Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 60-67 (2002) **ว วิทย. กษ. 33: 6 (พิเศษ) : 60-67 (2545)**

ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
Effects of 1-Methylcyclopropene on Delayed Ripening of Mango cv. Nam Dok Mai

จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล[1] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1]
Jaruwat Rojanapattarakul[1] and Sirichai Kanlayanarat[1]

Abstract

Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on delayed ripening of mango (Mangifera indica L. cv. Nam Dok Mai) were investigated. Mango fruits were treated with 1-MCP at the concentration of 0, 100, 500 and 1,000 ppb for 6, 12 and 24 hours. After treatment, fruits were stored at 20 °C for ripening. The result revealed that 1-MCP could delay ripening of mango fruits and the beneficial effects of concentration were directly opposite treatment times. It was found that the highest concentration (1,000 ppb) of 1-MCP should be treated for 6 hours while it should be 24 hours for 100 and 500 ppb. In addition, the most effective treatment for maintaining the quality of mango fruits after storage was 1-MCP at 1,000 ppb for 6 hours. The result showed less ethylene production, TSS/TA ratio and % disease and higher quality of peel color, firmness and chlorophyll than other treatments.

Keywords: mango, 1-methylcyclopropene (1-MCP), ethylene, ripening

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Mangifera indica L. cv. Nam Dok Mai) โดยการให้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้ 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ โดยระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP จะแปรผกผันซึ่งกันและกัน การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูง (1000 ppb) ควรใช้ระยะเวลาในการรม 6 ชั่วโมง ขณะที่การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppb ควรใช้ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง พบว่าการรมผลมะม่วงด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาได้ดีที่สุด โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ อัตราส่วนของ TSS:TA การผลิตเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น

คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย และมีศักยภาพในการส่งออกสูง โดยส่วนใหญ่มะม่วงที่มีการส่งออกเป็นมะม่วงที่บริโภคเมื่อผลสุก ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน อกร่อง และทองดำ อย่างไรก็ตามการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศมักประสบปัญหาทั้งในเรื่องคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายสั้น โดยเฉพาะตลาดที่อยู่ห่างไกลซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน ทั้งนี้เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric ที่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสภาพของผล นอกจากนั้นผลมะม่วงยังคงมีการเกิดโรคขึ้นอย่างมาก แม้จะใช้อุณหภูมิต่ำที่สุดสำหรับการเก็บรักษา (Lizada, 1993) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญสำหรับการขนส่ง การเก็บรักษา และการจัดจำหน่ายมะม่วงไปสู่ผู้บริโภค

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสุกของผลไม้ ดังนั้นการยับยั้งการตอบสนองต่อเอทิลีน จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการตอบสนองต่อเอทิลีนของผลิตผลสามารถควบคุมได้ทั้งในขั้นตอนการสังเคราะห์และการทำงาน แต่เนื่องจากฮอร์โมนเป็นสารประกอบที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมตามธรรมชาติของพืช และพืชจะสามารถตอบสนองต่อเอทิลีนได้ทั้งจากแหล่งภายในและภายนอก (Abeles *et al.*, 1992) ดังนั้นการควบคุมเอทิลีนในขั้นตอนการสังเคราะห์จึงมีข้อจำกัดเนื่องจากผลิตผลอาจได้รับเอทิลีนจากแหล่งภายนอก ด้วยเหตุนี้การใช้ตัวยับยั้งการทำงานของเอทิลีนจึงมีความเหมาะสมหรือมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเมื่อนำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร อย่างไรก็ตามการใช้ตัวยับยั้งการทำงานของเอทิลีนบางชนิดอาจไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ด้วยเหตุผลหรือข้อจำกัดบางประการ เช่น การใช้ silver thiosulfate (STS) มีข้อจำกัดเนื่องจากความเป็นพิษและเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมจากสารตกค้าง (Veen and Overbeek, 1989) สารประกอบ 2,5–norbornadiene (2,5-NBD) มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (Sisler *et al.*, 1985) แต่มีกลิ่นฉุนและมีฤทธิ์กัดกร่อนจึงไม่เหมาะในการนำมาใช้กับผลิตผลสด เมื่อไม่นาน

[1]สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

นี้มีการรายงานว่าการใช้สารประกอบ 1-methylcyclopropene (1-MCP) สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ทั้งในดอกไม้และผลไม้หลายชนิด เช่น กุหลาบ คาร์เนชัน กล้วย แอปเปิล สตรอเบอร์รี่ เนื่องจากคุณสมบัติของ 1-MCP ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่เป็นพิษ ไม่มีกลิ่น และมีประสิทธิภาพสูงที่ความเข้มข้นต่ำ ดังนั้น 1-MCP จึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในอนาคตเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานการใช้ 1-MCP กับมะม่วงหรือผลิตผลชนิดอื่นๆ ในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จึงน่าจะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของผลมะม่วงและผลิตผลชนิดอื่นเพื่อการส่งออกต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีอายุประมาณ 95–110 วันหลังดอกบาน ที่ได้จากสวนของเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการสายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หลังจากนั้นทำการคัดเลือกผลมะม่วงให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย ตัดก้านผลให้มีความยาวเหลือประมาณ 1 เซนติเมตร และปล่อยให้น้ำยางไหลออกหมดจึงล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง

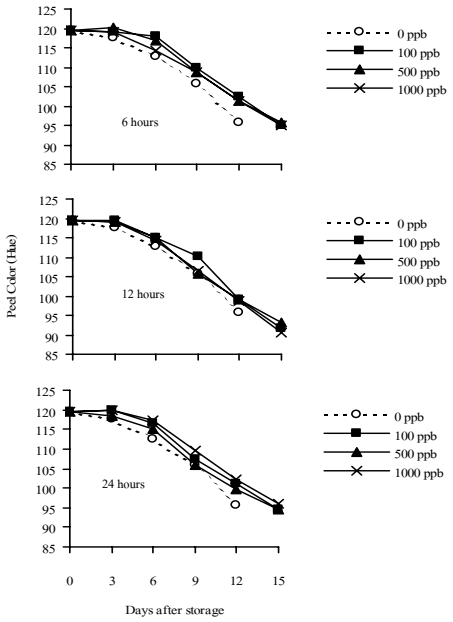
1-MCP มีลักษณะเป็นแป้งซึ่งจะปลดปล่อยก๊าซในอัตรา 1000 ppb/m^3 เมื่อ 1.6 กรัมละลายในน้ำอุ่น ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวางใน chamber พลาสติกที่มีมะม่วงบรรจุอยู่ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90–95

วางแผนการทดลองแบบ 4x3 Factorial in Completely Randomized Design โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ 1-MCP ที่ใช้ 4 ระดับ คือ 0 100 500 และ 1000 ppb ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการรม 3 ระดับ คือ 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็น 12 วิธีการ วิธีการละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผลมะม่วงจำนวน 3 ผล เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan ‘s new multiple range test (DMRT)

ทำการตรวจผลโดยการสุ่มทุกๆ 3 วัน โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยการให้คะแนน (เปลือกมีสีเขียว = 0 เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองร้อยละ 10 – 25 = 1 เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองร้อยละ 25 – 50 = 2 เปลือกมีสีเหลืองร้อยละ 50 – 75 = 3 เปลือกมีสีเหลืองร้อยละ 75 – 90 = 4 และเปลือกมีสีเหลืองร้อยละ 90 – 100 = 5) ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงวัดโดยใช้เครื่อง Texture analyzer TA-XT 2 หัวกดขนาด P/6 เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร บันทึกผลในหน่วยนิวตัน (Newton) อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TSS : TA) การผลิตเอทิลีนวัดโดยใช้เครื่อง gas chromatography (Shimadzu GC 14B) มีหน่วยเป็นไมโครลิตรต่อกิโลกรัมชั่วโมง (µl / kg. hr.) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทำการวิเคราะห์ตามวิธีการของ (Witham และคณะ, 1986) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคโดยการให้คะแนน (ผลปกติ = 0 ผลเกิดโรคน้อยกว่าร้อยละ 10 = 1 ผลเกิดโรคตั้งแต่ร้อยละ 10 – 20 = 2 และผลเกิดโรค มากกว่าร้อยละ 20 = 3)

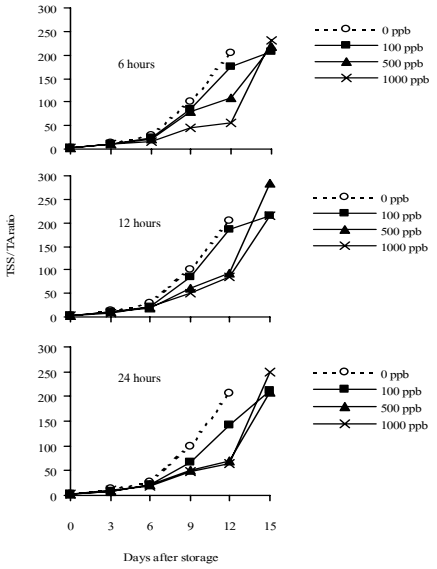
ผล

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกผลมะม่วง พบว่าค่า Hue angle ของผลมะม่วงในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (ภาพที่ 1) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการให้ 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกผลมะม่วง ขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกของชุดควบคุม (control) มีการลดลงของค่า Hue angle เร็วกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ และสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาในวันที่ 12 ของการทดลอง



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 – 95

ส่วนผลของความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกพบว่า ผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 100 ppb มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกช้ากว่าความเข้มข้น 500 และ 1000 ppb ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ยกเว้นในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา สำหรับความสัมพันธ์ของระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกผลมะม่วงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

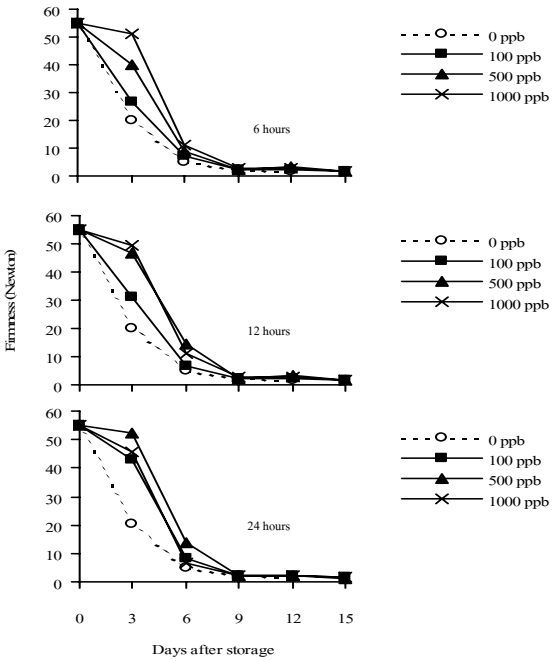


ภาพที่ 2 อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (% TSS) ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (% TA) ของผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 – 95

อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TSS : TA ratio) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าระยะเวลาในการให้ 1-MCP มีผลต่ออัตราส่วนของ TSS : TA ของผลมะม่วงในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษาโดยผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ TSS : TA ช้า

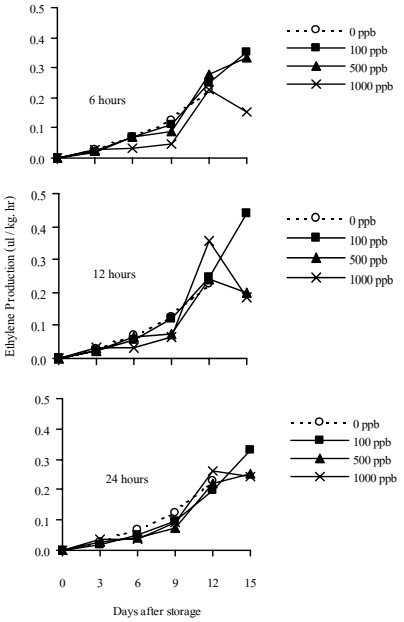
กว่าผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ที่ระยะเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนผลของความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ต่ออัตราส่วนของ TSS : TA พบว่าอัตราส่วนของ TSS : TA ของผลมะม่วงมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) สำหรับความสัมพันธ์ของระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ที่มีต่ออัตราส่วนของ TSS : TA ของผลมะม่วง พบว่าผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ความเข้มข้น 500 ppb ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และความเข้มข้น 100 ppb ระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ TSS: TA ได้ดีที่สุด ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ภาพที่ 2)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วง พบว่าผลมะม่วงในทุกทรีตเมนต์มีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าระยะเวลาในการให้ 1-MCP มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วง โดยที่ระยะเวลา 24 และ 12 ชั่วโมง มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ยกเว้นวันที่ 9 และ 15 ของการเก็บรักษาซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนผลของความเข้มข้นที่มีต่อความแน่นเนื้อของผลมะม่วง พบว่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ 1-MCP และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) สำหรับความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการให้ 1-MCP และความเข้มข้นที่มีต่อความแน่นเนื้อของผลมะม่วง พบว่าผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความ เข้มข้น 500 ppb เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ความเข้มข้น 1000 ppb ระยะเวลา 6 ชั่วโมง และความเข้มข้น 100 ppb ระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถชะลอความแน่นเนื้อของผลมะม่วงได้ดีที่สุดตามลำดับและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ภาพที่ 3)



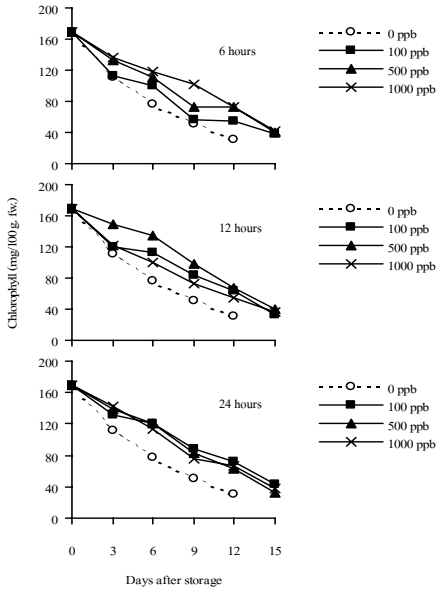
ภาพที่ 3 ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 – 95

การผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าทั้งระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP มีผลต่อการผลิตเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) โดยมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าระยะเวลา 12 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ส่วนผลของความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ที่มีต่อการผลิตเอทิลีน พบว่าการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ 1-MCP อย่างไรก็ตามพบว่าทุกทรีตเมนต์ที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb มีการเพิ่มขึ้นของ ethylene climacteric peak สูงสุดในวันที่ 12 ของการทดลอง จากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 15 และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) สำหรับความสัมพันธ์ของระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ต่อการผลิตเอทิลีนพบว่า มะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง สามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนและชะลอการเริ่มต้นของ ethylene climacteric peak ได้ดีที่สุด รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 500 ppb ระยะเวลา 24 ชั่วโมงและความเข้มข้น 100 ppb ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ภาพที่ 4)



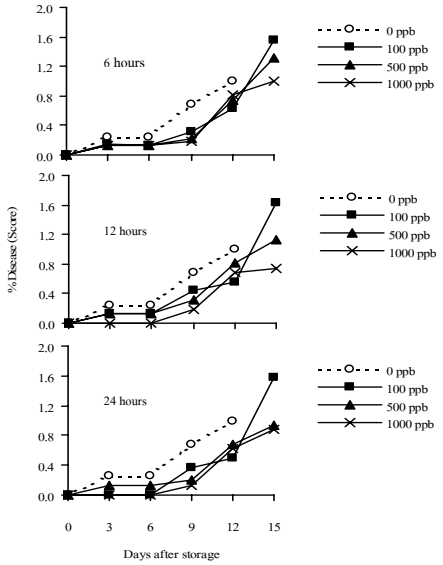
ภาพที่ 4 การผลิตเอทิลีนของผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 – 95

ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในเปลือกผลมะม่วงมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยผลมะม่วงชุดควบคุมมีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็วและมีค่าต่ำสุดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าระยะเวลาในการให้ 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ ส่วนผลของความเข้มข้นของ 1-MCP ที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของผลมะม่วง พบว่าการใช้ 1-MCP สามารถชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในผลมะม่วงได้ โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ยกเว้นในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา สำหรับความสัมพันธ์ของระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในเปลือกผลมะม่วงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยพบว่าการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง สามารถชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ดีที่สุด (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 – 95

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงภายหลังการให้ 1-MCP พบว่าระยะเวลาในการให้ 1-MCP ไม่มีผลในการชะลอการเกิดโรคของผลมะม่วงได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามการให้ 1-MCP ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีแนวโน้มในการชะลอการเกิดโรคบริเวณผิวของผลได้ดีกว่าระยะเวลา 12 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนั้นการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูงยังมีแนวโน้มในการชะลอการเกิดโรคได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 1000 ppb มีการเกิดโรคน้อยกว่าความเข้มข้น 500 และ 100 ppb ตามลำดับ สำหรับความสัมพันธ์ของระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP ความเข้มข้น 0 100 500 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 – 95

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ 1-MCP ที่มีต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยศึกษาผลของระยะเวลาในการรมและความเข้มข้นของ 1-MCP ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะม่วงชุดควบคุม (control) มีการสุกของผลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีการสุกในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาและสิ้นสุดอายุของการเก็บรักษาในวันที่ 12 ขณะที่การใช้ 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ โดยสามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง เช่น ความแน่นเนื้อ อัตราส่วนของ TSS : TA การผลิต เอทิลีน และปริมาณคลอโรฟิลล์ การชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจาก 1-MCP สามารถเข้าทำการจับกับตัวรับของเอทิลีน (ethylene receptor) (Serek *et al.*, 1994) โดยมีผลในการจำกัดหรือขัดขวางการทำงานของเอทิลีนได้ทั้งจากแหล่งภายในและภายนอกจึงทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากในสภาวะปกติการจับกันระหว่างเอทิลีนและ receptor ของเอทิลีนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขึ้น (Taiz and Zeiger, 1991) มีการรายงานว่าการจับกันระหว่างเอทิลีนกับ receptor จะทำงานผ่านหมู่โลหะที่ประกอบด้วยสังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) (Beyer, 1976) ซึ่งการจับกันระหว่างเอทิลีนกับหมู่โลหะนี้จะทำให้บริเวณตำแหน่ง trans ที่มีการจับมีความไวต่อปฏิกิริยาการแทนที่โดย ligands อื่น Sisler and Serek (1999) เสนอว่ากระบวนการทำงานของเอทิลีนและสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านการทำงานของเอทิลีนกับ receptor จะเกิดขึ้นอย่างน้อย 2 ขั้นตอน คือในขั้นตอนแรกเอทิลีนหรือสารประกอบจะทำการจับกับหมู่โลหะและดึงเอาอิเล็คตรอนออกจากโลหะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ (rearrangement) หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ligands บนหมู่โลหะขึ้น จากนั้นจะเกิดการแยกตัวออกจากหมู่โลหะหรือเป็นการผลักออกจากกัน โดยเอทิลีนจะใช้ระยะเวลาในการจับเพียงไม่กี่นาที (Sisler and Blankenship, 1993) ขณะที่ receptor ที่ถูกจับโดยสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการทำงานของเอทิลีนจำเป็นต้องใช้เวลาอย่างน้อยหลายชั่วโมงหรือหลายวันในการแยกตัวออกจากหมู่โลหะ (Sisler and Serek, 1999) แต่ทั้งนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการหลุดออก (leaving time) จากหมู่โลหะจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของสารประกอบและพืช มีการรายงานว่าผลกล้วยที่มีการให้ 1-MCP จะใช้ระยะเวลาในการจับกับ receptor นานถึง 30 วัน ขณะที่ใบยาสูบเอทิลีนจะใช้ระยะเวลาในการจับกับ receptor เพียง 10 นาที (Sisler and Serek, 1999) ดังนั้นผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP จึงมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวช้ากว่าชุดควบคุม (control) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นยังเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านการแสดงออกของยีน ที่ถูก

กระตุ้นโดยกระบวนการสุกของผลการแสดงออกของยีนดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากการจับกันระหว่างเอทิลีนและ receptor ที่ทำให้เกิดการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ kinase ซึ่งไปเร่งการเคลื่อนย้ายหมู่ phosphate ให้มาเกาะกับโปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการตอบสนอง (response regulator protein) (Reid and Wu, 1989) และทำให้เกิดการปลดปล่อย ligands ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่จับอยู่กับ receptor ligands ที่ถูกปลดปล่อยจาก response regulator protein จะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปยังนิวเคลียสเพื่อกระตุ้นให้เกิดการ transcription ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีร วิทยา (Christoffersen, 1987) การ transcription ของยีนจะทำให้มีการผลิต mRNA สายใหม่เพื่อสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ โดยจะถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อเป้าหมายเพื่อทำให้เกิดการตอบสนองขึ้น ดังนั้นการใช้ 1-MCP จึงอาจมีผลในการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนซึ่งมีเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการสุกของผลมะม่วง จึงทำให้ผลมะม่วงที่มีการให้ 1-MCP มีการสุกช้ากว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการให้ 1-MCP อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของการใช้ 1-MCP จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ 1-MCP ที่สูงขึ้น โดยพบว่าการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูงจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูงจะสามารถแพร่เข้าจับกับ receptor ได้เร็วกว่าความเข้มข้นต่ำ Sisler and Serek (1999) รายงานว่าการใช้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการทำงานของเอทิลีนในปริมาณที่มากจะทำให้การเกิดพันธะระหว่างสารประกอบและ receptor สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นอาจเป็นเพราะคุณสมบัติของ 1-MCP ที่สามารถจับกับ receptor ได้เป็นระยะเวลานาน (Sisler and Serek, 1999) จึงทำให้การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูงสามารถป้องกันการทำงานของเอทิลีนได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าประสิทธิภาพของ 1-MCP ที่ใช้ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการรมอีกด้วย จากการทดลองพบว่าการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูง (1000 ppb) ควรใช้ระยะเวลาในการรมสั้น (6 ชั่วโมง) ขณะที่ความเข้มข้น 500 และ 100 ppb ควรใช้ระยะเวลาในการรมที่นาน (24 ชั่วโมง) สอดคล้องกับการทดลองของ Sisler *et al*. (1996) ที่รายงานว่าความเข้มข้นในการให้ 1-MCP เพื่อป้องกันเอทิลีนจากภายนอกจะมีปริมาณผกผันกับระยะเวลาในการให้ ทั้งนี้อาจเพราะ receptor เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่จับตัวอยู่กับ membrane (integral membrane protein) (Taiz and Zeiger, 1991) ดังนั้น receptor ของเอทิลีนจึงอาจไม่ได้มีหน้าที่เพียงอย่างเดียวเพื่อเข้าจับกับเอทิลีน Sisler *et al.* (1989) กล่าวว่า receptor อาจทำหน้าที่อย่างอื่นนอกเหนือจากทำการจับกับเอทิลีน ซึ่งโดยปกติโปรตีนดังกล่าวอาจทำหน้าที่ในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารหรือทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb เป็นระยะเวลาสั้น (6 ชั่วโมง) สามารถทำการแพร่เข้าจับ receptor ได้ในระยะเวลาอันรวดเร็วแต่ยังไม่ได้เข้าทำการจับกับ receptor ที่มีอยู่ทั้งหมดจึงทำให้ กิจกรรมและเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับ membrane ยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ ขณะที่การใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จะทำให้มีระยะเวลาในการจับกับ receptor ที่มีอยู่ได้มากขึ้น ดังนั้นการทำงานของโปรตีนดังกล่าวจึงอาจเกิดความผิดปกติของเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับ membrane และส่งผลทำให้พืชเกิดสภาวะเครียด (stress) ขึ้นได้ ส่งผลทำให้การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูงและใช้ระยะเวลาในการรมนานมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ 1-MCP ที่ระยะเวลาสั้น ขณะที่การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppb กลับพบว่าการใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลดีที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื่องจากปริมาณสารของ 1-MCP ในการ เข้าจับกับ receptor มีปริมาณไม่เพียงพอหรือมีความเข้มข้นต่ำจึงทำให้การแพร่เข้าจับกับ receptor เป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการรมนานมากขึ้น

สรุป

การใช้ 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ โดยพบว่าระยะเวลาและความเข้มข้นในการใช้ 1-MCP จะแปรผกผันซึ่งกันและกัน โดยการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูง (1000 ppb) ควรใช้ระยะเวลาในการรม 6 ชั่วโมง ขณะที่การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 และ 100 ppb ควรใช้ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

Abeles, F.B., P. Morgan and M.E. Saltveit. 1992. Ethylene in Plant Biology. 2nd edition. Academic Press. San Diego. CA.

Beyer, E.M. 1976. A potent inhibitor of ethylene action in plants. Plant Physiology. 58: 268-271.

Christoffersen, R.E. 1987. Cellulase gene expression during fruit ripening, in Plant Senescence : Its Biochemistry and Physiology. In Thomson.,W.W., E.A. Nothnagel. and R.C. Huffaker (eds.). American Society of Plant Physiologists. Rockville. New York. pp 89-97

Lizada, M.C.C. 1993. Mango. In Seymour., G.B., J.E. Taylor. and G.A. Tucker (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman&Hall. New York. pp. 255-271

Reid, M.S. and M.J. Wu. 1989. Ethylene in flower development and senescence. In Mattoo., A.K. and J.C. Suttle (eds.). The Plant Hormone Ethylene. CRC press. USA. pp. 215-234

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

Sisler, E.C., R. Goren. and M. Huberman. 1985. Effect of 2,5-norbonadiene on abscission and ethylene production in citrus leaf explants. Physiology Plant. 63: 114-120.

Sisler, E.C. 1989. Ethylene-binding component in plant. In Mattoo., A.K. and J.C. Suttle (eds.). The Plant Hormone Ethylene. CRC press. USA. pp. 81-99.

Sisler, E.C. and Blankenship, S.M. 1993. Diazocyclopentadiene (DACP) a light sensitive reagent for the ethylene receptor in plants. Plant Growth Regulator. 12: 125-132.

Sisler, E.C., Dupille, E. and Serek, M. 1996. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. Plant Growth Regulator. 18: 79-86.

Sisler, E.C. and Serek, M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 40 : 1-7.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Ethylene and Abscisic Acid. In Taiz, L. and E. Zeiger (eds.). Plant Physiology. Redwood. Cummings. pp. 473-489

Veen, H. and J.H.M. Overbeek. 1989. The action of silver thiosulphate in carnation petals. In H. Clijsters (ed.). Biochemical and Higher Plants. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 109-117.

Witham, F.H., D.F. Blaydes. and R.M. Devlin. 1986. Exercises in Plant Physiology : 2nd ed. Prindle. Weber & Schmidt. Boston. 324 p.