะเขือเทศเพื่อคัดคุณภาพ โดยมีวิธีการตรวจสอบจากคุณลักษณะต่างๆ เช่น ตรวจสอบสี รูปร่าง ตรวจสอบก้านผล และตรวจสอบรอยดง ซึ่งการตรวจสอบสีเป็นการหาปริมาณความสุกแก่โดยใช้อัลกอริทึม 3 หลักการ หลักการแรกคือ Slide blocks หลักการที่สองคือ Quad tree และหลักการสุดท้ายคือ Mean std ซึ่งหลักการ Slide blocks ให้ผลดีที่สุดในการตรวจสอบสี (color detection) ซึ่งให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องประมาณร้อยละ 92

Wan (2543) ได้ทำการศึกษาหาความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องจักรเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน โดยใช้วิธีการคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) ซึ่งได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าความเข้ม (Color intensity) สีทั้ง 3 มิติในระบบ RGB โดยได้ทำการเทียบกับตัวอย่างในแต่ละระดับที่ได้จัดแบ่งผลความสุกแก่ของปาล์มน้ำมันไว้เป็น 6 ระดับ คือ Black , Hard , Ripe , Over ripe , Empty bunch และ Rotten ซึ่ง Black จะมีความสุกแก่ที่สุด และที่เหลือเรียงตามลำดับ ผลที่ได้แต่ละมิติสีมีอัตราความเข้มของสีต่างกัน และมีเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

Paolo (2545) ได้ทำการศึกษาหาวิธีการวัดสีของผลไม้หรือพืชที่ได้เก็บเกี่ยวมา ที่มีการแสดงในแต่ละสถานะของอายุความสุกแก่ โดยทำการวัดค่าสีของผิวผลไม้โดยรอบๆ กล่าวคือมีการหมุนผลแอปเปิลเป็นวงกลม โดยมีกล้องถ่ายภาพนำเข้าภาพที่ได้จะเป็นภาพต่อเนื่องเป็นพื้นขาวของผิวผลทั้งหมดเพื่อทำการจัดเกรดคุณภาพของผลไม้ ซึ่งใช้วิธีการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมกับภาพสีผิวในระนาบของเฉดสี (Hue) เพื่อหาจุดเปลี่ยนแปลงของสีที่มีต่อความสัมพันธ์ในช่วงอายุ

Yingzi Du และคณะ(2457) ได้ทำการศึกษาหาวิธีการแบ่งแยกข้อมูลภาพวิดีโอ (Video Images) และนำเสนอว่าวิธีการค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีเทา (Gray -level Thresholding) ทำงานได้ดีกับภาพที่มีความละเอียดและซับซ้อนต่ำหรือภาพระดับสีเทา จึงได้ปรับปรุงวิธีการนี้ให้มีความเหมาะสมกับภาพที่มีความละเอียดสีมากขึ้น โดยพิจารณาจากค่าสีหลัก 3 สีคือ แสงสีแดง (R) , สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) ในระบบสี RGB โดยทำการเปรียบเทียบหลักการค่าขีดเริ่มเปลี่ยนสี RGB (RGB Thresholding) ด้วยวิธีของ Otsu , วิธีของ Pal ที่ใช้ค่าเอ็นโทรปีท้องถิ่น (Local Entropy:LE)

และจุดร่วมเอ็นโทรปี(Joint Entropy:JE) และจุดร่วมสัมพัทธ์เอ็นโทรปี(Joint Relative Entropy) ที่กำหนดจุดเริ่มเปลี่ยนสีเริ่มต้นแต่ละสีให้เหมาะสมกับวัตถุที่ต้องการแบ่งแยกข้อมูลวิทัศน์ ซึ่งสรุปการทดลองว่าวิธีการจุดเริ่มเปลี่ยนระดับสีเทาที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการค่าจุดเริ่มเปลี่ยนสี

Wimmer และ Radig(2548) ได้รายงานว่าการศึกษาลักษณะการจำแนกสีของผิวเป็นเรื่องที่ยากที่จะกำหนดค่าเปลี่ยนแปลงของภาพทั้งความเข้มแสง แล่งกำเนิดแสง เงาของภาพและอื่นๆอีกมากมาย จึงได้นำเสนอวิธีการจำแนกสีผิวด้วยค่าพารามิเตอร์(Parameter) ที่สามารถเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขของแต่ละภาพโดยใช้ค่าความเหมือนของจุดภาพสีในระบบสี RGB ในการติดตามเพื่อรู้จำหน้าในลักษณะใกล้เคียงเวลาที่ภาพขนาด 480 X 360 จุดภาพใช้เวลา 107 ภาพต่อวินาที และขนาด 640 X 480 จุดภาพใช้เวลา 44 ภาพต่อวินาทีด้วยคอมพิวเตอร์หน่วยประมวลผล Pentium 4 1800 MHz โดยใช้ Opencv

นพดล อรุณยะเดช (2545) ได้ทำการวิเคราะห์ความแก่ของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยเน้นองค์ประกอบทางลักษณะที่สำคัญมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลซึ่งมีความถูกต้องต่ำ จึงได้พบวิธีการหาความสูง-แก่ของผลส้มโอขาวน้ำผึ้ง จากระยะห่างของต่อมน้ำมันที่มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเชิงเส้นต่ออายุความสูง-แก่ของผลส้มโอ เป็นวิธีการที่นำเอาคุณลักษณะเด่น (Feature Extractions) ของผลไม้แต่ละชนิดที่มีอยู่ไม่เหมือนกันมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งให้การทดสอบด้วยวิธีนี้ถูกต้องถึงร้อยละ 81.82 วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่ายเพราะสามารถทำได้ในภาพนำเข้าระบบสีเทา

พูนพัฒน์ พูนน้อย และอัมพวัน ตันสกุล (2548) ได้พัฒนากระบวนการคัดคุณภาพมะม่วงระบบเครื่องจักรวิทัศน์ โดยระบบจะคัดแยกขนาด ความสูงและค่าน้ำหนัก การคัดแยกความสูงนี้ได้ใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนของปริมาณของพื้นที่สีเหลืองที่ปรากฏบนเปลือกของผลต่อปริมาณพื้นที่ทั้งหมด พบว่าอัตราส่วนพื้นที่สีเหลืองต่อพื้นที่ทั้งหมดประมาณร้อยละ 10 หรือมากกว่า กำหนดให้เป็นมะม่วงสุกไม่เหมาะสมต่อการส่งออกให้ความถูกต้องได้ร้อยละ 93.4 ส่วนมะม่วงที่แก่แต่ยังไม่สุกสามารถคัดได้ถูกต้องร้อยละ 68.1 และมะม่วงอ่อนสามารถคัดได้ถูกต้องร้อยละ 42.6 ซึ่งเมื่อเทียบกับการคัดด้วยคนแล้วมีประสิทธิภาพการจำแนกค่อนข้างต่ำ และที่สำคัญความถูกต้องจะมีมากเมื่อเป็นการวัดมะม่วงที่สุก ซึ่งจะไม่มีการโยชน์ใดต่อการส่งออก แต่มะม่วงที่เหมาะสมต่อการส่งออกคือมะม่วงแก่เท่านั้น ข้อดีของวิธีการนี้คือสามารถที่จะทำได้ง่ายไม่ซับซ้อนแต่ภาพนำเข้าจะต้องเกิดจากระบบแสงประดิษฐ์

นราธร สังข์ประเสริฐ และธเนศ เคารพพงศ์(2549)ได้นำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น วิธีการทดลอง

เริ่มจากตัดลูกมะพร้าวลงมาจากต้นก่อน แล้วทำการประมวลผลจากภาพถ่ายภายนอกผลตรงบริเวณ ขั้วผลด้านบน โดยทำการหาค่าของสีในระบบสี CIE L\*a\*b ผลการทดลองพบว่าปริมาณสีมีค่า เพิ่มขึ้นตามอายุของผลมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น วิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องร้อยละ 86.9 แต่วิธีการ นี้มีข้อเสียตรงที่ในการทดสอบจะต้องทำการตัดลูกมะพร้าวลงมาจากต้นมะพร้าวก่อน ซึ่งถ้าหากผล ที่นำมาทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการบริโภคก็จะทำให้เกิดการสูญเสียผลในการทดสอบ

### 1.3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะสีภายนอกบริเวณก้นของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนและ สามารถจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนได้
2. เพื่อทำการปรับปรุงเทคโนโลยีการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนโดยไม่ทำลาย และสูญเสียผลมะพร้าว
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวผลผลิตของชาวสวนและเพิ่มคุณภาพผลผลิต มะพร้าวน้ำหอม

### 1.4. ขอบเขตของการวิจัย

1. พันธุ์มะพร้าวที่ใช้ในการตรวจสอบใช้พันธุ์มะพร้าวน้ำหอมเปลือกสีเขียวและสภาพผล ไม่โดนทำลายจนไม่สามารถวิเคราะห์ลักษณะสีและรูปร่างได้
2. จำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมโดยการวิเคราะห์จากลักษณะสีภายนอกตรงบริเวณ ก้นมะพร้าว

### 1.5. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

- ขั้นที่ 1: ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับ การคิดแยกและตรวจสอบคุณภาพพืชผลทางการเกษตร ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และบทความที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นที่ 2: ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการประมวลผลภาพ เช่น การหาขอบภาพ การหา พื้นที่สี และศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งแยกวัตถุออกเป็นกลุ่มๆ
- ขั้นที่ 3: ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างของลูกมะพร้าว
- ขั้นที่ 4: ทำการออกแบบอัลกอริธึมเพื่อหาลักษณะเด่นและทำการแยกประเภทของลูกมะพร้าว น้ำหอมอ่อน
- ขั้นที่ 5: ทำการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขอัลกอริธึม
- ขั้นที่ 6: ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

## ขั้นที่ 7: จัดทำวิทยานิพนธ์

### 1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนได้
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะพร้าว น้ำหอมอ่อนของชาวสวนได้
3. เป็นแนวทางให้กับผู้ที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการคัดแยกพืชผลทางการเกษตร โดยไม่ทำลายผล



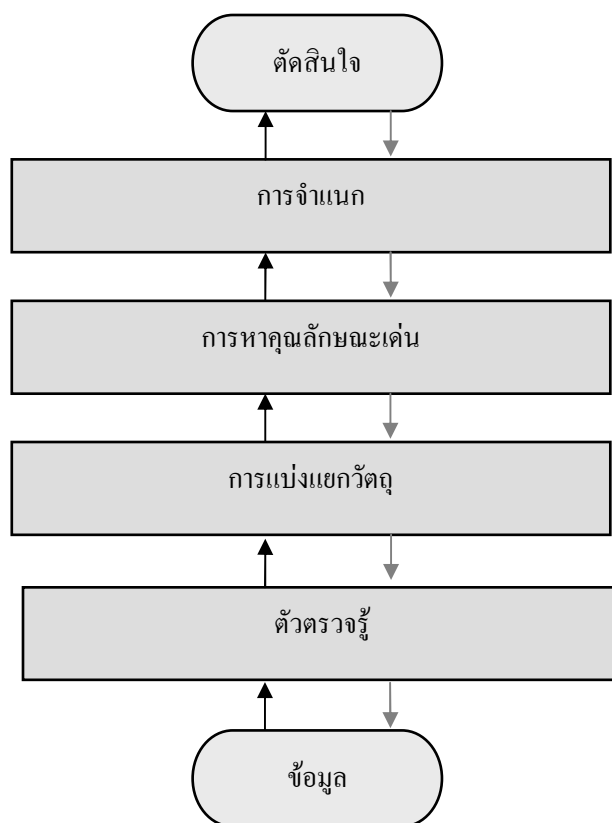
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1. ระบบรู้จำรูปแบบ

การรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์แยกแยะสิ่งต่างๆ ยกตัวอย่างง่ายๆ เช่น แยกแยะได้ว่าสิ่งไหนคือ วงกลม สิ่งไหนคือสี่เหลี่ยม สี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ก็นับเป็นสี่เหลี่ยมเหมือนกัน จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นได้ว่าสิ่งต่างๆ ที่จะนำมาแยกแยะนั้น ต้องมีลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกความเป็นตัวมันเอง และอาจจะมีลักษณะปลีกย่อยต่างกันก็ได้ วิธีการในการทำการรู้จำรูปแบบคือ พยายามสอนให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าลักษณะสำคัญนั้นคืออะไร เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา ก็จะพิจารณาจากสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วตัดสินใจได้ สำหรับงานวิจัยนี้สิ่งที่ต้องการสอนให้คอมพิวเตอร์ทำการแยกแยะก็คือ การแยกแยะประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภทคือ มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว ประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และประเภทเนื้อสองชั้น

ในระบบการรู้จำรูปแบบสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายขั้นตอนคือ จากข้อมูลนำเข้าผ่านตัวตรวจรู้ เช่น กล้องถ่ายภาพ ซึ่งจะทำการแปลงภาพให้เป็นสัญญาณทางดิจิทัล จากนั้นทำการแบ่งแยกวัตถุ โดยการแยกส่วนที่สนใจกับส่วนที่ไม่สนใจออกจากกัน ทำการหาคุณลักษณะเด่นของวัตถุ แล้วสร้างแบบจำลองการจำแนกและทำการจำแนกวัตถุ จากนั้นทำการปรับปรุงกระบวนการจำแนกและลักษณะที่ผิดพลาด สุดท้ายทำการตัดสินใจผลการจำแนก และในบางระบบอาจมีการป้อนกลับของผลลัพธ์ในบางขั้นตอนได้ด้วยดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบการรู้จำรูปแบบ

### 2.1.1. ข้อมูล

ข้อมูล คือ สิ่งที่ต้องการนำมาทดสอบ เพื่อทำการจำแนกว่าอยู่ในกลุ่มใดซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายๆกลุ่ม สำหรับในงานวิจัยนี้ข้อมูลก็คือมะพร้าว น้ำหอมอ่อน

### 2.1.2. ตัวตรวจรู้

ตัวตรวจรู้ คือ อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับและตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น สำหรับมนุษย์นั้นการตรวจจับหลักๆ คือ รูป รส กลิ่น เสียงและสัมผัส ซึ่งการที่จะตรวจรู้ให้ครบทั้ง 5 องค์ประกอบ จะต้องมีการตรวจวัดที่ต่างกัน เช่น ใช้ตาสำหรับการตรวจจับรูป ใช้ลิ้นสำหรับการตรวจจับรส เป็นต้น สำหรับระบบดิจิทัลก็มีตัวตรวจรู้อยู่หลายประเภท เพื่อให้การตรวจรู้เป็นไปได้สำหรับทุกสถานะ โดยแบ่งตามประสาทสัมผัสของมนุษย์เช่น ตัวตรวจรู้ด้วยแสง เป็นตัวตรวจรู้ที่ให้เอาท์พุทเมื่อได้รับแสง เช่น LDR ตัวตรวจรู้ด้วยเสียง เป็นตัวตรวจรู้ที่ให้เอาท์พุทเมื่อได้รับคลื่นเสียง เช่น ไมโครโฟน เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการตรวจรู้สีและรูปร่าง อุปกรณ์ที่ใช้คือกล้องถ่ายภาพดิจิทัล เอาท์พุทที่ได้ก็คือภาพถ่าย

### 2.1.3. การแบ่งแยกวัตถุ

การแบ่งแยกวัตถุ คือ การแยกส่วนที่สนใจและไม่สนใจออกจากกัน สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการแยกภาพส่วนที่เป็นพื้นหลังออกจากส่วนที่เราสนใจซึ่งก็คือภาพของก้นมะพร้าว น้ำหอม นั่นเองโดยใช้วิธีการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) (ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.4)

### 2.1.4. การหาคุณลักษณะเด่น

ในการจำแนกสิ่งของหรือการจำแนกประเภท สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องจำเป็นอย่างมากนั้นคือคุณลักษณะเด่น ซึ่งเป็นตัวบอกคุณลักษณะในการแสดงความเป็นสมาชิกของกลุ่มต่างๆ หรือประเภทต่างๆ ได้ อาทิเช่น ขนาด, น้ำหนัก, ความสูง, ความยาว, จำนวนหรือสี สำหรับงานวิจัยนี้จะให้ปริมาณของพื้นที่สีเป็นลักษณะเด่นในการจำแนก (ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.2)

### 2.1.5. การจำแนก

การจำแนกเป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองจัดการข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่กำหนดมาให้ เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มของข้อมูลได้ และเพื่อทำนายว่าข้อมูลนี้ ควรจัดอยู่ในกลุ่มใด ซึ่งแบบจำลองที่ใช้จำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามที่ได้กำหนดไว้ จะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ชุดของข้อมูลทดลอง (Training Data) โดยนำชุดข้อมูลทดสอบมาสอนให้ระบบเรียนรู้ว่ามีข้อมูลใดอยู่ในกลุ่มเดียวกันบ้าง ผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ คือ แบบจำลองการจำแนกประเภทข้อมูล (Classifier Model) แบบจำลองนี้สามารถแทนได้ในหลายรูปแบบ เช่น Classification (IF-THEN) Rules, Decision Tree, Mathematical Formulae หรือ Neural Networks และจะนำข้อมูลส่วนที่เหลือจากชุดข้อมูลทดลองเป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (Testing Data) ซึ่งเป็นกลุ่มที่แท้จริงของข้อมูลที่ใช้ทดสอบนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ กลุ่มที่หามาได้จากแบบจำลองเพื่อทดสอบความถูกต้อง โดยเราจะปรับปรุงแบบจำลองจนกว่าจะได้ค่าความถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา เราจะนำข้อมูลผ่านแบบจำลอง โดยแบบจำลองจะสามารถทำนายกลุ่มของข้อมูลนี้ได้ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การประมาณด้วยสมการถดถอย (ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.5)

### 2.1.6. การปรับปรุงการจำแนก

ขั้นตอนนี้ไม่จำเป็นต้องมีหากการรู้จำ (Recognizer) ทำงานได้ดีเพียงพอ ปกติแล้วในขั้นนี้จะเป็นการปรับปรุงผลที่ได้จากการรู้จำ โดยใช้ความรู้อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับงานนั้นๆมาช่วย

### 2.1.7. ตัดสินใจ

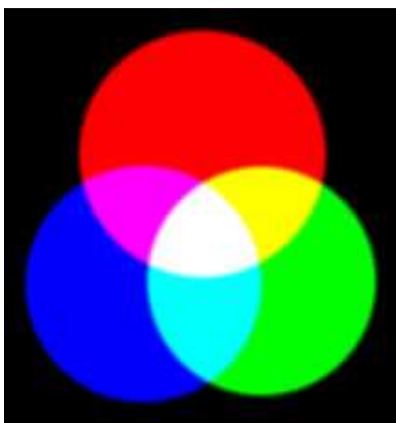
การตัดสินใจ เป็นกระบวนการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด จากข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมดในหลายๆทางเลือก สำหรับงานวิจัยนี้ทำการตัดสินใจโดยการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างกราฟ ซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 3

## 2.2. มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับนำไปใช้แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในระนาบ 3 มิติ โดยมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในระนาบซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แแกนสีแดง เขียว และน้ำเงินในระบบ HLS จะมีแกนเป็น ค่าเฉดสี (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation)

### 2.2.1. ระบบสี RGB

ระบบสี RGB (RGB color model) เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึม จะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามทึ่สายตามองเห็นได้ 7 สี คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน ครามและม่วง ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสีที่มีช่วงคลื่นที่สายตาสามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงสุด คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อุลตราไวโอเล็ต (Ultra Violet) และคลื่นแสงสีแดง มีความถี่คลื่นต่ำที่สุด คลื่นแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดงเรียกว่า อินฟราเรด (Infrared) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจากแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง โดยแสงสีต่างๆจะเกิดจากการผสมกันระหว่างแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ภาพที่นำมาประมวลผลนั้นจะเก็บค่าสีในลักษณะรูปแบบสี RGB ซึ่งรูปแบบสี RGB นี้ ค่าของสีแดง เขียวและน้ำเงิน จะเปลี่ยนไปตามความเข้มแสง กล่าวคือ ถ้าแสงสว่างมาก ค่าของสีทั้งสามสีจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่หากมีแสงสว่างน้อย ค่าของสีทั้งสามจะมีค่าลดลง



รูปที่ 3 ระบบสี RGB

### 2.2.2. ระบบสี HSV

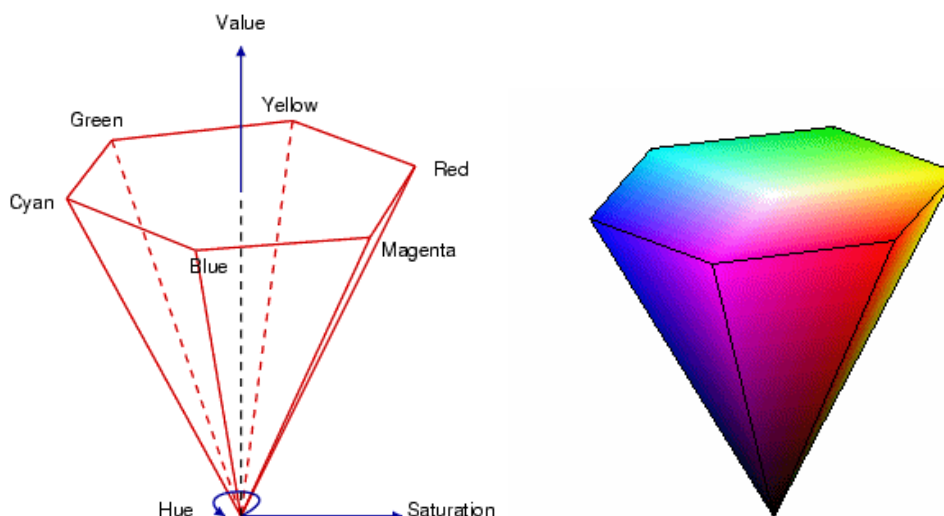
ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ ค่าเฉดสี (Hue) ค่าความบริสุทธิ์ของสี (Saturation) และค่าความสว่าง (Value) ซึ่งค่าเฉดสี คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียว และน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้าค่าเฉดสี มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อค่าเฉดสี มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้งซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดงเท่ากับ 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา

ค่าเฉดสี สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ได้ดังนี้

$$red_h = red - \min(red, green, blue) \quad (1)$$

$$green_h = green - \min(red, green, blue) \quad (2)$$

$$blue_h = blue - \min(red, green, blue) \quad (3)$$



รูปที่ 4 ระบบสี HSV

จากลักษณะโมเดลของระบบค่าเฉดสี พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว ค่าเฉดสีจะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสีที่สาม และถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของค่าเฉดสี หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว-ดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ

ค่าความบริสุทธิ์ของสี ซึ่งถ้าค่าความบริสุทธิ์ของสี มีค่าเท่ากับ 0 แล้ว สีที่ได้จะไม่มีค่าเฉดสีซึ่งจะเป็นสีขาวล้วน แต่ถ้าค่าความบริสุทธิ์ของสีมีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย

ค่าความบริสุทธิ์ของสี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Saturation} = \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue})} \quad (4)$$

Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Value} = \max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (5)$$

### 2.2.3. ระบบสี CIE แบบ XYZ

ระบบ CIE ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1931 เมื่อ Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ได้เห็นความจำเป็นที่ต้องมีระบบการวัดสีในรูปแบบของการอ้างอิงที่วัตถุ (Objective) ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสี โดยจะวัดสีออกมาเป็นตัวเลขซึ่งมีข้อดีอยู่หลายประการคือ เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล ทำให้ลดปัญหาขัดแย้งลงได้

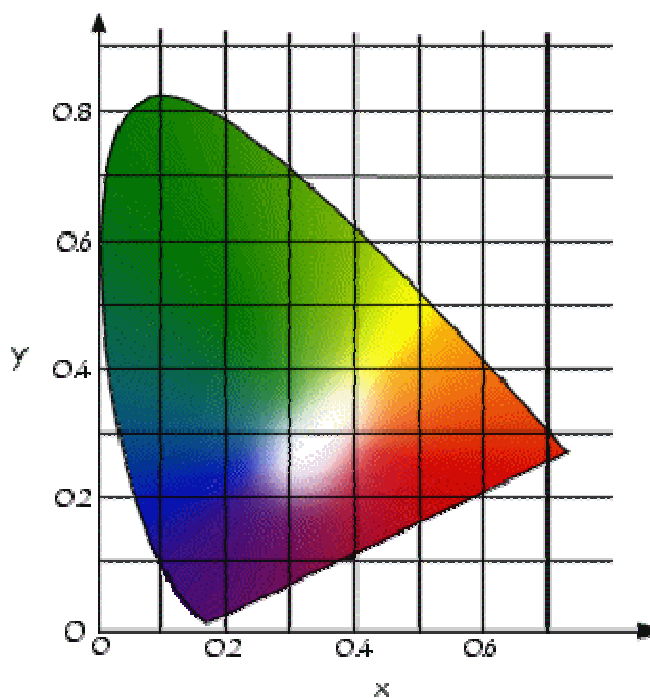
เป็นระบบการวัดสีออกมาเป็นตัวเลข ดังนั้นถึงแม้สีจะซีดลงตามกาลเวลา แต่ตัวเลขที่มีอยู่ก็ยังสามารถวัดสีเดิมเป็นอย่างไร เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณและทำนายสูตรสีผสมได้ด้วย เป็นระบบสีที่ CIE ได้กำหนดให้มีขึ้นมาเป็นมาตรฐาน เนื่องจากในระบบสี RGB ยังไม่สามารถสร้างสีที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังนั้นจึงได้ตั้งระบบสี XYZ ซึ่งเป็นระบบสีที่สมมุติขึ้น โดยค่า XYZ เป็นค่า Tristimulus Values เป็นค่าที่สามารถระบุค่าสีออกมาเป็นตัวเลข แต่ก็จำเป็นต้องเข้าใจหรือหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดังกล่าวกับลักษณะของสีที่มองเห็น เช่น ค่าเฉดสี, ค่าความสว่าง และค่าความสดใของสีด้วย ดังนั้นการระบุสีโดยใช้ค่า X, Y และ Z นั้นจึงยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากนัก และเพื่อให้การระบุสีโดยใช้ตัวเลขสามารถสื่อความหมายของสีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้มีการคำนวณค่า CIE Chromaticity Coordinates จากค่า Tristimulus Values ดังนี้คือ

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (6)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (7)$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (8)$$

โดยที่ X, Y และ Z คือ CIE Chromaticity Coordinate โดย  $X+Y+Z=1$  เมื่อนำค่า X และ Y มาลงจุดกราฟจะได้แผนผังที่ใช้บอกสีเรียกว่า CIE Chromaticity Diagram ซึ่งมีลักษณะคล้ายเกือกม้า ดังรูปที่ 5 CIE Chromaticity Diagram นี้จะบอกได้เพียงลักษณะของสีที่ปรากฏให้เห็น (Hue) ความสดใของสี (Chroma) เท่านั้น แต่ถ้าต้องการบอกลักษณะของสีที่หมายถึงความสว่างของสี (Value หรือ Lightness) จะต้องกำหนดด้วยค่า CIE Tristimulus Values, Y ดังนั้นในการระบุสีจึงสามารถระบุด้วยค่า x, y และ Z จึงจะได้ลักษณะสีที่ครบถ้วน



รูปที่ 5 ระบบสี CIEXYZ

#### 2.2.4. ระบบสี CIE แบบ L\*a\*b(CIELAB)

เนื่องจากการระบุสีเป็นตัวเลข 2 ระบบ คือ ระบบที่ระบุตัวเลขด้วยค่า CIE Tristimulus Values ( X, Y และ Z ) และ CIE Chromaticity Coordinates ( x, y และ Y ) ยังมีข้อเสีย จำเป็นต้องมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง CIE Chromaticity Coordinates System ไปเป็นระบบใหม่หรือสมการใหม่ที่สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ( Uniform Chromaticity System, UCS ) ซึ่งก็ได้ทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกันอย่างมากมาย ( Gunter et al, 2000 ) จนกระทั่งปัจจุบันนี้สมการที่ใช้ในการระบุสีที่นิยมอย่างกว้างขวางก็คือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของสีในระนาบดังรูปที่ 6

โดย L\* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)

L เป็น - วัตถุที่มีความมืดออกดำ

L เป็น + วัตถุที่มีความสว่างออกขาว

\*a ใช้กำหนดสีแดง หรือเขียว

a เป็น + วัตถุที่มีสีออกแดง

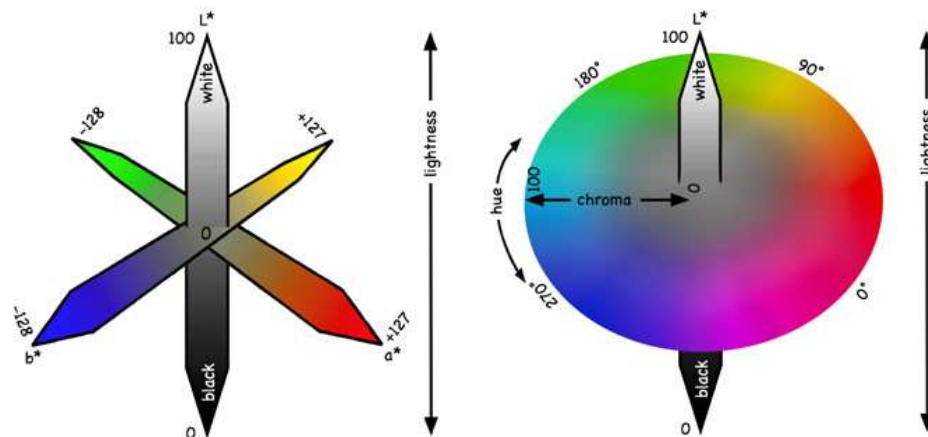
a เป็น - วัตถุที่มีสีออกเขียว

\*b ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุที่มีสีออกเหลือง

b เป็น - วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน





รูปที่ 6 ระบบสี CIELAB

### 2.3. เทคนิคการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement Technique)

การปรับปรุงภาพเป็นขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้นให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำไปสู่กระบวนการประมวลผลต่อไป

#### 2.3.1. การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา

เป็นวิธีการแปลงภาพสีแบบ RGB ดังรูปที่ 7(ก) เป็นภาพระดับสีเทา (Gray-scale Image Transform) ดังรูปที่ 7(ข) เป็นการแปลงค่าข้อมูลภาพให้แสดงถึงค่าความสว่างของภาพเพียงอย่างเดียว โดยปราศจากค่าข้อมูลของสีภาพ โดยทั่วไปภาพระดับสีเทาจะประกอบไปด้วยค่าความสว่างที่แตกต่างกัน 256 ระดับมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 นั่นคือไล่ความสว่างจากมืดไปจนถึงขาวดังรูปที่ 8 และความสัมพันธ์การแปลงสีภาพเป็นภาพระดับสีเทาสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 9

$$\text{Grayscale}(x, y) = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (9)$$

โดยที่  $\text{Grayscale}(x,y)$  คือ ค่าระดับสีเทาที่ได้จากการคำนวณของจุดภาพของสี  $\text{RGB}(x,y)$

R คือ ค่าสีแดงในภาพระบบสี RGB ของจุดภาพของสี  $\text{R}(x,y)$

G คือ ค่าสีเขียวในภาพระบบสี RGB ของจุดภาพของสี  $\text{G}(x,y)$

B คือ ค่าสีน้ำเงินในภาพระบบสี RGB ของจุดภาพของสี  $\text{B}(x,y)$



(ก) ภาพระบบสี RGB

(ข) ภาพระดับสีเทา

รูปที่ 7 ตัวอย่างการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา



รูปที่ 8 ลักษณะของมาตรฐานระดับสีเทา

### 2.3.2. การขยายจุดภาพ

การขยายจุดภาพเป็นส่วนหนึ่งของการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ (Morphological Image Processing) เช่น ตัดต่อ แต่งเติม และขยายจุดภาพ เป็นต้น โดยอาศัยหลักทฤษฎีของเซต (Set) ซึ่งในเทคนิควิธีนี้จะแทนรูปร่างหรือรูปทรงวัตถุในภาพ เช่นกลุ่มจุดภาพที่มีสีดำของภาพ 2 ระดับหรือกลุ่มจุดภาพที่มีสีขาวของภาพ 2 ระดับโดยเทคนิควิธีการขยายต่อเติมจุดภาพ เป็นการกระทำที่มีการเปลี่ยนแปลงจุดภาพสีดำหรือมีค่าเท่ากับ “0” ที่ติดกับจุดภาพสีขาวหรือมีค่าเท่ากับ “1” ให้มีค่าเป็น “1” ซึ่งการกระทำลักษณะนี้เป็นการขยายจุดภาพนั่นเอง สามารถเขียนอธิบายในรูปของเซตดังสมการที่ 10 (Gonzalez R.C. and Woods R.E.,1993) มีการดำเนินการขยายจุดภาพดังรูปที่ 9

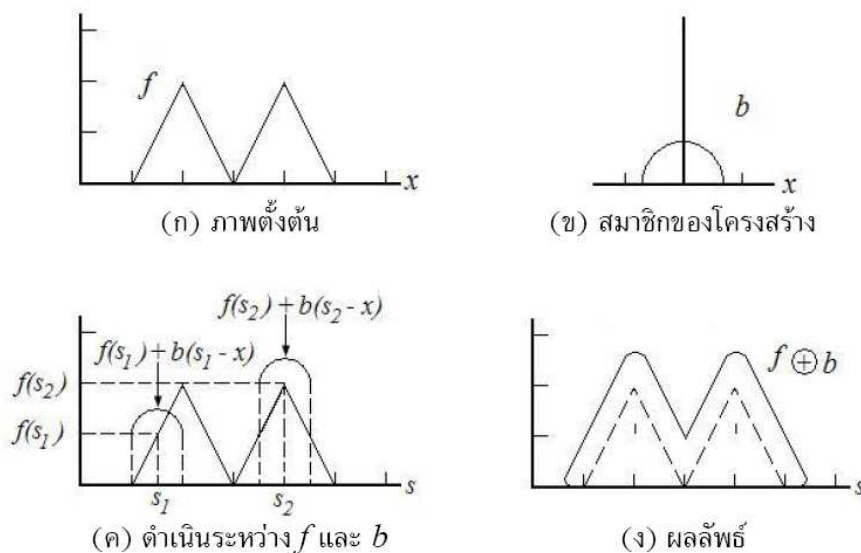
$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s - x, t - y) + b(x, y) \mid (s - x), (t - y) \in D_f; (x, y) \in D_b\} \quad (10)$$

โดยที่  $f$  คือ ภาพนำเข้าหรือภาพดั้งเดิม

$b$  คือ สมาชิกของโครงสร้าง (Structuring element) ซึ่งจะมีรูปร่างอย่างไรก็ได้

$D_f$  และ  $D_b$  คือ ขอบเขตของ  $f$  และ  $b$

- s คือ ตำแหน่งที่เปลี่ยนไปทางด้านขวา (+) และด้านซ้าย (-)  
 t คือ ตำแหน่งที่เปลี่ยนไปทางด้านบน (+) และด้านล่าง (-)  
 x และ y คือ จุดพิกัดบนแกนแนวนอน (x) และแกนแนวตั้ง (y)



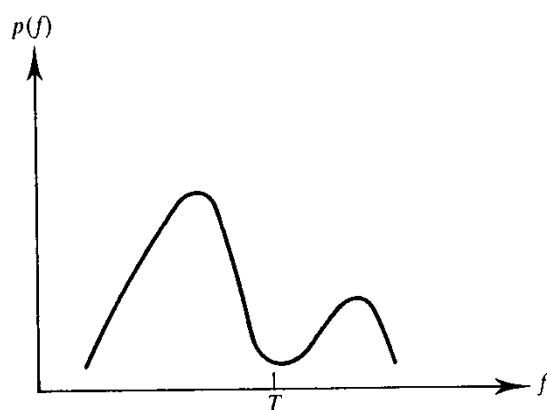
รูปที่ 9 ลักษณะการดำเนินการขยายจุดภาพ

## 2.4. เทคนิคการแบ่งแยกวัตถุ

สำหรับภาพบางชนิดจะมีลักษณะวัตถุที่เราสนใจ ซึ่งมีความเข้มที่คงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลัง ซึ่งภาพเหล่านี้ จะมีความเข้มของวัตถุที่เราสามารถแยกออกพื้นหลังได้อย่างชัดเจน (มีความเข้มขึ้นสองระดับได้แก่ความเข้มของวัตถุและความเข้มของพื้นหลัง) ดังรูปที่ 10 การแบ่งแยกวัตถุสามารถทำได้โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ซึ่งเป็นค่าความเข้มที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังได้ดังรูปที่ 11(ก) โดยปกติแล้วการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยน จะขึ้นอยู่กับฮิสโทแกรม (Histogram) ของจุดภาพทั้งภาพดังรูปที่ 11(ข) แล้วทำการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนความเข้มดังสมการที่ 11 ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 11(ค)

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x, y) > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

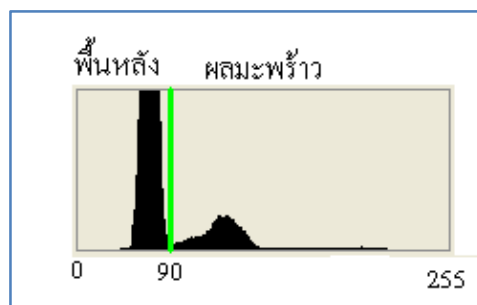
เมื่อ  $g(x, y)$  เป็นข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งที่  $x, y$   
 $T$  เป็นค่า ขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold)



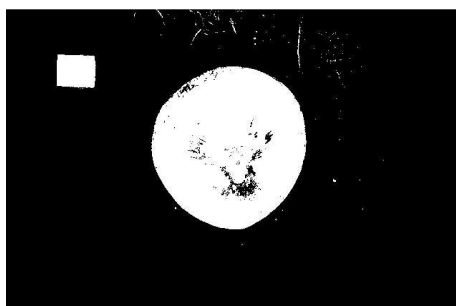
รูปที่ 10 การกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ฮิสโทแกรม



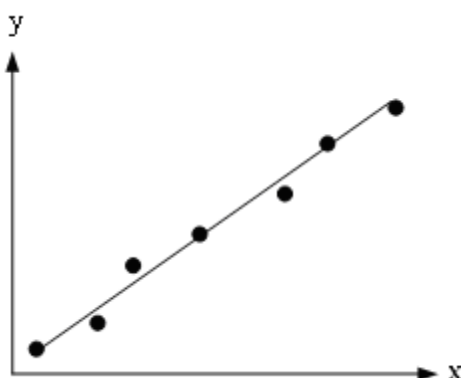
(ค) ภาพหลังทำค่าขีดเริ่มที่ 90

รูปที่ 11 ตัวอย่างการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยน

## 2.5. การถดถอย

การถดถอย (Regression) เป็นวิธีการทางสถิติวิธีการหนึ่งที่ใช้สำหรับการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล 2 ชุด และในด้านงานวิศวกรรมสามารถนำการถดถอยมาประยุกต์ใช้ในการปรับแต่งเส้นโค้ง (Curve Fitting) เพื่อทำการหาแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลที่มีตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่อยู่ในการทดลองได้ โดยการถดถอยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ การถดถอยเชิงเดียว (Simple Regression), การถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression), และการถดถอยแบบเส้นโค้ง (Curvilinear Regression) (วีระยุทธ, 2550)

การถดถอยเชิงเดียว เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชุด คือตัวแปรต้น 1 ชุด และตัวแปรตาม 1 ชุด โดยอยู่ในรูปฟังก์ชัน  $y = f(x)$  โดย  $x$  แทนตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และ  $y$  แทนตัวแปรตาม (Dependent Variable) ในกรณีที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามเป็นเส้นตรงเรียกว่า การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดียว (Simple Linear Regression) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 12 และยังมีการหาความสัมพันธ์ที่ไม่แปรผันกันตามเส้นตรง โดยวิธีนี้จะต้องกำหนดกำลังสูงสุดของโพลีโนเมียล



รูปที่ 12 การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดียว

การถดถอยเชิงซ้อน เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 3 ชุด ขึ้นไป โดยมีตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ 1 ชุด และตัวแปรตาม 2 ชุดขึ้นไป โดยรูปแบบของฟังก์ชันของการถดถอยเชิงซ้อนจะอยู่ในรูป  $y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  ในกรณีที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามเป็นเส้นตรงเรียกว่า การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression)

การถดถอยแบบเส้นโค้ง เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม จะอยู่ในลักษณะของเส้นโค้ง โดยในการพิจารณาการถดถอยแบบเส้นโค้งนี้ อาจจะเป็นได้ทั้งกรณีที่เป็นการถดถอยเชิงเดียว และการถดถอยเชิงซ้อน

### 2.5.1. การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดียว (Simple Linear Regression)

ในการหาแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะการจัดเรียงข้อมูลเป็นเส้นตรงจะเรียกว่า การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดียว โดยมีสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  เป็นดังนี้

$$y = a_0 + a_1x + e \quad (12)$$

โดย  $a_0$  = สัมประสิทธิ์ของสมการแทนจุดตัดแกน y  
 $a_1$  = สัมประสิทธิ์ของสมการแทนความชันของเส้นตรง  
 $e$  = ความคลาดเคลื่อน (Error) ระหว่างสมการถดถอยและข้อมูลจริง

จากสมการที่ (12) ค่าความคลาดเคลื่อน จะแทนผลต่างในแกนของตัวแปรตามโดยเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$e = y - a_0 - a_1x \quad (13)$$

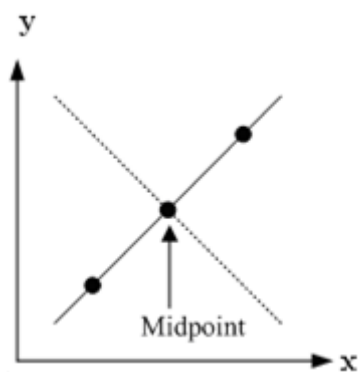
จากสมการที่ (13) สามารถแยกพจน์ทางด้านขวาของสมการออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ได้จากการบันทึกจริงคือ  $y$  และส่วนที่เป็นสมการถดถอยคือ  $a_0 + a_1x$  ซึ่งมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรงดังสมการที่ (14)

$$\hat{y} = a_0 + a_1x \quad (14)$$

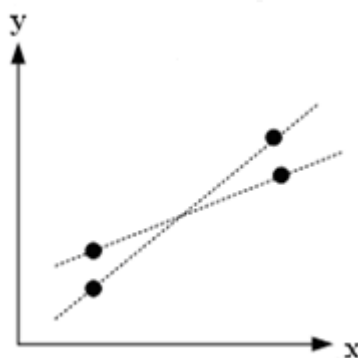
จากสมการที่(14) แนวทางหนึ่งในการเลือกสมการถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะนำมาใช้แทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม คือ การทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด จากสมการที่ (14) เมื่อแปลงรูปสมการให้อยู่ในรูปของค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละจุดข้อมูลจะได้

$$\sum_{i=1}^n e_i = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i) \quad (15)$$

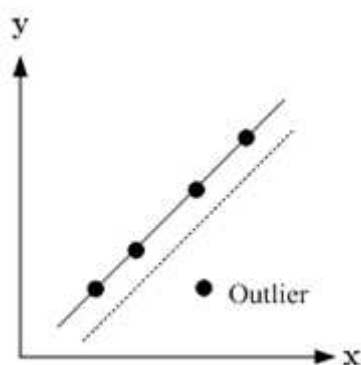
โดยที่ค่า  $n$  แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดจากสมการที่ (15) พบว่าถ้ากำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลที่บันทึกได้ กับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจากสมการถดถอยมีค่าน้อยที่สุด นั้น ยังไม่เพียงพอโดยพิจารณาจากรูปที่ 13 (ก)



(ก) การหาค่าขีดต่ำสุดของผลรวมของค่าคลาดเคลื่อน



(ข) การหาค่าขีดต่ำสุดของผลรวมของค่าสมบูรณ์ของค่าคลาดเคลื่อน



(ค) การหาค่าขีดต่ำสุดของค่าคลาดเคลื่อนที่มีค่าสูงที่สุด

รูปที่ 13 ตัวอย่างการปรับแต่งเส้นโค้งในลักษณะต่างๆ

จากรูปที่ 13 (ก) พบว่าเมื่อทำการหาค่าขีดต่ำสุดของผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนให้มีค่าต่ำที่สุด แม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุดก็จริง แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนมีค่าทั้ง

บวกและลบ ดังนั้นในกรณีของเส้นประแสดงให้เห็นถึงข้อเสียของวิธีการนี้คือ ให้ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเช่นกัน แต่แนวโน้มที่ได้จะไม่ถูกต้อง

ในส่วนของการหาค่าต่ำสุดของผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าคลาดเคลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 13 (ข) มีสมการอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\sum_{i=1}^n |e_i| = \sum_{i=1}^n |y_i - a_0 - a_1 x_i| \quad (16)$$

จากสมการที่ (16) แสดงดังรูปที่ 13 (ข) ซึ่งแสดงดังเส้นประสองเส้น แสดงให้เห็นว่าการพิดเส้นโค้งด้วยวิธีการหาค่าต่ำสุดของค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนจะให้เส้นแนวโน้มที่เหมาะสมมากกว่า 1 เส้น

ส่วนวิธีการหาค่าต่ำสุดของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีค่ามากที่สุดนั้น เป็นการทำให้ระยะคลาดเคลื่อนระหว่างจุดข้อมูลที่มีการกระจายตัวออกห่างจากเส้นแนวโน้มมากที่สุด ให้มีค่าน้อยที่สุดดังแสดงในรูปที่ 13 (ค) จากรูปดังกล่าว แนวเส้นประคือ แนวเส้นแนวโน้มที่ทำการหาค่าจำนวนที่น้อยที่สุดในจำนวนมาก ซึ่งปกติเส้นแนวโน้มที่แท้จริงเป็นเส้นทึบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรณีที่ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามาก ๆ นั้น วิธีการการหาจำนวนที่น้อยที่สุดในจำนวนมากนั้นจะให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจนัก

เพื่อที่จะกำจัดปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการหาแนวโน้มของของเส้นโค้งทั้ง 3 วิธีนั้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ การหาค่าต่ำสุดของค่ากำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยสมการจะอยู่ในรูป

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2 \quad (17)$$

SSE คือ Sum of Square of Error หรือ Unexplained Sum of Square

จากสมการที่ (17) สมการของแนวโน้มของข้อมูลจะอยู่ในรูปของ  $a_0 + a_1 x$  ดังนั้นการหาค่าสัมประสิทธิ์  $a_0$  และ  $a_1$  จะใช้วิธีการหาอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivative) โดยทำการหาอนุพันธ์ย่อยสมการที่ (17) เทียบกับตัวแปรทั้งสองตัว

$$\frac{\partial SSE}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 x_i) \quad (18)$$

$$\frac{\partial SSE}{\partial a_1} = -2 \sum [(y_i - a_0 - a_1 x_i) x_i] \quad (19)$$

จากสมการที่ (18) และ (19) เมื่อต้องการค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดนั้น ค่าอนุพันธ์จะต้องเท่ากับ 0 ดังนั้นจะได้

$$0 = \sum y_i - \sum a_0 - \sum a_1 x_i \quad (20)$$

$$0 = \sum y_i x_i - \sum a_0 x_i - \sum a_1 x_i^2 \quad (21)$$

จากสมการที่ (20) ค่า  $\sum a_0 = n a_0$  แล้วก็จัดรูปสมการให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมจะได้



$$\sum y_i = na_0 + \sum a_1 x_i \quad (22)$$

$$\sum y_i x_i = \sum a_0 x_i + \sum a_1 x_i^2 \quad (23)$$

จากสมการที่ (22) และสมการที่ (23) เมื่อทำการแก้สมการทั้งสองจะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์  $a_0$  และ  $a_1$  ได้จาก

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad (24)$$

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (25)$$

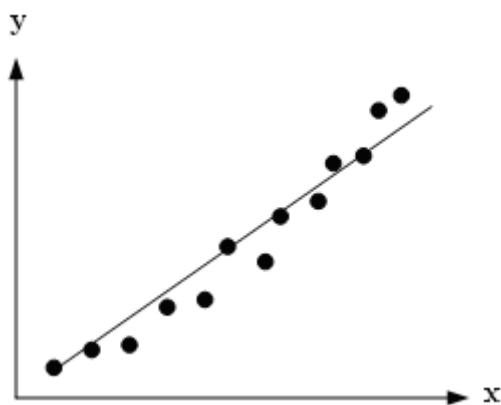
### 2.5.2. การถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียล (Polynomial Regression)

ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมโดยทั่วไปแล้วส่วนมากจะไม่เป็นเส้นตรง ดังนั้นการหาแนวโน้มข้อมูล โดยการแทนด้วยสมการเส้นตรงนั้นยังไม่เพียงพอต่อการจัดเรียงตัวของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 14 โดยจากรูปที่ 14 (ก) กราฟแนวโน้มที่ได้จากสมการถดถอยแบบเส้นตรง ยังไม่เพียงพอต่อการจัดเรียงตัวของข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 14 (ข) ซึ่งเป็นกราฟเส้นโค้งแนวโน้มที่ได้จากสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียล (Polynomial Regression) ซึ่งการถดถอยที่เป็นในลักษณะเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียลนี้เรียกว่าการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียล ซึ่งเป็นแบบหนึ่งของการถดถอยเชิงซ้อน ดังตัวอย่างสมการโพลิโนเมียลกำลังสองคือ

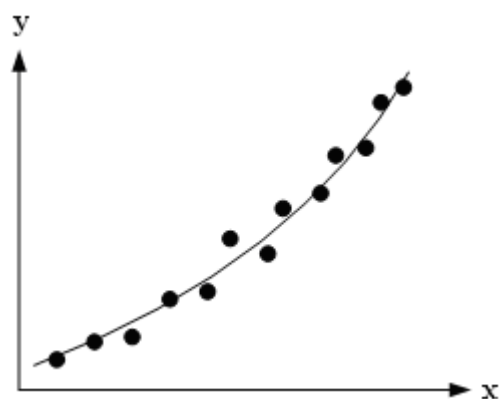
$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + e \quad (26)$$

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + e \quad (27)$$

จากสมการที่ (26) ซึ่งเป็นรูปแบบของสมการโพลิโนเมียลกำลังสอง เมื่อเปรียบเทียบกับสมการเชิงเส้นแบบหลายตัวแปรดังสมการที่ (27) โดยที่  $x \equiv x_1$  และ  $x^2 \equiv x_2$



(ก) สมการถดถอยแบบเชิงเส้น



(ข) สมการถดถอยแบบเส้นโค้งพหุนาม

รูปที่ 14 เปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการถดถอย

สมการทั่วไปของเส้นโค้งพหุนาม

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m + e \quad (28)$$

$m$  แทนเลขชี้กำลังสูงสุดของพหุนามจากสมการที่ (28) สมการถดถอยแบบพหุนามคือ  $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m$  ซึ่งค่ากำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนจะอยู่ในรูปแบบคล้ายกับกรณีเส้นตรง

$$\hat{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (29)$$

จากสมการที่ (29) ผลต่างกำลังสองของข้อมูลจริงและข้อมูลจากสมการถดถอย

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y - a_0 - a_1x - a_2x^2 - \dots - a_mx^m)^2 \quad (30)$$

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการโพลีโนเมียลจะอยู่ในรูปแบบ

$$\begin{aligned}\frac{\partial SSE}{\partial a_0} &= -2 \sum (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_m x_i^m) \\ \frac{\partial SSE}{\partial a_1} &= -2 \sum x_i (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_m x_i^m) \\ \frac{\partial SSE}{\partial a_2} &= -2 \sum x_i^2 (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_m x_i^m) \\ &\dots \\ \frac{\partial SSE}{\partial a_m} &= -2 \sum x_i^m (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_m x_i^m)\end{aligned}\tag{31}$$

จากสมการที่ (25) กำหนดให้ผลการคำนวณหาอนุพันธ์ย่อยเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อจัดรูปแบบใหม่จะได้

$$\begin{aligned}(n)a_0 + (\sum x_i)a_1 + (\sum x_i^2)a_2 + \dots + (\sum x_i^m)a_m &= \sum y_i \\ (\sum x_i)a_0 + (\sum x_i^2)a_1 + (\sum x_i^3)a_2 + \dots + (\sum x_i^m)a_m &= \sum x_i y_i \\ (\sum x_i^2)a_0 + (\sum x_i^3)a_1 + (\sum x_i^4)a_2 + \dots + (\sum x_i^m)a_m &= \sum x_i^2 y_i \\ &\dots \\ (\sum x_i^m)a_0 + (\sum x_i^{m+1})a_1 + (\sum x_i^{m+2})a_2 + \dots + (\sum x_i^{2m})a_m &= \sum x_i^m y_i\end{aligned}\tag{32}$$

จากสมการที่ (32) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่าคือ  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  เพื่อทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว สามารถทำได้โดยการแก้สมการ  $m$  ตัวแปรโดยจำนวนสัมประสิทธิ์ขึ้นอยู่กับค่าเลขชี้กำลังสูงสุดของสมการโพลีโนเมียล สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้สมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลีโนเมียลกำลังสอง ซึ่งจากการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ที่มีลักษณะคล้ายกับสมการโพลีโนเมียลกำลังสอง

## บทที่ 3

### การออกแบบและพัฒนาระบบ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง รูปแบบการวิจัยเป็นการทดลองเพื่อหาลักษณะเด่นตรงบริเวณก้นของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน ที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงตามอายุของผลที่เปลี่ยนไป เพื่อที่จะนำเอาลักษณะเด่นดังกล่าว มาสร้างเกณฑ์ในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าวอ่อน ออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าว น้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าว น้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าว น้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น

#### 3.1. วัสดุและอุปกรณ์

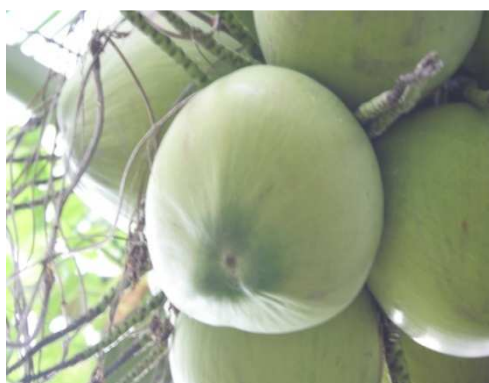
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง เป็นผลผลิตที่ได้จากพื้นที่ในจังหวัดสงขลา และได้ทำการเตรียมเพื่อนำมาทำเป็นภavnนำเข้าเพื่อใช้ในการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ในส่วนของการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์มีการใช้อุปกรณ์หลายอย่างซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

##### 3.1.1. วัสดุและการเลือกตัวอย่าง

ในการทดลองได้ใช้มะพร้าว น้ำหอมเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่นิยมนำไปบริโภค และทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก เนื่องจากมะพร้าวสายพันธุ์นี้มีศักยภาพในการทำเป็นมะพร้าวอ่อนปลอดเปลือก มีความแข็งแรงของกะลาที่เหมาะสมต่อการขนส่ง อีกทั้งมีความหวานหอมมากกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยจะทำการเลือกมะพร้าวที่มีอยู่พื้นที่จังหวัดสงขลา และเป็นมะพร้าวที่ปลูกเป็นสวน จะไม่ใช้มะพร้าวที่ไม่ได้ปลูกในเชิงพาณิชย์ เช่น มะพร้าวที่ปลูกตามลำพังตามบ้านเรือนหรือมะพร้าวที่ปลูกไว้โดยไม่ดูแล เพราะมะพร้าวประเภทนี้จะไม่มี ความเที่ยงแท้ของสายพันธุ์ อีกทั้งยังมีการได้รับแสงสว่างที่ไม่เท่ากันอีกด้วย ผลมะพร้าวที่นำมาทดลองเป็นผลที่ได้จากต้นมะพร้าวที่มีอายุไม่มากเกินไป เพราะผลมะพร้าวจากต้นที่มีอายุมากอาจจะเกิดการกลายพันธุ์เนื่องจากการผสมเกสรจากต้นมะพร้าวอื่นที่ไม่ใช่มะพร้าว น้ำหอม โดยจะเลือกผลที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ไม่ถูกทำลายด้วยโรคหรือแมลง ดังรูปที่ 15 ทำการเลือกมะพร้าวในประเภทชั้นเนื้อที่แตกต่างกัน 3 ประเภทคือ มะพร้าวอ่อนมากประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวอ่อนปานกลางประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวอ่อนค่อนข้างแก่ประเภทเนื้อสองชั้น ทั้งหมดจะคละอยู่ในช่วงอายุ 150 - 300 วันหลังจากจันบาน โดยใช้จำนวนหลายผลในแต่ละประเภทชั้นเนื้อ ทำการทดลองภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 วันหลังจากการเก็บเกี่ยว



(ก) ต้นมะพร้าวที่มีการปลูกลงในเชิงพาณิชย์



(ข) ลักษณะของก้นมะพร้าวที่นำมาทดสอบ

รูปที่ 15 ลักษณะของมะพร้าวที่นำมาทดสอบ

### 3.1.2. อุปกรณ์

3.1.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลตัวประมวลผลกลาง Intel(R) Core(TM) 2 Duo  
CPU ความเร็ว 2.53 GHz หน่วยความจำ 3.00 GB

3.1.2.2 กล้องถ่ายภาพดิจิทัลยี่ห้อ Canon รุ่น EOS 350D ความละเอียด 1728 x 1152  
จุดภาพพร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

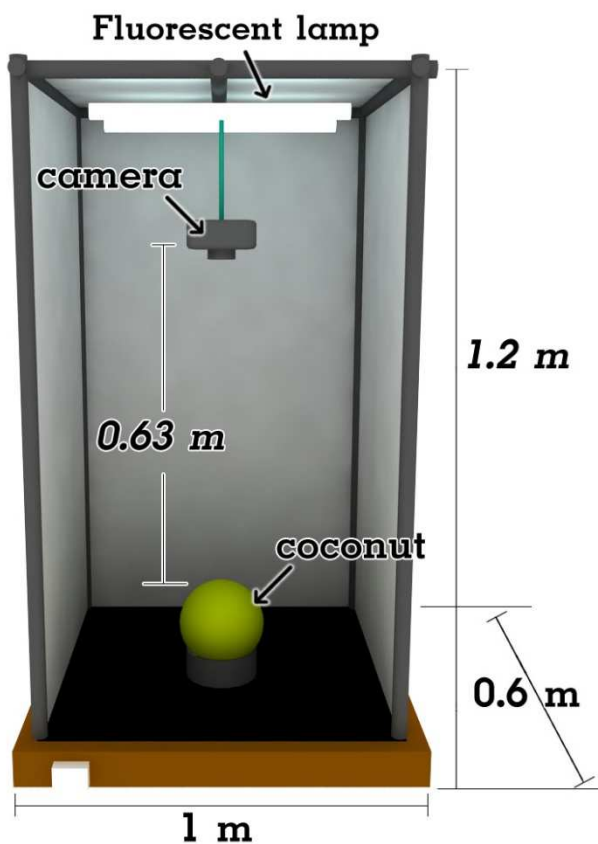
3.1.2.3 โปรแกรมเชื่อมต่อระหว่างกล้องดิจิทัลในข้อ 3.1.2.2 กับเครื่องคอมพิวเตอร์  
ส่วนบุคคลในข้อ 3.1.2.1

- 3.1.2.4 โปรแกรมรหัสเปิด (Open Source) ในด้านการประมวลผลภาพ OpenCV รุ่น 1.0 ของบริษัทอินเทล (Intel)
- 3.1.2.5 โปรแกรม Visual C++ รุ่น 6.0 ของบริษัทไมโครซอฟท์ (Microsoft)
- 3.1.2.6 ชุดควบคุมแสงประดิษฐ์เพื่อควบคุมสภาพแสงภายนอก โดยมีส่วนประกอบดังในหัวข้อที่ 3.1.3

### 3.1.3. การออกแบบชุดควบคุมแสงประดิษฐ์

ชุดควบคุมแสงประดิษฐ์นี้ได้สร้างขึ้นเพื่อป้องกันแสงจากภายนอก และควบคุมสภาพแสงในการถ่ายภาพก้นมะพร้าวน้ำหอมอ่อนให้คงที่ตลอดเวลาตั้งรูปที่ 16 โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- 3.1.3.1. โครงสร้างของชุดควบคุมแสงประดิษฐ์เป็นอะลูมิเนียมขนาด กว้าง 0.6 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 1.2 เมตร
- 3.1.3.2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ ให้แสงแบบธรรมชาติจำนวน 2 หลอดติดไว้ด้านบนโดยมีทิศทางทำให้แสงจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง
- 3.1.3.3. กล้องถ่ายภาพดิจิทัลยี่ห้อ Canon รุ่น EOS 350D
- 3.1.3.4. พื้นด้านล่างปูทับด้วยกระดาษสีดำทั้งหมดเพื่อลดแสงสะท้อนจากหลอดไฟไปยังกล้องถ่ายภาพ
- 3.1.3.5. ลูกมะพร้าววางไว้ตรงตำแหน่งจุดกึ่งกลางของพื้นด้านล่าง โดยกำหนดระยะห่างจากก้นมะพร้าวถึงจุดโฟกัสของกล้องที่ระยะ 0.64 เมตร
- 3.1.3.6. ทุกด้านที่เหลือของชุดควบคุมแสงปิดด้วยวัสดุทึบแสง เพื่อป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอก



รูปที่ 16 ชุดควบคุมแสงประดิษฐ์

### 3.2. แนวทางการทดลอง

จากการศึกษาการเก็บเกี่ยวผลผลิตของชาวสวนมะพร้าวพบว่า ชาวสวนจะใช้การสังเกตจากลักษณะภายนอกผล เพื่อทำนายประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าวภายในผล โดยใช้วิธีการต่างๆ ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตดังนี้คือ ดูจากขนาด น้ำหนัก สี รอยขีด รอยกร้าน การติดเคาะฟังเสียง การเขย่าและการสัมผัสสรุปค่า ซึ่งในปัจจุบันการเก็บเกี่ยวผลผลิตส่วนใหญ่จะใช้วิธีการตัดเหมาทั้งสวน และไม่สนใจว่ามะพร้าวน้ำหอมอ่อนจะอยู่ในประเภทชั้นเนื้อใด แต่ขอให้เป็นมะพร้าวอ่อนก็เป็นอันใช้ได้ โดยจะตัดเป็นงวด แต่ละงวดห่างกันประมาณ 15 -20 วัน ทั้งนี้ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวก็ใช้จะตรงเวลาเสมอ ขึ้นอยู่กับความพร้อมของผู้เก็บเกี่ยว และบางฤดู การเจริญเติบโตของผลมะพร้าวในช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยว จะมีการเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากัน เช่น ฤดูร้อนผลมะพร้าวจะแก่กว่าฤดูฝน ขนาดก็อาจจะแตกต่างกัน ในช่วงฤดูร้อนผลจะมีขนาดเล็กกว่าช่วงฤดูฝน และมะพร้าวในทะเลยเดียวกัน การเจริญเติบโตก็ไม่ได้อยู่ในประเภทชั้นเนื้อเดียวกันทั้งหมด การเก็บเกี่ยวจึงต้องอาศัยความ

ชำนาญและบางครั้งต้องใช้องค์ประกอบหลายอย่างมาช่วยตัดสินใจ ดังนั้นเราจะทราบได้อย่างไรว่า มะพร้าว น้ำหอมอ่อนที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด หรือแม้กระทั่งในห้างซูเปอร์มาร์เก็ตขนาดใหญ่ ว่าอ่อนมากน้อยขนาดไหน มีความหนาของชั้นเนื้อเท่าใด ซึ่งในความเป็นจริงแล้วมะพร้าวอ่อนสามารถจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทชั้นเนื้อคือ มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น และความชื่นชอบของผู้บริโภคแต่ละคนก็แตกต่างกัน เช่นบางคนอาจจะชอบรับประทานมะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง บางคนอาจชอบรับประทานมะพร้าวเนื้อสองชั้น ในการซื้อมะพร้าวมารับประทานผู้บริโภคแต่ละคนก็คาดหวังที่จะได้มะพร้าวในประเภทชั้นเนื้อที่ตนเองชื่นชอบ ซึ่งหากผลมะพร้าวที่ซื้อมาไม่ตรงตามที่คาดหวังไว้ เช่นอ่อนเกินไป เป็นเนื้อชั้นเดียวก็อาจทำให้เสียความรู้สึก และไม่อยากซื้อมะพร้าวอ่อนมารับประทานอีก แต่ถ้ามะพร้าวที่จะซื้อมีการระบุประเภทชั้นเนื้อที่แน่นอน จะเป็นการสร้างความมั่นใจให้ผู้บริโภคได้ทันทีว่าจะได้มะพร้าวในประเภทที่ตัวเองชื่นชอบ นราทร สังข์ประเสริฐได้มีการนำเอาเทคนิคในการประมวลผลภาพมาช่วยในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน แต่เป็นการประมวลผลโดยใช้ภาพที่ส่วนหัวของมะพร้าว ซึ่งมีข้อเสียตรงที่ในการจำแนกจะต้องทำการตัดลูกมะพร้าวลงมาจากต้นก่อน ซึ่งถ้ามะพร้าวที่นำมาทดสอบไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการจำแนก ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียผลมะพร้าวในการทดลอง (นราทร, 259) ในงานวิจัยนี้จึงเน้นการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว โดยใช้ภาพส่วนก้นของมะพร้าว ซึ่งสามารถที่จะจำแนกได้จากต้นมะพร้าวโดยตรง โดยที่ไม่ต้องทำการตัดมะพร้าวลงมาจากต้นก่อน โดยการตั้งสมมุติฐานว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณของพื้นที่สีบริเวณก้นของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน น่าจะมีความสัมพันธ์กับอายุที่เปลี่ยนแปลงไปของผลมะพร้าวในแต่ละช่วงอายุ

### 3.2.1. ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการสำรวจพื้นที่สวนมะพร้าวใน ต.เกาะแก้ว อ.เมือง จ.สงขลา ในการทดลองจะเน้นมะพร้าวที่มาจากสวน และเป็นการปลูกในเชิงพาณิชย์เนื่องจากมีระยะเวลาปลูกที่เท่ากันจึงมีอัตราการโดนแสงแดดส่องโดนผลไม่มากหรือน้อยเกินไป มีความเที่ยงแท้ของสายพันธุ์มากกว่า และเลือกจากต้นที่ไม่แก่เกินไป เก็บผลมะพร้าวที่อายุต่างๆกันคือ ประเภทเนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น โดยทำการผูกเชือกกับทะลายแล้วหย่อนลงมาเพื่อลดปัญหาการกระแทกและการเกิดรอยถลอกที่ผิวของผล จากนั้นทำการตัดแยกจากทะลายออกเป็นผลและทำความสะอาดผล จากนั้น ทำการติดสติ๊กเกอร์หมายเลขผลที่บริเวณส่วนหัวของผลมะพร้าว โดยไม่ให้สติ๊กเกอร์นี้ปรากฏในการถ่ายภาพส่วนก้นของผลมะพร้าว และทำการตัดป้ายหมายเลขเดียวกันอีกแผ่น เพื่อใช้ในการถ่ายภาพกับกล้องดิจิทัล โดยมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของกล้องดิจิทัลเพื่อใช้ในการถ่ายภาพ ดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นของกล้องถ่ายภาพก่อนทำการถ่ายภาพ

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| รายละเอียด                   | สถานะ                |
| ระยะทางโฟกัสของเลนส์         | 24 มิลลิเมตร         |
| ระยะโฟกัส                    | 63 เซนติเมตร         |
| ขนาดภาพ                      | 1728 X 1152 จุด      |
| แฟลช(Flash)                  | ไม่ใช้               |
| สมดุลแสงสีขาว                | อัตโนมัติ            |
| ความเร็วชัตเตอร์             | 1/100 วินาที         |
| ความเข้มแสงภายในชุดควบคุมแสง | 520 ลักซ์            |
| วิธีการถ่าย                  | ควบคุมจากคอมพิวเตอร์ |
| ขนาดรูรับแสง                 | 6.3                  |

จากนั้นทำการถ่ายภาพผลมะพร้าวในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์พร้อมกับหมายเลขผลมะพร้าวที่วางไว้ตรงตำแหน่งมุมใดมุมหนึ่งของภาพด้วยกล้องดิจิทัล จากนั้นนำผลมะพร้าวที่ถ่ายรูปเสร็จแล้วมาทำการผ่าเพื่อพิสูจน์ชั้นเนื้อที่แท้จริง และทำการถ่ายภาพชั้นเนื้อที่แท้จริงเอาไว้ทันที เพื่อเป็นข้อมูลในการอ้างอิงชั้นเนื้อของมะพร้าวผลนั้นๆ เพราะหากปล่อยทิ้งไว้นานเนื้อมะพร้าวจะเปลี่ยนสีทำให้สังเกตชั้นเนื้อมะพร้าวได้ไม่ชัดเจน

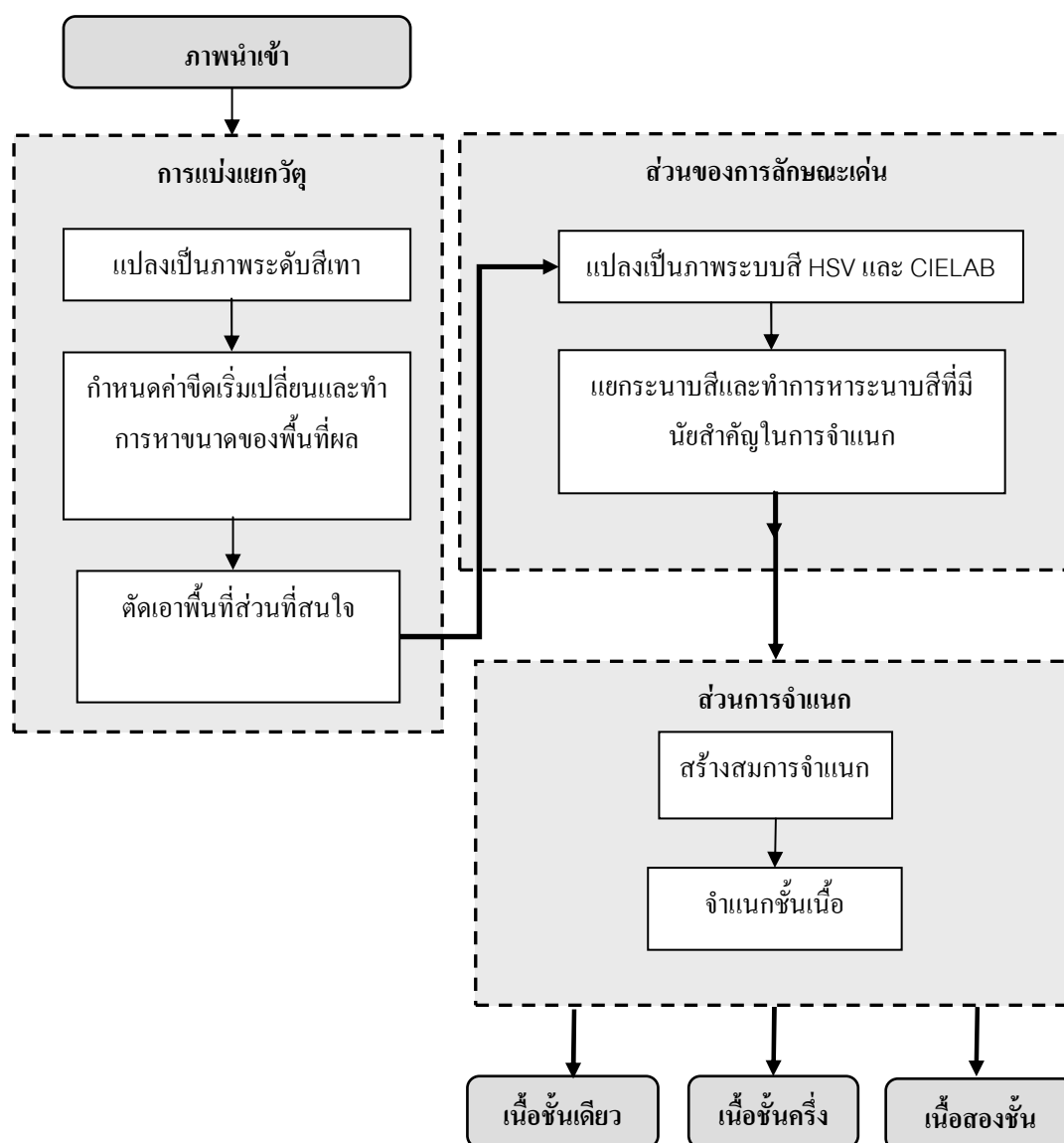
### 3.3. วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะเป็นขั้นตอนหลังจากที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายของก้นมะพร้าวน้ำหอมอ่อน ที่ได้จากการถ่ายภาพภายในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์เรียบร้อยแล้ว และนำมาทดลองโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นการทดลองเพื่อหาวิธีในการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น และส่วนที่สองจะเป็นการปรับปรุงวิธีการจำแนกให้ดีขึ้น

#### 3.3.1. การทดลองการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน

การทดลองการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนมีภาพรวมของขั้นตอนในการทดลองดังนี้คือ เริ่มจากภาพนำเข้ระบบสี RGB จากนั้นทำการแบ่งแยกวัตถุส่วนที่เป็นพื้นหลังกับ

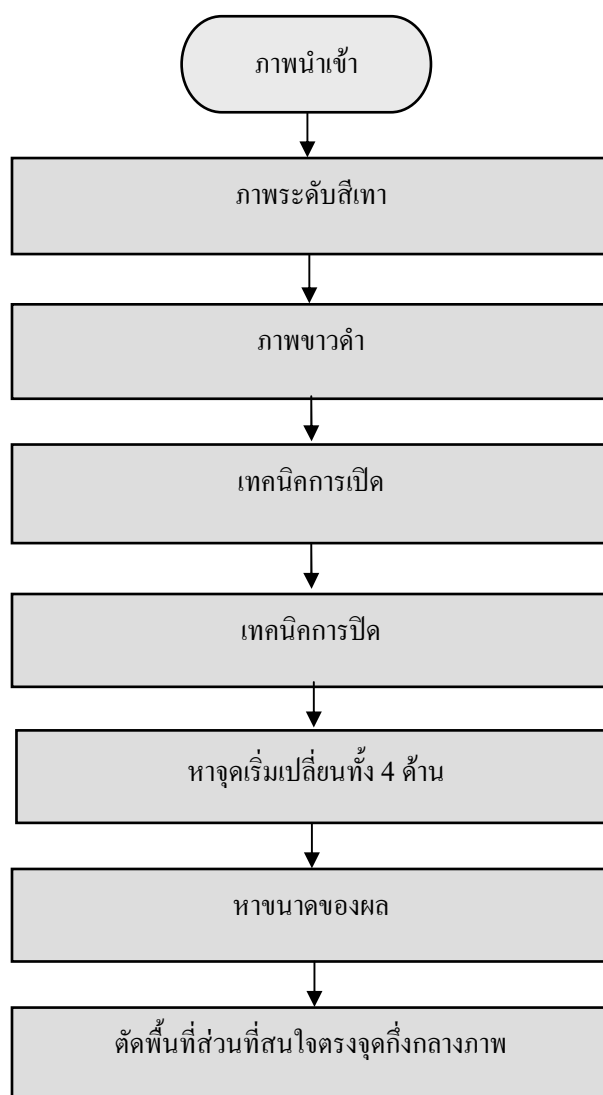
ส่วนที่เป็นผลมะพร้าวออกจากกัน จากนั้นทำการหาขนาดของผลและตัดเอาพื้นที่ส่วนที่สนใจไปทำการหาระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ เมื่อได้ระนาบสีที่มีนัยสำคัญแล้วก็ทำการสร้างสมการจำแนก และสุดท้ายทำการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวเนื้อสองชั้นดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ขั้นตอนการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน

### 3.3.1.1. การแบ่งแยกวัตถุและการหาพื้นที่สนใจ

การแบ่งแยกวัตถุ คือ การรวมกลุ่มจุดภาพที่มีลักษณะเด่นที่คล้ายกันเข้าอยู่ด้วยกันจากจุดอ้างอิงที่มาจากระบบการมองเห็นของมนุษย์ เพื่อตอบสนองความต้องการที่จะตรวจหาวัตถุที่สนใจ ซึ่งในการทดลองนี้ก็คือการแยกพื้นที่ส่วนที่เป็นผลมะพร้าว น้ำหอมอ่อนออกจากพื้นหลังซึ่งเป็นพื้นสีดำ จากนั้นทำการหาขนาดของผลและทำการกำหนดบริเวณพื้นที่สนใจดังรูปที่ 18 เพื่อที่จะนำพื้นที่สนใจไปหาลักษณะเด่นต่อไป โดยมีขั้นตอนการประมวลผลดังนี้

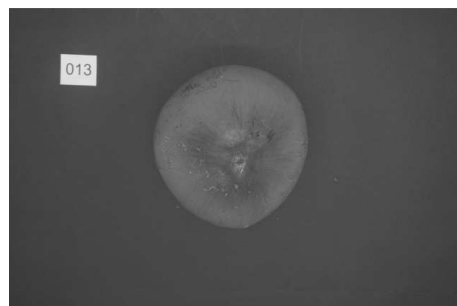


รูปที่ 18 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาขนาดของผลและพื้นที่สนใจ

เริ่มจากภาพนำเข้าที่ได้จากการถ่ายภาพกันมะพร้าวในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ ซึ่งเป็นภาพในระบบสี RGB ขนาด 1728 x 1152 พิกเซลดังรูปที่ 19(ก) จากนั้นทำการแปลงให้เป็นภาพระบบสีเทาดังรูปที่ 19(ข) และทำการแปลงให้เป็นภาพในระบบขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมดังรูปที่ 19(ค) ทำการลบจุดสัญญาณรบกวนเล็กๆออกไปโดยใช้เทคนิคการเปิดดังรูปที่ 19(ง) ทำการเติมเต็มพื้นที่ว่างด้วยเทคนิคการปิดดังรูปที่ 19(จ) ก็จะได้ส่วนของพื้นที่สีขาว ซึ่งเป็นพื้นที่ของผลมะพร้าว และจากจุดกึ่งกลางทั้ง 4 ด้านของภาพทำการหาจุดที่มีการเริ่มเปลี่ยนจากสีดำไปเป็นสีขาว (ดังรูปที่ 19(ฉ)) จากจุดที่ได้ทั้ง 4 ด้านทำการสร้างสี่เหลี่ยมที่ลากผ่านจุดทั้ง 4 ล้อมรอบผลมะพร้าว (ดังรูปที่ 19(ช)) จากนั้นทำการประมาณเส้นผ่านศูนย์กลางของผลมะพร้าวจากสมการ (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ  $= (\text{กว้าง} + \text{ยาว})/2$ ) จากนั้นทำการตัดเอาพื้นที่ตรงจุดกึ่งกลางผลขนาด  $d \times d$  จุดภาพเมื่อ  $d$  คือความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลาง/2 ดังรูปที่ 19(ซ)



(ก) ภาพนำเข้า RGB



(ข) ภาพระดับสีเทา



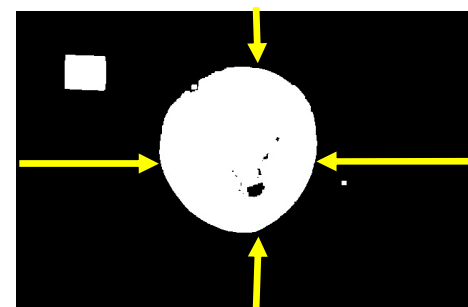
(ค) ภาพสีขาวดำ



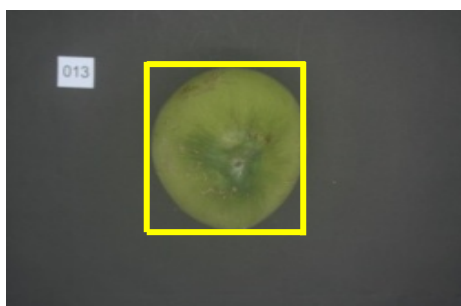
(ง) เทคนิคการเปิด



(จ) เทคนิคการปิด



(ฉ) หาจุดเริ่มเปลี่ยน



(ช) หาขนาดของผล



(ซ) พื้นที่สนใจ

รูปที่ 19 ขั้นตอนการหาขนาดของผลและพื้นที่สนใจ

### 3.3.1.2. การหาลักษณะเด่น

ในการจำแนกสิ่งของหรือการจำแนกประเภท สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นมากนั้นคือคุณลักษณะเด่น (Feature Extration) เป็นตัวบอกคุณลักษณะในการแสดงความเป็นสมาชิกของกลุ่มต่างๆ หรือ ประเภทต่างๆ ได้ (Duda et al., 2543) อาทิเช่น ขนาด, น้ำหนัก, ความสูง, ความยาว, จำนวนหรือสี ในการทดลองนี้จะใช้สีเป็นตัวบอกลักษณะเด่น โดยจะทำการหาระนาบของสีที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงอายุของผลในระนาบสี R, G และ B ในระบบสี RBG ระนาบสี L, A และ B ในระบบสี CIELAB และระนาบสี H, S และ V ในระบบสี HSV ซึ่งการจะได้มาซึ่งระนาบสีที่มีนัยสำคัญต่อการจำแนก ก็ต้องทำการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมของภาพในแต่ละระนาบสีนั้นด้วย ซึ่งการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมจะทำให้ได้ภาพขาว-ดำที่มีปริมาณพื้นที่สีขาว-ดำของมะพร้าวในแต่ละประเภทชั้นเนื้อที่แตกต่างกัน และสามารถที่จะนำลักษณะความแตกต่างดังกล่าวมาใช้เป็นลักษณะเด่นในการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวได้ โดยมีขั้นตอนในการประมวลผลดังนี้

จากภาพพื้นที่สนใจในระบบสี RGB ดังรูปที่ 20 ทำการแปลงภาพเป็นระบบสี HSV และทำการแปลงให้เป็นภาพในระบบสี CIELAB จากนั้นทำการแยกระนาบสีออกเป็นสีในระนาบ R, G, B, H, S, V, L, A และ B ดังรูปที่ 21 และ 22 หลังจากนั้นทำการแปลงภาพสีในแต่ละระนาบสีให้เป็นภาพขาวดำโดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จะได้ภาพขาวดำดังรูปที่ 23(ก) ทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วงแหวนคี่ซึ่งมีขนาดของรัศมีวงแหวนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 4 วง

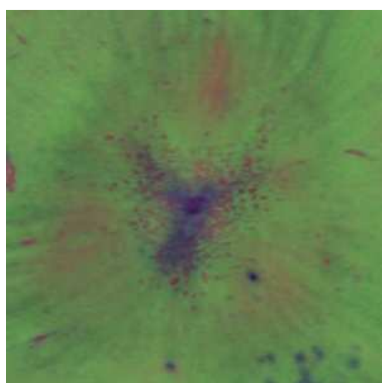
| ลำดับที่วงแหวน | รัศมีวงแหวน (วงใน – วงนอก) |
|----------------|----------------------------|
| วงแหวนที่ 1    | 4d/15 – 6.5d/15            |
| วงแหวนที่ 2    | 6.5d/15-9d/15              |
| วงแหวนที่ 3    | 9d/15 -11.5/15             |
| วงแหวนที่ 4    | 11.5d/15 – 14d/15          |

จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 23(ข) จากนั้นทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนและสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับร้อยละของพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวน ทำการทดลองโดยมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละ 35 ผลและทำ

การคำนวณทางสถิติเบื้องต้นเพื่อพิจารณาว่าระนาบสีดังกล่าวมีนัยสำคัญต่อการจำแนกชั้นเนื้อหรือไม่ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการในการหาลักษณะเด่นดังกล่าวได้ดังแผนภาพในรูปที่ 24



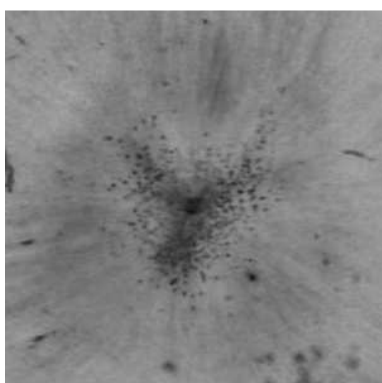
รูปที่ 20 พื้นที่สนใจระบบสี RGB



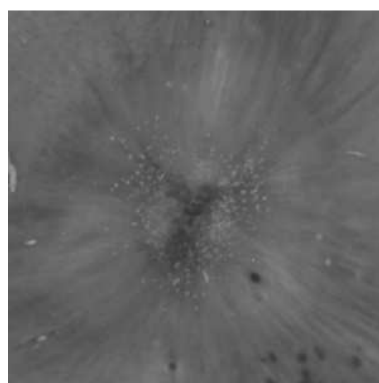
(ก) พื้นที่สนใจในระบบสี HSV



(ข) ระนาบ H ระบบสี HSV



(ค) ระนาบ S ระบบสี HSV

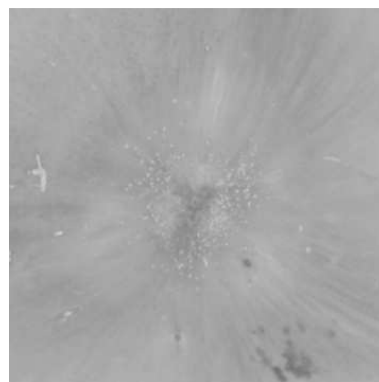


(ง) ระนาบ V ระบบสี HSV

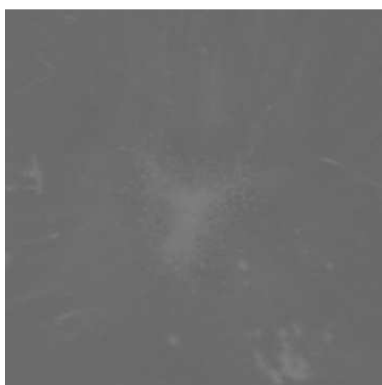
รูปที่ 21 ระบบสี HSV



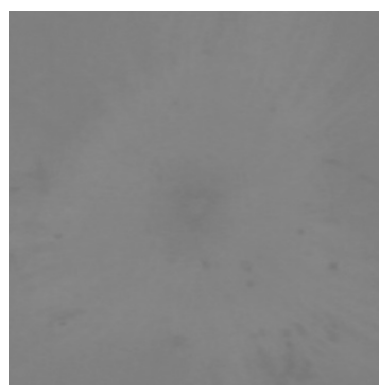
(ก) พื้นที่สนใจในระบบสี CIELAB



(ข) ระนาบ L ระบบสี CIELAB

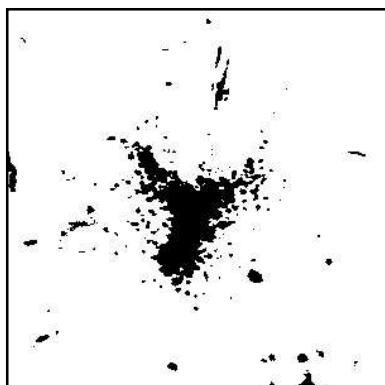


(ค) ระนาบ A ระบบสี CIELAB

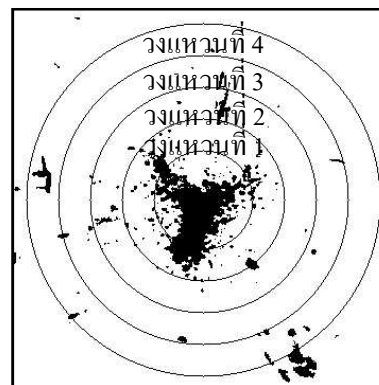


(ง) ระนาบ B ระบบสี CIELAB

รูปที่ 22 ระบบสี CIELAB



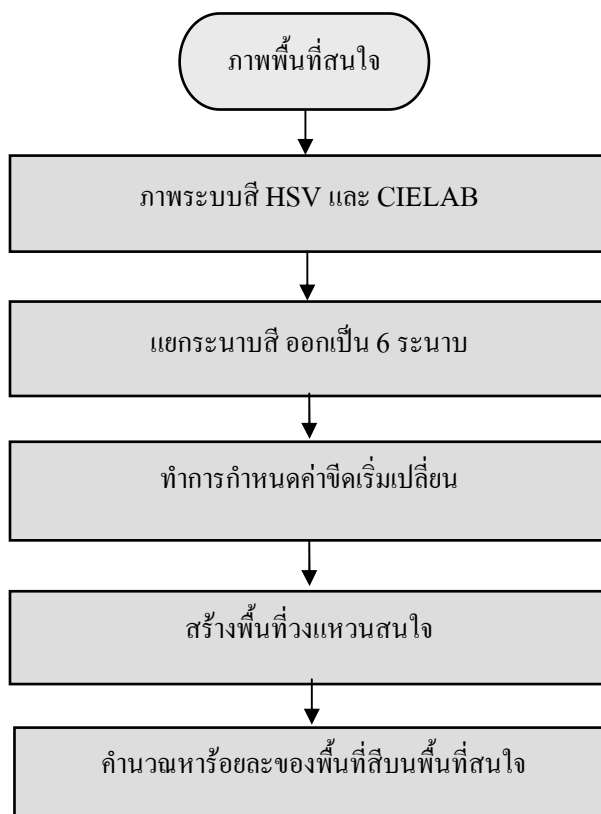
(ก) การกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน



(ข) การกำหนดพื้นที่สนใจ

รูปที่ 23 ภาพสีขาวดำในระนาบ S ระบบสี HSV





รูปที่ 24 แผนภาพแสดงขั้นตอนการหาระบบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก

### 3.3.1.3. การสร้างสมการจำแนก

ทำการสร้างสมการจำแนกโดยการนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวน กับ ร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจมาเป็นชุดข้อมูลในการสร้างสมการถดถอย ซึ่งจากการสังเกต ลักษณะกราฟของความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นโค้งในการทดลองจึงใช้การประมาณ สมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง โดยให้ลำดับที่ของวงแหวนเป็นตัวแปรต้น และ ร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจเป็นตัวแปรตามดังนี้

y แทน ร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ

x แทน ลำดับที่ของวงแหวน

จะได้สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบ  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$

จากสมการจะพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่าคือ  $a_0, a_1, a_2$  ทำการประมาณหาค่าของ สัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่าโดยใช้ชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับร้อยละของ

พื้นที่สีบนพื้นที่สนใจของมะพร้าว น้ำหอมทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละ 35 ผลมาใช้เป็นชุดข้อมูลในการประมาณ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

#### 3.3.1.4. การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน

ในการทดลองจะทำการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และมะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น โดยการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับร้อยละของพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวน กับกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภท ซึ่งหากระยะห่างของสมการจำแนกประเภทใดมีค่าน้อยที่สุด ก็จะถือว่าผลมะพร้าวที่นำมาทดสอบเป็นประเภทชั้นเนื้อนั้น

### 3.3.2. การทดลองเพื่อปรับปรุงวิธีการจำแนก

ส่วนที่สองจะเป็นการปรับปรุงวิธีการจำแนกในส่วนแรก โดยมีสมมุติฐานในการทดลอง 2 ข้อคือ ข้อแรกการสร้างสมการจำแนกใหม่โดยการเพิ่มจำนวนวงแหวนให้มากขึ้น เพื่อให้กราฟของสมการจำแนกชั้นเนื้อมีความต่อเนื่องมากขึ้นจะมีผลทำให้การจำแนกดีขึ้นหรือไม่ และข้อที่สองจากการทดลองพบว่ารอยถลอกที่ผิวของผลมะพร้าวมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน ดังนั้นถ้าหากทำการลบรอยถลอกออกไปก่อนทำการจำแนก จะมีผลทำให้การจำแนกมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นหรือไม่

#### 3.3.2.1. การทดลองเพิ่มจำนวนวงแหวนของพื้นที่สนใจ

ในการทดลองนี้จะทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนของพื้นที่สนใจเป็น 5 วงดังตารางที่ 4 และ 6 วงดังตารางที่ 5 ซึ่งจะมีผลทำให้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ รวมทั้งกราฟของสมการจำแนกมีความต่อเนื่องและมีความละเอียดมากขึ้น หลังจากนั้นทำการทดลองจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ และทำการพิจารณาว่าผลการทดลองที่ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหรือไม่ โดยมีการกำหนดครีซีมของพื้นที่วงแหวนสนใจดังนี้

ตารางที่ 4 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 5 วง

| ลำดับที่วงแหวน | รัศมีวงแหวน (วงใน – วงนอก) |
|----------------|----------------------------|
| วงแหวนที่ 1    | 4d/15 – 6d/15              |
| วงแหวนที่ 2    | 6d/15 - 8d/15              |
| วงแหวนที่ 3    | 8d/15 - 10/15              |
| วงแหวนที่ 4    | 10d/15 – 12d/15            |
| วงแหวนที่ 5    | 12d/15 – 14d/15            |

ตารางที่ 5 การกำหนดพื้นที่สนใจวงแหวน 6 วง

| ลำดับที่วงแหวน | รัศมีวงแหวน (วงใน – วงนอก) |
|----------------|----------------------------|
| วงแหวนที่ 1    | 4d/15 – 5.7/15             |
| วงแหวนที่ 2    | 5.7d/15 – 7.4d/15          |
| วงแหวนที่ 3    | 7.4d/15 – 9.1/15           |
| วงแหวนที่ 4    | 9.1d/15 – 10.8d/15         |
| วงแหวนที่ 5    | 10.8d/15 – 12.5d/15        |
| วงแหวนที่ 6    | 12.5d/15 – 12.5d/15        |

### 3.3.2.1. การทดลองลบรอยถลอก

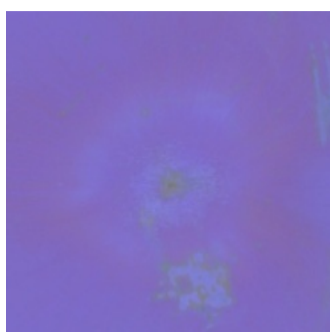
ในการทดลองนี้จะเป็นขั้นตอนหลังจากการแบ่งแยกข้อมูล และหาพื้นที่สนใจเรียบร้อยแล้ว และจะทำการลบรอยถลอกที่ผิวของผลออกก่อนที่จะทำการหาลักษณะเด่นของภาพ ซึ่งในการลบรอยถลอกมีขั้นตอนการประมวลผลดังนี้

จากภาพพื้นที่สนใจในระบบสี RGB ดังรูปที่ 25(ก) ทำการแปลงภาพไปเป็นภาพในระบบสี CIELAB ดังรูปที่ 25(ข) ทำการแบ่งแยกภาพในระบบสี CIELAB เป็นภาพในระนาบ L, ระนาบ A และภาพในระนาบ B ดังรูปที่ 25(ค) - 35(จ) ทำการแปลงภาพในระนาบ A ให้เป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมดังรูปที่ 25(ฉ) ซึ่งในการทดลองใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 115 ซึ่งจะได้ภาพที่มีบริเวณของพื้นที่ถลอกเป็นพื้นที่สีขาว จากนั้นสร้างพื้นที่สนใจเป็นวงแหวน 4 วงขนาดรัศมี (4d/15 – 6.5d/15), (6.5d/15 – 9d/15), (9d/15 – 11.5d/15) และ (11.5d/15 –

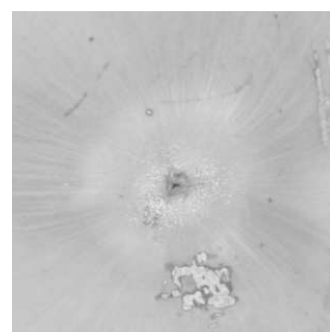
14d/15) ดังรูปที่ 25(ข) ทำการคิดพื้นที่ที่เป็นรอยถลอกในพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวน เพื่อที่จะนำเอาพื้นที่ส่วนนี้ไปลบออกจากพื้นที่สนใจทั้งหมดในการคำนวณในขั้นถัดไป ซึ่งก็คือการตัดพื้นที่ที่ส่วนนี้ออกไปและไม่นำมาคิดในการจำแนกชั้นเนื้อ ทำการเติมพื้นที่ที่เป็นรอยถลอกด้วยพื้นที่สีเหลือง (ค่าสีในระบบ RGB(255,255,0)) ดังรูปที่ 25(ข) เนื่องจากในการจำแนกชั้นเนื้อ เมื่อทำขีดเริ่มเปลี่ยนแล้วพื้นที่ส่วนที่เป็นสีเหลืองจะหายไป



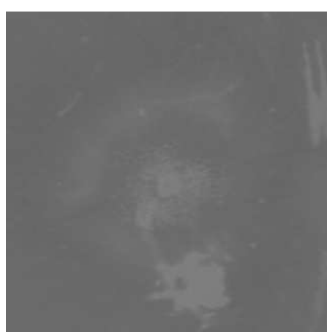
(ก) ภาพนำเข้าระบบสี RGB



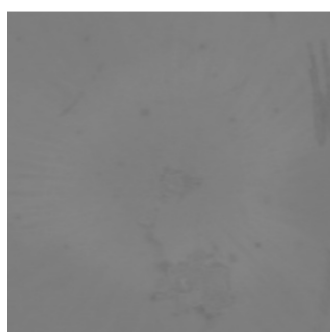
(ข) ภาพระบบสี CIELAB



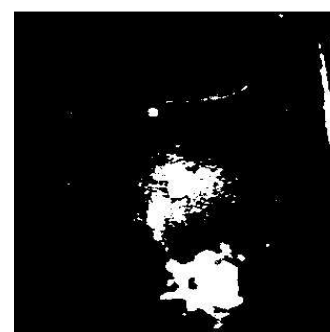
(ค) ระนาบ L ระบบสี CIELAB



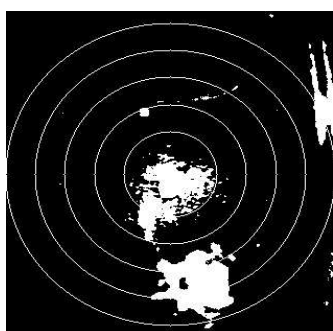
(ง) ระนาบ A (CIELAB)



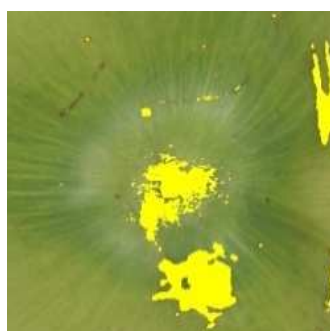
(จ) ระนาบ B (CIELAB)



(ฉ) ภาพสีขาวดำ ในระนาบ A



(ช) สร้างพื้นที่วงแหวนสนใจ



(ซ) เติมพื้นที่สีเหลือง

รูปที่ 25 ขั้นตอนในการลบรอยถลอก

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบ

#### 4.1. การเก็บบันทึกข้อมูล

ทำการเก็บรวมข้อมูลโดยการถ่ายภาพกันมะพร้าวภายในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ และทำการควบคุมการถ่ายภาพด้วยคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อกล้องถ่ายภาพดิจิทัลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายยูเอสบี 2.0 (USB 2.0 port) ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 ภาพที่ได้จากการถ่ายรูปมะพร้าวภายในชุดควบคุมแสงประดิษฐ์

เมื่อทำการถ่ายภาพกันมะพร้าวเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำผลมะพร้าวมาทำการผ่าพิสูจน์ชั้นเนื้อ และทำการจำแนกกลุ่มของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อชั้นครึ่ง มะพร้าวน้ำหอมอ่อนประเภทเนื้อสองชั้น ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 27



(ก) มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว



(ข) มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง

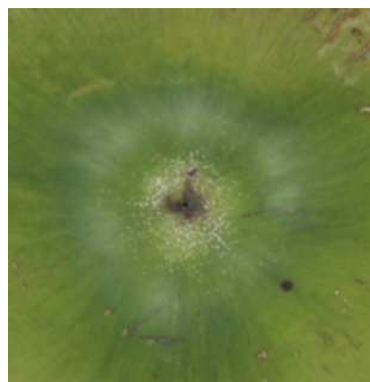


(จ) มะพร้าวเนื้อสองชั้น

รูปที่ 27 ตัวอย่างเนื้อเยื่อภายในผลของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ



(ก) มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว



(ข) มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง



(ค) มะพร้าวเนื้อสองชั้น

### รูปที่ 28 ตัวอย่างพื้นที่สนใจของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ

จากภาพพื้นที่สนใจที่ได้ของมะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 ประเภทในรูปที่ 28 จะสังเกตเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพื้นที่สีเขียวเข้มตามอายุของผล กล่าวคือมะพร้าวเนื้อชั้นเดียวจะมีปริมาณพื้นที่สีเขียวเข้มน้อยที่สุด และจะมีพื้นที่สีเขียวเข้มมากที่สุด ในมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้น ขนาดพื้นที่สนใจโดยเฉลี่ยของมะพร้าวทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้ออยู่ที่ประมาณ 300 X 300 พิกเซล หรือมีรัศมีของวงกลมประมาณ 150 พิกเซล และจะสังเกตเห็นว่าพื้นที่ส่วนตรงกลางจะเป็นจุดสีดำขนาดรัศมีประมาณ 40 พิกเซล จากการทดลองพบว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อในการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจึงไม่นำพื้นที่ส่วนนี้มาทำการคำนวณ

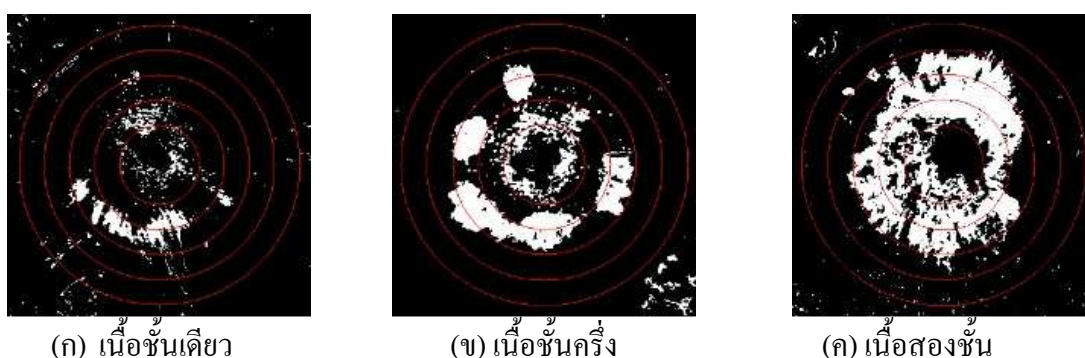
#### 4.2. ผลการทดลองการจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอ่อน

เมื่อทำการทดลองหาระนาบของสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 9 ระบายสี ได้ผลการทดลองในแต่ละระบายสีดังนี้

#### 4.2.1. ผลการหาลักษณะเด่นในแต่ละระนาบสี

##### 4.2.1.1. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ R ระบบสี RGB

เมื่อนำภาพในระนาบ R มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำโดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 75 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ R ระบบสี RGB

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีขาวบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6

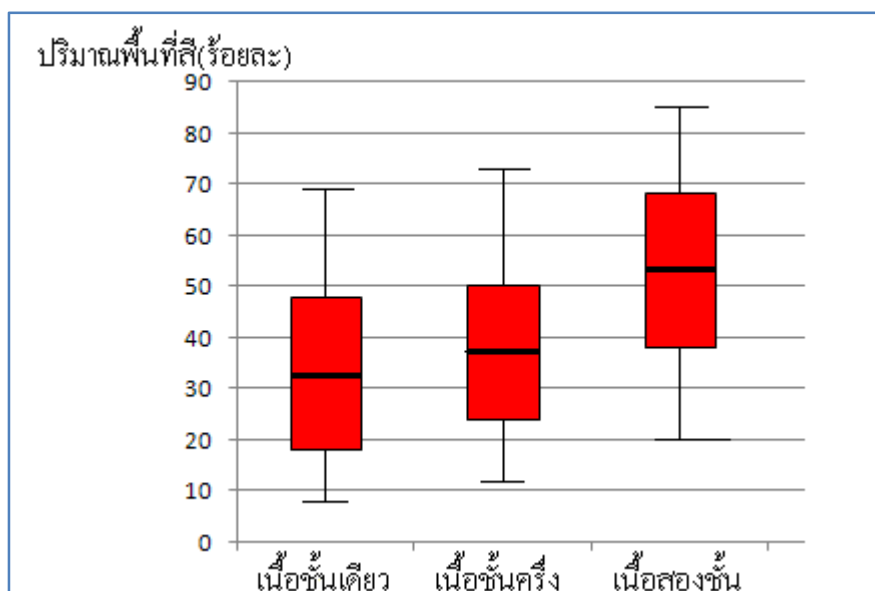
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ R ระบบสี RGB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 33.07     | 30.25   | 7.25    | 0.85    | 15.33                | 16.76   | 9.01    | 1.62    |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 37.63     | 33.31   | 8.58    | 1.79    | 13.32                | 13.38   | 6.70    | 2.30    |
| เนื้อสองชั้น   | 53.81     | 40.18   | 10.48   | 3.51    | 15.34                | 12.10   | 9.20    | 5.38    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในวงที่ 1 และมีค่าลดลงในวงที่ 2 – 4 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาปริมาณค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกัน พบว่าในวงแหวนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของ



ปริมาณพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 1 มาสร้างแผนภูมิกล่อง ดังรูปที่ 30 พบว่าการกระจายตัวของแผนภูมิไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 30 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ R

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สีกับลำดับที่ของวงแหวน มาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสองได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

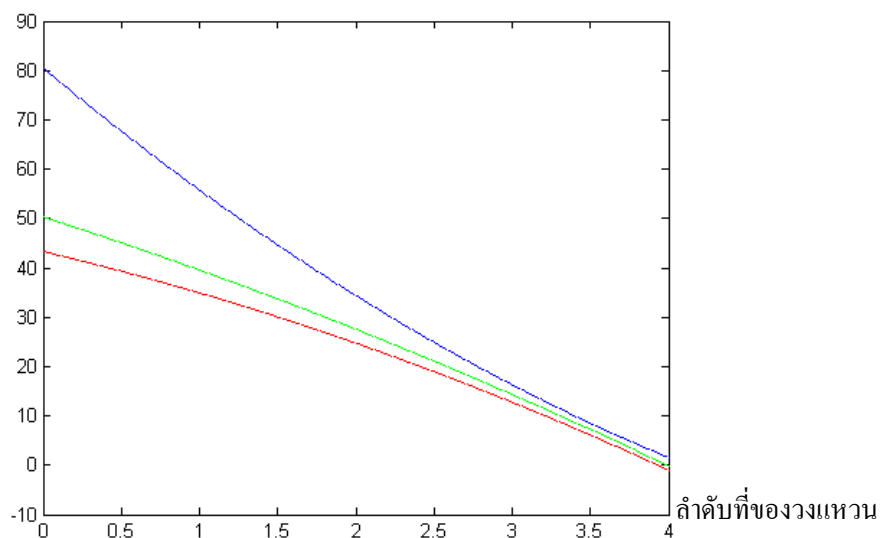
$$y_1 = 43.3062 - 7.4987x - 0.8938x^2 \quad (33)$$

$$y_2 = 50.3026 - 10.1342x - 0.6184x^2 \quad (34)$$

$$y_3 = 80.4815 - 26.3926x + 1.6667x^2 \quad (35)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 31

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

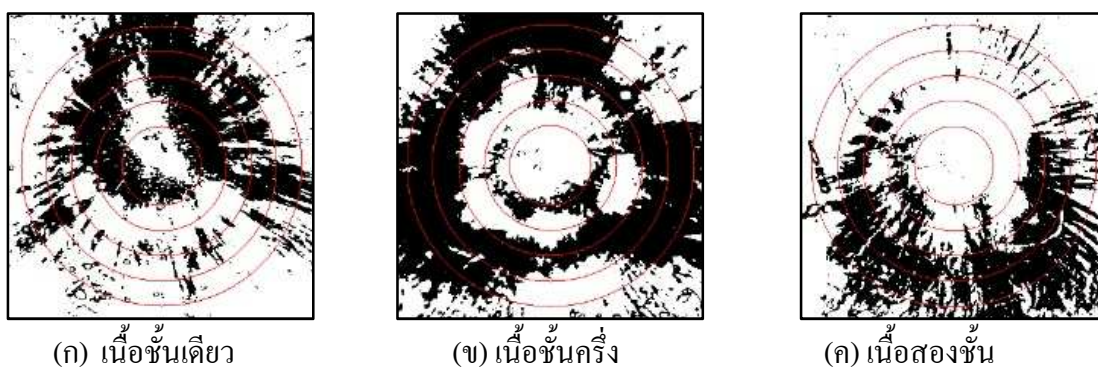


รูปที่ 31 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ R ระบบสี RGB

จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 31 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อหามีค่าที่ใกล้เคียงกันจนเกือบจะซ้อนทับกัน และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ R ระบบสี RGB ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.2. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ G ระบบสี RGB

เมื่อนำภาพในระนาบ G มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำโดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 125 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 32



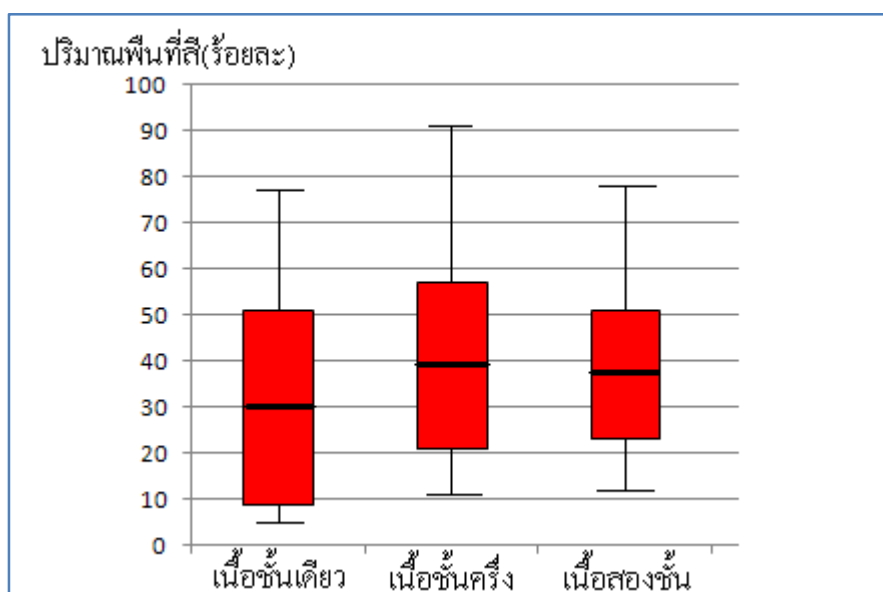
รูปที่ 32 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ G ระบบสี RGB

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีดำบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยของ ปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ G ระบบสี RGB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 15.47     | 20.05   | 30.97   | 26.15   | 15.11                | 17.75   | 21.02   | 17.72   |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 22.23     | 31.55   | 39.05   | 27.81   | 14.98                | 15.80   | 18.54   | 17.51   |
| เนื้อสองชั้น   | 18.77     | 32.88   | 37.96   | 27.74   | 13.69                | 16.35   | 14.98   | 12.33   |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในวงที่ 1-3 และมีค่าลดลงในวงที่ 4 และค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาปริมาณค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกัน พบว่าในวงแหวนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของปริมาณพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 3 มาสร้างแผนภูมิกล่อง ดังรูปที่ 33 พบว่าการกระจายตัวของแผนภูมิไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน



รูปที่ 33 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ G

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

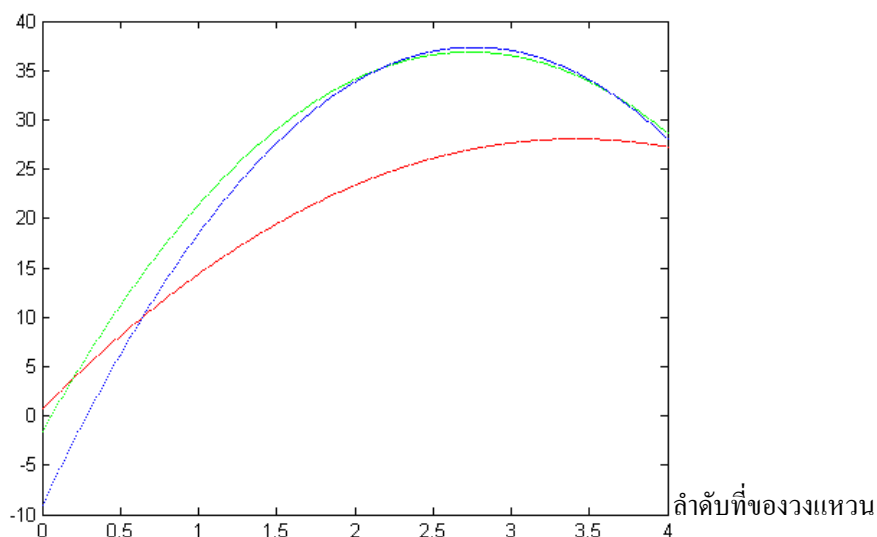
$$y_1 = 0.675 + 16.045x - 2.35x^2 \quad (36)$$

$$y_2 = -1.5855 + 28.1145x - 5.1382x^2 \quad (37)$$

$$y_3 = -9.0648 + 33.613x - 6.0833x^2 \quad (38)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 34

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

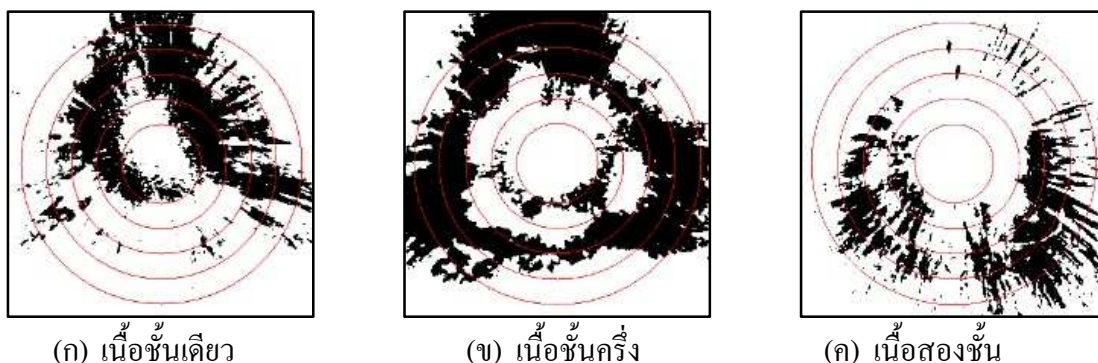


รูปที่ 34 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ G ระบบสี RGB

จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 34 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อมามีค่าที่ใกล้เคียงกัน มีการซ้อนทับกันในช่วง และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ G ระบบสี RGB ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.3. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ B ระบบสี RGB

เมื่อนำภาพในระนาบ B มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 100 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ B ระบบสี RGB

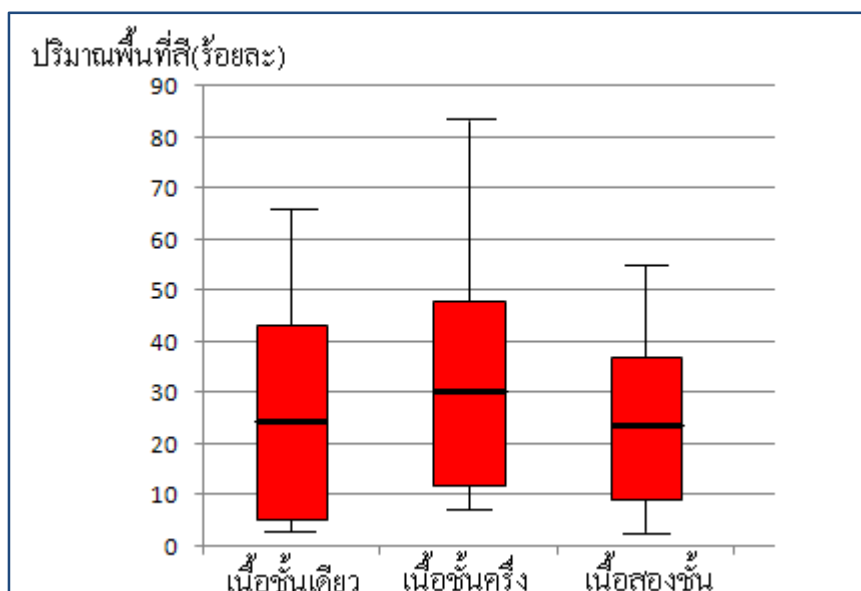
เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีดำบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทได้ผลการทดลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ B ระบบสี RGB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 11.60     | 16.95   | 24.57   | 17      | 11.81                | 15.85   | 19.14   | 13.75   |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 16.34     | 26.44   | 30.81   | 17.71   | 11.41                | 14.98   | 18.24   | 13.98   |
| เนื้อสองชั้น   | 13.85     | 24.92   | 23.33   | 12.29   | 11.31                | 18.96   | 14.77   | 8.44    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 1-3 และมีค่าลดลงในชั้นที่ 4 และค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาปริมาณค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกัน พบว่าในวงแหวนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของปริมาณพื้นที่สีมากที่สุด

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 3 มาสร้างแผนภูมิก่อดังรูปที่ 36 พบว่าการกระจายตัวของแผนภูมิไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 36 แผนภูมิก่อดังแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ B

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสองได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

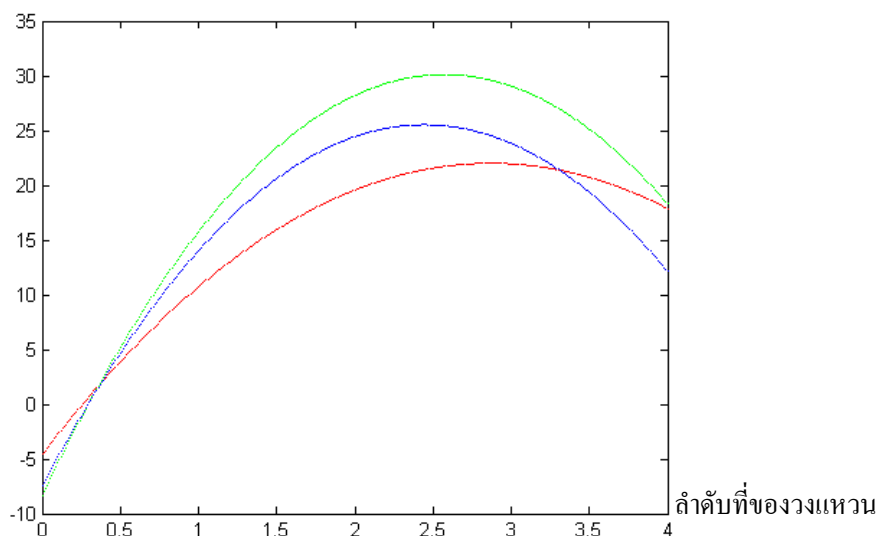
$$y_1 = -4.58 + 18.5387x - 3.2312x^2 \quad (39)$$

$$y_2 = -8.3026 + 29.8605x - 5.8026x^2 \quad (40)$$

$$y_3 = -7.4722 + 27.013x - 5.5278x^2 \quad (41)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 37

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

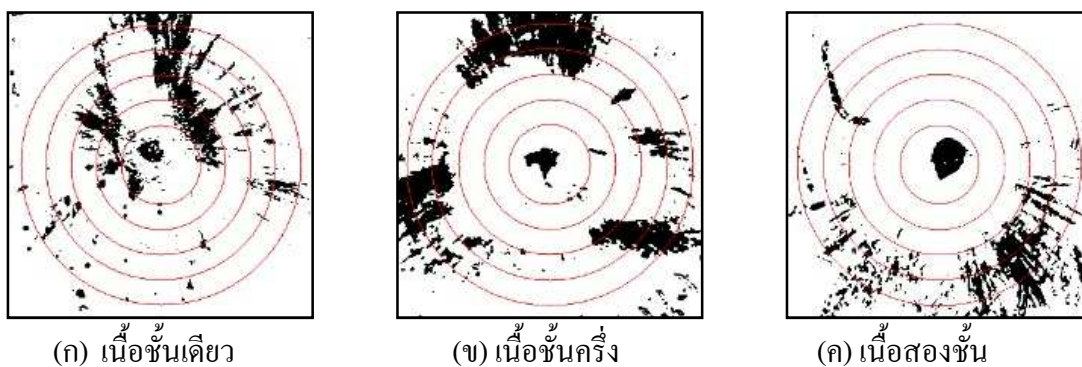


รูปที่ 37 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ B ระบบสี RGB

จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 37 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อหามีค่าที่ใกล้เคียงกันจนเกือบจะซ้อนทับกัน และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ B ระบบสี RGB ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.4. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ L ระบบสี CIELAB

เมื่อนำภาพในระนาบ L มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่า ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 175 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 38



(ก) เนื้อชั้นเดียว

(ข) เนื้อชั้นครึ่ง

(ค) เนื้อสองชั้น

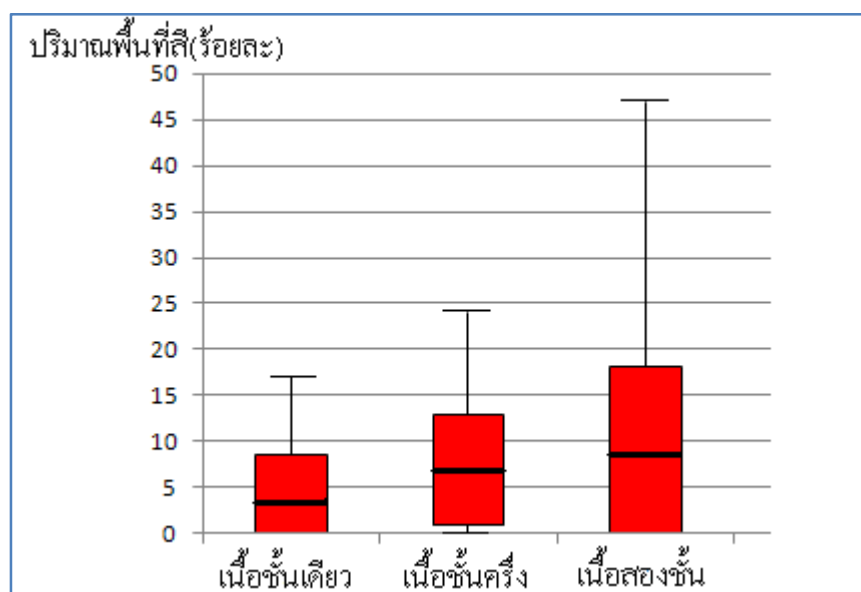
รูปที่ 38 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ L ระบบสี CIELAB

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีดำนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยของ ปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ L ระบบสี CIELAB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 2.26      | 3.59    | 7.88    | 8.42    | 4.61                 | 5.03    | 10.79   | 8.18    |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 2.60      | 6.92    | 13.47   | 11.79   | 3.88                 | 5.95    | 12.60   | 9.78    |
| เนื้อสองชั้น   | 1.89      | 8.15    | 13.40   | 9.44    | 4.78                 | 10.39   | 9.85    | 6.17    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในวงที่ 1-3 และลดลงในวงที่ 4 และค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาปริมาณค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกัน พบว่าในวงแหวนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของปริมาณพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 2 มาสร้างแผนภูมิกล่องดังรูปที่ 39 พบว่าการกระจายตัวของแผนภูมิไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 39 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ L



เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

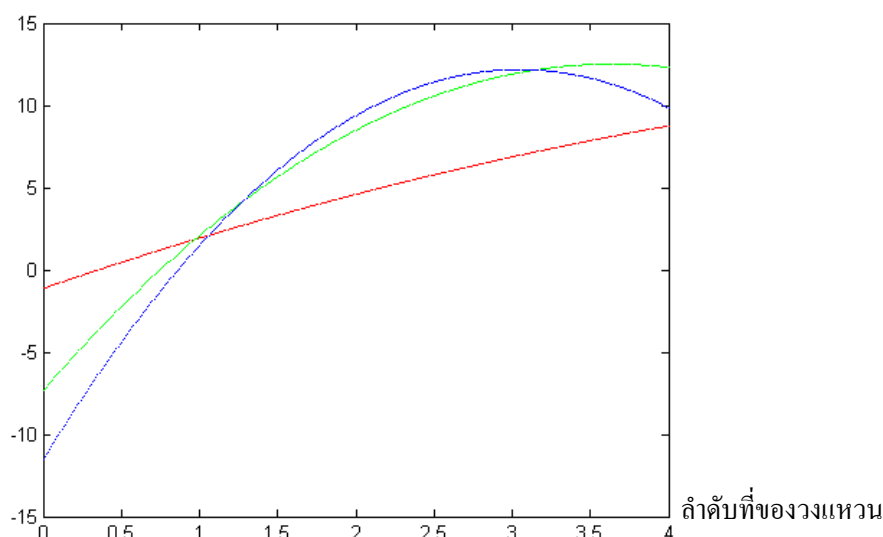
$$y_1 = -1.122 + 3.2488x - 0.1951x^2 \quad (42)$$

$$y_2 = -7.3289 + 10.9105x - 1.500x^2 \quad (43)$$

$$y_3 = -11.537 + 15.5704x - 2.5556x^2 \quad (44)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 40

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

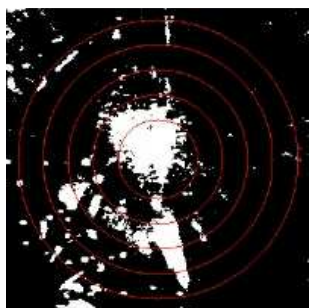


รูปที่ 40 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ L ระบบสี CIELAB

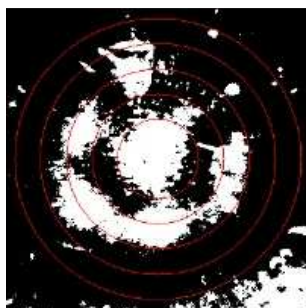
จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 40 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อมีการซ้อนทับกัน และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ L ระบบสี CIELAB ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.5. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ A ระบบสี CIELAB

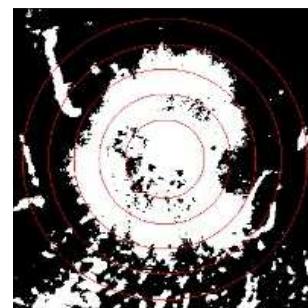
เมื่อนำภาพในระนาบ A มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 110 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 41



(ก) เนื้อชั้นเดียว



(ข) เนื้อชั้นครึ่ง



(ค) เนื้อสองชั้น

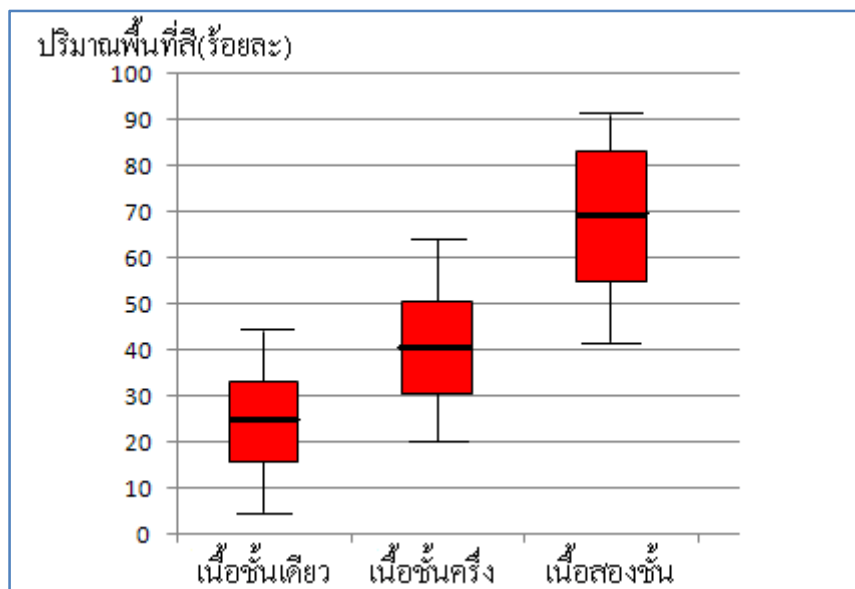
รูปที่ 41 ภาพผลลัพท์ที่ได้จากการทำค่าจีดีเริ่มเปลี่ยนในระนาบ A ระบบสี CIELAB

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีเขียวบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่วงแหวนสนใจของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทได้ผลการทดลองดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ A ระบบสี CIELAB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 24.39     | 22.49   | 10.68   | 4.85    | 8.92                 | 11.33   | 7.93    | 3.53    |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 40.62     | 36.82   | 17.04   | 8.26    | 10.04                | 13.07   | 9.67    | 6.81    |
| เนื้อสองชั้น   | 69.15     | 65.51   | 29.52   | 15.33   | 14.24                | 13.19   | 10.27   | 8.86    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือในวงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และลดลงตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมพบว่าค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามกลุ่มอายุของผลคือ เนื้อชั้นเดียวมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และเนื้อสองชั้นมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และเมื่อทำการพิจารณาในวงแหวนเดียวกันพบว่าวงที่ 1 มีปริมาณค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 1 มาสร้างแผนภูมิกล่องดังรูปที่ 42 การกระจายตัวของแผนภูมิสามารถที่จะแยกความแตกต่างออกจากกันได้



รูปที่ 42 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ A

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

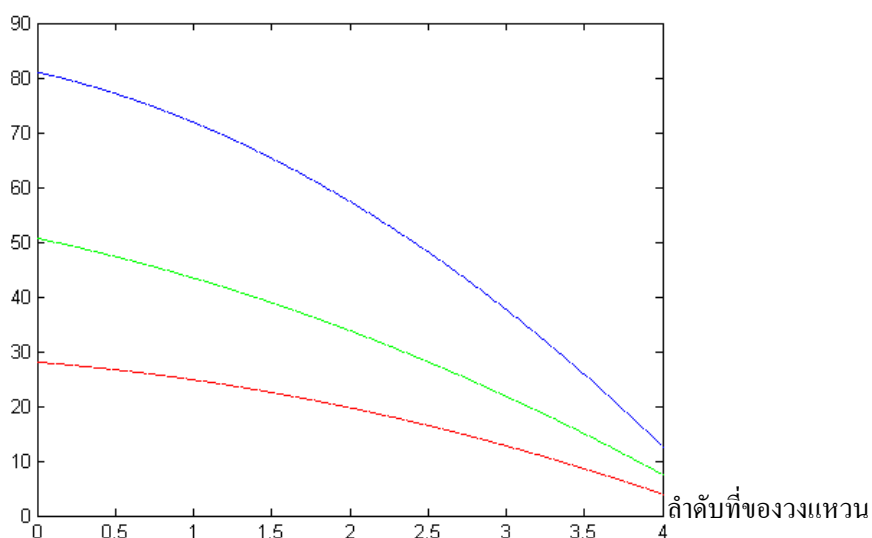
$$y_1 = 28.05 - 2.3012x - 0.9313x^2 \quad (45)$$

$$y_2 = 50.6776 - 6.0829x - 1.1776x^2 \quad (46)$$

$$y_3 = 81.0463 - 6.55x - 2.6389x^2 \quad (47)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 43

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

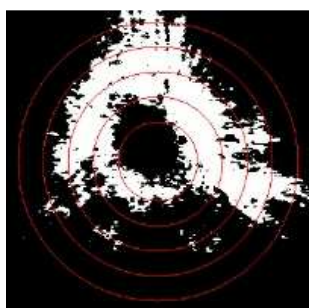


รูปที่ 43 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB

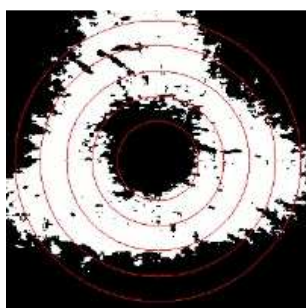
จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 43 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทขึ้นเนื่องมีการลักษณะที่คล้ายกับเส้นตรงเหมือนกัน และกราฟทั้ง 3 เส้นแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน

#### 4.2.1.6. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ B ระบบสี CIELAB

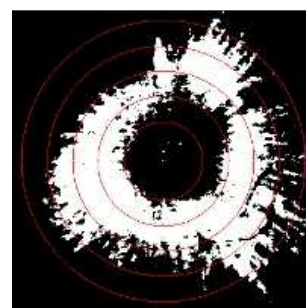
เมื่อนำภาพในระนาบ B มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 130 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 44



(ก) เนื้อชั้นเดียว



(ข) เนื้อชั้นครึ่ง



(ค) เนื้อสองชั้น

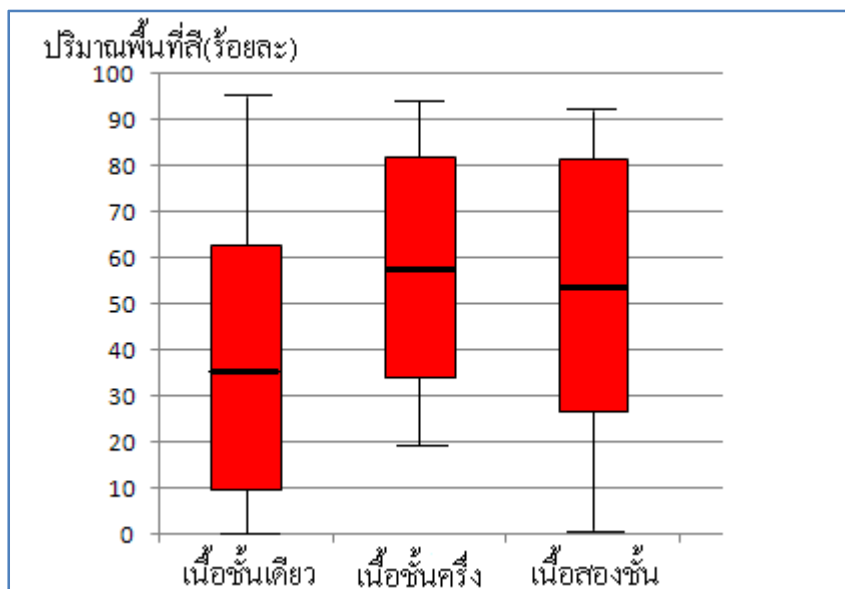
รูปที่ 44 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ B ระบบสี CIELAB

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีเขียวบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่วงแหวนสนใจของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ B ระบบสี CIELAB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 22.78     | 36.24   | 26.82   | 7.09    | 21.43                | 26.59   | 21.41   | 7.61    |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 43.50     | 57.79   | 37.66   | 11.21   | 23.57                | 24.15   | 19.50   | 11.38   |
| เนื้อสองชั้น   | 41.29     | 54.04   | 26.04   | 6.37    | 28.40                | 27.33   | 18.24   | 8.94    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ ทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ มีค่ามากในวงที่ 1 และมากที่สุด ในวงที่ 2 จากนั้นมีค่าลดลงในวงที่ 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมพบว่าค่าเฉลี่ยในประเภทเนื้อชั้นเดียวมีค่าน้อยที่สุด และในเนื้อชั้นครึ่งและเนื้อสองชั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกัน พบว่าค่าเฉลี่ยในวงแหวนที่ 2 มีปริมาณค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 2 มาสร้างแผนภูมิกล่องดังรูปที่ 45 การกระจายตัวของแผนภูมิจึงไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน



รูปที่ 45 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ B

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งพหุนามกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

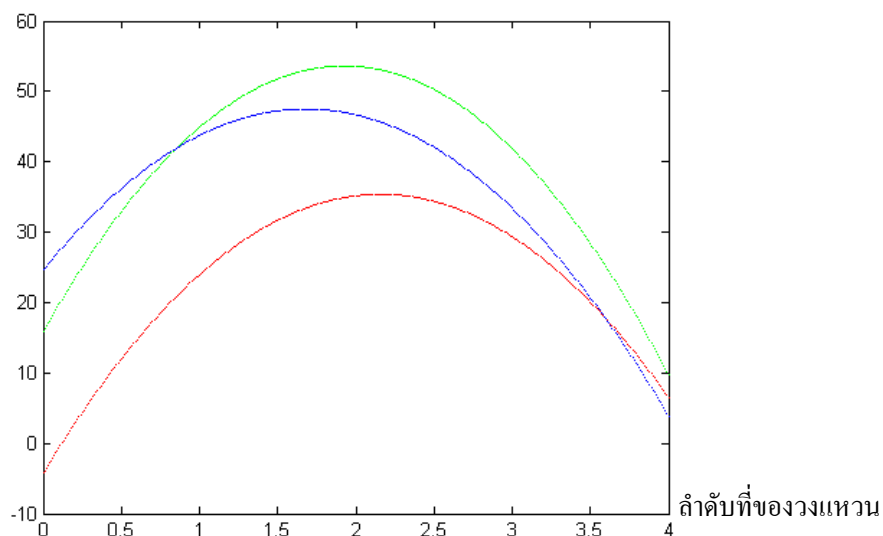
$$y_1 = -4.2437 + 36.7187x - 8.5062x^2 \quad (48)$$

$$y_2 = 15.8684 + 39.2211x - 10.7763x^2 \quad (49)$$

$$y_3 = 24.6204 + 27.2315x - 8.1019x^2 \quad (50)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 46

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

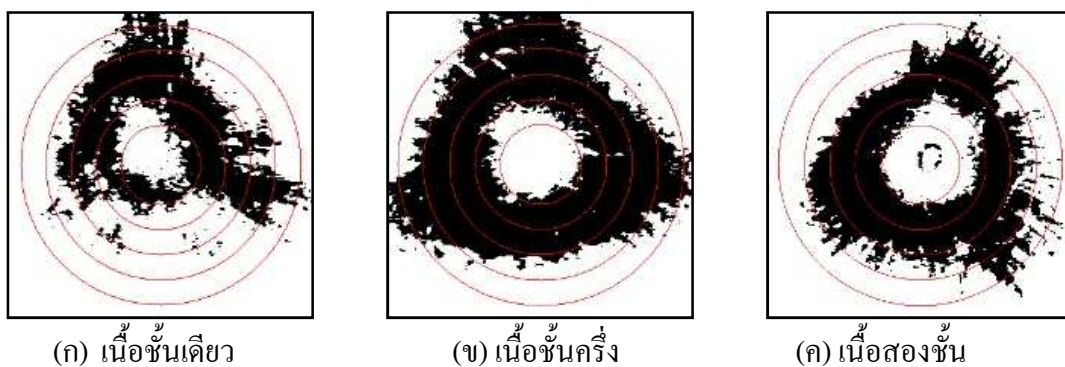


รูปที่ 46 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ B ระบบสี CIELAB

จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 46 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่มีการซ้อนทับกัน และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ B ระบบสี CIELAB ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.7. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ H ระบบสี HSV

เมื่อนำภาพในระนาบ H มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 79 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 47



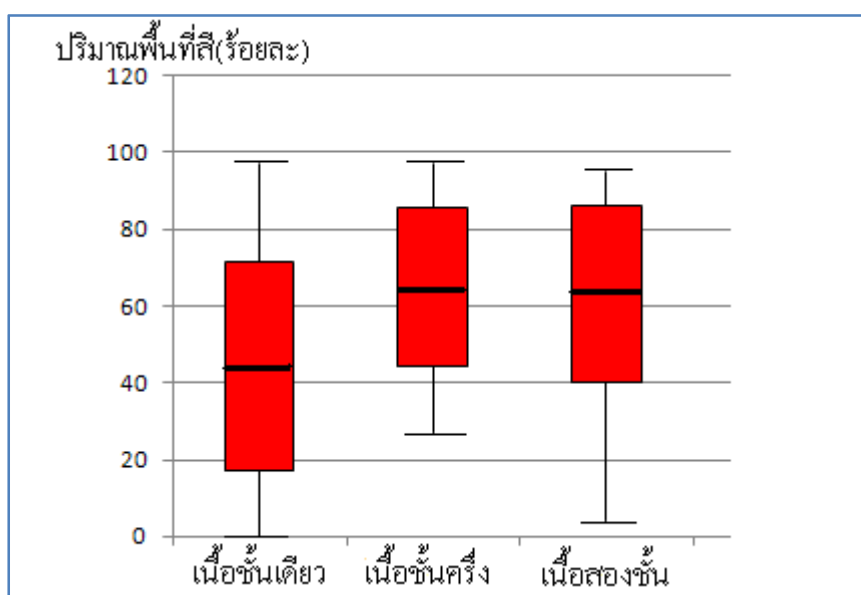
รูปที่ 47 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ H ระบบสี HSV

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีดำนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่วงแหวนสนใจของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทได้ผลการทดลองดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ H ระบบสี HSV

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 28.58     | 44.38   | 31.67   | 8.07    | 24.38                | 27.28   | 22.30   | 8.10    |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 49.95     | 64.90   | 40.55   | 12.39   | 24.01                | 20.75   | 18.19   | 11.47   |
| เนื้อสองชั้น   | 49.30     | 63.26   | 32.03   | 7.92    | 28.16                | 23.05   | 16.83   | 8.57    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ ทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ มีค่ามากในวงที่ 1 และมากที่สุด ในวงที่ 2 จากนั้นมีค่าลดลงในวงที่ 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมพบว่าค่าเฉลี่ยในประเภทเนื้อชั้นเดียวมีค่าน้อยที่สุด และในเนื้อชั้นครึ่งและเนื้อสองชั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกันพบว่าค่าเฉลี่ยในวงแหวนที่ 2 มีปริมาณค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 2 มาสร้างแผนภูมิกำลังรูปที่ 48 การกระจายตัวของแผนภูมิไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 48 แผนภูมิกำลังแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ H



เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

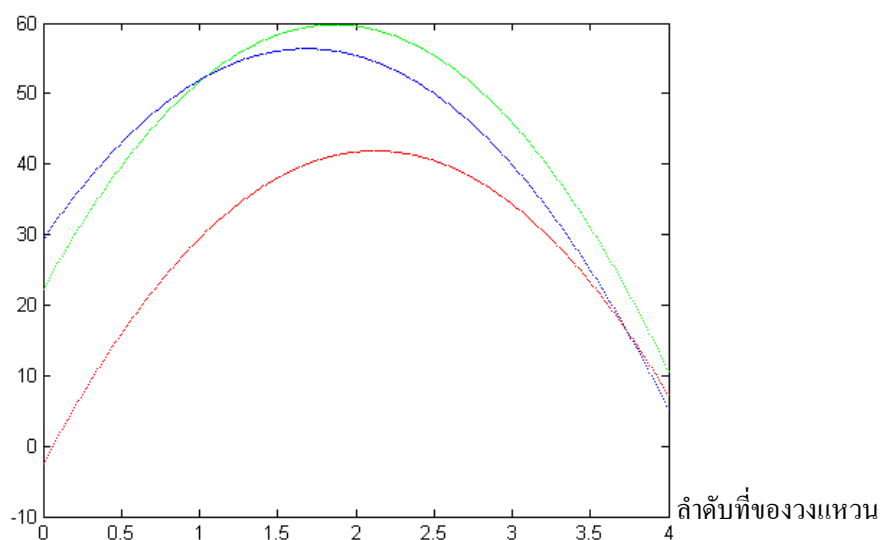
$$y_1 = -2.5250 + 41.83x - 9.850x^2 \quad (51)$$

$$y_2 = 22.3158 + 40.1816x - 10.7763x^2 \quad (52)$$

$$y_3 = 29.3704 + 32.0593x - 9.5185x^2 \quad (53)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 49

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

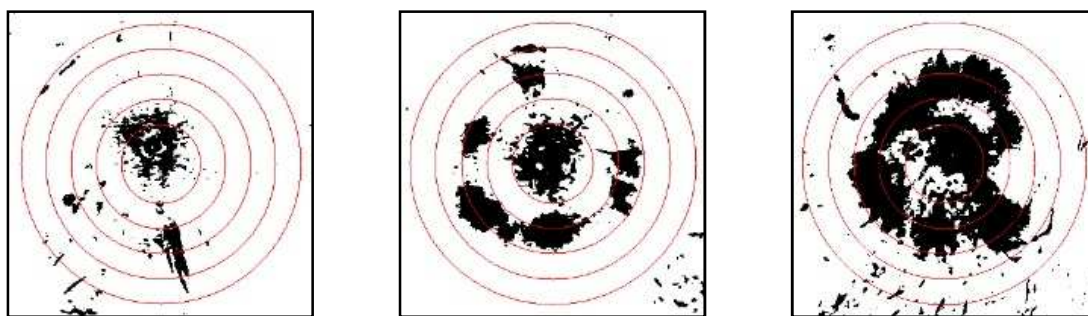


รูปที่ 49 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ H ระบบสี HSV

จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 49 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่มีการซ้อนทับกัน และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ H ระบบสี HSV ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.8. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ S ระบบสี HSV

เมื่อนำภาพในระนาบ S มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 100 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 50



(ก) เนื้อชั้นเดียว

(ข) เนื้อชั้นครึ่ง

(ค) เนื้อสองชั้น

รูปที่ 50 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ S ระบบสี HSV

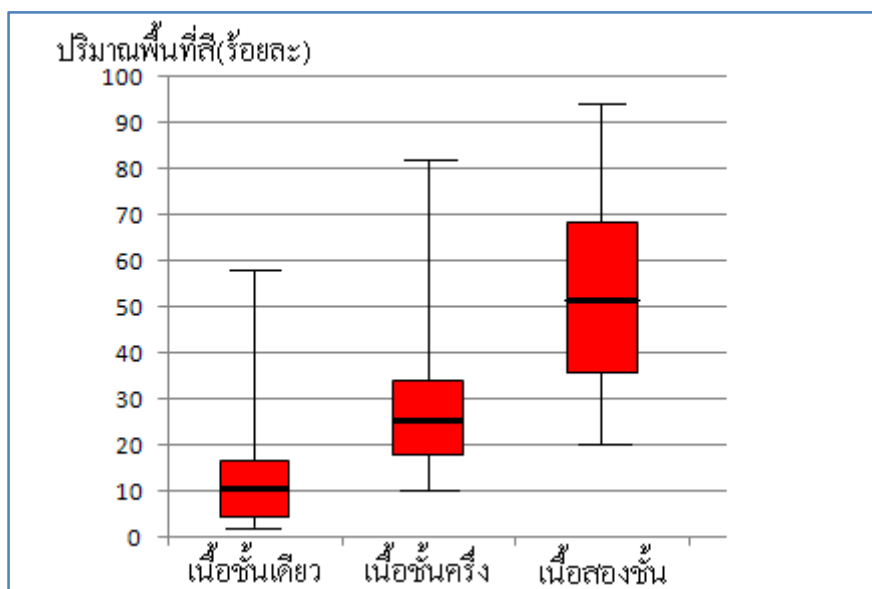
เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีดำบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่วงแหวนสนใจของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทได้ผลการทดลองดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ S ระบบสี HSV

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 11.09     | 10.53   | 5.36    | 2.04    | 5.59                 | 6.03    | 4.47    | 2.27    |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 27.15     | 25.87   | 14.47   | 6.87    | 6.44                 | 8.21    | 8.10    | 6.39    |
| เนื้อสองชั้น   | 44.92     | 52      | 24.33   | 11.85   | 15.81                | 16.23   | 12.62   | 10.30   |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ มีค่ามากในวงที่ 1 และมากที่สุด ในวงที่ 2 จากนั้นมีค่าลดลงในวงที่ 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมพบว่าค่าเฉลี่ยในประเภทเนื้อชั้นเดียวมีค่าน้อยที่สุด มีค่าเพิ่มขึ้นในเนื้อชั้นครึ่ง และมีค่ามากที่สุดในเนื้อสองชั้น เมื่อ

ทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยในวงแหวนเดียวกันพบว่าค่าเฉลี่ยในวงแหวนที่ 2 มีปริมาณค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในวงแหวนที่ 2 มาสร้างแผนภูมิก่อดังรูปที่ 51 พบว่าการกระจายตัวของแผนภูมิสามารถที่จะแยกออกจากกันได้



รูปที่ 51 แผนภูมิก่อดังแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ S

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

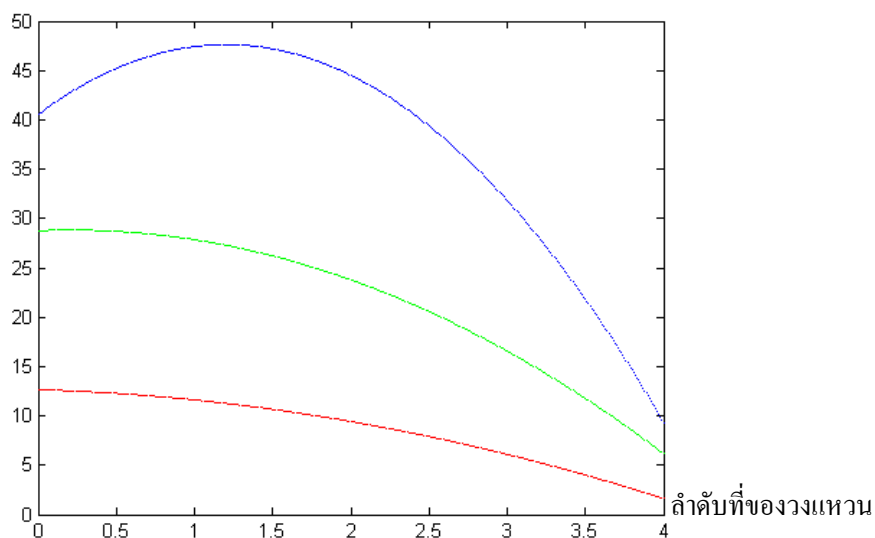
$$y_1 = 12.6611 - 0.47x - 0.5722x^2 \quad (54)$$

$$y_2 = 28.7632 + 0.6684x - 1.5789x^2 \quad (55)$$

$$y_3 = 40.5556 + 11.7556x - 4.8889x^2 \quad (56)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 52

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)

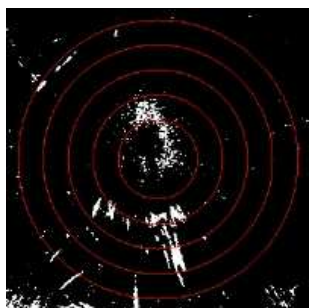


รูปที่ 52 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV

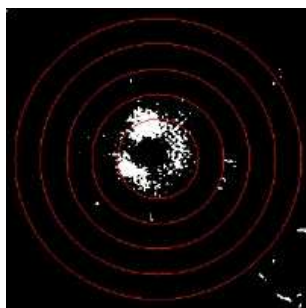
จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 52 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทไม่มีการซ้อนทับกัน และแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ S ระบบสี HSV มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

#### 4.2.1.9. ผลการหาลักษณะเด่นในระนาบ V ระบบสี HSV

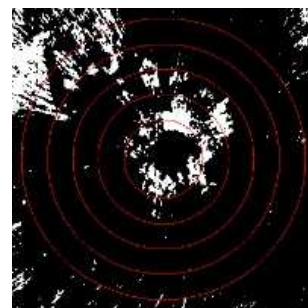
เมื่อนำภาพในระนาบ V มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม จากการทดลองค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 146 จากนั้นทำการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 4 วง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 53



(ก) เนื้อชั้นเดียว



(ข) เนื้อชั้นครึ่ง



(ค) เนื้อสองชั้น

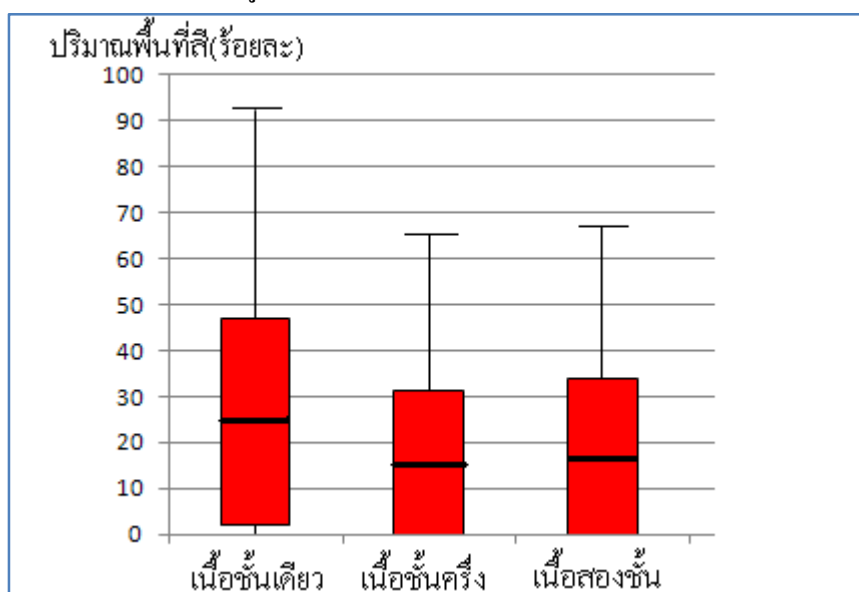
รูปที่ 53 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในระนาบ V ระบบสี HSV

เมื่อทำการคำนวณหาร้อยละของพื้นที่สีเขียวบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวนของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ ประเภทชั้นเนื้อละประมาณ 35 ผล และนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่วงแหวนสนใจของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สีในระนาบ V ระบบสี CIELAB

| กลุ่มที่       | ค่าเฉลี่ย |         |         |         | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |         |         |         |
|----------------|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|---------|---------|
|                | วงที่ 1   | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 | วงที่ 1              | วงที่ 2 | วงที่ 3 | วงที่ 4 |
| เนื้อชั้นเดียว | 24.51     | 17.73   | 10.07   | 10.75   | 22.51                | 19.09   | 13.57   | 12.61   |
| เนื้อชั้นครึ่ง | 15.74     | 8.68    | 5.34    | 8.39    | 15.55                | 9.81    | 6.35    | 7.77    |
| เนื้อสองชั้น   | 16.88     | 6.74    | 5.56    | 7.40    | 16.86                | 9.63    | 8.41    | 8.50    |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ มีค่ามากที่สุดในช่วงที่ 1 และมีค่าลดลงตามลำดับในช่วงที่ 2 – 4 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมพบว่า ค่าเฉลี่ยในประเภทเนื้อชั้นเดียวมีค่ามากที่สุด และในเนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยในช่วงเดียวกัน พบว่าค่าเฉลี่ยในช่วงที่ 1 มีปริมาณค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของพื้นที่สีมากที่สุด เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณพื้นที่สีในช่วงที่ 1 มาสร้างแผนภูมิกล่องดังรูปที่ 54 พบว่าการกระจายตัวของแผนภูมิไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 54 แผนภูมิกล่องแสดงการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีในระนาบ V

เมื่อนำชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ กับลำดับที่ของวงแหวนมาทำการประมาณสมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภท ด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง ได้สมการการจำแนกดังนี้คือ

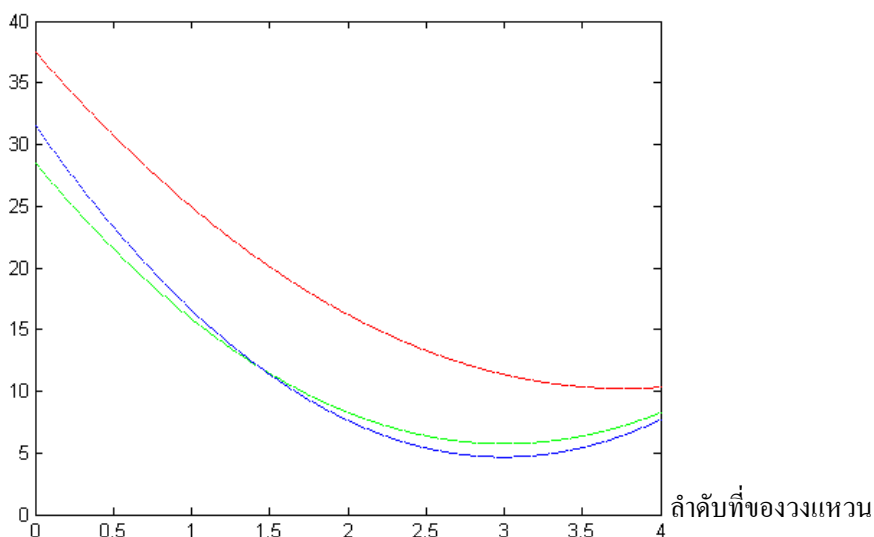
$$y_1 = 37.5122 - 14.5024x + 1.9268x^2 \quad (57)$$

$$y_2 = 28.5132 - 15.1684x + 2.5263x^2 \quad (58)$$

$$y_3 = 31.5556 - 17.963x + 3x^2 \quad (59)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 55

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)



รูปที่ 55 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ V ระบบสี HSV

จากกราฟของสมการจำแนกดังรูปที่ 55 พบว่าลักษณะกราฟของสมการจำแนกทั้ง 3 ประเภทมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่มีการซ้อนทับกัน และไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภาพในระนาบ V ระบบสี HSV ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ

จากการทดลองพบว่าจากภาพทั้งหมดใน 9 ระนาบนั้น มีเพียงภาพในระนาบ S ระบบสี HSV และภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB เท่านั้น ที่มีนัยสำคัญในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุว่าทำไมภาพในสองระนาบนี้จึงมีนัยสำคัญในการจำแนก และทำไมภาพในอีก 7 ระนาบไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกพบว่า เมื่อพิจารณาภาพในระบบสี RGB พบว่าค่าของ

ภาพทั้ง 3 ระบายสีในระบบสี RGB จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแสง ซึ่งสภาพแสงไม่มีนัยสำคัญในการจำแนก จึงทำให้ภาพในระบบสี RGB ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนก เมื่อทำการพิจารณาภาพในระบบสี HSV พบว่าภาพในระบบสีนี้มีเพียงระบาย V เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแสง ส่วนภาพในระบาย H และ S ไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแสง ภาพในระบาย H คือค่ามุมที่เกิดจากการรวมกันของสีหลัก (แดง เขียว น้ำเงิน) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญ และภาพในระบาย S เป็นค่าความเข้มของเนื้อสี หรือค่าความบริสุทธิ์ของสี โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของสีเพิ่มขึ้น และพื้นที่สนใจที่มีนัยสำคัญในการจำแนกก็เป็นบริเวณพื้นที่สีเขียวเข้ม ดังนั้นภาพในระบายนี้จึงมีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ และเมื่อทำการพิจารณาภาพในระบบสี CIELAB พบว่าในระบบสีนี้มีเพียงระบาย L เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแสง ส่วนภาพในระบาย B เป็นการกำหนดควัตถุสีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งทั้งสองสีนี้ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนก จึงทำให้ภาพในระบายนี้ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนก และสุดท้ายภาพในระบาย A เป็นการกำหนดควัตถุสีแดงและสีเขียว ซึ่งพื้นที่สีเขียวเข้มมีนัยสำคัญในการจำแนก จึงทำให้ภาพในระบายนี้มีนัยสำคัญในการจำแนก

#### 4.2.2. ผลการจำแนกชั้นเนื้อ

ในการจำแนกก็จะทำการทดสอบโดยใช้ภาพใน 2 ระบายที่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อ โดยทำการเปรียบเทียบหาค่าระยะห่างระหว่างกราฟซึ่งได้ผลการทดลองต่างๆดังนี้

##### 4.2.2.1. ผลการจำแนกของภาพในระบาย A ระบบสี CIELAB

ทำการทดลองจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน โดยใช้ภาพในระบาย A ระบบสี CIELAB โดยใช้ชุดข้อมูลทดลองประมาณประเภทชั้นเนื้อละ 35 ผล ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการจำแนกของภาพในระบาย A ระบบสี CIELAB

| ชั้นเนื้อจริง                    | ผลการทำนาย     |                |              |
|----------------------------------|----------------|----------------|--------------|
|                                  | เนื้อชั้นเดียว | เนื้อชั้นครึ่ง | เนื้อสองชั้น |
| เนื้อชั้นเดียว                   | 85.72          | 14.28          | 0            |
| เนื้อชั้นครึ่ง                   | 31.42          | 65.71          | 2.85         |
| เนื้อสองชั้น                     | 0              | 11.11          | 88.89        |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม 80.10 % |                |                |              |

จากผลการทดลองวิธีการนี้สามารถจำแนกประเภทของมะพร้าวเนื้อชั้นเดียวได้ถูกต้องร้อยละ 85.72 จำแนกประเภทของมะพร้าวเนื้อชั้นครึ่งได้ถูกต้องร้อยละ 65.71 และมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้นถูกต้องร้อยละ 88.89 และมีความถูกต้องในการจำแนกรวมร้อยละ 80.10

#### 4.2.2.2. ผลการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV

ทำการทดลองจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อน โดยใช้ภาพในระนาบ S ระบบสี HSV โดยใช้ชุดข้อมูลทดลองประมาณประเภทชั้นเนื้อละ 35 ผล ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV

| ชั้นเนื้อจริง                    | ผลการทำนาย     |                |              |
|----------------------------------|----------------|----------------|--------------|
|                                  | เนื้อชั้นเดียว | เนื้อชั้นครึ่ง | เนื้อสองชั้น |
| เนื้อชั้นเดียว                   | 97.15          | 2.85           | 0            |
| เนื้อชั้นครึ่ง                   | 11.72          | 82.85          | 5.71         |
| เนื้อสองชั้น                     | 0              | 28.58          | 71.42        |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม 83.80 % |                |                |              |

จากผลการทดลองวิธีการนี้ สามารถจำแนกประเภทของมะพร้าวเนื้อชั้นเดียวได้ถูกต้องร้อยละ 97.15 จำแนกประเภทของมะพร้าวเนื้อชั้นครึ่งได้ถูกต้องร้อยละ 82.5 และมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้นถูกต้องร้อยละ 71.42 และมีความถูกต้องในการจำแนกรวมร้อยละ 83.80

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างผลการจำแนกโดยใช้ภาพในระนาบ A กับภาพในระนาบ S พบว่ามีผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันโดยภาพในระนาบ A ให้ผลลัพธ์ในการจำแนกที่ดีในประเภทเนื้อสองชั้น แต่ภาพในระนาบ S ให้ผลการจำแนกที่ดีในประเภทเนื้อชั้นเดียวและเนื้อชั้นครึ่งและผลการจำแนกโดยรวมภาพในระนาบ S ให้ผลการจำแนกที่ดีกว่า

#### 4.2.3. ผลการทดลองปรับปรุงวิธีการจำแนก

เนื่องจากการทดลองหาระนาบของสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมอ่อนพบว่า ภาพในระนาบ S ระบบสี HSV ให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุด ดังนั้นในการปรับปรุงการจำแนกจึงได้นำเอาภาพในระนาบ S ระบบสี HSV มาใช้ในการทดลองปรับปรุงการจำแนก



#### 4.2.3.1. การจำแนกเมื่อทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนสนใจ

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนไปในพื้นที่สนใจของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV เป็น 5 วงแหวน และ 6 วงแหวน จากนั้นทำการทดลองโดยใช้ชุดข้อมูลทดลองเดียวกันกับตอนแรกและทำการสร้างสมการการจำแนกใหม่ดังนี้

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนบนพื้นที่สนใจเป็น 5 วงแหวน ได้สมการจำแนกดังนี้

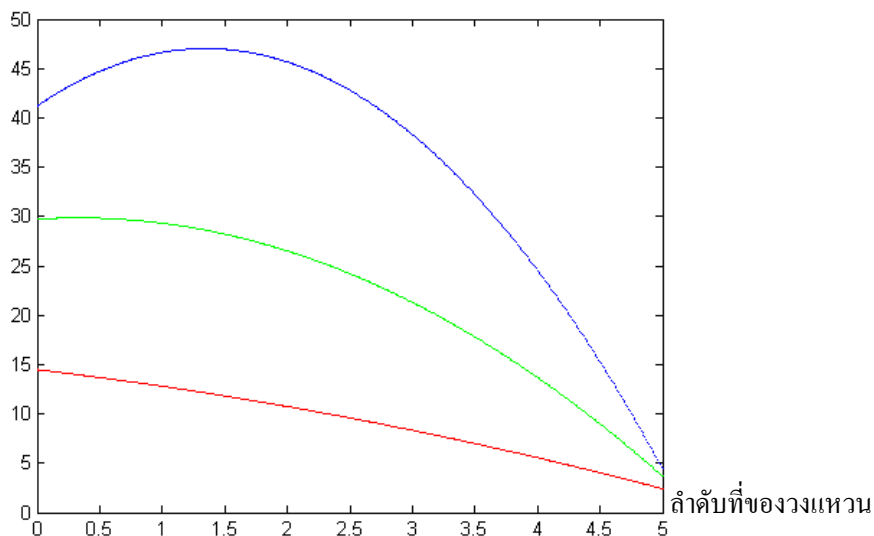
$$y1 = 14.48 - 1.5021x - 0.1821x^2 \quad (60)$$

$$y2 = 29.73 + 0.79x - 1.2x^2 \quad (61)$$

$$y3 = 41.2 + 8.6236x - 3.1964x^2 \quad (62)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม อ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 56

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)



รูปที่ 56 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV พื้นที่สนใจ 5 วงแหวน

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนบนพื้นที่สนใจเป็น 6 วงแหวน ได้สมการจำแนกดังนี้

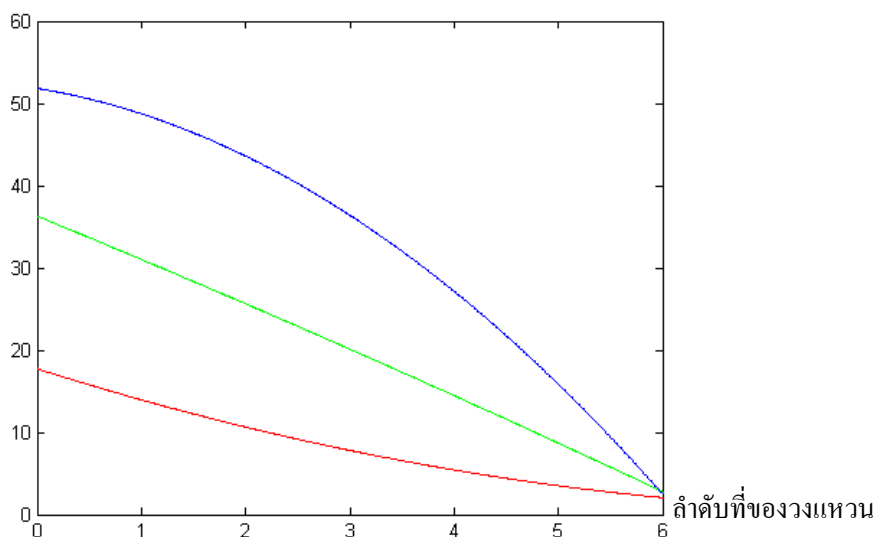
$$y1 = 17.72 - 4.0021x + 0.2321x^2 \quad (63)$$

$$y2 = 36.285 - 5.202x - 0.0634x^2 \quad (64)$$

$$y3 = 51.82 - 2.0611x - 1.0268x^2 \quad (65)$$

จากสมการจำแนกที่ได้นำมาสร้างกราฟประมาณการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอม  
อ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อได้ดังรูปที่ 57

ปริมาณพื้นที่สี (ร้อยละ)



รูปที่ 57 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV พื้นที่สนใจ 6 วงแหวน

เมื่อทำการทดสอบผลการจำแนกใหม่ โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกับการกำหนดพื้นที่สนใจ 4  
วงแหวน ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการจำแนกเมื่อกำหนดพื้นที่วงแหวนสนใจ 4, 5 และ 6 วง

| ชั้นเนื้อจริง   | ผลการทำนาย     |       |       |                |       |       |              |       |       |
|---|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | เนื้อชั้นเดียว |       |       | เนื้อชั้นครึ่ง |       |       | เนื้อสองชั้น |       |       |
|   | 4 วง           | 5 วง  | 6 วง  | 4 วง           | 5 วง  | 6 วง  | 4 วง         | 5 วง  | 6 วง  |
| เนื้อชั้นเดียว  | 97.15          | 88.57 | 97.15 | 2.85           | 11.11 | 2.85  | 0            | 0     | 0     |
| เนื้อชั้นครึ่ง  | 11.72          | 11.72 | 17.14 | 82.85          | 82.5  | 74.28 | 5.71         | 5.71  | 8.58  |
| เนื้อสองชั้น  | 0              | 0     | 0     | 28.58          | 25.72 | 22.86 | 71.42        | 74.28 | 77.14 |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม 4 วง ร้อยละ 83.80, 5 วง ร้อยละ 81.78 และ 6 วง ร้อยละ 82.85 |                |       |       |                |       |       |              |       |       |

จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มจำนวนของวงแหวนบนพื้นที่สนใจไม่ได้มีผลให้การจำแนกโดยรวมเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ความถูกต้องในบางประเภทชั้นเนื้อเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย โดยที่ผลการจำแนกรวมยังคงใกล้เคียงกัน

#### 4.2.3.2. ผลการจำแนกเมื่อทำการลบรอยถลอก

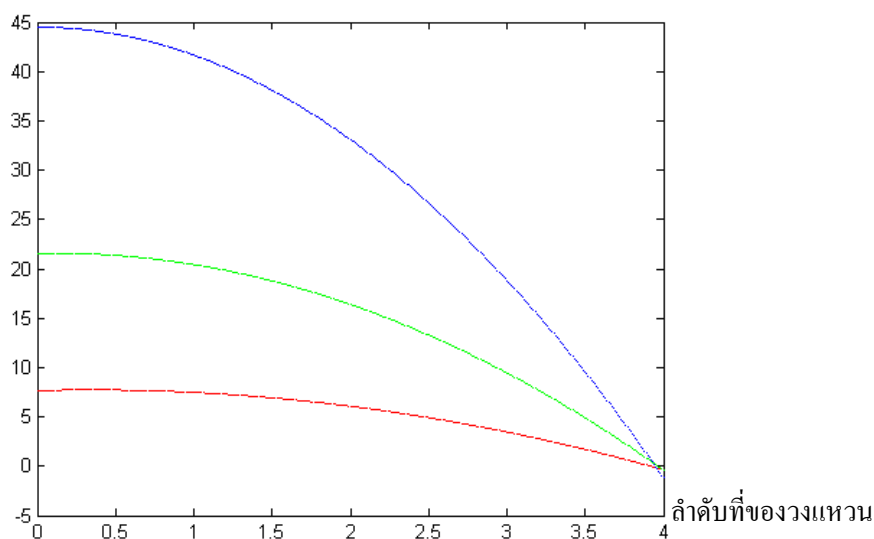
เมื่อนำภาพในระนาบ S ระบบสี HSV มาทำการทดสอบผลการจำแนก โดยใช้วิธีการลบรอยถลอกเข้ามาพร้อมด้วย และใช้ชุดข้อมูลทดลองชุดเดียวกันกับการทดลองโดยไม่ลบรอยถลอก และทำการสร้างสมการจำแนกใหม่ได้ผลการทดลองดังนี้

$$y1 = 7.6687 + 0.4187x - 0.6062x^2 \quad (66)$$

$$y2 = 21.5789 + 0.3x - 1.4474x^2 \quad (67)$$

$$y3 = 44.4907 + 0.0278x - 2.8611x^2 \quad (68)$$

ปริมาณพื้นที่สี(ร้อยละ)



รูปที่ 58 กราฟสมการจำแนกของภาพในระนาบ S ระบบสี HSV เมื่อลบรอยถลอก

เมื่อทำการทดสอบผลการจำแนกใหม่โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกันกับการกำหนดพื้นที่สนใจ 4 วงแหวน ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการจำแนกเมื่อทำการลบรอยถลอกก่อนการประมวลผล

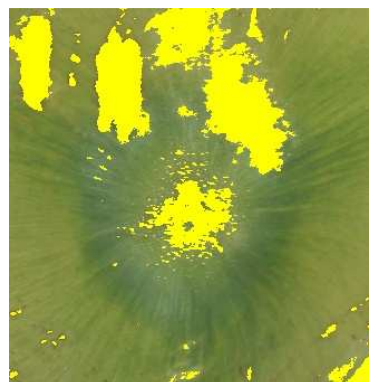
| ชั้นเนื้อจริง  | ผลการทำนาย     |       |                |       |              |       |
|--|----------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
|  | เนื้อชั้นเดียว |       | เนื้อชั้นครึ่ง |       | เนื้อสองชั้น |       |
|  | ไม่ลบ          | ลบ    | ไม่ลบ          | ลบ    | ไม่ลบ        | ลบ    |
| เนื้อชั้นเดียว   | 97.15          | 97.15 | 2.85           | 2.85  | 0            | 0     |
| เนื้อชั้นครึ่ง   | 11.72          | 22.86 | 82.85          | 74.28 | 5.71         | 2.86  |
| เนื้อสองชั้น   | 0              | 0     | 28.58          | 22.58 | 71.42        | 77.42 |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม ไม่ลบรอยถลอกร้อยละ 83.80, ลบรอยถลอกร้อยละ 82.95 |                |       |                |       |              |       |

จากผลการทดลอง วิธีการนี้สามารถจำแนกประเภทของมะพร้าวเนื้อชั้นเดียวได้ถูกต้องร้อยละ 97.15 มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่งถูกต้องร้อยละ 74.28 และมะพร้าวเนื้อสองชั้นถูกต้องร้อยละ 77.42 และผลการจำแนกรวมมีความถูกต้องร้อยละ 82.95 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกโดยไม่มีการลบรอยถลอกพบว่า การลบรอยถลอกผลการจำแนกในประเภทเนื้อสองชั้นดีขึ้น แต่ผลการจำแนกในประเภทเนื้อชั้นครึ่งมีค่าลดลง และผลการจำแนกโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่วิธีการลบรอยถลอกมีความถูกต้องน้อยกว่าเล็กน้อย

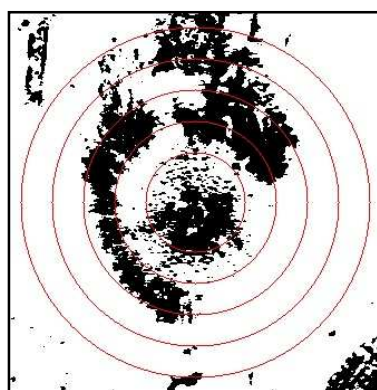
สาเหตุที่ทำให้วิธีการลบรอยถลอกมีความถูกต้องลดลง เนื่องจากว่าในขั้นตอนของการลบรอยถลอกมีการลบพื้นที่ในบริเวณที่ไม่ควรลบออกไปด้วยกล่าวคือ มีการลบพื้นที่ในบริเวณที่ปกติแล้ว พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่สีที่สนใจอยู่แล้ว ซึ่งการเกิดรอยถลอกในบริเวณนี้จะไม่มีความผิดพลาดของการจำแนก แต่เมื่อไปทำการลบบริเวณดังกล่าวออกไปจะทำให้ปริมาณร้อยละของพื้นที่สีที่สนใจมีค่าลดลง ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนก ดังตัวอย่างจากภาพนำเข้ ดังรูปที่ 59(ก) จะพบว่าพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยถลอกบางส่วนอยู่ในตำแหน่งที่เป็นพื้นที่สีเขียวเข้ม ซึ่งปกติถ้าไม่เกิดรอยถลอกพื้นที่ส่วนนั้นก็น่าจะเป็นพื้นที่สีที่สนใจอยู่แล้ว (จากการพิจารณาพื้นที่สีบริเวณรอบๆรอยถลอก) เมื่อทำการลบรอยถลอกดังรูปที่ 59(ข) ก็จะทำให้พื้นที่สีที่ใจที่ได้จากการทำซีดีเริ่มเปลี่ยนบริเวณดังกล่าวที่ค่าลดลงดังรูปที่ 59(ค) และ 59(ง)



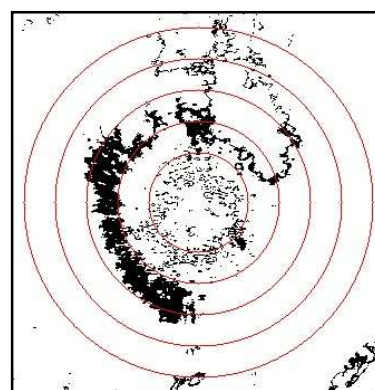
(ก) ภาพนำเข้า



(ข) บริเวณที่ทำการลบรอยถลอก



(ค) พื้นที่สนใจที่ไม่ทำลบรอยถลอก



(ง) พื้นที่สนใจเมื่อลบรอยถลอก

### รูปที่ 59 แสดงลักษณะการพิจารณาเพื่อลบพื้นที่รอยถลอก

ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบผลการจำแนกใหม่ โดยใช้วิธีการจำแนกแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจะทำการพิจารณาการลบตำแหน่งที่เกิดรอยถลอกด้วยสายตา ว่าตำแหน่งพื้นที่รอยถลอกดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่ควรจะลบออกไปหรือไม่ ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วพบว่าพื้นที่รอยถลอกดังกล่าวอยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่สีเขียวเข้มซึ่งปกติจะกลายเป็นพื้นที่สนใจอยู่แล้ว ก็จะไม่ทำการลบพื้นที่ดังกล่าว แต่ถ้าหากพิจารณาแล้วพบว่า ตำแหน่งที่เกิดรอยถลอกไม่ได้เป็นบริเวณพื้นที่สีเขียวเข้ม ก็จะทำการลบพื้นที่บริเวณนี้ทิ้งไป โดยในการพิจารณาจะใช้การสังเกตจากพื้นที่สีที่อยู่รอบๆบริเวณที่เกิดรอยถลอก ซึ่งกระบวนการจำแนกด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ให้ผลการจำแนกดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการจำแนกเมื่อทำการลบรอยถลอกแบบกึ่งอัตโนมัติก่อนการประมวลผล

| ชั้นเนื้อจริง  | ผลการทำนาย     |               |                |               |              |               |
|--|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|---------------|
|  | เนื้อชั้นเดียว |               | เนื้อชั้นครึ่ง |               | เนื้อสองชั้น |               |
|  | อัตโนมัติ      | กึ่งอัตโนมัติ | อัตโนมัติ      | กึ่งอัตโนมัติ | อัตโนมัติ    | กึ่งอัตโนมัติ |
| เนื้อชั้นเดียว   | 97.15          | 97.15         | 2.85           | 2.85          | 0            | 0             |
| เนื้อชั้นครึ่ง   | 22.86          | 17.14         | 74.28          | 80            | 2.86         | 2.86          |
| เนื้อสองชั้น   | 0              | 0             | 22.58          | 17.15         | 77.42        | 82.85         |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวมแบบอัตโนมัติร้อยละ 82.95, แบบกึ่งอัตโนมัติร้อยละ 86.67 |                |               |                |               |              |               |

## 4.2.3.3. ผลการจำแนกเมื่อใช้ชุดข้อมูลทดสอบ

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้วิธีการหาปริมาณพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจของภาพในระนาบ S และใช้ชุดข้อมูลทดสอบซึ่งเป็นชุดข้อมูลใหม่ที่ระบบไม่เคยรู้จักมาก่อนคละกันทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อจำนวน 126 ผล ได้ผลการจำแนกตามตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการจำแนกเมื่อใช้ชุดข้อมูลทดสอบ

| ชั้นเนื้อจริง                    | ผลการทำนาย     |                |              | เวลาเฉลี่ย<br>(มิลลิวินาที) |
|----------------------------------|----------------|----------------|--------------|-----------------------------|
|                                  | เนื้อชั้นเดียว | เนื้อชั้นครึ่ง | เนื้อสองชั้น |                             |
| เนื้อชั้นเดียว                   | 89.65          | 10.35          | 0            | 3.68                        |
| เนื้อชั้นครึ่ง                   | 15.23          | 79.41          | 5.36         | 5.20                        |
| เนื้อสองชั้น                     | 7.37           | 22.32          | 70.31        | 4.96                        |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม 79.79 % |                |                |              |                             |

จากผลการทดลองการจำแนกโดยใช้ข้อมูลทดสอบปรากฏว่า วิธีการนี้สามารถจำแนกมะพร้าวเนื้อชั้นเดียวได้ถูกต้องร้อยละ 89.65 ใช้เวลาเฉลี่ย 3.68 มิลลิวินาที จำแนกมะพร้าวเนื้อชั้นครึ่งได้ถูกต้องร้อยละ 79.41 ใช้เวลาเฉลี่ย 5.20 มิลลิวินาที และจำแนกมะพร้าวเนื้อสองชั้นได้ถูกต้องร้อยละ 70.31 ใช้เวลาเฉลี่ย 4.96 มิลลิวินาที และให้ความถูกต้องในการจำแนกรวมร้อยละ 79.79

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1. สรุปผล

โดยปกติแล้วในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะพร้าว น้ำหอมอ่อนของชาวสวนจะใช้สายตา การสัมผัสหรือการเคาะฟังเสียง ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ในการจำแนก ทำให้มีผลการจำแนกที่ต่ำ และในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งก็จะทำการเก็บลงมาจากต้นทั้งทะลาย ซึ่งผลมะพร้าวในทะลายเดียวกันก็ไม่ได้อยู่ในประเภทชั้นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ทำให้ชาวสวนไม่สามารถที่จะทำการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าวออกเป็นผลๆ ได้ ในการวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาเกณฑ์ในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจำแนกประเภทชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนที่สามารถจำแนกผลมะพร้าวในแต่ละผลจากต้นมะพร้าวได้ โดยตรงจากภาพถ่ายบริเวณก้นมะพร้าว ซึ่งมีการแบ่งประเภทชั้นเนื้อของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุที่บริโภคออกเป็น 3 ประเภทคือ มะพร้าวอ่อนประเภทเนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น แต่ในงานวิจัยนี้จะเป็นการทดลองเพื่อสร้างเกณฑ์ในการจำแนก โดยการใช้ชุดควบคุมแสงประดิษฐ์ เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมทางแสง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาไปสู่การจำแนกผลมะพร้าว น้ำหอมอ่อนในสภาพแวดล้อมจริง

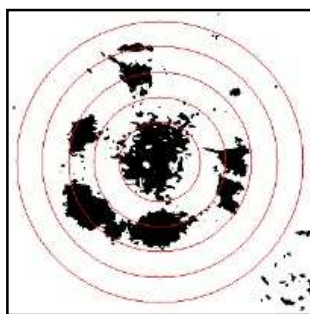
##### 5.1.1. ผลการหาระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก

ผลจากการทดลองโดยใช้ภาพในระบบสี RGB, CIELAB และระบบสี HSV และทำการหาระนาบของสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนก ปรากฏว่ามีภาพใน 2 ระนาบสีที่มีนัยสำคัญในการจำแนกคือ ภาพในระนาบ A ระบบสี CIELAB และภาพในระนาบ S ระบบสี HSV เมื่อนำภาพทั้งสองระบบสีนี้ไปทำการทดสอบการจำแนกประเภทชั้นเนื้อ ปรากฏว่าได้ผลในการจำแนกที่ใกล้เคียงกัน แต่ภาพในระนาบสี S ที่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 100 ให้ผลการจำแนกที่ดีกว่าโดยสามารถจำแนกมะพร้าวที่ทราบความเป็นสมาชิกมาก่อนถูกต้องร้อยละ 83.80 และสามารถจำแนกผลมะพร้าวที่ไม่ทราบความเป็นสมาชิกมาก่อนถูกต้องร้อยละ 79.79

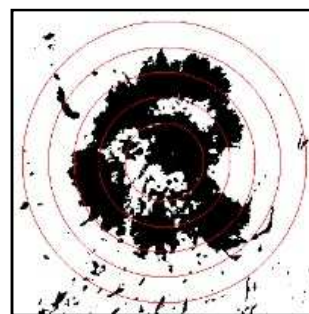
##### 5.1.2. ผลการจำแนกชั้นเนื้อโดยทำการลบรอยถลอก

เนื่องจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งสาเหตุมาจากสภาพที่ก้นของผลมะพร้าวมีรอยถลอก จึงได้ทำการทดลองว่าถ้าทำการตัดพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยถลอกออกไปจะส่งผลให้ผลการจำแนกที่ดีขึ้นหรือไม่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การลบพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยถลอกออกไปโดย

อัตโนมัติ จะให้ผลการจำแนกของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนในประเภทเนื้อสองชั้นเพิ่มขึ้น แต่ก็ทำให้ผลการจำแนกในประเภทเนื้อชั้นครึ่งลดลง สาเหตุที่ทำให้ผลการจำแนกในประเภทเนื้อสองชั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อทำการลบพื้นที่ในส่วนที่เป็นรอยลลอกออกไป จะทำให้ปริมาณพื้นที่ที่สนใจโดยรวมมีปริมาณลดลง โดยเฉพาะในประเภทเนื้อชั้นเดียวและประเภทเนื้อชั้นครึ่ง ทำให้ระยะห่างของกราฟของสมการจำแนกระหว่างประเภทเนื้อชั้นครึ่ง และประเภทเนื้อสองชั้นเพิ่มขึ้น เป็นผลให้การจำแนกของมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้นดีขึ้น ส่วนผลการจำแนกในประเภทเนื้อชั้นครึ่งลดลง เนื่องจากมะพร้าวในประเภทเนื้อชั้นครึ่งมีการกระจายตัวของปริมาณพื้นที่สีเขียวเข้มไม่รอบทิศทางดังรูปที่ 60(ก) ในขณะที่ในมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้นมีการกระจายตัวที่รอบทิศทางมากกว่า ดังรูปที่ 60(ข) ซึ่งถ้าหากพื้นที่ที่เป็นรอยลลอกอยู่ในตำแหน่งเดียวกับพื้นที่สีเขียวเข้ม และทำการลบพื้นที่ดังกล่าวออกไปจะทำให้พื้นที่สนใจที่ได้มีปริมาณน้อยมาก เป็นผลทำให้มีความผิดพลาดเพิ่มขึ้น



(ก) มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง



(ข) มะพร้าวเนื้อสองชั้น

### รูปที่ 60 ปริมาณพื้นที่ที่สนใจ

เมื่อพิจารณาผลการจำแนกโดยรวมพบว่า การลบพื้นที่ที่เป็นรอยลลอกออกไปแบบอัตโนมัติจะทำให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องลดลงเล็กน้อยคือ ให้ผลการจำแนกที่มีความถูกต้องร้อยละ 82.95 ส่วนในกรณีที่มีการลบรอยลลอกออกไปแบบกึ่งอัตโนมัติ คือใช้สายตาพิจารณาว่าพื้นที่ล่อยลลอกดังกล่าวสมควรจะลบหรือไม่ วิธีการลบรอยลลอกแบบกึ่งอัตโนมัติดังกล่าวนี้ให้ความถูกต้องในการจำแนกรวมร้อยละ 86.67

#### 5.1.3. ผลการจำแนกชั้นเนื้อโดยการเพิ่มจำนวนวงแหวนบนพื้นที่สนใจ

เนื่องจากการประมาณกราฟเส้นโค้งแบบโพลิโนเมียล และการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของวงแหวนกับพื้นที่สนใจโดยใช้จุดเพียงแค่ 4 จุดนั้น ทำให้มีความต่อเนื่องของกราฟที่ต่ำ ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพิ่มจุดให้กราฟมีความต่อเนื่องมากขึ้น โดยการแบ่งพื้นที่สนใจออกเป็นวงแหวน 5 วง และ 6 วงตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการเพิ่มพื้นที่สนใจเป็น 5 วง และ 6 วง ผลลัพธ์ที่ได้คือการจำแนกในบางประเภทชั้นเนื้อดีขึ้น และบางประเภทชั้นเนื้อ



ลดลง โดยที่ผลการจำแนกโดยรวมยังคงใกล้เคียงกับการใช้พื้นที่สนใจวงแหวน 4 วง จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มจำนวนพื้นที่วงแหวนสนใจไม่ได้มีผลทำให้การจำแนกดีขึ้น

#### 5.1.4. สาเหตุที่ทำให้ผลการจำแนกเกิดการผิดพลาด

จากการทดลองสามารถที่จะแบ่งสาเหตุของความผิดพลาดออกมาได้เป็น 2 ประเภทคือ สาเหตุจากภาพนำเข้าไม่ปกติ กับสาเหตุที่เกิดจากการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

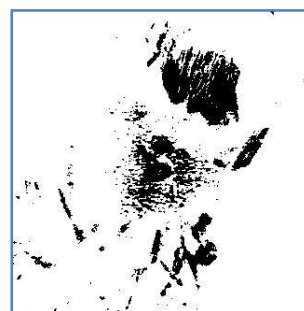
##### 5.1.4.1. สาเหตุจากภาพนำเข้าไม่ปกติ

สาเหตุหลักที่ทำให้ภาพนำเข้าไม่ปกติคือปัญหาในเรื่องของรอยถลอก โดยในการประมวลผลภาพพื้นที่ในส่วนที่เป็นรอยถลอกเมื่อทำการจัดเริ่มเปลี่ยนของภาพในระนาบ S พื้นที่ในส่วนที่เป็นรอยถลอกจะรวมกลายเป็นส่วนของพื้นที่สีที่สนใจด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความผิดพลาด โดยสามารถที่จะพิจารณาลักษณะของรอยถลอกได้ใน 2 ลักษณะคือ ตำแหน่งของการเกิดรอยถลอกและการกระจายตัวของรอยถลอก

- ตำแหน่งของการเกิดรอยถลอก ถ้าหากรอยถลอกอยู่ในส่วนที่เป็นบริเวณพื้นที่สีเขียวเข้มซึ่งปกติ ถ้าหากไม่เกิดรอยถลอกเมื่อทำการจัดเริ่มเปลี่ยนพื้นที่ส่วนนี้ก็จะกลายเป็นปริมาณพื้นที่สีที่สนใจอยู่แล้ว การเกิดรอยถลอกในบริเวณนี้ก็จะไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาด แต่ถ้าหากปกติพื้นที่ส่วนนี้ไม่ได้เป็นพื้นที่สีเขียวเข้ม การเกิดรอยถลอกจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกดังแสดงในรูปที่ 61(ก) จะพบว่าภาพดังกล่าวถ้าหากไม่มีรอยถลอกเมื่อทำการจัดเริ่มเปลี่ยนแล้ว จะมีปริมาณพื้นที่สนใจน้อยมากจัดอยู่ในประเภทมะพร้าวเนื้อชั้นเดียว แต่เมื่อมีรอยถลอกพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยถลอกจะกลายเป็นบริเวณของพื้นที่สนใจด้วยดังรูปที่ 61(ข) จะเห็นว่าปริมาณพื้นที่สนใจเพิ่มขึ้นเยอะมาก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความผิดพลาด



(ก) ภาพนำเข้าที่เกิดรอยถลอก



(ข) ภาพบริเวณของพื้นที่สนใจ

รูปที่ 61 ปัญหาการเกิดรอยถลอก

- การกระจายตัวของรอยถลอก ถ้าหารอยถลอกเป็นจุดเล็กๆ ไม่มากนักและมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ลักษณะรอยถลอกในรูปแบบนี้จะไม่ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกมากนัก แต่ในกรณีที่รอยถลอกเป็นพื้นที่ใหญ่อยู่เพียงจุดเดียวจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากภาพนำเข้าที่ได้รับปริมาณแสงสว่างมากเกินไป จนทำให้ภาพที่บริเวณก้นของมะพร้าวกลายเป็นสีเหลือง และไม่มีลักษณะของพื้นที่สีเขียวเข้มหลงเหลืออยู่เลย ดังรูปที่ 62(ก) ซึ่งเมื่อทำการขีดเริ่มเปลี่ยนภาพที่เป็นสีเหลืองจะไม่มีพื้นที่สีเขียว ซึ่งจะทำให้ผลการจำแนกเป็นเนื้อชั้นเดียวทั้งที่เป็นมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้น



(ก) มะพร้าวเนื้อสองชั้นที่เป็นสีเหลือง



(ข) มะพร้าวเนื้อสองชั้นปกติ

รูปที่ 62 มะพร้าวที่ได้รับแสงแดดมากเกินไปจนมีลักษณะเป็นสีเหลือง

#### 5.1.4.2. สาเหตุจากขั้นตอนในการประมวล

ในการทดลองจะเห็นว่า ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 เกิดขึ้นจากการแยกประเภทในชั้นเนื้อที่ติดกันเช่น ทำนายมะพร้าวประเภทเนื้อชั้นครึ่งว่าเป็นมะพร้าวประเภทเนื้อสองชั้น เนื่องจากชั้นเนื้อที่แท้จริงมีขนาดที่ใกล้เคียงกันมาก ดังตัวอย่างในรูปที่ 63



รูปที่ 63 มะพร้าวที่มีลักษณะก้ำกึ่งของชั้นเนื้อ

จากรูปจะเห็นว่าผลมะพร้าวดังกล่าวมีความก้ำกึ่งระหว่างประเภทเนื้อชั้นครึ่งกับประเภทเนื้อสองชั้น คือมีเนื้อเต็มกะลาแต่ที่ตรงส่วนหัวของมะพร้าวมีลักษณะเป็นวุ้นที่บางอยู่ ซึ่งก็ไม่มี ความหนาพอที่จะเป็นประเภทเนื้อสองชั้น ถ้าหากทำการตัดความผิดพลาดส่วนนี้ออกไปโดย ขอมรับว่าผลมะพร้าวที่มีลักษณะของความก้ำกึ่งดังกล่าวสามารถที่จะเป็นไปได้ทั้งสองประเภทชั้น เนื้อ การทดลองจะให้ความถูกต้องใหม่ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการจำแนกโดยยอมรับว่าผลที่ก้ำกึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง 2 ประเภทชั้นเนื้อ

| ชั้นเนื้อจริง                    | ผลการทำนาย     |                |              |
|----------------------------------|----------------|----------------|--------------|
|                                  | เนื้อชั้นเดียว | เนื้อชั้นครึ่ง | เนื้อสองชั้น |
| เนื้อชั้นเดียว                   | 97.15          | 2.85           | 0            |
| เนื้อชั้นครึ่ง                   | 7.62           | 86.67          | 5.71         |
| เนื้อสองชั้น                     | 0              | 18.52          | 81.48        |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม 88.43 % |                |                |              |

## 5.2. ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิจัยทดลองการจำแนกผลมะพร้าว น้ำหอมอ่อนในฤดูกาลที่ต่างกันจะทำให้ปริมาณการได้รับแสงแดดที่ต่างกันจึงทำให้สีของผลเปลี่ยนไป จึงต้องทำการปรับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมด้วย
2. ควรปรับปรุงกระบวนการจำแนกเพื่อให้สามารถปรับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถจำแนกผลมะพร้าว น้ำหอมอ่อนได้ในทุกสภาพแวดล้อม
3. ในขั้นตอนการถ่ายภาพนำเข้าจะต้องทำการถ่ายภาพที่สภาพแสงเดียวกัน จึงจะใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เท่ากันได้ ซึ่งถ้าสภาพแสงเปลี่ยนไปจะต้องทำการปรับเปลี่ยนค่าขีดเริ่มด้วย
4. ควรแบ่งการจำแนกออกเป็น 5 ประเภทโดยเพิ่มประเภทมะพร้าวที่อ่อนมากและมะพร้าวที่แก่มาก

## เอกสารอ้างอิง

- [1] จิรานุช คันธสุวรรณ 2535. “มะพร้าว น้ำหอม,” วารสารเศรษฐกิจการพาณิชย์ปีที่ 23. ฉ.233-235 มกราคม-มิถุนายน 2535, หน้า 28-31.
- [2] จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ 2538. การเก็บเกี่ยวมะพร้าว น้ำหอม. นสพ.กสิกร ปีที่ 68 ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธ์ 2538, หน้า 30-32.
- [3] นพดล อรุณยะเดช. 2545. “การวิเคราะห์ความแก่ของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] นราธร สังข์ประเสริฐ และ ธเนศ เคารพพงศ์, “การจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนด้วยวิธีการประมวลผลภาพ,” วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปีการศึกษา 2549.
- [5] บัณฑิต จริโมภาส และ อัครเดช เพชรสมัย. 2545. “การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือก ผลมะพร้าวอ่อน,” วิชาการเกษตร. 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2545), หน้า 91-110.
- [6] เปรมปรี ฌ สงขลา. 2541. การลงทุนทำสวนมะพร้าว น้ำหอมอย่างมืออาชีพ. กรุงเทพฯ : เจริญรัฐการพิมพ์ .
- [7] พูนพัฒน์ พูนน้อย และ อัมพวัน ตันสกุล. 2547. “เครื่องคัดคุณภาพมะม่วงระบบแมชชีน-วิชั่น,” วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.1 (มีนาคม 2548), หน้า 43-58.
- [8] เพ็ญศรี ทองนพคุณ. 2543. การกำหนดค่าการยอมรับความแตกต่างของสี. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- [9] วีรยุทธ พรสมทิทธิกุล, “การควบคุมความเร็วและตำแหน่งโดยระบบปรับด้วยตัวเองสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ,” วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปีการศึกษา 2550.
- [10] องค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ 2548. “สถิติการผลิตมะพร้าว 10 อันดับแรกของโลก,” แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/มะพร้าว>, 12 มกราคม.
- [11] Duda, R. O.; Hart, P.E. and Stork, D. G. 2000. Pattern Classification. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.
- [12] Laykin, S.; Alchanatis, V. and Edan, Y. 1999. “Image processing algorithms for tomatoes classification,” Transactions of the ASAE 45 (3) .pp.851-858.

- [13] M.Wimmer and B. Radig. 2548. "Adaptive Skin Color Classifier," GVIP'05 Conference, CICC. 19-21 December 2005.
- [14] Paolo, G.;Berruto, R.and Pietro, P. "Fruit Color Assessment for Quality Grading dPurposes," ASAE Paper no. 2-6097, St. Joseph, Mich.
- [15] Tao,Y.; Heinemann,P.H.; Varghese, Z.; Morrow, C.T. and Sommer,H.J. 1995. "Machine Vision for color inspection of potatoes and apples," Transactions the ASAE 38(5), pp.1555-1561.
- [16] Wan, I. 2000. "Optical properties for mechanical havrvesting of oil palm FFB," Journal of Oil Palm Research., Vol.12 No.2 (December 2000), 38-45.
- [17] Yingzi Du; Chen-I Chang and Paul David Thouin. 2547. "Unsupervised Approach to Color Video Thresholding," Optical Engineering. Vol.43 No.2 (February 2004).

**ภาคผนวก**

ภาคผนวก ก  
โปรแกรมจำแนกชั้นเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอ่อน

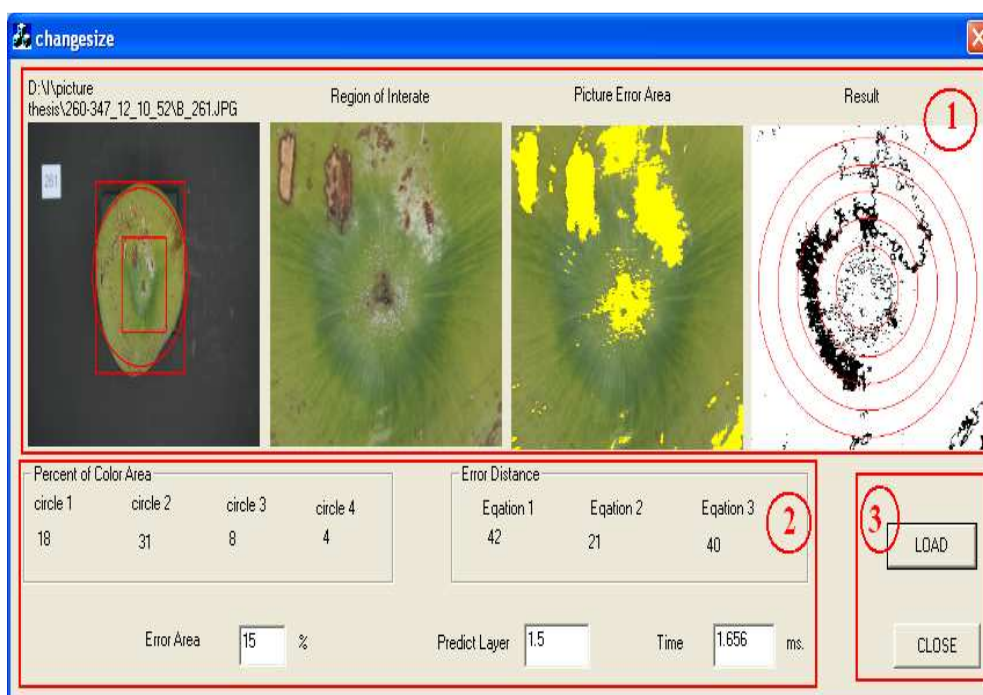


## โปรแกรมจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน

### ส่วนประกอบของโปรแกรม

โปรแกรมการจำแนกชั้นเนื้อของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน สามารถแบ่งส่วนประกอบของโปรแกรม ออกได้เป็น 3 ส่วนดังรูปที่ ก.1 คือ

1. ส่วนแสดงผลภาพซึ่งประกอบไปด้วยภาพต้นฉบับ ภาพพื้นที่สนใจที่คำนวณได้ ภาพบริเวณที่เป็นรอยถลอก และภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ
2. ส่วนของข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม
  - 3.1 ปุ่ม LOAD ใช้สำหรับโหลดภาพเข้ามาทำการประมวลผล
  - 3.2 ปุ่ม CLOSE ใช้ในการปิดโปรแกรม



รูปที่ ก.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของ โปรแกรม

### การใช้งานโปรแกรม

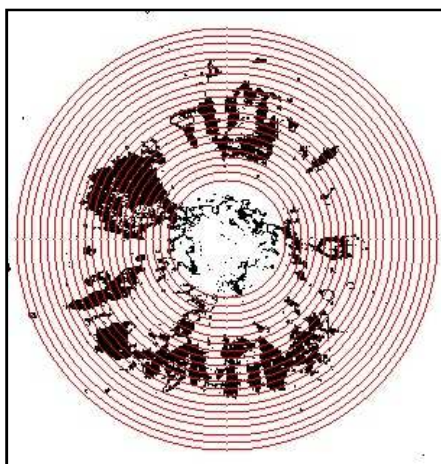
1. เมื่อทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะปรากฏหน้าต่างโปรแกรม
2. กดปุ่มโหลดเพื่อทำการเลือกภาพเข้ามาทำการประมวลผล เมื่อเลือกภาพที่จะทำการประมวลผลเสร็จแล้วจะปรากฏผลการคำนวณดังรูปที่ ก.1

**ภาคผนวก ข**  
**การปรับปรุงการจำแนก**

เนื่องจากการประมาณเส้นโค้งแบบโพลีโนเมียลกำลังสอง การเพิ่มความถูกต้องของการทดลอง จะต้องต้องมีข้อมูลสังเกตอย่างน้อย 20 จุด(วีรยุทธ,2550) และในการทดลองจะเป็นเพียงการหาปริมาณร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจเพียงอย่างเดียว ซึ่งในความเป็นจริงแล้วภาพที่บริเวณกันของมะพร้าว น้ำหอมอ่อน ยังมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจที่สำคัญในการจำแนกด้วย ด้วยเหตุผลสองประการนี้จึงได้ทำการทดลองโดยทำการเพิ่มจำนวนวงแหวนสนใจเป็น 20 วงดังตารางที่ ข.1 และแสดงภาพผลลัพธ์จากการสร้างวงแหวนสนใจ 20 วงดังรูปที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 การกำหนดขนาดรัศมีวงแหวน 20 วง

| ลำดับที่วงแหวน | รัศมี (วงนอก – วงใน) | ลำดับที่วงแหวน | รัศมี (วงนอก – วงใน) |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| วงแหวนที่ 1    | $4r - 4.5r$          | วงแหวนที่ 11   | $9r - 9.5r$          |
| วงแหวนที่ 2    | $4.5r - 5r$          | วงแหวนที่ 12   | $9.5r - 10r$         |
| วงแหวนที่ 3    | $5r - 5.5r$          | วงแหวนที่ 13   | $10r - 10.5r$        |
| วงแหวนที่ 4    | $5.5r - 6r$          | วงแหวนที่ 14   | $10.5r - 11r$        |
| วงแหวนที่ 5    | $6r - 6.5r$          | วงแหวนที่ 15   | $11r - 11.5r$        |
| วงแหวนที่ 6    | $6.5r - 7r$          | วงแหวนที่ 16   | $11.5r - 12r$        |
| วงแหวนที่ 7    | $7r - 7.5r$          | วงแหวนที่ 17   | $12r - 12.5r$        |
| วงแหวนที่ 8    | $7.5r - 8r$          | วงแหวนที่ 18   | $12.5r - 13r$        |
| วงแหวนที่ 9    | $8r - 8.5r$          | วงแหวนที่ 19   | $13r - 13.5r$        |
| วงแหวนที่ 10   | $8.5r - 9r$          | วงแหวนที่ 20   | $13.5r - 14r$        |



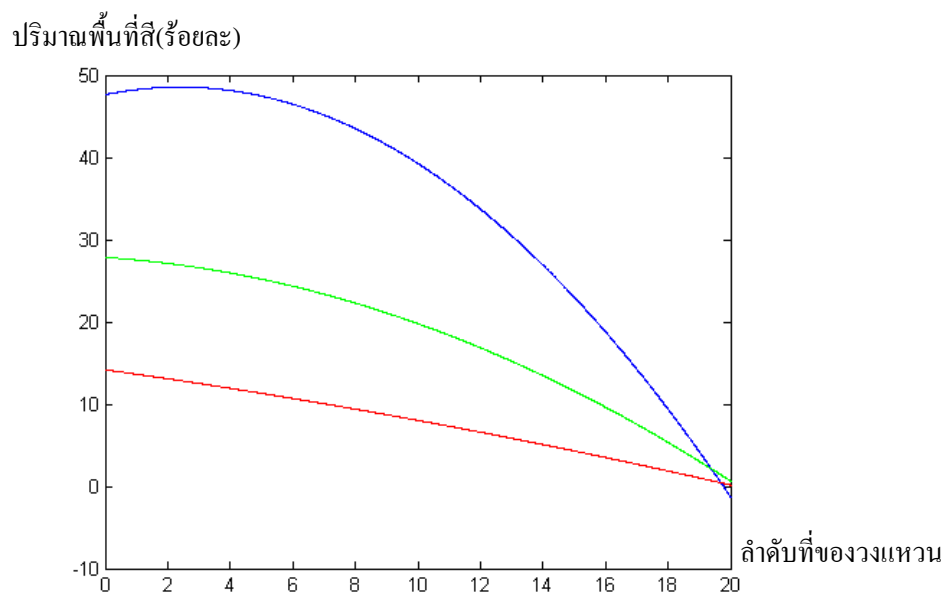
รูปที่ ข.1 การสร้างวงแหวนสนใจจำนวน 20 วง

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ภาพในระนาบ S ระบบสี SHV แบบไม่มีการลบรอยถลอก และสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 20 วง จากนั้นคำนวณหาปริมาณร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจในแต่ละวงแหวน และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจกับลำดับที่ของวงแหวน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของความสัมพันธ์ดังกล่าวโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกับการสร้างพื้นที่วงแหวนสนใจ 4 วง และทำการประมาณสมการจำแนกของมะพร้าว น้ำหอมอ่อนทั้ง 3 ประเภทชั้นเนื้อ โดยใช้การประมาณแบบเส้นโค้งโพลิโนเมียลกำลังสอง โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งได้ผลการทดลองดังสมการที่ ข.1-ข.3 และสามารถสร้างกราฟของสมการจำแนกได้ ดังรูปที่

$$y_1 = 14.1788 - 0.5308x - 0.0085x^2 \quad (\text{ข.1})$$

$$y_2 = 27.8340 - 0.25x - 0.0555x^2 \quad (\text{ข.2})$$

$$y_3 = 47.6270 + 0.7701x - 0.1608x^2 \quad (\text{ข.3})$$



รูปที่ ข.2 กราฟสมการจำแนกเมื่อใช้วงแหวนสนใจจำนวน 20 วง

ในการจำแนกจะทำการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ โดยที่อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของพื้นที่สีบนพื้นที่สนใจ จะมีค่าเท่ากับค่าความชันของกราฟ และคำนวณหาค่าผลรวมของความผิด โดยที่ผลรวมของค่าความผิดพลาดเท่ากับผลรวมของระยะห่างระหว่างกราฟของภาพนำเข้ากับกราฟของสมการจำแนก กับค่าความชันของ

กราฟที่จุดต่างๆ ทำการเปรียบเทียบค่าผลรวมของความผิดพลาดที่มีค่าน้อยที่สุด และผลมะพร้าวที่นำมาทดสอบจะถูกจำแนกให้อยู่ในประเภทชั้นเนื้อที่มีค่าผลรวมของความผิดพลาดน้อยที่สุด ทำการทดลองหาผลการจำแนกโดยใช้ชุดข้อมูลทดลองเดียวกันกับการใช้พื้นที่วงแหวน 4 วง ได้ผลการจำแนกดังตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 ผลการจำแนกเมื่อใช้พื้นที่วงแหวนสนใจจำนวน 20 วง

| ชั้นเนื้อจริง  | ผลการทำนาย     |       |                |       |              |       |
|--|----------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
|  | เนื้อชั้นเดียว |       | เนื้อชั้นครึ่ง |       | เนื้อสองชั้น |       |
|  | 4 วง           | 20 วง | 4 วง           | 20 วง | 4 วง         | 20 วง |
| เนื้อชั้นเดียว   | 97.15          | 97.15 | 2.85           | 2.85  | 0            | 0     |
| เนื้อชั้นครึ่ง   | 11.72          | 14.29 | 82.85          | 85.71 | 5.71         | 0     |
| เนื้อสองชั้น   | 0              | 0     | 28.58          | 22.86 | 71.42        | 77.14 |
| ความถูกต้องในการจำแนกรวม 4 วงแหวนร้อยละ 83.80, 20 วงแหวนร้อยละ 86.66 |                |       |                |       |              |       |

จากผลการจำแนกในตารางที่ ข.2 จะพบว่า การเพิ่มจำนวนวงแหวนสนใจเป็น 20 วงและมีการนำเอาอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพื้นที่สีมาช่วยในการจำแนกด้วย ทำให้ได้ผลการจำแนกที่ดีขึ้น และมีความถูกต้องในการจำแนกรวมอยู่ที่ร้อยละ 86.66

ภาคผนวก ค  
งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

**PROCEEDINGS OF SPIE**  
**Second International Conference**  
**On Digital Image Processing**

**Kamaruzaman Jusoff**

**Yi Xie**

**Editors**

**26-28 February 2010**  
**Singapore**

**Organized by**  
**International Association of Computer Science and Information Technology (Singapore)**

**Volume 7546**  
**Part One of Two Parts**



**SPIE**

Connecting minds. Advancing light

## Classification Fresh Aromatic Coconuts by Using Polynomial Regression

Suppachai Madue<sup>1</sup>, Thanate Khaorapong<sup>2</sup>, Montri Karnjanadecha<sup>3</sup>, Somchai Limsiroratana<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

Hatyai, Songkhla, 90112

[openpino@hotmail.com](mailto:openpino@hotmail.com)<sup>1</sup>, [kthanate@coe.psu.ac.th](mailto:kthanate@coe.psu.ac.th)<sup>2</sup>, [montri@coe.psu.ac.th](mailto:montri@coe.psu.ac.th)<sup>3</sup>,  
[somchai@coe.psu.ac.th](mailto:somchai@coe.psu.ac.th)<sup>4</sup>

### ABSTRACT

This paper present the classification of fresh aromatic coconuts into 3 types: single layer, double layer and one and a half layer by inspecting colors at the bottom of coconuts. We take the photos the bottom of coconuts in RGB mode, change the colors into the HSV mode, and then place 4 circles into the image. The 20 photos of each type are used to generate the relation of the rings for each type by using polynomial regression. Finally, we use the polynomial equations to test new 100 fresh aromatic coconuts, the result is 11.76% errors for single layer, 18.6% for one and a half layer and 18.18% error for double layers.

FRESH AROMATIC COCONUT, IMAGE PROCESSING, CLASSIFICATION, POLYNOMIAL REGRESSION

### 1. INTRODUCTION

Fresh aromatic coconut is one of the popular fruit in Thailand because the juice and pulp taste very well and smell very nice. Each year, Thailand exports a lot of fresh aromatic coconuts to many countries. The big problem for agricultures is to find the technology to classify their fresh aromatic coconut. The fresh aromatic coconut has 3 types which are single layer, one and a half layer, double layer. The most popular type is the double layer. In the process of harvesting, The agriculture will look at the color of the junction between the coconut and the fresh aromatic coconuts pole. If that part is big white circle, that's mean the coconut is too young. On the other hand, if that junction is small white circle, it means that it is the right time to cut it down. This agriculture classification method has only 46.3% of accuracy [7]. There are many previous research projects about the image processing to classify harvest in agriculture. For example, Morrow [6] present the technique of vision inspection of apples, mushrooms and potatoes for size, color and shape. Then Cao and Bato [1] use image processing algorithms were implemented for orientation and shape determination of strawberry. Choi use color image analysis procedure to classify fresh tomatoes into six maturity grades [2]. Edan [4] developed a weighted color parameter base on human perception that provided a stable model invariant to changes in lighting conditions with excellent classification into 12 maturity classes. Naratorn Sangprasert [7] invent the new method using image processing to classify the type of fresh aromatic coconut. This method can be 91.7% accurate by using the photo of the top of the fresh aromatic coconut and then analyst the layer but if this fresh aromatic coconut is not suite to be double layer type, this fresh aromatic coconut will get throw away because it already cut from the tree. In this paper, We use the images of the bottom of fresh aromatic coconut because we can analysis the fresh aromatic coconuts on the coconut tree without cutting its from the tree.



### 1.1 Tree types of fresh aromatic coconut

1.1.1 Single layer fresh aromatic coconut. The fresh aromatic coconut started to build the pulp inside. The pulp will be like a jelly and it will only be half of the fresh aromatic coconut which is not suitable for cutting down.

1.1.2 One and a half layer fresh aromatic coconut. The fresh aromatic coconut in this period will have the pulp almost full inside but the top part will be still like jelly. Some people like to eat fresh aromatic coconut in this period.

1.1.3 Double layer fresh aromatic coconut. The fresh aromatic coconut will have pulp all fill up. Pulp will thicken and soft. Agriculture likes to cut it down in this period.

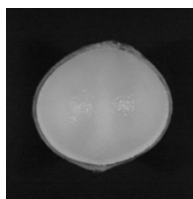


Figure 1: Single layer fresh aromatic coconut

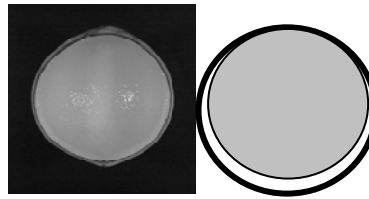


Figure 2: One and a half layer fresh aromatic coconut

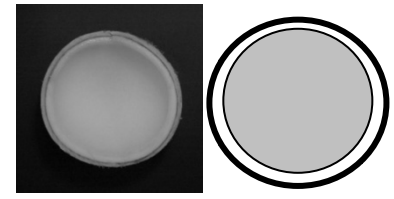


Figure 3: Double layer fresh aromatic coconut

## 2. METHOD AND MATERIALS

### 2.1 HSV color model

HSV (Hue, Saturation and Value) defines a type of color space. It is similar to the modern RGB and CMYK models. The HSV color space has three components: hue, saturation and value. 'Value' is sometimes substituted with 'brightness' and then it is known as HSB. The HSV model was created by Alvy Ray Smith in 1978. HSV is also known as the hex-cone color model.

The hue is an angle from 0 degrees to 360 degrees. The saturation indicates the range of grey in the color space. It ranges from 0 to 100%. Sometimes the value is calculated from 0 to 1. When the value is '0,' the color is grey and when the value is '1,' the color is a primary color. A faded color is due to a lower saturation level, which means the color contains more grey.

The value is the brightness of the color and varies with color saturation. It ranges from 0 to 100%. When the value is '0' the color space will be totally black. With the increase in the value, the color space brightness up and shows various colors.

### 2.2 Polynomial regression

The general equation of Polynomial curve is:  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m + e$  (1)

$m$  is highest degree in Polynomial from Eq. (1) and Polynomial regression equation is

$$a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m$$

which the square of deviation is similar to a straight lines.

$$\hat{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (2)$$

From Eq. (2) the difference of second order of real data and data from regression equation is:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i + \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y - a_0 - a_1x - a_2x^2 - \dots - a_mx^m)^2 \tag{3}$$

From Eq. (3) use to find the relative of Polynomial equation by fixing Partial derivative equation equal to zero which will get the unknown relative value that is  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ . To find this relative values this can be done by solving equation of variable m. The number of relative is depending on the highest degree of Polynomial equation.

### 2.3 Materials

In this experiment will be done in the closed environment by using the light control box that consists of 2 Neon light power 18 Watt. This control equipment has the dimension with 0.6 m x 1 m x 1.2 m. The bottom part has black paper to reduce the reflex. A Canon EOS 350D has been put in the middle of the top of the box to take a photo. The fresh aromatic coconut place in the middle of the box. The bottom of the fresh aromatic coconut must be a center of the bottom of the box. The length from focus point of the camera to bottom of fresh aromatic coconut is 0.63 m as below on Figure 4.

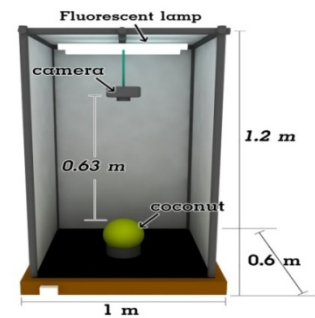


Figure 4: Light control box

## 3. EXPERIMENTS

### 3.1 Normalization image and find region of interested

The photo that gets from the light control box is in JPG and RGB color mode with 1728 x 1152 pixels (see Figure 5(a)). Change the color mode from RGB to Gray scale (see Figure 5(b)) and then find the proper threshold value (see Figure 5(c)). Then removing noise with opening technique (see Figure 5(d)) and filling the empty space with closing technique (see Figure 5(e)). Determine the size of the fresh aromatic coconut by finding the middle point of each side of fresh aromatic coconut (see Figure 5(e)), Then draw the rectangle around the fresh aromatic coconut (see Figure 5(f)). We can find the dimension (D) by  $D = (\text{width} + \text{length})/2$ . After that, we use the center area of the original RGB color size  $D/2 \times D/2$  pixels - a region of interested to classify the type of layer (see Figure 5(g)). We assign radians(r)  $r = D/4$

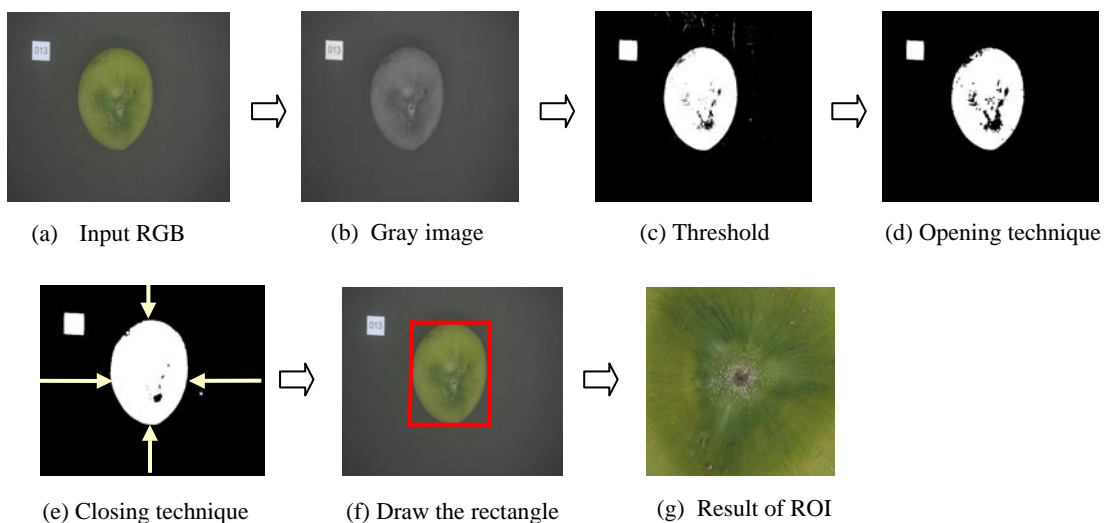


Figure 5: Step of normalization image and find ROI

We transform the region of interested in RGB system to HSV color system mode and then split into 3 channels. The photo from channel S will be taken to find the proper threshold. The result is shown as Table 1.




| Single layer  | One and a half layer  | Double layer   |
|---|---|--|
|  |  |  |

Table 1: Compare threshold image channel S (HSV) in each layer

From the Table 1, you can see that the regions of interested in each layer are different. In single layer will have the smallest distribution. On the other hand, the double layer is the biggest distribution. We will bring Threshold above make the ring area of interested in different sizes which are following: 1. ring size  $(4r/15 - 6.5r/15)$  2. ring size  $(6.5r/15 - 9r/15)$  3. ring size  $(9r/15 - 11.5r/15)$  4. ring size  $(11.5r/15 - 14r/15)$

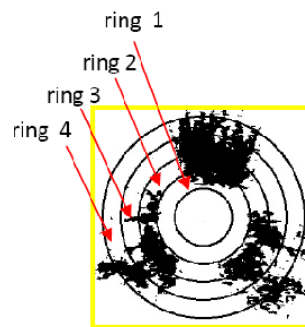


Figure 6: Draw circle in different size

After that, we find the percentage of color area for each and find relationship of the quantity of color in each ring. The result is shown as blow.

| Ring           | 1 <sup>st</sup> Ring | 2 <sup>nd</sup> Ring | 3 <sup>rd</sup> Ring | 4 <sup>th</sup> Ring |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| % color (ch.S) | 48                   | 50                   | 27                   | 10                   |

Table 2: Relationship between order of ring area and quantity of color on color area

The data from Table 2 above can be present in Figure 7.

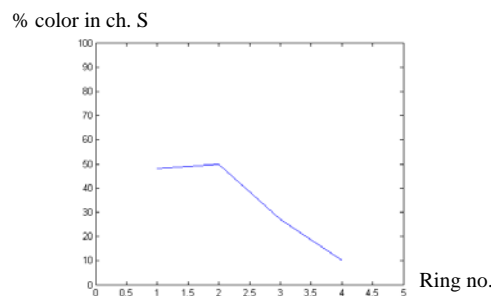


Figure 7: Relationship between ring no. And percent color in channel S

We collect sample of all layer, 20 each. Then we find the relation between order of ring area and quality of color in each ring. The curve will made from probability of each layer by using polynomial regression equation. The result is shown on Figure 8.

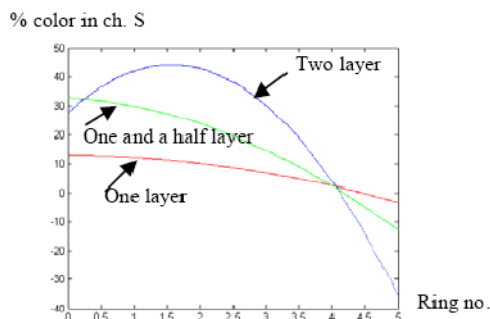


Figure 8: Graph of polynomial regression equations

The polynomial regression of three types is:

$$f1 = -0.6071 * x^2 - 0.1786 * x + 12.7976 \quad (4)$$

$$f2 = -1.5357 * x^2 - 1.4214 * x + 32.6786 \quad (5)$$

$$f3 = -6.7250 * x^2 + 21.0550 * x + 27.4250 \quad (6)$$

We get 3 equations for each type of layer, to determine the type of the fresh aromatic coconut, the process will consider the difference of the graph in Figure 8. The most similar graph of the equation and the fresh aromatic coconut will be the type of layer for that fresh aromatic coconut.

### 3.2 The result

We test with 100 fresh aromatic coconuts. The result is in the Table 3

| type     | single layer | one and a half layer | double layer |
|----------|--------------|----------------------|--------------|
| accuracy | 88.24%       | 81.40%               | 81.82%       |

Table 3: Result of classify fresh aromatic coconut

This method can classify 88.24% accuracy in single layer, 81.4% accuracy in one and a half layer and 81.82% in double layer. The total accuracy is 81.82%. From this experiment we know, the color in channel S will have amount of color that spread will be depend on the age of the fresh aromatic coconut. The single layer will have fewest amount of color in the center and the fewest spread of the color opposite as the double layer.

## 4. CONCLUSIONS

This method can classify the fresh aromatic coconut with the error of 11.76% in single layer, 18.6% in one and a half layer and 18.18% in double layer. The error in one and a half layer and double layer is greater than a single layer because 70% of this is cause by the thickness of the tested fresh aromatic coconut pulp is in the middle between the one and a half layer and double layer. It means that we can classify them to one and a half layer or double layer.

## 5. ACKNOWLEDGMENT

This research is supported by Prince of Songkla University Annual Research Grant 2010.

## 6. REFERENCE

- [1] Cao, Q., Nagata, M., Wang, H. and Bato, P.M.,” Orientation and shape extraction of strawberry by color Image processing,” ASAE,St.Joseph MI- 49085.ASAE Paper No.99-3161 (1999).
- [2] Choi,K.,Lee, G., Han, Y.J., and bun, J.M.,”Tomato maturity evaluation using color image analysis ,”Trans. of the ASAE 38(1):171-176(1995).
- [3] Duda, R.O.; Hart,P.E. and Stork, D.G. 2000. Pattern Classification.2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons, New York,(2000).
- [4] Edan, Y.,Pasternak, H.,Shmulevich, I.,Rachmani,D.,Guedalia, D.,Grinberg S.,Fallik E.,” Color and firmness classification of tomatoes,” J of Food Science 62(4),793-796(1997).
- [5] McQueen, J.. “Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observation,” Proc.of the 5<sup>th</sup> Berkeley Symp.On,( 1967).
- [6] Morrow, C.T., Heinemann, P.H, Sommer, H.J., Tao, Y. and Varghese, Z., “Automated inspection of potatoes, apples and mushrooms,” In Proc. Of Int. Advanced Robotics Program, 179-188(1990).
- [7] Sangprasert, N., Khaorapapong, T.,[Classify a Young Aromatic Coconuts Fresh by Image Processing from the External], Prince of Songkla University,Hatyai Songkhla,1-50(2006).
- [8] Sarkar,N. and Wolfe, R.R.,”Feature Extraction techniques for sorting tomatoes by computer vision,” ASAE,St Joseph MI-49085.ASAE Paper No.84-6018 (1984).
- [9] S.Laykin, V.Alchanatis,and Y.Edan,” Image processing algorithms for tomatoes classification “,ASAE,St. Joseph MI- 49085(2002).
- 10] Sonka,Milan.:Hlavac, Vaclav. And Boyle,Roger.[ Image Processing Analysis and Machine Vision. 2 th ed], PWS Publishing, London ,(1999).

## ประวัติผู้เขียน

|                      |  |                          |                     |
|----------------------|--|--------------------------|---------------------|
| ชื่อ สกุล            | นายศุภชัย มะเคื้อ                            |                          |                     |
| รหัสประจำตัวนักศึกษา | 5010120069                                   |                          |                     |
| วุฒิการศึกษา         |  |                          |                     |
|                      | วุฒิ   | ชื่อสถาบัน               | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|                      | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต<br>(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2550                |

## ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนศึกษย์กั่นกุฎิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนผู้ช่วยสอน ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

S. Madue, T. Khaorapong, M. Karnjanadecha, S. Limsiroratana. 2010. "Classification of Fresh Aromatic Coconuts by Using Polynomial Regressios", Second International Conference On Digital Image Processing, 26 – 28 February 2010, Singapore. In Processing of SPIE Vol. 7546 75460R.