วารสารราชบัณฑิตยสถาน
ปีที่ ๓๗ ฉบับที่ ๑ ม.ค.-มี.ค. ๒๕๕๕

การใช้ 1-methylcyclopropene กับผลิตผลพืชสวนสดหลังการเก็บเกี่ยว*

สายชล เกตุษา
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสถาน

บทคัดย่อ

ผัก ผลไม้ และไม้ดอกไม้ประดับ มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่เป็นผลิตผลที่เสื่อมสภาพเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้น เอทิลีนที่ผลิตผลสร้างขึ้นเองและที่ได้รับจากภายนอกเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ผลิตผลเหล่านี้มีการเสื่อมสภาพเร็ว การจัดการเอทิลีนหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดการเสื่อมสภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้มาก และทำให้ผลิตผลมีอายุการวางจำหน่ายนานขึ้น สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้สาร 1-MCP กับผัก ผลไม้ และไม้ดอกไม้ประดับหลังการเก็บเกี่ยวอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ ทำให้สามารถรักษาความสด และยืดอายุการวางจำหน่ายของผลิตผลพืชสวนได้หลายชนิด ในประเทศไทยมีการใช้ 1-MCP ในเชิงพาณิชย์กับผลิตผลพืชสวนสดหลายชนิด

คำสำคัญ : **1-MCP, การทำงานของเอทิลีน, การเสื่อมสภาพ, ผลิตผลพืชสวนสด, เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว**

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตผลิตผลพืชสวนเขตร้อนที่สำคัญ ซึ่งมีทั้งผลไม้ ผัก และไม้ดอกไม้ประดับ ผลิตผลพืชสวนเหล่านี้มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและคุณค่าทางโภชนาการสำหรับคนในประเทศ กล่าวคือ เกษตรกรไทยปลูกไม้ผล พืชผัก และพืชสวนประดับ ทั้งเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งออก ทำให้เกษตรกรสามารถทำรายได้จากการขายผลิตผลพืชสวนภายในประเทศ และยังส่งออกไปขายในตลาดต่างประเทศด้วย ซึ่งสามารถทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตาม ผลิตผลพืชสวนเป็นของสด และเน่าเสียง่าย ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น

---

*ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมีทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก เอทิลีนถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผัก ผลไม้ และไม้ดอกไม้ประดับหลังการเก็บเกี่ยว เอทิลีนที่เกิดจากผลิตผลโดยตรง หรือจากภายนอกรอบ ๆ ผลิตผล สามารถทำความเสียหายได้หลายรูปแบบแก่ผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว บทความนี้จะกล่าวถึง การใช้ 1-MCP เพื่อป้องกันความเสียหายของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

บทบาทของเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอน มีสูตรโครงสร้างที่ง่ายและไม่สลับซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับฮอร์โมนพืชชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ออกซิน ไซโตไคนิน กรดจิบเบอเรลลิน และกรดแอบซิซิก เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีสมบัติเป็นแก๊ส ซึ่งบางครั้งมีชื่อเรียกอย่างอื่นว่า “ripening hormone” หรือ “ripening gas” เพราะเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้นการสุกของผลไม้ประเภท climacteric คือ ผลไม้ที่มีการหายใจเพิ่มขึ้นระหว่างการสุก เช่น กล้วย มะม่วง มะละกอ ทุเรียน มังคุด แอปเปิล ท้อ สาลี่ แม้ว่าเอทิลีนไม่ได้เป็นตัวกระตุ้นการสุกในผลไม้ประเภท non-climacteric คือ ผลไม้ที่ไม่มีการหายใจเพิ่มขึ้นระหว่างการสุก เช่น ส้ม มะนาว องุ่น ลิ้นจี่ ลำไย ลองกอง เงาะ สตรอเบอรี่ เชอรี่ แต่ถ้าผลไม้ประเภทนี้ได้รับเอทิลีนจากภายนอก ก็จะสามารถเร่งการเสื่อมสภาพได้เช่นเดียวกัน นอกจากบทบาทของเอทิลีนต่อการสุกของผลไม้แล้ว เอทิลีนที่พืชสร้างขึ้น หรือเอทิลีนที่พืชได้รับจากภายนอก สามารถเร่งการเสื่อมของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวในสภาพต่าง ๆ ได้ ความรุนแรงของผลกระทบจากเอทิลีนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ความเข้มข้นของเอทิลีน อุณหภูมิและระยะเวลาที่ได้รับเอทิลีน

ความเสียหายที่เกิดจากการได้รับเอทิลีนนั้นมีหลายอย่าง เช่น ผลไม้สุกเร็วขึ้น การอ่อนนุ่มของผลไม้ การสูญเสียคลอโรฟิลล์ การหลุดร่วงของส่วนต่าง ๆ ของพืช การเหี่ยวของดอกไม้ การผิดปกติบางอย่างทางด้านสรีระ ผลกระทบจากเอทิลีนดังกล่าวจะทำให้ผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมีการสูญเสียคุณภาพเร็วขึ้นและมีอายุการวางขายหรือการเก็บรักษาสั้นลง

เอทิลีนสร้างจากกรดแอมิโนเมตไทโอนีน โดยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์หลัก ๒ ชนิด คือ 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid synthase (ACS) และ 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid oxidase (ACO) ส่วนต่าง ๆ ของพืชนั้นมีความสามารถในการสร้างเอทิลีนได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสังเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ ACS และ ACO ที่ไม่เท่ากัน การสังเคราะห์เอนไซม์ทั้ง ๒ ชนิดถูกควบคุมด้วยจีน การสังเคราะห์เอทิลีนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งภายนอกและภายใน ปัจจัยภายใน ได้แก่ ความสามารถของพืชในการสังเคราะห์เอนไซม์หลักทั้ง ๒ ชนิดดังกล่าว ชนิดและวัยของพืช ส่วนปัจจัยภายนอกที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และแสง

การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการเอทิลีน

ปัญหาความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเมื่อได้รับเอทิลีน ทำให้นักวิจัยพยายามคิดค้นวิธีการป้องกันความเสียหายของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากเอทิลีน คือ การจัดการเอทิลีนซึ่งสามารถทำได้ ๒ วิธี ได้แก่ ๑) ยับยั้งการสร้างเอทิลีนของพืช ๒) ยับยั้งการทำงานของเอทิลีน หรืออาจทำทั้ง ๒ อย่างพร้อมกันก็ได้ การยับยั้งการสร้างเอทิลีนนั้นสามารถทำได้ ๓ วิธีคือ ๑) วิธีทางเคมี เช่น ใช้สารยับยั้งการสังเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ หรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACS และ ACO สารที่นำมาใช้แล้วได้ผล เช่น aminooxyacetic acid, amonoethoxyvinyl glycine, methoxyvinyl glycine, cobolt และ dinitrophenol 2) วิธีทางกายภาพ คือ การใช้อุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิสูง และ ๓) วิธีทางชีวโมเลกุล โดยการตัดต่อจีนซึ่งทำให้จีนที่ควบคุม ACS และ ACO ไม่แสดงออกหรือไม่ทำงาน หรือการตัดต่อจีนโดยใส่จีน ACC deaminase ที่ทำให้ ACC ที่ถูกสร้างขึ้นนั้นถูกย่อยสลายเป็นสารอื่น โดยไม่มี ACC ที่จะเปลี่ยนไปเป็นเอทิลีน การยับยั้งการทำงานของเอทิลีนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ ๑) การยับยั้งโดยการกำจัดแหล่งที่มาของเอทิลีน ที่สำคัญได้แก่ ผลไม้สุก ผักผลไม้ที่เน่าเสีย ดังนั้น ต้องพยายามกำจัดผลไม้สุกและผักผลไม้ที่เน่าเสียออกจากบริเวณที่มีการเก็บผลิตผลพืชสวนสด ๒) การระบายอากาศ คือ ทำให้มีการถ่ายเทหรือหมุนเวียนของอากาศที่ไม่มีเอทิลีนเข้ามาแทนที่อากาศที่มีเอทิลีน เพื่อให้เอทิลีนที่มีอยู่ในบรรยากาศลดน้อยลงหรือไม่มีเอทิลีน ๓) การใช้สารดูดซับเอทิลีน ประดิษฐ์สารที่มีสมบัติดูดจับเอทิลีนในบรรยากาศ ทำให้เอทิลีนลดน้อยลง คือ การใช้สารเฉื่อยที่มีรูพรุน เช่น ซอล์ก เวอร์มิคูไลต์ หรือปูนขาวผสมเวอร์มิคูไลต์ จุ่มในสารละลายด่างทับทิม หรืออาจใช้ถ่านกัมมันต์ และซิลิกาเจล ๔) วิธีทางเคมี มีการใช้สารเคมีหลายชนิดที่มีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอทิลีน เช่น เอทิลีนออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ 2,5- norbornadiene (NBD) และ silver (Ag) และ ๕) วิธีทางชีวโมเลกุล เนื่องจากการทำงานของเอทิลีนมีจีนที่ควบคุม และจีนที่ควบคุมการทำงานของเอทิลีนมีหลายชุด ได้แก่ ethylene triple response (ETR), ethylene response sensor (ERS) และ ethylene insensitive (EIN) จีนบางกลุ่มเมื่อมีอยู่จะไม่สามารถทำให้เอทิลีนทำงานได้ ขณะเดียวกันถ้าไม่มีจีนบางกลุ่ม เอทิลีนจะไม่สามารถทำงานได้ จากความรู้ทางชีวโมเลกุลจึงนำมาประยุกต์สร้างพันธุ์พืชที่ดัดแปลง (transgenic plant) ของกลุ่มจีนดังกล่าว ทำให้พืชที่สร้างขึ้นใหม่นั้นเมื่อได้รับเอทิลีนจากภายนอกจะไม่ส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหายแก่พืช

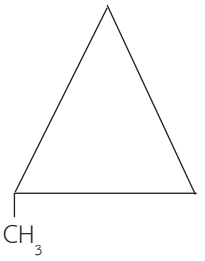
การทำงานของเอทิลีน

เนื่องจากเอทิลีนไม่ได้มีบทบาทเพียงทำให้ผลไม้สุกเท่านั้น แต่เอทิลีนยังมีบทบาทในการพัฒนาของพืชตั้งแต่การงอกของเมล็ดจนกระทั่งพืชตาย โดยที่เอทิลีนอาจเข้าไปเกี่ยวข้องในช่วงใดช่วงหนึ่งของการเจริญเติบโตของพืช พืชแต่ละชนิดอาจมีเอทิลีนเข้าไปเกี่ยวข้องในช่วงของการเจริญเติบโตที่ไม่เหมือนกัน

ในระยะเริ่มต้นของการศึกษาการทำงานของเอทิลีนพบว่า การทำงานของเอทิลีนต้องการออกซิเจนและอาจมีโลหะชนิดหนึ่งที่จำเป็น บริเวณที่เอทิลีนเข้าจับมีสมบัติเป็นโปรตีนด้วย เมื่อความก้าวหน้าด้านชีวโมเลกุลมีมากขึ้นและนำมาใช้ศึกษาการทำงานของเอทิลีน ทำให้ทราบว่าการทำงานของเอทิลีนที่เกี่ยวข้องกับพืชซึ่งมีจีนควบคุมการทำงานของเอทิลีน หรืออีกนัยหนึ่งคือการทำงานของเอทิลีนต้องอาศัยจีน และจีนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอทิลีนมีหลายชุด (multifamily genes) มีผู้ค้นพบกลุ่มจีนการทำงานของเอทิลีน ได้แก่ ETR, ERS และ EIN แต่ละกลุ่มยังประกอบด้วยจีนที่มีมากกว่า ๑ จีน ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ทำให้จีนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอทิลีนไม่สามารถแสดงออกได้ หรือทำให้ต้นพืชไม่มีจีนที่เกี่ยวของกับการทำงานของเอทิลีน กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอทิลีนจะไม่เกิดขึ้น เอทิลีนที่พืชสร้างขึ้นหรือพืชได้รับจากภายนอกยังกระตุ้นให้จีนบางตัวแสดงออกอีกด้วย แล้วเอทิลีนจึงสามารถทำงานได้ ในปัจจุบันการวิจัยด้านนี้ก้าวหน้ามากถึงขั้นที่สามารถสร้างพันธุ์พืชดัดแปรพันธุกรรมที่ไม่มีจีนควบคุมการทำงานของเอทิลีน ทำให้พืชไม่ได้รับผลกระทบจากเอทิลีน

การค้นพบ 1-MCP

สาร 1-MCP ถูกค้นพบใน ค.ศ. ๑๙๙๖ โดยนักวิจัยสหรัฐอเมริกัน ๒ คน คือ Sylvia M. Belnkenship และ Edwards C. Sisler ซึ่งทำงานอยู่ที่ North Carolina State University ประเทศสหรัฐอเมริกา 1-MCP เป็นสารที่มีโมเลกุลของคาร์บอน ๔ โมเลกุล (C_4H_6) มีองค์ประกอบเป็นสามเหลี่ยมของคาร์บอนที่มีหมู่เมทิลเกาะอยู่ (รูปที่ ๑) สารนี้มีสถานะเป็นแก๊สและน้ำหนักโมเลกุล ๕๔ เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการสลายของ diazocyclopropene ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายเอทิลีนและขัดขวางการจับกันของตัวรับเอทิลีน ทำให้ตัวรับเอทิลีนไม่ทำงาน ส่งผลต่อจีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกและกระบวนการอื่น ๆ ที่ชักนำโดยเอทิลีนจึงทำให้การสุกของผลไม้และกระบวนการอื่น ๆ ถูกยับยั้ง จากการที่ 1-MCP เป็นสารที่อยู่ในรูปของแก๊สซึ่งไม่สะดวกในการใช้และการเก็บรักษา ดังนั้น จึงมีการพัฒนาสารนี้ให้อยู่ในรูปของแข็งที่เป็นผง โดยรวมตัวกับ y-cyclodextrin กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในรูปผง ที่อยู่ในสภาพเสถียร สามารถผสมกับน้ำและปลดปล่อยแก๊ส 1-MCP ออกมา มีการใช้ 1-MCP ในเชิงพาณิชย์ใน ค.ศ. ๑๙๙๙ โดยใช้ชื่อการค้าว่า EthyleBloc ® โดยบริษัท Floralife (สหรัฐอเมริกา) ต่อมาบริษัท AgroFresh (สหรัฐอเมริกา) ได้รับโอนกิจการ EthyleBloc ® และเปลี่ยนชื่อการค้าของสารชนิดนี้เป็น SmartFresh® ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสารที่ใช้ผสมน้ำแล้วอยู่ในรูปสารละลายซึ่งสามารถจุ่มผลิตผลลงไปได้ 1-MCP เป็นสารเคมีที่มีความปลอดภัยในการนำไปใช้กับผลิตผล เนื่องจากเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดพิษหรือมีความเป็นพิษต่ำ ไม่เป็นสารที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ อีกทั้งไม่มีกลิ่น มีความปลอดภัยต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

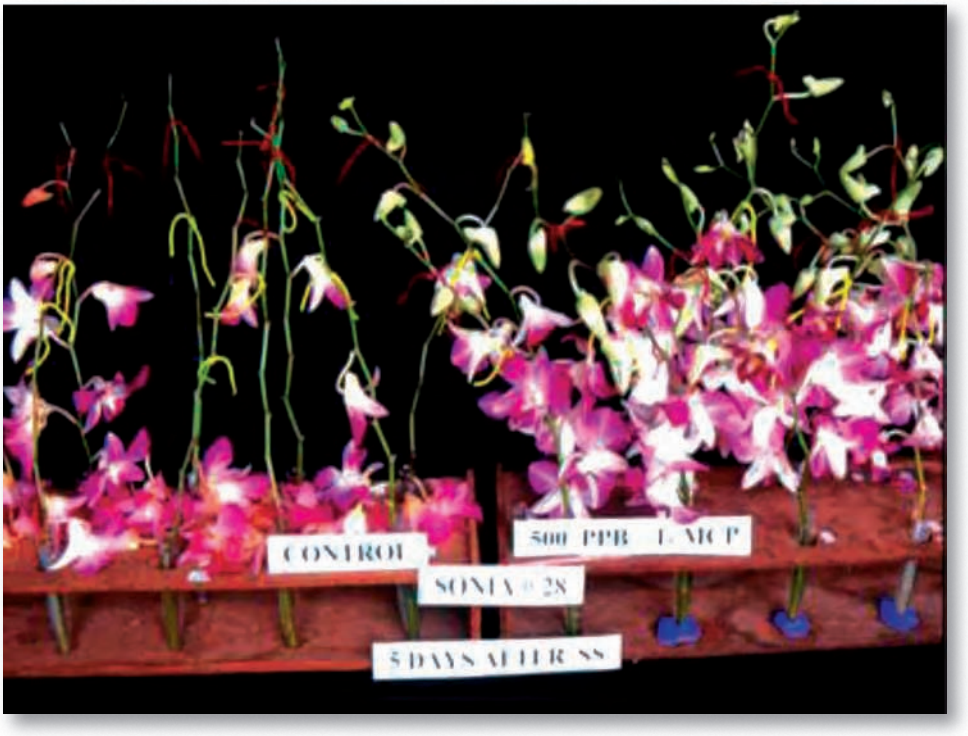


รูปที่ ๑ โครงสร้างของสาร 1-MCP

การใช้ 1-MCP กับผลิตผลพืชสวนสดในประเทศไทย

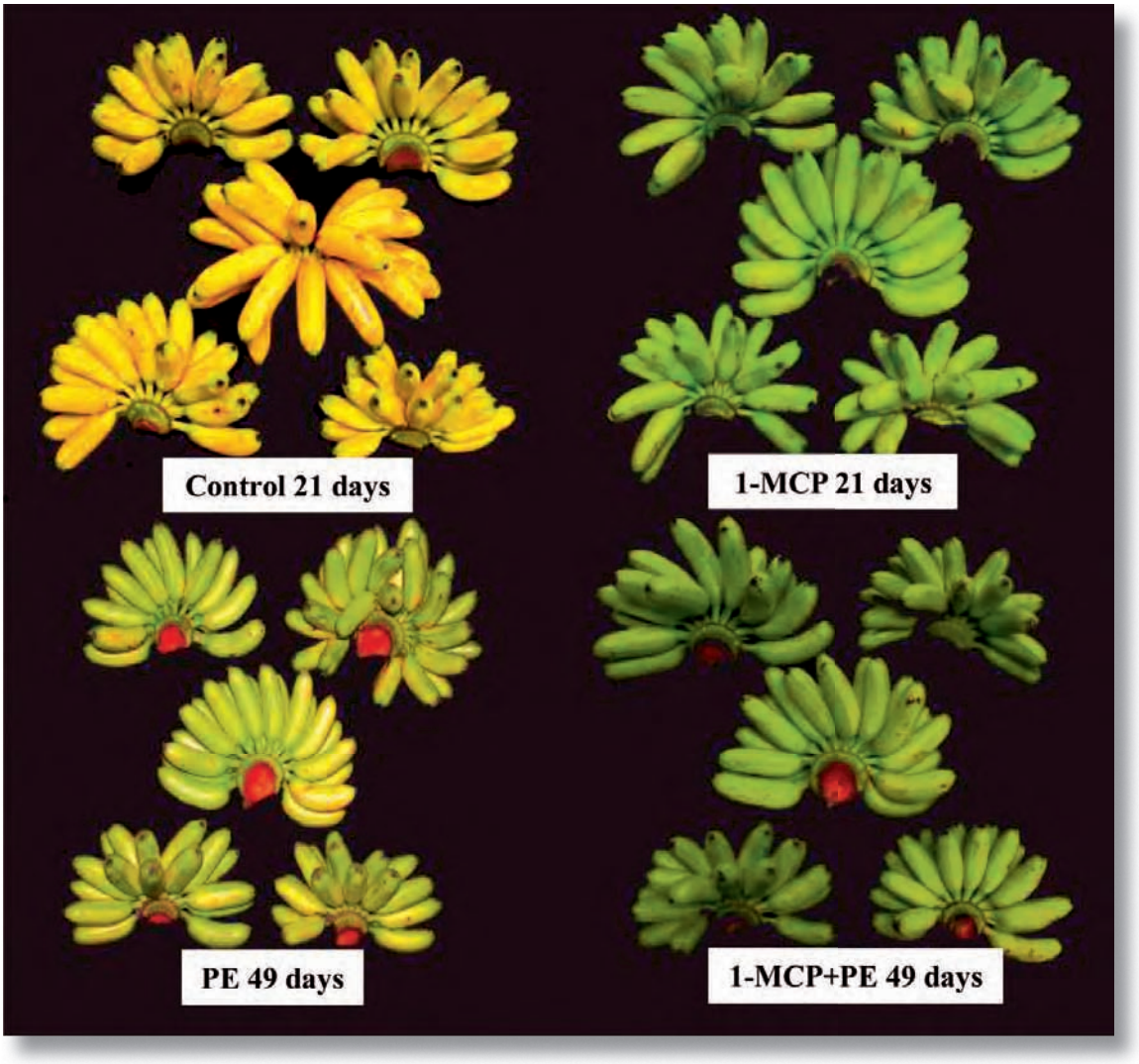
จากสมบัติของ 1-MCP ในข้างต้นทำให้มีการใช้อย่างกว้างขวางที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ ๒๐๐-๑,๐๐๐ ppb กับผลิตผลพืชสวนชนิดต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาซึ่งมีทั้งผลิตผลเขตร้อนและหนาว ในประเทศไทยนั้นผู้นิพนธ์ได้ทดลองใช้ 1-MCP กับผลิตผลพืชสวนที่ปลูกในประเทศไทย ผลการทดลองพบว่ามีทั้งได้ผลและไม่ได้ผล ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของผลิตผลที่ตอบสนองต่อ 1-MCP ได้ผลดีและมีผู้นำผลการทดลองไปใช้ในเชิงพาณิชย์แล้ว

กล้วยไม้ แม้ว่าดอกกล้วยไม้สร้างเอทิลีนระหว่างวัยดอกตูมจนกระทั่งดอกบานและร่วงโรยในปริมาณต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ประเภท climacteric fruit ที่กำลังสุก แต่ลักษณะการบรรจุดอกกล้วยไม้เพื่อส่งออก โดยห่อแต่ละกำด้วยถุงพลาสติกเปิดปลายและบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษลูกฟูก แม้ว่ามีช่องระบายอากาศ แต่ปริมาณเอทิลีนที่ดอกกล้วยไม้สร้างและสะสมอยู่ในกล่องกระดาษลูกฟูกสามารถทำให้ดอกกล้วยไม้เกิดความเสียหายจากเอทิลีนได้ อาการความเสียหายเหล่านี้ ได้แก่ การร่วงของดอกตูมดอกบาน การเหี่ยวของดอกบาน การเกิดการฉ่ำน้ำ การโค้งงอของก้านดอกย่อย (epinasty) ระหว่างการขนส่งไปตลาดต่างประเทศ อาการเหล่านี้จะปรากฏเมื่อมีการเปิดภาชนะบรรจุที่ตลาดปลายทาง หรือระหว่างการนำไปใช้งานหรือปักแจกัน การให้ดอกกล้วยไม้ได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น ๑๐๐-๕๐๐ ppb นาน ๓-๔ ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องก่อนการบรรจุทำให้ลดความเสียหายดังกล่าวที่เกิดจากเอทิลีนในภาชนะบรรจุระหว่างการขนส่ง (รูปที่ ๒) นอกจากนี้ยังพบว่า การรมหรือการให้ดอกกล้วยไม้สกุลหวายได้รับ 1-MCP ก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ๕-๑๐ องศาเซลเซียส สามารถทำให้ดอกกล้วยไม้นั้นได้รับความเสียหายน้อยลง



รูปที่ ๒ สภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์โซเนียบอมที่ไม่ได้รับและได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น ๕๐๐ ppb ที่อุณหภูมิห้องนาน ๔ ชั่วโมง ก่อนบรรจุเลียนแบบการส่งออก นาน ๓ วัน แล้วนำมาปักแจกันที่อุณหภูมิห้อง นาน ๕ วัน

กล้วย เป็นผลไม้ประเภท climacteric กล้วยสุกมีอายุการวางจำหน่ายสั้น การใช้อุณหภูมิต่ำมากเกินไป คืออุณหภูมิที่ต่ำกว่า ๑๐-๑๒ องศาเซลเซียส เพื่อชะลอการสุกของผลกล้วยนั้น ทำให้กล้วยได้รับความเสียหายจากอาการสะท้านหนาว (chilling injury) การเก็บรักษาผลกล้วยในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere) ทำให้ลดความเสียหายของอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำมากเกินไป ผลกล้วยไข่ที่ได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น ๑,๐๐๐ ppb ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส นาน ๔ ชั่วโมง ไม่ว่าจะเก็บไว้ในบรรยากาศปกติหรือบรรยากาศดัดแปลง กล้วยจะอยู่ได้นานกว่าผลกล้วยที่ไม่ได้รับ 1-MCPทั้งที่อยู่ในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ ทำให้สามารถยืดอายุการวางขายหรือการเก็บรักษาของผลกล้วยไข่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาผลกล้วยไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ ๑๔ องศาเซลเซียส (รูปที่ ๓) ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการขนส่งผลกล้วยไข่หอมและกล้วยหอมทองไต้หวันไปยังตลาดต่างประเทศที่ยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้ (ตารางที่ ๑) ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายโดยสามารถส่งผลกล้วยไปจำหน่ายทางเรือแทนการขนส่งไปจำหน่ายทางเครื่องบินได้ เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้กับผลกล้วยหอมทองและกล้วยหอมทองไต้หวันได้อีกด้วย



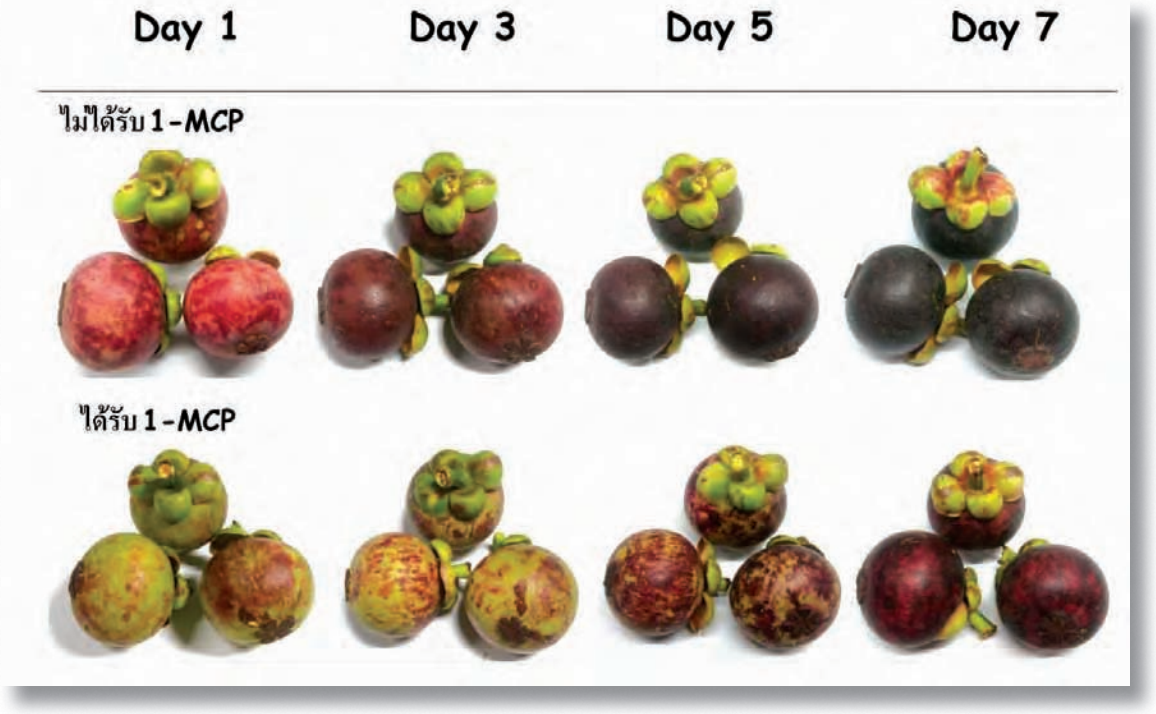
รูปที่ ๓ สภาพของผลกล้วยไข่ที่ไม่ได้รับ 1-MCP แล้วเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก (บนซ้าย) หรือถุงพลาสติก (ล่างซ้าย) และเมื่อได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น ๑,๐๐๐ ppb แล้วเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก (บนขวา) หรือถุงพลาสติก (ล่างขวา) ที่อุณหภูมิ ๑๔ องศาเซลเซียส ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน (สายชล และคณะ ๒๕๕๒)

ตารางที่ ๑ อายุการเก็บรักษาผลกล้วยไข่ที่ไม่ได้รับ 1-MCP แล้วเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก (control) หรือถุงพลาสติก (MA) และได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น ๑,๐๐๐ ppb แล้วเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก (1-MCP) หรือถุงพลาสติก (1-MCP+MA) ที่อุณหภูมิ ๑๔ องศาเซลเซียส (สายชล และคณะ ๒๕๕๒)

สภาพการเก็บรักษา	อายุการเก็บรักษา (วัน)[๑/]
ชุดควบคุม	14 d
ได้รับ 1-MCP	21 c
การเก็บรักษาในสภาพ MA	42 b
ได้รับ 1-MCP และเก็บรักษาในสภาพ MA	49 a
F-test	**

[๑/]ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๙

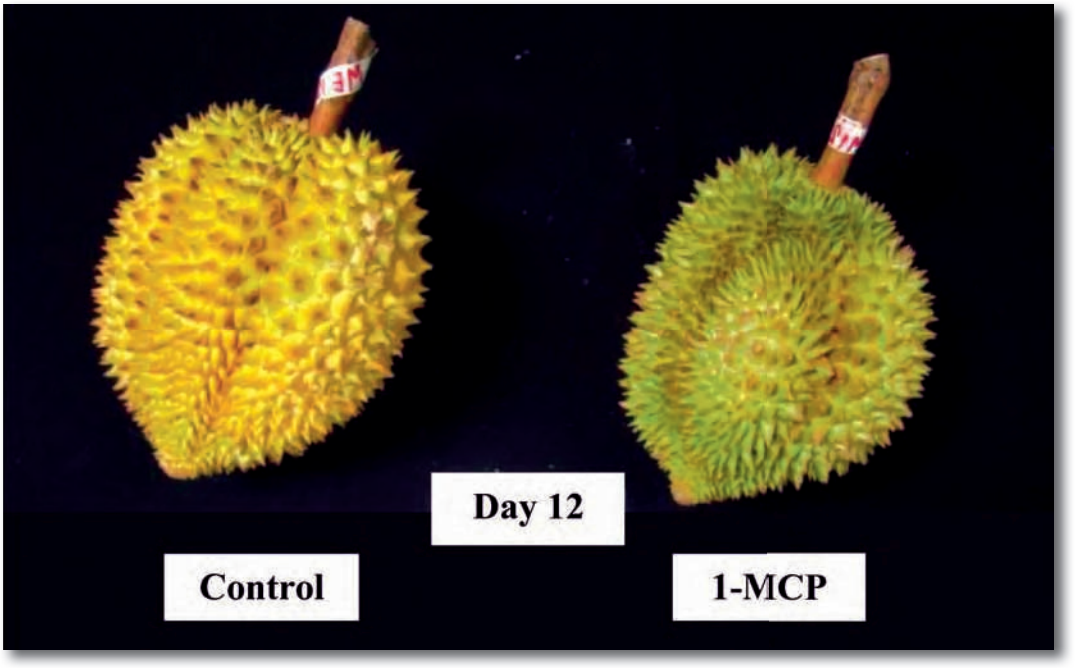
มังคุด มังคุดเป็นผลไม้ประเภท climacteric ซึ่งเปลี่ยนสีผิวและกลีบเลี้ยงเหี่ยวอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้อายุการวางขายของผลมังคุดค่อนข้างสั้น ผลมังคุดที่ได้รับ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น ๑,๐๐๐ ppb นาน ๔ ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียว



รูปที่ ๔ สภาพของผลมังคุดวัยสายเลือดที่ไม่ได้รับและได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น ๑,๐๐๐ ppb นาน ๔ ชั่วโมง ที่ ๒๕ องศาเซลเซียส แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน ๗ วัน (Piriyavinit et al., 2011)

ปนสายเลือด เป็นสีม่วงดำอย่างช้า ๆ และกลีบเลี้ยงอยู่ในสภาพสีเขียวสดได้นาน (รูปที่ ๔) ถ้ามีการนำผลมังคุดที่ได้รับ 1-MCP ไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ ๑๕ องศาเซลเซียส ยิ่งจะชะลอการเปลี่ยนสีผิวของผลมังคุดได้ดียิ่งขึ้น จากข้อมูลการวิจัยนี้ ทำให้เกษตรกร พ่อค้าคนกลาง ผู้รวบรวมผลผลิต และผู้ส่งออกสามารถใช้ 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนสีผิวของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถทำให้การปฏิบัติงานหลังการเก็บเกี่ยวของผลมังคุดมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถยืดอายุการวางขายผลมังคุดทั้งตลาดภายในและต่างประเทศ

ทุเรียน ทุเรียนเป็นผลไม้ประเภท climacteric อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ เพราะผลทุเรียนมีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งหรือสองรองจากลำไยในบางปี แต่ทุเรียนยังมีปัญหาในเรื่องการสุกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น และผลทุเรียนที่เกิดการสุกระหว่างการขนส่งโดยทางเครื่องบินจะมีกลิ่นรบกวนผู้โดยสาร ผลทุเรียนที่ได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น ๕๐๐ ppb นาน ๑๒ ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส ก่อนการบรรจุและขนส่งเพื่อส่งออก จะไม่สุกระหว่างการขนส่ง ซึ่งจะช่วยลดปัญหาทุเรียนสุกส่งกลิ่นรุนแรง และมีอายุการวางขายที่นานขึ้นในตลาดปลายทาง (รูปที่ ๕) ผลทุเรียนที่ได้รับ 1-MCP สามารถสุกและมีคุณภาพด้านการรับประทานเป็นปกติ



รูปที่ ๕ สภาพของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ไม่ได้รับ 1-MCP (ซ้าย) และได้รับ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น ๕๐๐ ppb นาน ๑๒ ชั่วโมง ที่ ๒๕ องศาเซลเซียส (ขวา) แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน ๑๒ วัน

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของสาร 1-MCP

๑. ความเข้มข้นที่เหมาะสม มีการศึกษาความเข้มข้น 1-MCP ที่เหมาะสมกับชนิดของผลิตผล เช่น ในเมล็ดถั่วใช้ ๑๐ ppm แต่สำหรับดอกคาร์เนชันพบว่าใช้ความเข้มข้นเพียง ๐.๕ ppb นอกจากนี้พบว่าวัยของดอกบีโกเนียมีแนวโน้มลดลงเป็นเส้นตรงตามการเพิ่มความเข้มข้นของ 1-MCP

๒. ระยะเวลาในการรม ระยะเวลาในการรมเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับปัจจัยอื่น เช่น ความเข้มข้นของสาร 1-MCP ที่ใช้ โดยจะมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผล ได้มีการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้รมและพันธุ์ของผลิตผล เช่น แอปเปิลพันธุ์ ‘Cortland’ ต้องรมด้วย 1-MCP ที่ ๓ องศาเซลเซียส อย่างน้อย ๙ ชั่วโมง แต่ถ้ารมที่ ๑๓ หรือ ๒๓ องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาอย่างน้อย ๖ ชั่วโมง แต่ในพันธุ์ ‘Empire’ ซึ่งรมด้วย 1-MCP ที่ ๓ องศาเซลเซียส ใช้เวลาอย่างน้อย ๓ ชั่วโมง จะช่วยชะลอการอ่อนนุ่มของผลแอปเปิลได้

๓. อุณหภูมิที่ใช้ขณะรมและขณะเก็บรักษา อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปขณะการรมจะทำให้การใช้ 1-MCP ไม่มีประสิทธิภาพ แต่อุณหภูมิที่ใช้รมขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและช่วงเวลารม 1-MCP ที่ใช้ด้วย ดังที่กล่าวมาแล้วในแอปเปิล นอกจากนี้ยังมีการทดลองในผลกีวีที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น ๑๐๐ ppb ที่อุณหภูมิห้อง นาน ๑๒ ชั่วโมง รม ๒ ครั้ง พบว่าจะช่วยลดการอ่อนนิ่มของผลได้ดีกว่าการรมครั้งเดียว แต่การรมที่อุณหภูมิต่ำ (< ๕ องศาเซลเซียส) เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง ครั้งเดียว สามารถชะลอการอ่อนนุ่มได้เช่นกัน ผลกล้วยที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น ๒๐๐ ppb ที่ ๒๐ องศาเซลเซียส จะช่วยชะลอความอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อ เพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่ถ้ารมที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าจะช่วยชะลอได้น้อยกว่า นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาก็มีผลต่อการชะลอการสุกได้เช่นกัน ผลแอปเปิลที่รมด้วย 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่ ๔ องศาเซลเซียส จะช่วยชะลอการสุกได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ ๒๐ องศาเซลเซียส

๔. ระยะพัฒนาและการสุกของผลิตผล ระยะพัฒนาการเก็บขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลด้วย ผลิตผลแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อ 1-MCP แตกต่างกัน ผลกล้วยระยะเขียวแก่ ซึ่งเป็นช่วงที่มีการหายใจเพิ่มขึ้น จะตอบสนองต่อ 1-MCP ได้ดี หรือการชะลอการสุกของมะเขือเทศอย่างมีประสิทธิภาพต้องใช้การรมก่อนที่จะสุกแดงเต็มที่

๕. ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปแล้วผลิตผลต้องรมด้วย 1-MCP เร็วที่สุดเพื่อช่วยให้การใช้ 1-MCP เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลด้วย มีการทดลองเกี่ยวกับวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมแก่การรมผลแอปเปิลพบว่า ยิ่งรมเร็วจะช่วยชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อได้ดี ในแอพริคอตพันธุ์ ‘Canino’ และพลัมพันธุ์ ‘Royal Zee’ พบว่า การให้ 1-MCP หลังการเก็บรักษาจะให้ผลดีกว่าการให้ก่อนการเก็บรักษา

๖. จำนวนครั้งในการรม เนื่องจากเชื่อกันว่าตัวรับเอทิลีนจะถูกสร้างเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นควรจะเพิ่มจำนวนครั้งในการรม 1-MCP เพื่อยับยั้งการทำงานของตัวรับเอทิลีนที่เกิดขึ้นใหม่ เช่น ในมะเขือเทศ การรม 1-MCP ๒ ครั้งในวันที่ ๐ และ ๗ จะช่วยชะลอการเปลี่ยนสี ความแน่นเนื้อและการสังเคราะห์เอทิลีนในระยะก่อนที่จะสุกแดงเต็มที่ หรือผลกีวีที่รมด้วย 1-MCPเข้มข้น ๑๐๐ ppb ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง โดยรม ๒ ครั้งจะทำให้ลดการอ่อนนิ่มของผลดีกว่าการรมครั้งเดียว แต่มีการทดลองศึกษาในบร็อกโคลีและผักกาดเขียวปลี เมื่อรม 1-MCP หลายครั้งไม่ให้ผลแตกต่างกับการรมเพียงครั้งเดียว

สรุป

การใช้ 1-MCP กับผลิตผลพืชสวนสดหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการวางขายของผลิตผลสดได้ และประสิทธิภาพของการใช้ 1-MCP ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ในปัจจุบันมีการใช้ 1-MCP เป็นการค้าแล้วกับผลิตผลพืชสวนหลายชนิดของประเทศไทย

บรรณานุกรม

สายชล เกตุษา, สมโภชน์ น้อยจินดา, และวชิรญา อิ่มสบาย. ๒๕๕๒. การพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาและการขนส่งทางเรือเพื่อการส่งออกผลกล้วย รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Able, A. J., L. S. Wong, A. Prasad and T. J. O'Hare. 2002. 1-MCP is more effective on a floral brassica (Brassica oleracea var. italica L.) than a leafy brassica (Brassica rapa var. chinensis). Postharvest Biol. Technol. 26: 147-155.

Annonymous. 2002. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) tolerance requirement exemption. Cornell University. Environmental Protection Agency. Available Source: http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/herb-growthreg/fatty-alcohol-monuron/methylcyclo/methylcyclo_tol_702.html, April 21, 2006.

Bates, B. R. and H. Warner. 2001. 1-MCP and fruit quality. Perishables Handling Quarterly. Available Source: http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-37.pdf, March 6, 2008

Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. Postharvest Biol. Technol. 18: 1-25.

Bregoli, A. M., V. Ziosi, S. Biondi, A. Rasori, M. Ciccioni, G. Costa and P. Torrigiani. 2005. Postharvest 1-methylcyclopropene application in ripening control of 'Stark Red Gold' nectarines: Temperature-dependent effects on ethylene production and biosynthetic gene expression, fruit quality, and polyamine level. Postharvest Biol. Technol. 37: 111-121.

DeEll, J. R., D. P. Murr, M. D. Porteous and H. P. V. Rupasinghe. 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. Postharvest Biol. Technol. 24: 349-353.

Fan, X. and J. P. Mattheis. 2000. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. HortScience 35: 885-887.

Fan, X., S. M. Blankenship and J. P. Mattheis. 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. J. Amer. Soc Hort. Sci. 124: 690-695.

Harris, D. R., J. A. Seberry, R. B. H. Wills and L. J. Spohr. 2000. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of bananas. Postharvest Biol. Technol. 20: 303-308.

Hershkovitz, V., S. I. Saguy and E. Pesis. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. Postharvest Biol.Technol. 37: 252-264.

Hershkovitz, V., S. I. Saguy and A. J. Macnish. 1999. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. Plant Growth Reg. 28: 77-82.

Ketsa, S. 2010. Additional effect of 1-MCP and modified atmosphere packaging (MAP) on the storage life of banana fruit. Acta Horticulturae 880: 353-359.

Manenoi, A., E. R. V. Bayogan, S. Thumdee and R. E. Paull. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. Postharvest Biol. Technol. 44: 55-62.

Manganaris, G. A., A. R. Vicente, C. H. Crisosto and J. M. Labavitch. 2007. Effect of dips in a 1-methylcyclopropene-generating solution of 'Harrow Sun' plums stored under different temperature regimes. J. Agric. Food. Cham. 55: 7015-7020.

Mattheis, J., X. Fan and L. Argenta. 2002. Factors influencing successful use of 1-MCP. Washington Tree Fruit Postharvest Conference. Available Source: http://postharvest.tfrec.wsu.edu/PC2002E.pdf, May 19, 2006.

Mir, N. A. and R. M. Beaudry. 2001. Use of 1-MCP to reduce the requirement for refrigeration in the storage of apple fruit. Acta Hortic. 553(2): 577-579.

Palapol, Y, S. Ketsa, D. Stevenson, J. M. Cooney, A. C. Allan and I. B. Ferguson. 2009. Colour development and quality of mangosteen (Garcinia mangostana L.) fruit during ripening and after harvest. Postharvest Biology and Technology 51: 349-353.

Pelayo, V., E. V. de B. Vilas-Boas and M. Benichou. 2003. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 28: 75-85.

Piriyavinit, P., S. Ketsa and W. G. van Doorn. 2011. 1-MCP extends the storage and shelf life of mangosteen (Garcinia mangostana L.) fruit.Postharvest Biol.Thechnol. 61: 15-20

Qiuping, Z., X. Wenshui and Y. Jiang. 2006. Effects of 1-methylcyclopropene treatment on ripening and quality of harvested sapodilla fruit. Food Technol. Biotechnol. 44(4): 535-539.

Selvarajah, S., A. D. Bauchot and P. John. 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 23: 167-170.

Serek, M., E. C. Sisler and M. S. Reid. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(6): 1230-1233.

Serek, M., E. J. Woltering, E. C. Sisler, S. Frello and S. Sriskandarajah. 2006. Controlling ethylene responses in flower at the receptor level. Biotechnol. Adv. 24(4): 368-381.

Serek, M., and E. J. Woltering. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plant at the receptor level: recent developments. Physiol. Plant. 100: 577-582.

Serek, M., and E. J. Woltering. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. Bot. Bull. Acad. Sin. 40: 1-7.

Serek, M., 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnol. Adv. 24(4): 389-409.

Serek, M., and N. E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plant. Ann. Rev. Plant Physiol. 35: 155-189.

Uthaichay, N., S. Ketsa and W. G. van Doorn. 2007. 1-MCP pretreatment prevents bud and flower abscission in Dendrobium orchids. Postharvest Biology and Technology 43: 374-380.

Yoo, S. D., Y. Cho and J. Sheen . 2009. Emerging connections in the ethylene signaling network. Trends in Plant Science 14: 270-279.

Abstract **Application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) with horticultural commodities after harvest**

Saichol Ketsa
Associate Fellow, Academy of Science, The Royal Institute, Thailand

Fruits, vegetables and ornamentals are important economic commodities for Thailand, but they are perishable after harvest resulting in short shelf life. Ethylene produced either by commodities or derived from environment is an important factor causing a rapid deterioration of commodities after harvest. Therefore, ethylene management after harvest can alleviate deterioration of commodities, thus prolonging their shelf life. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) is a very powerful inhibitor of ethylene action. 1-MCP is safe for human and friendly to environments. 1-MCP has been widely applied to horticultural commodities after harvest. In Thailand, there were reports that 1-MCP has been applied commercially to many horticultural commodities grown in Thailand.

Key words: 1-MCP, deterioration, ethylene action, horticultural commodity, postharvest technology