

ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพินต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเสื่อมตามอายุของกล้วยไม้สกุล
หวาย ‘มะลิไวท์’ ที่กลุ่มเรณูได้รับความเสียหาย



นางสาวชวิศา สุขพิทักษ์

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND
SENESCENCE OF *DENDROBIUM* 'MALI WHITE' ORCHID WITH DAMAGED POLLINIA



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Botany

Department of Botany

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพินต่อการตอบสนองทาง
สรีรวิทยาและการเสื่อมตามอายุของกล้ามเนื้อสkeletal
'มะลิไวท์' ที่กลุ่มเรณูได้รับความเสียหาย

โดย

นางสาวชวิตา สุขพิทักษ์

สาขาวิชา

พฤกษศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวงนิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ใจดี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลนาถ อบสุวรรณ)

ชวิตา สุขพิทักษ์ : ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรเพนต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเสื่อมตามอายุของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิwhite’ ที่กลุ่มเรณูได้รับความเสียหาย (EFFECTS OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND SENESCENCE OF *DENDROBIUM* 'MALI WHITE' ORCHID WITH DAMAGED POLLINIA) อ.ที่ปริกษานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ, 84 หน้า.

การเสื่อมตามอายุอย่างรวดเร็วของดอกไม้เนื่องจากเอทิลีนับเป็นปัญหาหลักในอุตสาหกรรมไม้ตัดดอก นอกจากนี้ การหลุดร่วงของกลุ่มเรณูและฝักปิดในขณะเก็บเกี่ยวหรือบรรจุเพื่อเตรียมขนส่งสู่ตลาดอาจส่งผลให้เกิดบาดแผลในดอกย่อยของกล้วยไม้ได้ การทดลองรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแก่ดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิwhite’ พบว่าสามารถยืดอายุการปักแจกันและชะลอการหลุดร่วงของดอกได้ ในขณะที่เอทิลีนกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วงของดอกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การทดลองนำกลุ่มเรณูและฝักปิดออกจากดอก พบว่าชุดการทดลองที่มีการนำกลุ่มเรณูและฝักปิดออกจากดอกมีอายุการปักแจกันที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่การรม 1-MCP แก่ดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์มะลิwhite ที่กลุ่มเรณูและฝักปิดถูกนำออกไป พบว่าชุดการทดลองที่รม 1-MCP มีอายุการปักแจกันเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ 1-MCP ไม่มีผลต่อการบานเพิ่มของดอกตูม ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา พบว่าชุดการทดลองที่รม 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุและกิจกรรมของเอนไซม์ protease และเอนไซม์ lipoxygenase ลดลง อย่างไรก็ตาม 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของกลีบดอกในกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิwhite’ โดยสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonialyase ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ได้รม 1-MCP ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP สามารถชะลอการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิwhite’ ได้โดยชะลออาการเสื่อมตามอายุและการสลายตัวของโปรตีนและไขมัน

ภาควิชา พฤษศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา พฤษศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาหลัก

ปีการศึกษา 2560

5871935623 : MAJOR BOTANY

KEYWORDS: 1-MCP / POLLINIA / SENESCENCE / MALI WHITE

CHAWISA SUKPITAK: EFFECTS OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND SENESCENCE OF *DENDROBIUM* 'MALI WHITE' ORCHID WITH DAMAGED POLLINIA. ADVISOR: ASST. PROF.KANO GWAN SERAYPHEAP, Ph.D., 84 pp.

Rapid flower senescence is a major problem in the cut orchid industry due to ethylene effect. Accidental detaching of pollinia or anther cap during harvesting and packaging can cause wounding of orchid florets after harvest. The effects of 1-MCP on vase life and quality of *Dendrobium* 'Mali White' were investigated. The inflorescences were treated with 0.5 μL 1-MCP for 3 h. The result showed an increase in vase life for inflorescences treated with 1-MCP and a decreased percentage of flower bud and open flower dropping while ethylene treatment showed an increase in flower drop. Further experiment was conducted by removing pollinia from orchids and was found that vase life of the inflorescence with removed pollinia was not significantly different from control treatment. However, the inflorescences with detached pollinia treated with 1-MCP showed an increased vase life for inflorescence. The percentage of flower bud and opened flower dropping were decreased in 1-MCP treated inflorescence than control treatment. Nonetheless, 1-MCP had no effect on floral bud opening. In addition, physiological study revealed that the percentage of electrolyte leakage, protease and lipoxygenase enzyme activities were decreased when treated with 1-MCP. However, 1-MCP treatment may not be related to color changes of *Dendrobium* 'Mali White' petals since total phenolic content and activities of color changing enzymes, polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase, showed no significant differences between 1-MCP and control treatments. This study shows that 1-MCP can prolong the vase life of *Dendrobium* 'Mali white' by delaying visible senescence symptom and reducing protein and lipid degradation.

Department: Botany

Student's Signature

Field of Study: Botany

Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ให้กำลังใจ แก้ไขข้อบกพร่องทั้งในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียน ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ใจดี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา ออบสุวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา

ขอขอบคุณบริษัท H. Impex บริษัทส่งออกดอกกล้วยไม้ ที่เอื้อเฟื้อดอกกล้วยไม้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ สมาชิกศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของ พี่ชทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

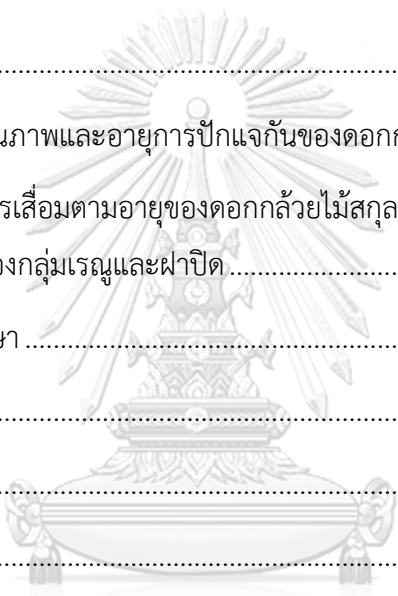
สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ กำลังใจที่ดีที่สุดจากพ่อ แม่ พี่สาว และกำลังใจจากเพื่อน ๆ พี่ๆ น้องๆ ที่มีให้กันเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดอกกล้วยไม้.....	4
2. เอทิลีนและการเสื่อมตามอายุของดอกไม้	4
3. การสังเคราะห์เอทิลีน (ethylene biosynthesis)	6
3.1. การถ่ายเรณู (pollination).....	6
3.2. การกำจัดเกสรเพศผู้ (emasculation)	7
3.3. การเกิดบาดแผล (wounding).....	8
4. การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเสื่อมตามอายุของดอกไม้.....	10
4.1. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน.....	10
4.2. การเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์	11
4.3. การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต.....	11
4.4. การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์บริเวณผนังเซลล์.....	12
5. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยไม้.....	13
6. 1-methylcyclopropene (1-MCP).....	13
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ.....	15

1. พีชทดลอง	15
2. อุปกรณ์	15
3. สารเคมี	17
4. วิธีการศึกษา	18
5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	22
6. สถานที่ปฏิบัติงาน	22
บทที่ 4 ผลการศึกษา	23
1. ผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’	23
2. ผลของ 1-MCP ต่อการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล	
เนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝาปิด	34
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	48
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	54
รายการอ้างอิง	55
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก	61
ภาคผนวก ข	78
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	84



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	23
ตารางที่ 2 อายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	34
ตารางที่ 3 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	62
ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE).....	63
ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE).....	64
ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE).....	65
ตารางที่ 7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	66
ตารางที่ 8 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	66
ตารางที่ 9 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	67
ตารางที่ 10 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	68

ตารางที่ 11	เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	69
ตารางที่ 12	เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	70
ตารางที่ 13	เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	71
ตารางที่ 14	เปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของประจุในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	72
ตารางที่ 15	ปริมาณเอทิลีนในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	73
ตารางที่ 16	กิจกรรมของเอนไซม์ protease ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	74
ตารางที่ 17	กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	75
ตารางที่ 18	กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	76
ตารางที่ 19	กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	77

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน	6
ภาพที่ 2	ปฏิกิริยาของ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ในการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล และปฏิกิริยาของ polyphenol oxidase ซึ่งใช้สารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้น	10
ภาพที่ 3	คะแนนลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของกลีบดอก	19
ภาพที่ 4	ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีน 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 0 วัน ...	24
ภาพที่ 5	ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีน 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 8 และ 12 วัน เป็นเวลา 4 วัน (A) และ 8 วัน (B)	25
ภาพที่ 6	ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีน 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 วัน ..	26
ภาพที่ 7	คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	27
ภาพที่ 8	เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)	28
ภาพที่ 9	เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)	29
ภาพที่ 10	เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)	30
ภาพที่ 11	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	31
ภาพที่ 12	กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	32

ภาพที่ 13 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/L}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....33

ภาพที่ 14 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 วัน35

ภาพที่ 15 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (A) และเป็นเวลา 8 วัน (B)36

ภาพที่ 16 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน37

ภาพที่ 17 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....38

ภาพที่ 18 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส39

ภาพที่ 19 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส40

ภาพที่ 20 เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....41

ภาพที่ 21 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส42

ภาพที่ 22 ปริมาณเอทิลีนในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....43

- ภาพที่ 23 กิจกรรมของเอนไซม์ protease ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส44
- ภาพที่ 24 กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส45
- ภาพที่ 25 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....46
- ภาพที่ 26 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส47



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กล้วยไม้เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากมีดอกที่สวยงาม มีรูปลักษณ์หลากหลาย จึงทำให้ดอกกล้วยไม้เป็นไม้ตัดดอกที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั่วโลกและเป็นหนึ่งในสินค้าทางการเกษตรที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทย จากรายงานของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร (2559) พบว่าในปี พ.ศ. 2559 มีมูลค่าการส่งออกถึง 2,102 ล้านบาท อย่างไรก็ตาม ดอกกล้วยไม้บางชนิดที่ไวต่อเอทิลีนมักจะประสบปัญหาการเสื่อมตามอายุของดอก (flower senescence) อย่างรวดเร็ว โดยเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีสถานะเป็นแก๊ส มีบทบาทสำคัญที่แตกต่างกันไปในแต่ละระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช รวมไปถึงการเสื่อมตามอายุซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในระยะสุดท้ายของการพัฒนา นำไปสู่การตายอย่างถาวรของอวัยวะบางส่วนหรือพืชทั้งต้น บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมตามอายุของดอกไม้มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาในแต่ละส่วนของดอก โดยพบว่าการถ่ายเรณูเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมตามอายุของดอกอย่างรวดเร็วในดอกกล้วยไม้สกุล *Phalaenopsis* (O'Neill et al., 1993) และ *Dendrobium* (Luangsuwalai et al., 2011) เนื่องจากการถ่ายเรณูนั้นส่งผลให้มีการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยอื่น ๆ เช่น การหลุดของเกสรเพศผู้ซึ่งทำให้เกิดบาดแผล (wounding) ก็สามารถชักนำให้เกิดการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกัน (Ichimura et al., 2009) จากการศึกษาในดอกไลเซนทัส พบว่าการเกิดบาดแผลบนก้านชูอับเรณูทำให้ดอกเหี่ยวเร็วขึ้น มีการสร้างเอทิลีนมากขึ้นและเร็วกว่าปกติ (Ichimura and Goto, 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิดบาดแผลที่ยอดเกสรเพศเมียส่งผลกระตุ้นให้เกิดอาการเหี่ยวในดอกพิทูเนีย (Gillisen and Hoekstra, 1984) และกระตุ้นการหลุดร่วงของกลีบดอกแวมมูรา (Goto et al., 1999) โดยความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดบาดแผลและเอทิลีนนั้น ส่งผลต่อกระบวนการเสื่อมตามอายุของดอกไม้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ การเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้อาจเนื่องมาจากการหลุดร่วงของกลุ่มเรณู (pollinia) ในขณะเก็บเกี่ยวหรือขณะบรรจุเพื่อเตรียมขนส่งสู่ตลาด

(Suh et al., 1998) ซึ่งการหลุดร่วงดังกล่าวสามารถสร้างรอยแผลให้กับดอกกล้วยไม้ได้ นับเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของดอกไม้ในอุตสาหกรรมไม้ตัดดอกเป็นอย่างมาก

ในระหว่างการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่าง ๆ เกิดขึ้นภายในกลีบดอก โดยจะมีกิจกรรมของ hydrolytic enzyme เพิ่มขึ้น มีการสลายตัวของโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้ง และ โปรตีน สถานะของไหลของลิวติที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง รวมไปถึงมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากเอทิลินที่เพิ่มขึ้น (Teixeira da Silva et al., 2014) จากการศึกษาในกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย พันธุ์ขาวสนานที่ได้รับเอทิลิน พบว่ามีการลดลงของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์และมีกิจกรรมของเอนไซม์ protease ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงมีการแสดงออกของยีน *DenCys1* (cysteine peptidase) มากขึ้น (Lerslerwong et al., 2009) นอกจากนี้ เอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ ผลของปฏิกิริยาจะก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับโมเลกุลอื่น ๆ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดความเสียหายได้ (Liavonchanka and Feussner, 2006) โดยมีรายงานการศึกษาพบว่ายีน *Rlox1* แสดงออกมากขึ้นในกลีบดอกกุหลาบเมื่อเข้าสู่ระยะการเสื่อมตามอายุ (Fukuchi-Mizutani et al., 2000) ในพืชหลายชนิด พบว่าเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของพืชรวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลมีการสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นเมื่อพืชเกิดบาดแผล (Tomás-Barberán and Espín, 2001)

1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลินที่นิยมใช้มากในปัจจุบันทั้งในด้านของการยืดอายุและรักษาคุณภาพของผลผลิต รวมถึงใช้ในงานวิจัยเพื่อศึกษาให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในการตอบสนองของพืชต่อเอทิลิน เนื่องจาก 1-MCP มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอทิลิน โดยจะไปแย่งจับกับบริเวณรับ (receptor site) ของเอทิลิน ทำให้เอทิลินไม่สามารถเข้าจับบริเวณรับได้ (Sisler and Serek, 1997) จึงทำให้มีการนำ 1-MCP มาใช้ในทางการค้าเพื่อใช้ยืดอายุผักและผลไม้ รวมไปถึงไม้ดอกไม้ประดับ การทดลองให้ 1-MCP แก่ดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ 'Karen' พบว่าสามารถช่วยยับยั้งการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานได้เป็นอย่างดี และการให้ 1-MCP แก่ช่อดอกกล้วยไม้ก่อนที่จะทำการบรรจุกล่องเพื่อการขนส่ง ช่วยลดความเข้มข้นของเอทิลินภายในกล่องได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของดอกกล้วยไม้ ซึ่งจะมีการตอบสนองต่อปริมาณเอทิลินที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ (Uthaichay et al., 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าการให้

1-MCP มีผลในการยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* ที่ส่วนของกลุ่มเรณูได้รับความเสียหาย (Heyes and Johnston, 1998) จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการเกิดบาดแผลและเอทิลีนมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมตามอายุของดอกไม้หลายชนิด จึงนำมาสู่การศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมตามอายุ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีบางประการของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์มะลิไวท์ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณู เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้เนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูมากยิ่งขึ้น และสามารถนำ 1-MCP ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมไม้ตัดดอกได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพิลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเสื่อมตามอายุของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่กลุ่มเรณูได้รับความเสียหาย

3. แผนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’
2. ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณู โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการ ได้แก่ ปริมาณเอทิลีน ค่าการรั่วไหลของประจุ กิจกรรมของเอนไซม์ protease, lipoxigenase, phenylalanine ammonia lyase และ polyphenol oxidase

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบผลของ 1-MCP ต่อกระบวนการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้เนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณู และสามารถนำ 1-MCP ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมไม้ตัดดอกได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดอกกล้วยไม้

กล้วยไม้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่อยู่ในวงศ์ Orchidaceae ซึ่งจัดเป็นวงศ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในอาณาจักรพืช มีจำนวนสมาชิกประมาณ 25,000 สปีชีส์ ดอกของพืชวงศ์ Orchidaceae มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากพืชวงศ์อื่น โดยจะมีลักษณะของดอกแบบ สมมาตรด้านข้าง (zygomorphic) มีขนาดหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ ซึ่งจะอยู่วงนอก ส่วนมากมีลักษณะใหญ่กว่ากลีบดอก และกลีบดอก 3 กลีบซึ่งอยู่วงใน ทั้งกลีบเลี้ยงและกลีบดอกมีสีสันแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด ส่วนของกลีบดอกด้านในนั้น จะมีกลีบหนึ่งที่จะเปลี่ยนแปลงไป มีลักษณะไม่เหมือนกับกลีบอื่น เรียกว่า กลีบปาก (lip หรือ labellum) ก้านเกสรเพศผู้รวมกับก้านเกสรและยอดเกสรเพศเมียเรียกว่า เส้าเกสร (column) ที่มีฝากรอบอับเรณู (anther cap หรือ operculum) ซึ่งมักจะหลุดร่วงง่ายอยู่บริเวณส่วนปลายของเส้าเกสรปกคลุมส่วนของกลุ่มเรณู (pollinia) ไว้อย่างมิดชิด โดยเรณูของกล้วยไม้มักเกาะกันเป็นก้อนเหนียว ๆ เรียกว่า ก้อนเรณู บางสกุลมีส่วนเยื่อที่คล้ายก้านยึดติดกับกลุ่มเรณู เรียกว่า ก้านกลุ่มเรณู (caudicle หรือ stipe) ที่ปลายอีกด้านของแผ่นเยื่อ มักจะแผ่แบนเป็นตุ่ม และมีสารเหนียว ๆ ซึ่งทำให้กลุ่มเรณูเกาะติดไปกับหัวหรือขาของแมลงที่มาที่ดอกกล้วยไม้ได้โดยง่าย เรียกปุ่มหรือแป้นก้านกลุ่มเรณู (viscidium) และมีส่วนของจะงอย (rostellum) อยู่เหนือกลุ่มเรณู ด้านใต้ของอับเรณูจะเป็นส่วนของแองเกสรเพศเมีย (stigma) สำหรับรังไข่ (ovary) ของดอกกล้วยไม้ซึ่งเชื่อมกับแองเกสรเพศเมียจะอยู่ใต้ส่วนของเส้าเกสร (อบฉันท์ ไทยทอง, 2548)

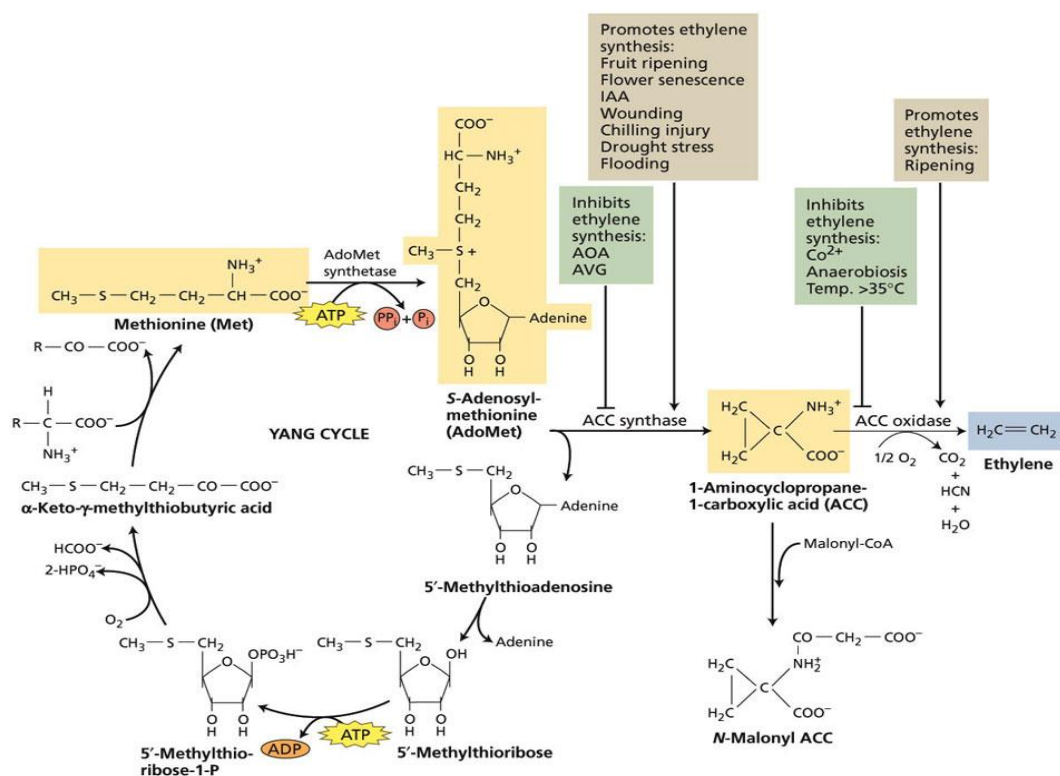
2. เอทิลีนและการเสื่อมตามอายุของดอกไม้

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีสถานะเป็นแก๊ส มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเสื่อมตามอายุของดอกไม้บางชนิด โดยเร่งให้เกิดการเสื่อมตามอายุและมีอายุการใช้งานสั้นลง ไม้ดอกบางชนิดที่ได้รับเอทิลีนแล้วแสดงลักษณะอาการเสื่อมตามอายุจัดได้ว่าเป็นไม้ดอกที่มีความไวต่อเอทิลีน ซึ่งแต่ละ

ชนิดจะมีความไวต่อเอทิลีนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นฐานทางพันธุกรรมของดอกไม้ชนิดนั้น นอกจากนี้ความเข้มข้นของเอทิลีนและระยะเวลาที่ได้รับ รวมไปถึงอายุที่เพิ่มขึ้นของดอกไม้ ก็เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาความไวต่อเอทิลีนในไม้ตัดดอก สำหรับดอกไม้ที่มีความไวต่อเอทิลีนสูง จะมีรูปแบบการเสื่อมตามอายุแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการเสื่อมตามอายุที่กลีบดอกแสดงอาการเหี่ยว (a petal-wilting type) ซึ่งถูกกระตุ้นด้วยเอทิลีน สามารถพบได้ในดอกไม้หลายชนิด เช่น ดอกคาร์เนชัน ดอกสวีสทีย์ และดอกกล้วยไม้ และรูปแบบการเสื่อมตามอายุที่กลีบดอกเกิดการหลุดร่วง (a petal-abscission type) ซึ่งการหลุดร่วงของกลีบดอกและกลีบเลี้ยงถูกควบคุมโดยเอทิลีนในไม้ดอกหลายชนิด เช่น ดอกไม้ในสกุล *Delphinium* แต่ในดอกไม้บางชนิด เช่น blue star (*Tweedia caerulea*) กลีบดอกหรือดอกทั้งดอกเกิดการหลุดร่วงหลังจากการเหี่ยว ซึ่งในกรณีนี้ การจำแนกรูปแบบขึ้นอยู่กับอาการที่เกิดขึ้นก่อน (Pareek, 2016) สำหรับรูปแบบการเสื่อมตามอายุที่กลีบดอกแสดงอาการเหี่ยวขึ้นอยู่กับปริมาณของเอทิลีนภายในดอกขณะเกิดการเสื่อมตามอายุ ซึ่งปริมาณของเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นสามารถกระตุ้นได้จากเอทิลีนเอง เรียกว่า autocatalysis โดยเอทิลีนสามารถสร้างได้จากอวัยวะทุกส่วนของดอก แต่จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน แม้จะเป็นอวัยวะเดียวกันก็อาจมีปริมาณของเอทิลีนแตกต่างกันในแต่ละส่วน เช่น ในกลีบดอกคาร์เนชัน พบว่าส่วนฐานของกลีบดอกมีปริมาณเอทิลีนมากกว่าส่วนของปลายกลีบ 10 เท่า (Mor et al., 1985) และปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นในดอกคาร์เนชัน เกิดขึ้นในเกสรเพศเมียก่อนกลีบดอก (ten Have and Woltering, 1997) ในดอกไม้สกุล *Portulaca* พบว่าเกสรเพศผู้สร้างเอทิลีนมากกว่าส่วนของกลีบดอกและเกสรเพศเมีย โดยเมื่อเกสรเพศผู้ถูกกระทบจากการสัมผัสจะมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มมากขึ้นเฉพาะในส่วนของเกสรเพศผู้ซึ่งสามารถกระตุ้นให้กลีบดอกเหี่ยวและเสื่อมตามอายุ สำหรับรูปแบบการเสื่อมตามอายุที่กลีบดอกเกิดการหลุดร่วง พบว่าในดอกไม้สกุล *Delphinium* เอทิลีนส่วนหลักสร้างมาจากเกสรเพศเมียและฐานรองดอก ซึ่งการเกิดบาดแผลบริเวณเกสรเพศเมียและฐานรองดอกสามารถกระตุ้นให้กลีบเลี้ยงหลุดร่วงได้ (Shimizu-Yumoto and Ichimura, 2009) ในดอกไม้สกุล *Digitalis* (Stead and Moore, 1979) และ *Torenia* (Goto et al., 1999) การสร้างเอทิลีนเกิดขึ้นมากในเกสรเพศเมีย ในขณะที่กลีบดอกสร้างเอทิลีนเพียงเล็กน้อย ดังนั้น ในพืชบางชนิดเอทิลีนที่สร้างจากส่วนของเกสรเพศเมียอาจเกี่ยวข้องกับการหลุดร่วงของกลีบดอก นอกจากนี้บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ นั้น ยังมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาในแต่ละส่วนของดอกไม้ ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับความไวของดอกต่อเอทิลีนด้วย เช่น การถ่ายเรณู การกำจัดเกสรเพศผู้ รวมไปถึงการเกิดบาดแผล

3. การสังเคราะห์เอทิลีน (ethylene biosynthesis)

กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน เริ่มต้นจากกรดอะมิโน methionine ถูกเปลี่ยนไปเป็น S-adenosylmethionine (SAM) โดยอาศัยเอนไซม์ SAM synthase ซึ่ง SAM จะถูกเปลี่ยนให้เป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยเอนไซม์ ACC synthase แล้ว ACC oxidase จะเปลี่ยน ACC ให้กลายเป็นเอทิลีน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน (Lincoln and Eduardo, 2002)

3.1. การถ่ายเรณู (pollination)

ในไม้ดอกหลายชนิดพบว่า การถ่ายเรณูเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมตามอายุของดอกไม้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในกลีบดอก เนื่องมาจากการถ่ายเรณูนั้นส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของเอทิลีนในดอกกล้วยไม้สกุล *Phalaenopsis* 'SM9108' 'Stewart' 'Carpinteria' และ 'CM' หลังจากได้รับการถ่ายเรณูจะมีการปลดปล่อยเอทิลีนจากส่วนของกลีบดอก และมีการทำงานของ

ACC oxidase และ ACC synthase เพิ่มสูงขึ้น แต่ ACC synthase นั้นมีการเพิ่มขึ้นเพียงช่วงนาที่สั้นๆ หลังได้รับการถ่ายเรณู ส่วนใน column และ labellum มีการทำงานของ ACC synthase และ ACC oxidase เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (O'Neill et al., 1993) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของดอกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากได้รับการถ่ายเรณู ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระยะ โดยในระยะแรก เป็นระยะก่อนที่จะได้รับการถ่ายเรณู ดอกบานยังคงมีความสมบูรณ์ กลีบดอกมีสีม่วงเข้ม ในระยะที่ 2 หลังจากได้รับการถ่ายเรณูเป็นเวลา 1 วัน พบว่ากลีบดอกมีการยกขึ้น ซึ่งเป็นระยะที่ดอกเริ่มหุบ ในระยะที่ 3 หลังจากได้รับการถ่ายเรณูเป็นเวลา 2 วัน กลีบดอกมีการหุบเข้ามาทั้งหมด และมีการเชื่อมตามอายุของดอก ในระยะที่ 4 ซึ่งเป็นระยะสุดท้าย หลังจากได้รับการถ่ายเรณูเป็นเวลา 7 วัน พบว่ากลีบดอกมีการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล และมีอาการตายของเนื้อเยื่อ (Razali et al., 2013) สำหรับในดอกกล้วยไม้สกุล *Dendrobium* หลังจากได้รับการถ่ายเรณู พบว่ามีปริมาณเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นในส่วนของเส้าเกสร (column) และรังไข่ ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของ ACC synthase และ ACC oxidase ที่พบใน column และรังไข่ แต่ในส่วนของกลีบดอกนั้น พบเพียงการเพิ่มขึ้นของ ACC oxidase เท่านั้น การเชื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุล *Dendrobium* จึงถูกชักนำจากเอทิลีนที่มีการสังเคราะห์ในบริเวณ column และรังไข่ แต่ไม่มีการสังเคราะห์เอทิลีนในส่วนของกลีบดอก ซึ่งเอทิลีนที่สังเคราะห์จากส่วน column และรังไข่นั้น อาจจะมีการแพร่ไปยังส่วนของกลีบดอก ทำให้เกิดการเชื่อมตามอายุของดอกได้ (Luangsuwalai et al., 2011)

3.2. การกำจัดเกสรเพศผู้ (emasculatation)

นอกจากดอกไม้ที่ได้รับการถ่ายเรณูจะถูกชักนำให้มีการเชื่อมตามอายุอย่างรวดเร็วแล้ว emasculatation หรือการกำจัดส่วนของเกสรเพศผู้ของดอกไม้ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สามารถชักนำให้เกิดกระบวนการเชื่อมของดอกกล้วยไม้ได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน ในกล้วยไม้ตัดดอกสกุล *Phalaenopsis* หลังจากนำกลุ่มเรณู (pollinia) ออกแล้ว จะมีการเพิ่มขึ้นของเอทิลีน และ ACC oxidase (O'Neill et al., 1993) สำหรับดอกกล้วยไม้ในสกุล *Cymbidium* ภายหลังจากการนำ pollinia ออกไป จะมีการปลดปล่อยเอทิลีนออกมาจากบริเวณของ central column ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งที่มีการทำงานเพิ่มขึ้นของ ACC synthase และ ACC oxidase แต่ในส่วนของกลีบดอกและ labellum นั้น มีการปลดปล่อยของเอทิลีน แต่ไม่พบการทำงานของ ACC synthase ดังนั้น เอทิลีนที่พบในกลีบดอกไม้ได้ถูกสังเคราะห์มาจาก SAM แต่อาจจะมีการสังเคราะห์ในส่วนของ column แล้ว

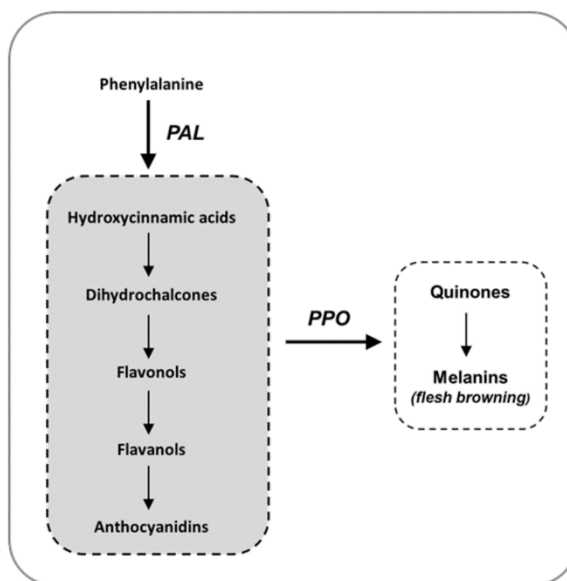
เคลื่อนย้ายมายังส่วนของกลีบดอก (Woltering and Somhorst, 1990) การทดลองให้ ACC ที่ติดฉลากด้วยสารกัมมันตรังสีแกมมาออกเทสเตรคเมียม พบว่า ACC ไม่มีการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่นของดอก แต่พบเอทิลีนที่ติดฉลากอยู่บริเวณกลีบดอก เมื่อให้เอทิลีนหรือเอทิลฟอนแกมมาออกเทสเตรคเมียม ก็พบว่าสามารถชักนำให้กลีบดอกสร้างเอทิลีนมากขึ้น ในดอกที่มีการกำจัดเทสเตรคเมียมผู้ส่งออกพบว่าการเชื่อมตามอายุของดอกไม่อย่างรวดเร็ว เมื่อทดลองให้ Aminoethoxyvinylglycine (AVG) และ CoCl_2 ก่อนที่จะให้ ACC แกมมาออกเทสเตรคเมียม พบว่าดอกที่ได้รับ AVG เมื่อให้ ACC ก็ยังคงมีการเพิ่มขึ้นของเอทิลีนและมีการเปลี่ยนแปลงสีของดอกเป็นสีแดงอย่างรวดเร็ว ส่วนดอกที่ได้รับ CoCl_2 ก่อนนั้น เมื่อให้ ACC พบว่ามีการสร้างเอทิลีนในปริมาณเล็กน้อย และมีการเปลี่ยนแปลงสีของดอกค่อนข้างช้า เนื่องจาก CoCl_2 สามารถยับยั้งกระบวนการสร้างเอทิลีน ไม่ให้มีการเปลี่ยน ACC ไปเป็นเอทิลีน แสดงให้เห็นว่าเอทิลีนเป็นสัญญาณที่สามารถเคลื่อนย้ายจากส่วนของเทสเตรคเมียมไปสู่ส่วนของกลีบดอกได้ (Woltering et al., 1995) นอกจากนี้การกำจัดเทสเตรคเมียมผู้ส่งออกจากดอก ยังมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกในกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* โดยพบว่ากำจัดเทสเตรคเมียมหรือกลุ่มเรณูส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสีของ lip ไปจากเดิม คือมีสีแดงเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการสะสมของแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น แต่ก็พบว่ากำจัดเทสเตรคเมียมผู้ส่งออกจากดอกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของ lip เช่นเดียวกับการให้เอทิลีนแก่ดอก จึงเป็นไปได้ว่าเอทิลีนเป็นตัวที่ควบคุมการสังเคราะห์ของแอนโทไซยานินขณะที่เกิดการเชื่อมตามอายุของดอก (Woltering and Somhorst, 1990) แต่การเชื่อมตามอายุของดอกไม่เนื่องจากการกำจัดเทสเตรคเมียมผู้ส่งออกนั้น เกิดขึ้นกับเฉพาะบางพันธุ์ จากการทดลองในดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* พบว่าบางพันธุ์เช่น Venus และ Love ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสด สีของ lip และปริมาณเอทิลีน หลังกำจัดเทสเตรคเมียม ในขณะที่บางสายพันธุ์ เช่น Amitsu, Hime และ Princess Masako มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (Suh et al., 1998)

3.3. การเกิดบาดแผล (wounding)

ในพืชบางชนิดพบว่าเกิดการเกิดบาดแผลสามารถกระตุ้นการเชื่อมตามอายุของพืชได้เร็วขึ้น และมีการตอบสนองต่อการเกิดบาดแผลโดยการสังเคราะห์เอทิลีนมากขึ้น ซึ่งเอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมให้พืชเกิดการเชื่อมตามอายุ การศึกษาในช่อดอกกล้วยไม้หลังจากการเก็บเกี่ยวพบว่ามีอาการเชื่อมตามอายุอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการสังเคราะห์ ACC และเอทิลีนเพิ่มขึ้นจากบาดแผลที่เกิดจากการ

ตัดช่อดอกออกจากต้น ซึ่งสามารถกระตุ้นให้ดอกย่อยผลิตเอทิลีนได้มากขึ้นด้วย จึงทำให้ดอกย่อยของ บล็อกโคลีเสื่อมตามอายุอย่างรวดเร็ว (Kato et al., 2002) การเกิดบาดแผลจากการตัดก้านชูอับเรณู และการดึงเอาส่วนเกสรเพศเมียออกในดอกไม้สกุล *Portulaca Hybrid* พบว่าสามารถกระตุ้นให้เกิด การเสื่อมตามอายุของดอกอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การเกิดบาดแผลบริเวณก้านชูอับเรณู ส่งผลต่อ การเสื่อมตามอายุเร็วกว่าส่วนอื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนแผลที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นการสร้าง เอทิลีนให้เพิ่มมากขึ้นและเร็วกว่าปกติ (Ichimura and Suto, 1998) นอกจากนี้ การเกิดบาดแผลที่ บริเวณยอดเกสรตัวเมียในดอกแวมยูรากีส่งผลกระตุ้นให้กลีบดอกมีการหลุดร่วง เนื่องจากการ สังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (Goto et al., 1999)

จากการศึกษาในพืชหลายชนิด พบว่าการเกิดบาดแผลเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของพืช รวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอล (phenolic compound) มี การสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นเมื่อพืชเกิดบาดแผล (Tomás-Barberán and Espín, 2001) โดยการ เกิดสีน้ำตาลในพืชนั้น เกิดจากเอนไซม์ polyphenol oxidase กระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของ สารประกอบฟีนอลให้เปลี่ยนไปเป็นควิโนน (quinone) จากนั้นควิโนนจะเกิดการรวมตัวกันเป็น โมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกรวม ๆ ว่า melanin สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้น ปฏิกิริยาของเอนไซม์ polyphenol oxidase มีกรดอะมิโน phenylalanine เป็นสารตั้งต้นหลัก โดย มีเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ควบคุมปริมาณการสังเคราะห์สารประกอบ ฟีนอล (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ปฏิกิริยาของ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ในการสังเคราะห์สารประกอบ ฟีนอล และปฏิกิริยาของ polyphenol oxidase ซึ่งใช้สารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้น (Di Guardo et al., 2013)

4. การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเสื่อมตามอายุของดอกไม้

4.1. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน

ในระหว่างการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ พบว่าปริมาณโปรตีนภายในดอกลดลง ซึ่งโปรตีนที่เคยมีขนาดใหญ่จะถูกย่อยสลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก เนื่องจากมีการย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีนในระยะเริ่มต้นของการเสื่อมตามอายุเพื่อลำเลียงออกจากกลีบดอกไปยังส่วนอื่น ๆ ของดอก การศึกษาในกลีบดอก *Ipomoea purpurea* ซึ่งมีการลำเลียงกรดอะมิโนไปยังโพลีเอม พบการสะสมของกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น 4 เท่าในโพลีเอมในระหว่างที่ดอกบานจนถึงดอกเสื่อมตามอายุ การย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีนเกิดจากการทำงานของกลุ่มเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีน เช่น proteinase และ cysteine protease โดยเอนไซม์กลุ่มนี้มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นขณะดอกไม้เสื่อมตามอายุ และจากการทดลองให้ตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์กลุ่ม protease พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์กลุ่มนี้ลดลง และสามารถชะลอการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ได้ (van Doorn and Woltering, 2008) นอกจากนี้ การศึกษาในกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ชาวสวนาน’ ที่ได้รับเอทิลีนพบว่าโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำลดลง ซึ่งโปรตีนชนิดนี้เป็นโปรตีนที่พบบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์และมีกิจกรรม

ของเอนไซม์ protease ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงมีการแสดงออกของยีน *DenCys1* (cysteine peptidase) มากขึ้น (Lerslerwong et al., 2009)

4.2. การเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์

การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ในระหว่างการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไขมันที่ลดลงและการทำลายไขมันชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้สารซึมผ่านเข้า-ออกเพิ่มขึ้น สารต่าง ๆ รวมทั้งสารสี กรดอะมิโน น้ำตาล และไอออนต่าง ๆ จึงรั่วไหลออกจากเซลล์ นอกจากนี้การที่เยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติเปลี่ยนไป เช่น มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว มีการเปลี่ยนแปลงลิพิดเพอร็อกซิเดชัน (lipid peroxidation) การลดลงของปริมาณฟอสโฟลิพิดที่เยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากมีกิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase เพิ่มขึ้น ก็ส่งผลต่อการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ (Shahri and Tahir, 2011)

จากการศึกษาพบว่ายีนต่าง ๆ ที่ควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายกรดไขมันมีการแสดงออกมากขึ้นเมื่อดอกไม้เสื่อมตามอายุ โดยการสลายของไขมันที่เกิดขึ้น ส่วนหนึ่งเกิดจากการสังเคราะห์สารประกอบบางชนิด เช่น wax esters ซึ่งได้มาจากการสลายตัวของกรดไขมัน (van Doorn and Woltering, 2008) ในกลีบดอกกุหลาบพบว่ายีน *Rlox1* แสดงออกมากขึ้นและกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะการเสื่อมตามอายุ (Fukuchi-Mizutani et al., 2000) ในดอกคาร์เนชัน พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ lipase หรือ lipolytic acyl hydrolase และ lipoxygenase ซึ่งเกี่ยวข้องและเป็นจุดเริ่มต้นทำให้เกิดการรั่วไหลของเยื่อหุ้มเซลล์ (Rouet-Mayer et al., 1992) การศึกษาในดอกไอริส พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความคงตัวของเยื่อหุ้มลดลงในระหว่างการเสื่อมตามอายุ (Ahmad and Tahir, 2016)

4.3. การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต

การเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตในดอกไม้นั้น ถือว่ามีความสำคัญต่ออายุของดอกไม้ไม่น้อย เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารสะสมที่สำคัญของดอก หากดอกไม้มีการใช้อาหารสะสมจนหมด ก็ไม่สามารถส่งผลให้เกิดการเสื่อมตามอายุของดอก เห็นได้จากการให้น้ำตาล ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตแก่

ดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว สามารถยืดอายุของดอกไม้ได้ ทั้งนี้เพราะว่า หลังจากที่ดอกไม้ถูกตัดออกจากต้น ก็จะไม่ได้รับการลำเลียงอาหารมาจากส่วนอื่น ๆ ของต้นอีก การให้น้ำตาลจึงช่วยให้ดอกนำไปใช้ในการหายใจเพื่อการอยู่รอดและอาจมีส่วนช่วยในเรื่องของรักษาสมดุลของน้ำ ลดความไวต่อเอทิลีนในดอกไม้บางชนิดได้ น้ำตาลจึงมีส่วนในการช่วยชะลอการเสื่อมตามอายุของกลีบดอกในดอกไม้ที่มีความไวต่อเอทิลีน (van Doorn, 2004) การทดลองให้น้ำตาล sucrose และ glucose ความเข้มข้น 4 g L^{-1} ร่วมกับสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแก่ดอกกล้วยไม้สกุล *Dendrobium* พบว่าสามารถช่วยกระตุ้นให้ดอกตูมบาน ชะลอการเสื่อมตามอายุของกลีบดอกและมีแนวโน้มที่จะช่วยชะลอการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานได้ (Pattaravayo et al., 2013)

4.4. การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์บริเวณผนังเซลล์

ในระหว่างการเสื่อมตามอายุและการหลุดร่วงของดอกไม้ พบว่าสิ่งหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงคือการทำงานของเอนไซม์บริเวณผนังเซลล์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมตามอายุของดอก การทดลองให้เอทิลีนแก่ดอกกล้วยไม้ *Dendrobium* 'Miss Teen' แล้วศึกษาบริเวณของการหลุดร่วง (abscission zone) พบว่าในดอกที่ได้รับเอทิลีนจากภายนอก มีการทำงานเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการแยกสลายของผนังเซลล์ ในส่วนของเอนไซม์ pectin methylesterase (PME) นั้น พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับบริเวณของการหลุดร่วง (Bunya-atichart et al., 2011) สอดคล้องกับการศึกษาในการถ่ายเรณูของดอกไม้ ที่เป็นสาเหตุหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดการเสื่อมตามอายุของดอกไม้ การทดลองในดอกกล้วยไม้ *Dendrobium* 'Madame Pompadour' พบว่ามีการเสื่อมตามอายุของดอกเร็วขึ้นหลังจากได้รับการถ่ายเรณู และมีการทำงานของเอนไซม์ PG และ pectate lyase (PL) เพิ่มขึ้นในส่วนของกลีบดอก แต่มีการทำงานของเอนไซม์ PG สูงกว่า โดยเอนไซม์ทั้งสองตัวมีหน้าที่ในการสลายเพกติน (pectin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการทำงานของเอนไซม์ cellulase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการสลาย cellulose เพิ่มขึ้นในส่วนของกลีบดอกเช่นกัน ในส่วนของเอนไซม์ PME นั้น ก็พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อรับได้รับการถ่ายเรณูเช่นเดียวกับการศึกษาในบริเวณของการหลุดร่วง เห็นได้ว่าการเสื่อมตามอายุของดอกไม้หลังได้รับการถ่ายเรณูนั้น ส่วนหนึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์บริเวณผนังเซลล์ (Razali et al., 2013)

5. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยไม้

หลังจากการเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้ จะมีการเปลี่ยนแปลงของดอกเกิดขึ้น โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางสรีรวิทยา ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกกล้วยไม้นั้น สามารถทำได้โดยการชะลอการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยในดอกไม้ที่มีความไวต่อเอทิลีนสามารถใช้สารที่มีผลต่อเอทิลีนด้วยกลไกการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ ดังนี้

1. สารยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน (ethylene biosynthesis inhibitors) เช่น aminoethoxy vinylglycine (AVG), aminooxyacetic acid (AOA)
2. สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (ethylene action inhibitors) เช่น silver thiosulfate (STS), 1-methylcyclopropene (1-MCP)

6. 1-methylcyclopropene (1-MCP)

1-MCP เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน ทั้งในด้านของการยืดอายุและรักษาคุณภาพของผลผลิต รวมถึงใช้ในงานวิจัยเพื่อศึกษาให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในการตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน ในสถานะที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน 1-MCP จะอยู่ในรูปของแก๊ส ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 54 ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม และไฮโดรเจน 6 อะตอม มีสูตรโมเลกุลคือ C_4H_6 เนื่องจาก 1-MCP มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยจะไปแย่งจับกับบริเวณรับ (receptor site) ของเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถเข้าจับบริเวณรับได้ ส่งผลให้พืชไม่มีการตอบสนองต่อเอทิลีน (Sisler and Serek, 1997) จึงทำให้มีการนำ 1-MCP มาใช้ในการค้า เพื่อใช้ยืดอายุไม้ดอกไม้ประดับ ซึ่งผลิตโดยบริษัท Floralife เป็นบริษัทแรก โดยอยู่ในรูปของผง α -cyclodextrin ที่สามารถปลดปล่อย 1-MCP ออกมาได้เมื่อผสมด้วยน้ำ จากการศึกษาพบว่า 1-MCP มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสัตว์ อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้เพียงปริมาณเล็กน้อย การหาค่า LC_{50} โดยทดลองให้ 1-MCP แก่หนูมากกว่า 2.5 mg /L หรือ 1.126 ppm (v/v) ในบรรยากาศ ในการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน พบว่าไม่ทำให้หนูตายหรือมีอาการในระบบพิษวิทยา จึงทำให้ 1-MCP เป็นที่นิยมในการใช้ยืดอายุของดอกไม้ (Blankenship and Dole, 2003)

จากการศึกษาในไม้ตัดดอกหลายชนิด รายงานว่าการให้ 1-MCP สามารถป้องกันความเสียหายเนื่องจากเอทิลีนจากภายนอกได้ ซึ่งรวมไปถึงช่วยป้องกันการเหี่ยวและการหลุดร่วงของดอกสต็อก (stock-metthiola) การหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานในลิลลี่ (*Lilium*) การหลุดร่วงของกลีบดอกและการเหี่ยวของช่อดอกของดอกคาร์เนชั่น (carnation) นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนักสดและการหลุดร่วงในดอก boronia ป้องกันการหลุดร่วงของเกสรเพศผู้ในดอก metrosideros (*Metrosideros collina*) ช่วยยืดอายุและรักษาน้ำหนักสดในดอกพิทูเนีย (Blankenship and Dole, 2003)

การทดลองให้ 1-MCP แก่ดอกกล้วยไม้สกุล *Dendrobium* บางชนิด พบว่าสามารถช่วยยับยั้งการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานได้เป็นอย่างดี (นฤมล เตือนสติ, 2558; ภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ, 2555) ซึ่งจากการทดสอบให้เอทิลีนแก่ช่อดอกกล้วยไม้นั้น 1-MCP สามารถช่วยป้องกันการหลุดร่วงของทั้งดอกตูมและดอกบานได้ถึง 7 วันหลังจากที่ได้รับเอทิลีน และยังมีทดลองให้ 1-MCP แก่ช่อดอกกล้วยไม้ก่อนที่จะทำการบรรจุลงกล่องเพื่อการขนส่ง พบว่าการให้ 1-MCP ช่วยลดความเข้มข้นของเอทิลีนภายในกล่องได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของดอกกล้วยไม้ ซึ่งจะมีการตอบสนองต่อปริมาณเอทิลีนที่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ เมื่อวัดค่าการทำงานของ ACC synthase และอัตราการเปลี่ยน ACC ไปเป็นเอทิลีน พบว่า 1-MCP ไม่มีผลต่อการทำงานของ ACC synthase ในดอกตูม แต่มีผลให้การทำงานของ ACC synthase ลดลงในดอกบาน ดังนั้น ดอกกล้วยไม้ที่รับ 1-MCP จะมีการลดการเปลี่ยน ACC ไปเป็นเอทิลีนในดอกตูม อาจเนื่องจาก 1-MCP ไปยับยั้งการทำงานของ ACC oxidase ส่วนในดอกบานนั้นการให้ 1-MCP มีผลเล็กน้อยในการเปลี่ยน ACC เป็นเอทิลีน ดังนั้นการให้ 1-MCP แก่ดอกกล้วยไม้ก่อนบรรจุเพื่อการขนส่งนั้น สามารถช่วยยืดอายุของดอกไม้ และลดการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานได้ (Uthaichay et al., 2007) การศึกษาในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน พบว่า 1-MCP สามารถยืดอายุการปักแจกัน ลดการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน โดยชะลอการลดลงของปริมาณเพกตินในบริเวณ abscission zone ในกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน (นฤมล เตือนสติ, 2558) ทั้งยังสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ dehydroascorbate reductase (DHAR) และ glutathione reductase (GR) ซึ่งเป็นกลุ่มเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระผ่านวัฏจักรแอสคอร์เบต-กลูตาไทโอน (ภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ, 2555) นอกจากนี้การศึกษาผลของการเก็บรักษาช่อดอกกล้วยไม้สกุล *Dendrobium* ที่อุณหภูมิต่ำ ปรากฏลักษณะอาการสะท้อนหนาว (cilling injury) โดยมีค่าการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage;

EL) เพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อให้ 1-MCP ก่อนที่จะเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ พบว่าสามารถลดการเกิดอาการ สะท้อนหนาว และทำให้ค่าการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดอกที่ไม่ได้รับ 1-MCP ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดอาการสะท้อนหนาวในดอกกล้วยไม้ นั้น เกี่ยวข้องกับความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีผลมาจากสัญญาณของเอทิลีนเพิ่มขึ้นในขณะเกิดอาการสะท้อนหนาว (Phetsirikoon et al., 2012)

การใช้ 1-MCP ยังมีผลในการยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้ที่ส่วนของกลุ่มเรณู ได้รับความเสียหาย ซึ่งก่อนหน้านี้ก็ได้มีการรายงานว่า ความเสียหายของเรณู การกำจัดเกสรเพศผู้ หรือการถ่ายเรณูในดอกกล้วยไม้มีผลให้ดอกเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (Woltering et al., 1995) การศึกษาในดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* ทดลองให้ 1-MCP และเอทิลีน พบว่าดอกที่ได้รับทั้ง 1-MCP ความเข้มข้น 150 ppb และเอทิลีนความเข้มข้น 3 ppm มีอายุการปักแจกันถึง 18.6 วัน ในขณะที่ดอกที่ไม่ได้รับ 1-MCP มีอายุการปักแจกันเพียงแค่ 10.8 วัน และในดอกที่ไม่มีการให้เอทิลีนก็ให้ผลเช่นเดียวกัน แต่ในหลายการศึกษาพบว่าการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ อย่างเช่น 0.5 ppb ก็สามารถให้ผลในการยืดอายุได้เช่นกัน เนื่องจาก 1-MCP เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูง แม้ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ส่วนในดอกที่มีความเสียหายของเรณู เมื่อให้ 1-MCP พบว่ามีอายุการปักแจกันที่นานกว่าดอกที่ไม่ให้ 1-MCP ถึง 11 วัน (Heyes and Johnston, 1998)

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชทดลอง

กล้วยไม้ที่นำมาใช้ในการศึกษาคือกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ (*Dendrobium* ‘Mali White’) จากสวนกล้วยไม้ อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร คัดเลือกช่อดอกกล้วยไม้ที่มีลักษณะดี ไม่มีรอยแผล ขนาดดอกสม่ำเสมอ โดยให้มีจำนวนดอกบานใกล้เคียงกันจำนวน 4-6 ดอก และมีความยาวของช่อดอก 40-45 เซนติเมตร ขนส่งด้วยรถยนต์ปรับอากาศ โดยใช้ระยะเวลาในการเดินทางถึงห้องปฏิบัติการประมาณ 3 ชั่วโมง

2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับการรมกล้วยไม้

ถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร

หลอดทดลอง

หลอดปักกล้วยไม้

ปีกเกอร์

น้ำกลั่น

เทพกาว

ไม้บรรทัด

กรรไกรตัดกิ่ง

กะละมังพลาสติก

ปากคีบปลายแหลม

เข็มฉีดยาและกระบอกฉีดยา

แผ่นโฟม

เชือก

2.1 อุปกรณ์สำหรับศึกษาอายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้

หลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 15 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น

แผ่นโฟม

กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

2.3 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาปริมาณเอทิลีนภายในช่อดอกและดอกย่อย

เข็มฉีดยาและกระบอกฉีดยา

แก๊สเอทิลีน

ขวดเก็บตัวอย่างแก๊สเอทิลีน

เครื่อง Gas Chromatograph รุ่น 7980B (Agilent Technologies, Germany)

2.4 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาการร่วงไหลของประจุ

หลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 50 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น

กรรไกร

ไม้บรรทัด

2.5 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาผลของ 1-MCP ต่อปริมาณ total phenolic compound และกิจกรรมของเอนไซม์ protease lipoxygenase polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonia lyase

ตู้แช่แข็งที่ -80 องศาเซลเซียสสำหรับเก็บตัวอย่าง

กล่องโฟมรักษาความเย็น

แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์

เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

โกร่ง

เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge)

เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)

หลอดทดลองขนาดเล็ก

หลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 15 มิลลิลิตร

microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

ไมโครปิเปตต์ และไมโครปิเปตต์ทิว

Spatula

Water bath

Spectrophotometer รุ่น G1103A (Agilent Thechnologies, Germany)

3. สารเคมี

3.1 สารเคมีสำหรับการหมักช่อดอกกล้วยไม้

1-methylcyclopropene (1-MCP) (EthylBloc®, FloraLife, USA) (ภาคผนวก ข)

Ethylene ความเข้มข้น 1 %

น้ำกลั่น

3.2 สารเคมีสำหรับการศึกษาปริมาณ Total phenolic compound

Ethanol 80%

Na₂CO₃ 2% (Ajax Finechem, Australia)

Folin & Ciocalteu's phenol reagent 50% (Sigma-Aldrich, Co., USA.)
(ภาคผนวก ข)

3.3 สารเคมีสำหรับการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ protease, lipoxygenase polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonia lyase

3.3.1 สารเคมีสำหรับการสกัดเอนไซม์ protease

Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 0.05 M pH 7.4 (ภาคผนวก ข)

3.3.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ protease

Na-acetate ความเข้มข้น 0.05 M pH 5 (Ajax Finechem, Australia)

Azocasein 0.5% (Sigma-Aldrich, Co., USA.)

TCA 50% (Sigma-Aldrich, Co., USA.)

NaOH ความเข้มข้น 10 M (DAEJUNG, Korea)

3.3.3 สารเคมีสำหรับการสกัดเอนไซม์ lipoxygenase, polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonia lyase

Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7 (ภาคผนวก ข)

PVPP 1% (Sigma-Aldrich, Co., USA.)

3.3.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase

Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7 (ภาคผนวก ข)

Sodium linoleic acid ความเข้มข้น 0.01 M (Alfa Aesar, England)

3.3.5 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase

Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7 (ภาคผนวก ข)

Pyrocathchol ความเข้มข้น 0.1 M (Sigma-Aldrich, Co., USA.)

3.3.6 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase

Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7 (ภาคผนวก ข)

L-phenylalanine ความเข้มข้น 0.1 M (Alfa Aesar, England)

tran-Cinnamic acid, 99+% (Alfa Aesar, England)

4. วิธีการศึกษา

4.1 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่ออายุการปักแจกันและคุณภาพของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’

ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแบ่งช่อดอกกล้วยไม้ออกเป็น 4 ชุด ชุดละ 4 ช่อ ๆ ละ 5 ช่อดอก ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ชุดควบคุม

ชุดทดลองที่ 2 รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง

ชุดทดลองที่ 3 รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง

ชุดทดลองที่ 4 รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/L}$ นาน 24 ชั่วโมง

หลังจากรมด้วยเอทิลีนและ 1-MCP แล้ว เก็บรักษาดอกกล้วยไม้ทั้งหมดในห้องที่มี อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาพแสงฟลูออเรสเซนต์วันละ 12 ชั่วโมง บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุก 2 วันหลังจากรมด้วย 1-MCP และเอทิลีน หรือกระทั่งหมดอายุการปักแจกัน โดยบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้

4.1.1 อายุการปักแจกันตามวิธีของนริสา อุทัยฉาย (2546)

กำหนดให้ช่อดอกกล้วยไม้ที่มีดอกบานเสื่อมสภาพมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของดอก บานเริ่มต้นเป็นช่อดอกที่หมดอายุการปักแจกัน โดยดอกบานเสื่อมสภาพ คือ ดอกบาน เกิดอาการคว่ำ สังเกตเห็น เส้นเวน (vein) ชัดเจน กลีบดอกซีดหรือเหลือง ดอกเหี่ยว หรือร่วง

4.1.2 ลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของกลีบดอกโดยการให้คะแนนคุณภาพของกลีบ ดอก ตามเกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีของศิริโรรัตน์ เขียนแมน (2554) (ภาพที่ 3)

คะแนน 4 ลักษณะดอกและสีดอกตรงตามลักษณะสายพันธุ์ ก้านดอกไม่โค้งงอ

คะแนน 3 เริ่มเห็นเส้นเวนที่กลีบดอกและสีดอกซีดลง ก้านดอกไม่โค้งงอ

คะแนน 2 เห็นเส้นเวนที่กลีบดอกชัดเจนมากขึ้น สีของกลีบดอกมีการเปลี่ยนสี

ก้านดอกโค้งลง

คะแนน 1 สีกลีบดอกเป็นสีน้ำตาลประมาณ 50% ของกลีบดอก ก้านดอกโค้งลง หรือดอกร่วงจากช่อดอก



ภาพที่ 3 คะแนนลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของกลีบดอก

4.1.3 การหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$\% \text{ การหลุดร่วงของดอกตูม} = \frac{\text{จำนวนดอกตูมที่ร่วงสะสม}}{\text{จำนวนดอกตูมเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\% \text{ การหลุดร่วงของดอกบาน} = \frac{\text{จำนวนดอกบานที่ร่วงสะสม}}{\text{จำนวนดอกบานเริ่มต้น}} \times 100$$

4.1.4 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase โดยเก็บตัวอย่างกลีบดอกในวันที่ 0, 4, 8 และ 12 หลังจากได้รับการรมด้วย 1-MCP และเอทิลีน เลือกเก็บดอกบานตำแหน่งที่ 2 และ 3 นับจากดอกบานบนสุดของช่อดอก และนำสารสกัดไปวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase (Aghdam et al., 2015)

4.2 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแบ่งช่อดอกกล้วยไม้ออกเป็น 5 ชุด ชุดละ 4 ช่อ ๆ ละ 5 ช่อ

ชุดทดลองที่ 1 ชุดควบคุม

ชุดทดลองที่ 2 ดอกกล้วยไม้ที่มีบาดแผลจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

ชุดทดลองที่ 3 รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมง

ชุดทดลองที่ 4 ดอกกล้วยไม้ที่มีบาดแผลจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด ก่อน

รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมง

ชุดทดลองที่ 5 รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมงก่อนเกิด

บาดแผลจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

สำหรับการทำให้เกิดบาดแผลในดอกกล้วยไม้ ทำโดยใช้ปากคีบปลายแหลมดึงกลุ่มเรณูและฝักปิด ออกจากดอกบานตำแหน่งที่ 2 และ 3 นับจากดอกบานบนสุดของช่อดอก

จากนั้นบันทึกการเปลี่ยนแปลงทุก 2 วัน หลังจากได้รับการรมด้วย 1-MCP หรือกระทั่งหมุดอายุการปักแจกัน โดยบันทึกค่าต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 อายุการปักแจกันตามวิธีของนริสา อุทัยฉาย (2546)

4.2.2 ลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของกลีบดอกโดยการให้คะแนนคุณภาพของกลีบดอกตามเกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีของศิริรัตน์ เขียนแมน (2554)

4.2.3 เปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน

4.3 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีบางประการของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

ทดลองเหมือนข้อ 4.2 โดยแบ่งช่อดอกกล้วยไม้ออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดละ 4 ช่อ ๆ ละ 2 ช่อโดยศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

4.3.1 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อปริมาณแก๊สเอทิลีนภายในดอกตามวิธีของภูมิพงษ์ ช่วยสุวรรณ (2555) โดยวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatograph (ภาคผนวก ข)

4.3.2 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ในกลีบดอกโดยพิจารณาจากค่าการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage) ตามวิธีของวีรณัฐ ศักดิ์สิงห์ (2553)

เก็บตัวอย่างดอกกล้วยไม้ในวันที่ 0, 4, 8 และ 12 โดยตัดส่วนของกลีบดอกขนาด 0.5×0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น นำไปแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง conductivity meter แล้วนำตัวอย่างกลีบดอกไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าการรั่วไหลของประจุตามสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ} = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าก่อนต้ม} \times 100}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าหลังต้ม}}$$

4.3.3 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ protease ในดอกที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปัด โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 4, 8 และ 12 หลังจากได้รับการรมด้วย 1-MCP เลือกเก็บดอกบานตำแหน่งที่ 2 และ 3 นับจากดอกบานบนสุดของช่อดอก จากนั้นนำไปวัดปริมาณโปรตีน และกิจกรรมของเอนไซม์ protease (Lerslerwong et al., 2009) (ภาคผนวก ข)

4.3.4 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปัด โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 4, 8 และ 12 หลังจากได้รับการรมด้วย 1-MCP เลือกเก็บดอกบานตำแหน่งที่ 2 และ 3 นับจากดอกบานบนสุดของช่อดอก จากนั้นนำไปวัดกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (Jiang Y. and Joyce, 2003) (ภาคผนวก ข)

4.3.5 ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase และ polyphenol oxidase โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 4, 8 และ 12 หลังจากได้รับการรมด้วย 1-MCP เลือกเก็บดอกบานตำแหน่งที่ 2 และ 3 นับจากดอกบานบนสุดของช่อดอก จากนั้นนำไปวัดกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (Jiang Y. and Joyce, 2003) และ polyphenol oxidase (Aghdam et al., 2015) (ภาคผนวก ข)

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองด้วย one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และสำหรับคะแนนคุณภาพของกลีบดอกวิเคราะห์โดยสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ด้วย Kruskal- Wallis test และเปรียบเทียบความต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Dunn's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. สถานที่ปฏิบัติงาน

ห้องปฏิบัติการไฟโตตรอน ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของพืช และห้องปฏิบัติการกลาง ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 ผลการศึกษา

1. ผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’

1.1 อายุการปักแจกัน

จากการศึกษาผลของ 1-MCP ต่ออายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์มะลิไวท์ พบว่าชุดควบคุมมีอายุการปักแจกัน 8.9 ± 0.4 วัน ในขณะที่ชุดการทดลองที่รมด้วยเอทิลีนมีอายุการปักแจกันเพียง 4.4 ± 0.2 วัน ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุม ชุดการทดลองที่รม 1-MCP เพียงอย่างเดียว และรม 1-MCP ก่อนรมด้วยเอทิลีน มีอายุการปักแจกัน 11.4 ± 0.2 และ 11.1 ± 0.2 วัน ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองชุดการทดลองมีอายุการปักแจกันมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

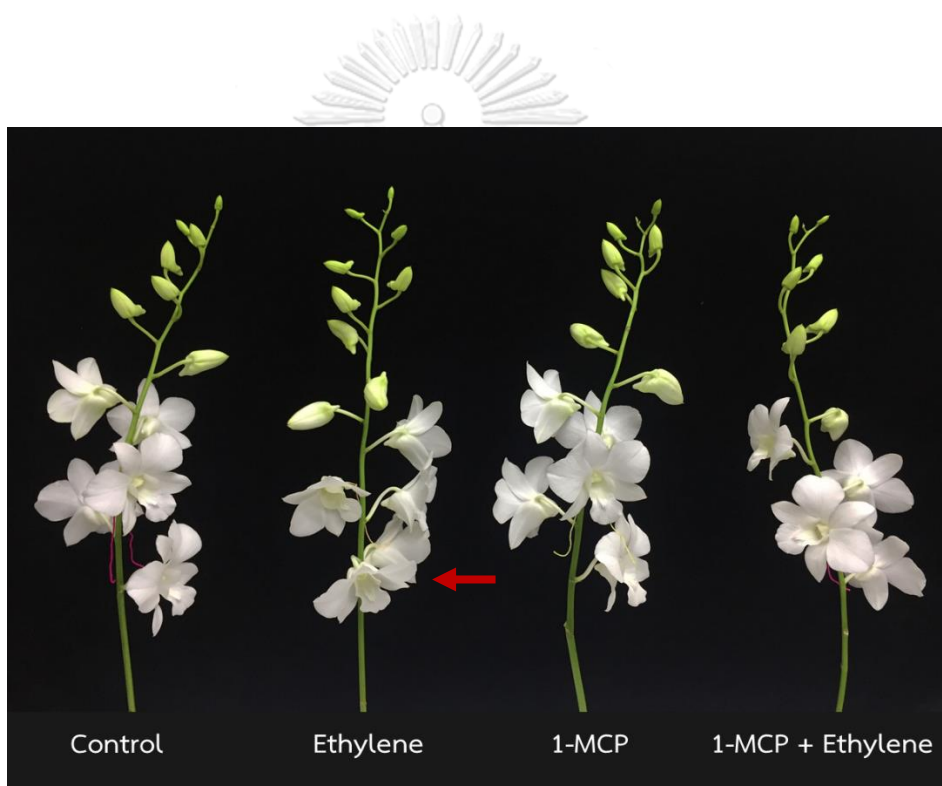
ตารางที่ 1 อายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น $0.5 \mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น $0.4 \mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Vase life (days \pm SE)
Control	8.9 ± 0.4^b
Ethylene	4.4 ± 0.2^c
1-MCP	11.4 ± 0.2^a
1-MCP + Ethylene	11.1 ± 0.2^a

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 ลักษณะการเสื่อมตามอายุของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’

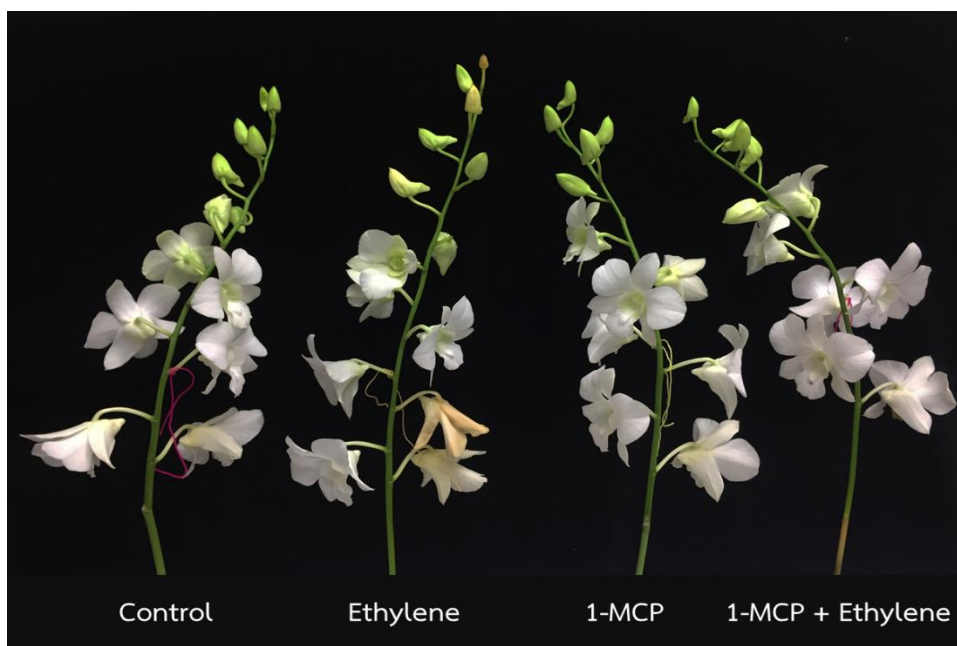
ลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง พบว่า ช่อดอกที่รมเอทิลีน เริ่มปรากฏลักษณะอาการดอกคว่ำ (ลูกศรชี้) ตั้งแต่หลังจากการรม ในขณะที่ช่อดอกที่รมด้วย 1-MCP และรมด้วย 1-MCP ก่อนรมเอทิลีน ปรากฏลักษณะอาการเสื่อมสภาพของกลีบโดยเห็นเส้นท่อน้ำเลี้ยงชัดขึ้น กลีบเลี้ยงและกลีบดอกเริ่มเปลี่ยนสีเพียงเล็กน้อย ในวันที่ 12 เมื่อเปรียบเทียบกับช่อดอกควบคุม (ภาพที่ 4-6)



ภาพที่ 4 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ช่อดอกควบคุม ช่อดอกที่รมด้วย 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีน 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 0 วัน



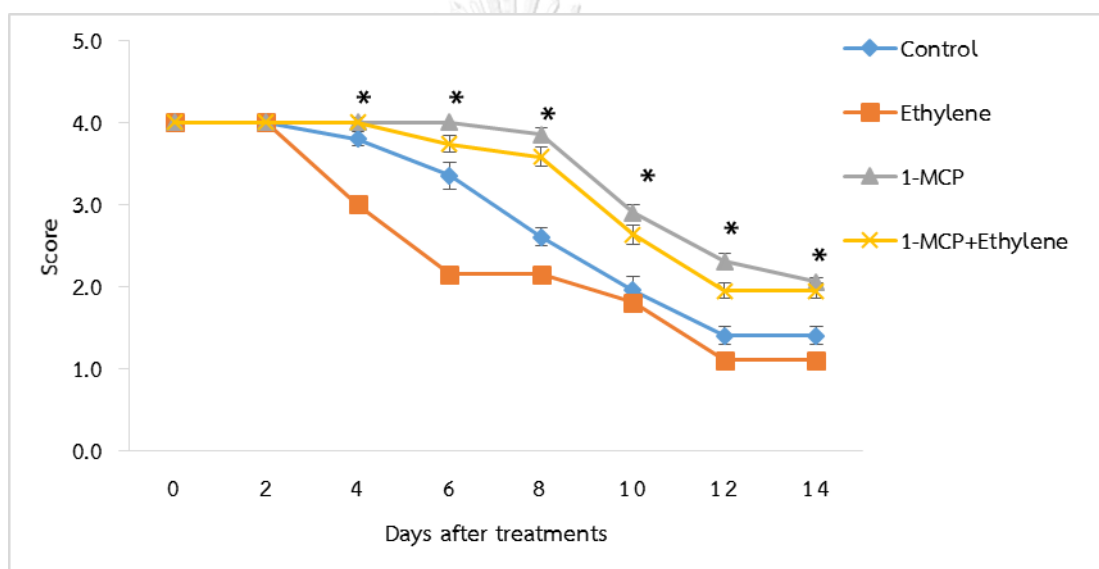
ภาพที่ 5 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีน 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 8 และ 12 วัน เป็นเวลา 4 วัน (A) และ 8 วัน (B)



ภาพที่ 6 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีน 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 วัน

1.3 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ ‘มะลิไวท์’

คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ ‘มะลิไวท์’ พบว่าชุดการทดลองที่รมด้วยเอทิลีน มีคะแนนคุณภาพเฉลี่ยน้อยที่สุดตั้งแต่วันที่ 4 ของการทดลองเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น และในวันที่ 10 ของการทดลองพบว่าชุดควบคุมมีค่าคะแนนคุณภาพเฉลี่ยน้อยลง ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่รมเอทิลีน ในขณะที่ชุดการทดลองที่รม 1-MCP และรม 1-MCP ก่อนรมด้วยเอทิลีนมีคะแนนคุณภาพของกลีบดอกสูงกว่าชุดควบคุมและชุดที่รมเอทิลีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

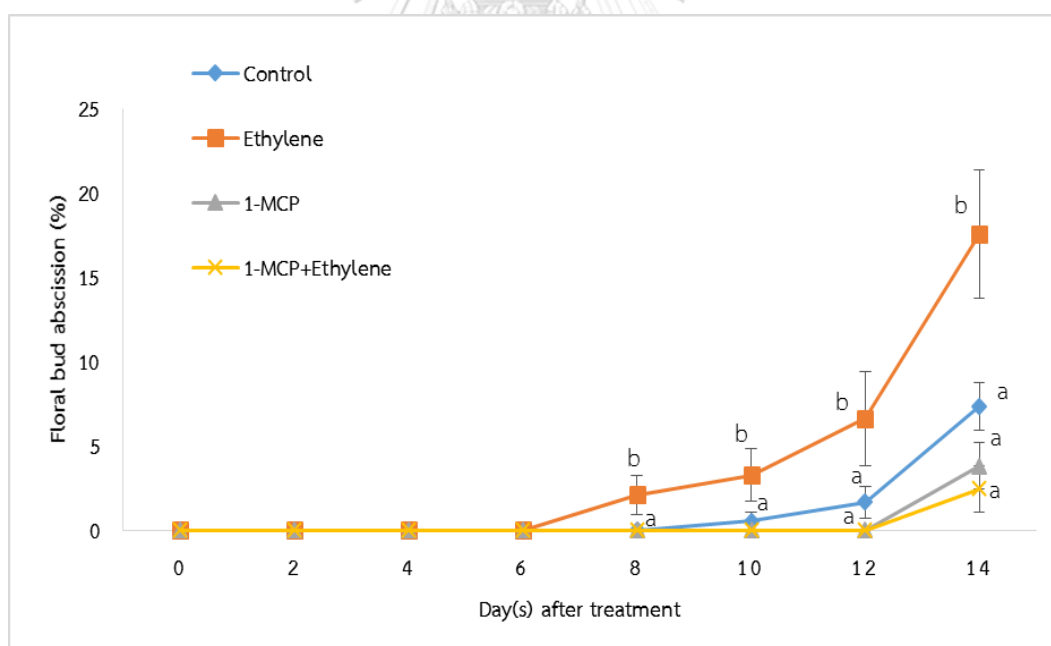
ภาพที่ 7 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย Kruskal- Wallis test และเปรียบเทียบความต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Dunn's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

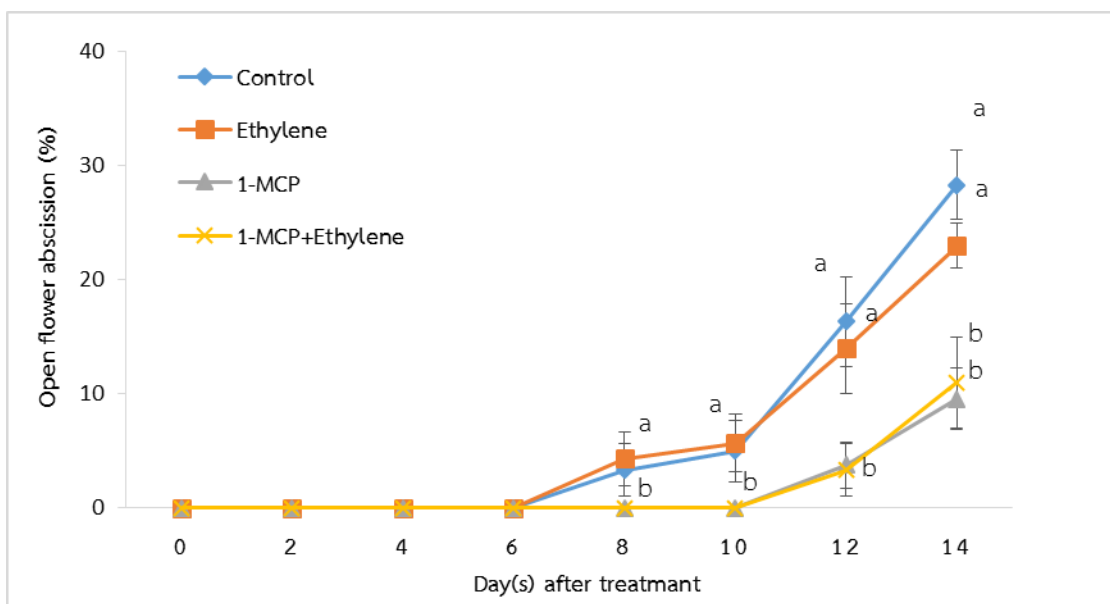
1.4 การหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน

การหลุดร่วงของดอกตูมของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่าชุดการทดลองที่รมเอทิลีนเริ่มมีการหลุดร่วงของดอกตูมตั้งแต่วันที่ 8 ($2.10 \pm 1.16\%$) หลังจากการรม และมีอัตราการหลุดร่วงเพิ่มขึ้นตลอดจนถึงสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 14 ($17.58 \pm 3.77\%$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงมากกว่าชุดการทดลองควบคุม และชุดการทดลองที่รม 1-MCP และ/หรือ เอทิลีน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองควบคุมเริ่มมีการหลุดร่วงของดอกตูมในวันที่ 10 ($0.55 \pm 0.55\%$) และชุดการทดลองที่รม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนรมเอทิลีน เริ่มมีการหลุดร่วงของดอกตูมในวันที่ 14 ($3.83 \pm 1.37\%$ และ $2.46 \pm 1.36\%$ ตามลำดับ) (ภาพที่ 8)

การหลุดร่วงของดอกบาน พบว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่รมเอทิลีนเริ่มมีการหลุดร่วงของดอกบานตั้งแต่วันที่ 8 ($1.78 \pm 1.78\%$ และ $4.33 \pm 2.33\%$ ตามลำดับ) หลังจากการรม และมีอัตราการหลุดร่วงเพิ่มขึ้นตลอดจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่ชุดการทดลองที่รม 1-MCP และ/หรือ เอทิลีน เริ่มมีการหลุดร่วงของดอกบานในวันที่ 12 (3.75 ± 2.04 และ $3.33 \pm 2.27\%$ ตามลำดับ) (ภาพที่ 9)



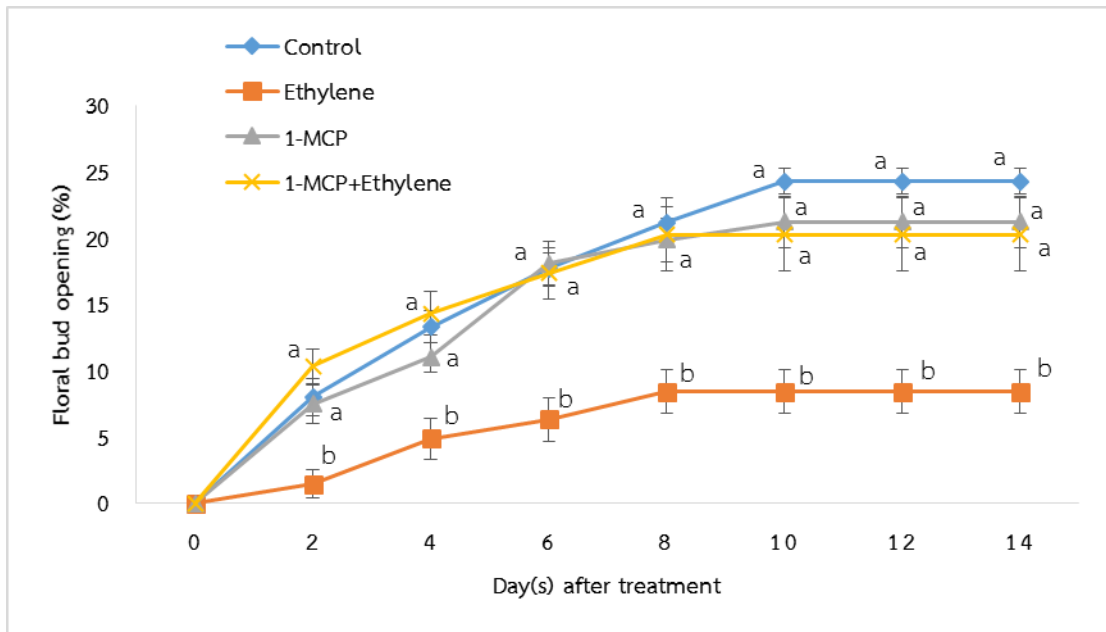
ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)

1.5 การบานเพิ่มของดอกตูม

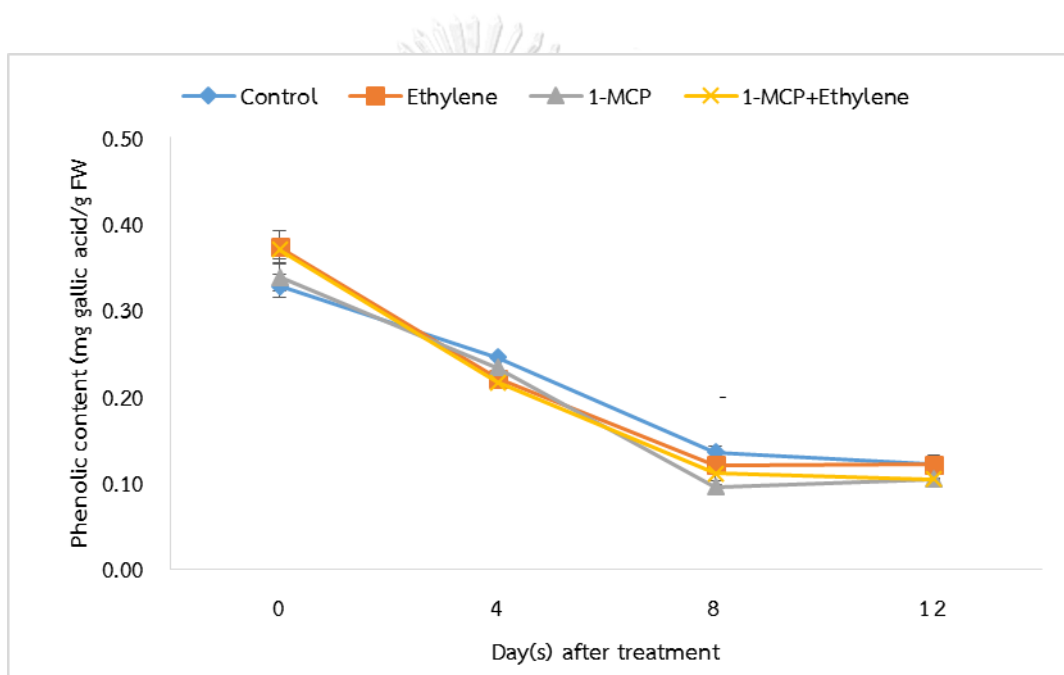
การบานเพิ่มของดอกตูมของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่าชุดควบคุม ชุดการทดลองที่รม 1-MCP และ ชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนรมเอทิลีน มีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 (8.0 ± 1.4 , 7.5 ± 1.4 และ 10.3 ± 1.3 ตามลำดับ) จนถึงวันที่ 10 ของการทดลอง (24.3 ± 1.0 , 21.2 ± 1.9 และ 20.3 ± 2.7 ตามลำดับ) หลังจากนั้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การบานของดอกตูมเริ่มคงที่ ในขณะที่ชุดการทดลองที่รมเอทิลีน มีการบานเพิ่มของดอกตูมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการทดลอง (1.5 ± 1.0) และเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมเริ่มคงที่ในวันที่ 8 ของการทดลอง (8.4 ± 1.6) ซึ่งชุดการทดลองที่รมเอทิลีน มีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)

1.6 ผลของ 1-MCP ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase

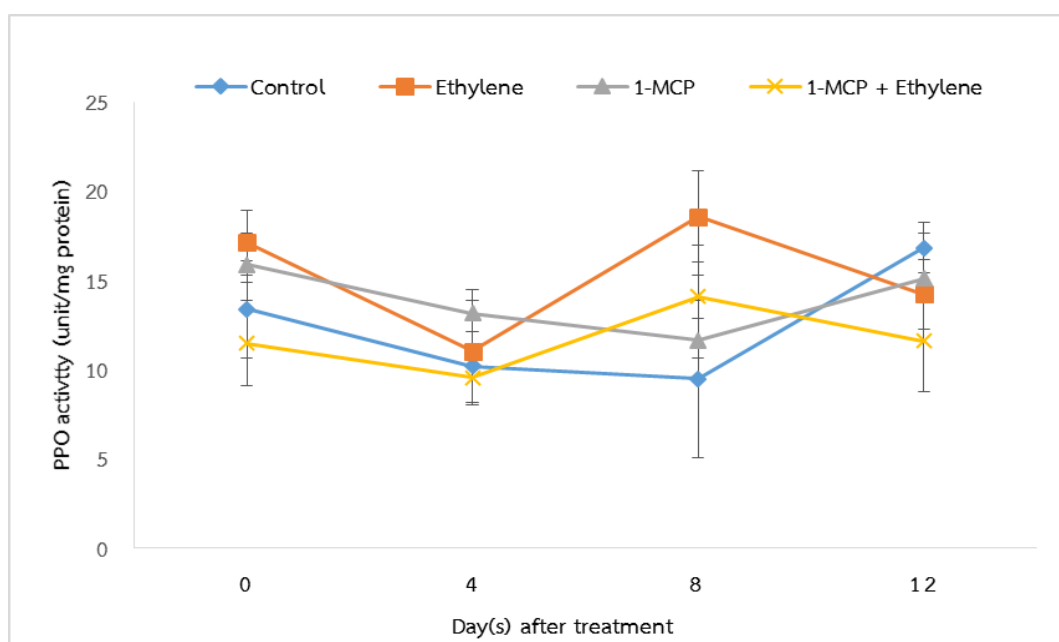
จากการศึกษาผลของ 1-MCP ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลลดลงในขณะที่เก็บรักษา ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 8 หลังจากการทดลองพบว่าการลดลงของสารประกอบฟีนอลมากที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลเพียงเล็กน้อยในวันที่ 12 ของการทดลอง (ภาพที่ 11)



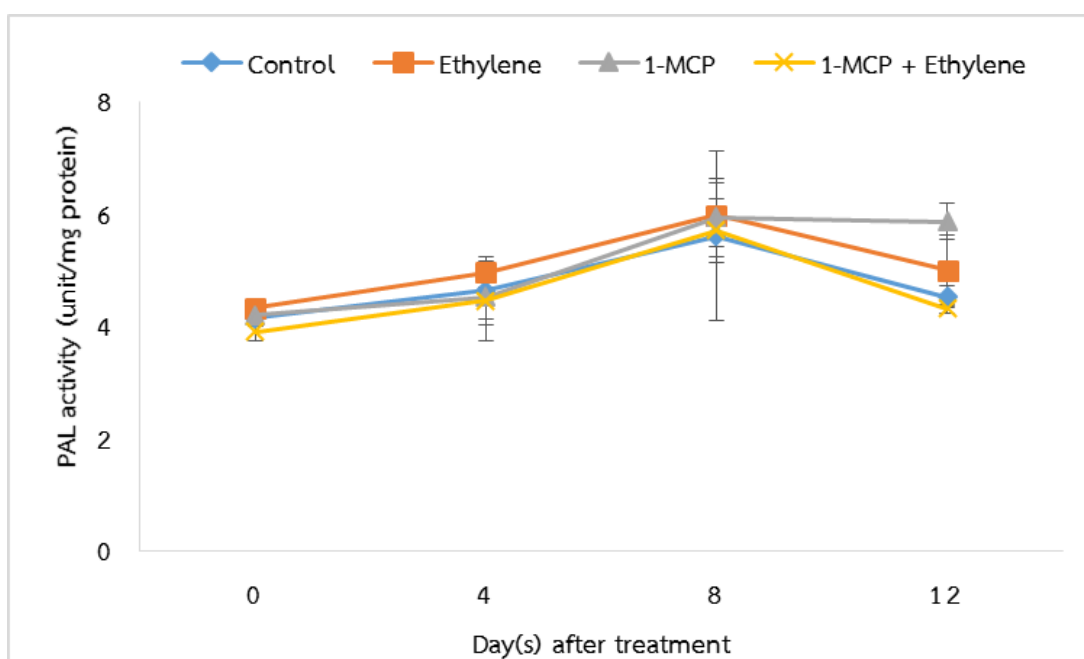
ภาพที่ 11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่าทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 12)

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase พบว่า ทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์มากที่สุดในวันที่ 8 และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 12 ของการทดลอง (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 12 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 13 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุล หวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รม ด้วยเอทิลีนความเข้มข้น 0.4 μL นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส

2. ผลของ 1-MCP ต่อการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล เนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝาปิด

2.1 อายุการปักแจกัน

จากการศึกษาผลของ 1-MCP ต่ออายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออก พบว่า ชุดการทดลองที่มีการนำกลุ่มเรณูออกจากดอกมีอายุการปักแจกัน 8.9 ± 0.3 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีอายุการปักแจกัน 9.1 ± 0.3 ในขณะที่ชุดการทดลองที่รม 1-MCP ชุดการทดลองที่นำกลุ่มเรณูออกก่อนรม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนนำกลุ่มเรณูออก มีอายุการปักแจกัน 12.0 ± 0.3 , 11.7 ± 0.4 และ 12.0 ± 0.4 วัน ตามลำดับซึ่งมากกว่าชุดควบคุม โดยทั้งสามชุดการทดลองที่รม 1-MCP มีอายุการปักแจกันที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อายุการปักแจกันของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

Treatments	Vase life (days \pm SE)
Control	9.1 ± 0.3^b
Wounding	8.9 ± 0.3^b
1-MCP	12.0 ± 0.3^a
Wounding + 1-MCP	11.7 ± 0.4^a
1-MCP + Wounding	12.0 ± 0.4^a

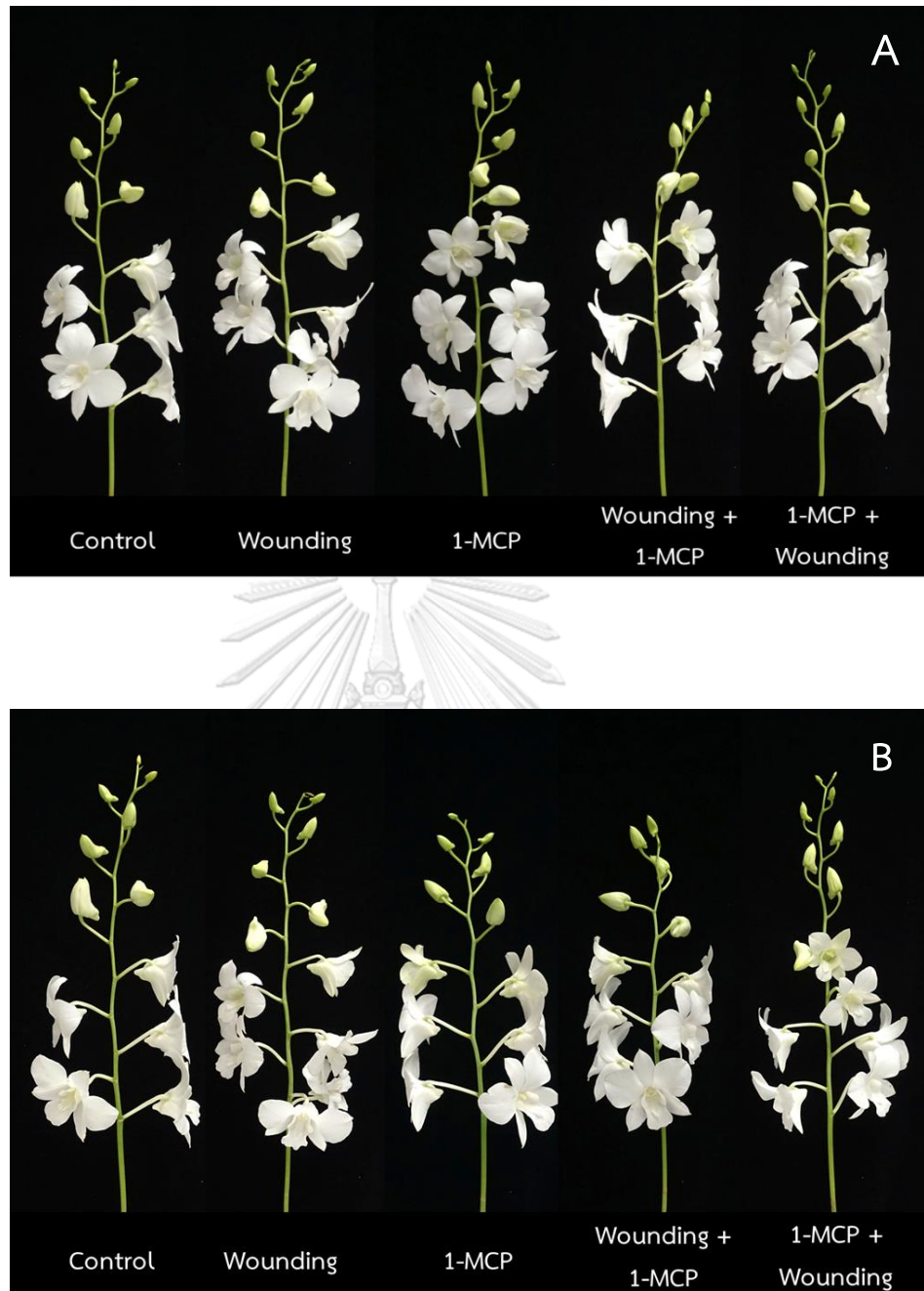
*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2 ลักษณะการเสื่อมตามอายุของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’

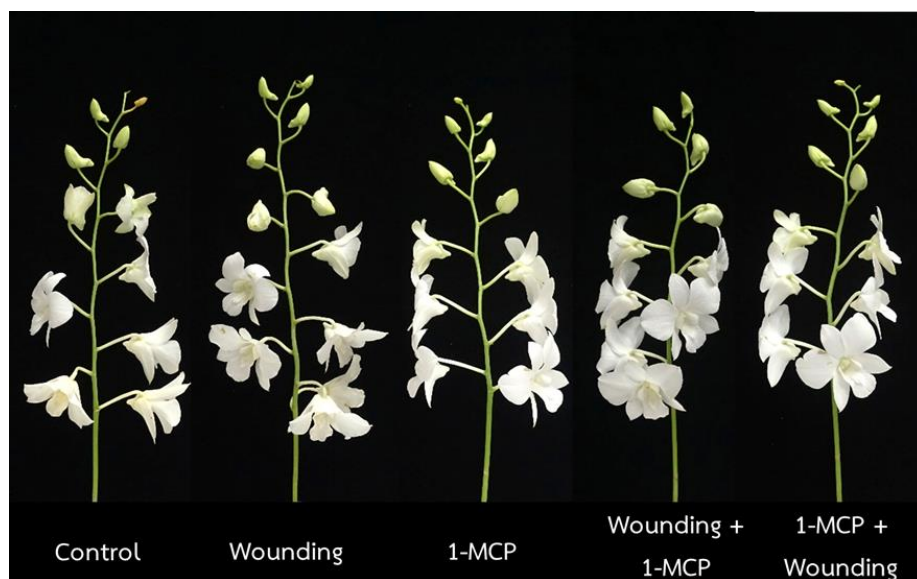
ลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง ในวันที่ 8 ของการทดลองพบว่าทั้งชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่มีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกเริ่มแสดงให้เห็นเส้นท่อลำเลียงปรากฏ แต่ในชุดที่นำกลุ่มเรณูออกมีการโค้งงอของดอกปรากฏร่วมด้วย ในขณะที่ชุดการทดลองที่รม 1-MCP ไม่ปรากฏลักษณะดังกล่าว จากนั้นทั้งชุดการทดลองควบคุมและชุดที่นำกลุ่มเรณูออกมีการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบเลี้ยงและกลีบดอกและก้านดอกโค้งงอเพิ่มขึ้นในวันที่ 12 ของการทดลอง ซึ่งในชุดการทดลองที่รม 1-MCP เริ่มเห็นเส้นลำเลียงและพบก้านดอกโค้งงอเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 14-16)



ภาพที่ 14 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 วัน



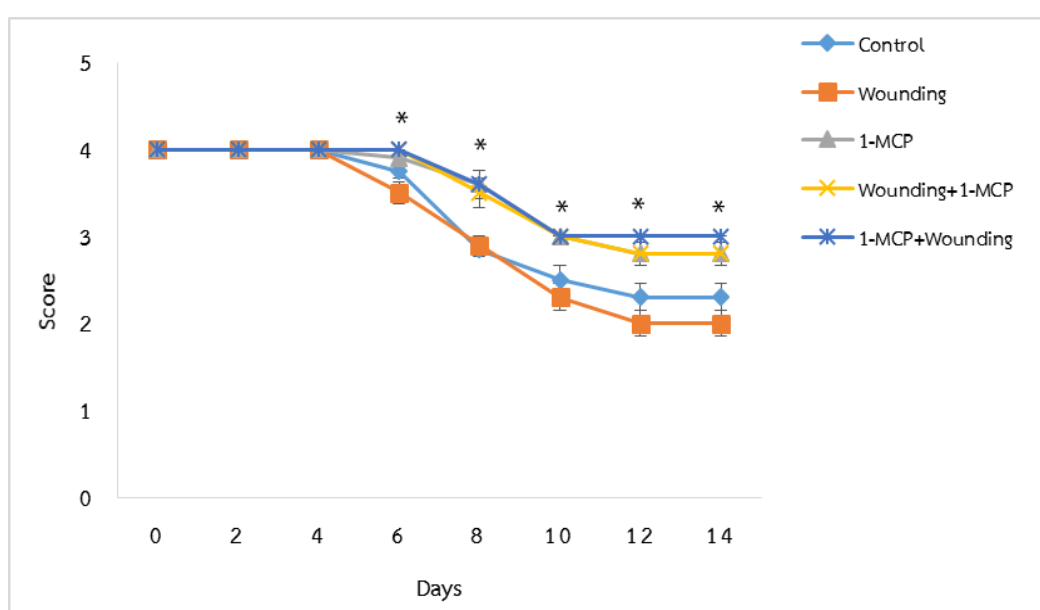
ภาพที่ 15 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (A) และเป็นเวลา 8 วัน (B)



ภาพที่ 16 ช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ชุดการทดลองควบคุม ชุดการทดลองที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

2.3 คะแนนคุณภาพของกลีบดอก

คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่าชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP ชุดที่มีบาดแผลก่อนรมด้วย 1-MCP และชุดที่รมด้วย 1-MCP ก่อนมีบาดแผล มีคะแนนคุณภาพของกลีบดอกมากกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดที่เกิดบาดแผล โดยในวันที่ 8 ของการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 17)



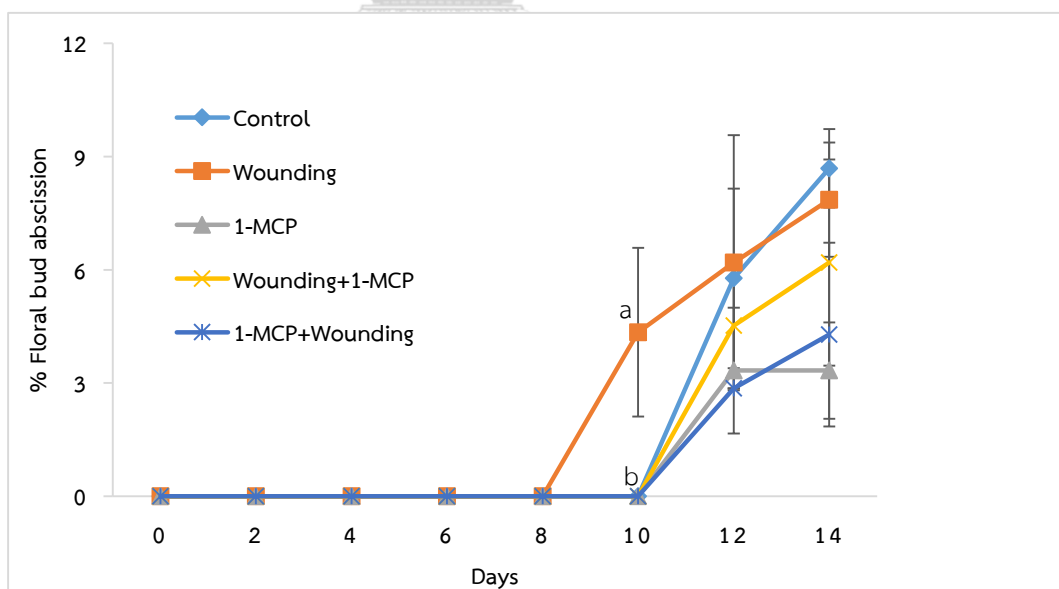
ภาพที่ 17 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย Kruskal- Wallis test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Dunn's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

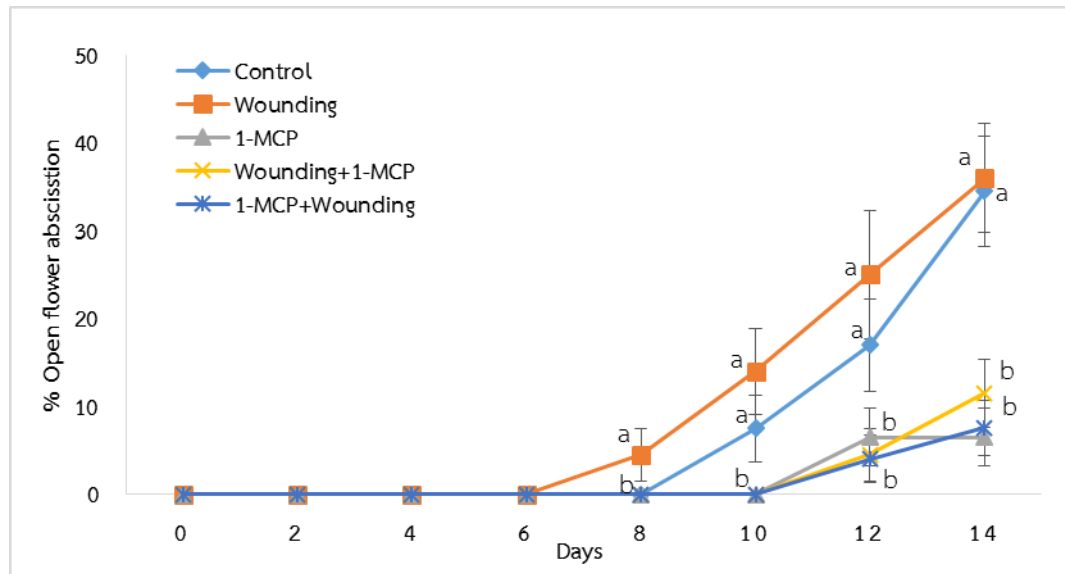
2.4 การหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม พบว่าในชุดที่นำกลุ่มเรณูออกมีการร่วงตั้งแต่วันที่ 10 คิดเป็น 4.3 ± 2.2 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มมากขึ้นจนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนในชุดที่รม 1-MCP ชุดการทดลองที่นำกลุ่มเรณูออกก่อนรม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนนำกลุ่มเรณูออก พบการร่วงในวันที่ 12 คิดเป็น 3.3 ± 2.2 , 4.5 ± 2.3 และ 2.8 ± 1.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยทุกชุดการทดลองที่รม 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูมน้อยกว่าชุดควบคุมและชุดที่นำกลุ่มเรณูออก และมีแนวโน้มเป็นเช่นนี้จนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 18)

เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน พบการร่วงในชุดที่นำกลุ่มเรณูออกตั้งแต่วันที่ 8 คิดเป็น 4.5 ± 3.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในชุดควบคุมพบการร่วงในวันที่ 10 คิดเป็น 7.8 ± 3.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดที่รม 1-MCP ชุดการทดลองที่นำกลุ่มเรณูออกก่อนรม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนนำกลุ่มเรณูออก เริ่มมีการหลุดร่วงในวันที่ 12 คิดเป็น 6.5 ± 3 , 4.5 ± 3.0 และ 4.0 ± 2.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยทุกชุดที่รม 1-MCP มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบานน้อยกว่าชุดควบคุมและชุดที่นำกลุ่มเรณูออก ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 18 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไว้ท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น $0.5 \mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

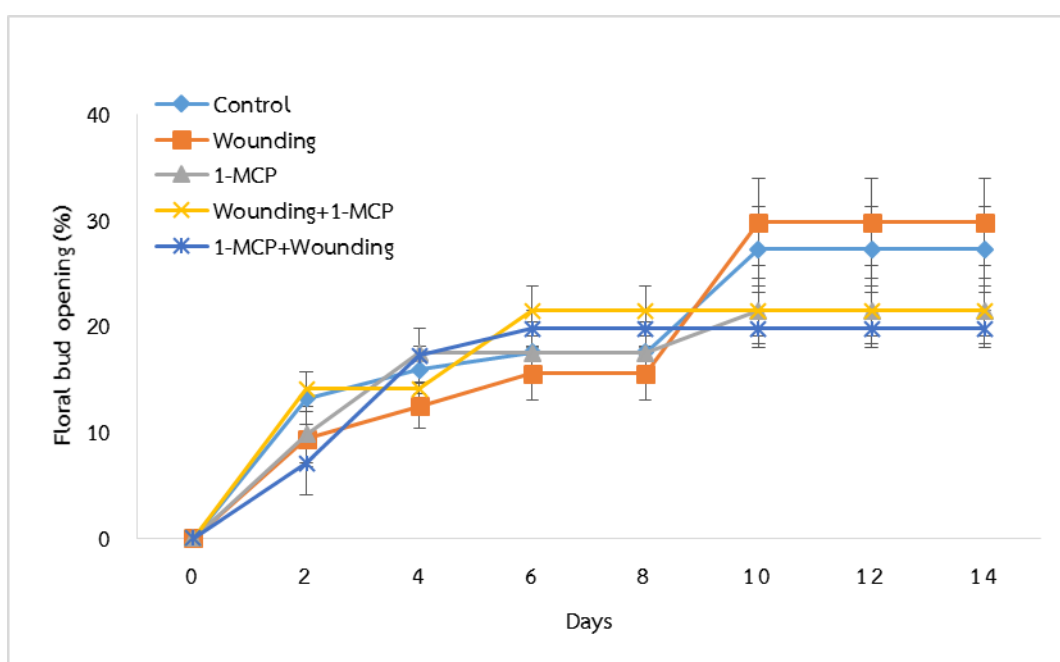


ภาพที่ 19 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.5 การบานเพิ่มของดอกตูม

การบานเพิ่มของดอกตูมของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่าทุกชุดการทดลองมีการบานเพิ่มของดอกตูมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการทดลอง และมีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมเริ่มคงที่ในวันที่ 8 ของการทดลอง โดยมีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 20)

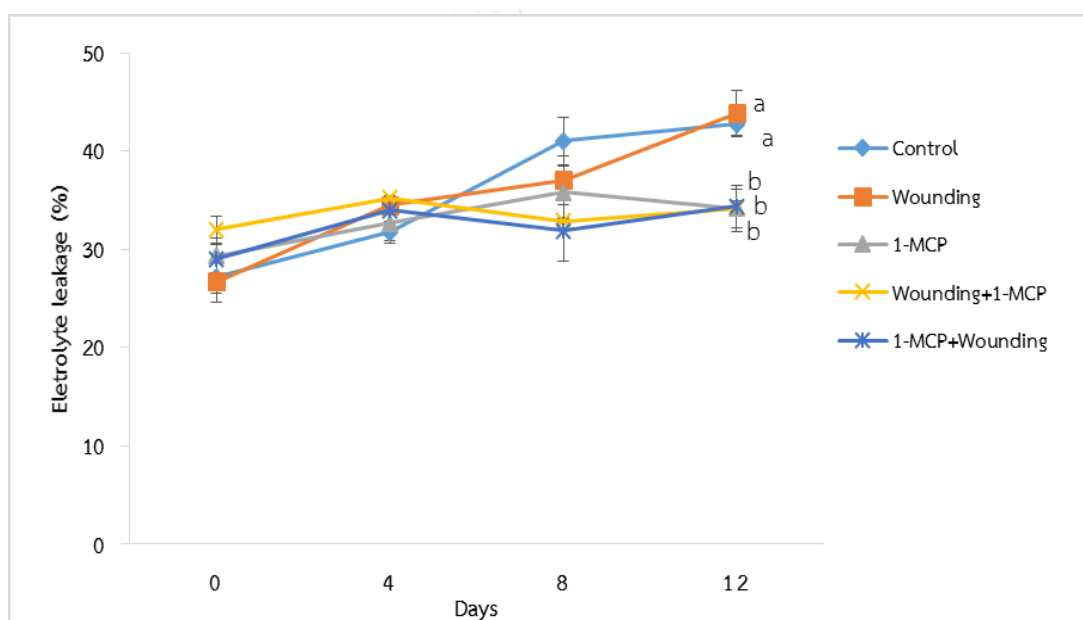


ภาพที่ 20 เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.6 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ

การศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการนำกลุ่มเรณูออก พบว่าชุดการทดลองที่รม 1-MCP ชุดการทดลองที่นำกลุ่มเรณูออกก่อนรม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนนำกลุ่มเรณูออก มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุน้อยกว่าชุดควบคุมและชุดที่นำกลุ่มเรณูออก ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 21)

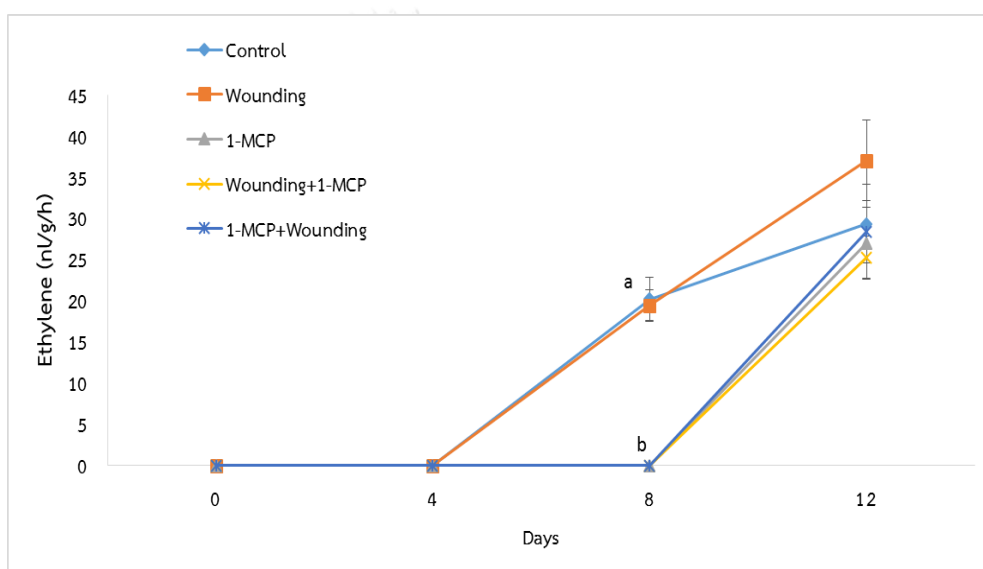


ภาพที่ 21 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.7 ปริมาณเอทิลีน

การสังเคราะห์เอทิลีนของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และหรือผ่านการกรรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง พบว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดที่มีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกมีปริมาณเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 8 ของการทดลอง ในขณะที่ชุดการทดลองที่รม 1-MCP ไม่ปรากฏค่าเอทิลีน หลังจากนั้นในวันที่ 12 พบว่าชุดที่มีการกรรม 1-MCP มีการสังเคราะห์เอทิลีน ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ (ภาพที่ 22)

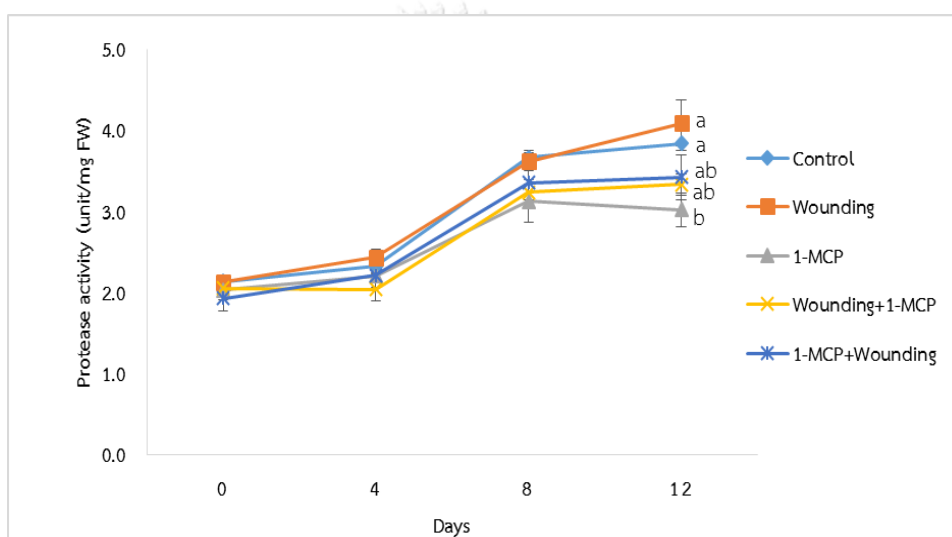


ภาพที่ 22 ปริมาณเอทิลีนในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการกรรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.8 ผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ protease ในดอกที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ protease พบว่า ทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ protease เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยในวันที่ 12 ของการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่รม 1-MCP ชุดการทดลองที่ดอกมีบาดแผลก่อนรม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนทำบาดแผลให้กับดอก มีกิจกรรมของเอนไซม์ protease น้อยกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองที่มีบาดแผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 23)

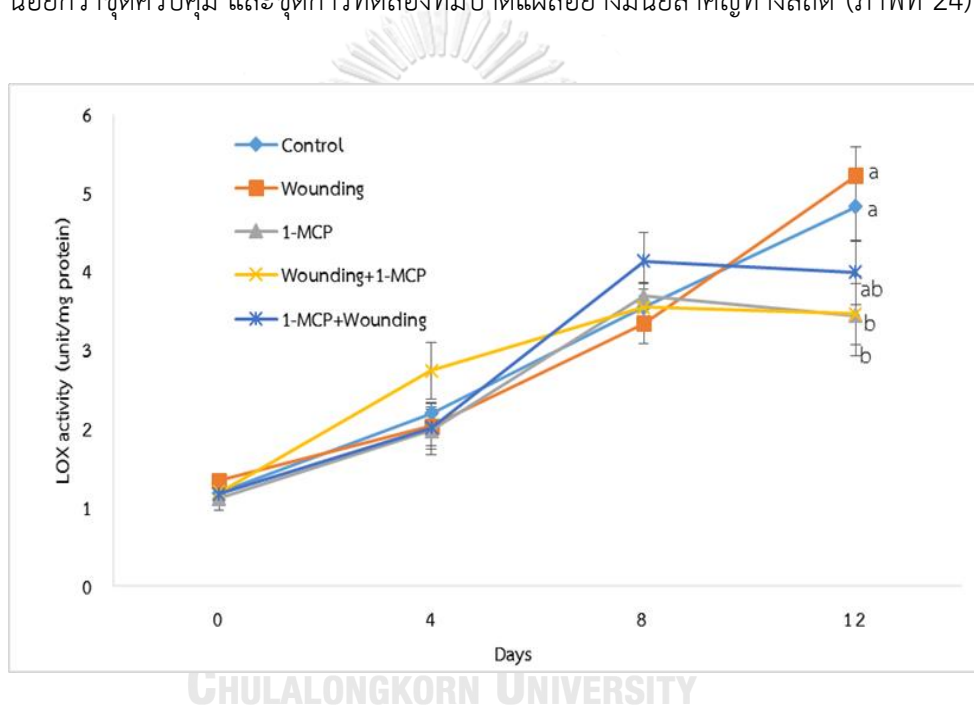


ภาพที่ 23 กิจกรรมของเอนไซม์ protease ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.9 ผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase พบว่าทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase เพิ่มขึ้นในวันที่ 4, 8 และ 12 ตามลำดับ โดยในวันที่ 4 และ 8 ทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จนถึงวันที่ 12 ของการทดลอง พบว่าในชุดการทดลองที่รม 1-MCP ชุดการทดลองที่มีบาดแผลก่อนรม 1-MCP และชุดการทดลองที่รม 1-MCP ก่อนมีบาดแผล มีกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase น้อยกว่าชุดควบคุม และชุดการทดลองที่มีบาดแผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 24)

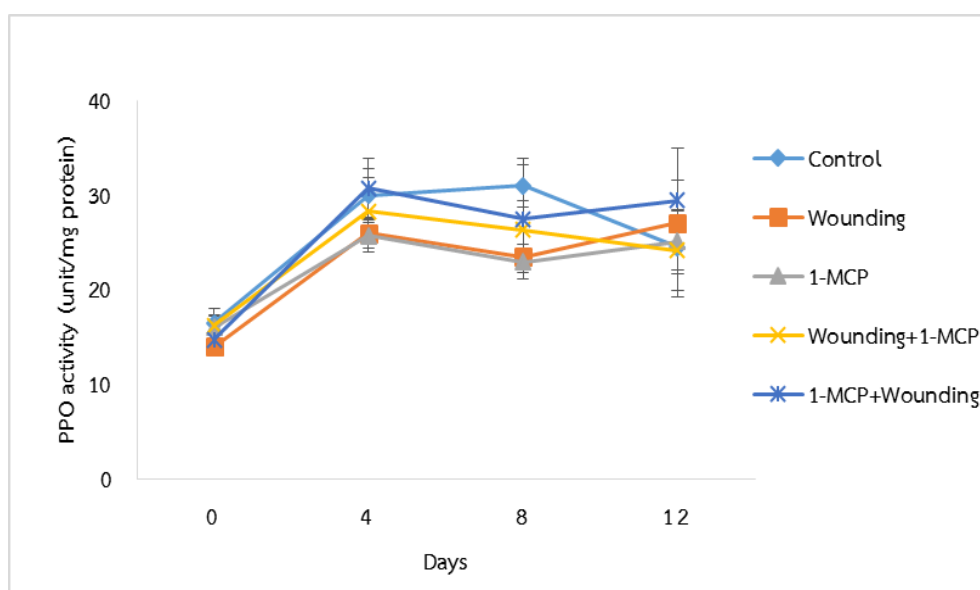


ภาพที่ 24 กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.10 ผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปัด

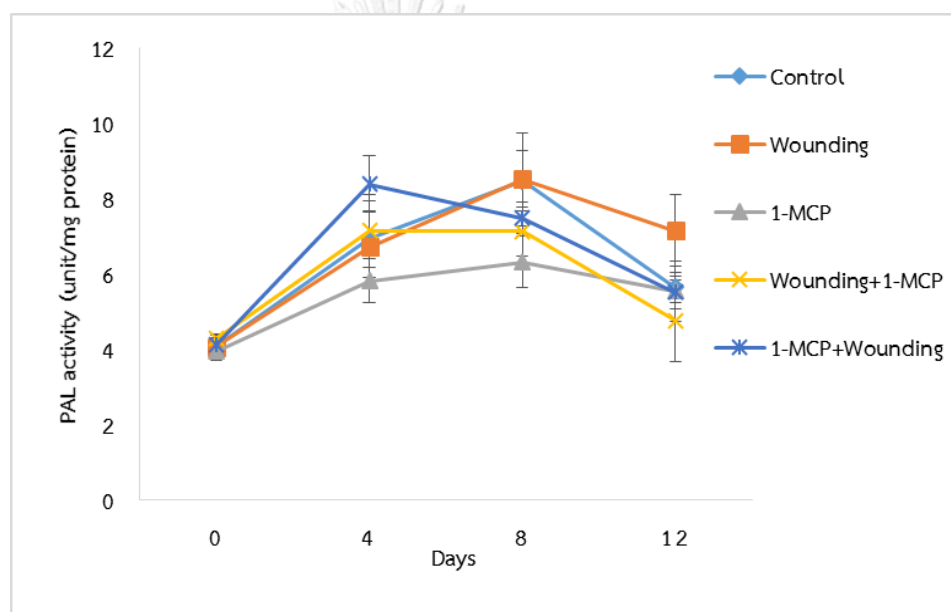
การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase พบว่าทุกชุดการทดลอง มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ของการทดลอง และมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพียงเล็กน้อยในวันที่ 8 และ 12 ของการทดลอง ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.11 ผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase พบว่าในวันที่ 4 ของการทดลอง เอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในวันที่ 8 และ 12 ของการทดลอง ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 26)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 26 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า ดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ เป็นกล้วยไม้พันธุ์ที่ตอบสนองต่อเอทิลีนทั้งในระยะดอกบานและดอกตูม โดยเอทิลีนสามารถกระตุ้นการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์มะลิไวท์ได้ ซึ่งในช่อดอกที่รมด้วยเอทิลีนมีอายุการปักแจกันเพียง 4.4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับช่อดอกที่มีอายุการปักแจกัน 8.9 วัน รวมไปถึงการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน ที่พบว่าช่อดอกที่รมเอทิลีนมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกมากกว่าช่อดอกควบคุม ในขณะที่ 1-MCP สามารถยืดอายุการปักแจกันและชะลอการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบานได้เมื่อเทียบกับช่อดอกควบคุม โดยช่อดอกกล้วยไม้ที่ได้รับเอทิลีนจะแสดงลักษณะอาการเสื่อมตามอายุอย่างรวดเร็วเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งจะเห็นได้จากการโค้งงอของก้านดอกย่อยที่ชัดเจนในวันที่ 2 และการปรากฏเส้นท่อน้ำเลี้ยงบนกลีบดอกในวันที่ 4 หลังจากการรมเอทิลีน ส่วนช่อดอกกล้วยไม้ที่รมด้วย 1-MCP และรม 1-MCP ก่อนรมเอทิลีนแสดงลักษณะอาการเสื่อมตามอายุของดอกย่อยช้ากว่าชุดการทดลองอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาคะแนนคุณภาพกลีบดอก จะเห็นว่ามีความโน้มของคะแนนลดลงในทุกชุดการทดลองในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามช่อดอกกล้วยไม้ที่รมด้วย 1-MCP มีคะแนนคุณภาพกลีบดอกที่สูงกว่าชุดที่ไม่ได้รม ซึ่งชี้ให้เห็นว่า 1-MCP สามารถชะลออาการเสื่อมตามอายุของดอกย่อยได้ สอดคล้องกับการศึกษาของศิริรัตน์ เขียนแมน (2554) และภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ (2555) ที่พบว่า 1-MCP สามารถยืดอายุการปักแจกัน ชะลอการเหี่ยว และลดการหลุดร่วงของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ขาวสนาน’ ‘บุรณะเจตน์’ และ ‘สุรีย์พีช’ และจากการศึกษาของ Uthachay et al. (2007) ที่พบว่า 1-MCP สามารถชะลอการร่วงของทั้งดอกตูมและดอกบานได้เป็นอย่างดีในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘Karen’ และจากรายงานการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์บริเวณ abscission zone ระหว่างแกนช่อดอกและก้านดอกย่อยของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ขาวสนาน’ ได้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP สามารถชะลอการฉีกขาดตลอดแนวของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ขาวสนาน’ ได้

ซึ่งสอดคล้องกับการชะลอการร่วงของดอก (นฤมล เตือนสติ, 2558) เนื่องจาก 1-MCP มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดยจะไปแย่งจับกับบริเวณรับ (receptor site) ของเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถเข้าจับบริเวณรับได้ (Sisler and Serek, 1997) จึงทำให้ 1-MCP สามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ได้นานขึ้น

การศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการบานเพิ่มของดอกตูมในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่า 1-MCP ไม่มีผลต่อการบานเพิ่มของดอกตูมเมื่อเทียบกับชุดควบคุมซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศิริรัตน์ เขียนแมน (2554) ภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ (2555) และ นฤมล เตือนสติ (2558) ที่ศึกษาในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ขาวสนาน’ ‘บุรณะเจดน์’ และ ‘สุรีย์พีช’ อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่ได้รับเอทิลีนมีเปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูมต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากการรมเอทิลีน โดยมีการบานเพิ่มของดอกตูมในลักษณะที่กลีบเลี้ยงและกลีบดอกไม่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ขาวสนาน’ พบว่า เอทิลีนส่งผลทำให้การบานเพิ่มของดอกตูมในช่วงวันที่ 2 ถึงวันที่ 6 ต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดการทดลองที่รม 1-MCP (นฤมล เตือนสติ, 2558) การศึกษาในกุหลาบตัดดอก 2 สายพันธุ์ คือ ‘Kardinal’ และ ‘Samantha’ พบว่าเอทิลีนจากภายนอกมีผลต่อการบานของดอกตูม โดยดอกกุหลาบทั้ง 2 สายพันธุ์มีการตอบสนองต่อเอทิลีนที่แตกต่างกัน ในพันธุ์ ‘Kardinal’ การบานของดอกตูมจะถูกยับยั้งเมื่อได้รับเอทิลีน ในขณะที่พันธุ์ ‘Samantha’ พบว่าการได้รับเอทิลีนมีส่วนช่วยกระตุ้นการบานเพิ่มของดอกตูม ซึ่งคาดว่าเอทิลีนส่งผลต่อการแสดงออกของยีนที่เป็นตัวรับเอทิลีนให้มีระดับการแสดงออกที่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ (Tan et al., 2006)

การเกิดบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกจากดอกในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ พบว่าชุดการทดลองที่มีการนำกลุ่มเรณูออกจากดอกมีอายุการปักแจกันที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามในดอกที่เกิดบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกมีการสร้างเอทิลีนเช่นเดียวกับชุดควบคุม แต่มีแนวโน้มของปริมาณเอทิลีนที่สูงกว่าในวันที่ 12 แม้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการเกิดบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ นั้นมีผลต่อการสังเคราะห์เอทิลีนน้อยมากซึ่งแตกต่างจากการศึกษาใน

ดอกเดลฟีเนียม (*Delphinium hybrid 'Bellamosum'*) ที่พบว่าเกิดการเกิดบาดแผลจากการนำส่วนของเกสรเพศผู้ออกจากดอกส่งผลให้มีการสังเคราะห์เอทิลีนมากขึ้นและเร็วกว่าปกติ (Ichimura et al., 2009) นอกจากนี้ยังแตกต่างจากรายงานการศึกษาในดอก 'Asuka-no-nami' สกุล *Eustoma* ที่พบว่าการเสื่อมตามอายุของกลีบดอกถูกกระตุ้นได้โดยการเกิดบาดแผลจากการกดทับที่ยอดเกสรตัวเมียหรือการตัดทั้งยอดเกสรเพศเมียและก้านชูเกสรเพศเมียออกจากดอก ซึ่งส่งผลให้มีการสังเคราะห์เอทิลีนมากขึ้น แต่หากตัดส่วนประกอบทั้งหมดของเกสรเพศเมียซึ่งรวมถึงรังไข่ออก พบว่าไม่มีผลต่อการเสื่อมตามอายุของดอก เนื่องจากรังไข่เป็นส่วนที่มีการผลิตเอทิลีนปริมาณมาก เมื่อนำออกจึงทำให้ปริมาณเอทิลีนในดอกน้อยลง (Ichimura and Goto, 2000) และจากการศึกษาในดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* ที่มีการนำกลุ่มเรณูออกจากดอก พบว่าแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองที่ต่างกันต่อการนำกลุ่มเรณูออก ซึ่งบางพันธุ์เช่น 'Venus' ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทิลีน น้ำหนักสด หรือการเปลี่ยนสีของ lip ในขณะที่บางพันธุ์ เช่น 'Anmitsu Hime' และ 'Princess Masako' มีความไวต่อการนำกลุ่มเรณูออก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นฐานทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์ (Suh et al., 1998) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เห็นได้ว่าดอกกล้วยไม้สกุลหวาย 'มะลิไวท์' มีการตอบสนองจากการเกิดบาดแผลเนื่องจากการนำกลุ่มเรณูออกเพียงเล็กน้อย โดยไม่มีการชักนำให้สร้างเอทิลีนที่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ ได้รม 1-MCP แก่ช่อดอกกล้วยไม้ทั้งที่ไม่มีบาดแผลและมีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออก พบว่าการรม 1-MCP สามารถช่วยชะลอการเสื่อมตามอายุของช่อดอกกล้วยไม้ได้ทั้งสองชุดการทดลอง เช่นเดียวกับกับดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* มีรายงานว่า 1-MCP สามารถยืดอายุการปักแจกันและป้องกันความเสียหายของกลุ่มเรณูที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพได้ (Heyes and Johnston, 1998)

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการขณะเก็บรักษาช่อดอกกล้วยไม้ พบว่าชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP และชุดการทดลองที่มีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกก่อนและหลังรมด้วย 1-MCP มีค่าการรั่วไหลของประจุต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุม ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า 1-MCP สามารถชะลอการเสื่อมตามอายุของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ เนื่องจากในขณะที่ดอกไม้กำลังเสื่อมตามอายุ ดอกไม้ชนิดที่ไวต่อเอทิลีนจะถูกกระตุ้นโดยเอทิลีนให้เกิดการเสื่อมตามอายุอย่างรวดเร็ว ในดอก

กล้วยไม้สกุลหวาย ‘Juree Red’ พบว่าเอทิลีนสามารถชักนำให้ดอกตูมเกิดอาการฉ่ำน้ำ โดยอาการฉ่ำน้ำในดอกตูมจะสังเกตเห็นได้หลังจากมีค่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มมากขึ้น ซึ่งให้เห็นว่า cell sap มีการรั่วไหลออกจากเซลล์ และนำไปสู่การตายของเซลล์เพิ่มขึ้นในขณะที่มีค่าการรั่วไหลของประจุที่สูงขึ้น (Sirikesorn et al., 2015) การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าค่าการรั่วไหลของประจุสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายไขมันบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ โดยในชุดการทดลองที่รมด้วย 1-MCP และชุดการทดลองที่มีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกก่อนและหลังรมด้วย 1-MCP มีแนวโน้มกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมและชุดที่นำกลุ่มเรณูออก แสดงให้เห็นว่า 1-MCP สามารถชะลอการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไว้ท์’ ได้ การศึกษาในกลีบดอกกุหลาบพบว่ายีน *Rlox1* แสดงออกมากขึ้นและกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะการเสื่อมตามอายุ (Fukuchi-Mizutani et al., 2000) ดังนั้นเอนไซม์ lipoxygenase จึงมีความเกี่ยวข้องกับการบวกรเสื่อมตามอายุของดอกไม้ และจากการศึกษาในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘Juree Red’ และ ‘Earsakul’ รายงานว่าเอทิลีนสามารถชักนำให้กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าการรั่วไหลของประจุในดอกไม้เพิ่มมากขึ้นและแสดงอาการฉ่ำน้ำในดอกตูม กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ที่สูงขึ้นจึงสามารถบ่งบอกถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่อาจเกิดมาจากความเครียดของพืชเช่น อุณหภูมิต่ำ หรือการเกิดบาดแผล (Sirikesorn et al., 2015) นอกจากนี้การศึกษาในดอกคาร์เนชันพบว่า การใช้ 1-MCP สามารถรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ในขณะที่เกิดการเสื่อมตามอายุเมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุม (Ranjbar et al., 2015)

การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ protease พบว่าในชุดการทดลองที่รม 1-MCP มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำกว่าการทดลองชุดควบคุมและชุดที่นำกลุ่มเรณูออก ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการศึกษาในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘ขาวसनาน’ ที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ peptidase บริเวณส่วนของเส้าเกสรในชุดการทดลองที่ให้ 1-MCP ต่ำกว่าชุดควบคุม และเอทิลีนสามารถชักนำให้กิจกรรมของเอนไซม์ protease เพิ่มขึ้น ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ protease เพิ่มสูงขึ้น พบว่าโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นโปรตีนที่พบมากบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์มีปริมาณลดลง แสดงถึงบทบาทการ

ทำงานของเอนไซม์ protease ในการย่อยสลายโปรตีน (Lerslerwong et al., 2009) นอกจากนี้การใช้ 1-MCP สามารถชะลอการลดลงของโปรตีนในขณะการเสื่อมตามอายุของใบผักชี (Jiang et al., 2002) และในสภาวะแวดล้อมที่ไม่มีเอทิลีน 1-MCP สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในดอกไม้ที่รมได้เมื่อเทียบกับดอกไม้ที่ไม่ได้รม 1-MCP (Blankenship and Dole, 2003) ดังนั้นการใช้ 1-MCP จึงสามารถช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ protease ที่ย่อยสลายโปรตีนในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไว้ท์’ ระหว่างการเก็บรักษาได้

จากการศึกษาพบว่า 1-MCP และเอทิลีนไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ซึ่งทั้งหมดเป็นสารประกอบและเอนไซม์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของพืช โดยจะมีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นเมื่อพืชเกิดบาดแผลหรือได้รับความเครียด เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลในพืชส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีเอนไซม์เป็นตัวกระตุ้นการเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลไปเป็นผลิตภัณฑ์ แต่การเกิดสีน้ำตาลในพืชจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (Toma's-Barberán and Espín, 2001) การศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในทุกชุดการทดลองรวมถึงชุดที่มีบาดแผลจากการนำกลุ่มเรณูออกมีแวนอ์มนัลดลงในระหว่างเก็บรักษา ในขณะที่เอนไซม์ PPO และ PAL มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากตำแหน่งของดอกไม้ที่นำมาศึกษามีการเปลี่ยนสีของกลีบดอกจากสีขาวเป็นสีที่คล้ำลงเพียงเล็กน้อย จึงทำให้ไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองอย่างชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากการเสื่อมตามอายุในดอกหน้าวัวที่ได้รับความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ พบว่าอุณหภูมิต่ำส่งผลให้ดอกไม้มีอาการสะท้านหนาว และสามารถกระตุ้นให้เอนไซม์ PPO และ PAL มีกิจกรรมสูงขึ้นในขณะเก็บรักษา (Aghdam et al., 2015) ส่วนเอทิลีนสามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ peroxidase (POD) ให้สูงขึ้นได้ในดอกกล้วยไม้สกุลหวายบางสายพันธุ์ที่มีกลีบดอกสีม่วงหรือชมพู เช่น Sonia Bom#17 Lucky Duan Jacky Princess และ Sakura เนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารสีในดอกไม้ (วีรณัฐ ศักดิ์สิงห์, 2553)

จะเห็นได้ว่ากล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ เป็นกล้วยไม้ดอกสีขาวที่มีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวสูง แม้จะไวต่อเอทิลีน แต่ความเสียหายจากการหลุดร่วงของกลุ่มเรณูและฝักปิดขณะขนส่งก็ไม่ส่งผลต่อปริมาณการสังเคราะห์เอทิลีน ตลอดจนอายุการปักแจกัน คุณภาพของกลีบดอกและการเสื่อมตามอายุของช่อดอก ดังนั้น กล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ จึงเป็นพันธุ์กล้วยไม้ดอกขาวที่มีศักยภาพในการแข่งขันในกลุ่มกล้วยไม้สกุลหวาย ซึ่งควรมีการส่งเสริมให้ปลูกเพื่อการส่งออกให้มากขึ้น



บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

1. ผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase

1-MCP สามารถยืดอายุการปักแจกันและชะลออาการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ได้ โดยชะลอการหลุดร่วงของดอกตูมและดอกบาน แต่ไม่มีผลต่อการบานเพิ่มของดอกตูมและ 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase ในกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’

2. ผลของ 1-MCP ต่อการเสื่อมตามอายุของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

การเกิดบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิดในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ไม่ส่งผลต่ออายุการปักแจกัน อย่างไรก็ตามการใช้ 1-MCP สามารถช่วยยืดอายุการปักแจกันและชะลอการเสื่อมตามอายุได้ โดยลดเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของประจุ ชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ protease และเอนไซม์ lipoxygenase ในกลีบดอก แต่ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase ในกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลเนื่องจากการหลุดของกลุ่มเรณูและฝักปิด

รายการอ้างอิง

- ไพบูลย์ หมุ่มมาศ. 2550. ผลของไคโตซานที่มีต่อการออกดอกและคุณภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย *Dendrobium* 'ขาวสนาน' และ *Dendrobium* 'BOM 17 K' วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นริสา อุทัยฉาย. 2546. ผลของ 1-methylcyclopropene ที่มีต่ออายุการปักแจกันและคุณภาพดอก กล้วยไม้สกุลหวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นฤมล เตือนสติ. 2558. ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพินต่อกระบวนการหลุดร่วงของดอกย่อยของ กล้วยไม้สกุลหวาย พันธุ์ขาวสนาน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ. 2555. ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพินต่อการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรแอสคอร์ เบต-กลูตาไทโอนในช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน *Dendrobium* 'Khao Sanan' และพันธุ์บุรณะเจดน์ *Dendrobium* 'Burana Jade'. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีรณัฐ ศักดิ์สิงห์. 2553. ผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิโรรัตน์ เขียนแมน. 2554. ผลของ 1-เมทิลไซโคลโพรพินต่อเอกทิวติของเซลล์และปีตา-กาแลก โทซิเดส และอายุการปักแจกันของกล้วยไม้สกุลหวาย 'บุรณะเจดน์' 'ขาวสนาน' และ 'สุรีย์ พิษ'. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์โดยความร่วมมือจากกรม ศุลกากร. 2559. โครงสร้างสินค้าส่งออกกระทรวงพาณิชย์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ops3.moc.go.th/infor/MenuComTH/stru1_export/export_topn_re/r eport.aspx [10 มกราคม 2560]
- อบฉันท ไทยทอง. 2548. กล้วยไม้เมืองไทย. กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.
- Aghdam, M., Naderi, R., Sarcheshmeh, M. A. A. and Babalar, M. 2015. Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. *Postharvest Biology and Technology* 110: 70-76.
- Ahmad, S. S. and Tahir, I. 2016. Increased oxidative stress, lipid peroxidation and protein degradation trigger senescence in *Iris versicolor* L. flowers. *Physiology and Molecular Biology of Plant* 22: 507-514.
- Blankenship, S. M. and Dole, J. M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.

- Bunya-atichart, K., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2011. Ethylene-sensitive and ethylene-insensitive abscission in *Dendrobium*: correlation with polygalacturonase activity. Postharvest Biology and Technology 60: 71-74.
- Di Guardo, M., Tadiello, A., Farneti, B., Lorenz, G., Masuero, D., Vrhovsek, U., Costa, G., Velasco, R. and Costa, F. 2013. A multidisciplinary approach providing new insight into fruit flesh browning physiology in apple (*Malus x domestica* Borkh.). Plos One 8: 1-15.
- Fukuchi-Mizutani, M., Ishiguro, K., Nakayama, T., Utsunomiya, Y., Tanaka, Y., Kusumi, T. and Ueda, T. 2000. Molecular and functional characterization of a rose lipoxygenase cDNA related to flower senescence. Plant Science 160: 129-137.
- Gillisen, J. W. and Hoekstra, F. A. 1984. Pollination-induced corolla wilting in *petunia hybrida* rapid transfer through the style of a wilting-inducing substance. Plant Physiology 75: 496-498.
- Goto, R., Aida, R., Shibata, M. and Ichimura, K. 1999. Role of ethylene on flower senescence of *Torenia*. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 68: 263-268.
- Heyes, J. A. and Johnston, J. W. 1998. 1-methylcyclopropene extends *Cymbidium* orchid vase life and prevents damaged pollinia from accelerating senescence. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 26: 319-324.
- Ichimura, K. and Goto, R. 2000. Acceleration of senescence by pollination of cut 'Asuka-no-nami' *Eustoma* flowers. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 69: 166-170.
- Ichimura, K., Shimizu-Yumoto, H. and Goto, R. 2009. Ethylene production by gynoecium and receptacle is associated with sepal abscission in cut *Delphinium* flowers. Postharvest Biology and Technology 52: 267-272.
- Ichimura, K. and Suto, K. 1998. Role of ethylene in acceleration of flower senescence by filament wounding in *Portulaca* hybrid. Physiologia Plantarum 104: 603-607.
- Jiang, W., Sheng, Q., Zhou, X.-J., Zhang, M.-J. and Liu, X.-J. 2002. Regulation of detached coriander leaf senescence by 1-methylcyclopropene and ethylene. Postharvest Biology and Technology 26: 339-345.
- Jiang, Y. and Joyce, D. C. 2003. ABA effects on ethylene production, PAL activity, anthocyanin and phenolic contents of strawberry fruit. Plant Growth Regulation 39: 171-174.
- Kato, M., Kamo, T., Wang, R., Nishikawa, F., Hyodo, H., Ikoma, Y., Sugiura, M. and Yano, M. 2002. Wound-induced ethylene synthesis in stem tissue of harvested

- broccoli and its effect on senescence and ethylene synthesis in broccoli florets. Postharvest Biology and Technology 24: 69-78.
- Lerslerwong, L., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2009. Protein degradation and peptidase activity during petal senescence in *Dendrobium* cv. Khao Sanan. Postharvest Biology and Technology 52: 84-90.
- Liavonchanka, A. and Feussner, I. 2006. Lipoxygenases: occurrence, functions and catalysis. Journal of Plant Physiology 163: 348-357.
- Lincoln, T. and Eduardo, Z. 2002. Plant Physiology. 3rd ed. Sunderland, USA: Sinauer Associates.
- Luangsuwalai, K., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2011. Ethylene-regulated hastening of perianth senescence after pollination in *Dendrobium* flowers is not due to an increase in perianth ethylene production. Postharvest Biology and Technology 62: 338-341.
- Mor, Y., Halevy, A. H., Spiegelstein, H. and Mayak, S. 1985. The site of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthesis in senescing carnation petals. Physiologia Plantarum 65: 196-202.
- O'Neill, S. D., Nadeau, J. A., Zhang, X. S., Bui, A. Q. and Halevy, A. H. 1993. Interorgan regulation of ethylene biosynthetic genes by pollination. The Plant Cell 5: 419-432.
- Pareek, S. 2016. Postharvest ripening physiology of crops. Florida, USA: CRC Press.
- Pattaravayo, R., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2013. Sucrose feeding of cut *Dendrobium* inflorescences promotes bud opening, inhibits abscission of open flowers, and delays tepal senescence. Postharvest Biology and Technology 77: 7-10.
- Phetsirikoon, S., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2012. Chilling injury in *Dendrobium* inflorescences is alleviated by 1-MCP treatment. Postharvest Biology and Technology 67: 144-153.
- Ranjbar, A., Ahmadi, N. and Eftekhari, M. 2015. Effects of 1-MCP and ethylene on antioxidant enzymes activity and postharvest physio-biochemical characteristics of cut carnation flower cv. 'Fortune'. Journal of Ornamental Plants 5: 239-248.
- Razali, Z., Boyce, A. N., Nair, H. and Chandran, S. 2013. Cell wall enzymes and changes in sugar content in pollinated orchids treated with ethylene inhibitors and sugars. Scientia Horticulturae 159: 143-151.

- Rouet-Mayer, M.-A., Bureau, J.-M. and Lauriere, C. 1992. Identification and characterization of lipoxygenase isoforms in senescing carnation petals. Plant Physiology 98: 971-978.
- Shahri, W. and Tahir, I. 2011. Flower senescence-strategies and some associated events. Botanical Review 77: 152-184.
- Shimizu-Yumoto, H. and Ichimura, K. 2009. Abscisic acid, in combination with sucrose, is effective as a pulse treatment to suppress leaf damage and extend foliage vase-life in cut *Eustoma* flowers. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 84: 107-111.
- Sirikesorn, L., Imsabai, W., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2015. Ethylene-induced water soaking in *Dendrobium* floral buds, accompanied by increased lipoxygenase and phospholipase D (PLD) activity and expression of a PLD gene. Postharvest Biology and Technology 108: 48-53.
- Sisler, E. C. and Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level : recent developments. Physiologia Plantarum 100: 577-582.
- Stead, A. D. and Moore, K. G. 1979. Studies on flower longevity in *Digitalis*. Planta 146: 409-414.
- Suh, J. N., Ohkawa, K. and Kwack, B. S. 1998. Senescence symptoms after emasculation vary among *Cymbidium* cultivars. Horticultural Science 33: 734-735.
- Tan, H., Liu, X., Ma, N., Xue, J., Lu, W., Bai, J. and Gao, J. 2006. Ethylene-influenced flower opening and expression of genes encoding *Etrs*, *Ctrs*, and *Ein3s* in two cut rose cultivars. Postharvest Biology and Technology 40: 97-105.
- Teixeira da Silva, J. A., Aceto, S., Liu, W., Yu, H. and Kanno, A. 2014. Genetic control of flower development, color and senescence of *Dendrobium* orchids. Scientia Horticulturæ 175: 78-86.
- ten Have, A. and Woltering, E. J. 1997. Ethylene biosynthetic genes are differentially expressed during carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flower senescence. Plant Molecular Biology 34: 89-97.
- Toma's-Barbera'n, F. A. and Espi'n, J. C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 853-876.
- Uthaichay, N., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2007. 1-MCP pretreatment prevents bud and flower abscission in *Dendrobium* orchids. Postharvest Biology and Technology 43: 374-380.

- van Doorn, W. G. 2004. Is petal senescence due to sugar starvation? Plant Physiology 134: 35-42.
- van Doorn, W. G. and Woltering, E. J. 2008. Physiology and molecular biology of petal senescence. Journal of Experimental Botany 59: 453-480.
- Woltering, E. J. and Somhorst, D. 1990. Regulation of anthocyanin synthesis in *Cymbidium* flowers: effects of emasculation and ethylene. Journal of Plant Physiology 136: 295-299.
- Woltering, E. J., Somhorst, D. and van der Veer, P. 1995. The role of ethylene in interorgan signaling during flower senescence. Plant Physiology 109: 1219-1225.
- Yueming, J. and Joyce, D. C. 2003. ABA effects on ethylene production, PAL activity, anthocyanin and phenolic contents of strawberry fruit. Plant Growth Regulation 39: 171-174.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Score				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP + ethylene	
Day 0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	ns
Day 2	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	ns
Day 4	3.8 \pm 0.1 ^a	3 \pm 0.0 ^b	4.0 \pm 0.0 ^a	4.0 \pm 0.0 ^a	*
Day 6	3.4 \pm 0.2 ^c	2.2 \pm 0.1 ^b	4.0 \pm 0.0 ^a	3.7 \pm 0.1 ^a	*
Day 8	2.6 \pm 0.1 ^b	2.2 \pm 0.1 ^b	3.9 \pm 0.1 ^a	3.6 \pm 0.1 ^a	*
Day 10	1.9 \pm 0.2 ^b	1.8 \pm 0.1 ^b	2.9 \pm 0.1 ^a	2.6 \pm 0.1 ^a	*
Day 12	1.4 \pm 0.1 ^b	1.1 \pm 0.1 ^b	2.3 \pm 0.1 ^a	1.9 \pm 0.1 ^a	*
Day 14	1.4 \pm 0.1 ^b	1.1 \pm 0.1 ^b	2.1 \pm 0.1 ^a	1.9 \pm 0.1 ^a	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย Kruskal- Wallis test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Dunn's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)

	Floral bud abscission (%)				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP+Ethylene	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 4	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 8	0.0 \pm 0.0 ^a	2.1 \pm 1.1 ^b	0.0 \pm 0.0 ^a	0.0 \pm 0.0 ^a	*
Day 10	0.5 \pm 0.5 ^a	3.3 \pm 1.5 ^b	0.0 \pm 0.0 ^a	0.0 \pm 0.0 ^a	*
Day 12	1.7 \pm 0.9 ^a	6.4 \pm 2.7 ^b	0.0 \pm 0.0 ^a	0.0 \pm 0.0 ^a	*
Day 14	7.4 \pm 1.4 ^a	17.6 \pm 3.7 ^b	3.8 \pm 1.3 ^a	2.5 \pm 1.3 ^a	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)

	Open flower abscission (%)				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP+Ethylene	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 4	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 8	3.3 \pm 2.2 ^a	4.3 \pm 2.3 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	*
Day 10	5.0 \pm 2.6 ^a	5.7 \pm 2.5 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	*
Day 12	16.3 \pm 3.9 ^a	14.0 \pm 3.9 ^a	3.75 \pm 2.0 ^b	3.3 \pm 2.3 ^b	*
Day 14	28.3 \pm 3.0 ^a	23.0 \pm 2.0 ^{ab}	9.6 \pm 2.6 ^b	11.0 \pm 4.0 ^{ab}	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (mean \pm SE)

	Floral bud opening (%)				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP+Ethylene	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 2	8.0 \pm 1.4 ^a	1.5 \pm 1.0 ^b	7.5 \pm 1.4 ^a	10.3 \pm 1.3 ^a	*
Day 4	13.3 \pm 1.2 ^a	4.9 \pm 1.6 ^b	11.0 \pm 1.1 ^a	14.3 \pm 1.6 ^a	*
Day 6	17.7 \pm 1.2 ^a	6.3 \pm 1.6 ^b	18.1 \pm 1.6 ^a	17.3 \pm 1.9 ^a	*
Day 8	21.2 \pm 1.2 ^a	8.4 \pm 1.6 ^b	19.9 \pm 1.6 ^a	20.3 \pm 2.7 ^a	*
Day 10	24.3 \pm 1.0 ^a	8.4 \pm 1.6 ^b	21.2 \pm 1.9 ^a	20.3 \pm 2.7 ^a	*
Day 12	24.3 \pm 1.0 ^a	8.4 \pm 1.6 ^b	21.2 \pm 1.9 ^a	20.3 \pm 2.7 ^a	*
Day 14	24.3 \pm 1.0 ^a	8.4 \pm 1.6 ^b	21.2 \pm 1.9 ^a	20.3 \pm 2.7 ^a	*

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Phenolic content (mg gallic acid/g FW)				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP + ethylene	
Day 0	0.33 \pm 0.01	0.37 \pm 0.01	0.34 \pm 0.01	0.37 \pm 0.11	ns
Day 4	0.25 \pm 0.002	0.22 \pm 0.008	0.23 \pm 0.01	0.22 \pm 0.05	ns
Day 8	0.14 \pm 0.006	0.12 \pm 0.002	0.10 \pm 0.007	0.11 \pm 01	ns
Day 12	0.12 \pm 0.114	0.12 \pm 0.005	0.10 \pm 0.001	0.10 \pm 0.007	ns

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 8 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/l}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	PPO activity (unit/mg protein)				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP + ethylene	
Day 0	13.39 \pm 2.71	17.13 \pm 1.81	15.86 \pm 1.75	11.47 \pm 2.40	ns
Day 4	10.20 \pm 0.57	11.04 \pm 2.85	13.17 \pm 1.33	9.56 \pm 1.53	ns
Day 8	9.48 \pm 4.40	18.59 \pm 2.85	11.63 \pm 5.33	14.10 \pm 1.20	ns
Day 12	16.84 \pm 1.40	14.25 \pm 1.96	15.11 \pm 2.58	11.61 \pm 2.85	ns

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 9 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และ/หรือ รมด้วยเอทิลีน ความเข้มข้น 0.4 $\mu\text{L/L}$ นาน 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	PAL activity (ul cinnamic acid/mg protein/h)				
	Control	Ethylene	1-MCP	1-MCP + ethylene	
Day 0	4.16 \pm 0.05	4.34 \pm 0.11	4.21 \pm 0.20	3.91 \pm 0.17	ns
Day 4	4.64 \pm 0.51	4.96 \pm 0.27	4.52 \pm 0.49	4.46 \pm 0.71	ns
Day 8	5.61 \pm 1.5	5.98 \pm 0.57	5.94 \pm 0.70	5.71 \pm 0.57	ns
Day 12	4.52 \pm 0.19	5.01 \pm 0.63	5.87 \pm 0.32	4.31 \pm 0.08	ns

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 10 คะแนนคุณภาพของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่าน การรวม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Score					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	ns
Day 2	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	ns
Day 4	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	ns
Day 6	3.8 \pm 0.1	3.5 \pm 0.1	3.9 \pm 0.1	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	ns
Day 8	2.9 \pm 0.2 ^b	2.9 \pm 0.1 ^b	3.6 \pm 0.2 ^a	3.5 \pm 0.2 ^a	3.6 \pm 0.2 ^a	*
Day 10	2.5 \pm 0.2 ^b	2.3 \pm 0.2 ^b	3.0 \pm 0.0 ^a	3.0 \pm 0.0 ^a	3.0 \pm 0.0 ^a	*
Day 12	2.3 \pm 0.2 ^b	2.0 \pm 0.1 ^b	2.8 \pm 0.1 ^a	2.8 \pm 0.1 ^a	3.0 \pm 0.0 ^a	*
Day 14	2.3 \pm 0.2 ^b	2.0 \pm 0.1 ^b	2.8 \pm 0.1 ^a	2.8 \pm 0.1 ^a	3.0 \pm 0.0 ^a	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ ทดสอบด้วย Kruskal- Wallis test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Dunn's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกตูม (floral bud abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Floral bud abscission (%)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 4	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 8	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 10	0.0 \pm 0.0 ^b	4.3 \pm 2.2 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	*
Day 12	5.7 \pm 2.4	6.2 \pm 2.5	3.3 \pm 2.2	4.5 \pm 2.3	2.8 \pm 1.9	ns
Day 14	8.6 \pm 2.4	7.8 \pm 2.6	3.3 \pm 2.2	6.2 \pm 2.5	4.2 \pm 2.2	ns

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกบาน (open flower abscission, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Open flower abscission (%)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 2	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 4	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 8	0.0 \pm 0.0 ^b	4.5 \pm 3.0 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	*
Day 10	7.8 \pm 3.8 ^b	14 \pm 4.8 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	*
Day 12	17 \pm 5.2 ^a	25 \pm 5.3 ^a	6.5 \pm 3.3 ^b	4.5 \pm 3.0 ^b	4.0 \pm 2.6 ^b	*
Day 14	34.5 \pm 5.5 ^a	36 \pm 5.2 ^a	6.5 \pm 3.3 ^b	11.5 \pm 3.8 ^b	7.6 \pm 3.1 ^b	*

* ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การบานเพิ่มของดอกตูม (floral bud opening, %) ของช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Floral bud opening (%)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 2	13.2 \pm 2.5	9.3 \pm 2.5	9.8 \pm 2.6	14.0 \pm 1.6	7.0 \pm 3.0	ns
Day 4	15.9 \pm 2.3	12.4 \pm 2.1	17.4 \pm 0.6	14.0 \pm 1.6	17.2 \pm 2.5	ns
Day 6	17.5 \pm 2.8	15.5 \pm 2.5	17.4 \pm 0.6	21.4 \pm 2.3	19.7 \pm 1.8	ns
Day 8	17.5 \pm 2.8	15.5 \pm 2.5	17.4 \pm 0.6	21.4 \pm 2.3	19.7 \pm 1.8	ns
Day 10	27.2 \pm 4.0	29.8 \pm 4.0	21.4 \pm 3.1	21.4 \pm 2.3	19.7 \pm 1.8	ns
Day 12	27.2 \pm 4.0	29.8 \pm 4.0	21.4 \pm 3.1	21.4 \pm 2.3	19.7 \pm 1.8	ns
Day 14	27.2 \pm 4.0	29.8 \pm 4.0	21.4 \pm 3.1	21.4 \pm 2.3	19.7 \pm 1.8	ns

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Electrolyte leakage (%)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	27.17 \pm 1.58	26.74 \pm 2.13	29.38 \pm 1.79	32.00 \pm 1.34	29.05 \pm 1.46	ns
Day 4	31.75 \pm 0.83	34.48 \pm 0.37	32.67 \pm 2.04	35.21 \pm 0.31	34.00 \pm 1.17	ns
Day 8	41.05 \pm 2.39	37.04 \pm 2.49	35.85 \pm 2.66	32.88 \pm 0.21	31.89 \pm 3.16	ns
Day12	42.78 \pm 1.36 ^a	43.87 \pm 2.25 ^a	34.17 \pm 2.00 ^b	34.17 \pm 2.37 ^b	34.41 \pm 0.52 ^b	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 15 ปริมาณเอทิลีนในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Ethylene (nL/g/h)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding +	1-MCP +	
				1-MCP	Wounding	
Day 0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 4	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	ns
Day 8	20.19 \pm 2.65 ^a	19.47 \pm 1.81 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	*
Day 12	29.35 \pm 4.75	37.06 \pm 4.86	27.04 \pm 2.6	25.27 \pm 2.61	28.43 \pm 3.94	ns

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 16 กิจกรรมของเอนไซม์ protease ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือ ผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 μL นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Protease activity (unit/gFW)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day0	2.13 \pm 0.08	2.13 \pm 0.05	2.03 \pm 0.07	2.05 \pm 0.14	1.93 \pm 0.15	ns
Day4	2.32 \pm 0.11	2.43 \pm 0.11	2.21 \pm 0.03	2.04 \pm 0.14	2.21 \pm 0.15	ns
Day8	3.67 \pm 0.09	3.62 \pm 0.11	3.13 \pm 0.26	3.24 \pm 0.10	3.36 \pm 0.21	ns
Day12	3.84 \pm 0.27 ^a	4.09 \pm 0.28 ^a	3.02 \pm 0.21 ^b	3.33 \pm 0.13 ^{ab}	3.42 \pm 0.28 ^{ab}	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 17 กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผล และ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	Lipoxygenase activity (unit/mg protein)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1MCP+ Wounding	
Day 0	1.19 \pm 0.10	1.35 \pm 0.07	1.12 \pm 0.15	1.20 \pm 0.14	1.17 \pm 0.13	ns
Day 4	2.20 \pm 0.12	2.04 \pm 0.29	1.98 \pm 0.31	2.74 \pm 0.36	2.02 \pm 0.23	ns
Day 8	3.55 \pm 0.30	3.35 \pm 0.27	3.69 \pm 0.17	3.55 \pm 0.14	4.14 \pm 0.37	ns
Day 12	4.83 \pm 0.44 ^a	5.22 \pm 0.37 ^a	3.44 \pm 0.51 ^b	3.46 \pm 0.39 ^b	3.99 \pm 0.41 ^{ab}	*

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 18 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิwhite’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/l}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	PPO activity (unit/mg protein)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	16.45 \pm 1.57	13.94 \pm 0.41	16.02 \pm 1.33	16.18 \pm 1.00	14.69 \pm 0.54	ns
Day 4	29.96 \pm 2.87	26.02 \pm 1.63	25.70 \pm 1.68	28.32 \pm 3.49	30.71 \pm 3.20	ns
Day 8	31.02 \pm 2.23	23.48 \pm 1.15	22.96 \pm 1.15	26.30 \pm 3.18	27.50 \pm 6.41	ns
Day 12	24.48 \pm 2.42	27.10 \pm 3.36	25.10 \pm 3.36	24.15 \pm 4.23	29.47 \pm 2.11	ns

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 19 กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ‘มะลิไวท์’ ที่มีบาดแผลและ/หรือผ่านการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 $\mu\text{L/L}$ นาน 3 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

	PAL activity (unit/mg protein)					
	Control	Wounding	1-MCP	Wounding + 1-MCP	1-MCP + Wounding	
Day 0	4.07 \pm 0.34	4.07 \pm 0.22	3.96 \pm 0.20	4.28 \pm 0.10	4.12 \pm 0.21	ns
Day 4	6.94 \pm 1.02	6.72 \pm 0.96	5.82 \pm 0.58	7.16 \pm 0.97	8.40 \pm 0.76	ns
Day 8	8.48 \pm 0.82	8.52 \pm 1.23	6.32 \pm 0.68	7.15 \pm 0.65	7.50 \pm 0.42	ns
Day 12	5.65 \pm 0.41	7.16 \pm 0.95	5.56 \pm 0.95	4.77 \pm 1.08	5.52 \pm 0.43	ns

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การคำนวณหาปริมาณเอทิลีน (ไพบูลย์ หมู่ยามาศ, 2550)

เมื่อ A คือ ค่าเอทิลีนที่อ่านได้จากเครื่อง GC (หน่วย ppm)
B คือ น้ำหนักของดอกกล้วยไม้ (หน่วย g)

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ ใน } 10^6 \text{ ลิตร มีเอทิลีน} &= A \text{ ลิตร} \\ 0.005 \text{ ลิตร มีเอทิลีน} &= \frac{0.005A}{10^6} \text{ ลิตร} \\ \text{ท่อเก็บแก๊ส } 0.24 \text{ ลิตร} &= \frac{0.24 \times 0.005A}{10^6 \times 0.005} \text{ ลิตร} \\ &= \frac{0.24A}{10^6} \text{ ลิตร} \\ \text{ดังนั้น ปริมาณเอทิลีน ต่อ น้ำหนักของดอกกล้วยไม้ } 1 \text{ g} &= \frac{0.24A}{10^6 B} \text{ L/g/h} \end{aligned}$$

2. การเตรียม 1-MCP สำหรับการทดลอง

ปริมาณผลิตภัณฑ์ Ethylbloc™ ในหน่วยมิลลิกรัมที่ใช้ในการละลายให้ 1-MCP ในรูปของแก๊ส เตรียมได้จากตารางการเตรียม 1-MCP (EthylBloc®, FloraLife, USA) ในหน่วย ส่วนต่อพันล้านส่วน และปริมาตรน้ำที่ใช้ในการละลายผลิตภัณฑ์ Ethylbloc™

ความเข้มข้นที่ใช้ (ppb)	ปริมาตรของภาชนะรวม (m ³)	
	ปริมาณผลิตภัณฑ์ Ethylbloc™ (mg)	ปริมาตรน้ำ (ml)
100	160	3
300	480	8
500	800	17

3. วิธีการรม 1-MCP

1. ชั่งผลิตภัณฑ์ Ethylbloc™ ตามที่ได้คำนวณไว้ แล้วใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก
2. ใส่น้ำที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียสในหลอด แล้วเขย่าให้ 1-MCP ละลาย (ปิดฝาหลอดทดลอง)
3. เปิดฝาหลอดทดลอง แล้วนำไปวางในถังรมที่มีช่อดอกกล้วยไม้ แล้วปิดฝาดังรมให้สนิทและปิดเทปกาวรอบถังรมอีกครั้ง
4. เมื่อครบเวลา 3 ชั่วโมงนำช่อดอกกล้วยไม้ออกจากถังรม และนำไปปักในน้ำกลั่นเพื่อทดลองต่อไป

4. การเตรียมสาร

4.1 การเตรียม Folin & Ciocaltea's phenol reagent 50%

นำสารละลาย Folin & Ciocaltea's phenol reagent ผสมด้วยน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1

4.2 การเตรียม Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 0.05 M pH 7.4

Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 0.05 M pH 7.4 เตรียมจาก

Tris (hydroxymethyl) aminomethane โดยคำนวณปริมาณสารที่ใช้ ความเข้มข้น 0.05 M แล้วละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นปรับ pH ด้วย conc. HCl ก่อนที่จะปรับปริมาตรของสารละลาย

4.3 การเตรียม Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7

Phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH7 เตรียมจาก

K_2HPO_4 1 M 61.5 มิลลิลิตร

KH_2PO_4 1 M 38.5 มิลลิลิตร

จะได้ Phosphate buffer ความเข้มข้น 1 M แล้วจึงนำมาคำนวณเพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.1 M

5. วิธีสกัดและวิเคราะห์เอนไซม์

5.1 การสกัดเอนไซม์ protease (Lerslerwong et al., 2009)

1. บดกลีบดอกกล้วยไม้ 1 กรัมในโถรงด้วยไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)
2. เติมสารละลาย Tris - HCl pH 7.4 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร สำหรับสกัดเอนไซม์ (extraction buffer)

3. นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 10,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
4. แยกส่วนที่เป็นสารละลายใส (supernatant) ใส่หลอดใหม่ เพื่อนำไปวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ protease

1. นำส่วนใสที่ได้จากการสกัดปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมลงไปในสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ (incubation buffer) ซึ่งประกอบด้วย Na-acetate pH 5 50 mM ที่มี azocasein 0.5 % ปริมาตร 400 ไมโครลิตร
2. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง เติมกรด TCA 50% ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา
4. นำสารละลายมาบ่มต่อบนน้ำแข็งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบเท่ากับ 10,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 5 นาที
6. แยกส่วนสารละลายใสใส่หลอดใหม่ แล้วเติม NaOH 10 M ปริมาตร 100 ไมโครลิตร
7. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร เทียบกับ blank ที่ใช้ extraction buffer แทนสารสกัดเอนไซม์
8. คำนวณอัตราการทำงานของเอนไซม์ โดยเอนไซม์ 1 Unit คือปริมาณเอนไซม์ที่สามารถเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงที่ 492 นาโนเมตรได้ 0.01 ใน 1 นาทีต่อ 1 มิลลิกรัมโปรตีน

5.2 การสกัดเอนไซม์ lipoxygenase, polyphenol oxidase และ phenylalanine ammonia lyase

1. บดกลีบดอกกล้วยไม้ในโถงด้วยไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)
2. เติมสารละลาย potassium phosphate buffer pH 7 100 mM ที่มี PVPP 1% ซึ่งเป็นสารสกัดเอนไซม์ (extraction buffer) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร
3. ผสมสารละลายและตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบเท่ากับ 10,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
4. แยกส่วนที่เป็นสารละลายใส (supernatant) ใส่หลอดใหม่ เพื่อนำไปวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase (Yueming and Joyce, 2003)

1. สารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

- สารสกัดจากพืช (crude extract)	100	ไมโครลิตร
- potassium phosphate buffer 100 mM, pH 7	2800	ไมโครลิตร
- sodium linoleic acid 10 mM	100	ไมโครลิตร

2. ผสมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์เข้าด้วยกัน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer โดยวิเคราะห์การทำงานแบบ kinetic ทุก ๆ 15 วินาที เป็นเวลาทั้งหมด 3 นาที ที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร เทียบระหว่าง sample และ blank ที่ใช้ extraction buffer แทนสารสกัดเอนไซม์

4. คำนวณอัตราการทำงานของเอนไซม์ โดยเอนไซม์ 1 Unit คือปริมาณเอนไซม์ที่สามารถเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงที่ 234 นาโนเมตรได้ 0.1 ใน 1 นาทีต่อ 1 มิลลิกรัมโปรตีน

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (Aghdam et al., 2015)

1. สารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

- สารสกัดจากพืช (crude extract)	70	ไมโครลิตร
- potassium phosphate buffer 100 mM, pH 7	1950	ไมโครลิตร
- pyrocatechol 100 mM	1000	ไมโครลิตร

2. ผสมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์เข้าด้วยกัน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer โดยวิเคราะห์การทำงานแบบ kinetic ทุก ๆ 15 วินาที เป็นเวลาทั้งหมด 3 นาที ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร เทียบระหว่าง sample และ blank ที่ใช้ extraction buffer แทนสารสกัดเอนไซม์

4. คำนวณอัตราการทำงานของเอนไซม์ โดยเอนไซม์ 1 Unit คือปริมาณเอนไซม์ที่สามารถเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโนเมตรได้ 0.001 ใน 1 นาทีต่อ 1 มิลลิกรัมโปรตีน

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (Aghdam et al., 2015)

1. สารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

- สารสกัดจากพืช (crude extract)	300	ไมโครลิตร
- potassium phosphate buffer 100 mM, pH 7	2000	ไมโครลิตร
- L-phenylalanine 100 mM	700	ไมโครลิตร

2. ผสมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. เมื่อครบ 1 ชั่วโมง เติมกรด HCl 5 mM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร เทียบกับ blank ที่ใช้ extraction buffer แทนสารสกัดเอนไซม์ เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ cinnamic acid ซึ่งค่าแอกทิวิตีของเอนไซม์ 1 Unit เป็น ไมโครโมล ของ cinnamic acid/มิลลิกรัมโปรตีน/ชั่วโมง

การวัด Total protein (นฤมล เตือนสติ, 2558)

1. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมด หาได้จากสารละลายผสมดังต่อไปนี้

- สารสกัดจากพืช	ปริมาตร 50	ไมโครลิตร
- ชุดทดสอบ total protein ของ Bio-Rad assay	ปริมาตร 50	ไมโครลิตร
- น้ำกลั่น	ปริมาตร 700	ไมโครลิตร
2. ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร
Blank เตรียมโดยการเติมน้ำกลั่นเพิ่ม 50 ไมโครลิตร แทนสารสกัดเอนไซม์ เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโปรตีน Bovine serum albumin (BSA)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชวิตา สุขพิทักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2535 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2557 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา พฤษศาสตร์ ภาควิชาพฤษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้รับการสนับสนุนด้านการศึกษาจากโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ทั้งในระดับปริญญาบัณฑิตและปริญญาามหาบัณฑิต

