ผลของฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ต่อคุณภาพของกล้วยหอมทอง

Effect of 1-MCP Micro Bubbles on Quality of Banana cv.Gros Michel (Hom Thong)

ชัยรัตน์ บูรณะ

Chairat Burana

คณะนวัตกรรมการจัดการเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Faculty of Innovation Agricultural Management Panyapiwat Institute of Management

Received : 2 August 2018

Accepted : 5 November 2018

Published online : 15 November 2018

บทคัดย่อ

1-Methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนโดยสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรได้หลายชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอกระบวนการสุกและรักษาคุณภาพของกล้วยหอมทองด้วยเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโคร (Micro bubbles: MBs) ร่วมกับ 1-MCP ในรูปของฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) ทำการเปรียบเทียบผลของวิธีการรมด้วย 1-MCP 500 ppb และการจุ่มด้วย 1-MCP-MBs ที่ความเข้มข้น 300 และ 500 ppb ตามลำดับ การบ่มด้วยเอทีฟอนความเข้มข้น 500 ppm และมีกล้วยหอมที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ เป็นชุดทดลองควบคุม จากนั้นนำกล้วยหอมทั้งหมดไปเก็บรักษาที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75±5 ในสภาพที่มีแสง ผลการทดลองพบว่า การบ่มกล้วยหอมทองด้วยเอทีฟอนมีผลกระตุ้นอัตราการหายใจโดยมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน โดยมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การบ่มด้วยเอทีฟอนมีผลในการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของกล้วยหอม เร่งการเปลี่ยนสีของเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วิเคราะห์ได้ วิธีการรมกล้วยหอมทองด้วย 1-MCP และการจุ่มด้วย 1-MCP-MBs สามารถชะลอการสุกและรักษาคุณภาพของกล้วยหอมทองได้เมื่อเทียบกับการบ่มด้วยเอทีฟอนและชุดทดลองควบคุม โดยที่ความเข้มข้นของ 1-MCP-MBs 500 และ 300 ppb ให้ผลไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ 1-MCP-MBs ที่ความเข้มข้น 300 ppb เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการรักษาคุณภาพของกล้วยหอมทอง เนื่องจากสามารถปฏิบัติได้ง่ายและใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการรมด้วย 1-MCP ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งในการวางจำหน่ายกล้วยที่ตลาดในประเทศและเพื่อการส่งออกที่มีการขนส่งทางเรือ

คำสำคัญ : กล้วยหอมทอง, คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว, การบ่ม, ฟองก๊าซ 1-MCP

***Corresponding author. E-mail** : chairat.burana@gmail.com

Abstract

1-Methylcyclopropene (1-MCP), an inhibitor of ethylene action, is known to delay senescence in several plant species. The objective of this study was to delay the ripening process and maintain the quality of banana cv. Gros Michel by using micro bubbles (MBs) with 1-MCP in the form of 1-MCP-MBs. Bananas were fumigated with 500 ppb of 1-MCP for 12 h. and then dipped in 300 ppb and 500 ppb of 1-MCP-MBs for 15 minutes and in 500 ppm of ethephon solution respectively. Untreated bananas were used for the control treatment. After treatment, all bananas were maintained at 25 ºC and 75±2% Relative Humidity under a lighting condition. Results showed that ethephon treatment enhanced the respiration rate and ethylene production rate. Respiration rate and ethylene production increased and peaked on day 6^{th} and then decreased throughout the storage period. Ripening with ethephon accelerated softening and yellowing in bananas correlated with decreasing of chlorophyll content. The 1-MCP and 1-MCP-MBs treatments delayed the ripening process and maintained the qualities of bananas when compared with ethephon treatment and control groups. However, the result has no difference of 1-MCP-MBs at 300 ppb and 500 ppb. Thus, the 300 ppb of 1-MCP-MBs treatment can be alternative method to maintain the quality of bananas for modern trade and overseas markets.

Keywords : banana, quality, ripening, 1-MCP micro bubbles

บทนำ

กล้วยเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและรับประทานกันมาก เนื่องจากหาง่าย ราคาถูก มีประโยชน์และคุณค่าทางอาหารสูง การปลูกกล้วยลงทุนต่ำกว่าพืชชนิดอื่น ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงมีการปลูกกล้วยมากในพื้นที่มากกว่า 100 ประเทศ พื้นที่การปลูกกล้วยของทั้งโลกมีประมาณ 62.5 ล้านไร่ ในรอบสิบปีที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตและการส่งออกกล้วยเพิ่มมากขึ้น มีผู้บริโภคกล้วยมากถึง 400 ล้านคน ทำให้ผลผลิตกล้วยของโลกในปี พ.ศ. 2555 สูงถึง 105-120 ล้านตัน มีมูลค่าประมาณ 28.2 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ พันธุ์กล้วยที่ผลิตเพื่อการส่งออกส่วนใหญ่เป็นกล้วยหอมคาเวนดิช (Silayoi, 2016) สำหรับประเทศไทยนิยมบริโภคกล้วยหอมทองมากกว่า โดยในแต่ละปีมีแนวโน้มขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นจากปี พ.ศ. 2555 ซึ่งมีพื้นที่ปลูก 31,570 ไร่ พบว่าในปี พ.ศ. 2558 พื้นที่ปลูกเพิ่มเป็น 34,018 ไร่ มีการส่งออกประมาณ 3,300 ตัน คิดเป็นมูลค่า 99.16 ล้านบาท (Kosiyachinda, 2016) ซึ่งประเทศที่นำเข้ากล้วยหอมจากประเทศไทยที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น ปัญหาที่พบในการส่งออกกล้วยไปต่างประเทศ คือ คุณภาพและอายุการเก็บรักษา เนื่องจากกล้วยจัดเป็นผลไม้ประเภท Climacteric fruit ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสุกที่นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากในช่วงระยะการสุกนี้ผลกล้วยจะมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้เกิดการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีและสรีรวิทยาต่างๆ มากมาย ซึ่งจะนำไปสู่การเสื่อมสภาพและเกิดการสูญเสียในที่สุด (Silayoi, 2016) นอกจากนี้การจำหน่ายกล้วยในประเทศไทยปัญหาที่เกิดจากการสุก นับได้ว่ามีความสำคัญต่อการค้าปลีกและค้าส่งเช่นกัน

ดังนั้น การศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพและชะลอการสุกของกล้วยหอม จึงนับว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาในระหว่างการส่งออกและในระหว่างวางจำหน่ายในตลาดค้าปลีกในประเทศและต่างประเทศ จึงจำเป็นอย่างยิ่ง วิธีการชะลอการสุกในผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี การใช้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยชะลอการสุกในผลกล้วยได้ โดยกลไกในการยับยั้งกระบวนสุกโดย 1-MCP นั้นเกี่ยวข้องกับการแย่งจับกับตัวรับเอทิลีนที่ส่งผลให้เกิดการยับยั้งกระบวนการส่งสัญญาณของกลไกที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุก ตลอดจนการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุก (Sisler and Serek, 2003) ซึ่งการใช้ 1-MCP กับผลิตผลทางการเกษตรนั้นต้องทำในสภาวะปิดเพื่อป้องกันการรั่วออกของ 1-MCP โดยจะใช้เวลาในการรมระหว่าง 1-24 ชั่วโมง ดังนั้นการปฏิบัติจริงในอุตสาหกรรมจึงเป็นการเพิ่มต้นทุนจากการสร้างระบบปิดและระบบให้ความเย็น อีกทั้งยังใช้เวลาในการปฏิบัติงานเป็นเวลานานเนื่องจากต้องมีการรอระยะเวลาในการรม แต่อย่างไรก็ตามได้มีรายงานใหม่เกี่ยวกับการพัฒนาการใช้ 1-MCP ในรูปของสารละลายเพื่อใช้ในการแช่หรือฉีดพ่นทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยในสภาวะปกตินั้น 1-MCP ที่อยู่ในสถานะก๊าซจะมีความสามารถในการละลายในตัวกลางที่เป็นของเหลวได้น้อย ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้สาร 1-MCP ในปริมาณมากกว่าปกติ ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโคร (Micro-bubbles, MBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในหลายด้าน โดยคุณสมบัติเด่นของ MBs คือมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว (Lekkham *et al.,* 2018) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยี MBs ร่วมกับ 1-MCP ในรูปของฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) มาใช้ทางด้านหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อชะลอการสุกของกล้วยหอมทอง โดยใช้วิธีการแช่หรือฉีดพ่นแทนการรมซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนในการปฏิบัติจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

กล้วยหอมทอง (*Musa* AAA group) กลุ่มย่อย ‘Gros Michel’ เก็บเกี่ยวที่ระยะทางการค้า (แก่ 70-80 เปอร์เซ็นต์) จากสวนกล้วยจังหวัดปทุมธานี ทำการเก็บเกี่ยวตอนเช้า ชำแหละเป็นหวี ทำความสะอาด บรรจุลงตะกร้า จากนั้นขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียนภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทำการคัดเลือกหวีที่มีความสม่ำเสมอ ปลอดโรคและแมลง ตัดเป็น cluster ละ 4 ผล เพื่อใช้ในงานวิจัย

2. ชุดทดลอง

นำกล้วยหอมทองชุดแรกไปรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb ที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จุ่มด้วย 1-MCP-MBs นาน 5 นาที ที่ความเข้มข้น 300 และ 500 ppb ตามลำดับ และจุ่มด้วยสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 500 ppm นาน 5 นาที เปรียบเทียบกับชุดทดลองควบคุม นำกล้วยหอมทองทั้งหมดมาเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติก คลุมด้วยถุง Polyethylene เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75±5 ทำการทดสอบคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวทุกๆ 2 วัน ได้แก่ อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์บริเวณผิวเปลือก และเนื้อสัมผัส

3. การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

วัดโดยใช้เครื่อง gas chromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-8A โดยนำกล้วยหอมทองมาใส่กล่องพลาสติก ขนาด 20 × 30 × 11 เซนติเมตร กล่องละ 1 ผล โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนใส่กล่อง เก็บไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างก๊าซภายในด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร นำไปวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลีนด้วยเครื่อง gaschromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-8A หลังจากนั้นนำปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเอธิลีนมาคำนวณอัตราการหายใจและการผลิตเอธิลีนตามวิธีการของ Conway and Sams (1987)

3.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์

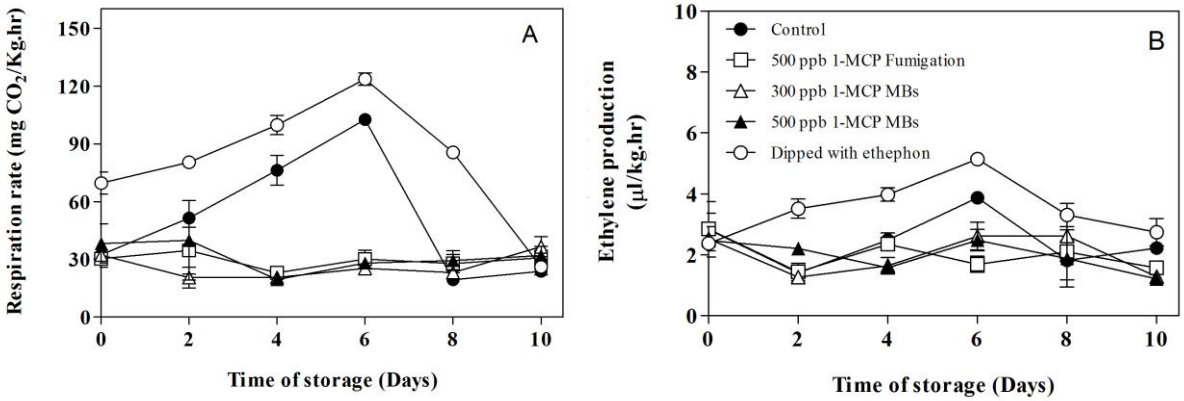
นำเปลือกกล้วยหอมทองมาหั่นละเอียดปริมาณ 0.5 กรัม เติม N,N-dimethylformamide ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปตั้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณคลอโรฟิลล์ตามสูตรของ Yamauchi and Watada (1991)

3.3 เนื้อสัมผัส

นำกล้วยหอมทองที่ใช้ในการทดลองมาทำการปอกเปลือกออก ทำการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT Plus Texture Analyzer, UK) ใช้หัวกดทรงกระบอก (cylindrical probe) P/5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กดลงไปในเนื้อกล้วยที่ได้ปอกเปลือกแล้ว เป็น ระยะทาง 10 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งค่าที่ทดสอบ ได้แก่ ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

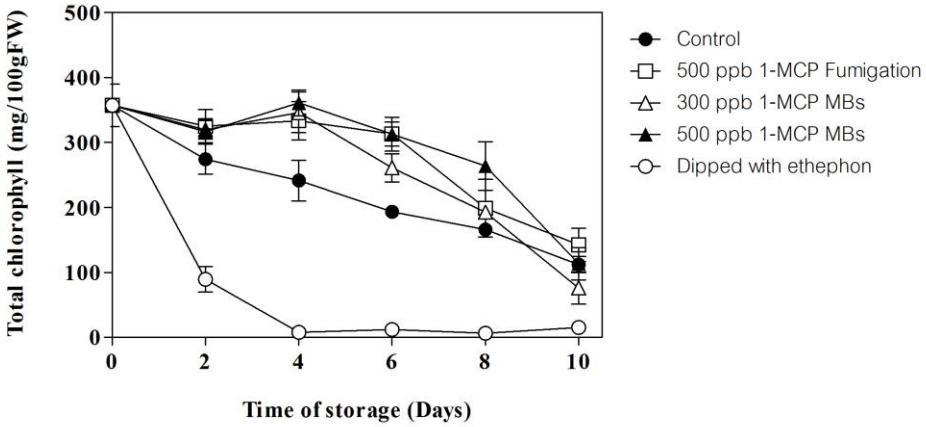
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองในภาพที่ 1 พบว่ากล้วยหอมทองที่จุ่มด้วยสารละลายเอทีฟ่อนมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาและสูงสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 123.55 mgCO_2/kg·hr จากนั้นมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา กล้วยหอมในชุดควบคุมมีอัตราการหายใจเช่นเดียวกับการจุ่มด้วยสารละลายเอทีฟ่อนแต่มีค่าน้อยกว่าโดยค่าสูงสุดในวันที่ 6 อยู่ที่ 102.61 mgCO_2/kg·hr ส่วนกล้วยหอมทองที่รมด้วย 1-MCP และจุ่มด้วย 1-MCP-MBs มีอัตราการหายใจน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อัตราการผลิตเอทิลีนก็เช่นเดียวกัน สารละลายเอทีฟ่อนกระตุ้นการผลิตเอทิลีนสูงสุด (5.14 ml/kg·hr)ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา รองลงมาคือชุดทดลองควบคุม (3.86 ml/kg·hr) ในขณะที่การรมด้วย 1-MCP และจุ่มด้วย 1-MCP-MBs สามารถลดการผลิตเอทิลีนในกล้วยหอมทองได้ โดย 1-MCP สามารถรักษาคุณภาพของผลผลิตโดยยับยั้งการทำงานของเอทิลีนทำให้สามารถรักษาคุณภาพของผลผลิตได้หลายชนิด (Watkins, 2006) เช่น มังคุด (Piriyaninit *et al*., 2011) ผักชี (Kowitcharoen *et al*., 2008) มะเขือเทศและอะโวคาโด (Huber *et al*., 2003)



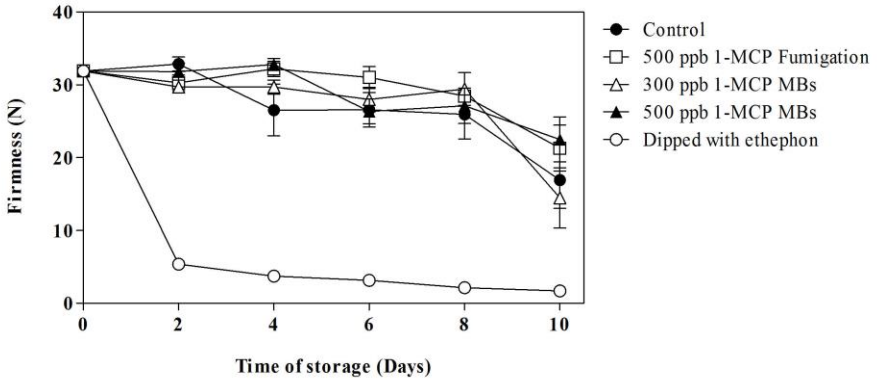
ภาพที่ 1 อัตราการหายใจ (A) และอัตราการผลิตเอทิลีน (B) ของกล้วยหอมทอง ในระหว่างการเก็บรักษา อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75±5

ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลือกกล้วยหอมทองเริ่มต้น 356 mg/100gFW จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะการเก็บรักษา จากภาพที่ 2 พบว่าสารละลายเอทีฟอนกระตุ้นการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมอย่างรวดเร็วใน 4 วันแรกของการเก็บรักษา การรมกล้วยหอมทองด้วย 1-MCP และจุ่มด้วย 1-MCP-MBs สามารถชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมได้ เอทีฟอนเร่งอัตราการผลิตเอทิลีน จากนั้นเอทิลีนกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ได้แก่ Chlorophyllase Mg-dechelatase และ chlorophyll degrading peroxidase (Keishi *et al*., 1978)



ภาพที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์บริเวณเปลือกกล้วยหอมทองในระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75±5

ค่าความแน่นเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของกล้วยหอมทองลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการจุ่มกล้วยหอมทองด้วยสารละลายเอทีฟ่อน มีผลในการกระตุ้นให้เกิดการอ่อนนุ่มอย่างรวดเร็ว โดยสังเกตุได้จากค่า Firmness ที่ลดลงมากกว่าชุดทดลองอื่นอย่างชัดเจนในภาพที่ 3 เนื่องจากเอทิลีนกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายตัวของผนังเซลล์ (Kader A.A., 1985) ทำให้กล้วยหอมทองที่จุ่มด้วยสารละลายเอทีฟ่อนมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเร็วกว่าชุดทดลองควบคุม การรมด้วย 1-MCP และจุ่มด้วย 1-MCP-MBs ซึ่งทั้งสามวิธีนี้มีค่าความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 3 ความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองในระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75±5

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบการใช้ 1-MCP-MBs สามารถชะลอการสุกและรักษาคุณภาพของกล้วยหอมทองได้ โดยความเข้มข้น 300 ppb และ 500 ppb ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นวิธีการจุ่มกล้วยหอมทองใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 300 ppb จึงเป็นอีกทางเลือกที่ใช้ในการรักษาคุณภาพกล้วยหอมทอง โดยเฉพาะในกรณีการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ นอกจากนี้วิธีการจุ่มกล้วยหอมทองใน 1-MCP-MBs ยังสามารถปฏิบัติได้ง่ายกว่าการรมด้วย 1-MCP จึงทำให้ประหยัดแรงงานและลดขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ประจำปีการศึกษา 2559 ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Conway, W.S. & Sams, C.E. (1987). The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *112* (3), 300-303.

Huber, D., Jeong, J. Ritenour, M. (2003). Use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato and avocado fruits: potential for enhanced shelf life and quality retention. *Institute of food and Agriculture Science*, University of Florida, USA.

Kader, A. A. (1985). Ethylene-induce senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortSci*ence, *20* (1), 54-57.

Kosiyachinda, S. (2016). Banana not easy. *Kehakaset Magazine*, *40*(5), pp. 60-79

Kowitcharoen, L., Srilaong, V. & Kanlayanarat, S. (2008). Effect of 1-Methylcyclopropene on Chlorophyll degradation in Coriander (*Coriandrum sativum*). *Agricultural Science Journal*, 39 (3) (Suppl.), 199-202. (in Thai)

Lekkham, P., Srilaong, V., Jitareerat, P., Boonyarit-Thongchai, P. & Pongprasert, N. (2018). Application of Micro-bubbles Technology on Quality of Fresh Cut Cos Lettuce. *Agricultural Science Journal*, *49*(2)(Suppl.), 105-108. (in Thai)

Piriyaninit, P., Ketsa, S. & van Doorn W.G.. (2011). 1-MCP extends the storage and shelf life of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Postharvest Biology and Technology*, *61*, 15-20.

Shimokawa, K., Shimada, S. & Yaeo, K. (1978). Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. *Scientia Horticulturae*, *8* (2), 129-135.

Silayoi,B. (2016). *Banana*. (512 page). Bangkok, Kasetsart University. (in Thai)

Sisler, E.C. & Serek, M. (2003). Compounds interacting with the ethylene receptor. *Bot. Bull. Academia Sinica*, *40*, 1-7.

Watkins, C.B. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*, *24*, 389-409.

Yamauchi, N., & Watada, A.E. (1991). Regulate chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *116*, 58-62.