

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุดปี 2558

- 
1. **ชุดโครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาเพื่อลดปัญหาการเกิดอาการเนื้อแก้ว และยางไหลภายในผลมังคุด
  2. **โครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาเพื่อลดปัญหาการเกิดอาการเนื้อแก้ว และยางไหลภายในผลมังคุด
  - กิจกรรม** วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดอาการเนื้อแก้วยางไหล ภายในผลมังคุด
  3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** การเปลี่ยนแปลงระหว่างเอนไซม์และน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการสุกของผลมังคุดกับอาการเนื้อแก้ว
  - ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)** Chang of enzyme and sugar translucence pulp mangosteen
  4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
  - หัวหน้าการทดลอง** สำเร็จ ช่างประเสริฐ
  - ผู้ร่วมงาน** นางสาวมาลัยพร เชื้อบัณฑิต  
นางชมภู จันท์  
ดร.สมโภชน์ น้อยจินดา

### 5. บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเอนไซม์และน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกของผลมังคุดกับอาการเนื้อแก้วมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เอนไซม์และน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกของผลมังคุดกับอาการเนื้อแก้ว ไม่มีการวางแผนการทดลอง ดำเนินการปี 2556-2558 พบว่า ชนิดของน้ำตาลในสารสกัดเพคตินที่ละลายน้ำได้ Water soluble pectin (WSP) ของมังคุดเนื้อปกติ ผลสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose และ Arabinose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 52.324 , 22.306 , 29.043 และ 48.288 mg/gFW ตามลำดับ ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Mannose , Xylose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 77.506 และ 58.529 mg/gFW ตามลำดับ ส่วนมังคุดเนื้อแก้ว ผลสีม่วงดำมีปริมาณ Glucose, Fructose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 60.536 , 101.257 , 64.607 , 33.753 , 79.478 และ 111.520 mg/gFW ตามลำดับ สารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) ของมังคุดเนื้อปกติ ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Galactose , Arabinose , Mannose และ Xylose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 81.478 , 101.687 ,

42.505 , 132.563 และ 87.347 mg/gFW ตามลำดับ ผลสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Fructose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 14.674 mg/gFW และผลสีเขียวทองอ่อน มีปริมาณน้ำตาล Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 243.858 mg/gFW ส่วนเนื้อแก้ว ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Fructose , Galactose และ Mannose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 74.758 , 10.264 และ 86.307 mg/gFW ตามลำดับ ส่วนผลสีม่วงแดงมีปริมาณน้ำตาล Arabinose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 18.719 mg/gFW และผลสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Glucose, Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 15.947 45.774 และ 26.121 mg/gFW สารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ของมังคุดเนื้อปกติ ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 6.787 , 8.712 , 36.648 , 41.87 352.514 และ 171.750 mg/gFW ตามลำดับ และ สีสายเลือด มีปริมาณน้ำตาล Glucose มากกว่าทุกระยะ มีค่าเท่ากับ 10.112 mg/gFW และเนื้อแก้ว ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 7.301 8.658 4.356 14.728 39.494 40.162 และ 98.846 mg/gFW ตามลำดับ

เอ็นไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) มังคุดเนื้อปกติ ผลสีม่วงแดง มีกิจกรรมเอ็นไซม์มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.1286 unit/mg protein ส่วนมังคุดเนื้อแก้ว ผลสีอ่อนทองอ่อน และผลน้ำตาลแดง มีกิจกรรมเอ็นไซม์มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.0820 และ 0.0820 unit/mg protein กิจกรรมเอ็นไซม์ Peroxidase (POD) เนื้อมังคุดปกติ ผลสีม่วงแดงมีกิจกรรมเอ็นไซม์มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 523.114 unit/mg protein มังคุดเนื้อแก้ว ผลสีน้ำตาลแดงมีกิจกรรมเอ็นไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 419.122 unit/mg protein กิจกรรมเอ็นไซม์ Cinnamy Alcohol Dehydrogenase (CDA) เนื้อมังคุดปกติ ผลม่วงแดงมีกิจกรรมเอ็นไซม์มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 418.515 unit/mg protein มังคุดเนื้อแก้ว ผลสีน้ำตาลแดงมีกิจกรรมเอ็นไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 335.297 unit/mg protein

## 6. คำนำ

อาการเนื้อแก้ว เป็นลักษณะอาการผิดปกติที่ส่วนเนื้อมั่งคุดเมื่อสุกมีลักษณะใสและแข็ง พบมากเมื่อเก็บเกี่ยวผลมั่งคุดในช่วงที่ผ่านการมีฝนตกหนักมาแล้ว ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี(2540) พบว่าผลมั่งคุดที่เก็บเกี่ยวก่อนเข้าฤดูฝนไม่ปรากฏอาการเนื้อแก้วเลย แต่อาการเนื้อแก้วจะพบในมั่งคุดที่เก็บเกี่ยวหลังฝนตกในช่วงต้นฤดูและตกต่อเนื่องกัน 2-3 วันจากนั้นอีกประมาณ 3-7 วัน เมื่อทำการเก็บเกี่ยวจะพบผลที่เกิดเนื้อแก้วและความรุนแรงของเนื้อแก้วจะพบมากในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงนานสลับกับฝนตกมาก (ฝนมากกว่า 20 มม.ต่อวัน) ซึ่งการที่ฝนตกมากส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์มีมากด้วย Sdoodee และ Chiarawipa (2003) จึงได้ทำการทดลองจัดการความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับต่างๆต่อการเกิดเนื้อแก้วพบว่า ยิ่งจัดการให้ต้นมั่งคุดได้รับความชื้นสัมพัทธ์มากอาการเนื้อแก้วก็มีมากขึ้นเช่นกัน โดยวรภัทร (2539) ยืนยันว่าอาการเนื้อแก้วเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะน้ำภายในผลเป็นสาเหตุหลัก โดยผลมั่งคุดที่เจริญผ่านช่วงใกล้สุกแล้วมีการให้น้ำเหนือทรงพุ่มหรือมีฝนตกลงมาจะทำให้เกิดอาการเนื้อแก้วในอีก 3-7 วันต่อมาได้มากกว่าการให้น้ำเฉพาะใต้ทรงพุ่ม ซึ่งน้ำที่ให้เหนือทรงพุ่มหรือฝนที่ตกลงมาจะสัมผัสกับผลมั่งคุดทำให้ผลมั่งคุดดูดน้ำเข้าไปในผลได้โดยตรงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เซลล์ของเนื้อจะดูดน้ำเข้าไปมากเกินกว่าแรงต้านขยายผนังเซลล์ (turgor pressure) ที่จะต้านไว้ได้ทำให้เซลล์ของส่วนเนื้อแตกและฉีกขาด เซลล์ตาย และมีสารละลายในเซลล์ไหลออกมาเคลือบเนื้อภายในผลโดยรอบ ส่วนของสารที่ทำละลายส่วนเกินจะถูกเปลือกคุดซึมเข้าไปไว้ในกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า พาเรนไคมา ซึ่งเกาะกันอยู่หลวมๆ แทน สำหรับเนื้อมั่งคุดที่เหลือจะหยุดหรือถูกยับยั้งไม่ให้เกิดการเจริญในกระบวนการสุกแก่ ทำให้การปรับเปลี่ยนเนื้อที่มีโครงสร้างแข็งใสไม่สามารถเปลี่ยนไปสู่เนื้อที่มีโครงสร้างที่นุ่มสีขาวขุ่นเกิดขึ้นได้ หากการยับยั้งการเจริญนี้รุนแรงจะพบลักษณะอาการเนื้อแก้วทั้งผล แต่ถ้าการยับยั้งการเจริญไม่รุนแรงมากจะพบอาการเฉพาะในเนื้อที่มีเมล็ดสมบูรณ์เพียง 1 หรือ 2 พูเนื้อเท่านั้น จากรายงานของศิริวรรณ (2543) พบว่า การที่ผลมั่งคุดได้รับน้ำเข้าไปมากเกินไป ทำให้เซลล์เกิดความเสียหาย สารละลายต่างๆจึงรั่วไหลออกมาภายนอกแทนที่อากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับเพกติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์เปลี่ยนสภาพจากละลายน้ำเป็นไม่ละลายน้ำ ทำให้มั่งคุดที่มีอาการเนื้อแก้วมีลักษณะใสและแข็งกว่าผลมั่งคุดปกติ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ เพกติน เมทิลเอสเทอเรส ในมั่งคุดหลังเก็บเกี่ยวของ Noichinda และคณะ (2007) เมื่อเก็บมั่งคุดไว้นานขึ้น ปริมาณของเอนไซม์ เพกติน เมทิลเอสเทอเรส มีมากขึ้นด้วย โดยเอนไซม์ เพกติน เมทิลเอสเทอเรส จะเป็นตัวดึงกลุ่ม เมทิล ของโพลีเมอร์ กรดกาแลกทูโรนีส และโพลีกาแลกทูโรนีสจะไปทำให้เพกตินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ดังนั้นเอนไซม์ที่น่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเพกตินจากรูปที่ไม่ละลายน้ำไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ (Wakabayashi *et al.* 2000 อ้างโดย Noichinda *et al.* 2007) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เนื้อมั่งคุดเปลี่ยนจากเนื้อปกติเป็นแข็งใสได้ คือ เพกติน เมทิลเอสเทอเรส และ โพลีกาแลกทูโรนีส หทัยวรรณ (2553) ได้ศึกษาเอนไซม์ที่มีต่อการ

เปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโครงสร้างของเซลล์และผนังเซลล์เช่น Pectin Hemicellulose และ Lignin ในมังคุดที่เกิดเนื้อแก้ว พบว่ามังคุดในระยะวัยสายเลือด ที่เป็นเนื้อแก้วมีการสร้างลิกนินมากกว่าปกติ แต่เมื่อเข้าสู่ระยะสุกเต็มที่ลิกนินจะลดลง การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพกติน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส มังคุดเนื้อปกติจะมีผลอ่อนนุ่มเนื่องจากมีเพกตินในรูปที่ไม่ละลายน้ำชนิด  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ water soluble pectin (WSP) เพิ่มขึ้นโดยกิจกรรมของ endo-PG และ PL จะส่งผลโดยตรงกับค่าความแน่นเนื้อ ส่วนมังคุดที่เป็นเนื้อแก้วแม้จะพบปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำ เพิ่มขึ้น แต่ก็พบการจับตัวกันของโมเลกุลของเพกตินโดยมีแคลเซียมไอออนเป็นตัวเชื่อมให้เพกตินมีความแข็งแรง ในส่วนของเพกติน ที่ไม่ละลายน้ำ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ก็เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ส่วนสารประกอบเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ในมังคุดที่เป็นเนื้อแก้วจะมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส ต่ำกว่าเนื้อผลปกติ กลุ่มของเอ็นไซม์อินเวอร์เทส ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงน้ำตาลฟรุคโตส กลูโคส และซูโครส ในเนื้อมังคุด พบว่ามังคุดเนื้อแก้วมีกิจกรรมสูงกว่ามังคุดเนื้อปกติ โดยเอ็นไซม์จะไปเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปอยู่ในรูปของน้ำตาลฟรุคโตส กลูโคส เพื่อใช้ในกระบวนการสุก และเอ็นไซม์ไกลโคซิเดส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเซลล์ ทั้ง 4 ชนิด คือ  $\alpha$ -mannosidase  $\alpha$ -galactosidase  $\beta$ -galactosidase และ  $\beta$ -galactosidase มีกิจกรรมในเนื้อแก้วต่ำกว่าเนื้อปกติ ดังนั้นกิจกรรมของเอ็นไซม์จึงมีบทบาทในการย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้สารละลายต่างๆ เข้าแทนที่อากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์และยังมีการเพิ่มขึ้นของเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และมีการจับตัวกันของเพกตินกับแคลเซียมไอออนและปริมาณพันธะเอสเทอร์ และมีการสร้างสารประกอบลิกนิน จึงทำให้มังคุดมีอาการเนื้อแก้วได้

## 7. วิธีดำเนินการ

เก็บผลมังคุดในระยะต่างๆ 5 ระยะประกอบ ด้วย สีเขียวทองอ่อน สีวัยสายเลือด สีน้ำตาลแดง สีม่วงแดง และสีม่วงดำ นำมาวิเคราะห์กิจกรรมของเอ็นไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) , Cinnamy Alcohol Dehydrogenase (CDA) และ Peroxidase (POD) และวิเคราะห์น้ำตาล mannose, glucose, fructose, galactose, xylose, arabinose, rhamnose, galacuronic acid ในสารสกัดเพกตินที่ละลายน้ำได้ Water soluble pectin (WSP) และสารสกัดเพกตินที่ไม่ละลายน้ำได้ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ในเนื้อปกติและเนื้อแก้ว

## อุปกรณ์

1. ผลมั่งคุด 5 ระยะเวลา
2. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์น้ำตาล
3. สารเคมีที่ใช้สกัดเพคติน
4. สารเคมีที่ใช้สกัดเอ็นไซม์
5. เครื่อง HPLC
6. เครื่องแก้ว

## การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณเอ็นไซม์แต่ละชนิดและระยะเวลาการสุกของมั่งคุด
2. ชนิดและปริมาณน้ำตาลในสารสกัดเพคตินในระยะเวลาการสุกของมั่งคุด

## เวลาและสถานที่

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ตุลาคม 2556- กันยายน 2558

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของน้ำตาล Glucose , Fructose , Arabinose , Mannose , Xylose , Galacuronic acid , Rhamnose และ Galactose ในสารสกัดเพคตินที่ละลายน้ำได้ Water soluble pectin (WSP) และสารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ในมั่งคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้ว

1.1 ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดเพคตินที่ละลายน้ำได้ Water soluble pectin (WSP) ของมั่งคุดเนื้อปกติ พบว่ามีชนิดของน้ำตาลจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ Glucose , Fructose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid และไม่พบ Galactose , Rhamnose โดยระยะสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose และ Arabinose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 52.324 , 22.306 , 29.043 และ 48.288 mg/gFW ตามลำดับ ส่วนระยะ สีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Mannose , Xylose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 77.506 และ 58.529 mg/gFW ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

1.2 ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) ของมั่งคุดเนื้อปกติพบว่ามีชนิดของน้ำตาล 7 ชนิด ได้แก่ Glucose , Fructose , Galactose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid และไม่พบน้ำตาล Rhamnose โดยระยะผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Galactose , Arabinose , Mannose และ Xylose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 81.478 , 101.687 , 42.505 , 132.563 และ 87.347 mg/gFW ตามลำดับ ส่วนระยะสี

ม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Fructose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 14.674 mg/gFW และสีเขียวตองอ่อน มีปริมาณน้ำตาล Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 243.858 mg/gFW (ตารางที่ 2 )

1.3 ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ของมังคุดเนื้อปกติ พบว่ามีชนิดของน้ำตาล 7 ชนิด ได้แก่ Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid และไม่พบน้ำตาล Galactose โดยระยะสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 6.787 , 8.712 , 36.648 , 41.87 352.514 และ 171.750 mg/gFW ตามลำดับ และ สีสายเลือด มีปริมาณน้ำตาล Glucose มากกว่าทุกระยะ มีค่าเท่ากับ 10.112 mg/gFW ( ตารางที่ 3 )

1.4 ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดเพคตินที่ละลายน้ำได้ Water soluble pectin (WSP) ของมังคุดเนื้อแก้วพบว่ามีชนิดของน้ำตาล 6 ชนิด ได้แก่ Glucose, Fructose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid และไม่พบน้ำตาล Rhamnose และ Galactose โดยระยะสีม่วงดำมีปริมาณ Glucose, Fructose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 60.536 , 101.257 , 64.607 , 33.753 , 79.478 และ 111.520 mg/gFW ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

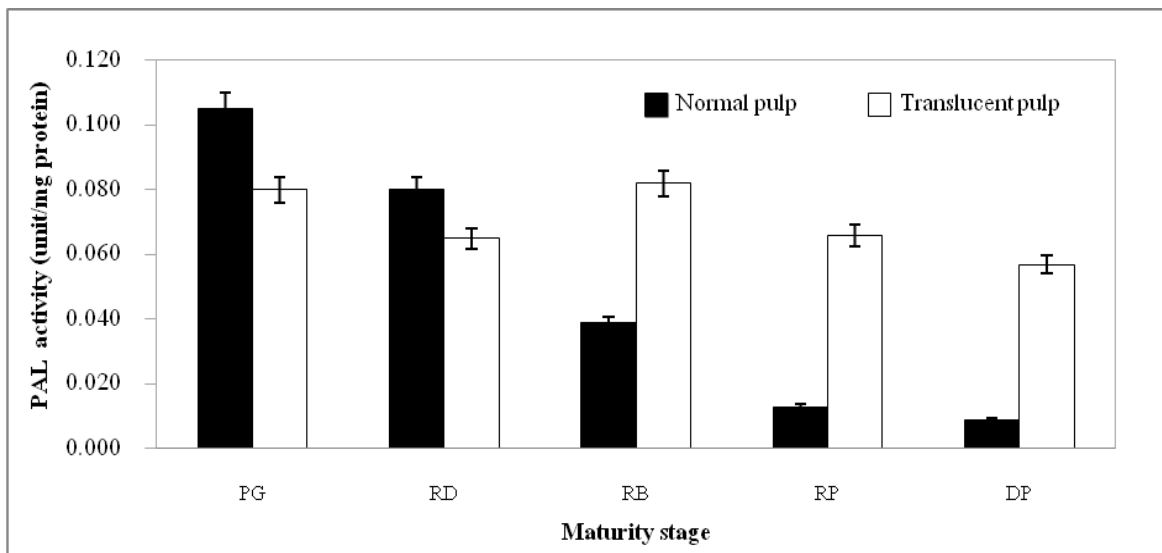
1.5 ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ EDTA soluble pectin (EDTA-SP) ของมังคุดเนื้อแก้วพบว่ามีชนิดของน้ำตาล 7 ชนิด ได้แก่ Glucose, Fructose , Galactose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid และไม่พบน้ำตาล Rhamnose โดยผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Fructose , Galactose และ Mannose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 74.758 , 10.264 และ 86.307 mg/gFW ส่วนผลสีม่วงแดงมีปริมาณน้ำตาล Arabinose มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 18.719 mg/gFW และผลสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Glucose, Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะมีค่าเท่ากับ 15.947 45.774 และ 26.121 mg/gFW ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

1.6 ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ของมังคุดเนื้อแก้วของมังคุด พบว่ามีชนิดของน้ำตาล 7 ชนิด ได้แก่ Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid และไม่พบน้ำตาล Galactose โดยผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะ มีค่าเท่ากับ 7.301 8.658 4.356 14.728 39.494 40.162 และ 98.846 mg/gFW ตามลำดับ

## 2.ศึกษาเอ็นไซม์ที่มีผลต่อการสร้างสารประกอบลิกนินในเนื้อปกติและเนื้อแก้ว

### 2.1 กิจกรรมของเอ็นไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL)

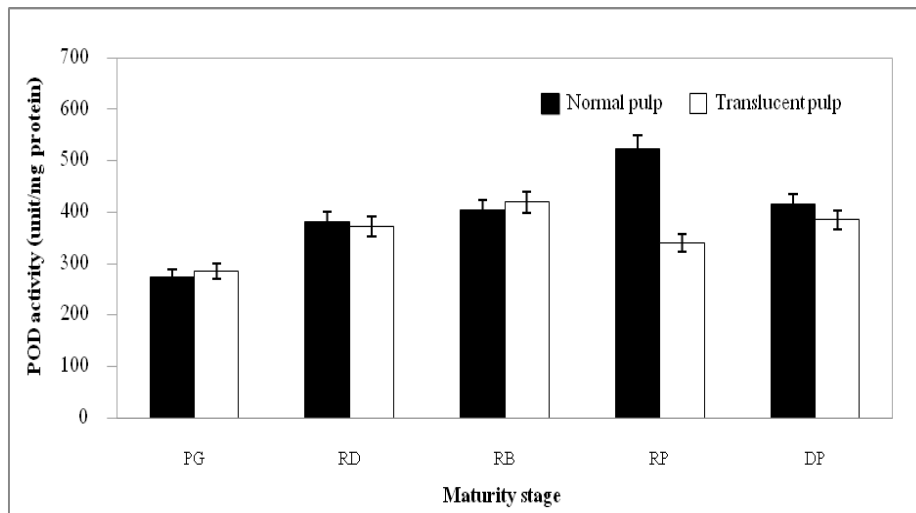
การวิเคราะห์เอ็นไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase ในมังคุดเนื้อแก้วและเนื้อปกติ ในมังคุด 5 ระยะ ประกอบด้วย ระยะสีเขียวทองอ่อน ้วยสายเลือด, สีนํ้าตาลแดง, สีม่วงแดง และ สีม่วงดำ พบว่า มังคุดเนื้อปกติ ระยะสีม่วงแดง มีปริมาณเอ็นไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.1286 unit/mg protein รองลงมาคือ ระยะสีเขียวทองอ่อน สายเลือด สีนํ้าตาลแดง และสีม่วงดำ มีค่าเท่ากับ 0.1054 , 0.0802 , 0.0386 และ 0.0094 unit/mg protein ตามลำดับ มังคุดเนื้อแก้ว ระยะสีอ่อนทองอ่อน และ ระยะสีนํ้าตาลแดง มีปริมาณเอ็นไซม์ที่ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 0.0820 และ 0.0820 unit/mg protein ตามลำดับ รองลงมาคือ ้วยสายเลือด และสีม่วงดำ และสีม่วงแดง มีค่าเท่ากับ 0.0650 , 0.0660 และ 0.0570 unit/mg protein ตามลำดับ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กิจกรรมของเอ็นไซม์ฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (Phenylalanine ammonia lyase) ในทั้ง 5 ระยะการพัฒนาสีผิวของผลมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้ว โดย PG = สีเขียวทองอ่อน, RD = ้วยสายเลือด, RB = สีนํ้าตาลแดง, RP = สีม่วงแดง และ DP = สีม่วงดำ

## 2.2 กิจกรรมเอนไซม์ Peroxidase (POD)

การวิเคราะห์เอนไซม์ Peroxidase ในมังคุดเนื้อแก้วและเนื้อปกติ ในมังคุด 5 ระยะ ประกอบด้วย ระยะสีเขียวทองอ่อน , ้วยสายเลือด, สีนํ้าตาลแดง, สีม่วงแดง และ สีม่วงดำ พบว่า 1) เนื้อมังคุดปกติ ระยะสีม่วงแดงมีปริมาณเอนไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 523.114 unit/mg protein รองลงมาคือ ระยะสีม่วงดำ , สีนํ้าตาลแดง , ้วยสายเลือด และสีเขียวทองอ่อน มีปริมาณเอนไซม์เท่ากับ 414.643, 404.037 , 381.544 และ 273.809 unit/mg protein ตามลำดับ 2) มังคุดเนื้อแก้ว ระยะสีนํ้าตาลแดงมีปริมาณเอนไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 419.122 unit/mg protein รองลงมาคือ สีม่วงดำ ้วยสายเลือด สีม่วงแดง และสีเขียวทองอ่อน มีค่าเท่ากับ 384.761 372.390 340.884 และ 285.181 unit/mg protein (ภาพที่ 2)

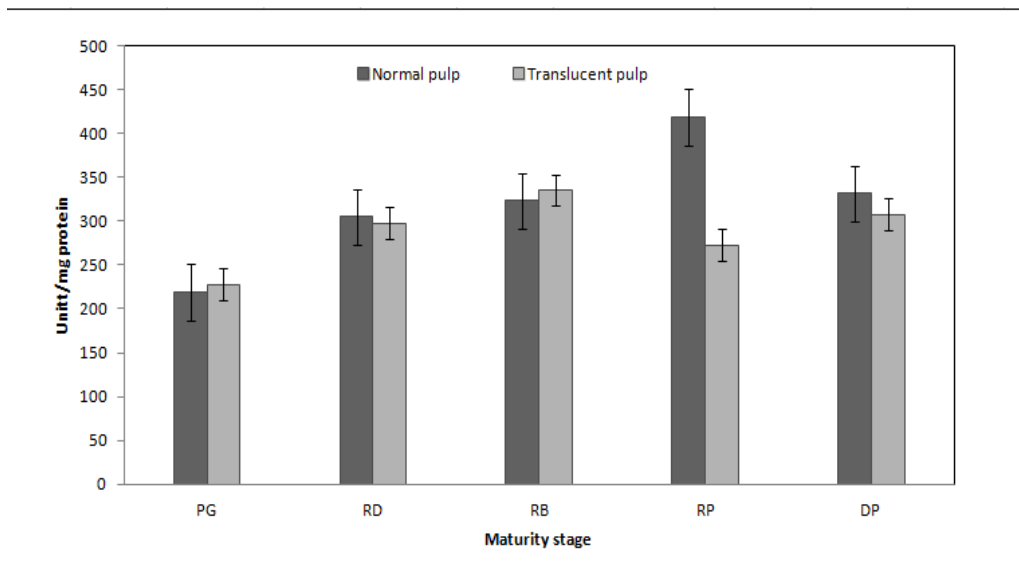


ภาพที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์เพอออกซิเดส (Peroxidase) ในทั้ง 5 ระยะการพัฒนาสีผิวของผลมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้ว โดย PG = สีเขียวทองอ่อน, RD = ้วยสายเลือด, RB = สีนํ้าตาลแดง RP = สีม่วงแดง และ DP = สีม่วงดำ



### 2.3 กิจกรรมเอนไซม์ Cinnamy Alcohol Dehydrogenase (CDA)

การวิเคราะห์เอนไซม์ Cinnamy Alcohol Dehydrogenase ในมังคุดเนื้อแก้วและเนื้อปกติ ในมังคุด 5 ระยะ ประกอบด้วย ระยะสีเขียวทองอ่อน , ้วยสายเลือด, สีนํ้าตาลแดง, สีม่วงแดง และ สีม่วงดำ พบว่า 1) เนื้อมังคุดปกติ ระยะม่วงแดงมีปริมาณเอนไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 418.515 unit/mg protein รองลงมาคือ ระยะสีม่วงดำ , สีนํ้าตาลแดง , ้วยสายเลือด และสีเขียวทองอ่อน มีปริมาณเอนไซม์เท่ากับ 331.715, 323.230 , 305.235 และ 219.047 unit/mg protein ตามลำดับ 2) มังคุดเนื้อแก้ว ระยะสีนํ้าตาลแดงมีปริมาณเอนไซม์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 335.297 unit/mg protein รองลงมาคือ สีม่วงดำ ้วยสายเลือด สีม่วงแดง และสีเขียวทองอ่อน มีค่าเท่ากับ 307.808 , 372.390 297.912 และ 228.144 unit/mg protein ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กิจกรรมของเอนไซม์ Cinnamy Alcohol Dehydrogenase ในเนื้อมังคุดทั้ง 5 ระยะ

สีผิวของผลมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้ว โดย PG = สีเขียวทองอ่อน, RD = ้วยสายเลือด, RB = สีนํ้าตาลแดง RP = สีม่วงแดง และ DP = สีม่วงดำ

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ชนิดของน้ำตาลที่พบในเพกตินที่ละลายน้ำได้ ( Water soluble pectin (WSP) ) ของมังคุดเนื้อปกติ ผลสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose และ Arabinose มากกว่าทุกระยะ ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Mannose , Xylose มากกว่าทุกระยะ ส่วนชนิดของน้ำตาลในเนื้อแก้วพบว่าผลสีม่วงดำมีปริมาณ Glucose, Fructose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะ การวิเคราะห์น้ำตาลในเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ (EDTA soluble pectin (EDTA-SP) ) ของมังคุดเนื้อปกติ โดยผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Galactose , Arabinose , Mannose และ Xylose มากกว่าทุกระยะ ส่วนชนิดของน้ำตาลในเนื้อแก้ว โดยผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Fructose , Galactose และ Mannose มากกว่าทุกระยะ ผลสีม่วงแดงมีปริมาณน้ำตาล Arabinose มากกว่าทุกระยะและผลสีม่วงดำมีปริมาณน้ำตาล Glucose, Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะ การวิเคราะห์น้ำตาลในเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ (  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  soluble pectin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -SP) ) ของมังคุดเนื้อปกติ ผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid ผลสีสายเลือด มีปริมาณน้ำตาล Glucose มากกว่าทุกระยะ ส่วนชนิดน้ำตาลในเนื้อแก้วโดยผลสีน้ำตาลแดงมีปริมาณน้ำตาล Glucose , Fructose , Rhamnose , Arabinose , Mannose , Xylose และ Galacuronic acid มากกว่าทุกระยะ

2. เอนไซม์ที่มีผลต่อการสร้างสารประกอบลิกนินในเนื้อปกติและเนื้อแก้ว ในมังคุดเนื้อปกติ เอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase ( PAL) , Peroxidase (POD) และ Cinnamy Alcohol Dehydrogenase (CDA) ผลสีม่วงแดงมีกิจกรรมของเอนไซม์มากที่สุด ส่วนมังคุดเนื้อแก้ว เอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase ( PAL) ผลสีอ่อนตองอ่อน และผลสีน้ำตาลแดง มีกิจกรรมของเอนไซม์มากที่สุดส่วนเอนไซม์ Peroxidase (POD) ผลสีน้ำตาลแดงมีกิจกรรมเอนไซม์มากที่สุดและเอนไซม์ Cinnamy Alcohol Dehydrogenase (CDA) ผลสีน้ำตาลแดงมีกิจกรรมเอนไซม์มากที่สุด

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 1.หน่วยงานราชการนำผลงานวิจัยไปต่อยอดและใช้ประโยชน์
- 2.นักวิจัยนำผลงานวิจัยไปพัฒนาต่อ

## 11. เอกสารอ้างอิง

วรภัทร ลัคณาทินวงศ์. 2539 ก. อิทธิพลของน้ำที่มีต่อการเกิดลักษณะผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลมังคุด. เกษตรการเกษตร. 20 (27) : 163-165.

วรภัทร ลัคณาทินวงศ์. 2539 ข. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ความมีชีวิตของเซลล์ และปัจจัยของน้ำที่มีผลต่อการเกิดเนื้อแก้วในผลมังคุด (*Garcinia mangostana* L.) วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ศิริวรรณ แดงฉ่ำ. 2543. กลไกการเกิดอาการเนื้อแก้วของผลมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี. 2540. เทคโนโลยีเพื่อการผลิตมังคุดให้มีคุณภาพ. เอกสารวิชาการ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 38 หน้า.

Noichinda, S., K. Bodhipadma and S. Singkhornart. 2007. Changes in pectic substances and cell wall hydrolase enzymes of mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit during storage. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 35 : 229-233.

Sdoodee, S. and R. Chiarawipa. 2003. The effect of fruit position on fruit characteristics and the incidence of fruit disorders in mangoteen. Thai J. Agric. Sci. 36(3) : 267-278.

## 12. ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณน้ำตาลของมังคุดเนื้อปกติในระยะต่างที่วิเคราะห์ได้จาก Water soluble pectin (WSP)

ระยะ	ชนิดของน้ำตาล ( mg/gFw )					
	Glucose	Fructose	Arabinose	Mannose	Xylose	Galacturonic acid
1. สีเขียวทองอ่อน	9.719±0.605	2.178±0.062	6.586±0.252	49.131±0.061	33.329±0.699	8.289±0.128
2. สีสายเลือด	12.89±0.042	4.238±0.073	7.569±0.439	56.792±0.822	46.769±1.196	11.809±0.169
3. สีน้ำตาลแดง	27.168±0.571	5.74±0.107	12.76±0.281	77.506±0.330	58.529±0.131	16.336±0.101
4. สีม่วงแดง	47.628±0.384	8.757±1.058	22.625±0.329	26.114±0.998	35.477±0.634	33.785±0.092
5. สีม่วงดำ	52.324±0.363	22.306±0.802	29.043±0.310	32.329±0.928	45.313±1.339	48.288±0.454

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณน้ำตาลของมังคุดเนื้อปกติในระยะต่างๆที่วิเคราะห์ได้จาก EDTA soluble pectin (EDTA-SP)

ระยะ	ชนิดของน้ำตาล ( mg/gFw )						
	Glucose	Fructose	Galactose	Arabinose	Mannose	Xylose	Galacturonic acid
1.สีเขียวทองอ่อน	163.883±4.990	4.788±0.025	45.469±0.664	4.083±0.051	10.047±0.053	41.782±0.400	243.858±0.470
2.สีสายเลือด	120.323±0.308	8.235±0.325	61.199±0.834	5.149±0.053	32.278±0.708	66.865±0.530	88.746±1.039
3.สีน้ำตาลแดง	81.478±1.366	10.832±0.034	101.687±0.228	42.505±0.783	132.563±0.433	87.347±0.704	37.68±0.121
4.สีม่วงแดง	11.297±0.290	2.686±0.050	73.493±0.581	25.743±0.562	109.208±1.689	26.237±0.361	13.265±0.164
5.สีม่วงดำ	34.971±0.149	14.674±0.940	79.514±0.044	31.799±0.746	124.689±0.088	59.221±0.147	64.212±0.083

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณน้ำตาลของมังคุดเนื้อปกติในระยะต่างๆที่วิเคราะห์ได้จาก Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> soluble pectin (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-SP)

ระยะ	ชนิดของน้ำตาล ( mg/gFw )						
	Glucose	Fructose	Rhamaose	Arabinose	Mannose	Xylose	Galacturonic acid
1.สีเขียวทองอ่อน	3.302±0.159	4.119±0.066	2.549±0.006	4.600±0.035	3.773±0.026	30.740±0.535	11.378±0.188
2.สีสายเลือด	10.112±0.014	5.206±0.043	4.506±0.010	9.533±0.526	16.330±0.889	45.854±0.292	126.079±1.171
3.สีน้ำตาลแดง	30.721±0.56	6.787±0.038	8.712±0.387	36.648±0.375	41.873±0.066	52.514±0.084	171.75±1.483
4.สีม่วงแดง	3.497±0.108	2.065±0.003	3.450±0.099	20.145±0.568	6.916±0.072	34.045±0.569	10.241±0.277
5.สีม่วงดำ	7.161±0.195	3.166±0.219	7.419±0.270	21.523±0.234	12.841±0.118	38.163±0.118	16.815±0.042

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณน้ำตาลของมังคุดเนื้อแก้วในระยะต่างที่วิเคราะห์ได้จาก Water soluble pectin (WSP)

ระยะ	ชนิดของน้ำตาล ( mg/gFw )					
	Glucose	Fructose	Arabinose	Mannose	Xylose	Galacturonic acid
1.สีเขียวทอง						
อ่อน	6.511±0.267	4.243±4.234	29.985±0.425	8.386±0.387	36.304±36.305	12.439±0.286
2.สีสายเลือด	10.484±0.088	11.208±0.096	36.622±1093	13.315±0.008	40.893±0.046	35.765±0.936
3.สีน้ำตาลแดง	11.715±0.82	15.612±0.848	45.766±0.656	16.215±0.235	43.331±0.279	82.550±0.531
4.สีม่วงแดง	35.468±0.628	44.689±0.140	49.875±0.342	23.098±0.474	54.365±0.385	96.560±1.414
5.สีม่วงดำ	60.536±0.297	101.257±0.218	64.607±0.495	33.753±1.533	79.478±0.546	111.52±1.015

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณน้ำตาลของมังคุดเนื้อแก้วในระยะต่างๆที่วิเคราะห์ได้จาก EDTA soluble pectin (EDTA-SP)

ระยะ	ชนิดของน้ำตาล ( mg/gFw )						
	Glucose	Fructose	Galactose	Arabinose	Mannose	Xylose	Galacturonic acid
1.สีเขียวทองอ่อน	3.940±0.064	26.281±0.324	3.768±0.311	2.743±0.005	3.453±0.107	10.772±0.252	5.948±0.042
2.สีสายเลือด	5.857±0.151	48.675±0.046	6.297±0.168	3.053±0.051	4.838±0.189	20.418±0.608	8.328±0.098
3.สีน้ำตาลแดง	8.598±0.194	74.758±0.099	10.264±0.291	5.370±0.012	86.307±0.401	38.382±0.061	22.196±0.239
4.สีม่วงแดง	3.720±0.049	21.577±0.048	4.7189±0.133	18.719±0.268	57.287±1.339	28.466±0.543	13.779±0.187
5.สีม่วงดำ	15.947±0.272	16.177±0.231	7.149±0.024	10.792±0.163	74.367±0.708	45.774±1.674	26.121±0.964

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณน้ำตาลของมังคุดเนื้อแก้วในระยะต่างๆที่วิเคราะห์ได้จาก Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> soluble pectin (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-SP)

ระยะ	ชนิดของน้ำตาล ( mg/gFw )						
	Glucose	Fructose	Rhamnose	Arabinose	Mannose	Xylose	Galacturonic acid
1.สีเขียวทองอ่อน	3.372±0.015	2.188±0.170	1.960±0.006	2.798±0.054	5.835±0.078	6.122±0.054	11.361±0.140
2.สีสายเลือด	3.684±0.113	4.702±0.141	2.056±0.002	4.121±0.004	8.621±0.139	26.137±0.092	32.450±0.426
3.สีน้ำตาลแดง	7.301±0.384	8.658±0.074	4.356±0.169	14.728±0.214	39.494±0.498	40.162±0.873	98.846±0.085
4.สีม่วงแดง	3.490±0.035	2.542±0.079	2.449±0.004	10.460±0.123	12.175±0.169	32.532±0.475	16.747±0.244
5.สีม่วงดำ	4.057±0.041	6.477±0.275	2.123±0.014	12.805±0.129	24.308±0.067	38.098±0.226	22.883±0.753



