Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 117-120 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 117-120 (2554)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำตาลของผนังเซลล์ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและเรดมาราดอล ที่ระยะความแก่ต่าง ๆ

Characterization of neutral sugar composition in cell wall of “Kaek Dum” and “Red Maradol” papaya fruit at different stages of maturity

วิชชยา ครองยุติ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1,2]
Witchaya Krongyut[1,2] Varit Srilaong[1,2] and Sirichai Kanlayanarat[1,2]

Abstract

A comparative investigation on the neutral sugar composition in water-, EDTA-, and Na_2CO_3-soluble pectin fractions in the pulp of “Kaek Dum” and “Red Maradol” cultivars of papaya (*Carica papaya*) was carried out at different stages of maturity (color break, half-ripe, and ripe). The results revealed that the predominant neutral sugars in the water-, EDTA- and Na_2CO_3-soluble pectin fractions were Galactose (Gal), followed by Arabinose (Ara), and Rhamnose (Rha). The changes of Gal, Ara, and Rha in the three pectin fractions in “Kaek Dum” during ripening were higher than those of ‘Red Maradol’. In addition, when considering in each fraction, the content of Gal, Ara, and Rha in water-soluble pectin fraction at over-ripe stage of ‘Kaek Dum’ was higher compared to ‘Red Maradol’. While content of neutral sugars in EDTA- and Na_2CO_3 -soluble pectin fractions of ‘Red Maradol’ at ripe stage was higher compared to ‘Kaek Dum’. The results indicated that the modification of neutral sugar composition in pectin fractions may caused the variation in softening process between the two cultivars of papaya.

Keywords: papaya, neutral sugar, pectin, cell wall

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำตาลในเพกทินที่ละลายในน้ำ เพกทินที่ละลายใน EDTA และเพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 ในเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์เรดมาราดอล ที่ระยะเริ่มสุก ห่าม และสุก พบว่าน้ำตาลที่พบปริมาณมากในแต่ละส่วนของเพกทินที่สกัดได้จากผนังเซลล์ของเนื้อมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์เรดมาราดอลคือ น้ำตาลกาแล็กโตส ตามด้วยน้ำตาลอะราบิโนสและน้ำตาลแรมโนส โดยในพันธุ์แขกดำมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลดังกล่าวในเพกทินที่ละลายในน้ำ เพกทินที่ละลายใน EDTA และเพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 ระหว่างการสุกมากกว่าพันธุ์เรดมาราดอล นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแต่ละส่วนของเพกทินที่สกัดได้จากผนังเซลล์ พบว่าน้ำตาลกาแล็กโตส น้ำตาลอะราบิโนสและน้ำตาลแรมโนส ในเพกทินที่ละลายในน้ำที่ระยะสุกของพันธุ์แขกดำมีปริมาณมากกว่าพันธุ์เรดมาราดอล ในขณะที่ปริมาณของน้ำตาลทั้งสามชนิดในเพกทินที่ละลายใน EDTA และเพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 ที่ระยะสุกของพันธุ์เรดมาราดอลมีค่าสูงกว่าพันธุ์แขกดำ จากผลที่ได้นี้ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำตาลของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันนี้ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มะละกอทั้งสองพันธุ์มีรูปแบบการอ่อนนุ่มแตกต่างกัน

คำสำคัญ: มะละกอ น้ำตาล เพกทิน ผนังเซลล์

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 1014
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut’s University Thonburi, Bangkok 10140
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2] Postharvest Technology Innovation Center, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

คำนำ

การนิ่มของมะละกอเป็นปัญหาอย่างหนึ่งในที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว เพราะทำให้ผลมะละกอมีอายุการวางจำหน่ายและอายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งการนิ่มเป็นกระบวนการสุกของผลไม้ ซึ่งเกิดจากจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและองค์ประกอบน้ำตาลภายในผนังเซลล์ เช่น เพกทิน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส โดยเฉพาะองค์ประกอบน้ำตาลในโครงสร้างของเพกทิน ถือได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น polygalacturonase (PG), pectinmethylesterase (PME), β-galactosidase (β-gal) (Manrique and Lajolo, 2004) ดังนั้น เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ของผนังเซลล์ซึ่งนำไปสู่การนิ่มของมะละกอ การศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการสกัดและวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำตาลในเพกทินจากผนังเซลล์ของมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์เรดมาราดอล ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะทำให้ทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำตาลของผนังเซลล์ หรือทราบรูปแบบของการสลายตัวขององค์ประกอบน้ำตาลในผนังเซลล์ของมะละกอทั้งสองพันธุ์ในระหว่างการสุก

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (ตัวแทนของพันธุ์ที่เนื้อนิ่มเร็ว) และพันธุ์เรดมาราดอล (ตัวแทนของพันธุ์ที่เนื้อนิ่มช้า) ที่มีความสุกน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จากสวนมะละกอ จังหวัดนครปฐม แล้วนำผลมะละกอมาที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน ภายใน 1 ชั่วโมง แล้วคัดเลือกผลที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกันมาทำความสะอาดด้วยน้ำประปา จากนั้นแช่ในสารละลายอิมาซาริลนาน 5 นาที ปล่อยไว้ให้แห้ง นำไปวางในห้องที่อุณหภูมิ (25±2°C) ความชื้นสัมพันธ์ (70-73%) แล้วปล่อยให้สุก เพื่อให้ได้ผลตามระยะความสุกต่างๆ คือ ระยะเริ่มสุก (color break) ระยะห่าม (half-ripe) และสุก (ripe) แล้วนำตัวอย่างจากเนื้อมะละกอไปสกัดเพกทินโดยแบ่งเป็นเพกทินที่ละลายในน้ำ เพกทินที่ละลายใน EDTA และ เพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 ตามวิธีการของ Carrington et al. (1993) แล้วทำการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาล 5 ชนิด คือ น้ำตาลกาแลกโตส น้ำตาลอะราบิโนส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแรมโนสและน้ำตาลไซโรส ตามวิธีการของ Seaman et al. (1954) โดยนำตัวอย่างปริมาณ 2 mg ที่ผ่านการไดอะไลซิสและ freeze dried มาย่อยสลายด้วยกรดซัลฟูริก 72% ปริมาตร 50 µL ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วเติมน้ำกลั่น 850 µL และนำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80-90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำตัวอย่างให้แห้งด้วยวิธี N_2 stream แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% ปริมาตร 100 µL อุ่นที่อุณหภูมิ 35-37°C หลังจากนั้นละลายในเอทานอล 100% ปริมาตร 100 µL แล้วนำสารละลายที่ได้นี้ไปผ่านการกรองด้วยกระดาษเมมเบรน ขนาด 0.45 µm และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (Model LC-3; Shimadzu Kyoto, Japan) ด้วยปริมาตร 20 µL

ผลและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลทั้ง 5 ชนิดในส่วนของเพกทินที่ละลายในน้ำ เพกทินที่ละลายใน EDTA และเพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 พบว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำตาลกาแล็กโตส น้ำตาลอะราบิโนส และน้ำตาลแรมโนสในพันธุ์แขกดำมีค่ามากกว่าในพันธุ์เรดมาราดอล ส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลไซโรส มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในทั้งสองพันธุ์ และเมื่อพิจารณาน้ำตาลแต่ละชนิดในแต่ละส่วนของเพกทินที่สกัดได้จากผนังเซลล์ของมะละกอทั้งสองพันธุ์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงในการละลายของน้ำตาลกาแล็กโตส น้ำตาลอะราบิโนสและน้ำตาลแรมโนสในเพกทินที่ละลายในน้ำที่ระยะสุกของพันธุ์แขกดำมีค่ามากกว่าในพันธุ์เรดมาราดอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งการที่ปริมาณของน้ำตาลกาแล็กโตส น้ำตาลอะราบิโนสและน้ำตาลแรมโนสในเพกทินที่ละลายในน้ำมีค่าสูงกว่าในพันธุ์แขกดำ แสดงให้เห็นว่าการละลายขององค์ประกอบของเพกทินในส่วนของเพกทินที่ละลายในน้ำอาจจะสลายตัวไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้รวดเร็วกว่าในพันธุ์เรดมาราดอล สำหรับปริมาณของน้ำตาลกาแล็กโตส น้ำตาลอะราบิโนสและน้ำตาลแรมโนสในเพกทินที่ละลายใน EDTA และ เพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 ในพันธุ์เรดมาราดอลที่ระยะสุกมีค่าสูงกว่าในพันธุ์แขกดำอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของเพกทินในส่วนเพกทินที่ละลายใน EDTA และเพกทินที่ละลายใน Na_2CO_3 ในพันธุ์เรดมาราดอลยังคงทำให้โครงสร้างของเพกทินแข็งแรงอยู่ ผลการทดลองนี้แตกต่างจากการทดลองของ Manrique and Lajolo (2004) และ Duan et al. (2008) โดยพบว่าปริมาณน้ำตาลอะราบิโนส น้ำตาลแรมโนส น้ำตาลไซโรสและน้ำตาลแมนโนสในส่วนของเพกทินที่สกัดได้จากผนังเซลล์ของพันธุ์ Sunrise Solo และในกล้วยไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุก

Table 1 Changes in neutral sugar composition of water-soluble pectin (WSP) fractions in 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' fruit at different stages of maturity during ripening at 25±2°C. The fractions were sequentially extracted with water and EDTA, and Na_2CO_3.

Water-soluble pectin fraction (WSP) (mole%)					
Stages of maturity	Gal	Ara	Glu	Rha	Xyl
Color break	72.00 (64.00)	43.33 (40.00)	18.67 (18.33)	46.67 (46.33)	13.00 (11.67)
Half-ripe	57.33 (51.33)	54.33[a] (23.67[b])	23.00[a] (14.67)	58.00[a] (44.00[b])	14.33 (14.00)
Ripe	45.00[a] (30.33[b])	26.33[a] (15.33[b])	16.67 (16.00)	56.33[a] (25.67[b])	14.67[a] (8.00[b])

EDTA-soluble pectin fraction (mole%)					
Stages of maturity	Gal	Ara	Glu	Rha	Xyl
Color break	54.67 (57.00)	29.67 (44.33)	14.67 (14.67)	18.67 (21.67)	11.67 (11.33)
Half-ripe	43.00 (46.67)	37.67 (37.67)	15.00 (16.67)	43.33 (24.33)	15.33[a] (4.33[b])
Ripe	31.67[b] (39.33[a])	43.00[b] (48.33[a])	18.00 (19.67)	24.33[b] (31.67[a])	14.67[a] (3.33[b])

Na_2CO_3-soluble pectin fraction (WSP) (mole%)					
Stages of maturity	Gal	Ara	Glu	Rha	Xyl
Color break	53.00 (53.00)	39.33 (42.67)	12.67 (13.33)	32.00 (32.00)	4.00 (3.33)
Half-ripe	23.00[b] (35.33[a])	18.00 (39.67)	5.00[b] (15.33[a])	14.33 (22.67)	5.33 (4.33)
Ripe	14.67[b] (24.67[a])	17.00[b] (32.00[a])	9.00[b] (19.67[a])	13.00 (14.00)	8.67 (5.00)

Means (n = 3) in the same row with different letters were significantly different at $p<0.05$.

Means are in round bracket as values of Red Maradol

สรุป

เนื้อมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์เรดมาราดอลมีรูปแบบกระบวนการเกิดเนื้อนิ่มแตกต่างกัน โดยพันธุ์แขกดำมีกระบวนการเกิดเนื้อนิ่มมากกว่าพันธุ์เรดมาราดอล ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่องค์ประกอบของน้ำตาลในเพกทินที่ละลายในน้ำ EDTA และ Na_2CO_3 ที่สกัดได้จากผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าในพันธุ์เรดมาราดอล ทั้งนี้อาจจะเป็นผลจากกิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ β-galacturonase (β-gal) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบน้ำตาลภายในผนังเซลล์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนโครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์เพื่อการผลิตและพัฒนาอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่สนับสนุนสารเคมีและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Carrington, C. M. S., L. C. Greve and J. M. Labavitch. 1993. Cell wall metabolism in ripening Fruit. Plant Physiol. 103: 429-434.

Duan, X., G. Cheng, E. Yang, C. Yi, N. Ruenroengklin, W. Lu, Y. Luo and Y. Jiang. 2008. Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit. Food Chem. 111: 144-149.

Manrique, G. D. and F. M. Lajolo. 2004. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). Postharvest Biol. Technol. 33: 11-26.

Seaman, J. F., W. E. Moore, R. L. Mitchell and M. A. Millett. 1954. Techniques for determination of pulp constituents by quantitative paper chromatography. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 37: 336-339.