

อิทธิพลของการพ่นฮอร์โมนพืชและซูโครสก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการพัฒนาสีผิวผล
มะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์มหาชนก

The Influence of Pre-harvest Spray Application of Plant Hormones and Sucrose on
Peel Colour Development of 'Mahachanok' Mango (*Mangifera indica* L.)

นงลักษณ์ พยัคษศิรินาวิน¹ และอุบล ชินวัง^{1,2*}
Nongluck Payakkasirinawin¹ and Ubol Chinwang^{1,2*}

บทคัดย่อ

มะม่วงพันธุ์มหาชนก (*Mangifera indica* L. cv. Mahachanok; syn. Mahajanaka) เป็นมะม่วงสายพันธุ์หนึ่งที่นิยมส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เพราะมีลักษณะเด่นคือ ผิวผลมีพื้นที่แต้มสีแดง ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานินชนิดหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบในการผลิตมะม่วงพันธุ์นี้คือ ผิวผลมักมีพื้นที่แต้มสีแดงน้อยและไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผล การจัดการคุณภาพเรื่องสีผิวผลระยะก่อนการเก็บเกี่ยวทำได้ยาก ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการพ่นฮอร์โมนพืชและซูโครสในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการพัฒนาสีผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557 การพ่นสารละลาย methyl jasmonate (MJ) benzyl adenine (BA) ความเข้มข้น 50 ppm และน้ำตาลซูโครส (Sucrose) ความเข้มข้น 10% บนผิวผลมะม่วง ดำเนินการจำนวน 2 ครั้ง เมื่อผลมีอายุ 65 และ 80 วันหลังดอกบาน และเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีอายุ 110 วันหลังดอกบาน ผลการศึกษาพบว่า มะม่วงที่ติดผลอยู่ภายนอกทรงพุ่มเกิดแต้มสีแดงบนผิวผลมากกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม 5.6 และ 6.0 เท่า ในฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557 ตามลำดับ โดยผลที่อยู่ภายนอกทรงพุ่มมีความเข้มของแต้มสีแดง (+a*) และปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม 2.2 เท่า ทั้งสองฤดูการผลิต การพ่นสารละลาย MJ เพียงชนิดเดียวและ MJ ร่วมกับ Sucrose เพิ่มพื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผลที่อยู่ภายในทรงพุ่มได้ 2.6-2.8 เท่า และ 3.1-3.4 เท่า ทั้งสองฤดูการผลิต ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่อยู่ภายในทรงพุ่มชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม ผลภายในทรงพุ่มที่ได้รับการพ่นด้วยสารละลาย BA และ Sucrose เพียงชนิดเดียว และ BA ร่วมกับ Sucrose ไม่สามารถเพิ่มการเกิดพื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผลได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่อยู่ภายในทรงพุ่มชุดควบคุม ทั้งสองฤดูการผลิต ผลมะม่วงทั้งที่ติดผลอยู่ภายนอกทรงพุ่มและภายในทรงพุ่มในระยะเก็บเกี่ยวมีน้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ น้ำหนักแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

คำสำคัญ: เมทิลจัสโมเนท ไฮโดโคนิน ซูโครส แอนโทไซยานิน

Abstract

'Mahachanok' mango (*Mangifera indica* L. cv. Mahachanok; syn. Mahajanaka) is a well-known mango cultivar for exporting. This is due to the attractive character of the red blush presenting on the fruit surface which is one kind of anthocyanins. However, the major problem encountered in producing this mango cultivar is that the skin has poor red blush area and showed less blush uniformity on the fruit surface. Therefore, the preharvest management on the fruit surface (peel) quality is quite difficult. The objective of this research was to study the influence of pre-harvest spray application of plant hormones and sucrose on peel colour development of 'Mahachanok' mango in the 2013 and 2014 production season. Spray

¹ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี 34190

²ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี 34190

*Corresponding author: ubon.c@ubu.ac.th

application of 50 ppm methyl jasmonate (MJ), 50 ppm benzyl adenine (BA) and 10% sucrose on individual fruit surface was undertaken twice at the fruit age of 65 and 80 days after full bloom (DFB) then harvesting at fruit maturity 110 DFB. The result showed that the fruit at the outer canopy exhibited a 5.6 and 6.0 folds of blush area greater ($P \leq 0.05$) than those at the inner canopy in the 2013 and 2014 production season, respectively. The intensity of blush (+a*) and total anthocyanin content of the fruit peel harvested from the outer canopy were 2.2 times greater than those at the inner canopy for both production seasons. Spray application of MJ or MJ incorporated with sucrose increased blush area of the fruit at inner canopy 2.6-2.8 and 3.1-3.4 folds for both of production seasons, compared to the inner control. Nevertheless, the fruits at the inner canopy sprayed with either BA or sucrose, and BA incorporated with sucrose showed no significant differences in blush area for both production seasons, compared to the inner control. Harvested fruits located at the outer and the inner canopy exhibited no significant difference ($P > 0.05$) in fruit weight, flesh firmness, dry matter, total soluble solids, titratable acidity, vitamin C content and total carotenoid of the pulp.

Keywords: methyl jasmonate, cytokinin, sucrose, anthocyanin

คำนำ

มะม่วงจัดเป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ผลผลิตในแต่ละปีสามารถจำหน่ายได้ทั้งตลาดภายในและภายนอกประเทศ ในปี 2558 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกมะม่วงทั้งหมด 65,423 เมตริกตัน และมีมูลค่าการส่งออกมะม่วงทั้งหมดมากกว่า 3,149 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศมีอยู่หลายพันธุ์ ได้แก่ น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ หนังกกลางวัน และมหาชนก เป็นต้น โดยเฉพาะมะม่วงพันธุ์มหาชนก (*Mangifera indica* L.cv. Mahachanok; syn. Mahajanaka) ที่มีลักษณะโดดเด่น คือ ผิวผลมีแต้มสีแดงบนพื้นผิวสีเขียว เกิดจากการสังเคราะห์และการสะสมของสารแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ผลมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และเนื้อผลมีรสหวานอมเปรี้ยวเมื่อผลสุก จากลักษณะที่โดดเด่นดังกล่าว มะม่วงพันธุ์นี้จึงเป็นที่ต้องการของตลาดและได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะผลมะม่วงที่มีผิวสีแดงมักจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเพราะถือเป็นองค์ประกอบในการพิจารณาคุณภาพที่สำคัญในการดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภคได้อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบในการผลิตมะม่วงพันธุ์มหาชนก คือ ผิวผลมักมีแต้มสีแดงน้อยและไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผล (อุบล ชินวัง และคณะ, 2558) และการจัดการคุณภาพเรื่องสีผิวผลมะม่วงก่อนการเก็บเกี่ยวนั้นยังทำได้ยาก การเกิดสีแดงบนผิวผลมะม่วงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารสีแอนโทไซยานินบนผิวผล ได้แก่ แสงแดด และอุณหภูมิของอากาศ การปฏิบัติของเกษตรกร เช่น การปลิดใบหรือตัดแต่งทรงพุ่มให้โปร่ง ตำแหน่งของผลบนต้น นอกจากนี้ การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสารละลายทางเคมีอื่น ๆ สามารถส่งเสริมพัฒนาด้านสีผิวและคุณภาพของผลผลิตได้ โดยเฉพาะผลภายในทรงพุ่มที่มักมีแต้มสีแดงที่ผิวผลน้อยกว่าผลที่อยู่ภายนอกทรงพุ่มและได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ เช่น การให้สารละลายกรดจัสโมเนต (Jasmonates; JAs) และสารอนุพันธ์ ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมแก่มะม่วงพันธุ์มหาชนกในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้มีการกระตุ้นการสร้างแอนโทไซยานินและการเพิ่มสีแดงที่ผิวผลได้ (อุบล ชินวัง และคณะ, 2554 และรัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2557) การศึกษาของ อินทนนท์ (2553) ทำการจุ่มผลมะม่วงที่อยู่บนต้นอายุ 98 วันหลังดอกบาน ในสารละลายเมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate [MJ]) ความเข้มข้น 10-15 มิลลิโมลาร์ สามารถกระตุ้นให้ผิวผลมีการสร้างแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การให้น้ำตาลหลายชนิดกับผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระหว่างการพัฒนาของผล เมื่อผลมีอายุ 77-84 และ 94 วันหลังดอกบาน สามารถทำให้ผลมะม่วงมีกิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลอะลานีนแอมโมเนีย-ไลเอส (PAL) ปริมาณน้ำตาลภายในผล การสะสมแอนโทไซยานิน และการเกิด

สีแดงที่ผิวผลเพิ่มมากขึ้น (Lueangprasert *et al.*, 2010) ส่วนไฮโดรโคตินมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายสารต่าง ๆ ในท่อลำเลียงอาหาร เช่น น้ำตาล และกรดอะมิโน มายังส่วนเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตหรือเป็นแหล่งที่มีไฮโดรโคตินสะสมอยู่ ซึ่งไฮโดรโคตินสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์แสงช่วยเพิ่มการเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสที่มีผลต่อการสะสมแอนโทไซยานินในต้นกล้า *Arabidopsis thaliana* ดังนั้น การศึกษานี้จึงต้องการทราบถึงอิทธิพลของการพ่นสารละลาย MJ ไฮโดรโคติน (BA) และ น้ำตาลซูโครส จำนวน 2 ครั้ง ให้แก่ผลอ่อนที่ติดผลภายในทรงพุ่มเมื่อผลมีอายุ 65 และ 80 วันหลังดอกบาน โดยเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับการพ่นสารทั้งที่ติดผลภายในและภายนอกทรงพุ่มต่อการเกิดพื้นที่สีแดงบนผิวผลในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งมีประโยชน์ต่อการพัฒนาวิธีการปรับปรุงวิธีการเกษตรกรรมของเกษตรกร เพื่อให้ได้ผลมะม่วงที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่ผู้บริโภคต้องการ และมีสีผิวสวยงามเหมาะสมต่อการส่งออกไปยังต่างประเทศต่อไป

วิธีการศึกษา

ต้นมะม่วงที่ใช้ในการศึกษาอยู่ในสวนมะม่วงทางการค้าของเกษตรกรในตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ใช้น้ำที่มีอายุประมาณ 5 ปีหลังปลูก และมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 5 เมตร ในฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557 (ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม) สภาพแวดล้อม ณ บริเวณแปลงปลูกมะม่วงตลอดระยะเวลาของการทดลอง ในฤดูการผลิตที่ 1 (ปี 2556) และ 2 (ปี 2557) มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.28 และ 26.30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย 61.72 และ 73.53% ตามลำดับ โดยการศึกษาในฤดูการผลิตปี 2556 ใช้สวนมะม่วงแห่งที่ 1 (#1) และการศึกษาในฤดูการผลิตปี 2557 ทำการศึกษากับต้นมะม่วงจากสวนจำนวน 2 แห่ง คือ แห่งเดิม (#1) และแห่งใหม่ (#2) ซึ่งอยู่ในตำบลเดียวกันและอยู่ห่างกันประมาณ 10 กิโลเมตร การศึกษาวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ดำเนินการโดยคัดเลือกผลอ่อนที่มีอายุประมาณ 50 วันหลังดอกบาน เพื่อทำการผูกแถบพลาสติก (ขนาด 2×80 เซนติเมตร) ต่างสีในแต่ละกรรมวิธี ผูกที่ข้อผลของผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม (ระยะห่าง 0.5 เมตร วัดจากขอบทรงพุ่มเข้ามาทางด้านใน) โดยทั้ง 2 ปีใช้ต้นมะม่วงของเกษตรกร จำนวน 4 ต้นต่อสวน (กำหนดให้ต้นมะม่วงเป็นบล็อก) แต่ละต้นประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ผล (ซ้ำ) (Figure 1) โดยบล็อกมีกรรมวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ กรรมวิธีที่ 1 ผลไม่ได้รับการพ่นสารและเป็นผลอยู่ภายนอกทรงพุ่ม (outer control) มีความเข้มแสง >2,000 Lux กรรมวิธีที่ 2 ผลไม่ได้รับการพ่นสารและเป็นผลอยู่ภายในทรงพุ่ม (inner control) มีความเข้มแสง 500-800 Lux กรรมวิธีที่ 3 ถึง 7 เป็นผลอยู่ภายในทรงพุ่มและได้รับการพ่นด้วยสารละลาย Sucrose ความเข้มข้น 10% MJ และ BA (ความเข้มข้น 50 ppm) และ MJ ร่วมกับ Sucrose และ BA ร่วมกับ Sucrose (ความเข้มข้น 50 ppm และ 10% ตามลำดับ) สารละลายทุกกรรมวิธีผสมกับสารจับใบ (Tween-20 ยี่ห้อ Amway) ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดแรงตึงผิว พ่นสารละลายบนผิวผลมะม่วงในช่วงเช้า (ไม่เกิน 10.00 นาฬิกา) จำนวน 2 ครั้ง คือ เมื่อผลอายุ 65 และ 80 วันหลังดอกบาน โดยบรรจุสารละลายในกระบอกพลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตร พ่นผลโดยรอบ (รวมทั้งข้อผล) ให้ทั่วทั้งผลและมีหยดสารไหลลงไปสู่ปลายผล หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้ายแล้วเป็นเวลา 30 วันเก็บเกี่ยวผลมะม่วง (อายุ 110 วันหลังดอกบาน) ทุกกรรมวิธีในถุงพลาสติกก่อนบรรจุลงในตะกร้าโปร่งและขนส่งมายังคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 63% เป็นเวลา 1 คืน และทำการวิเคราะห์ผลในวันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว โดยบันทึกข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ น้ำหนักผล (กรัม) ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล Precision Balance รุ่น SPS202 (Ohaus, USA) พื้นที่ (%) ของแต้มสีแดงบนผิวผลทั้งหมด ความเข้มของแต้มสีแดง และสีพื้นของผิวผลด้านที่ไม่มีแต้มสีแดงบริเวณแก้มผล ด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานและเปลี่ยนเป็นค่า a^* ด้วยตารางเปรียบเทียบของ The Royal Horticultural Society Colour Charts Edition V หลังจากนั้นจึงบันทึกค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน; N) โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อผลไม้ (fruit tester Model FT-327, Italy) น้ำหนักแห้ง (%) วิเคราะห์โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Padada *et al.* (2011) จากนั้นนำตัวอย่างผิวผล 5 กรัม และ

เนื้อผล 15 กรัม ของแต่ละซ้ำมาทำให้เย็นจัดด้วยไนโตรเจนเหลว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -25°C ก่อนนำตัวอย่างผิวผลมาวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดบนผิวผล (Total Anthocyanins [TAn]; mg/100 g FW) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Puech *et al.* (1976), Ranganna (1977) และ Jiang *et al.* (2004) สกัดตัวอย่างผิวผลด้วยสารละลาย Methanolic-HCL ความเข้มข้น 1 % ปริมาตร 25 ml แช่เย็นที่อุณหภูมิ 5°C บ่มทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นรินสารสกัดผ่านกระดาษกรอง (Whatmann เบอร์ 4) นำสารสกัดปริมาตร 1 ml ใส่ลงใน cuvette ขนาด 1.4 ml เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 535 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น T60 U (บริษัท PG Instruments limited, China) และนำตัวอย่างเนื้อผลมาผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร และปั่นละเอียดและปั่นเหวี่ยงเพื่อนำน้ำคั้นที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS; $^{\circ}\text{Brix}$ ของน้ำคั้น 100%) ด้วย hand refractometer (Atago, Japan) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (% Titratable acidity [TA] เปรียบเทียบกับกรดซิตริก) ปริมาณวิตามินซีในเนื้อผล (mg Ascorbic Acid Equivalence [AAE] /100 ml) โดยนำตัวอย่างส่วนใดจากเนื้อมะม่วงปริมาตร 2 ml เติมสารละลายเมทาฟอสฟอริก (ความเข้มข้น 3 %) ปริมาตร 5 ml ก่อนการไทเทรตด้วยสารละลาย 2, 6-dichloroindophenol sodium salt ความเข้มข้น 0.02 % จนถึงจุดยุติ (เมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู) คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยใช้ปริมาตรของสารละลาย 2, 6-dichloroindophenol sodium salt ที่ไทเทรตกับสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน เปรียบเทียบกับปริมาตรของสารละลายเดียวกันที่ไทเทรตกับตัวอย่างส่วนใดจากเนื้อมะม่วง และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผล (Total Carotenoids [TCn]; $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$) วิเคราะห์โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Roy (1973) และ Ranganna (1999) สกัดตัวอย่างเนื้อมะม่วงด้วยสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ที่ผสมกับสารละลายอะซิโตน อัตราส่วน 3:2 โดยปริมาตร ($60-80^{\circ}\text{C}$) ปริมาตร 15 ml นำไปปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นละเอียด (Homogenizer) รุ่น PT2100 (บริษัท Fisher Scientific, England) ความเร็วรอบ 1,100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ปิดฝาปิดสภาพห้อง (อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 63 %) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นรินสารสกัดผ่านกระดาษกรอง (Whatmann เบอร์ 4) ทำการสกัดตัวอย่างซ้ำอีก 2 ครั้ง ตามวิธีการที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นปรับปริมาตรของสารสกัดที่ได้เป็น 50 ml การตรวจวิเคราะห์นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 1 ml ใส่ใน cuvette ขนาด 1.4 ml วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 452 nm จึงนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) และ/หรือ 99% ($P \leq 0.01$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้านต่าง ๆ ระหว่างสวน 2 แห่ง ด้วย *t*-test ที่ $P \leq 0.05$

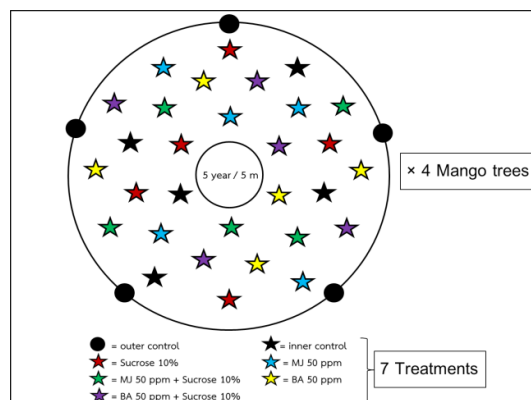


Figure 1 Top view diagram illustrating mango fruit positions within a block (a mango tree), consisting of 7 treatments (different symbols and colours) of 5 fruit (replication) each for experimental site.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเกิดพื้นที่แต้มน้ำแดงของผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ #1 (ฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557)

มะม่วงที่ติดผลอยู่ภายนอกทรงพุ่มเกิดแต้มน้ำแดงบนผิวผลมากกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่อยู่ในทรงพุ่ม 5.6 และ 6.0 เท่า ในฤดูการผลิตปี 2556 (Table 1) และปี 2557 (Table 2) ตามลำดับ โดยผิวผลมีปริมาณแอนโทไซยานินสะสมอยู่มากกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่ม 2.2 เท่า ทั้งสองฤดูการผลิต แต้มน้ำแดงบนผิวผลปรากฏให้เห็นได้ชัดเจน (Figure 2; T1 และ T2) และมีความเข้มของแต้มน้ำแดง ($+a^*$) มากกว่า ($P \leq 0.05$) ผลในทรงพุ่มประมาณ 2 เท่า (Figure 3) ผลการศึกษานี้แสดงว่ามะม่วงที่ติดผลอยู่ภายนอกทรงพุ่มมีโอกาสได้รับแสงแดดในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมากกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่มทั้งในระยะเวลาที่ยาวนานและเป็นแสงที่มีความเข้มแสงสูงกว่าผลในทรงพุ่ม ($>2,000$ และ $500-800$ Lux ตามลำดับ) จึงเป็นสาเหตุให้ผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้เกิดแต้มน้ำแดงเนื่องจากการสะสมของสารแอนโทไซยานิน จากผลการศึกษานี้จึงคาดว่า แสงแดดมีอิทธิพลในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ PAL ที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของชีวิตการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ซึ่งมีการรายงานด้านอิทธิพลของแสงแดดต่อกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นของ PAL และทำให้เกิดการพัฒนาสีแดงบนผิวผลไม่หลายชนิด เช่น มะม่วงพันธุ์มหาชนก (ยุทธนา จันทร์ชรา, 2549; รัชพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาธ, 2557; อุบล ชินวัง และคณะ, 2558; Saengnil *et al.*, 2011) มะม่วงพันธุ์ Keitt (Shahak *et al.*, 2001) แอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ (Jakopic *et al.*, 2009) ส้มแมนดาริน (Cronje *et al.*, 2011) สาลี่ (Zhang *et al.*, 2011) และท้อ (Juan *et al.*, 2005) และแสงแดดมีอิทธิพลต่อการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ chalcone isomerase (CHI) และ UDP-glucose: flavonoid 3-O-glucosyl transferase (UFGT) ที่เกิดขึ้นในช่วงกลางและสุดท้ายของชีวิตการสังเคราะห์แอนโทไซยานินที่พบในผิวผลแอปเปิ้ล จำนวน 4 พันธุ์ หลังจากเอาถุงห่อผลออกเพื่อให้ได้รับแสงแดดในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (Liu *et al.*, 2013) นอกจากนี้ การได้รับแสงแดดของผลมะม่วงที่อยู่ในทรงพุ่มในการศึกษานี้ อาจทำให้ใบที่อยู่บริเวณนั้นดูดซับพลังงานจากแสงแดดได้มากกว่าใบภายในทรงพุ่ม (ตรวจวัดจากค่า photosynthetic active radiation [PAR] และค่า photosynthetic photon flux [PPF]) (Jakopic *et al.*, 2009; Hamadziripi, 2012) จึงทำให้ใบมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและเคลื่อนย้ายสารอาหาร โดยเฉพาะน้ำตาลไปยังผลที่อยู่ในทรงพุ่มได้ในปริมาณมากกว่าใบภายในทรงพุ่ม ซึ่งการสะสมน้ำตาลในผลจากสาเหตุที่กล่าวมานี้ คาดว่าน้ำตาลส่วนหนึ่งสะสมในเนื้อผล ซึ่งตรวจวัดในรูปปริมาณ TSS และอีกส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้สังเคราะห์แอนโทไซยานินที่ผิวผล โดยเข้าทำปฏิกิริยากับสาร anthocyanidin ในช่วงท้ายของชีวิตการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน การศึกษาต่อไปกับมะม่วงพันธุ์นี้ควรตรวจวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ในชีวิตรูปดังกล่าว ปริมาณหรือชนิดของแอนโทไซยานินที่พบในผิวผล (cyanidin) และน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของแอนโทไซยานิน เพื่ออธิบายผลการศึกษาด้านการเกิดแต้มน้ำแดงบนผิวผลได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

การพ่นสารละลาย Sucrose แก่ผลมะม่วงที่ติดผลอยู่ในทรงพุ่มพบว่าการเกิดพื้นที่แต้มน้ำแดงและความเข้มของแต้มน้ำแดง ($+a^*$) บนผิวผล ไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุม ทั้งสองฤดูการผลิต (Table 1 และ 2 และ Figure 3) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้พบว่าผลมะม่วงที่ได้รับการพ่นด้วยสารละลาย Sucrose มีการสะสมแอนโทไซยานินที่ผิวผลเพิ่มมากขึ้น ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุมคิดเป็น 53.15 และ 43.00 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557 ตามลำดับ (Table 1 และ 2) แสดงให้เห็นว่าการพ่นสารละลาย Sucrose แก่ผลมะม่วงที่ติดผลภายในทรงพุ่มในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวจำนวน 2 ครั้ง ทำให้ผิวผลสังเคราะห์และสะสมสารแอนโทไซยานินได้มากขึ้น แต่ผลมีแต้มน้ำแดงปรากฏเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่แตกต่างกับผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุม แสดงว่าการพ่น Sucrose เพียงอย่างเดียวโดยผลมะม่วงไม่ได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่เหมือนผลที่อยู่ในทรงพุ่มทำให้ผลมะม่วงพันธุ์นี้สังเคราะห์แอนโทไซยานินได้แต่ลดการปรากฏของแอนโทไซยานิน (แต้มน้ำแดง) ที่ผิวผล ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lueangprasert *et al.* (2010) ที่ศึกษาการเกิดแต้มน้ำแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ด้วยการจุ่มผลด้วยสารละลายน้ำตาลที่ต่างกัน 4 ชนิด

(Sucrose Fructose Glucose และ Galactose ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์) กับผลมะม่วงด้านที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (อายุ 77 84 และ 91 วันหลังดอกบาน) พบว่าผิวผลมีการสังเคราะห์และสะสมแอนโทไซยานินที่ผิวผลในปริมาณน้อยกว่า ($P \leq 0.05$) ผิวผลด้านที่ได้รับแสงแดดของมะม่วงผลเดียวกัน ส่วนการศึกษาของจำนง อุทัยบุตร และคณะ (2551) พบว่าการจุ่มผลมะม่วงพันธุ์นี้ด้วยสารละลายน้ำตาล Sucrose และ Fructose ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ก่อนการเก็บเกี่ยว (อายุ 77 84 และ 91 วันหลังดอกบาน) กระตุ้นให้ผิวผลมีปริมาณแอนโทไซยานินและกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้น และผิวผลมีความเข้มของแต้มสีแดง ($+a^*$) มากกว่า 1.25-1.44 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลชุดควบคุม (ไม่ได้จุ่มผลด้วยสารละลายน้ำตาล) ความแตกต่างของอิทธิพลของ sucrose ระหว่างผลการศึกษาและผลการศึกษาของจำนง อุทัยบุตร และคณะ (2551) อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของขนาดทรงพุ่ม (ความทึบหรือโปร่งของกิ่งใบ) และตำแหน่งของผลบนต้นที่จุ่มสารละลายน้ำตาล ซึ่งผู้วิจัยมิได้ระบุไว้อย่างชัดเจนในวิธีการศึกษา อย่างไรก็ตาม ผลมะม่วงในการศึกษาดังกล่าว คาดว่าเป็นผลที่อยู่ในตำแหน่งหรือทิศของทรงพุ่มที่ได้รับแสงแดด ทั้งนี้ พิจารณาจากปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในผิวผลของการศึกษาดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 2.31 มีปริมาณใกล้เคียงกันกับการศึกษาค้างนี้ คือ 2.47 และ 2.18 mg/100 g FW (Table 1 และ 2; outer control) ตามลำดับ

การพ่นสารละลาย MJ แก่ผลมะม่วงที่ติดผลอยู่ในทรงพุ่ม พบว่าสามารถเพิ่มพื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผลได้ 2.6 และ 2.8 เท่า ในปี 2556 และ 2557 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุม และผิวผลมีปริมาณของแอนโทไซยานินสะสมอยู่มากกว่า ($P \leq 0.05$) ผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุมประมาณ 1.7-1.8 เท่า ทั้งสองฤดูการผลิต (Table 1 และ 2) และแต้มสีแดงปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจนบนผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลชุดควบคุมที่อยู่ภายในทรงพุ่ม (Figure 2; T2 และ T4) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารละลาย MJ ความเข้มข้น 50 ppm จำนวน 2 ครั้ง กระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ติดผลภายในทรงพุ่มได้ ซึ่งการเพิ่มสีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยการจุ่มผลบนต้นในสารละลาย MJ ความเข้มข้น 15 มิลลิโมล (66.9 ppm) จำนวน 1 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่าผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 119 วันหลังดอกบาน มีพื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผลเพิ่มขึ้นเป็น 26% เมื่อเปรียบเทียบกับผลชุดควบคุม (20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผล) (อินทนนท์, 2553) ทั้งนี้ เนื่องจากผิวผลมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้น และมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในผิวผลเพิ่มขึ้น 1.64 เท่า มากกว่า ($P \leq 0.05$) ชุดควบคุม เป็นที่น่าสังเกตว่าแต้มสีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อยู่ภายนอกทรงพุ่ม (ชุดควบคุม) ในการศึกษาค้างนี้เกิดขึ้น 16-17% ของพื้นที่ผิวผลซึ่งมีพื้นที่ใกล้เคียงกับผลมะม่วงในการศึกษาดังกล่าว คือ 20% ส่วนผลที่อยู่ในทรงพุ่มและได้รับการพ่น MJ ความเข้มข้น 50 ppm เกิดแต้มสีแดงไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวผลทั้งหมด (Table 1-3) ความแตกต่างของพื้นที่แต้มสีแดงของผลการศึกษาทั้งสองนี้อาจเป็นเพราะ (1) ทรงพุ่มต้นมะม่วงที่ใช้ในการศึกษาดังกล่าวมีขนาดเล็กกว่าทรงพุ่มของต้นมะม่วงในการศึกษาค้างนี้ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 5 เมตร) จึงทำให้ผลบนต้นได้รับแสงแดด มากกว่าผลบนต้นที่มีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่า (ผู้วิจัยมิได้ระบุความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม) (2) วิธีการให้สารละลาย MJ ที่แตกต่างกัน (การจุ่มและการพ่น) (3) ความเข้มข้นของสารละลาย MJ ที่มากกว่า (66.9 และ 50 ppm) และ (4) อายุผลมะม่วงขณะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (119 และ 110 วันหลังดอกบาน) ส่วนการศึกษาของ Muengkaew *et al.* (2016) กับผลมะม่วงพันธุ์เดียวกันนี้ที่ผ่านการพ่นสารละลาย MJ ความเข้มข้น 80 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) โดยพ่นทั่วทรงพุ่มจำนวน 1 ครั้ง เมื่อผลบนต้นมีอายุ 90 วันหลังดอกบาน และเก็บเกี่ยวผลเมื่ออายุ 110 วันหลังดอกบาน (การศึกษาดังกล่าวไม่ได้ระบุความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม) ผิวผลมะม่วงดังกล่าวในระยะเก็บเกี่ยวมีค่า a^* มากกว่า ($P \leq 0.05$) ชุดควบคุม และมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าผลชุดควบคุม 17% อย่างไรก็ตาม ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของผิวผลมะม่วงที่ผ่านการพ่นด้วยสารละลาย MJ ความเข้มข้น 50 ppm ในการศึกษาค้างนี้ เพิ่มขึ้นระหว่าง 55-77% เปรียบเทียบกับผลในทรงพุ่มชุดควบคุม (Table 1-3) ความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดระหว่างผล

การศึกษาทั้งสองนี้ อาจเนื่องมาจากวิธีการให้สารละลาย MJ แก่ผลมะม่วงบนต้น และใช้วิธีการพ่นสารให้ทั่วทรงพุ่ม 1 ครั้ง วิธีการนี้อาจทำให้ผิวผลมะม่วงบนต้นได้รับสารละลาย MJ อย่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผล (แต่เป็นวิธีการปฏิบัติที่มีความสะดวกรวดเร็ว) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการฉีดพ่นสารบนผิวผลมะม่วงทีละผล จำนวน 2 ครั้ง ในการศึกษาครั้งนี้ ผลมะม่วงในการศึกษาดังกล่าวจึงได้รับอิทธิพลของ MJ ในการเพิ่มพื้นที่แต้มสีแดงในระดับที่น้อย (17%) กว่าผลมะม่วงในการศึกษาครั้งนี้ (55-57%)

การพ่นสารละลาย MJ ร่วมกับ Sucrose แก่ผลมะม่วงในตำแหน่งดังกล่าว พบว่าผิวผลมีพื้นที่แต้มสีแดงและปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับการใช้สารละลาย MJ เพียงอย่างเดียวทั้งสองฤดูการผลิต (Table 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม ผิวผลมะม่วงที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลาย MJ ร่วมกับ Sucrose มีแต้มสีแดงปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน (Figure 2; T5 และ T2) และมีความเข้มของแต้มสีแดงมากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุม (Figure 3) แนวโน้มของการเพิ่มความเข้มแสงของแต้มสีแดงดังกล่าวนี้ พบในผลมะม่วงที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลาย BA ร่วมกับ Sucrose เช่นกัน ในฤดูการผลิตปีที่ 1 (Figure 3A) ผลการศึกษานี้ยืนยันว่าการฉีดพ่นสารละลาย Sucrose ความเข้มข้น 10% จากภายนอกร่วมกับ MJ หรือ BA ความเข้มข้น 50 ppm ส่งเสริมการสังเคราะห์และสะสมแอนโทไซยานินชนิดที่เป็นองค์ประกอบของแต้มสีแดง (cyanidin) ได้มากขึ้น ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ Sucrose สามารถกระตุ้นการทำงานของยีน UFGT ซึ่งยีนนี้ถูกเปลี่ยนมาเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสาร anthocyanidin มาเป็น cyaniding-3-glucoside (Honda *et al.*, 2002; Das *et al.*, 2012) และ/หรือการรวมตัวของ Sucrose กับโมเลกุลของ cyanidin เกิดเป็นสารแอนโทไซยานินชนิดดังกล่าว (Wind *et al.*, 2010 และ Yamaki, 2010) การศึกษาต่อไปควรตรวจวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ UFGT หรือการแสดงออกของยีนของเอนไซม์ดังกล่าวที่พบในผิวผลมะม่วงพันธุ์ที่ได้รับหรือไม่ได้รับ sucrose เพื่อยืนยันผลการศึกษานี้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

การพ่นสารละลาย BA เพียงชนิดเดียวแก่ผลมะม่วงที่ติดผลอยู่ภายในทรงพุ่ม พบว่าผิวผลมีพื้นที่ของแต้มสีแดงและปริมาณแอนโทไซยานินที่ผิวผลไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับผลในทรงพุ่มชุดควบคุม สาเหตุที่การให้สารละลาย BA แก่ผลมะม่วงที่ติดผลอยู่ภายในทรงพุ่มกระตุ้นการสังเคราะห์และสะสมแอนโทไซยานินได้เพียงเล็กน้อย อาจเนื่องจากการขาดอิทธิพลของแสงแดดในการกระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ดังผลการศึกษากับต้นกล้า *Arabidopsis thaliana* ที่พบว่าการใช้ไซโตไคนินร่วมกับการได้รับแสงสามารถกระตุ้นการสะสมแอนโทไซยานินระหว่างการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นกล้า *Arabidopsis* ได้ โดยไซโตไคนินช่วยเพิ่มระดับของโปรตีน CRY1 ของเอนไซม์ HY5 ในการทำงานของ Cryptochrome ที่กระตุ้นการแสดงออกของยีน chalcone synthase (CHS), chalcone isomerase (CHI) และ dihydroflavonol 4 - reductase (DFR) ในชีววิถีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Vandenbussche, 2007)

การเกิดพื้นที่แต้มสีแดงของผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยวเกี่ยวจากสวนแห่งที่ #1 และ #2 (ฤดูการผลิตปี 2557)

การศึกษาในฤดูการผลิตปี 2557 พบว่าผลมะม่วงที่อยู่ภายนอกทรงพุ่มจากสวนแห่งที่ #1 และ #2 มีพื้นที่ของแต้มสีแดงบนผิวผลเกิดขึ้นมากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลภายในทรงพุ่มประมาณ 5.96 และ 5.51 เท่า ตามลำดับ และมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่า ($P\leq 0.05$) 2.18 และ 2.03 เท่า ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในฤดูการผลิตปี 2556 (Table 1) โดยผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ #2 มีการเกิดพื้นที่ของแต้มสีแดงบนผิวผลและมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ #1 เกือบทุกกรรมวิธี (Table 3) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสวนทั้งสองแห่งนี้มีวิธีการเขตกรรมที่แตกต่างกัน (จากการสังเกตของผู้วิจัยและสอบถามจากเกษตรกร) โดยเกษตรกรเจ้าของสวนแห่งที่ #1 ไม่มีการตัดแต่งกิ่งหรือทรงพุ่มของต้นมะม่วงในระหว่างการเจริญเติบโต ส่วนเกษตรกรของสวนแห่งที่ #2 มีการตัดแต่งกิ่งต้นมะม่วงในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ออกประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ทรงพุ่มต้นมีความโปร่งมากกว่า (แต่มิได้วัดความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม) ซึ่งการตัดแต่งดังกล่าวทำให้แสงแดดสามารถส่องผ่านไปในทรงพุ่มได้มากกว่า จึงทำให้ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ #2 เกิดพื้นที่ของแต้ม

สีแดงบนผิวผลและมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ #1 ดังนั้นข้อเสนอแนะในการเพิ่มพื้นที่สีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้ จึงควรตัดแต่งกิ่งและปลดใบของทรงพุ่มให้โปร่งหลังจากผลมะม่วงติดผลและโตพอสมควร (ประมาณ 90 วันหลังดอกบาน) ซึ่งเป็นระยะที่ผิวผลเริ่มสังเคราะห์และสะสมแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจนทั้งผลบรรลุพร้อมเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มพื้นที่สีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้ให้มากขึ้นได้ (ฉลองชัย แบบประเสริฐ, 2556 และ รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2557) ผลมะม่วงจากสวนแห่งที่ #2 ในฤดูกาลผลิตปี 2557 ที่มีการพ่นผลภายในทรงพุ่มด้วยสารละลาย MJ และ MJ ร่วมกับ Sucrose มีพื้นที่ของแต้มสีแดงบนผิวผลมากกว่า ($P \leq 0.05$) ผลสุดควบคุมภายในทรงพุ่มประมาณ 2.78 และ 3.31 เท่า ตามลำดับ และมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่า ($P \leq 0.05$) 1.06 และ 1.78 เท่า ตามลำดับ (Table 3) ส่วนการพ่นสารละลายในกรรมวิธีอื่นๆ ให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองจากสวนแห่งที่ #1 ในฤดูกาลผลิตปี 2557 ดังนั้นข้อแนะนำอีกประการหนึ่งในการเพิ่มพื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก คือ การให้สารละลาย MJ จากภายนอก (หรือร่วมกับ Sucrose) ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม เช่น 50 หรือ 80 ppm (Muengkaew *et al.*, 2016) ควบคู่ไปกับการได้รับแสงแดด (การจัดการทรงพุ่มให้โปร่ง) ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมการสังเคราะห์และสะสมแอนโทไซยานินได้เพิ่มขึ้นทำให้ผิวผลมีพื้นที่แต้มสีแดงเพิ่มขึ้นด้วย

Table 1 Fruit weight (g), flesh firmness (N), dry matter (%), blush (% of the total fruit surface) and total anthocyanins (TAn [mg/100g FW]) of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' under different treatments during preharvest period, harvested from the site #1 orchard in the 2013 production season.

Preharvest Treatment	Fruit Weight (g)	Flesh firmness (N)	Dry matter (%)	Blush ¹ (%)	TAn ¹ (mg/100g FW)
T1:Outer control	371.75	112.05	20.61	16.63 ^a	2.47 ^a
T2:Inner control	365.50	109.69	19.99	2.98 ^d	1.11 ^e
T3:10% Sucrose	372.00	109.94	20.58	6.85 ^{bcd}	1.70 ^{cd}
T4:50 ppm MJ	365.50	108.92	19.62	7.65 ^{bc}	1.88 ^{bc}
T5:50 ppm MJ+ 10% Sucrose	377.50	108.84	19.93	9.15 ^b	2.03 ^b
T6:50 ppm BA	366.25	112.85	19.46	4.45 ^{cd}	1.35 ^e
T7:50 ppm BA+ 10% Sucrose	364.75	111.75	20.79	6.80 ^{bcd}	1.38 ^{de}
<i>F-test</i> ²	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	**	**
% CV	5.36	5.12	4.32	36.07	12.87

¹ Means followed by different letters within the same column are significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

^{2**} = significantly different at $P \leq 0.01$, ns = non-significantly different at $P > 0.05$

Table 2 Fruit weight (g), flesh firmness (N), dry matter (%), blush (% of the total fruit surface) and total anthocyanins (TAn [mg/100g FW]) of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' under different treatments during preharvest period, harvested from the site #1 orchard in the 2014 production season.

Preharvest Treatment	Fruit Weight (g)	Flesh firmness (N)	Dry matter (%)	Blush ¹ (%)	TAn ¹ (mg/100g FW)
T1:Outer control	378.90	110.75	18.92	16.98 ^a	2.18 ^a
T2:Inner control	360.20	113.25	20.01	2.85 ^d	1.00 ^d
T3: 10% Sucrose	369.70	109.22	20.00	6.75 ^{bcd}	1.43 ^c
T4: 50 ppm MJ	370.85	112.02	20.10	7.88 ^{bc}	1.77 ^{bc}
T5:50 ppm MJ + 10% Sucrose	366.70	111.40	20.11	9.65 ^b	1.96 ^{ab}
T6:50 ppm BA	371.10	111.48	20.03	4.40 ^{cd}	1.38 ^{cd}
T7:50 ppm BA + 10% Sucrose	368.50	108.49	19.90	5.80 ^{bcd}	1.54 ^c
<i>F</i> -test ²	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	**	**
% CV	6.27	8.21	5.45	43.32	16.69

¹ Means followed by different letters within the same column are significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

²** = significantly different at $P \leq 0.01$, *ns* = non-significantly different at $P > 0.05$

Table 3 Blush (% of the total fruit surface) and total anthocyanin (TAn [mg/100 g FW]) of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' under different treatments during preharvest period, harvested from the site #1 and #2 orchard in the 2014 production season.

Preharvest Treatment	Blush ¹ (%)		t-test ²	TAn ¹ (mg/100 g FW)		t-test ²
	Site #1	Site #2		Site #1	Site #2	
T1:Outer control	16.98 ^a	17.63 ^a	*	2.18 ^a	2.37 ^a	*
T2:Inner control	2.85 ^d	3.20 ^d	*	1.00 ^d	1.17 ^d	<i>ns</i>
T3: 10% Sucrose	6.75 ^{cd}	6.90 ^{bcd}	**	1.43 ^c	1.53 ^{cd}	*
T4: 50 ppm MJ	7.88 ^{bc}	8.90 ^{bc}	*	1.77 ^{bc}	1.81 ^{bc}	**
T5:50 ppm MJ + 10% Sucrose	9.65 ^b	10.60 ^b	*	1.96 ^{ab}	2.08 ^{ab}	*
T6:50 ppm BA	4.40 ^{cd}	5.28 ^{cd}	<i>ns</i>	1.38 ^{cd}	1.45 ^{cd}	*
T7:50 ppm BA + 10% Sucrose	5.80 ^{cd}	6.75 ^{bcd}	*	1.54 ^c	1.63 ^c	*
<i>F</i> -test ³	**	**		**	**	
% CV	43.32	31.37		16.69	14.09	

¹ Means followed by different letters within the same column are significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

²** = significantly different at $P \leq 0.01$, * = significantly different at $P \leq 0.05$, *ns* = non-significantly

³** = significantly different at $P \leq 0.01$ Followed by different letters are lowercase letter

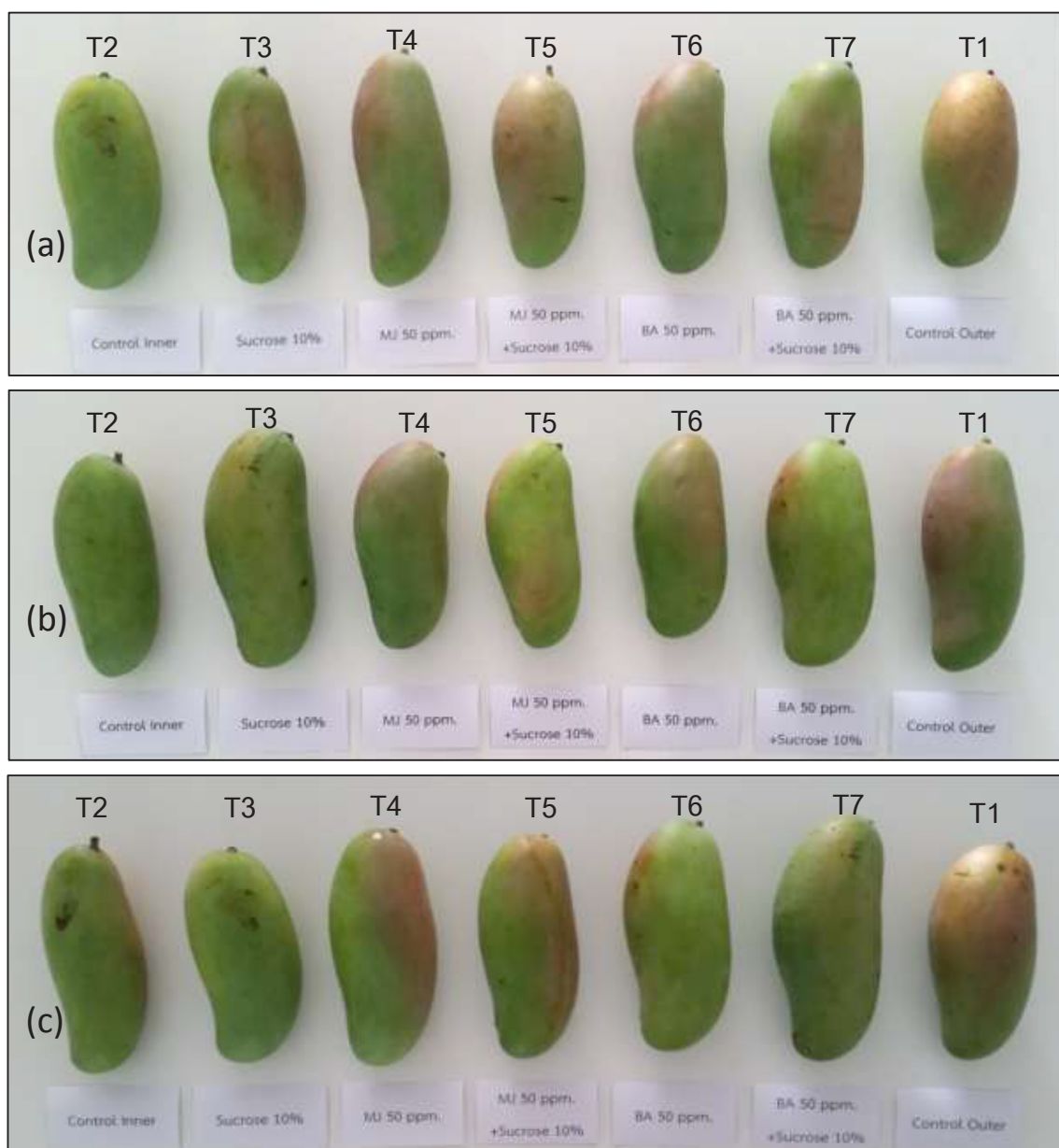


Figure 2 Blush appearance on the peel of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' harvested from the site #1 orchard in the production season of 2013 (a) 2014 (b) and the site #2 orchard in the production season of 2014 (c).

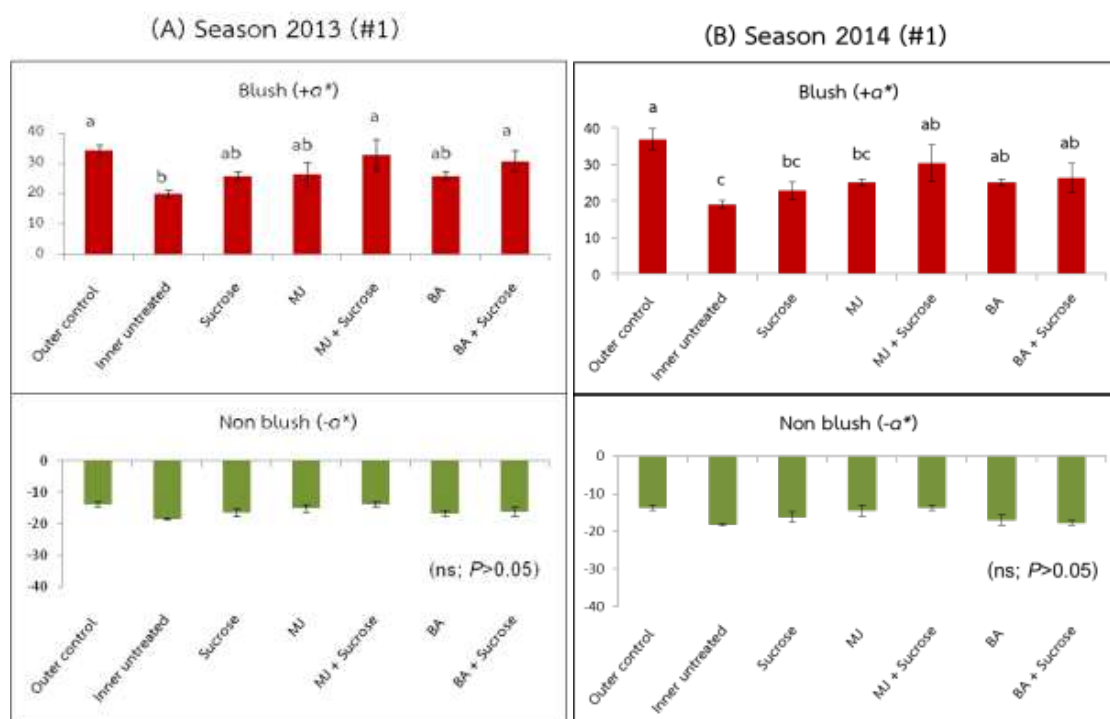


Figure 3 Blush intensity (+a* value) and ground colour (non-blush) of the peel of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' harvested from the site #1 orchard in the production season of 2013 (A) and 2014 (B). Different letter above bars represent significant differences among treatments according to LSD test at $P \leq 0.05$; ns indicated non-significant differences.

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยว

ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีที่เก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ 1 ในฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557 มีน้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ และน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 360.20-378.90 กรัม ความแน่นเนื้อเฉลี่ย 108.49-113.25 นิวตัน และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 18.92-20.79 เปอร์เซ็นต์ (Table 1 และ 2) ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวจากทั้ง 2 ปี มีน้ำหนักเกิน 300 กรัม และเป็นมาตรฐานน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่โรงงานต่าง ๆ ต้องการรับซื้อเพื่อการแปรรูปและส่งออกไปยังต่างประเทศ นอกจากนี้ ผลมะม่วงทุกกรรมวิธีที่เก็บเกี่ยวจากสวนแห่งที่ 1 ในฤดูการผลิตปี 2556 และ 2557 มีคุณภาพทางเคมีของเนื้อผลด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซีในเนื้อผล และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณ TSS 8.00-8.97 °Brix ปริมาณ TA 1.76-1.94 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณวิตามินซีในเนื้อผล 20.45-22.82 mg AAE/100 ml และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผล 478.83-488.94 µg/100 g FW (Table 4) แนวโน้มเช่นเดียวกันนี้พบในผลมะม่วงทุกกรรมวิธีที่เก็บเกี่ยวจากสวนทั้งสองแห่งในฤดูการผลิตปีที่ 2 โดยเนื้อผลมีปริมาณ TSS 8.09-8.85 °Brix ปริมาณ TA 1.81-1.93 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณวิตามินซีในเนื้อผล 20.45-22.81 mg AAE/100 ml และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผล 475.98-500.72 µg/100 g FW (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

Table 4 Total soluble solids ($^{\circ}$ Brix), titratable acidity (% as citric acid), vitamin C (mg AAE/100 ml) and total carotenoid (TCn [μ g/100 g FW]) of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' under different treatments during preharvested period, harvested from the site #1 orchard in the 2013 and 2014 production season.

Preharvest Treatment	TSS ($^{\circ}$ Brix)		TA (%)		Vitamin C (mg AAE/100 ml)		TCn (μ g/100 g FW)	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
T1:Outer control	8.00	8.47	1.81	1.78	22.55	22.82	439.63	487.01
T2:Inner control	8.38	8.55	1.89	1.84	20.45	20.49	498.31	475.04
T3: 10% Sucrose	8.21	8.97	1.81	1.94	22.61	21.00	492.06	478.83
T4: 50 ppm MJ	8.22	8.14	1.78	1.87	22.83	21.78	504.34	504.48
T5:50 ppm MJ + 10% Sucrose	8.76	8.26	1.76	1.83	20.67	22.81	498.36	480.10
T6:50 ppm BA	8.47	8.59	1.77	1.86	22.39	21.00	480.04	488.94
T7:50 ppm BA + 10% Sucrose	8.31	8.84	1.76	1.80	20.92	22.27	478.83	476.69
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% CV	10.73	17.85	9.36	3.91	14.97	14.96	16.59	16.61

ns = non-significantly different at $P>0.05$

สรุปผลการศึกษา

มะม่วงที่ติดผลอยู่ภายนอกทรงพุ่มเกิดแต้มน้ำแดงบนผิวผลมากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลที่อยู่ภายในทรงพุ่มประมาณ 5-6 เท่า ทั้งสองฤดูการผลิต โดยมีความเข้มของแต้มน้ำแดง ($+a^*$) และปริมาณแอนโทไซยานินสะสมที่ผิวผลมากกว่า ผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม 2.2 เท่า ทั้งสองฤดูการผลิต อย่างไรก็ตาม การพ่นสารละลาย MJ สามารถเพิ่มพื้นที่แต้มน้ำแดงบนผิวผลได้ 2.6 และ 2.8 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุม และการพ่นสารละลาย MJ ร่วมกับ Sucrose ทำให้ผิวผลมีพื้นที่สีแดงเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย คือ 3.1 และ 3.4 เท่า ในปี 2556 และ 2557 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การฉีดพ่นสารละลาย BA หรือ Sucrose เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถเพิ่มการเกิดพื้นที่แต้มน้ำแดงบนผิวผล ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ ผลภายในทรงพุ่มชุดควบคุมทั้งสองฤดูการผลิต ผลมะม่วงที่ติดผลทั้งภายนอกและภายในทรงพุ่ม ไม่ว่าจะได้รับสารละลายเคมีจากภายนอกหรือไม่ มีคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อผลที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งสองฤดูการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- จำนง อุทัยบุตร กอบเกียรติ แสงนิล และกานดา หวังชัย. 2551. การปรับปรุงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออก. รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย สำนักคณะกรรมการการงานวิจัยแห่งชาติ.
- ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2556. การตัดแต่งกิ่งช่วยเพิ่มสีผิวผลมะม่วง. จดหมายข่าวสมาคมสวนมะม่วงไทย. 4(8): 5-13.
- ยุทธนา จันทร์ชารา. 2549. ผลของแสง เอทีฟอน และกรดแอบไซซิกต่อปริมาณแอนโทไซยานินและออกทิวดีของพื้ผลละลานั้นไลเอสในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกระหว่างการเจริญเติบโตของผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2557. ผลของการฉีดพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนตและการปลดใบต่อการเกิดสีแดง คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 45: 3/1 (พิเศษ): 201-204.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2561. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศปี 2558. แหล่งที่มา: [http://www.oae.go.th/download/journal/2559/thailandtradedstat2558.pdf]. มกราคม2561.
- อินทนนท์ ชันวิจิตร. 2553. ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อุบล ชินวัง และคณะ. 2554. การพัฒนาสีผิวผลในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวและการใช้ความร้อนเพื่อพัฒนาคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออก.รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.
- อุบล ชินวัง ทินน์ พรหมโชติ สาธิต พสุวิทย์กุล และวนัสสันต์ นันทะบรรณ. 2558. ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนกในการผลิตนอกฤดู. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 33 (1): 72-83.
- Cronje. P. J. R., G. H. Barry, and M. Huysamer. 2011. Fruiting position during development of 'Nules Clementine' mandarin affects the concentration of K, Mg and Ca in the Flavedo. *Scientia Horticulturae*. 130: 829-837.
- Das, P. K., D. H. Shin, S. B. Choi, S. D. Yoo, G. Choi, and Y. I. Park. 2012. Cytokinins enhance sugar-Induced anthocyanin biosynthesis in Arabidopsis. *Journal of Molecules and Cells*. 34: 93-101.
- Honda, C., N. Kotoda, M. Wada, S. Konda, S. Kobayashi, J. Soejima, Z. Zhang, T. Tsuda and T2002. Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. *Plant Physiology and Biochemistry*. 40: 955 – 962.
- Hamadziripi, E. T., 2012. *The effect of canopy position on the fruit quality and consumer preference of apples*. Master Thesis, Faculty of Agriculture (Horticultural Science), Stellenbosch University.
- Jakopic, J., F. Stampar and R. Veberic. 2009. The influence of exposure to light on the phenolic content of 'Fuji' apple. *Scientia Horticulturae*. 123: 234–239.
- Jiang, Y., Y.L. Yung, S.P. Sander and L.D. Travis. 2004. Modeling of atmospheric radiative transfer with polarization and its application to the remote sensing of tropospheric ozone, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*. 84: 169-179.
- Juan J.H., A. Araki and G. Okamoto. 2005. Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). *Postharvest Biology and Technology*. 35: 61–68.
- Liu, Y., F. Che, L. Wang, R. Meng, X. Zhang and Z. Zhao. 2013. Fruit coloration and anthocyanin biosynthesis after bag removal in non-red and red apples (*Malus domestica* Borkh.). *Molecules*. 18: 1549-1563.
- Lueangprasert, K., J. Uthaibutra, and K. Saengnil. 2010. The Effects of sugar application on the concentrations of Anthocyanin and Flavonol of 'Mahajanaka' mango (*Mangifera indica* Linn.Cv. Mahajanaka) fruit. *Chiang Mai Journal of Science*. 37 (2): 355-362.
- Muengkaew, R., P. Chaiprasart and I. Warrington. 2016. Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl Jasmonate. *Scientia Horticulturae*. 198: 70-77.
- Padda, M. S., do Amarante, C. V. T., Garcia, R. M. and Slaughter, D. C. 2011. Methods to analyze physico-chemical changes during mango ripening: A multivariate approach. *Postharvest Biology and Technology*. 62: 267-274.
- Puech, A. A., Rebeiz, C. A. and Crane, J. C. 1976. "Pigment changes associated with application of ethephon (2-Chloroethyl phosphonic acid) to fig (*Ficus carica* L.) fruits", *Plant Physiology*. 57: 504-509.
- Rangana, S. 1977. *Manuals of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. Tata McGraw-Hill Publishing Co Ltd., New Delhi.
- Ranganna, S. 1999. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. Second edition. Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Roy, S. K. 1973. Simple and rapid methods for the estimation of total carotenoids pigments in mango. *The Journal of Food Science and Technology*. 10: 45-46.
- Saengnil, K., K. Lueangprasert and J. Uthaibutra. 2011. Sunlight-stimulated phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity and anthocyanin accumulation in exocarp of 'Mahajanaka' mango. *Maejo International Journal of Science Technology*. 5 (03): 365-373.

-
- Shahak, Y., M. A. Flaishman, E. E. Gussakovsky, Y. E. Giller, K. Ratner, M. Zilberstaine and L. Winer. 2001. Reflective mulches improve the red coloration of Keitt mango fruits. *Alon Hanotea*. 55: 489-494.
- Vandenbussche, F., Y. Habricot, A. S. Condif, R. Maldiney, D. V. D. Straeten and M. Ahmad. 2007. HY5 is a point of convergence between cryptochrome and cytokinin signalling pathways in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*. 49: 428-441.
- Wind, J., S. Smeekeens and J. Hanson. 2010. Sucrose: Metabolite and signaling molecule. *Phytochemistry*. 71: 1610-1614.
- Yamaki, S. 2010. Metabolism and accumulation of sugars translocated to fruit and their regulation. *The Japanese Society for Horticultural Science*. 79 (1): 1-15.
- Zhang, X., L. X. Wang, Y. L. Liu, X. X. Chen, Y. Z. Yang and Z. Y. Zhao. 2011. Differential Gene Expression Analysis of Yunnan Red Pear, *Pyrus pyrifolia*, During Fruit Skin Coloration. *Plant Molecular Biology Reporter*. 29: 305-314.
-

วันรับบทความ (Received date) : 6 ก.พ. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 5 พ.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 8 พ.ย. 61