ผลการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่

Effect of 1-Methylcyclopropene Microbubbles on Delaying Senescence in 'Khai' Banana

เปมิกา พรหมแก้ว[1] **ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ**[1] **วาริช ศรีละออง**[1]
Paemika Promkaew[1], Nutthachai Pongprasert[1], Varit Srilaong[1]

Abstract

Banana (*Musa* AA group) is ripe and senescent rapidly after harvest. This study aimed to investigate the effects of 1-MCP micro bubbles (1-MCP-MBs) on delaying senescence in 'Khai' banana. Khai bananas dipped into 250 and 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. Results showed that banana dipped in 950 ppb of 1-MCP-MBs showed the lower respiration rate and ethylene production compared to the control. Moreover, 950 ppb of 1-MCP-MBs delayed the changes of peel color (Hue angle values), total chlorophyll content of peel, total soluble solids of pulp, senescence spot of peel and fluorescent chlorophyll catabolizes (FCCs) of peel during storage. While, 250 ppb of 1-MCP- MBs was not effective and not significantly different compared with the control. These results indicate that 1-MCP-MBs can be used as an alternative method for delaying the ripening and postharvest quality losses of 'Khai' banana fruit.

Keywords: Banana, 1-MCP-MBs, Senescence, Quality

บทคัดย่อ

กล้วยไข่ (*Musa* AA group) มีการพัฒนาสู่การสุกและเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) ต่อการชะลอการสุกและการเสื่อมคุณภาพของกล้วยไข่ในระหว่างการเก็บรักษา นำกล้วยไข่จุ่มลงใน 1-MCP-MBs ที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 950 ppb เป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ºC เป็นเวลา 12 วัน โดยชุดควบคุมคือกล้วยไข่ที่จุ่มในน้ำธรรมดาเป็นเวลา 15 นาที ผลการศึกษาพบว่ากล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb มีอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้การจุ่มกล้วยไข่ใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผล การเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกผล และการเกิด Fluorescent chlorophyll catabolizes (FCCs) บนเปลือกผล ในขณะที่การใช้ 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 250 ppb ให้ผลไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP-MBs สามารถชะลอการสุก และการเสื่อมคุณภาพของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวได้

คำสำคัญ: กล้วย, 1-MCP-MBs, การเสื่อมสภาพ, คุณภาพ

คำนำ

กล้วยไข่ (*Musa* AA group) เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสินค้าเกษตรที่มีศักยภาพในการส่งออก แต่เนื่องจากกล้วยไข่เป็นผลไม้ซึ่งมีระยะเวลาในการสุกอย่างรวดเร็ว เป็นที่ทราบกันดีกว่าเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีความสำคัญในการเร่งกระบวนการสุกของกล้วย ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาในการผลิตกล้วยไข่เพื่อการส่งออก วิธีการในการยับยั้งการสุกของกล้วยไข่ที่นิยมใช้กันได้แก่ การใช้สาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่ามีการใช้สาร 1-MCP ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม cyclopropene มีโครงสร้างเป็น cyclic olefin เพื่อยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (Serek *et al*., 1994) มีการใช้ 1-MCP กันอย่างแพร่หลายในผลผลิตทางการเกษตร โดยส่วนใหญ่มีการใช้ 1-MCP ในรูปแบบของการรม ที่ความเข้มข้น และเวลาที่ต่างกันในผลิตผลหลายชนิด แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการรมด้วย 1-MCP ใช้ระยะเวลาในการรมนานถึง 6-24 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้เวลานาน อีกทั้งยังพบปัญหา การรั่วซึมของ 1-MCP และจะต้องมีการใช้ในระบบปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึม (Huber, 2008)

[1] สายวิชาเทคโนโลยีเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10400
[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10400.

ฟองอากาศขนาดไมโคร (Microbubble, MBs) คือ ฟองก๊าซที่มีขนาด 50 -200 μm มีคุณสมบัติเด่นคือ มีพื้นที่ผิวจำนวนมาก (Large surface area/ Large specific volume) และคงตัวอยู่ในน้ำได้นาน (Long retention time in water) (Eriksson and Ljunggren, 1999) เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ 1-MCP ร่วมกับการ MBs เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้ายับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ดีขึ้น จากการศึกษาของ Pongprasert and Srilaong (2014) ศึกษาการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร และนาโน พบว่าสามารถชะลอการสุกของกล้วยหอม ระหว่างการเก็บรักษาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อการชะลอการสุก และเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ผลิต และผู้ส่งออกกล้วยไข่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมผง 1-MCP (0.19% 1-MCP tablet, BioLene Co., Ltd., China) สำหรับการใช้งานในรูปแบบของฟองก๊าซขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) ตามวิธีของ Pongprasert and Srilaong (2014) โดยนำกล้วยไข่ (*Musa* AA group) มาทำการตัดแบ่งกล้วย 1 หวี เป็น 3 ส่วน นำกล้วยไข่จุ่มลงใน 1-MCP-MBs ที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 950 ppb เป็นเวลา 15 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เป็นเวลา 12 วัน โดยชุดควบคุมคือกล้วยไข่ที่จุ่มในน้ำธรรมดาเป็นเวลา 15 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 วัน เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพดังนี้ อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (Hue angle Value) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผล การประเมินการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกกล้วยไข่ และการเกิด Fluorescent chlorophyll catabolizes (FCCs) บนเปลือกกล้วยไข่

ผล

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการหายใจ (Figure 1A) และการผลิตเอทิลีน (Figure 1B) ในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950 ppb) เพิ่มขึ้นช้ากว่าการทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน ในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950ppb) มีค่าเท่ากับ 2.196 mg CO_2/kg.hr และ 2.461 μl/kg.hr ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3.694 mg CO_2/kg.hr และ 2.627 μl/kg.hr ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยไข่ ค่า Hue ของเปลือกกล้วยไข่ในทุกชุดการทดลองลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีความแตกต่างทางสถิติ โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950 ppb) ลดลงช้าที่สุด รองลงมาคือในทุกชุดการทดลอง1- MCP-MBs (250 ppb) และชุดควบคุมตาม มีค่าเท่ากับ 87.225, 86.097 และ 83.006 ลำดับซึ่งสอดคล้องกับค่าการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Figure 1D) ในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950 ppb) มีค่าลดลงช้าที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (250 ppb) และชุดควบคุม โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 12.436, 12.753 และ 11.944 mg^{-1} 100g FW ตามลำดับ การเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกกล้วยไข่ (Figure 1E) เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาในชุดควบคุม เนื่องจากในชุดควบคุมอยู่ในระยะการสุกสมบูรณ์ และมีการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีเหลืองเร็วที่สุด จากนั้นพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950 ppb) มีคะแนนประเมินการเกิดจุดสีน้ำตาลต่ำที่สุด รองลงมาคือ 1-MCP-MBs (250 ppb) และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 2, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อกล้วยไข่ (Figure 1F) ในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่ในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950 ppb) เพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงมากกว่า 10 ºBrix และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (750 ppb) และชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (250 ppb) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 10 ºBrix การเกิด Fluorescent chlorophyll catabolizes (FCCs) บนเปลือกกล้วยไข่ (Figure 2) ในชุดควบคุม (Figure 2A) มีการเกิดวงแหวนเรืองแสงรอบๆจุดสีน้ำตาลมาก และขนาดใหญ่กว่าในชุดการทดลองที่จุ่มในด้วย 1-MCP-MBs (950 ppb)

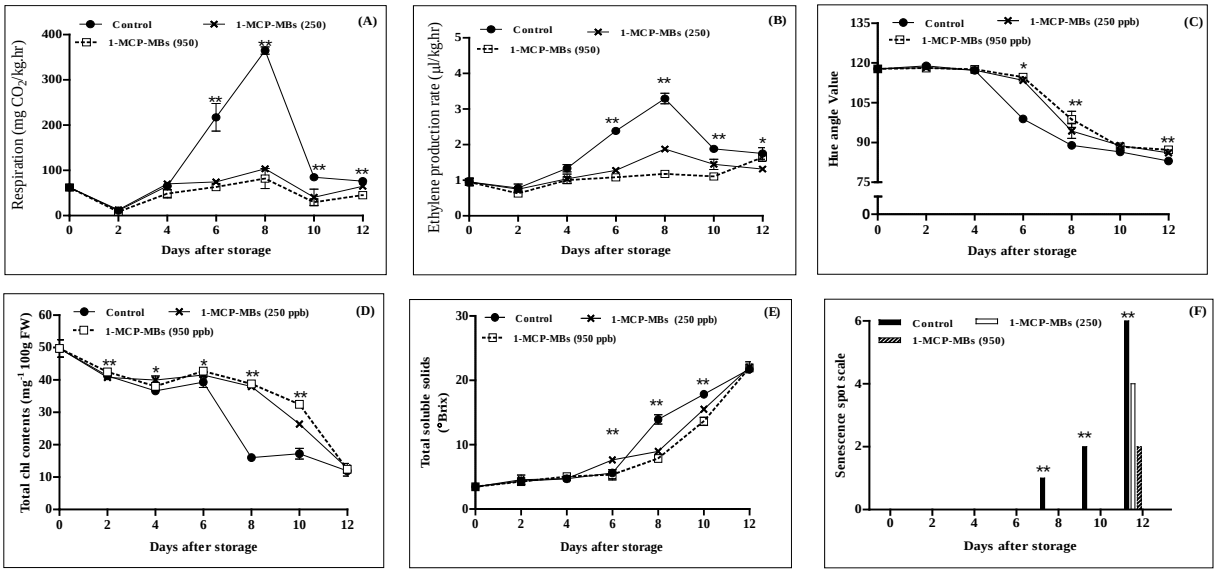

Figure 1 Change in respiration rate (mg CO_2 kg.hr) (A), ethylene production (µL C_2H_4 kg.hr) (B), hue angle value (C), total chl contents (mg^{-1} 100g FW) (D), total soluble solids (°Brix) (E), senescence spot scale (F) of banana cv. Khai dipped into 250 and 950 ppb of 1-MCP- MBs for 15 minutes. The control fruits were dipped into tap water for 15 minutes then stored at 25 ˚C for 12 days.

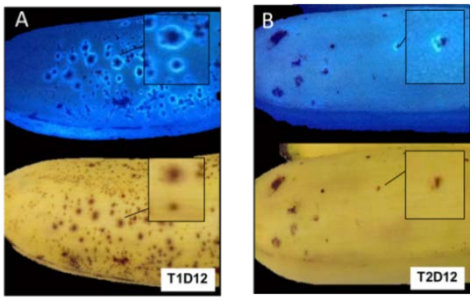

Figure 2 Ripening banana (cv. Khai) exhibit blue luminescence and develop strongly luminescent blue halos around senescence spots. (Fluorescent chlorophyll catabolizes; FCCs) Images of bananas made with digital cameras, using white light (day light) (under) and black light (UV-A) (upper), including magnified sections in the insets. (A) control and (B) 1-MCP-MBs (950 ppb) during ripening at 25°C at 12 days.

วิจารณ์

การสุกของกล้วยภายหลังการเก็บเกี่ยวทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ และทางเคมีหลายอย่าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดคือ การผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ เกิดการเปลี่ยนแปลงสี การสังเคราะห์น้ำตาล และการเกิดจุดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2549) การสุกของผลไม้เกิดขึ้นได้ชัดเจนในผลไม้ประเภท climacteric รวมถึงกล้วยด้วย โดยมีอัตราการหายใจสูงระหว่างพัฒนาการของผลในช่วงก่อนการสุก แล้วจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น ในขณะที่การผลิตเอทิลีนต่ำมาก แต่เมื่อผลเริ่มสุกจะมีการผลิตเอทิลีนเพียงเล็กน้อยก่อนการเพิ่มขึ้นของการหายใจ และการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ เนื่องจากความเข้มข้นของเอทีลีนที่เพิ่มขึ้นภายในผลจะเป็นตัวชักนำให้เกิด climacteric rise ของกระบวนการหายใจ และการหายใจจะเพิ่มขึ้นพร้อมการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อต่าง ๆ จากการทดลอง พบว่ากล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb สามารถลดอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอทิลีนได้ ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเอทิลีนมีผลต่อการกระตุ้นการหายใจในผลไม้หลายชนิด เช่น ในสตรอว์เบอร์รี (Ku *et al*., 1999) และ กล้วย (Golding *et al*., 1998) ยังสอดคล้องกับรายงานของ Fernando (2013) รายงานว่าการใช้ 1-MCP-MBs สามารถชะลอการเพิ่มสูงขึ้นของอัตราการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่าการรมด้วย 1-MCP ในกล้วยหอมทอง อีกทั้ง 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก 1-MCP-MBs สามารถเข้าทำการจับกับตัวรับของเอทิลีน (ethylene recepter) โดยเข้ายับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีน เช่น ACC

Oxidase, ACC synthase เป็นต้น โดยมีผลในการจำกัด และขัดขวางการทำงานของเอทิลีนได้ เนื่องจาก ethylene ทำให้เกิดการสลายตัวของ chlorophyll และการสังเคราะห์สารสีอื่นๆโดยเฉพาะสีเหลืองในผลไม้และใบไม้ โดยปกติแล้วระหว่างการสุกของกล้วย อาหารสะสมในรูปของแป้งจะถูกย่อยสลายไปอยู่ในรูปของน้ำตาลอย่างรวดเร็วหรืออยู่ในรูปของของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากนั้นเมื่อกล้วยไข่อยู่ในระยะการสุกสมบูรณ์และมีการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีเหลือง จะปรากฏการเกิดจุดสีน้ำตาลบนผิวเปลือกซึ่งในชุดควบคุมจะเกิดขึ้นเร็วกว่าชุดการทดลองอื่นโดยในชุดการทดลองที่จุ่มใน 1-MCP-MBs (950 ppb) เพิ่มขึ้นช้าที่สุด เนื่องจาก 1-MCP-MBs สามารชะลอการสุกของกล้วย และเมื่อนำกล้วยไข่ไปส่องภายใต้แสงยูวี เอ พบว่ารอบๆจุดสีน้ำตาลจะพบวงแหวนเรืองแสงบนเปลือกกล้วยไข่ กระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ผลิตผลสดส่วนใหญ่เกิดขึ้นในคลอโรฟิลล์เอ โดยถูกกระตุ้นในการย่อยหรือทำลายโครงสร้างหรือเอนไซม์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องหลายชนิดเพื่อท้ายที่สุดแล้วก็จะเปลี่ยนเป็น สารไม่มีสีที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก แต่อย่างไรก็ตาม Moser *et al*. (2009) พบว่าในเปลือกกล้วยเมื่อสุกจะเกิด วงแหวนเรืองแสงบนเปลือก เรียกว่า Fluorescent chlorophyll catabolizes (FCCs)

สรุป

กล้วยไข่ที่จุ่มใน 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 950 ppb สามารถลดอัตราการหายใจและลดอัตราการผลิตเอทิลีน อีกทั้งยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผล และการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกผล ในขณะที่การใช้ 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 250 ppb ให้ผลไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP-MBs สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำการทดลอง ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย รศ. ดร. วาริช ศรีละออง ดร. ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ ผศ.ดร.อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และผศ. ดร.เฉลิมชัย วงษ์อารี สำหรับคำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนขอขอบคุณนักศึกษาและนักวิจัยทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 396 น.

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. Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 159: 159-163.

Golding, J.B., D. shearer, S.G. Wyllie and W.B. McGlasson. 1998. Applications of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. Postharvest Biology and Technology 14: 87-98.

Fernando, H.R.P. 2013. Effect of 1-MCP microbuble immersion on antioxidant properties, chemical composition and quality of banana. M.S. thesis. School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 118 p.

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. HortScience 43:106-111.

Ku, V.V.V., R.B.H. Wills and S. Ben-Yehosua. 1999. 1-methylcycopopane can differentially after the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. HortScience 34: 119-120.

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. Journal of the American Society for Horticultural Science 119: 1230-1233.

Moser, S., T. Müller, A. Holzinger, C. Lütz, S. Jockusch, N.J. Turro and B. Kräutler. 2009. Fluorescent chlorophyll catabolites in bananas light up blue halos of cell death. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106: 15538–15543.