Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 361-364 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 361-364 (2559)

ผลของ 1-MCP และเฮกซาแนล ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่

Effects of 1-MCP and Hexanal on Storage Life Extension of Fresh Mulberry (*Morus nigra* L.) cv. Chiang Mai Fruit

ปิยะนุช รสเครือ[1] สำราญ สุขใจ[2] แดนชัย แก้วต๊ะ[2] และ ดำรง ภาใจธรรม[3]

Piyanuch Roskhrua[1] ,Samran Sukjai[2] , Daendhai Kaewta[2] and Dumrong Pajaitum[3]

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of prestorage treatments with 1-methylcyclopropene (1-MCP) at a concentration of 1 ppm, hexanal at a concentration of 100 ppm and a combination of 1-MCP and hexanal on storage life extension of fresh ripen stage of mulberry (*Morus nigra* L.) cv. Chiang Mai fruit (100% purple fruit). Fruits were treated at 5±1°C for 24 hr and non-treated fruit was set as control. After treated, all fruits were stored at 5±1°C for 30 days. At 0, 5, 10, 20 and 30 days of storage mulberry fruits were analyzed for physical and chemical properties. The result indicated that a combination of 1-MCP and hexanal treated can prolong storage life of fresh mulberry to 20 days compared to the control (10 days) at 5±1°C. During storage, a mulberry fruit treated with a combination of 1-MCP and hexanal was reduced rate of respiration, peel color change and firmness compared to those obtained from control and 1-MCP or hexanal treated ($p \leq 0.05$). Moreover, a combination of 1-MCP and hexanal treated increased in total soluble solids and total anthocyanin contents whereas a little bit changes of total acidity content, total phenolic compound and free radical scavenging activity of mulberry fruits compared to those obtained from control, 1-MCP treated or hexanal treated fruits.

Keywords: mulberry fruit, 1-methylcyclopropene, hexanal

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ความเข้มข้น 1 ppm, สารเฮกซาแนล ความเข้มข้น 100 ppm และการใช้สารทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ช่วงระยะผลสุก (ผลหม่อนสีม่วงเข้มทั้งผล) รมสารที่อุณหภูมิ 5±1°C นาน 24 ชั่วโมง เก็บรักษาหม่อนผลสดที่ผ่านการรมสารไว้ที่อุณหภูมิ 5±1°C นาน 30 วัน โดยให้ผลหม่อนสดไม่ผ่านการรมสารเป็นชุดควบคุม ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ระยะการเก็บรักษา 0, 5,10, 20 และ 30 วัน ตามลำดับ พบว่าการรมด้วยสาร 1-MCP 1 ppm ร่วมกับสารเฮกซาแนล 100 ppm สามารถยืดอายุการเก็บรักษาหม่อนผลสดนาน 20 วัน ขณะที่หม่อนผลสดที่ไม่ผ่านการรมสารมีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน ที่ 5±1°C โดยระหว่างการเก็บรักษา หม่อนผลสดที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP 1 ppm ร่วมกับสารเฮกซาแนล 100 ppm มีอัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสีผิวและความแน่นเนื้อน้อยกว่าหม่อนผลสดที่ไม่ได้ผ่านการรมสาร และผ่านการรม 1-MCP หรือเฮกซาแนลอย่างเดียว ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลหม่อนสดที่ไม่ผ่านการรมสาร และผ่านการรม 1-MCP หรือเฮกซาแนลอย่างเดียว

คำสำคัญ: หม่อนผลสด, 1-methylcyclopropene, เฮกซาแนล

คำนำ

หม่อนผลพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus nigra* L. cv. Chiang Mai) จัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนการสูงอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีวิตามิน เอ บี6 ซี กรดโพลิก แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม สังกะสี และสารแอนโทรไซยานิน ไฟโตสเตอรอล โพลีฟีนอล และสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์อยู่ค่อนข้างสูง จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคโดยทั่วไปแหล่งปลูกหม่อนผล

[1] สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 55000

[1] Department of Agro-industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 55000

[2] ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ น่าน 55000

[2] The Queen Sirikit Sericulture Center, Nan 55000

[3] สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริภูพยัคฆ์ น่าน 55130

[3] Station of Agricultural Development at the Royal Phu-Phayuk, Nan 55130

สดส่วนใหญ่อยู่ห่างไกลจากตลาดทำให้เกิดการสูญเสียระหว่างการขนส่งเนื่องจากผลหม่อนมีผิวบาง เสียหายง่ายเกิดการหมักและมีกลิ่นผิดปกติได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบปัญหาการเสื่อมตามอายุของผลหม่อนสดซึ่งเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การหายใจ การผลิตเอทิลีน และการคายน้ำ รวมทั้งพบการเข้าทำลายของเชื้อรา ส่งผลให้ผลหม่อนมีการเสื่อมสลายเร็วโดยมีอายุการเก็บรักษาจึงสั้นเพียง 5-7 วัน ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 5±1°C โดยสารที่มีบทบาทต่อการกระตุ้นให้เกิดการสุก การหายใจ การสลายของคลอโรฟิลล์ และการเสื่อมสภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว คือ สารเอทิลีน ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่ง (Saltveit, 1999) ดังนั้นการยับยั้งการสร้างสารเอทิลลีนจะช่วยให้พืชผลการเกษตรมีการเสื่อมสลายช้าลง โดยมีการนำสาร 1-MCP ซึ่งเป็นสารเคมีที่สามารถยับยั้งการหายใจที่เกิดจากการชักนำโดยเอทิลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tian *et al.,* 2000) นอกจากนี้สารเฮกซาแนลมีความสามารถยับยั้งการเจริญของ *Penicillium expansum* และ *Botrytis cinerea* และช่วยลดการเจริญของยีสต์ ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Thawong *et al*., 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการรมสาร 1-MCP, สารเฮกซาแนล และการใช้สารทั้ง 2 ชนิดร่วมกันต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของสาร 1-MCPและ เฮกซาแนล ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่

นำตัวอย่างผลหม่อนสดพันธุ์เชียงใหม่ ปลูกที่สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริ ภูพยัคฆ์ อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.น่าน ที่ระยะผลสุก (ผลหม่อนมีสีม่วงเข้มทั้งผล) มาศึกษาสภาวะการเก็บรักษาโดยการรมด้วยสารละลาย 1-MCP ที่เข้มข้น 1.0 และ 1.5 ppm และสารละลายเฮกซาแนล เข้มข้น 100 และ 150 ppm ดังนี้ วิธีที่ 1 สูตรควบคุม ไม่ใช้สารรม, วิธีที่ 2 รมสาร 1-MCP เข้มข้น 1 ppm, วิธีที่ 3 รมสาร 1-MCP เข้มข้น 1.5 ppm, วิธีที่ 4 รมสารเฮกซาแนล เข้มข้น 100 ppm, วิธีที่ 5 รมสารเฮกซาแนล เข้มข้น 150 ppm, วิธีที่ 6 รมสาร 1-MCP เข้มข้น 1 ppm ร่วม กับ สารเฮกซาแนล เข้มข้น 100 ppm, วิธีที่ 7 รมสาร 1-MCP เข้มข้น 1 ppm ร่วม กับ สารเฮกซาแนล เข้มข้น 150 ppm, วิธีที่ 8 รมสาร 1-MCP เข้มข้น 1.5 ppm ร่วม กับ สารเฮกซาแนล เข้มข้น 100 ppm และ วิธีที่ 9 รมสาร 1-MCP เข้มข้น 1.5 ppm ร่วม กับ สารเฮกซาแนล เข้มข้น 150 ppm เตรียมตัวอย่าง โดยนำผลหม่อนสดบรรจุในถุง polyethylene ถุงละ 1 กิโลกรัม ภายในถุงมีสารละลายที่ทำการทดลองแต่ละสิ่งทดลองในบิกเกอร์ ตัวอย่างละ 50 มิลลิลิตร ปิดถุงให้สนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5±1°C นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผลหม่อนบรรจุลงถาดโฟม น้ำหนักถาดละ 200 กรัม หุ้มด้วยฟิล์มหดโพลีไวนิลคลอไรด์ให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1°C นาน 30 วัน โดยมีผลหม่อนที่ไม่ผ่านการรมสารเป็นตัวอย่างควบคุม ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ระยะการเก็บรักษา 0, 5, 10, 20 และ 30 วัน ดังนี้ วัดอัตราการหายใจ, วัดการเปลี่ยนแปลงสีผิวโดยใช้เครื่องวัดสี color meter (รุ่น CR-10, Minolta Co. Ltd., Japan) รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) วัดความแน่นเนื้อ (แรงตัดให้ขาด) ด้วย Texture analyzer ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วย hand refractometer ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ด้วยวิธีไทเทรตกับด่วยสารละลายด่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีของ Goffman and Berman (2004) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ตามวิธีของ Giusti and Wrolstad (2005) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ตามวิธีของ Brand-William *et al*. (1995)

ผล

การรม 1-MCP และเฮกซาแนล มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลหม่อนหลังการเก็บเกี่ยว โดยอัตราการหายใจของผลหม่อนที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP อย่างเดียวหรือ 1-MCP ร่วมกับเฮกซาแนล มีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุมหรือเฮกซาแนลอย่างเดียว (Figure 1A) ในส่วนความแน่นเนื้อของผลหม่อน พบว่า การรมด้วย 1-MCP เข้มข้น 1.0 ppm ร่วมกับเฮกซาแนลเข้มข้น 100 ppm มีความแน่นเนื้อมากที่สุด โดยมีอัตราการลดลงของความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา (Figure 1B) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำของผลหม่อนที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP อย่างเดียวหรือ 1-MCP ร่วมกับเฮกซาแนล มีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 1C) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก พบว่า การรมด้วย 1-MCP เข้มข้น 1.0 ppm ร่วมกับ เฮกซาแนล เข้มข้น 100 ppm สามารถชะลอ การเปลี่ยนสีเปลือก โดยค่า L*, a*, b* ของผลหม่อนมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 1D-F) แนวโน้มค่าความสว่าง และความเป็นสีแดงลดลง แต่ค่าความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา (Figure 1G) นอกจากนี้ผลหม่อนที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP อย่างเดียวหรือ 1-MCP ร่วมกับเฮกซาแนล มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น (Figure 1H) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีน้ำเงินที่เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของผลหม่อนที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP อย่างเดียวหรือ 1-MCP ร่วมกับเฮกซาแนล มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลหม่อนที่ไม่ผ่านการรมสาร และผ่าน

การรม 1-MCP หรือเฮกซาแนลอย่างเดียว (Figure 1I-J) ผลหม่อนที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP เข้มข้น 1.0 ppm ร่วมกับเฮกซาแนล เข้มข้น 100 ppm สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 20 วัน ขณะที่ผลหม่อนที่ไม่ผ่านการรมสารมีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน ที่ 5±1°C เนื่องจากเกิดอาการช้ำของผลและมีการเจริญของเชื้อราบริเวณผิวผล

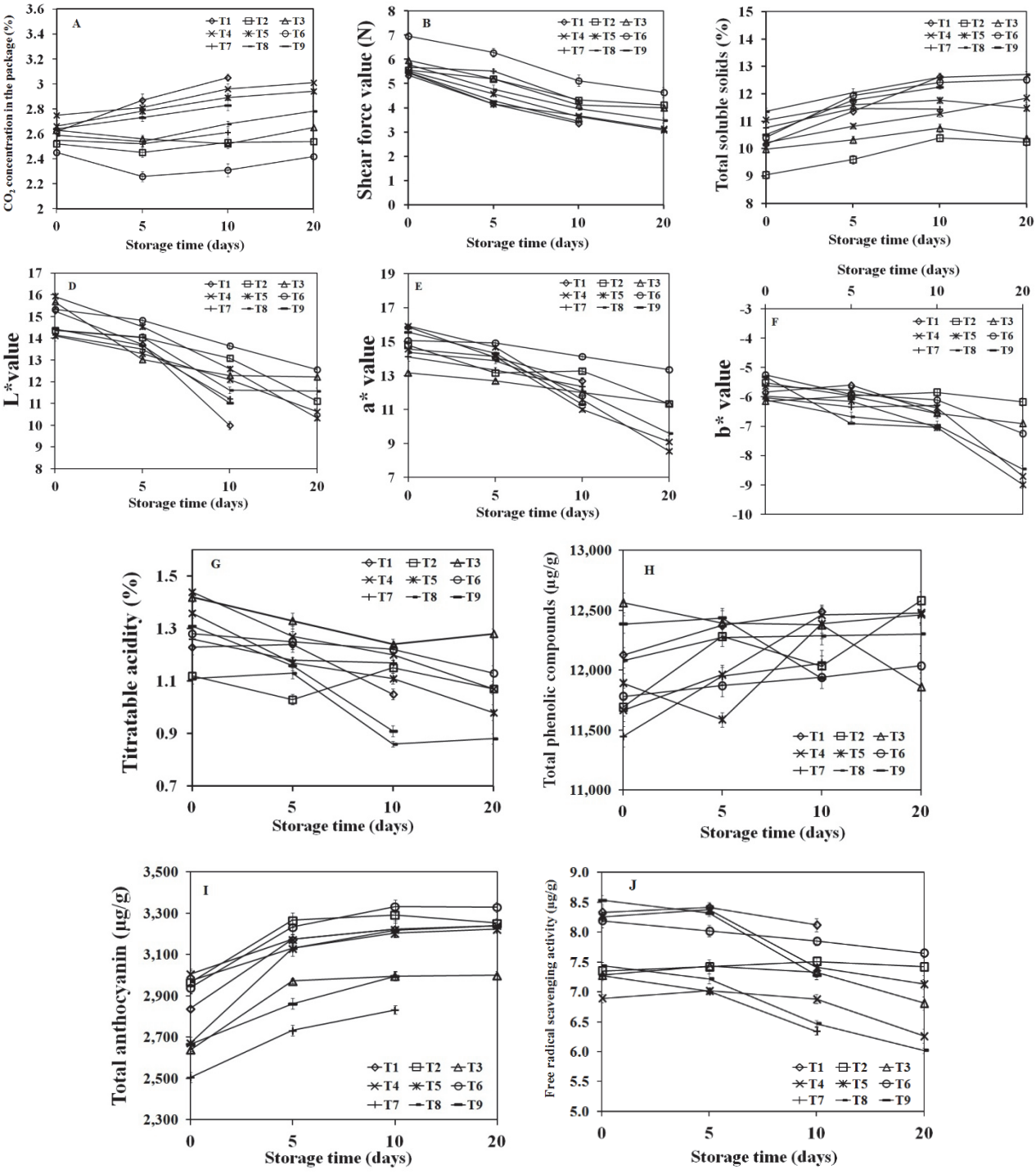

Figure 1 Change of CO_2 concentration in the package (A), shear force value (B), TSS (C), peel color L* value (D), a* value (E), b* value (F), titratable acidity (G), total phenolic compounds (H), total anthocyanin (I) and free radical scavenging (J) of 'Chiang Mai' mulberry fruits in non-treated (T1), 1.0 ppm 1-MCP treated (T2), 1.5 ppm 1-MCP treated (T3), 100 ppm hexanal treated (T4), 150 ppm hexanal treated (T5), 1.0 ppm 1-MCP +100 ppm hexanal treated (T6), 1.0 ppm 1-MCP +150 ppm hexanal treated (T7), 1.5 ppm 1-MCP +100 ppm hexanal treated (T8), 1.5 ppm 1-MCP +150 ppm hexanal treated (T9) for 24 hr during storage at 5±1°C for 20 days.

วิจารณ์ผล

การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลหม่อน มีแนวโน้มลดลงในช่วงอายุการเก็บนาน 5 วัน ที่อุณหภูมิ 5±1°C จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าผลหม่อนมีลักษณะการหายใจแบบ non-climacteric ซึ่งสอดคล้องกับ สมชาย และคณะ (2550) กล่าวว่า ผลหม่อนมีอัตราการหายใจคงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลหม่อนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีแนวโน้มลดลงกว่าผลหม่อนที่ไม่ผ่านการรมสาร ที่อุณหภูมิ 5±1°C แสดงให้เห็นว่า สาร 1-MCP มีประสิทธิภาพ ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสารเอทิลีนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่งที่มีบทบาทต่อการการกระตุ้นให้เกิดการสุกการหายใจการผลิตเอทิลีนการสลายของคลอโรฟิลล์และการเสื่อมสภาพของผลิตผลหลายชนิดหลังการเก็บเกี่ยว (Saltveit, 1999) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง ค่าสีของผลหม่อนเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินหรือสีม่วง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเพิ่มขึ้นของสารแอนโทไซยานิน (สมชาย และคณะ, 2550; มนต์วดี และศศิธร, 2553)

นอกจากนี้การเสื่อมเสียของผลไม้สดไม่เพียงแต่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเท่านั้น ยังพบว่ามีการเจริญของเชื้อราที่บริเวณผิวของผลไม้ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสลายเร็วขึ้น ดังนั้นการรมด้วยสาร 1-MCP ร่วมกับสารเฮกซาแนล สามารถช่วยให้หม่อนผลสดมีอายุการเก็บรักษานานกว่าการรมด้วย 1-MCP เพียงอย่างเดียว โดยที่ Thawong *et al*. (2010) รายงานว่าสารเฮกซาแนลมีความสามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของรา *Penicillium expansum* และ *Botrytis cinerea* แบคทีเรียที่เจริญที่อุณหภูมิปานกลางและเย็น และช่วยลดการเจริญของยีสต์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย นอกจากนี้ Fan *et al*. (2006) กล่าวว่าการใช้สารเฮกซาแนล ซึ่งเป็นสารระเหยธรรมชาติที่เกิดจาก Lipoxygenase pathway สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของเชื้อรา และส่งผลต่อการลดกิจกรรมของเอนไซม์ในวัตถุดิบ ทำให้การสร้างสารประกอบฟีนอลิกลดลง เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น

สรุป

หม่อนผลสดที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP เข้มข้น 1.0 ppm ร่วมกับ เฮกซาแนล เข้มข้น 100 ppm นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 5±1°C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาหม่อนผลสดนาน 20 วัน ขณะที่หม่อนผลสดที่ไม่ผ่านการรมสารมีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน โดยมีอัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสีผิวและความแน่นเนื้อลดลงน้อยที่สุด ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ น่าน กรมหม่อนไหม สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริภูพยัคฆ์ จังหวัดน่าน สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย และ พืชทดลอง และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา น่าน สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

มนต์วดี หุ่นเจริญ และศศิธร ตรงจิตภักดี. 2553. ผลของสายพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตต่อแอนโธไซยานินของผลหม่อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1 พิเศษ): 106-109.

สมชาย จอมดวง, วสันต์ นุ้ยภิรมย์, สมโภชน์ ป้านสุวรรณ์, เสาวนีย์ อภิญญานุวัฒน์ และหทัยกาญจน์ นำภานนท์. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ เชียงใหม่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT 28: 25–30.

Fan, H., J. Song, R.M. Beaudry and P.D. Hildebrand. 2006. Effect of hexanal vapor on spore viability of *Penicillium expansum*, lesion development on whole apples and fruit volatile biosynthesis. Journal of Food Science 71(3): M105-M109.

Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. pp. 19-31. *In*: R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns. (Eds.). Handbook of Food Analytical Chemistry. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

Goffman, F. D. and C.J. Bergman. 2004. Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 1235-1240.

Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 15: 279-292.

Thawong, P., D.D. Archbold, T. Pankasemsuk and R. Kosalanund. 2010. Effect of hexanal vapor on longan fruit decay, quality and phenolic metabolism during cold storage. Food Science Technology 45: 2313-2320.

Tian, M.S., S. Prakash, H.J. Elgar, H. Young, D.M. Burmeister and G.S. Ross. 2000. Responses of strawberry fruit to 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. Plant Growth Regulation 32: 83-90.