Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 201–204 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 201-204 (2560)

ผลการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ของกล้วยไข่

Effect of 1-Methylcyclopropene Microbubbles on Chlorophyll Degradation in 'Khai' Banana

เปมิกา พรหมแก้ว[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2] และวาริช ศรีละออง[1,2]

Paemika Promkaew[1], Nutthachai Pongprasert[1,2], Apiradee Uthairatanakij[1,2], Chalermchai Wongs-Aree[1,2] and Varit Srilaong[1,2]

Abstract

Banana (*Musa* AA group) is ripe and senescence rapidly after harvest. This study aimed to investigate the effects of 1-MCP microbubbles (1-MCP-MBs) on delaying chlorophyll degradation in 'Khai' bananas. 'Khai' bananas were dipped into 950 ppb of 1-MCP- MBs for 15 minutes then stored at 25 ˚C for 12 days. The control fruits were dipped into tap water for 15 minutes. The results showed that banana fruit treated with 950 ppb 1-MCP-MBs had lower activity of chlorophyllase, Mg-dechelating substance, pheophytinase and chlorophyll degrading peroxidase than the control treatment during storage. The lower activity of chlorophyll degrading enzymes resulted in high amount of total chlorophyll content in the peel of banana from day 6 to the end of storage. These results indicate that 1-MCP-MBs technology is effective to delay the ripening and chlorophyll degradation in 'Khai' bananas. 1-MCP-MBs can be used as an alternative method to maintain the postharvest quality of 'Khai' banana fruit.

Keywords: Banana, 1-MCP-MBs, Chlorophyll, Chlorophyll degrading enzymes

บทคัดย่อ

กล้วยไข่ (*Musa* AA group) มีการพัฒนาสู่การสุกและเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกล้วยไข่ โดยการจุ่มผลกล้วยใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb เป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ºC เป็นเวลา 12 วัน โดยชุดควบคุมคือกล้วยไข่ที่จุ่มในน้ำธรรมดาเป็นเวลา 15 นาที ผลการศึกษาพบว่ากล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เอนไซม์ Mg-dechelating substance เอนไซม์ pheophytinase และเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้กล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเปลือกมากกว่าชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 6 ถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP-MBs สามารถชะลอการสุกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวได้ ดังนั้นจึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกในการนำมาช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่

คำสำคัญ: กล้วย 1-MCP-MBs คลอโรฟิลล์ เอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

คำนำ

กล้วยไข่ (*Musa* AA group) เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการส่งออก อย่างไรก็ตามกล้วยไข่เป็นผลไม้ที่มีการสุกอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว โดยเอทิลีนมีบทบาทที่สำคัญในการเร่งกระบวนการสุกของกล้วย ซึ่งการสุกของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวเป็นข้อจำกัดในการผลิตกล้วยไข่เพื่อการส่งออก สำหรับวิธีการในการยับยั้งการสุกของกล้วยไข่ที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่การใช้สาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่ง เป็นสารประกอบในกลุ่ม cyclopropene ที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (Serek *et al*., 1994) โดยเข้าจับกับตัวรับของเอทิลีนซึ่งจะขัดขวางการทำงานของเอทิลีนที่มีผลต่อการกระตุ้นเอนไซม์ในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และกระตุ้นการสุก (Huber, 2008) ที่ผ่านมีการใช้ 1-MCP กันอย่างแพร่หลายกับผลผลิตทางการเกษตร ในรูปแบบของการรมที่ความเข้มข้นและเวลาที่ต่างกันในผลิตผลหลาย

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

ชนิด แต่อย่างไรก็ตามวิธีการรมด้วย 1-MCP ใช้ระยะเวลาในการรมนานถึง 6-24 ชั่วโมง ในระบบปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึม (Huber, 2008) ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโคร (Microbubble, MBs) คือฟองก๊าซที่มีขนาด 50 -200 ไมโครเมตร โดยมีคุณสมบัติเด่นคือมีพื้นที่ผิวจำนวนมาก คงตัวอยู่ในน้ำได้นานและมีประสิทธิภาพในการละลายก๊าซในน้ำได้ดี (Eriksson and Ljunggren, 1999) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดในการละลายก๊าซ 1-MCP ในน้ำที่มีฟองก๊าซขนาดไมโคร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสัมผัสของสารละลาย 1-MCP กับพื้นผิวของผลิตผลซึ่งอาจส่งผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตร จากการศึกษาของ Hanjith *et al*. (2013) พบว่าการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครและนาโนสามารถชะลอการสุกของกล้วยหอม ระหว่างการเก็บรักษาได้ อย่างไรก็ตามยังไม่ได้มีการศึกษาบทบาทของการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อกลไกการสุกและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกในกล้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ฟองก๊าซ1-MCP ขนาดไมโครต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกกล้วยไข่

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมผง 1-MCP (0.19% 1-MCP tablet, BioLene Co., Ltd., China) สำหรับการใช้งานในรูปแบบของฟองก๊าซขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) ความเข้มข้น 950ppb ตามวิธีของ Pongprasert and Srilaong (2014) นำกล้วยไข่ (*Musa* AA group) แต่ละหวีมาทำการตัดแบ่งเป็น 3 ส่วน แล้วนำกล้วยไข่จุ่มลงใน 1-MCP-MBs ที่ระดับความเข้มข้น 950 ppb เป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 12 วัน โดยชุดควบคุมคือกล้วยไข่ที่จุ่มในน้ำธรรมดาเป็นเวลา 15 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 วัน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เอนไซม์ Mg-dechelating substance (Suzuki and Shioi, 2002) เอนไซม์ pheophytinase (Schelbert *et al*., 2009) และเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของเปลือก (Yamauchi and Watada,1991)

ผล

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ของทั้งสองการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและลดลงเมื่อกล้วยเข้าสู่ระยะการสุกโดยในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs 950 ppb มีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมช้ากว่าชุดควบคุม โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดในวันที่ 10 จากนั้นลดลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase ในชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เพิ่มขึ้นเร็วกว่า โดยมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 และลดลงต่ำสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelating substance ในเปลือกกล้วยไข่ ไม่แตกต่างกันทั้งสองชุดการทดลองในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelating substance ของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs 950 ppb มีกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelating substance เพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดควบคุมตลอดระยะการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ากล้วยไข่ในชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelating substance เท่ากับ 0.313 Unit. Mg^{-1} protein ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ กับกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelating substance ของกล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs 950 ppb มีค่าเท่ากับ 0.150 Unit. Mg^{-1} protein กิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase ทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากนั้นจะลดลงเมื่อกล้วยไข่เข้าสู่ระยะการสุก โดยกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyll-degrading peroxidase ของกล้วยไข่ที่จุ่มใน1-MCP-MBs 950 ppb มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าชุดควบคุม โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 8 ในขณะที่กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyll-degrading peroxidase ของกล้วยไข่ในชุดควบคุม มีค่าเพิ่มสูงขึ้นสูงสุดในวันที่ 6 จากนั้นทั้งสองชุดการทดลองมีกิจกรรมลดลง และพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของทั้งสองชุดการทดลองในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา กิจกรรมของเอนไซม์ pheophytinase ในเปลือกกล้วยไข่ของชุดควบคุม มีแนวโน้มที่ค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงหลังของการเก็บรักษา ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ pheophytinase ในกล้วยไข่ที่จุ่มใน1-MCP-MBs 950 ppb ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในระหว่างวันแรกถึงวันที่ 10 แต่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และมีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ pheophytinase เท่ากับ 1.178 Unit. Mg^{-1} protein และ 0.561 Unit. Mg^{-1} protein ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในกล้วยไข่ที่จุ่มด้วย 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb ลดลงช้ากว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกล้วยไข่ในชุดควบคุม และมีความแตกต่างทางสถิติจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 19.373 mg^{-1} 100g FW c และ 30.6215 g^{-1} 100g FW ตามลำดับ

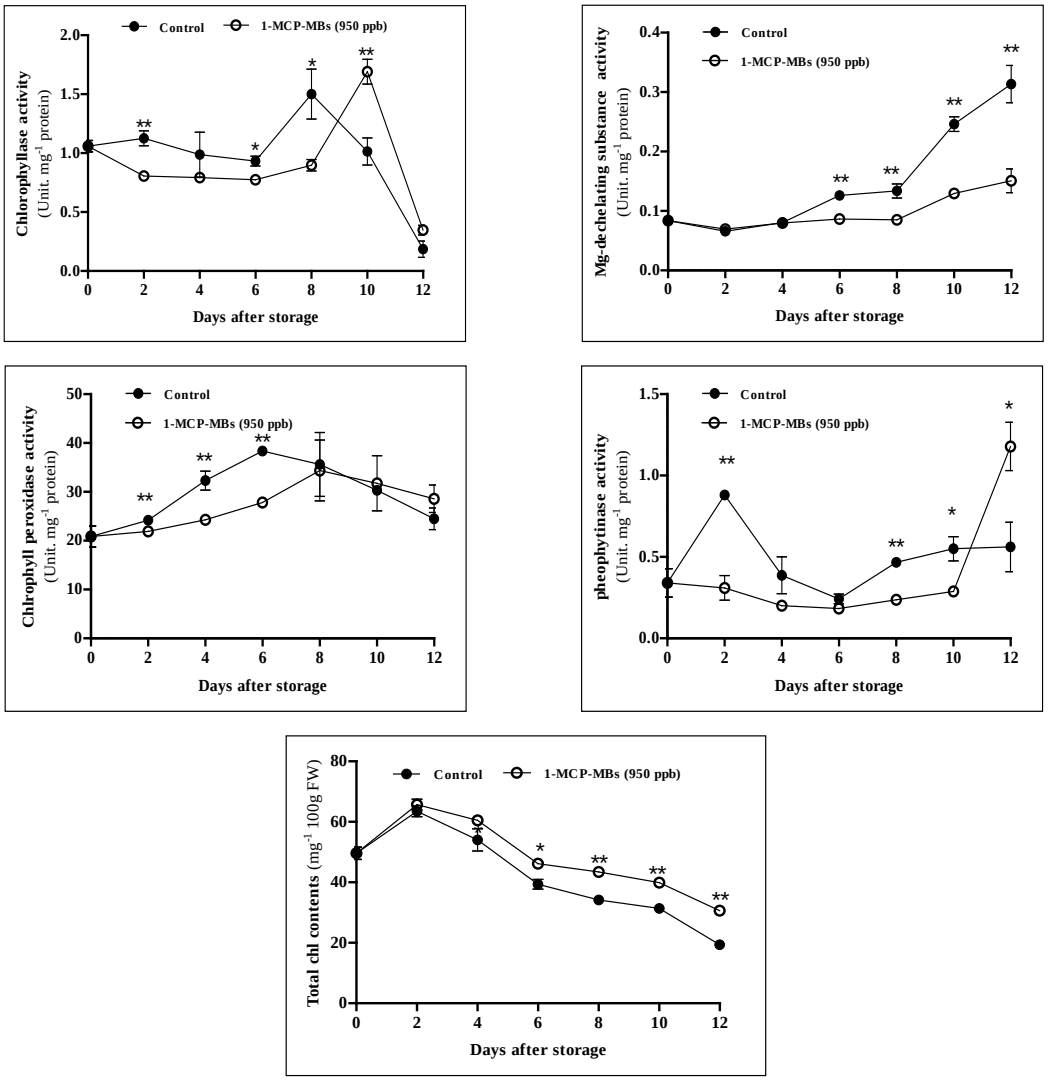

Figure 1 Chlorophyllase activity, Mg-dechelating substance activity, Chlorophyll-degrading peroxidase, pheophytinase activity and total chl contents (mg^{-1} 100g FW) of banana cv. Khai dipped into 950 ppb of 1-MCP- MBs for 15 minutes .The control fruits were dipped into tap water for 15 minutes then stored at 25 ˚C for 12 days.

วิจารณ์

ในผักและผลไม้ทั่วไปรวมถึงกล้วยที่ยังไม่สุกสามารถสังเกตเห็นสีเขียวของคลอโรฟิลล์ได้เด่นชัดในส่วนเปลือกและเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองในระหว่างการสุก ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และในขณะเดียวกันมีการสังเคราะห์คาโรทีนอยด์ กล่าวคือเอทิลีนทำให้เกิดการสลายตัวของ คลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์สารสีอื่นๆในผลไม้ (Tian *et al*., 2000) โดยทั่วไปการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในพืชเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ประกอบด้วยเอนไซม์ Chlorophyllase ที่ทำหน้าที่ย่อยอนุพันธุ์ของคลอโรฟิลล์เอ ไปเป็น chlorophyllide a จากการทดลองพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและลดลงเมื่อกล้วยเข้าสู่ระยะการสุกโดยในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs มีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมช้ากว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับรายงานที่ผ่านมาพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการสูญเสียสีเขียวในผลส้มและใบถั่ว (Amir-Shapira *et a*l., 1987 ; Yamauchi and Watada, 1991) ส่วน Mg-dechelating substance เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สลายอนุพันธุ์ chlorophyllide a ให้เป็น Pheophorbide a ก่อนจะเปลี่ยนเป็นสารไม่มีสี จากการทดลองพบว่าในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelating substance ช้ากว่าชุดควบคุมตลอดระยะการเก็บรักษา เนื่องจาก 1-MCP-MBs สามารถเข้าจับกับตัวรับของเอทิลีน ซึ่งจะขัดขวางการทำงานของเอทิลีน ที่มีผลต่อการกระตุ้นเอนไซม์ในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Yang *et al* (2009) ที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelating substance ในเปลือกกล้วยจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน เอนไซม์ Mg-dechelating substance ยังสามารถย่อยอนุพันธุ์

ของคลอโรฟิลล์ได้อีกด้วย โดยจะย่อยอนุพันธุ์ chlorophylide a ไปเป็น pheophytin a จากนั้นเอนไซม์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการสลายอนุพันธุ์ ได้แก่ chlorophyllase และ pheophytinase จะมาย่อยอนุพันธุ์ให้เปลี่ยนไปเป็น pheophorbide a ซึ่งจากการทดลองเห็นได้ว่า กิจกรรมของเอนไซม์ pheophytinase ในเปลือกกล้วยไข่ ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs เพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมของเอนไซม์ pheophytinase มีการเพิ่มสูงขึ้นช่วงเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ (Aiamla-or *et al*., 2012) ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase ทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากนั้นจะลดลงเมื่อกล้วยไข่เข้าสู่ระยะการสุก โดยในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs มีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase ช้ากว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ Pongprasert and Srilaong (2014) ที่รายงานว่า กิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase ในเปลือกกล้วยหอมจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และลดลงเมื่อผลสุก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์มีอิทธิพลมาจากการผลิตเอทิลีนภายในโดยผ่านตัวกลางในระบบ multi-enzyme โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอทิลีนมีผลต่อการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Barmore,1975) ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า 1-MCP-MBs สามารถลดบทบาทของเอทิลีนและส่งผลให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

สรุป

กล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เอนไซม์ Mg-dechelating substance เอนไซม์ pheophytinase และเอนไซม์ chlorophyll degrading peroxidase ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลให้กล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP-MBs สามารถชะลอการสุกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มจธ. ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำการทดลองจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Aiamla-or, S., N. Tetsuya, M. Shigyo, and N. Yamauchi. 2012. Pheophytinase activity and gene expression of chlorophyll degrading enzymes relationg to UV-B treatment in postharvest broccoli (*Brassica oleracea* L. *Italica* Group) florets. Postharvest Biology and Technology 63:60-66.

Amir-Shapira, D., E.E. Goldschmidt and A. Altman. 1987. Chlorophyll catabolism in senescing plant tissues: In vivo breakdown intermediates suggest different degradative pathways for citrus fruit and parsley leaves. National Academy of Sciences 84:1901-1905.

Barmore, CR. 1975. Effect of ethylene on chlorophyllase activity and chlorophyll content in calamondin rind tissue. Hort Science 10:595-596.

Eriksson, J.C. and S. Ljunggren. 1999. On the mechanically unstable free energy minimum of a gas bubble which is submerged in water and adheres to a hydrophobic wall. Colloid Surf 159:159–163.

Huber, D.J. 2008. Suppression of ethylene responses through application of 1- methylcyclopropene: a powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. Hort Science 43:106-111.

Hanjith, H. 2013. Effect of 1-MCP Microbuble Immersion on antioxidant properties, chemical composition and quality of banana. Postharvest technology Bioresources and technology. King Mongkut's University of Technology. p. 49-50.

Pongprasert, N. and V. Srilaong .2014. A novel technique using 1-MCP microbubbles for delaying postharvest ripening of banana fruit. Postharvest Biology and Technology 95:42–45.

Serek, M., E.C. Sisler and M.S. Reid. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. Horticultural Science 119:1230-1233.

Suzuki, T. and Y. Shioi. 2002. Re-examination of Mg-dechelation reaction in the degradation of chlorophylls using chlorophyllin a as a substrate. Photosynthesis Research 74:217–223.

Schelbert, S., S. Aubry, B. Burla, B. Agne, F. Kessler, K. Krupinska and S. Hörtensteiner. 2009. Pheophytin pheophorbide hydrolase (pheophytinase) is involved in chlorophyll breakdown during leaf senescence in Arabidopsis. Plant Cell 21:767–785.

Tian, M.S., S. Prakash, H.J. Elgar, H. Young, D.M. Burmeister and G.S. Ross. 2000. Response of Strawberry Fruit to 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Ethylene. Plant Growth Regulator 32:83-90.

Yamauchi, N. and A.E. Watada. 1991. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. Horticultural Science 116:58-62.

Yang, X.T., Z.Q. Zhang, D. Joyce, X.M. Huang and X.Q. Pang. 2009. Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. Food Chemistry 114:383–390.