

การวิเคราะห์สเปกตรัมสีผิวช่อลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) เพื่อหาช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

พวงทิพย์ แก้วทับทิม¹ ธวัช ชิตตระการ² ไตรภพ ผ่องสุวรรณ³ ภัทร อัยรักษ์⁴
และ สมศักดิ์ คงแสง⁵

Abstract

Kaewtubtim, P.¹, Chittrakarn, T.¹, Bhongsuwan, T.¹, Aiyarak, P.¹ and Kongsang, S.²
**Spectral reflectance analysis of longkong (*Lansium domesticum* Corr.) bunches
as an indicator for optimal harvesting**
Songklanakarin J. Sci. Technol., 2007, 29(5) : 1427-1438

To determine the appropriate harvesting time of Longkong bunches, the spectral reflectance of ripening bunches was investigated from images taken by a digital camera using red LED and green LED. Every day images were taken from selected bunches at a Longkong estate during the growth of the bunches from immaturity to the over-ripe phase, to trace the changes in color that correlate with the process of ripening. The images were analyzed by measuring the changes in the three basic colors i.e. red, green and blue, using a specially developed Color Analysis computer program of Longkong "fruit" (CAOL), and then the obtained results were compared with the sweet in form of total soluble solid (TSS:TA).

The result showed that the blue light reflectance from red LED source (Br) was selected as an indicator for harvesting Longkong bunches. Br was inversely proportional to ripeness of Longkong. The

¹Department of Physics, ²Department of Computer, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.

¹นักศึกษาระดับปริญญาเอก ²Ph.D. (Nuclear Physics) รองศาสตราจารย์ ³Ph.D. (Geophysics) รองศาสตราจารย์ ⁴Ph.D. (Physics) ภาควิชาฟิสิกส์ ⁵M.Sc. (Computer) ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : tawat.c@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 30 ตุลาคม 2549 รับลงพิมพ์ 7 กันยายน 2550

blue color intensity decreases linearly while TSS:TA increases monotonously. From our investigations, we suggest that the time interval to harvest Longkong should be within 96 ± 7 days after the first flower blossom of that bunch takes place while blue level per pixel was in the range of 8.67-2.39. If Longkong bunch was cut while the blue color level was in the range of 8.67-5.53, its taste will be sweet and sour and strong enough for long distance shipment. But if the blue level per pixel was in the range of 5.52-2.39, it has a very good taste and is suitable for sale in the local area. In addition, it was also found that the blue level per pixel usually decreased at the rate of 0.45 per day. This made it possible to predict the harvesting day by this technique.

Key words : longkong (*Lansium domesticum* Corr.), indicator, harvesting, spectral

บทคัดย่อ

พวงทิพย์ แก้วทับทิม รัชช ชิตตระการ ไตรภพ ผ่องสุวรรณ ภัทร อัยรักษ์ และ สมศักดิ์ คงแสง การวิเคราะห์สเปกตรัมสีผิวช่อลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) เพื่อหาช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(5) : 1427-1438

เพื่อกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวช่อลองกองนั้นได้อาศัยเทคนิคการวิเคราะห์สเปกตรัมจากภาพถ่ายผิวของผลช่อลองกองซึ่งถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล โดยใช้แสงจากหลอด LED สีแดงและสีเขียว นับตั้งแต่ผลช่อลองกองยังอ่อนอยู่จนกระทั่งสุกมาก แล้วนำข้อมูลดิจิทัลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสเปกตรัมของแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ด้วยโปรแกรม Color Analysis of Longkong (CAOL) ที่ได้พัฒนาขึ้นมา เปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนความหวานที่ถูกวัดในรูปแบบของปริมาณของของแข็งที่ละลายทั้งหมดต่อปริมาณกรด (TSS:TA) ในผลช่อลองกองแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับปริมาณสเปกตรัมแสงสีทั้งสามที่ทำการวิเคราะห์ผล

ผลจากการศึกษา พบว่า สเปกตรัมสีน้ำเงินจากการใช้หลอด LED สีแดง (Br) มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดการสุกของช่อลองกอง โดยสเปกตรัมมีลักษณะลดลงแบบเชิงเส้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเจริญเติบโตของผลช่อลองกอง โดยจะแปรผันแบบผกผันกับค่า TSS:TA ผลจากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ชาวสวนลองกองควรตัดช่อลองกอง จะอยู่ในช่วงวันที่ 96 ± 7 นับจากวันที่ช่อลองกองดอกแรกบาน ซึ่งมีค่าระดับสีน้ำเงินต่อพิกเซลอยู่ในช่วง 8.67-2.39 ถ้าตัดช่อลองกองในช่วงที่ระดับสีน้ำเงินต่อพิกเซลมีค่าอยู่ระหว่าง 8.67-5.53 จะได้ช่อลองกองที่มีรสผลหวานอมเปรี้ยว เหมาะสำหรับตัดไปขายในระยะไกล แต่ถ้าตัดช่อลองกองในช่วงที่มีค่าระดับสีน้ำเงินต่อพิกเซลอยู่ระหว่าง 5.52-2.39 จะได้ช่อลองกองที่มีรสหวาน หอม เหมาะสำหรับนำไปขายในระยะใกล้ ๆ ระดับสีน้ำเงินต่อพิกเซลมีค่าลดลง 0.45/วัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนวันตัดช่อลงหน้าได้

ลองกอง (Longkong) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lansium domesticum* Corr. เป็นพืชตระกูลเดียวกับ ลางสาด ทุğu-ลางสาด และทุğu โดยคุณสมบัติเฉพาะของลองกองอยู่ระหว่างลางสาดและทุğu-ลางสาด (Norlia, 1997) นั่นคือ มีเมล็ดน้อย เปลือกบาง และไม่มียาง นอกจากนี้ ผลทั้งช่อสุกพร้อม ๆ กัน ซึ่งทำให้สะดวกต่อการเก็บเกี่ยว (Bamroongrugsas, 1992) เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีราคาแพง รสชาติหวาน หอม มีถิ่นกำเนิดอยู่ในหมู่เกาะมลายู

อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และภาคใต้ของไทยในจังหวัดยะลา นราธิวาส (สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2537) ปัจจุบันได้แพร่ขยายไปทั่วภาคใต้และภาคตะวันออก และมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นมาก ทั้งปลูกในสภาพพืชหลักและพืชแซม ให้ผลตอบแทนสูง แต่ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ชาวต่างประเทศที่มีโอกาสได้ทดลองชิมต่างก็ชอบรสชาติของลองกอง พ่อค้าจึงเริ่มสนใจเพื่อส่งออก (วิจิตรธรรม, 2546)

ในการส่งออกมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การปฏิบัติในสวนต้องทำอย่างไร การให้น้ำ การให้น้ำ การกระตุ้นให้เกิดดอก การตัดแต่งช่อดอก การห่อช่อผล โรคแมลงและการป้องกันกำจัด นอกจากนี้ดัชนีของการเก็บเกี่ยวก็เป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่จะทำให้ได้ช่อดอกที่มีคุณภาพในการส่งออก (วิจิตรวรรณ, 2546) เพราะช่อดอกที่มีคุณภาพดีจะต้องมีระยะแก่และสุกบนต้น ไม่ควรเก็บเกี่ยวในขณะที่ยังมีรสเปรี้ยวอยู่ หรือเก็บเกี่ยวล่าช้าเกินไป เพราะจะทำให้ผลหลุดร่วง ไม่สะดวกในการขนส่งไปขายในระยะทางไกล ช่อดอกในต้นเดียวกันผลจะสุกไม่พร้อมกัน เกษตรกรต้องเลือกเก็บเกี่ยวเฉพาะช่อที่สุกพอเหมาะเท่านั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวช่อดอกนับว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากผลช่อดอกไม่สามารถนำมาบ่มให้สุกได้เหมือนกับผลไม้ชนิดอื่น เช่น มะม่วง กล้วย หรือ ทุเรียน เพราะช่อดอกเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ประเภทเดียวกับส้ม เงาะ และลิ้นจี่ นั่นคือ ความหวานของผลเกิดจากการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในต้นเข้าเก็บสะสมไว้ในผล ไม่ใช่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล (สุรศักดิ์ และคณะ, 2539) ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวช่อดอกเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพผลผลิตและการพัฒนาผลผลิตเพื่อการส่งออกจำหน่าย

รายงานการวิจัยเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะก่อนการเก็บเกี่ยวของช่อดอกและพืชในตระกูลนี้ยังมีจำกัด มีบางบทความที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบภายในของกลางสาดในขณะที่กำลังเจริญเติบโตและพัฒนา ซึ่งรายงานโดย Del Rosario และคณะ (1977) และ Paul และคณะ (1987) ส่วน Ahmad Tarmizi และคณะ (1998) ได้รายงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงช่อดอกในระหว่างสุก โดยกล่าวว่า การเปลี่ยนสีผิวผลเป็นดัชนีที่ดีที่สุดสำหรับกำหนดระยะสุกของช่อดอก โดยเริ่มนับตั้งแต่วันที่ผิวช่อดอกเหลืองน้อยที่สุดซึ่งเห็นความแตกต่างได้ง่าย Norlia (1997) กล่าวว่าผิวผลช่อดอกจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองใช้เวลา 87 วัน หลังจากติดผล และหลังจากนั้น 11-17 วัน สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ (Ahmad และคณะ, 1998) โดยวันที่ 11 ผลทั้งช่อจะมีขนาดใหญ่ที่สุด ผิวเหลืองเต็มที่ และความหวานมีค่ามากที่สุด ในขณะที่วันที่ 17 ผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวในขั้นตอนตามข้อกำหนดนี้ค่อนข้างสั้น นั่นคือ สามารถเก็บได้

ประมาณ 4 วัน ดังนั้นการเก็บในช่วงแรกๆ ของการเปลี่ยนสีผลอาจช่วยขยายอายุของผลไปได้นาน ดังนั้นควรเก็บเกี่ยวผลในวันที่ 11 หรือช้ากว่านั้น

การเก็บช่อดอกในระยะที่มีความสุกในช่อ 80% จะได้ช่อดอกมีรสชาติ หวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย แต่ได้ช่อผลที่สวยงาม วางขายได้นานพอสมควร (สว, 2540) ในกรณีส่งออกเป็นผล (ไม่เป็นช่อ) ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลในช่อสุก 90-100% ลักษณะผลช่อดอกสุกที่ได้มาตรฐาน 1) เก็บเกี่ยวช่อดอกเมื่อมีอายุตั้งแต่ระยะดอกบานจนกระทั่งผลสุกเป็นเวลา 180-200 วัน 2) การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกช่อดอก จากสีเหลืองนวลเป็นสีเหลืองเข้ม แสดงว่าช่อดอกสุกเต็มที่ 3) บีบผลปลายช่อหากผลนิ่ม หรือซึมผลปลายช่อ ถ้าหวานสนิทไม่มีรสเปรี้ยวก็แสดงว่าช่อดอกสุกหมดทั้งช่อ 4) สุ่มผลิตผลช่อดอกเพื่อแกะเปลือกดูกลีบเนื้อผลข้างใน หากเนื้อของกลีบผลมีสีใสเป็นแก้วไม่มีสีขุ่นมัว หรือยังมีสีขาวส่วนใดส่วนหนึ่งของกลีบเนื้อผล มองเห็นเมล็ดสีแสดงว่าสุกเต็มที่ 5) ในต้นเดียวกันช่อดอกในแต่ละช่อจะสุกไม่พร้อมกัน จึงควรทยอยเก็บช่อดอกเฉพาะช่อที่สุกก่อน

อย่างไรก็ตามการพิจารณาจากการเปลี่ยนสีของผิวช่อดอกเพื่อใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น มักจะเป็นการสังเกตด้วยตาเปล่าและหรือเทียบจากกระดาษเทียบสีมาตรฐาน ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการนำเครื่องมืออื่นมาใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีช่อดอก แต่มีรายงานเกี่ยวกับการใช้สีเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลปาล์ม น้ำมัน โดยจะทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลภายใต้การควบคุมแสง โดยใช้แสงจากหลอดนีออนแบบวงกลม จากนั้นนำภาพที่ได้มาตกแต่งด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop แล้วนำภาพที่ผ่านการตกแต่งแล้วมาทำการวิเคราะห์สีด้วยโปรแกรม CAOP ก่อนจะนำไปกำหนดเวลาการตัดทะลายปาล์ม (สุปราณี, 2546)

การกระทบของแสงหรือทางเดินของแสงจะสามารถกระทำได้นับว่าวัตถุใดๆ และวัตถุใดๆ เหล่านั้นก็จะทำให้ดวงตาเห็นสีได้ สีไม่ใช่เกิดจากคุณสมบัติของวัตถุ แต่เป็นสิ่งที่เกิดจากความแตกต่างของความยาวคลื่นของพลังงานการแผ่รังสีที่ตกกระทบลงบนเรตินา แล้วทำให้บุคคลรู้สึกหรือมองเห็นเป็นสีออกมา คุณสมบัติของสเปกตรัมที่กระจายใน

วัตถุเป็นตัวสร้างสีเฉพาะขึ้นซึ่งจะไปทำให้ตาู้สึกว่าเห็นสีบนวัตถุนั้น ถ้าแหล่งกำเนิดแสงหรือวัตถุมีการเปลี่ยนแปลง สีที่ตาจะเห็นก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าแสงที่มีความยาวคลื่นพอเพียงตกกระทบบนเรตินาของดวงตา เช่น ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ความรู้สึกสีที่เกิดขึ้นจะชัดเจน และจะกระตุ้นบ่งบอกว่าเห็นสีแดง ความรู้สึกของการเห็นสีจะเกิดจากการกระทำของพลังงานแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่นจำเพาะต่างๆ กระทำลงบนเรตินาของดวงตาบุคคลปกติ จากการทดลองของนิวตัน เป็นการแสดงถึงธรรมชาติของแสงจะมีผลกระทบต่อการณ์มองเห็นสี เช่น การมองวัตถุที่มีสีของแสงแตกต่างกันออกไป เช่น ภายใต้อาสงเทียน แสงแดด สีที่มองเห็นก็จะมีสีแตกต่างกันออกไปด้วย ทั้งนี้เพราะสีที่มองเห็นจะขึ้นอยู่กับแสงที่ตกหรือฉายลงบนวัตถุนั้น ตลอดจนการสะท้อนของวัตถุเองและการตอบสนองของดวงตาด้วยสีที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเลือกดูดกลืนซึ่งจะขึ้นกับคุณสมบัติของวัตถุที่เป็นวัตถุนั้น จะเป็นการทำให้เกิดกระบวนการดูดกลืนหรือลดลงของสี กระบวนการดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่อธิบายถึงเหตุผลที่ว่าความยาวคลื่นของแสงบางส่วนบางช่วงจะสามารถสะท้อนออกไป ซึ่งจะทำให้วัตถุปรากฏสีออกมา วัตถุที่เป็นสีเทาจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนลำแสงแน่นอน (อรรวรรณ, 2543)

การตรวจวัดสีของแสงนั้น แสงที่ต้องการวัดอาจเป็นแสงที่ส่องตรงมาจากต้นกำเนิดแสงก็ได้ หรือเป็นแสงสะท้อนมาจากวัตถุก็ได้ ในกรณีที่แสงที่สะท้อนมาจากวัตถุก็เท่ากับเป็นการวัดสีของวัตถุนั่นเอง

จากตัวอย่างของการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมาเป็นแนวทางในการศึกษาหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวช่อลองกองที่มีคุณภาพมีอายุในการวางขายได้นาน และสามารถส่งไปขายในระยะทางไกลๆ ได้ เพื่อส่งผลให้ชาวสวนมีรายได้เพิ่มขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

เลือกสวนลองกองของเกษตรกรที่มีการดูแลรักษาเป็นอย่างดี และมีจำนวนต้นลองกองที่ให้ผลผลิตแล้วมากพอต่อการทดลอง โดยได้ทำการทดลองที่ อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี เริ่มทำการทดลองในเดือนเมษายน 2547 และสิ้นสุดการทดลองเดือนธันวาคม 2547 ต้นลองกองที่ทำการ

ทดลองมีอายุประมาณ 10 ปี ต้นไม่สูงมากนักเพื่อความสะดวกต่อการทดลอง แบ่งการทดลองออกเป็น 2 หัวข้อการทดลอง คือ 1) การศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีของลองกอง และ 2) การศึกษาสเปกตรัมของสีผิวลองกอง

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของลองกอง

การศึกษาคูณสมบัติทางเคมีของลองกองใช้สวนของเกษตรกรสวนเดียวกัน แบ่งลองกองออกเป็น 4 รุ่น แต่ละรุ่นใช้ช่อดอกลองกองที่มีดอกแรกบานพร้อมกัน

1.1 ผูกป้ายช่อดอก และบันทึกวันที่ดอกแรกบาน

1.2 ตรวจวัดความหวานของเนื้อลองกองตั้งแต่ลองกองอายุได้ประมาณ 10 สัปดาห์นับจากดอกแรกบาน จนกระทั่งอายุประมาณ 17 สัปดาห์ ลองกองสุกเต็มที่ โดยจะแสดงในรูปของปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble Solid: TSS) โดยใช้เครื่องมือ Hand Refractometer ทำการเตรียมตัวอย่างโดยการปั่นตัวอย่างชิ้นลองกองให้ละเอียด จากนั้นนำมาคั้นเอาน้ำลองกอง แล้วกรองน้ำลองกองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำลองกองที่ได้จากการกรองมาวัดค่า ค่าที่ได้เป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{B}$) หรือ %TSS

1.3 วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (titratable acidity: TA) (กิริติ และประดิษฐ์, 2544) นำน้ำลองกองที่ได้จากการกรองในข้อ (1.2) ส่วนหนึ่งมาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide solution) โดยใช้ Phenolphthalein เข้มข้น 1% เป็น indicator แล้วคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (citric acid)

1.4 คำนวณปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดทั้งหมด (TSS:TA) ของแต่ละวันที่ถ่ายภาพลองกอง ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์สีจากภาพถ่ายลองกอง

2. ศึกษาสเปกตรัมของสีผิวลองกอง

การศึกษาสเปกตรัมของสีผิวลองกอง ใช้สวนของเกษตรกรสวนเดียวกันและแบ่งลองกองออกเป็น 4 รุ่นเช่นเดียวกับการศึกษาสมบัติทางเคมี แต่ละรุ่นทำการสุ่มตัวอย่างเลือกช่อลองกอง ต้นละ 2 ช่อ รวมช่อลองกองรุ่นละประมาณ 10-15 ช่อและแต่ละช่อมีดอกแรกบานพร้อมกัน โดยอายุของลองกองแต่ละรุ่นสอดคล้องกับอายุของลองกองที่นำมา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางทางเคมี ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกันได้

2.1 การถ่ายภาพลองกอง

สร้างกล่องควบคุมความเข้มแสงเพื่อกันไม่ให้แสงภายนอกกระทบในขณะถ่ายภาพช่อลองกอง และสร้างระบบจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าให้กับหลอด LED สีแดง และหลอด LED สีเขียว (Figure 1b) เลือกใช้หลอด LED เพื่อต้องการใช้แสงที่สเปกตรัมเดียวเพื่อให้สอดคล้องกับสีผิวพื้นฐานของลองกอง แล้วใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์เป็นแหล่งจ่ายไฟ (Figure 1c) นำฟิวเจอร์บอร์ดสีขาว ขนาดโตกว่าช่อลองกองพอประมาณมาติดตั้งด้านหลังของช่อลองกอง (Figure 1a) นำกล่องควบคุมความเข้มแสงมาครอบโดยตรึงกล่องควบคุมความเข้มแสงติดกับกึ่งลองกอง จัดตำแหน่งของกล่องควบคุมความเข้มแสงให้เหมาะสม (Figure 1c) แล้วทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล (CANON รุ่น PowerShot A20) ตั้งภาพให้มีขนาด 480x640 pixel ไม่

เปิดแฟลช ตั้งค่าความละเอียดของภาพสูงสุด โดยจะทำการถ่ายภาพซ้ำทั้งหมด 8 ครั้งในแต่ละแหล่งกำเนิดแสง LED ดังแสดงใน Figure 1

2.2 การวิเคราะห์สีของภาพถ่ายช่อลองกอง

เลือกช่อลองกองที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมาทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 30 ช่อ นำภาพถ่ายช่อลองกองมาวิเคราะห์สีด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สี CAOL (Color Analysis of Longkong) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมา โดยเริ่มต้นกำหนดตำแหน่งพื้นที่วิเคราะห์บนผิวลองกอง (เลือกผิวลองกองบริเวณที่เกลี้ยงไม่มีเชือรา) แต่ละช่อจะกำหนดพื้นที่วิเคราะห์ประมาณ 5-7 วงกลม ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของลองกองช่ออื่นๆ ไม่ได้วิเคราะห์ทั้งช่อดังแสดงใน Figure 2 ทำให้ขั้นตอนนี้สะดวกไม่ต้องเสียเวลากับการตกแต่งภาพด้วยโปรแกรม photoshop สามารถวิเคราะห์ภาพได้เลย หลังจากกำหนดตำแหน่งพื้นที่วิเคราะห์แล้ว จากนั้นโปรแกรม CAOL จะทำการวิเคราะห์

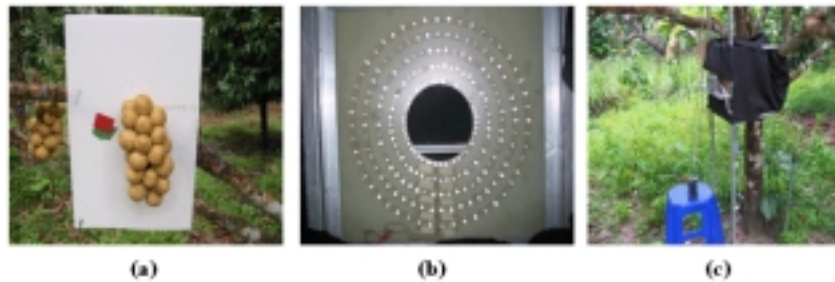


Figure 1. Image Acquisition Setting (a) Piece of future board behind a Longkong bunch (b) box control sunshine (c) box control sunshine with Longkong bunch and Power Shot A20

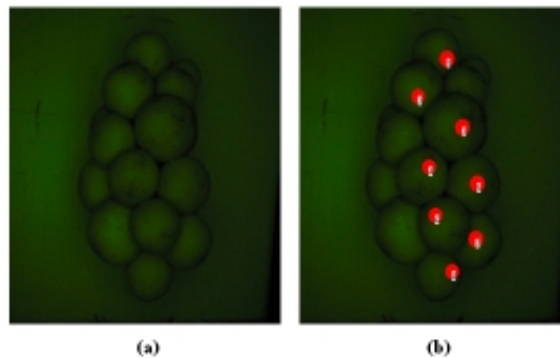


Figure 2. Image of Longkong bunch (a) Before analysis (b) After analysis
(Color figure can be viewed in the electronic version)

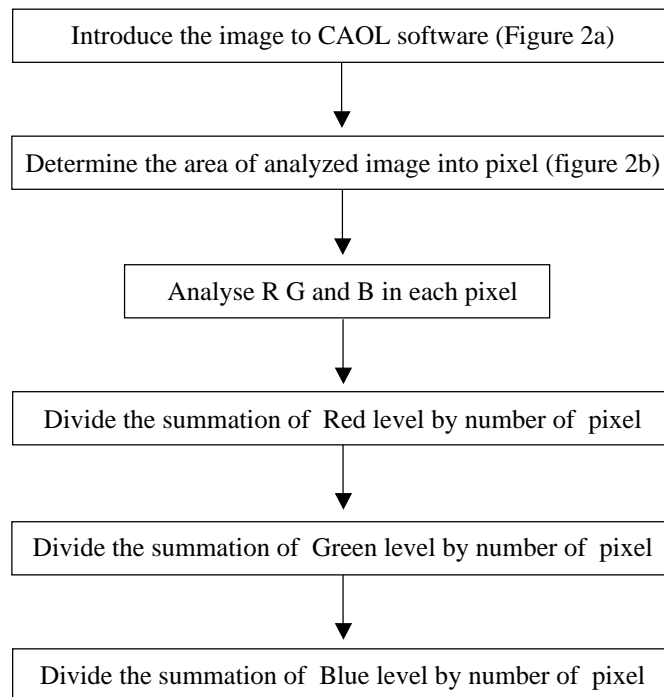


Figure 3. The procedure for RGB spectrum of Longkong analysis

สีในแต่ละพิกเซล แต่ละวงเล็กๆ ที่ได้กำหนดไว้ในตอนแรก โดยโปรแกรมจะทำการอ่านค่า สีแดง(R) สีเขียว(G) และสีน้ำเงิน (B) ของแต่ละพิกเซลในแต่ละพื้นที่วงเล็กๆ นั้น จากนั้นจะทำการรวมค่าจำนวนพิกเซลของ R ทั้งหมดเป็นตัวแทนของสี R แล้วรวมค่าจำนวนพิกเซลของ G, B ทั้งหมดเป็นตัวแทนของสี G และ B ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกันนี้ทั้งจากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิทัลโดยใช้แหล่งกำเนิดแสง LED สีแดงและสีเขียว ตลอดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล โดยจะทำการเก็บภาพของลองกองช่อเดิมวันเว้นวัน นับตั้งแต่ลองกองช่อนั้นเขียวกระทั่งเหลืองสามารถเก็บผลผลิตได้ และเหลืองแก่ ใช้พื้นที่วิเคราะห์ตำแหน่งเดิมทุกครั้ง ดังที่ได้อธิบายไว้ในแผนผังดัง Figure 3

ผลและการวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองเพื่อศึกษาหาช่วงเวลาเก็บเกี่ยวช่อลองกอง ได้ทำการศึกษาปริมาณ TSS:TA ของผลลองกองทั้งหมด 4 รุ่น และทำการวิเคราะห์ปริมาณสเปกตรัมสี RGB จากภาพถ่ายช่อลองกอง โดยใช้แสงจากหลอด LED สีแดง

และหลอด LED สีเขียวของผลลองกองจาก 4 รุ่นดังกล่าวรวมทั้งหมด 30 ช่อ แบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 หัวข้อ คือ 1) ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีของลองกอง และ 2) ผลการศึกษาสเปกตรัมของสีผิวลองกอง

1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของลองกอง

จากกราฟแสดงค่าความหวานต่อกรดเทียบกับอายุของลองกอง (TSS:TA) ดังแสดงใน Figure 4 สามารถแยกได้เป็นกราฟเส้นตรงสองส่วน เส้นตรงส่วนแรกเป็นช่วงแรกๆ ของการเจริญเติบโตของลองกองจนกระทั่งลองกองมีอายุ 82 วัน นับจากวันที่ดอกแรกบาน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในผลลองกองค่อนข้างจะน้อย ดังจะเห็นได้ว่าเส้นตรงส่วนนี้จะขนานกับแนวนอน นั่นคือ มีความชันน้อย เส้นตรงในส่วนถัดมาจะเห็นว่าเส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันเพิ่มขึ้นมาก นั่นคือ เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างรวดเร็วทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าเพิ่มขึ้นมาก ในขณะที่ค่าความเป็นกรดมีค่าลดลงมาก

2. ผลการศึกษาสเปกตรัมของสีผิวลองกอง

แสดงผลการวิเคราะห์สเปกตรัมจากการถ่ายภาพ

Table 1. The TSS:TA content of Longkong fruit for 4 sets

| Date (days) | Set 1 | Set2 | Set3 | Set4 | Average |
|-------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 65 | 3.25 | | | | 3.25 |
| 68 | | | 2.87 | | 2.87 |
| 69 | 3.56 | | 3.17 | | 3.37 |
| 70 | | | 2.81 | | 2.81 |
| 72 | | | 3.40 | | 3.40 |
| 73 | 3.83 | | 3.44 | | 3.63 |
| 74 | | | 2.97 | | 2.97 |
| 75 | 3.22 | | | | 3.22 |
| 76 | | | 3.67 | | 3.67 |
| 77 | 2.58 | | | | 2.58 |
| 79 | 3.29 | | 3.14 | | 3.21 |
| 80 | | | 5.11 | | 5.11 |
| 81 | 3.9 | | | | 3.90 |
| 82 | | | 2.45 | | 2.45 |
| 83 | 6.02 | | | | 6.02 |
| 84 | 5.51 | | 4.98 | | 6.26 |
| 85 | 8.66 | 3.41 | | 6.69 | 6.25 |
| 86 | 8.85 | 6.95 | 3.41 | 7.69 | 6.97 |
| 87 | 8.46 | 3.05 | | 11.83 | 7.78 |
| 88 | 9.38 | | 4.22 | 7.94 | 7.18 |
| 89 | 9.90 | 3.04 | 3.41 | 14.70 | 7.76 |
| 90 | | | 6.95 | 14.82 | 10.89 |
| 91 | 13.32 | 2.81 | 3.05 | 8.75 | 6.98 |
| 92 | 13.72 | | 5.25 | 20.75 | 13.24 |
| 93 | 11.48 | 9.79 | | 20.06 | 13.78 |
| 94 | 12.43 | | 12.01 | 19.44 | 14.63 |
| 95 | 17.14 | 13.36 | | 24.51 | 18.34 |
| 96 | 18.10 | | 16.76 | 20.21 | 18.36 |
| 97 | 18.23 | 11.76 | | 24.49 | 18.16 |
| 98 | 20.31 | | 16.98 | | 18.64 |
| 99 | 20.59 | 15.58 | | 21.23 | 19.13 |
| 100 | 18.14 | | 18.56 | 23.71 | 20.13 |
| 101 | 23.14 | 20.61 | | | 21.88 |
| 102 | 19.68 | 23.61 | 19.91 | | 21.07 |
| 103 | 21.24 | 19.80 | | 25.48 | 22.15 |
| 104 | | 19.75 | 26.40 | | 23.08 |
| 105 | | 23.60 | | | 23.60 |
| 106 | | | | | |
| 107 | | | | | |
| 108 | | | | | |
| 109 | | | | | |

โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอด LED สีเขียว พบว่า ในขณะที่ผลลองกองมีอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณสเปกตรัมสีแดงและสีเขียว มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อถึงจุดหนึ่งจะมีค่า

ลดลง ดังแสดงใน Figure 5(a) และ 5(b) ส่วนสเปกตรัมสีน้ำเงินมีค่าลดลงในลักษณะเส้นตรง ดังแสดงใน Figure 5(c) สำหรับสเปกตรัมจากการถ่ายภาพโดยใช้แหล่งกำเนิด

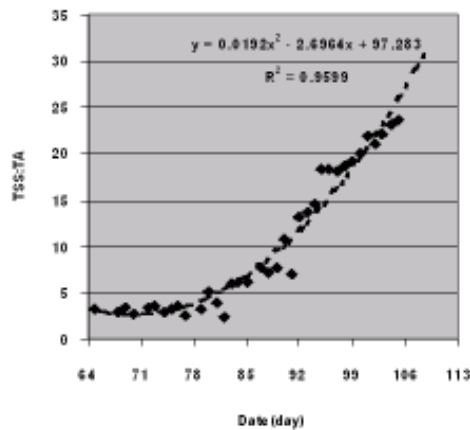


Figure 4. Changes of TSS:TA content with dates for 4 Longkong sets

แสงจากหลอด LED สีแดง พบว่า ปริมาณสเปกตรัมสีแดง จะเพิ่มขึ้นเมื่อลองกองมีอายุมากขึ้น ในขณะที่สเปกตรัม สีเขียวและสีน้ำเงินมีค่าลดลง ดังแสดงใน Figure 5(d), 5(e) และ 5(f) ตามลำดับ จากกราฟให้แกน X แสดงอายุของ ลองกองนับจากวันที่ลองกองดอกแรก ส่วนแกน Y ปฐมภูมิ แสดงค่าของสเปกตรัมสีผิว

ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมสีผิวที่แปรผกผันกับ อายุของลองกอง ได้แก่ สเปกตรัมสีน้ำเงินจากการใช้หลอด LED สีเขียวและสีแดง และสเปกตรัมสีเขียวจากการใช้ หลอด LED สีแดง โดยเลือกวิเคราะห์ลองกองที่มีอายุ 83 วันนับจากวันที่ดอกแรกบาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ TSS:TA ในช่วงหลังวันนี้มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่ค่อนข้างชัน โดยให้แกน X แทนอายุของลองกองนับจากวันที่ดอกแรก บาน แกน Y ปฐมภูมิแทนสเปกตรัมสีผิว และแกน Y ทศนิยมแทนค่า TSS:TA และผลการวิเคราะห์ค่าความ คลาดเคลื่อนระหว่างวันของการเปลี่ยนแปลง ($\pm 1\sigma$) ของ สเปกตรัม พบว่า สเปกตรัมสีน้ำเงินจากการใช้หลอด LED สีเขียว; Bg (Figure 6a) มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น กับอายุของลองกองตามสมการ $y = -0.2319x + 29.516$, $R^2 = 0.4661$ ($y =$ Blue color level, $x =$ date) สำหรับ สเปกตรัมสีเขียวจากการใช้หลอด LED สีแดง; Gr (Figure 6b) มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นกับอายุของลองกองตาม สมการ $y = -0.3752x + 39.113$, $R^2 = 0.6592$ ($y =$ Green color level, $x =$ date) ส่วนสเปกตรัมสีน้ำเงินจากการใช้ หลอด LED สีแดง; Br (Figure 6c) มีความสัมพันธ์เป็น แบบเชิงเส้นกับอายุลองกองตามสมการ $y = -0.4483x +$

48.565 , $R^2 = 0.8089$ ($y =$ Blue color level, $x =$ date) ในกรณีของความสัมพันธ์ระหว่างค่า TSS:TA กับอายุของ ลองกองเป็นไปตามสมการ $y = 0.919x - 71.937$ ($y =$ TSS:TA, $x =$ date) เนื่องจากค่าไคสแควร์ (R^2) ของ สเปกตรัมสีน้ำเงินจากการใช้แหล่งกำเนิดแสง LED สีแดง; Br มีค่าสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกสเปกตรัมสีนี้เป็นดัชนีในการ กำหนดระยะเก็บเกี่ยวผลลองกอง

จากการพิจารณากราฟใน (Figure 6c) พบว่า เส้นกราฟ Br ตัดกับกราฟ TSS:TA ตรงกับลองกองมีอายุ 96 วัน ส่วนกราฟความคลาดเคลื่อนตัดกันตรงกับลองกองมี อายุ 89 และ 103 วัน ตามลำดับ นับจากวันที่ลองกองดอก แรกบาน นั่นคือ สามารถตัดลองกองได้ในช่วงที่ลองกองมีอายุ 89-103 วันนับจากวันที่ดอกแรกบาน หรือ 96 ± 7 วัน และ จากการพิจารณากราฟในช่วงวันดังกล่าว พบว่า TSS:TA มี ค่าอยู่ระหว่าง 9.85-22.72 หรือ 16.29 ± 6.44 และระดับ สีน้ำเงินต่อฟีกเซล; Br มีค่าอยู่ระหว่าง 8.67-2.39 หรือ 5.53 ± 3.14 ตามลำดับ นั่นคือ ค่า TSS:TA มีค่าเพิ่มขึ้น 0.91/วัน และค่า Br มีค่าลดลง 0.45/วัน ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาหาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของลองกอง โดยวิเคราะห์สเปกตรัมสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ของผิว ลองกองจากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล ใช้ LED สีแดง และสีเขียวเป็นแหล่งกำเนิดแสง พบว่า สเปกตรัมสีน้ำเงิน จากการใช้ LED สีแดงเป็นแหล่งกำเนิดแสง; Br มีความ

Table 2. Color level per pixel from images of Longkong analysed by CAOL software

| Date (days) | Rg | Gg | Bg | Rr | Gr | Br |
|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 65 | | | | | | |
| 68 | | | | | | |
| 69 | | | | | | |
| 70 | 10.40 | 11.10 | 8.60 | 15.80 | 8.00 | 9.40 |
| 71 | 13.80 | 14.61 | 9.83 | 17.58 | 9.00 | 10.55 |
| 72 | | | | | | |
| 73 | 19.10 | 20.50 | 14.70 | 28.50 | 10.10 | 18.40 |
| 74 | 11.21 | 13.04 | 8.88 | 16.12 | 7.99 | 9.93 |
| 75 | 17.10 | 18.52 | 14.33 | 25.33 | 10.93 | 17.40 |
| 76 | 15.85 | 17.55 | 11.90 | 23.80 | 9.60 | 13.47 |
| 77 | 13.93 | 19.30 | 10.65 | 22.50 | 8.42 | 12.06 |
| 78 | 15.49 | 17.16 | 13.31 | 23.49 | 9.66 | 14.66 |
| 79 | 13.94 | 16.44 | 9.57 | 23.12 | 8.75 | 10.98 |
| 80 | 17.83 | 22.93 | 12.73 | 29.69 | 8.83 | 14.02 |
| 81 | 18.37 | 22.49 | 12.57 | 35.24 | 8.42 | 14.28 |
| 82 | 18.55 | 24.40 | 11.00 | 32.92 | 7.68 | 12.86 |
| 83 | 24.44 | 33.85 | 11.99 | 51.53 | 6.29 | 13.57 |
| 84 | 18.77 | 24.81 | 12.14 | 36.03 | 7.38 | 13.44 |
| 85 | 27.30 | 40.78 | 9.61 | 69.78 | 4.55 | 10.12 |
| 86 | 18.84 | 27.13 | 13.63 | 27.94 | 8.62 | 11.72 |
| 87 | 30.63 | 39.83 | 11.30 | 69.59 | 7.61 | 10.99 |
| 88 | 21.36 | 36.73 | 8.51 | 65.70 | 4.80 | 6.31 |
| 89 | 27.80 | 38.77 | 6.44 | 59.76 | 9.40 | 9.06 |
| 90 | 31.04 | 49.01 | 5.37 | 75.73 | 10.29 | 5.63 |
| 91 | 31.06 | 43.01 | 7.67 | 73.91 | 7.81 | 8.35 |
| 92 | 37.26 | 59.14 | 7.75 | 105.71 | 5.72 | 8.96 |
| 93 | 31.41 | 47.29 | 7.57 | 95.76 | 6.92 | 6.17 |
| 94 | 24.17 | 50.79 | 4.36 | 100.54 | 1.18 | 5.94 |
| 95 | 30.03 | 44.31 | 6.05 | 101.69 | 0.26 | 3.60 |
| 96 | 24.94 | 42.52 | 6.27 | 92.57 | 0.50 | 2.63 |
| 97 | 32.81 | 44.51 | 6.08 | 97.97 | 0.14 | 3.81 |
| 98 | 25.42 | 40.98 | 7.49 | 92.55 | 0.48 | 5.00 |
| 99 | 25.88 | 49.16 | 5.40 | 103 | 0.02 | 2.07 |
| 100 | 30.83 | 42.05 | 8.06 | 98.34 | 0.18 | 5.15 |
| 101 | 19.82 | 34.00 | 7.65 | 85.02 | 0.41 | 2.58 |
| 102 | 19.53 | 29.46 | 8.29 | 82.96 | 0.38 | 2.38 |
| 103 | 26.84 | 58.30 | 2.88 | 117.73 | 0.08 | 0.98 |
| 104 | 19.66 | 39.01 | 5.12 | 96.07 | 0.09 | 0.87 |
| 105 | 24.00 | 44.36 | 4.40 | 101.31 | 0.22 | 1.43 |
| 106 | 27.79 | 50.24 | 4.35 | 115.00 | 0.24 | 3.60 |
| 107 | 23.32 | 52.58 | 3.60 | 116.09 | 0.00 | 0.48 |
| 108 | 28.97 | 45.45 | 5.88 | 105.75 | 0.00 | 2.43 |
| 109 | 24.82 | 37.04 | 8.13 | 98.67 | 0.00 | 1.94 |

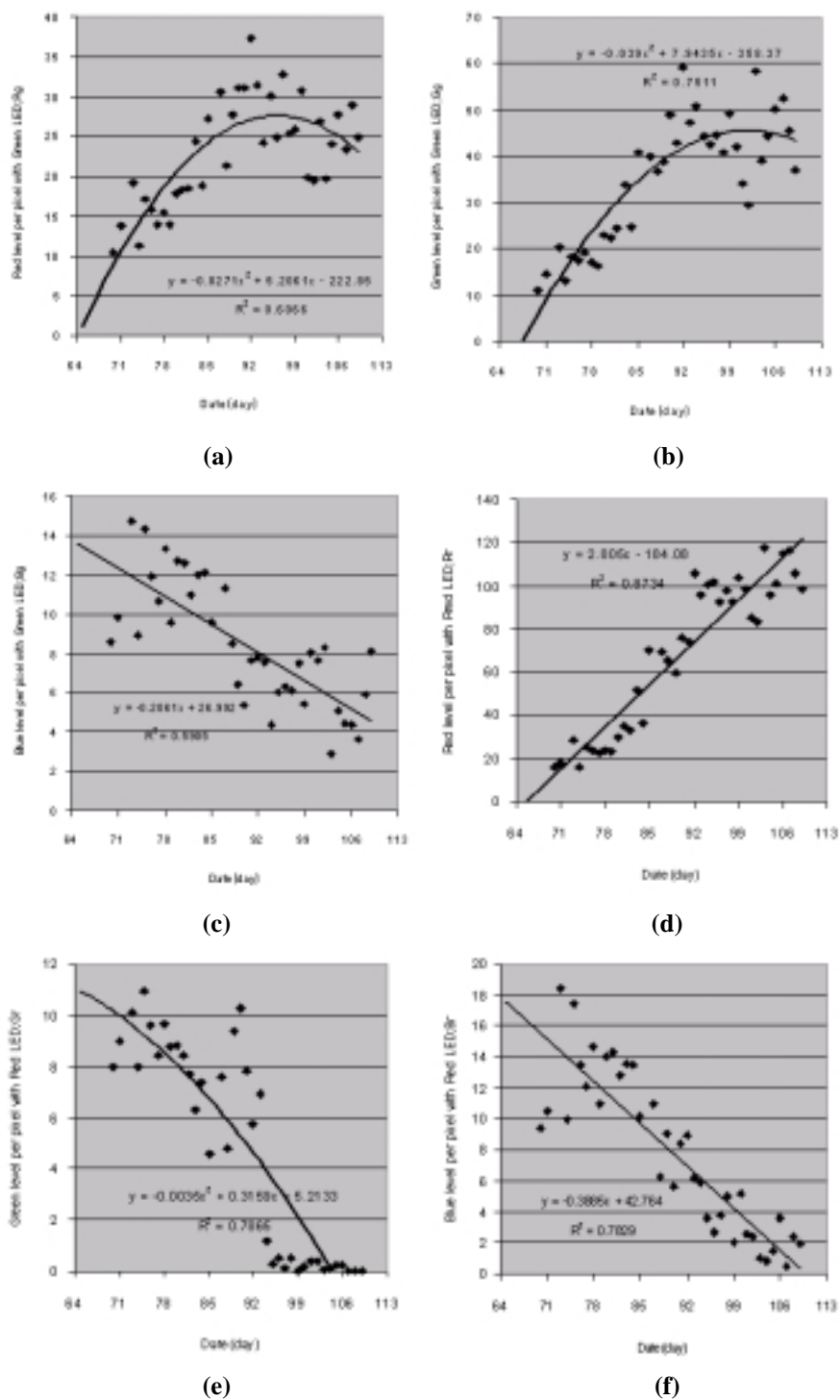


Figure 5. Changes of RGB and TSS:TA content with dates for 30 Longkong bunches (a) change of R with Green LED; Rg (b) change of G with Green LED; Gg (c) change of B with Green LED; Bg (d) change of R with Red LED; Rr (e) change of G with Red LED; Gr (f) change of B with Red LED; Br

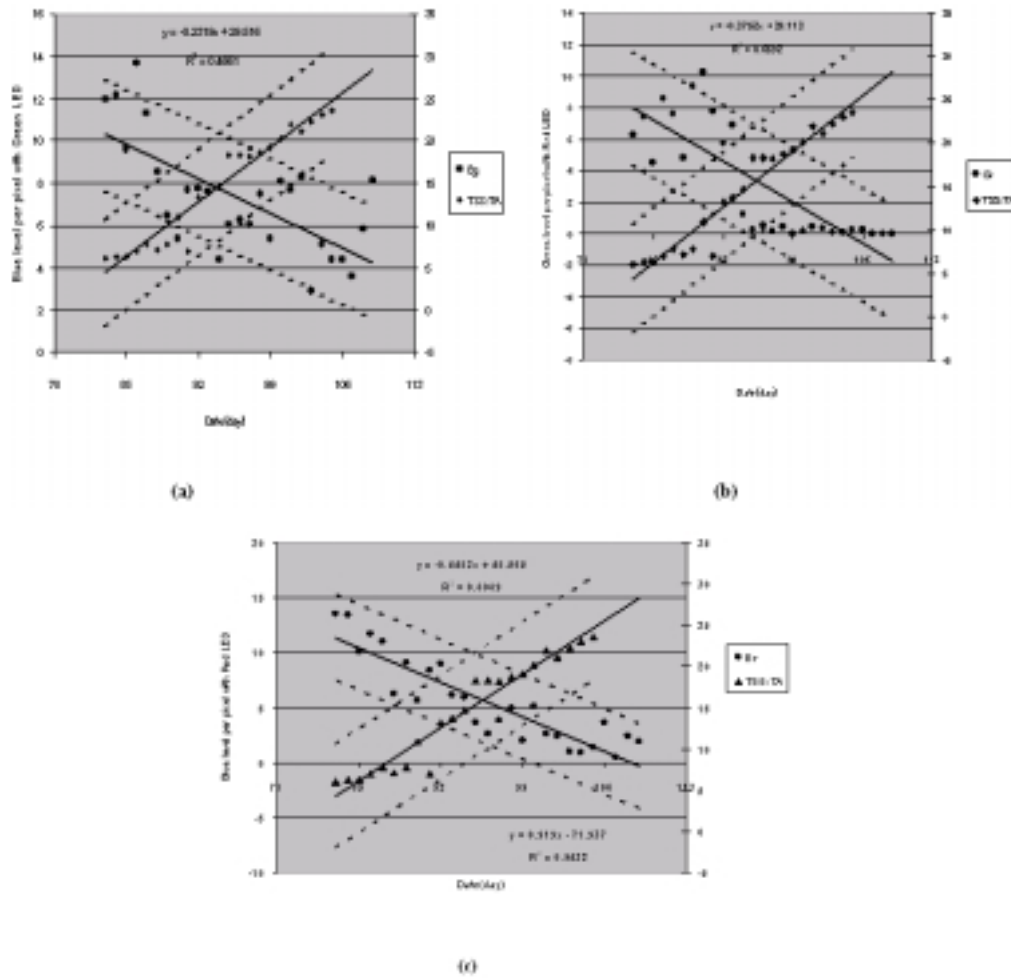


Figure 6. Relation between RGB color content with TSS:TA content with dates for 30 Longkong bunches
 (a) Blue color level per pixel content with Green LED; Bg
 (b) Green color level per pixel content with Red LED; Gr
 (c) Blue color level per pixel content with Red LED; Br

เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีบอกระยะเก็บเกี่ยวลองกองมากที่สุด เนื่องจากกราฟมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงมากที่สุดซึ่งง่ายที่สุดต่อการวิเคราะห์ผล และมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะลดลงเมื่อเทียบกับอายุของลองกอง

จากการศึกษาสรุปได้ว่า อายุของลองกองที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 89-103 วัน หรือ 96 ± 7 วัน นับจากวันที่ดอกแรกบาน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Ahmad และคณะ (1998) หรือพิจารณาจากค่า TSS:TA ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 9.85-22.72 หรือ 16.29 ± 6.44 หรือ

พิจารณาจากระดับสเปกตรัมสีน้ำเงินต่อพิิกเซล; Br มีค่าอยู่ระหว่าง 8.67-2.39 หรือ 5.53 ± 3.14 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามก็ตามการใช้วิธีนับอายุของลองกองมาเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวให้ผลค่อนข้างแน่นอน แต่จะเสียเวลามากและยุ่งยาก นั่นคือต้องบันทึกวันที่ดอกแรกของลองกองบานทุกๆ ช่อ เนื่องจากแต่ละต้นแต่ละช่อของลองกองดอกแรกจะบานไม่พร้อมกันหมดทั้งต้น ส่วนการใช้ค่า TSS:TA มาเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวลองกองให้ผลค่อนข้างแน่นอนเช่นกัน แต่ต้องกระทำการหลายขั้นตอนยุ่งยาก เริ่มจากการเตรียมตัวอย่าง การ

ทดสอบทางเคมี และวิเคราะห์ผล สำหรับการใช้ระดับสเปกตรัมสีผิวต่อพิกเซลมาเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลก่อนข้างจะสะดวกรวดเร็ว ให้ผลแน่นอน แต่ต้องกระทำภายใต้กล้องควบคุมแสง

อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการลองกองที่มีช่อสวยงาม ผลลองกองติดกับก้านช่ออย่างหนาแน่น รสชาติหวานอมเปรี้ยว และสามารถนำไปขายในระยะทางไกลๆ ได้ ต้องตัดลองกองในช่วงที่ลองกองมีอายุ 89-96 วัน นับจากวันที่ดอกแรกบาน หรือมีค่า TSS:TA มีค่าระหว่าง 9.85-16.29 หรือระดับสเปกตรัมสีน้ำเงินต่อพิกเซลอยู่ระหว่าง 8.67-5.53 แต่หากต้องการลองกองที่สุกมากและมีรสชาติหอมหวาน ไว้สำหรับขายในระยะใกล้ๆ บ้าน ควรตัดลองกองในช่วงที่ลองกองมีอายุ 97-103 วัน นับจากวันที่ดอกแรกบาน หรือมีค่า TSS:TA อยู่ระหว่าง 16.30-6.44 หรือมีระดับสเปกตรัมสีน้ำเงินต่อพิกเซลอยู่ระหว่าง 5.52-2.39 ตามลำดับ

นอกจากนี้ การศึกษายังพบว่าค่า TSS:TA มีค่าเพิ่มขึ้น 0.91/วัน ส่วนระดับสเปกตรัมสีน้ำเงินต่อพิกเซลมีค่าลดลง 0.45/วัน เมื่อเทียบกับอายุของลองกอง ซึ่งอัตราส่วนนี้สามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนวันเก็บเกี่ยวผลลองกองล่วงหน้าได้ ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาการฉีกที่ทำการวัดค่า TSS:TA หรือวัดระดับสเปกตรัมสีน้ำเงินต่อพิกเซลก่อนกำหนด ใช้อัตราส่วนดังกล่าวมาคำนวณหาวันที่เหมาะสมล่วงหน้าได้ โดยไม่ต้องทำการวัดซ้ำอีก อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลลองกองในแต่ละช่อสุกไม่พร้อมกัน ดังนั้นควรสุ่มเลือกผลลองกองทั้งช่วงบน กลาง และล่าง ของแต่ละช่อลองกอง ประมาณ 6 ผล มาทำการวัดและหาผลของระดับสเปกตรัมสีน้ำเงินต่อพิกเซลเฉลี่ยในการนำมากำหนดวันเก็บเกี่ยว

เอกสารอ้างอิง

- กิริติ กิตติพล และประดิษฐ์ ลือชัย. 2544. การศึกษาการยืดอายุของผลลองกองสดและการแปรรูปขึ้นลองกอง, โครงการนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)
- วิจิตรวรรณ ประทุมรัตน์. 2546. การผลิตลองกองเพื่อการส่งออก. http://www.geocities.com/psplant/ps_seminar_Wichitwan.htm?200618
- สุรศักดิ์ ศรีกุล วรวิทย์ พันธุ์ยางน้อย และชาย ไชรวิส. 2539. เทคโนโลยีการผลิตลองกองให้มีคุณภาพ. สุราษฎร์ธานี:

- ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี. (สำเนา)
- สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2537. ลองกอง, เกษตรก้าวหน้า. 9, 1-14.
- ไสว รัตน์วงศ์. 2542. การผลิตลองกองเพื่อการส่งออก, กลีกร. 27, 331-337.
- สุปราณี ช่วยเกิด. 2546. การวิเคราะห์สเปกตรัมสีผิวผลปาล์มเพื่อหาช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม (Spectral Reflectance of Oil-Palm Bunches as Indicator for Optimal Harvesting), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)
- อรรธรณ ศิริโชค. 2543. เคมีเชิงฟิสิกส์เบื้องต้น, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี, 329 หน้า.
- Ahmad Tarmizi, S., Norlia, Y., Pauziah, M. and Tham, S.L. 1998. Changes in fruit colour and composition of dokong (*Lansium domesticum* Corr.) during maturation. J. Tro. Agr. and Food Sci., 26, 127-133.
- Bamroongruga, N. 1992. Longkong: another plant type of *Lansium domesticum* Corr. In: Salleh, H., Kamariah, M., Norlia, Y., Abd. Jamil, Z., Hashim, A.B. and Tan, H.H., ed., Proceeding of a seminar on cultivation of duku terengganu, dokong and salak (in Bahasa Malaysia) 4 October 1992, Kuala Terengganu, Terengganu. Serdang, Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), 29-33.
- Del Rosario, R.P., Abilay, R.M. and Pantastico, E.B. 1977. Fruit set and development of lanzones sprayed with some growth regulators. Philippines Agri., 60, 330-8.
- Norlia, Y. 1997. Flowering and fruiting of dokong (*Lansium domesticum* Corr.). In: Vejaysegaran, S., Pauziah, M., Mohamed, M.S. and Ahmad Tarmizi, S., ed., Proceedings of an international conference on tropical fruits, 23-26 July 1996, Kuala Lumpur. Serdang, Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Vol 3, 281-286.
- Paull, R.E., Good, T. and Chen, N.J. 1987. Growth and compositional changes during development of lanzone fruit. HortSci., 22, 1252-1253.