



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน

พืชสวน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

Effect of Ethylene on Petal Fading in Cut Dendrobium Flowers

นามผู้วิจัย นางสาววิรัตน์ สักดีสิงห์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์ อำนวยชานัน มงคลชัยพฤกษ์, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ศาสตราจารย์ สายชล เกตุษา, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์ ปุณศรี หะรินสุต, Dr.Agr.Sci. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์ พูนพิภพ เกษมทรัพย์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์ กัญจนา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

Effect of Ethylene on Petal Fading in Cut *Dendrobium* Flowers

โดย

นางสาววิรัตน์ ศักดิ์สิงห์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วีรณัฐ ศักดิ์สิงห์ 2553: ผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้  
สกุลหวาย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชา  
พืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อัมพันธ์ชญาณ์ มงคลชัยพฤกษ์, Ph.D.  
91 หน้า

กล้วยไม้เป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญของประเทศไทย การเสื่อมสภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการ  
เปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ และอายุการ  
ใช้งานของดอกกล้วยไม้ ทั้งนี้เอทิลีน (ethylene) มีบทบาทสำคัญต่อการเสื่อมสภาพของพืชหลาย  
ชนิด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาถึงผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีด่าง และการ  
เสื่อมสลายของแอนโทไซยานินในดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ได้แก่ ‘Sonia  
Bom#17’, ‘Lucky Duan’, ‘Princess’, ‘Jacky’ และ ‘Sakura’ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า สารละลาย  
เอทิลีน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  สามารถกระตุ้นให้ดอกกล้วยไม้สกุลหวายเกิดการเสื่อมสภาพ  
และเกิดการชีด่างของกลีบดอก ทั้งนี้ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ แสดงอาการชีด  
่างของกลีบดอกชัดเจนที่สุด การชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้เป็นผลเนื่องมาจากสารละลายเอทิล  
ีนกระตุ้นให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการสูญเสียความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน (membrane  
permeability) จึงทำให้เกิดการรั่วไหลและการสลายของแอนโทไซยานิน และกระตุ้นกิจกรรม  
เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) และ anthocyanase นอกจากนี้การให้สาร  
ยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (1-methylcyclopropene; 1-MCP) ระดับความเข้มข้น  $500 \text{ nl L}^{-1}$  ก่อน  
การได้รับสารละลายเอทิลีน สามารถชะลอการเสื่อมสภาพดังกล่าวได้โดยลดการสลายของ  
แอนโทไซยานิน ค่าการรั่วไหลของประจุ และกิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase  
และจากการให้สารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน cycloheximide (CHI) ความเข้มข้น  $1 \text{ mM}$  ร่วมกับ  
สารละลายเอทิลีนแก่ดอกกล้วยไม้ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ  
anthocyanase ถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นภายหลังจากได้รับเอทิลีน

Weeranat Saksing 2010: Effect of Ethylene on Petal Fading in Cut *Dendrobium* Flowers. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Mrs. Anchaya Mongkolchaiyaphruek, Ph.D. 91 pages.

Orchid is one of the most important cut flowers in Thailand. Senescence, especially the petal fading is one of the key issues affecting the quality and vase life of the orchid flowers. Since ethylene plays a role in the various plant senescence. Therefore, this study was focused on effect of ethylene on petal fading and anthocyanin degradation in 5 commercial cut *Dendrobium* flowers such as 'Sonia Bom#17', 'Lucky Duan', 'Princess', 'Jacky' and 'Sakura'. The result showed that detached *Dendrobium* flowers treated with 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon was induced senescence and anthocyanin degradation, 'Sonia Bom#17' was the most sensitive to ethylene. The fading of ethephon treated flowers was preceded by an increase in membrane permeability. The increase in polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) and anthocyanase activities coincided with anthocyanin degradation. In addition, treatment of ethephon treated flowers with 500 nl L<sup>-1</sup> 1-methylcyclopropene (1-MCP) delayed senescence and reduced anthocyanin degradation, ion leakage, PPO, POD and anthocyanase activities. Treatment of detached flowers with 1 mM cycloheximide (CHI) and 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon indicated that the synthesis of PPO, POD and anthocyanase were induced after treated with ethylene.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อัมฉ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ ดร.สายชล เกตุษา และรองศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทริกา หะริณสูตร  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีตลอด  
มาและขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.วชิรญา อิ่มสบาย ประธานการสอบ และผู้ช่วย  
ศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและ  
ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณา  
สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา  
เขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณเพื่อภิญญา วิสุทธิมรรกุล พิไลศดาวัลย์ เลิศเลอวงษ์ พิสุทธิกัน กัญญะมี พืชศพล  
ผลาผล พี่อ้อมอรุณ นุกลธรประกิต พี่ชนัญญิตา คำดี พี่อิชยา ภูสิทธิกุล พี่ชูศักดิ์ คุณุไทย พี่รัชฎา-  
พร ไทยเกิด วิชชุดา สมส่วน เจมจิรา ลองพิชัย เสาวลักษณ์ บัวอิน เกศศิริรินทร์ แสงมณี กิตติศักดิ์  
สุภานันท์ เพชรรัตน์ เนตรลักษณ์ กิรนนท์ เหมาะประมาณ สุกฤษฏี เมธาประสิทธิ์ และพี่ ๆ  
เพื่อน ๆ น้อง ๆ เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและภาควิชาพืชสวนทุกท่านที่มีได้กล่าวนามในที่นี้  
และพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ  
ตลอดจนเอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นแรงหนุนให้ลูกเล่าเรียนมาตลอดและ  
เกื้อหนุนการศึกษาทุกอย่างเต็มที่ ตลอดจนถึงทั้งสองคน ครอบครัวยุติธรรม ที่ได้ให้การ  
สนับสนุน ความรัก ความช่วยเหลือ และกำลังใจที่สำคัญยิ่งในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์  
ด้วยดีตลอดมา

วีรณัฐ ศักดิ์สิงห์

พฤษภาคม 2553

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	30
ผล	30
วิจารณ์	62
สรุป	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ภาคผนวก	77
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	91

## สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่า C* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 20 และ 30 mg L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	78
2	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่า L* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 20 และ 30 mg L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	78
3	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่า Hue° ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 20 และ 30 mg L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	79
4	ค่า L* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน 30 mg L <sup>-1</sup> หรือรมด้วย 1-MCP 500 nl L <sup>-1</sup> ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	79
5	ค่า C* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน 30 mg L <sup>-1</sup> หรือรมด้วย 1-MCP 500 nl L <sup>-1</sup> ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	80
6	ค่า Hue° ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน 30 mg L <sup>-1</sup> หรือรมด้วย 1-MCP 500 nl L <sup>-1</sup> ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	80
7	อัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	81
8	อัตราการผลิตเอทิลีนของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	81

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	82
10	ค่าการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	82
11	ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	83
12	กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	83
13	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (POD) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	84
14	กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L <sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	84
15	ค่า L* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิลฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> หรือสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับสารละลายเอทิลฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	85

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
16	ค่า C* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> หรือสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	85
17	ค่า Hue° ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> หรือสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	86
18	อัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	86
19	อัตราการผลิตเอทิลีนของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	87
20	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	87
21	ค่าการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	88
22	ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L <sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	88

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
23	กิจกรรมเอนไซม์ PPO ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น $30 \text{ mg L}^{-1}$ ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น $1 \text{ mM}$ และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	89
24	กิจกรรมเอนไซม์ POD ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น $30 \text{ mg L}^{-1}$ ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น $1 \text{ mM}$ และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	89
25	กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น $30 \text{ mg L}^{-1}$ ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น $1 \text{ mM}$ และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน	90

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสังเคราะห์เอทิลีนของพืชชั้นสูง	7
2	โครงสร้างของแอนโทไซยานินชนิดต่าง ๆ	14
3	ขั้นตอนการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน	15
4	ความสัมพันธ์ระหว่างเอนไซม์ POD, PPO และ anthocyanase ต่อการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน	17
5	แสดงตำแหน่งดอกย่อยของช่อดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’ ที่เลือกใช้ในการทดลอง	19
6	Hue sequence และ Hue angle ในแผนผังของ CIELAB	23
7	การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกค่า L* (A) C* (B) และ Hue° (C) ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับเอทิฟอน 0 mg L <sup>-1</sup> (◆) 20 mg L <sup>-1</sup> (■) และ 30 mg L <sup>-1</sup> (△)	31
8	ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ก่อนการได้รับทริทเมนต์ (A) การเกิดอาการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 30 mg L <sup>-1</sup> เป็นเวลา 1 วัน (B, C และ D) 3 วัน (E, F และ G) และ 7 วัน (H, I และ J)	32
9	ลักษณะการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ต่าง ๆ วันที่ 6 ภายหลังจากได้รับสารละลายเอทิฟอน ‘Sonia Bom#17’ (A) ‘Lucky Duan’ (B) ‘Princess’ (C) ‘Jacky’ (D) และ ‘Sakura’ (E)	33
10	ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ก่อนการได้รับทริทเมนต์ (A) ดอกกล้วยไม้ที่เกิดอาการซีดจางของกลีบดอกที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) เป็นเวลา 1 วัน (B, C และ D) 3 วัน (E, F และ G) และ 7 วัน (H, I และ J)	38
11	การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก ค่า C* (A) L* (B) และ Hue° (C) ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	39

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	40
13	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	41
14	ค่าการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	42
15	ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	43
16	กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	44
17	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (POD) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	45
18	กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L <sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	46
19	ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ก่อนการได้รับทรีทเมนต์ (A) ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ภายหลังการทดลอง 3 วัน (B, C และ D) 5 วัน (E, F และ G) และ 9 วัน (H, I และ J)	47

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ในวันที่ 9 ของการทดลอง แสดงผลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (A)-(B) ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (C)-(D) ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (E)-(F)	48
21	การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกค่า C*(A) L*(B) และ Hue°(C) ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	52
22	ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ก่อนการได้รับทริทเมนต์ (A) อาการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ระยะเวลาต่าง ๆ เวลา 1 วัน (B, C และ D) 3 วัน (E, F และ G) และ 7 วัน (H, I และ J)	53
23	อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	54
24	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	55
25	ค่าการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	56
26	ค่า pH ใน cell sap ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	57

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	58
28	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (POD) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	59
29	กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L <sup>-1</sup> ethephon (△)	60
30	ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ก่อนได้รับทรีทเมนต์ (A) ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ภายหลังจากทดลอง 3 วัน (B, C และ D) 5 วัน (E, F และ G) และ 9 วัน (H, I และ J)	61

# ผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

## Effect of Ethylene on Petal Fading in Cut *Dendrobium* Flowers

### คำนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพในการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับเชิงการค้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้วยไม้ตัดดอก ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศในแต่ละปี มีมูลค่าประมาณ 2,500 – 3,000 ล้านบาท ทั้งนี้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กำหนดให้กล้วยไม้เป็นพืช 1 ใน 4 ของพืช Product Champion เนื่องจากเป็นพืชที่ทำรายได้สูง รวมทั้งมีปริมาณการเพาะปลูกและส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี ประเทศไทยได้ผลิตและส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกมาเป็นเวลาเกือบ 40 ปี จัดเป็นอันดับหนึ่งในการส่งออกดอกกล้วยไม้ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกกล้วยไม้ทั่วประเทศในปี พ.ศ.2548 ประมาณ 20,311 ไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 20,746 ไร่ในปี พ.ศ.2550 และผลผลิตรวมได้เพิ่มขึ้นจาก 45,791 ต้น ในปี พ.ศ.248 มาเป็น 48,639 ต้น ในปี พ.ศ.2550 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) แหล่งผลิตดอกกล้วยไม้ส่วนใหญ่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง เช่น นนทบุรี นครปฐม พระนครศรีอยุธยา สมุทรสาคร ราชบุรี และกาญจนบุรี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ในปัจจุบันอุตสาหกรรมกล้วยไม้ของประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้าอย่างมาก และทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอันดับหนึ่งในจำนวนไม้ดอกไม้ประดับทั้งหมดที่มีการส่งออก ทั้งนี้ในปี พ.ศ.2550 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกดอกกล้วยไม้สดคิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้นประมาณ 2,545 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ตลาดที่เป็นผู้ซื้อรายใหญ่ของกล้วยไม้ไทย ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และเนเธอร์แลนด์ ซึ่งประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยไม้ไปตลาดประเทศญี่ปุ่นเป็นอันดับ 1 โดยมีทั้งการส่งออกดอกกล้วยไม้ และต้นกล้วยไม้ (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2549) โดยกล้วยไม้ที่นิยมปลูกเพื่อการตัดดอก และส่งออกมากที่สุด คือ กล้วยไม้สกุลหวายลูกผสม (*Dendrobium* hybrid.)

กล้วยไม้สกุลหวาย เป็นไม้ตัดดอกที่มีมูลค่าการส่งออก และทำรายได้เข้าประเทศไทยปีละหลายพันล้านบาท ทั้งนี้กล้วยไม้ตัดดอกที่จำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศมักประสบปัญหาด้านคุณภาพของดอก กล่าวคือ มักมีอายุการใช้งานสั้น ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากเกิดการเสื่อมสภาพ (senescence) ตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม

การเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ หรือการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมมีผลทำให้ดอกกล้วยไม้ผลิตฮอร์โมนเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเอทิลีนที่สร้างขึ้นนี้มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้ดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพ อาทิเช่น เกิดอาการคว่ำ การร่วงของดอก เกิดอาการเหี่ยว อาการถู่ และการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก

การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการซีดจาง ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในกลีบดอก นับได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการประเมินคุณภาพ ทั้งนี้ การซีดจางของกลีบดอกจัดเป็นดัชนีหนึ่งที่บ่งชี้การสิ้นอายุการใช้งานของดอกกล้วยไม้ที่นำมาใช้ปักแจกัน

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงผลกระทบของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจะทำให้สามารถเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้น อันนำไปสู่การหาแนวทางหรือวิธีการในการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นได้

## วัตถุประสงค์

การศึกษาผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวายมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาผลของเอทิลีนที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานิน และการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ในกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย
3. เพื่อศึกษาผลของเอทิลีนที่มีต่อกิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย

## การตรวจเอกสาร

กล้วยไม้จัดอยู่ในกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledoneae) อยู่ในสกุล Orchidaceae (จิตรารพรรณ, 2550) ทั้งนี้กล้วยไม้เป็นพืชที่มีวิวัฒนาการและการปรับตัวหลายรูปแบบ จึงสามารถกระจายพันธุ์อยู่ได้ในทุกภูมิภาคของโลก และจากการสำรวจคาดว่า มีต้นกล้วยไม้ในโลกรวมประมาณ 17,000 – 35,000 ชนิด ซึ่งในปัจจุบันสามารถจำแนกได้ 796 สกุล โดยมีต้นกล้วยไม้ประมาณ 19,500 ชนิด

คนไทยนิยมปลูกกล้วยไม้มานาน โดยส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อจำหน่ายต้นหรือตัดดอก ซึ่งในการจำหน่ายมีทั้งการจำหน่ายในตลาดภายในประเทศ และตลาดต่างประเทศ ทั้งนี้กล้วยไม้สกุลหวายลูกผสม (*Dendrobium hybrid*) จัดเป็นกล้วยไม้ที่นิยมปลูกตัดดอกมากที่สุด (จิตรารพรรณ, 2550) โดยส่งออกจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี จีน และไต้หวัน (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2549) โดยมีมูลค่าการส่งออกประมาณ 2,500 – 3,000 ล้านบาทต่อปี ซึ่งจัดเป็นอันดับหนึ่งในการส่งออกดอกกล้วยไม้ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

กล้วยไม้ตัดดอกที่จำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศมักประสบปัญหาด้านคุณภาพของดอก ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากเกิดการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม อันมีผลทำให้ดอกกล้วยไม้ผลิตฮอร์โมนเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเอทิลีนที่สร้างขึ้นนี้มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้ดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพ และมีอายุการใช้งานสั้น

### ธรรมชาติของดอกไม้

ดอกไม้เป็นอวัยวะที่ซับซ้อนของพืช มีอายุค่อนข้างสั้น เมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ ของต้น ประกอบด้วยอวัยวะย่อย ๆ หลายอย่าง ตั้งแต่กลีบเลี้ยง ฐานรองดอก กลีบดอก รังไข่ เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย เมื่อดอกไม้บานแล้วอวัยวะแต่ละส่วนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไป ดอกไม้บางชนิดมีอายุภายหลังดอกบานอยู่หลายวัน เช่น ดอกกล้วยไม้ เบญจมาศ ฯลฯ ดอกไม้ส่วนใหญ่มีสีคงที่ แต่อาจซีดลงหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อเข้าสู่การเสื่อมสภาพแล้วเหี่ยวแห้งไป แต่บางชนิดเปลี่ยนสีได้ขณะที่ดอกยังสดอยู่ เช่น ดอกพุดสามสีและ โยทกา (จริงแท้, 2550)

การเปลี่ยนแปลงของดอกไม้ภายหลังดอกบาน สันนิษฐานว่าเป็นการปรับตัวให้เหมาะสมกับการอยู่รอดของพืช การบานของดอกเกิดขึ้นเพื่อดึงดูดความสนใจของสัตว์ช่วยการถ่ายละอองเรณูไม่ว่าจะเป็นแมลงหรือสัตว์อื่น ดังนั้น เมื่อการถ่ายละอองเรณูเกิดขึ้นแล้วความจำเป็นที่จะดึงดูดพาหะถ่ายเรณู (pollinator) เข้ามาจึงหมดไป การเหี่ยว การหลุดร่วง การเปลี่ยนสีของดอก ตลอดจนการลดปริมาณน้ำหวาน หรือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำหวานในดอก จึงเกิดขึ้นเพื่อลดการดึงดูดพาหะถ่ายเรณูที่จะเข้าหาดอกที่ได้รับการผสมแล้ว

การเปลี่ยนแปลงในดอกไม้โดยเฉพาะในกลีบดอกเป็นที่สนใจของผู้บริโภคเป็นอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นกับดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวมาแล้วปักอยู่ในแจกัน หรือเป็นดอกไม้ในกระถาง และแม้กระทั่งดอกไม้ในสวน

### สาเหตุการเสื่อมสภาพของดอกไม้

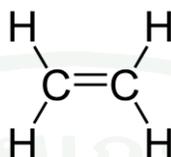
คุณภาพของดอกไม้ภายหลังตัดจากต้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาวะก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งได้แก่ น้ำ อาหารสะสมภายในดอก ความเข้มแสง และอุณหภูมิ (Holley, 1965) ยังขึ้นอยู่กับสภาวะภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางสรีระ และชีวเคมีของดอกไม้ ตลอดจนสภาพแวดล้อมและวิธีการปฏิบัติดูแลภายหลังการเก็บเกี่ยว (นิธิยา, 2525) ดอกไม้ที่ตัดจากต้นมีการเสื่อมคุณภาพหรือหมดอายุการใช้งานเร็วกว่าเมื่ออยู่บนต้นเดิม ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

#### 1. การสังเคราะห์เอทิลีนของดอกไม้

ดอกไม้หลายชนิดมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นมาก เช่น ดอกฝ้าย ผักบุ้งฝรั่ง ชบา และมะลิลา ก่อนที่ดอกจะแสดงอาการเหี่ยว (หรือหลุดร่วง) ในดอกคาร์เนชั่น อัตราการผลิตเอทิลีนมีความสัมพันธ์กับอายุของดอก ดอกที่มีการผลิตเอทิลีนมากมีอายุสั้นกว่าดอกที่มีการผลิตเอทิลีนน้อยอย่างเห็นได้ชัด ในกลุ่มดอกที่มีการผลิตเอทิลีนมาก พบว่าการเหี่ยวของดอกที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยเอทิลีนจะมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าดอกที่การเหี่ยวไม่ได้เกิดขึ้นจากการกระตุ้นของเอทิลีน

## เอทิลีน (Ethylene)

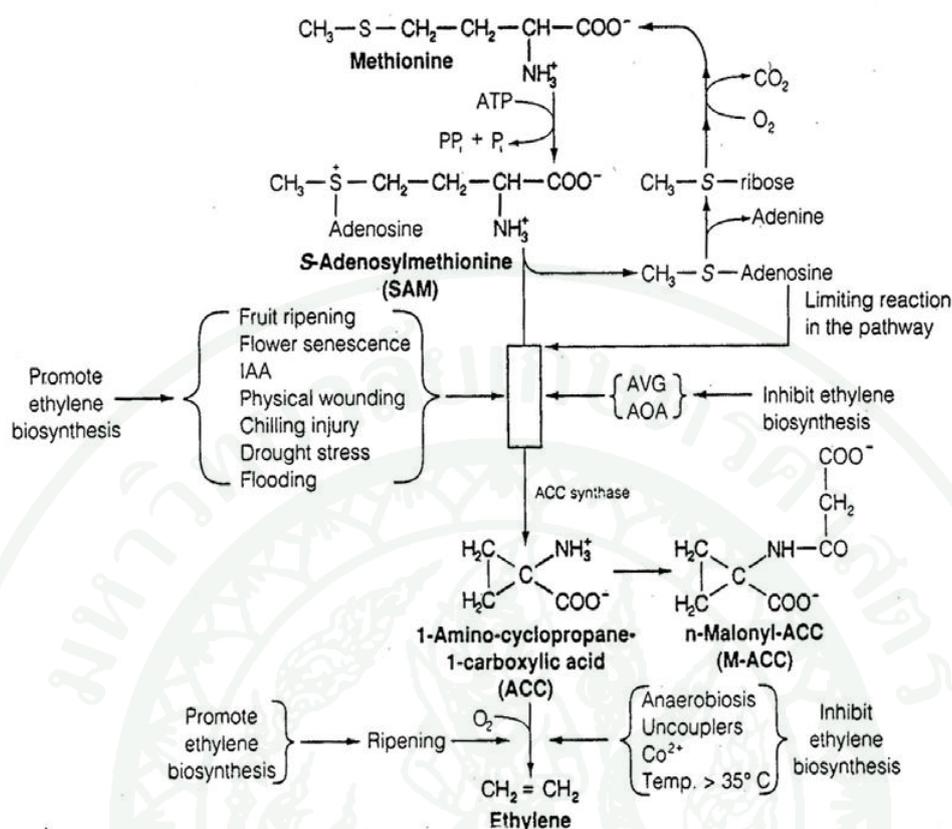
เอทิลีนเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 2 อะตอม เชื่อมกันด้วยพันธะคู่ มีสูตรโครงสร้างดังนี้



เอทิลีนสามารถสร้างขึ้นได้เองในพืช และเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการ เอทิลีนมีคุณสมบัติเป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นหอมเล็กน้อย มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ  $-103$  องศาเซลเซียส เป็นแก๊สที่ติดไฟได้ง่าย สามารถละลายในน้ำได้มากกว่าออกซิเจน 5 เท่า เอทิลีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ได้ เช่น ทำปฏิกิริยากับ halogen ได้สารพวก dihalogen (1,2-dibromo ethane) ทำปฏิกิริยากับ HOCl ได้ 2-chloroethanol ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ ethanol นอกจากนี้ยังสามารถถูกออกซิไดซ์ได้โดยออกซิเจน โอโซน หรือ ต่างทับทิม

พืช และสิ่งมีชีวิตหลายชนิดสามารถสร้างเอทิลีนได้ ซึ่งการสังเคราะห์เอทิลีนในดอกไม้จะเพิ่มขึ้นทีละน้อยเมื่อดอกไม้มีอายุมากขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน ดอกตูมที่ได้รับเอทิลีนจากภายนอกจะสังเคราะห์เอทิลีนออกมาได้น้อยกว่าดอกไม้บานเต็มที่แล้ว (นิธิยา และคณะ, 2537) นอกจากนี้การสังเคราะห์เอทิลีนจะมีมากในช่วงที่ดอกไม้เสื่อมสภาพ กล่าวคือในช่วงที่สีกลีบดอกเริ่มซีด และดอกใกล้ร่วง (เสาวลักษณ์, 2549)

การสังเคราะห์เอทิลีนในพืชชั้นสูง โดยทั่วไป เริ่มต้นจากกรด methionine ซึ่งเป็นกรดอะมิโน ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบผ่านสารตัวกลาง S-adenosyl-methionine (SAM) โดยอาศัยเอนไซม์ SAM synthase ซึ่งจะมีการใช้ ATP ในกระบวนการ 1 โมเลกุล สารที่เกิดขึ้นจะแตกตัวเป็น 5, S-methylthioadenosine และกรด 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยอาศัยเอนไซม์กรด 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (ACC synthase) ซึ่งกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจะแตกตัวไปเป็นเอทิลีน โดยเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (ACC oxidase) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสังเคราะห์เอทิลีนของพืชชั้นสูง

ที่มา: Taiz and Zeiger (1991)

ความเสียหายของดอกไม้เนื่องจากเอทิลีน

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่ส่งไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศนั้นมีลักษณะเป็นช่อคือ มีทั้งดอกตูม และดอกบาน ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติก และกล่องกระดาษปิดฝามีช่องระบายอากาศ จากรายงานของ Goh *et al.* (1985) พบว่า ดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ 'Jacquelyn Hawaii' ในวัยดอกตูมมีการสร้างเอทิลีนมากกว่าดอกที่กำลังร่วง ซึ่งสอดคล้องกับ Yip and Hews (1988) ที่พบว่า ดอกกล้วยไม้สกุล *Aranda* พันธุ์ 'Christine' ดอกตูมมีการสร้างเอทิลีนมาก และค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งดอกบาน หลังจากนั้นการสร้างเอทิลีนจะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งถึงแม้ว่าเอทิลีนที่ดอกกล้วยไม้สร้างขึ้นจะมีระดับความเข้มข้นต่ำ แต่สามารถสะสมอยู่ภายในรอบ ๆ ดอกจนถึงระดับที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ (Davidson, 1971) นอกจากนี้เอทิลีนที่สะสมในระดับความเข้มข้นสูงจะเป็นอันตรายกับดอกไม้ ทำให้ดอกไม้เสื่อมคุณภาพเร็ว มีผลทำให้โครงสร้างทางกายภาพของเซลล์

และเอนไซม์เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้การเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ อาทิเช่น การคว่ำ ร่วงของดอก การเหี่ยวเฉา หรือซีดจางของกลีบดอก มิได้เกิดเฉพาะเมื่อได้รับก๊าซเอทิลีนเท่านั้น แต่สามารถเกิดได้เมื่อดอกกล้วยไม้ได้รับสารตัวกลาง (intermediate) ในวิถีการสร้างเอทิลีน (นริสา, 2546) ซึ่งฟองจันทร์ (2536) รายงานว่าดอกตูม ดอกแย้ม และดอกบานของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ปอมปาดัวร์ เมื่อได้รับ ACC ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ โดยการแช่โคนก้านช่อดอกจะเกิดการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้น เร่งการชราภาพ และมีอายุการปักแจกันลดลง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าความเข้มข้นของ ACC ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น (ประภาพร, 2539) และจากการศึกษาการเสื่อมสภาพของกลีบดอก *Tradescantia* พบว่า กลีบดอก *Tradescantia* ที่เกิดการเสื่อมสภาพมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นในปริมาณมาก มีผลทำให้เยื่อหุ้มแวคิวโอล (tonoplast) เกิดการสูญเสียความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน และมีผลทำให้เกิดการซีดจางของกลีบดอกขึ้น (Suttle and Kende, 1978) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเอทิลีนมีผลทำให้กลีบดอกกล้วยไม้หวาย *Phalaenopsis* แคทลียา และแวนด้าเกิดการซีดจาง (Akamine, 1976)

#### สารควบคุมเอทิลีน

สารควบคุมเอทิลีนนั้นมีหลายชนิด และแต่ละชนิดมีหน้าที่ในการควบคุมต่างกัน ซึ่งหลักการในการควบคุมมีดังนี้

1. ยับยั้งการผลิตเอทิลีนจากตัวพืช
2. ป้องกันการจับกันของเอทิลีนและตัวรับ
3. ป้องกันปฏิกิริยาของพืชต่อการจับกันของเอทิลีนและตัวรับ

การแบ่งสารควบคุมเอทิลีนนั้นจะแบ่งตามกลไกการควบคุม ดังนี้ (Serek *et al.*, 2006)

1. สารควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase ได้แก่ aminoethoxyvinyl glycine (AVG), aminoxyacetic acid (AOA) และคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง
2. สารควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase ได้แก่ cobalt chloride (CoCl<sub>2</sub>),  $\alpha$ -aminoisobutyric acid และออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ

3. สารควบคุมแก๊สเอทิลีน ได้แก่ Potassium permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ) และ Zeolites

4. สารควบคุม receptor ได้แก่ silver thiosulfate (STS), 2,5-norbornadiene (2,5-NBD), diazocyclopentadiene (DACP), 1-methylcyclopropene (1-MCP), cyclopropene (CP), 3,3 dimethylcyclopropene (3,3-DMCP), 3-methylcyclopropene (3-MCP), 1-decyclopropene (1-DCP) และ 1-hexylcyclopropene (1-HCP)

5. สารควบคุมการตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน ได้แก่ ไซโตโคนิน

Jiang *et al.* (2001a) ศึกษาผลของ 1-MCP ต่อการเสื่อมสภาพของผลสตอเบอรี่ พบว่า 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น  $1000 \text{ ml L}^{-1}$  สามารถยับยั้งการทำงานของ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) และทำให้การเพิ่มของแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลลดลง

นริสา (2546) ได้ทำการทดลองให้สาร 1-MCP ความเข้มข้น  $500 \text{ ml L}^{-1}$  ที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงแก่ดอกกล้วยไม้ พบว่า สามารถยืดอายุการปักแจกันของกล้วยไม้ได้ดีที่สุด โดยกิจกรรมเอนไซม์ ACC synthase ของดอกตูมลดลง นอกจากนี้ยังสามารถลดการสร้างเอทิลีน และการหลุดร่วงของดอกได้

ศิริพิมล และคณะ (2550) ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว และอายุการใช้งานของดอกกล้วยไม้สกุลมอศคาร่า พันธุ์ใจรัก โกลด์ โดยทำการเก็บเกี่ยวช่อดอกในระยะที่มีดอกตูมประมาณ 2-5 ดอก จากนั้นทำการบรรจุช่อดอกลงในถังพลาสติกที่ปิดสนิท และรมช่อดอกด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 250, 500 และ  $1,000 \text{ ml L}^{-1}$  เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ช่อดอกกล้วยไม้ที่รมสาร 1-MCP ทุกความเข้มข้นสามารถชะลอการเหี่ยวและร่วงของดอกย่อยโดยมีอายุการใช้งานนานกว่าชุดควบคุมแต่ทั้งนี้ไม่มี ความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 2. การหายใจของดอกไม้

การหายใจของสิ่งมีชีวิตเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่อาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่ง และใช้ออกซิเจนออกซิไดซ์น้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานจำนวนหนึ่ง ดอกไม้ในขณะที่อยู่บนต้นจะได้รับธาตุอาหาร และน้ำซึ่งส่งมาจากราก ใบที่ติดอยู่บนกิ่งจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเลี้ยงกิ่งนั้น เมื่อมีการตัดดอกออกมาจากต้นจะทำให้ระบบการส่งน้ำและอาหารถูกตัดขาด ดอกไม้นั้นจะเข้าสู่ระยะชราภาพอย่างรวดเร็วและแห้งเหี่ยวไป การเพิ่มน้ำตาลซูโครสให้แก่ดอกไม้ จะทำให้มีการสะสมโปรตีน แป้ง ethanol-soluble carbohydrate และ ethanol-insoluble material เพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าการสะสมโพลีแซคคาไรด์ในดอกจะลดลง (Halevy and Mayak, 1980) ในดอกไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง เช่น ดอกกล้วยไม้ จะมีอายุการใช้งานสั้นกว่าดอกไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ (สายชล, 2531) ซึ่งดอกไม้ที่ได้รับน้ำตาลจากภายนอกจะช่วยชะลอการชราภาพและทำให้มีอายุการปักแจกันที่นานขึ้น (Paulin, 1986)

ดอกไม้มีลักษณะการหายใจคล้ายกับผลไม้ กล่าวคือ มีทั้งการหายใจแบบ climacteric ซึ่งเริ่มจากการหายใจในระดับต่ำเพิ่มสูงขึ้นแล้วลดลงพร้อม ๆ กับการเสื่อมสภาพของดอก เช่น ในดอกเบญจมาศ มะลิลา คาร์เนชั่น รักเร่ กล้วยไม้ และเดซี่ลิลลี่ และแบบ non-climacteric ซึ่งการหายใจลดลงโดยตลอด เช่น ดอกไอริส และ narcissus โดยภาพรวมพบว่า การเพิ่มขึ้นแล้วลดลงของอัตราการหายใจในดอกไม้ส่วนใหญ่จะพบในดอกไม้ที่การเสื่อมสภาพอยู่ภายใต้การควบคุมของเอทิลีน ส่วนดอกไม้ซึ่งการเสื่อมสภาพไม่ได้ถูกควบคุมโดยเอทิลีนจะมีการหายใจลดลงโดยตลอด หรือถ้ามีการหายใจเพิ่มขึ้นก็เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของการหายใจในดอกไม้ประเภท climacteric อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการตอบสนองต่อการผลิตเอทิลีน (จริงแท้, 2550)

## 3. ภาวะสมดุลของน้ำ

ภาวะสมดุลของน้ำเกี่ยวข้องกับอัตราการดูดซึมของน้ำ การขนย้าย อัตราการระเหยของน้ำและความสามารถของเนื้อเยื่อดอกไม้ที่จะอุ้มน้ำไว้ได้ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ และเกี่ยวข้องกัน ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในก้านดอกภายหลังการตัดดอกจากต้น จะใช้ไปเพื่อให้เซลล์มีชีวิตอยู่ได้ และบางส่วนของน้ำจะระเหยออกทางรูใบ ทำให้ปริมาณน้ำลดน้อยลง ดอกไม้ที่ไม่ได้รับน้ำทดแทนจากภายนอก จะเหี่ยว และมีอายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นจึงต้องควบคุมอัตราการคายน้ำของดอกไม้ให้สูญเสียให้น้อยที่สุด และมีการให้น้ำ

แก่ดอกไม้ โดยการนำโคนก้านดอกไม้แช่น้ำ เพื่อทดแทนน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากการคายน้ำ ทำให้เกิดภาวะสมดุลของน้ำภายในก้านดอก นอกจากนี้การควบแน่นน้ำค้าง ก็มีผลต่อการลดลงของน้ำหนักของดอกไม้ การควบแน่นที่ลดลงอาจเป็นผลเนื่องมาจากการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำ ซึ่งเกิดจากการเข้าไปเจริญเติบโตภายในก้านดอกของเชื้อจุลินทรีย์ สารประกอบบางอย่างของผนังเซลล์ สารที่ปล่อยออกมาจากบาดแผลและใบ และฟองอากาศที่เข้าทางรอยตัดของก้านดอก ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำเกาะกันไม่ต่อเนื่อง ประสิทธิภาพในการควบแน่น และการเคลื่อนที่ของน้ำจึงลดลง (สายชล, 2531) ในขณะที่พืชมีการคายน้ำหรือสูญเสียน้ำ ก่อให้เกิดความไม่สมดุลของน้ำภายในดอก ทำให้ดอกไม้เกิดการเหี่ยว และเกิดการชราภาพเร็วขึ้น ดังเช่นกล้วยไม้สกุล *Phalaenopsis* จะเหี่ยวเร็วกว่าดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* เนื่องจากมีอัตราการคายน้ำที่สูงกว่า และกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* จะมีอัตราการคายน้ำต่ำเมื่อเทียบกับดอกกลีดิ กุหลาบ หรือคาร์เนชัน (van Doorn, 1997) จากงานทดลองในกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายพันธุ์ 'Pompadour' และ พันธุ์ 'Jaquelyn Thomas' ที่เกิดการขาดน้ำนาน 12 ชั่วโมง พบว่า เกิดการเสื่อมสภาพของดอกตูม และดอกบานมากกว่าดอกกล้วยไม้ที่ไม่ขาดน้ำ และมีอายุปักแจกันเพียง 22.8 วัน ขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ขาดน้ำมีอายุปักแจกันนานถึง 33.3 วัน (ศิริวรรณ, 2529)

#### 4. การเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์

การศึกษาในระดับโมเลกุลในระยะหลังพบว่าระดับของ mRNA ของเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่  $\beta$ -glucosidase และ  $\beta$ -galactosidase เพิ่มขึ้นระหว่างการเสื่อมสภาพของกลีบดอกคาร์เนชัน เอนไซม์ทั้งสองมีบทบาทในการย่อยสลายผนังเซลล์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระหว่างการเสื่อมสภาพของกลีบดอก ผนังเซลล์จะถูกย่อยสลายลงด้วย และจากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของดอกไอริส แสดงให้เห็นชัดเจนว่าผนังเซลล์ของเซลล์มีโซฟิลล์ (mesophyll) ที่อยู่ใต้เซลล์เนื้อเยื่อ (epidermis) ถูกย่อยสลายไปทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้นตามลำดับ ยกเว้นในบริเวณที่มีกลุ่มท่ออาหารอยู่ใกล้เซลล์เนื้อเยื่อผิว ส่งผลให้เนื้อเยื่อของกลีบดอกแต่ละส่วนเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากัน ส่วนที่มีท่ออาหารถูกดึงให้ต่ำลงกว่าเซลล์รอบ ๆ ทำให้เกิดเป็นรอยริ้ว ซึ่งเป็นอาการเหี่ยวของดอก (Stead and van Doorn, 1994)

## 5. การเปลี่ยนแปลงในเยื่อหุ้มต่าง ๆ

ระหว่างการเสื่อมสภาพของกลีบดอก พบว่าสารต่าง ๆ รวมทั้งสารสี กรดอะมิโน น้ำตาล และไอออนต่าง ๆ รั่วไหลออกจากเซลล์ จากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาค ทั้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนต่างพบว่าเยื่อหุ้มต่าง ๆ เกิดการเสื่อมสภาพ ทั้งเยื่อหุ้มเซลล์ และเยื่อหุ้มแวคิวโอล การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเหล่านี้สังเกตได้จากการสร้างถุงเล็ก (vesicle) ขึ้น โดยการตลบเข้า (invaginate) ของเยื่อหุ้มแวคิวโอลเข้าไปในไซโตพลาซึมจนกระทั่งเยื่อหุ้มแตกสลายลงทั้งหมด ซึ่งลักษณะการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเหล่านี้มักพบเกิดขึ้นเมื่อกลีบดอกเริ่มแสดงอาการเหี่ยวหรือหลุดร่วงออกจากดอกแล้ว (จริงแท้, 2550)

การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มดังกล่าว เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อหุ้ม ซึ่งประกอบด้วยการลดลงของการสร้าง และการเพิ่มขึ้นของการทำลายไขมันชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้ม การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นก่อนการรั่วไหลของสารต่าง ๆ ค่อนข้างนาน และก่อนที่จะเห็นการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ด้วยตาเปล่า ในดอก *Tradescantia* เอทิลีนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เพราะเอทิลีนทำให้การรั่วไหลของแอนโทไซยานินสูงขึ้นและปริมาณ phospholipids ลดลง ถ้าให้สารยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน การรั่วไหลของแอนโทไซยานินลดน้อยลง และการลดลงของ phospholipids ก็ช้าลงด้วย (Suttle and Kende, 1980)

## 6. การเปลี่ยนแปลงสีของดอกไม้

การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุภายในกลีบดอกซึ่งถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินคุณภาพ และเป็นตัวบ่งชี้การสิ้นสุดอายุการใช้งานของดอกไม้ ทั้งนี้รงควัตถุ ที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีของกลีบดอกไม้ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ (carotenoid) และฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งชนิดของฟลาโวนอยด์ที่สำคัญคือ แอนโทไซยานิน

ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินในดอกไม้ได้รับความสนใจมากกว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ ตัวอย่างเช่น มีการศึกษาในดอกเบญจมาศที่กำลังแก่พบว่า มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงมาก (สายชล, 2531) ขณะที่ดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* มีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้นขณะที่ดอกกำลังแก่ เช่นเดียวกับดอกของกล้วยไม้หวาย

'Pompador' และ *Aranda* พันธุ์ 'Wendy Scott' กล่าวคือ ดอกที่อยู่ในตำแหน่งโคนช่อดอกมี ปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าดอกที่อยู่ปลายช่อดอก (Hew, 1980)

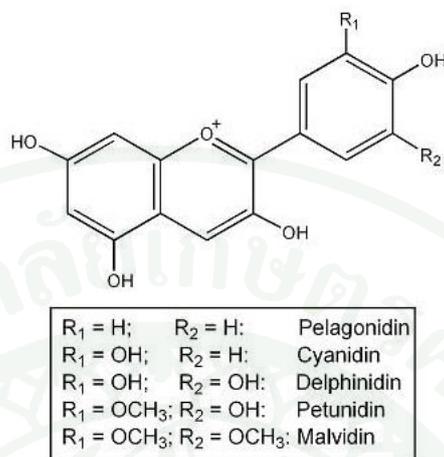
ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในการควบคุมการเปลี่ยนสีของกลีบดอกไม้ขณะที่ กำลังแก่ และบานร่วงโรย คือการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของแวคิวโอลในกลีบดอก ซึ่งการ เปลี่ยนแปลงแอนโทไซยานินในกลีบดอกไม้โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงของ pH ระหว่าง 3-7 ดอกไม้บางชนิดที่มีกลีบดอกสีแดงเมื่อมีอายุมากขึ้น กลีบดอกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วงซึ่งเรียกว่า bluing เช่น กุหลาบ ลาร์คสเปียร์ และเจอร์ราเนียม เนื่องด้วย pH ของแวคิวโอลในกลีบดอกเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของโปรตีน (proteolysis) ระหว่างการเกิดชราภาพ ทำให้เกิดแอมโมเนียซึ่งจะ เพิ่มระดับ pH ในแวคิวโอล ดอกไม้ที่ปักแจกันหรือน้ำหรือน้ำยาที่มีน้ำตาล จะช่วยป้องกันการเกิด proteolysis ทำให้กลีบดอกของดอกไม้เหล่านี้มีการเปลี่ยนสีน้อย และมีอายุการใช้งานนานขึ้น ดอกไม้บางชนิดที่มีกลีบดอกเป็นสีน้ำเงิน สีม่วง หรือสีม่วงอ่อน เช่น ผักบุ้งฝรั่ง พุเวีย และคอร์น-ฟลาวเวอร์ จะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อมีอายุมากขึ้น โดยพบว่า pH ของแวคิวโอลในกลีบดอกของ ดอกไม้เหล่านี้ลดลง (สายชล, 2531) นอกจากนี้ในดอกไม้บางชนิด พบว่า กลีบดอกที่เกิดการซีดจาง เป็นผลจากการได้รับเอทิลีนซึ่งสามารถพบได้ในดอกกล้วยไม้ที่มีการถ่ายละอองเกสร การผลิต เอทิลีนในอัตราสูง จะส่งเสริมให้เกิดการซีดจางของกลีบดอกมากขึ้น (Burg and Dijkman, 1967)

### แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารสีที่พบในแวคิวโอลของเซลล์ epidermis ของส่วนต่าง ๆ ของพืช มีอิทธิพลต่อสีที่ปรากฏค่อนข้างมาก ทำให้เกิดสีในช่วงสีแดง ม่วง และน้ำเงิน โดยจะบดบังสีเขียว และเหลืองของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ไว้ สามารถละลายน้ำได้ แต่ไม่ละลายในสารละลาย ประเภท non-hydroxy solvent เช่น อีเธอร์ อะซีโตน คลอโรฟอร์ม และเบนซิล (Wrolstad *et al.*, 2005) แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบ glycoside ของ anthocyanidin ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานดัง แสดงในภาพที่ 2 และมักจะมีโมเลกุลของน้ำตาลมาเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 สีของพืชที่เกิดจาก แอนโทไซยานินโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของแอนโทไซยานินหลายชนิด ดังเช่นใน องุ่นพบแอนโทไซยานินมากถึง 15 ชนิดด้วยกัน

แอนโทไซยานินในเซลล์ของพืช หรือในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืชนั้นมีลักษณะไม่เสถียร เมื่อ โครงสร้างเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี และการเปลี่ยนแปลงของ แอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสง ออกซิเจน ความร้อน สภาพความเป็นกรด-เบส

แอนโทไซยานินออกไซด์ วิตามินซี ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไอออนของโลหะ โมเลกุลของน้ำตาล ฟีนอล และสารสีอื่น ๆ (จริงแท้, 2549)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของแอนโทไซยานินชนิดต่าง ๆ

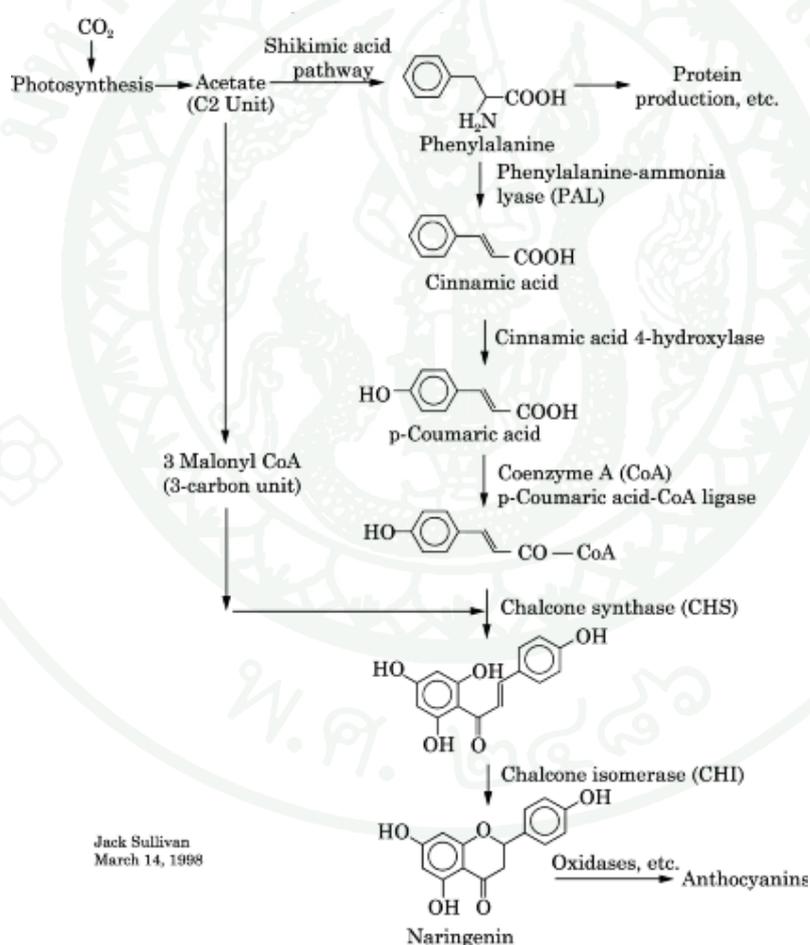
ที่มา: Wroslstad (1996)

### คุณสมบัติของสารประกอบแอนโทไซยานิน

ในสภาพที่เป็นกรด แอนโทไซยานินดูดกลืนแสงในช่วงแสงสีเขียว ความยาวคลื่น 465-550 nm โดยวงแหวน B และในช่วงแสงอัลตราไวโอเล็ต ความยาวคลื่น 270-280 nm โดยวงแหวน A การดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินนี้ เปลี่ยนแปลงได้เมื่อก่อตัวต่าง ๆ ที่มาเกาะกับโครงสร้างหลัก เปลี่ยนแปลงไป เช่น เมื่อเกิด hydroxylation หรือเพิ่มหมู่ hydroxyl เข้าไปจะทำให้ช่วงการดูดกลืนแสงขยับไปในช่วงคลื่นที่ยาวขึ้น เป็นต้น จากการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินดังกล่าวจึงทำให้แอนโทไซยานินทำตัวเหมือน indicator ในสารละลาย กล่าวคือ มีโครงสร้าง และสีเปลี่ยนแปลงไปตาม pH ของสารละลาย ในสารละลายที่เป็นกรดมาก ๆ แอนโทไซยานินจะให้สีค่อนข้างแดงของ flavylium anion แต่เมื่อ pH เพิ่มขึ้นในช่วงกรดอ่อนหรือเป็นกลาง สีจะค่อย ๆ จางลงจนไม่มีสีของ pseudobase เมื่อสารละลายมีสภาพเป็นเบสอ่อน จะให้สีน้ำเงินของ anhydrobase แอนโทไซยานินทั้ง 3 รูปยังเปลี่ยนกลับไปกลับมา (reversible) ได้ แต่ในสภาพที่เป็นด่างจัด แอนโทไซยานินจะถูกทำลาย และไม่อาจเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปอื่นได้อีก (Gross, 1987)

## การสังเคราะห์แอนโทไซยานิน

การสังเคราะห์แอนโทไซยานินมีสารตั้งต้นคือ malonyl-CoA และ 4-coumaroyl-CoA ซึ่งรวมกันได้ chalcone โดยมีเอนไซม์ chalcone synthase ช่วยเร่งปฏิกิริยา จากนั้น chalcone จะถูกเปลี่ยนเป็น flavanone โดยอาศัยเอนไซม์ chalcone isomerase ช่วยเร่งปฏิกิริยา จากนั้น flavanone จะเกิดปฏิกิริยา glycosylation และ acylation ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สามได้เป็น anthocyanidin โดย anthocyanidin ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับน้ำตาลได้เป็นรงควัตถุแอนโทไซยานินชนิดต่าง ๆ ซึ่งน้ำตาลที่มาเกาะกับโมเลกุลของแอนโทไซยานิน มีมากมาย เช่น  $\beta$ -D-glucopyranose, gentiobiose, sambubiose และ rutinose เป็นต้น (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน

ที่มา: Sullivan (1998)

## การสลายตัวของแอนโทไซยานิน

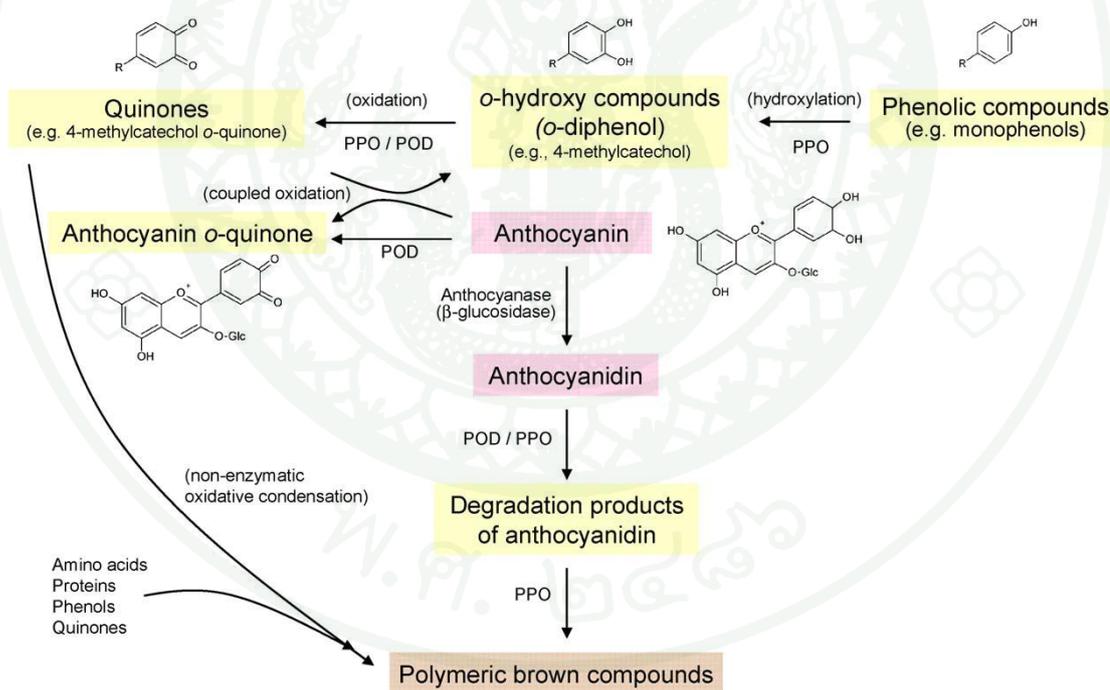
การสลายตัวของแอนโทไซยานินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินในแวคิวโอล อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัยใหญ่ ๆ คือ

1. ปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เช่น ระดับความเป็นกรด-ด่างในแวคิวโอล, ปริมาณน้ำตาลในเซลล์, อายุของพืช, แสง, อุณหภูมิ, ระดับฮอร์โมนภายในพืช และฮอร์โมนหรือสารเคมีที่ได้รับจากภายนอก เป็นต้น (Rein, 2005)

เอกวิทย์ (2540) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินและสีของดอกกล้วยไม้หวายปอมปาดัวร์ที่ระยะการเจริญของดอก 6 ระยะคือระยะดอกตูมระยะที่ 1 (อายุ 24-30 วัน) ดอกตูมระยะที่ 2 (อายุ 31-37 วัน) ดอกตูมระยะที่ 3 (อายุ 38-44 วัน) ดอกตูมระยะที่ 4 (อายุ 45-51 วัน) ระยะที่ 5 (ระยะดอกแรกแย้ม อายุ 53 วัน) และระยะที่ 6 (ระยะดอกบาน) พบว่าสีของดอกกล้วยไม้มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวในระยะดอกตูมระยะแรก เป็นสีม่วงเข้มเมื่อเข้าสู่ระยะดอกตูมระยะที่ 3 และเมื่อเข้าสู่ระยะดอกบานสีม่วงของดอกจะจางลง โดยปริมาณแอนโทไซยานินในดอกตูมระยะที่ 1 มีปริมาณต่ำสุดและมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อมีการพัฒนาของดอก และมีปริมาณสูงสุดเมื่อเข้าสู่ระยะที่ 3 จากนั้นจะมีปริมาณคงที่ไปจนถึงระยะที่ 5 และมีปริมาณลดลงเล็กน้อยในระยะที่ 6 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานิน และสีภายหลังการปักแจกันเป็นเวลา 4 วัน พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินของทั้งดอกมีแนวโน้มลดลงยกเว้นดอกตูมระยะที่ 2 ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินที่ส่วนกลีบชั้นใน กลีบชั้นนอก และส่วนปากของดอกแต่ละระยะให้ผลในทำนองเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งดอก

การเปลี่ยนแปลงสีของดอกกล้วยไม้หลังการเก็บเกี่ยว เช่นการเปลี่ยนสีของดอกคาร์เนชั่น และดอกกุหลาบ จากสีแดงเป็นสีม่วงคล้ำ (bluing) ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนสีดังกล่าวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ pH ภายในแวคิวโอลของเซลล์ในกลีบดอก และพบว่า เอทิลีนสามารถกระตุ้นให้เกิดการ bluing ขึ้นได้ ดังนั้นสารละลายที่ใช้ปักแจกันซึ่งมีสารยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีนหรือยับยั้งการทำงานของเอทิลีนจึงป้องกันการเกิด bluing ได้ (จริงแท้, 2550)

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เอนไซม์ในกลุ่มของ anthocyanase ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ได้แก่  $\beta$ -glucosidase และ polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานิน โดย  $\beta$ -glucosidase หรือ anthocyanase จะทำลายพันธะของแอนโทไซยานินที่เชื่อมต่อกับน้ำตาล ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาล และ aglycone (aglycone ที่ได้นี้ไม่เสถียร และจะเปลี่ยนรูปไปเป็นอนุพันธ์ที่ไม่มีสี) ส่วน polyphenol oxidase จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอนโทไซยานินที่ phenol group ได้สารผลิตภัณฑ์คือ *o*-diphenols ซึ่งจะรวมตัวกับโมเลกุลอื่น ๆ เช่น หมู่อะมิโน และ โปรตีน เกิดเป็น quinone compound ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาล (browning) ผลจากการใช้เอนไซม์บางชนิดในการปรับปรุงคุณภาพผลไม้ อาจเป็นสาเหตุให้แอนโทไซยานิน มีสีซีดจางได้ ดังนั้นในการผลิตผลไม้ มักจะมีการลดการทำงานของ polyphenol oxidase โดยเติมสารจำพวก bisulfate, dithiothreitol, phenylhydrazine และ cysteine ลงไปในส่วนผสมที่ใช้ในกระบวนการผลิต นอกจากนี้เอนไซม์ peroxidase (POD) ยังมีส่วนเกี่ยวข้องในการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเอนไซม์ POD, PPO และ anthocyanase ต่อการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน

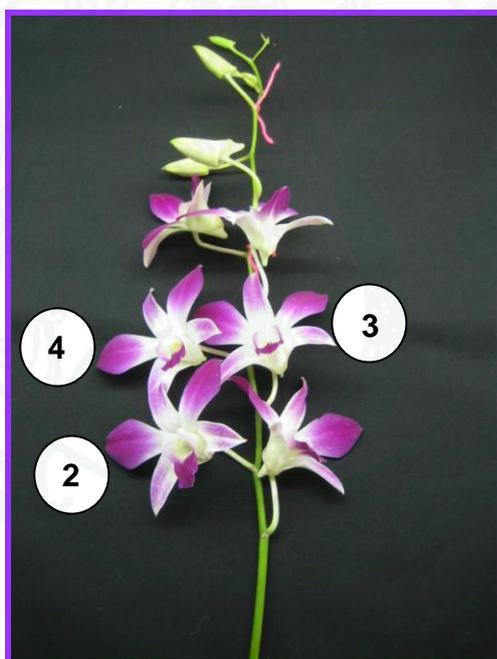
ที่มา: Oren-Shamir (2009)

Jiang (2000) ศึกษาการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินในลินจี่ พบว่าการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วจากการกระทำของเอนไซม์ anthocyanase และ PPO โดยการเสื่อมสลายจะเกิดขึ้นเมื่อกิจกรรมของเอนไซม์ anthocyanase สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องเช่นเดียวกับที่มีการรายงานในผลของบลูเบอร์รี่, สตอเบอร์รี่, ลูกพลัม และองุ่น (Kader *et al.*, 1997; Raynal and Moutounet, 1989; Sarni *et al.*, 1995; Wesche-Ebeling and Montgomery, 1990) ทั้งนี้เอนไซม์ anthocyanase ยังสามารถพบได้ในเชื้อรา เช่น *Aspergillus niger* ซึ่งได้มีการนำเอาเอนไซม์ anthocyanase มาใช้ประโยชน์ในการทำให้น้ำผลไม้ และไวน์มีสีแดงลดลง (Blom, 1983; Cassignard *et al.*, 1977; Huang, 1955; Pilando *et al.*, 1985; Rwabahizi and Wrolstad, 1988; Yang and Steel, 1958) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินสามารถเกิดขึ้นได้จากการกระทำของเอนไซม์ anthocyanase (Jiang *et al.*, 2001b)

Vaknin *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาการสลายตัวของแอนโทไซยานินในดอกพุดสามสี พบว่าเอนไซม์ POD เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินในขณะที่เกิดการเปลี่ยนสีของดอกพุด นอกจากนี้ยังพบว่า การเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับสารสังเคราะห์โปรตีนชนิดใหม่ที่เกิดขึ้นภายหลังจากดอกบาน ทั้งนี้การให้สารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนซึ่งได้แก่ cycloheximide และ anisomycin และสารยับยั้งการสังเคราะห์ mRNA ได้แก่ actinomycin D และตัว reducing agent 2 ชนิดคือ dithiothreitol (DTT) และ glutathione สามารถยับยั้งการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่ใช้ในการทดลอง นำมาจากแปลงเกษตรกรที่ปลูกเป็นการค้าที่อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี จากนั้นบรรจุแบบแห้งลงในกล่องกระดาษ ขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว ทำการคัดเลือกช่อดอกที่มีดอกบานลักษณะดี สม่าเสมอ ไม่มีตำหนิ จำนวนดอกบาน 5-8 ดอก จากนั้นตัดดอกกล้วยไม้ในแต่ละช่อออกเป็นดอกเดี่ยว โดยคัดเลือกเอาเฉพาะดอกที่อยู่ตำแหน่งเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน เลือกใช้ดอกกล้วยไม้ที่บานเต็มที่ในตำแหน่งดอกที่ 2-4 ดังภาพที่ 5 แซ่โคนก้านดอกลงในหลอดแก้วที่มีน้ำกลั่นบรรจุหลอดละ 10 มิลลิลิตร ทำการทดลองในสภาพแสงธรรมชาติ อุณหภูมิ  $25 \pm 2$  องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75-80 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งดอกย่อยของช่อดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’ ที่เลือกใช้ในการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) โดยในแต่ละทรีทเมนต์มี 5 จำนวนซ้ำ และใน 1 จำนวนซ้ำมีดอกกล้วยไม้ 3 ดอก

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ต่าง ๆ

โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบในดอกกล้วยไม้สกุลหวายจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่

1. Lucky Duan
2. Sonia Bom#17
3. Jacky
4. Princess
5. Sakura

โดยนำดอกกล้วยไม้สกุลหวายแต่ละพันธุ์ มาทำการทดลองดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในน้ำกลั่น (control)

ทริทเมนต์ที่ 2 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในสารละลายเอทิลอน ความเข้มข้น  $20 \text{ mg L}^{-1}$   
ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ทริทเมนต์ที่ 3 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในสารละลายเอทิลอน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$   
ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ภายหลังจากได้รับสารละลายเอทิลอน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำดอกกล้วยไม้มาแช่โคนก้านดอกในน้ำกลั่น ทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของดอกกล้วยไม้ในแต่ละทริทเมนต์และแต่ละพันธุ์

จากการศึกษาเบื้องต้นด้วยการให้ก๊าซเอทิลิน ความเข้มข้น  $0.4 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแก่ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์การคำทั้ง 5 พันธุ์ พบว่าการแสดงอาการกลีบดอกชีดางเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอในกล้วยไม้หวายแต่ละพันธุ์ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากระบบหมุนเวียนอากาศภายในตู้รมเกิดขึ้นได้ไม่ดีในระหว่างที่ให้ก๊าซเอทิลินแก่ดอกกล้วยไม้หวาย ทำให้ดอกกล้วยไม้ได้รับเอทิลิน

ในระดับที่แตกต่างกัน จึงแสดงอาการซีดจางในแต่ละดอก และแต่ละพันธุ์ไม้สม่ำเสมอ ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้สารละลายเอทิฟอนแทนการใช้ก๊าซเอทิลีน

**การทดลองที่ 2** ศึกษาผลของสารละลายเอทิฟอน และสารยับยั้งเอทิลีนต่อปริมาณแอนโทไซยานิน การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ และกิจกรรมของเอนไซม์ในกลีบดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’

จากผลการทดลองที่ 1 คัดเลือกดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’ เพื่อทดสอบผลของสารละลายเอทิฟอนที่ทำให้เกิดการซีดจางของกลีบดอกชัดเจน และผลของสารยับยั้งเอทิลีน ดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในน้ำกลั่น (control)

ทริทเมนต์ที่ 2 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ทริทเมนต์ที่ 3 กล้วยไม้ที่ได้รับ 1-methylcyclopropene (1-MCP) ความเข้มข้น  $500 \text{ nl L}^{-1}$  เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปแช่ในสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การเตรียม 1-MCP ทำโดยชั่งสารผง 1-MCP จำนวน 0.053 กรัม ใส่ในขวดแก้วจากนั้นใช้เข็มฉีดยาคูดน้ำกลั่น 1.0 มิลลิลิตร หยดลงบนสาร 1-MCP ปฏิกริยาเคมีของ 1-MCP และน้ำ จะปลดปล่อย 1-MCP ในรูปของก๊าซ ในการให้สาร 1-MCP แก่กล้วยไม้จะทำในตู้พลาสติกปิดสนิท ขนาด  $37.6 \times 47.8 \times 37.6$  เซนติเมตร (ปริมาตร 0.067 ลูกบาศก์เมตร) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

ภายหลังจากได้รับสารละลายเอทิฟอน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำดอกกล้วยไม้มาแช่โคนก้านดอกในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกผลทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 14 วัน ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกกล้วยไม้
2. ปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบดอกกล้วยไม้
3. การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ในกลีบดอกกล้วยไม้ โดยพิจารณาจากค่าการรั่วไหล

ของประจุ (electrolyte leakage)

4. ค่า pH ภายใน cell sap
5. กิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้
6. อัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้
7. อัตราการผลิตเอทิลีนของดอกกล้วยไม้
8. ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของเซลล์บริเวณกลีบดอก

**การทดลองที่ 3** ศึกษาผลของสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน

ทริทเมนต์ที่ 1 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในน้ำกลั่น (control)

ทริทเมนต์ที่ 2 ดอกกล้วยไม้ที่แช่โคนก้านในสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ทริทเมนต์ที่ 3 ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสาร cycloheximide ความเข้มข้น  $1 \text{ mM}$  ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ภายหลังจากได้รับสารละลายเอทิฟอน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’ มาแช่โคนก้านดอกในน้ำกลั่น ทำการบันทึกผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 โดยบันทึกผลทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 14 วัน

**การบันทึกผล**

1. การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก

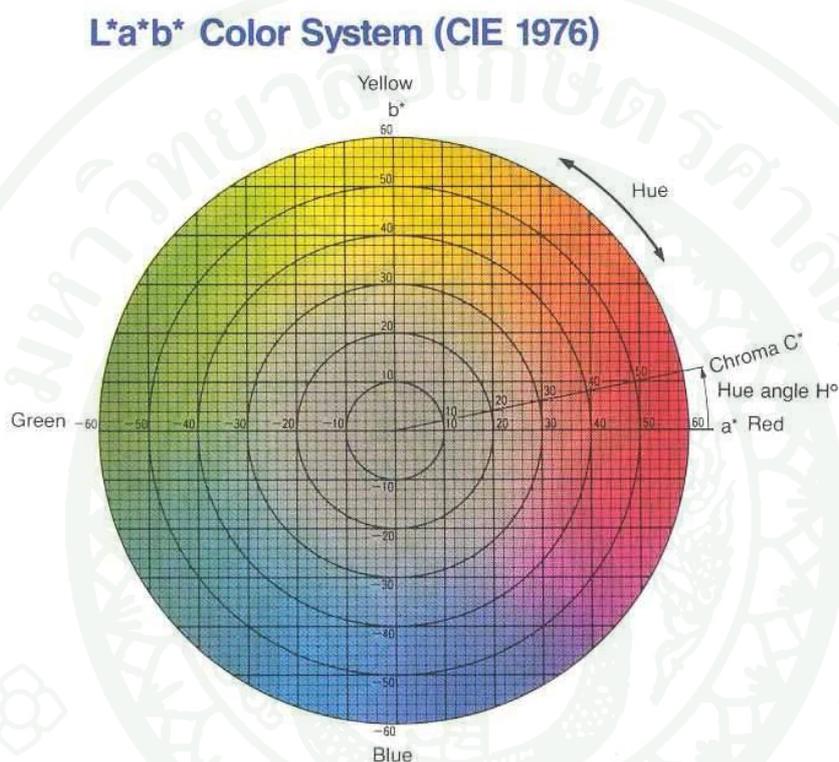
นำดอกกล้วยไม้มาวัดสีที่กลีบดอกโดยใช้ colorimeter ซึ่งรายงานผลเป็นค่า CIE ประกอบด้วยค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ค่า  $L^*$  เป็นค่าที่รายงานความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า  $L$  สูง หมายถึง

มีความสว่างมากแต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมาก

- ค่า Hue° (Hue angle) หมายถึงสีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง เขียว และน้ำเงิน
- ค่า C\* (Chroma (saturation)) หมายถึงความสดใสด ความเข้มหรือความบริสุทธิ์

ของสี



ภาพที่ 6 Hue sequence และ Hue angle ในแผนผังของ CIELAB

ที่มา: Voss (1992)

## 2. ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Piccaglia *et al.* (2002)

นำกลีบดอกกล้วยไม้ประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงในสารละลายเมทานอล : กรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้น 99 : 1 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 7.5 มิลลิลิตร นำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปแช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบ 6 ชั่วโมงเก็บส่วนสีที่ได้ไว้แล้วสกัดซ้ำด้วยการเติมสารละลายเมทานอล : กรดไฮโดรคลอริก ลงไปใหม่ทำเช่นนี้จนครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นทำ

การปรับปริมาตรด้วยสารละลายเมทานอล : กรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้น 99 : 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 530 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer และคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินจากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin)} = \frac{A \times MW \times DF}{\epsilon L \times wt}$$

A = Absorbance 530 nm.

DF = dilution factor = 25 เท่า

$\epsilon$  = Cyd-3-glu molar extinction ( $34,300 \text{ Lmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) in 1% HCl in methanol

wt = sample weight (g.) = 0.5 g

MW = น้ำหนักโมเลกุลของ Cyd-3-glu เท่ากับ 502.5

L = cell path lens (~ 1 cm.)

ปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด

3. ค่าการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Campos *et al.* (2003)

ตัดส่วนของกลีบดอก (petals) กลีบไม้ขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ปริมาณ 0.5 กรัม ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที จากนั้นนำกลีบดอกกลีบไม้ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายแมนนิทอล (mannitol) 0.3 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง conductometer (TH 27) และนำเนื้อเยื่อดอกกลีบไม้ไปแช่ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ} = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าก่อนการต้ม} \times 100}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าหลังการต้ม}}$$

4. การวัดค่า pH ภายใน cell sap โดยตัดแปลงจากวิธีการของ Oren-Shamir *et al.* (2001)

นำกลีบดอกกล้วยไม้ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยอัตราส่วนของกลีบดอกกล้วยไม้ที่นำมาใช้ในการวัดค่า pH ภายใน cell sap และปริมาตรน้ำกลั่นที่ใช้เท่ากับ 1:10 จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง และนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของ cell sap โดยใช้เครื่อง pH meter (Sartorius PB20)

5. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ anthocyanase โดยตัดแปลงจากวิธีการของ Martino *et al.* (1994), Jiang *et al.* (2001b) and Xu *et al.* (2009)

นำกลีบดอกกล้วยไม้ประมาณ 2 กรัม เติมสารละลายไซเดียมอะซิเตรทบัฟเฟอร์ (pH 4) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ polyvinylpyrrolidone (PVPP) 0.2 กรัม ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบ 12,000 x g นาน 40 นาที นำส่วนใสที่ได้มาทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ anthocyanase โดยนำส่วนใสปริมาตร 50 ไมโครลิตร มาเติมสารละลายที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาซึ่งประกอบด้วย cyanidin-3-glucoside ความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ซึ่งละลายอยู่ในสารละลายไซเดียมอะซิเตรทบัฟเฟอร์ (pH 4) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น units ต่อน้ำหนักสด 1 กรัม (units/g FW) โดย 1 unit ของปฏิกิริยาอธิบายจากการสลายของ cyanidin-3-glucoside 1 นาโนโมลต่อนาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase โดยตัดแปลงจากวิธีการของ Fukumoto *et al.* (2002)

นำกลีบดอกกล้วยไม้ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในหลอด falcon tube เติมสาร polyvinylpyrrolidone (PVPP) ปริมาตร 0.2 กรัม และสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำสารละลายเอนไซม์ที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบ 12,000 x g นาน 30 นาที เก็บส่วนใสไว้ในหลอดแก้วปิดฝา แช่หลอดในน้ำแข็ง ก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์ภายในเวลา 5 ชั่วโมงหลังจากการสกัด โดยนำสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์

(pH 7) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1.95 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมส่วนใสของ สารสกัดเอนไซม์ที่ได้ปริมาตร 0.07 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย catechol ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตรจากนั้นนำไปเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วนำไปวัดค่า การดูดกลืนแสงภายหลังการเก็บสารตัวอย่างเป็นเวลา 3 นาที ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ด้วย เครื่อง spectrophotometer จากนั้นนำสารสกัดเอนไซม์มาวิเคราะห์หาปริมาณ โปรตีนด้วยวิธี มาตรฐาน Bradford (1976) ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นหน่วยปฏิกิริยาของ catechol oxidase ต่อมิลลิกรัม โปรตีน โดย 1 unit หมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ใน เวลา 1 นาที

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Wang (1982) และ จินตนา (2546)

นำกลีบดอกกล้วยไม้ประมาณ 1 กรัมใส่ลงในหลอด falcon tube เติมสารละลาย โปแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมสาร polyvinylpyrrolidone (PVPP) 0.2 กรัม (บดในสภาพที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำไปปั่น เหยี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบ 12,000 x g เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนของ สารละลายใส มาวิเคราะห์หากิจกรรมเอนไซม์ POD และปริมาณโปรตีน โดยเตรียมสารละลาย guaiacol ความเข้มข้น 8 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ จากนั้นนำ สารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.4 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารสกัดเอนไซม์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลาย guaiacol ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าให้เข้ากันด้วย เครื่อง vortex mixer ตั้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 470 นาโน เมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer ค่าที่วัดได้แสดงค่าเป็น OD<sub>470</sub>/min.mg Protein หรือหน่วย ปฏิกิริยาของ POD ต่อมิลลิกรัมโปรตีน โดย 1 unit หมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ในเวลา 1 นาที

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ Bradford (1976)

การเตรียมสารละลาย coomassie blue

ชั่งสาร coomassie blue จำนวน 0.1 กรัม นำมาละลายในเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนจนกระทั่ง coomassie blue ละลายหมด ทำการเติมสาร

phosphoric acid ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้น  
ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปกรองด้วย กระดาษกรอง whatman  
เบอร์ 2

#### การเตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐาน BSA

ชั่งสารละลาย BSA (bovine serum albumin, Sigma Ltd.) 0.0026 กรัม ละลายใน  
สารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลายโปรตีน  
ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำมาเจือจางด้วยสารละลายโพแทสเซียม  
ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) เพื่อเตรียมสารละลาย BSA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ดูดสารสกัดเอ็นไซม์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย coomassie blue ปริมาตร 4  
มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร จากนั้น  
นำมาเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายโปรตีนมาตรฐาน BSA รายงานผลเป็นไมโครกรัมต่อ  
มิลลิลิตร

#### 6. อัตราการหายใจ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยนำดอกกล้วยไม้จำนวน 3 ดอก  
มาชั่งน้ำหนักแล้วนำไปแช่ในขวดแก้วที่บรรจุน้ำกลั่น นำไปวางไว้ในขวดโหลพลาสติกปริมาตร  
1,750 มิลลิลิตร แล้วทำการปิดฝาโหลให้สนิทเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างก๊าซ  
เพื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยฉีดเข้าเครื่อง gas  
chromatograph (Shimadzu GC-8A) ที่ติดตั้ง thermal conduction detector (TCD) มี Porapak Q  
80/100 บรรจุในคอลัมน์ที่เป็นท่อเหล็กไร้สนิม ยาว 1.93 เมตร โดยควบคุมให้อุณหภูมิของคอลัมน์  
ให้เท่ากับ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ injector และ detector เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซ  
คาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 1% เป็นก๊าซมาตรฐาน และใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา ค่าที่วัดได้มี  
หน่วยเป็นร้อยละ นำมาคำนวณหาอัตราการหายใจโดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์  
ต่อกรัมต่อชั่วโมง

## 7. อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีน

สุ่มเก็บตัวอย่างก๊าซจากขวดโพลีเอทิลีนที่บรรจุดอกกล้วยไม้ ชุดเดียวกับที่ใช้วัด อัตราการหายใจในข้อ 6 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วฉีดเข้าเครื่อง gas chromatograph (Shimadzu GC-8A) ที่ติดตั้งด้วย flame ionization detector (FID) มี Porapak Q 80/100 บรรจุในท่อเหล็กไร้สนิม ยาว 1.93 เมตร โดยควบคุมให้อุณหภูมิของคอลัมน์ให้เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ injector และ detector เท่ากับ 150-200 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซเอทิลีนความเข้มข้น  $1 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นก๊าซมาตรฐาน และใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวพา ค่าที่วัดได้เป็นหนึ่งในล้านส่วน (ppm) แล้วนำมาคำนวณอัตราการผลิตเอทิลีน โดยมีหน่วยเป็นนาโนลิตรต่อกรัมต่อชั่วโมง

8. ศึกษาลักษณะกายวิภาคของเซลล์บริเวณกลีบดอก โดยการทำสไลด์ถาวรแบบ paraffin Method (มนัส, 2525; Johansen, 1940 and Brooks *et al.* 1950)

ตัดเนื้อเยื่อบริเวณกลีบดอกกล้วยไม้ขนาดประมาณ  $0.3 \times 0.5$  เซนติเมตร แล้วนำตัวอย่างเนื้อเยื่อมาเตรียมสไลด์ ดังนี้

- เก็บตัวอย่างพืชไว้ในสารละลาย FAA (formalin-aceto-alcohol) ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ทิ้งไว้ให้สารซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช (สังเกตเห็นชิ้นส่วนพืชจะค่อย ๆ จมลงสู่ก้นภาชนะ)
- นำชิ้นส่วนพืชมาล้าง FAA ด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ 3 ครั้ง ครั้งละ 12 ชั่วโมง
- นำชิ้นส่วนพืชแช่ใน tertiary butyl alcohol (TBA) ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับคือ 50, 70, 85, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยแช่ในแต่ละความเข้มข้นนาน 12 ชั่วโมง
- แทนที่แอลกอฮอล์ด้วย pure TBA (infiltrate) 3 ครั้ง ครั้งละ 12 ชั่วโมง และนำไปแช่ในส่วนผสมของ pure TBA กับ paraffin oil ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเนื้อเยื่อไปแช่ใน paraplast ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส 3 ครั้ง ครั้งละ 12 ชั่วโมง
- เทตัวอย่างลงในเบ้าซึ่งติดอยู่กับที่ยึดตัวอย่าง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วทำการตัดแต่ง

ตัวอย่างให้เหมาะสมที่จะนำไปตัดต่อไป

- ตัดเนื้อเยื่อด้วย rotary microtome โดยนำชิ้นตัวอย่างที่ฝังใน paraffin มาแต่งเป็นแท่งสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ แล้วนำไปติดบนแท่งไม้ โดยใช้ paraffin เป็นตัวเชื่อม แล้วตัดด้วย rotary microtome ความหนาประมาณ 8-10 ไมครอน จะได้แถบ paraffin (ribbon) ที่มีชิ้นตัวอย่างติดอยู่
- การนำแถบ paraffin ติดบนกระจกสไลด์ (affixation) ใช้ น้ำกลั่นหยดลงบนกระจกสไลด์วางบนเครื่องอุ่นสไลด์ (slide warmer) นำแถบ paraffin วางลงบนน้ำกลั่นบนกระจกสไลด์ ปล่อยให้แห้งบนเครื่องอุ่น 12 ชั่วโมง
- ย้อมสี (staining) ด้วยสี Sekai' s Backwards Toluidine Blue เป็นเวลา 30 นาที ล้างสีด้วยน้ำไหล 10 นาที ปล่อยให้แห้ง 12-24 ชั่วโมง (Sekai, 1973)
- แช่ตัวอย่างใน xylene 5 นาที 2 ครั้งเพื่อละลาย paraffin แล้วหยด permount ลงบนกระจกสไลด์ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ ทิ้งไว้อย่างน้อย 12-24 ชั่วโมงก่อนนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

ศึกษาและถ่ายภาพเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์ Axiostar plus (Zeiss, Germany)

## ผลและวิจารณ์

### ผล

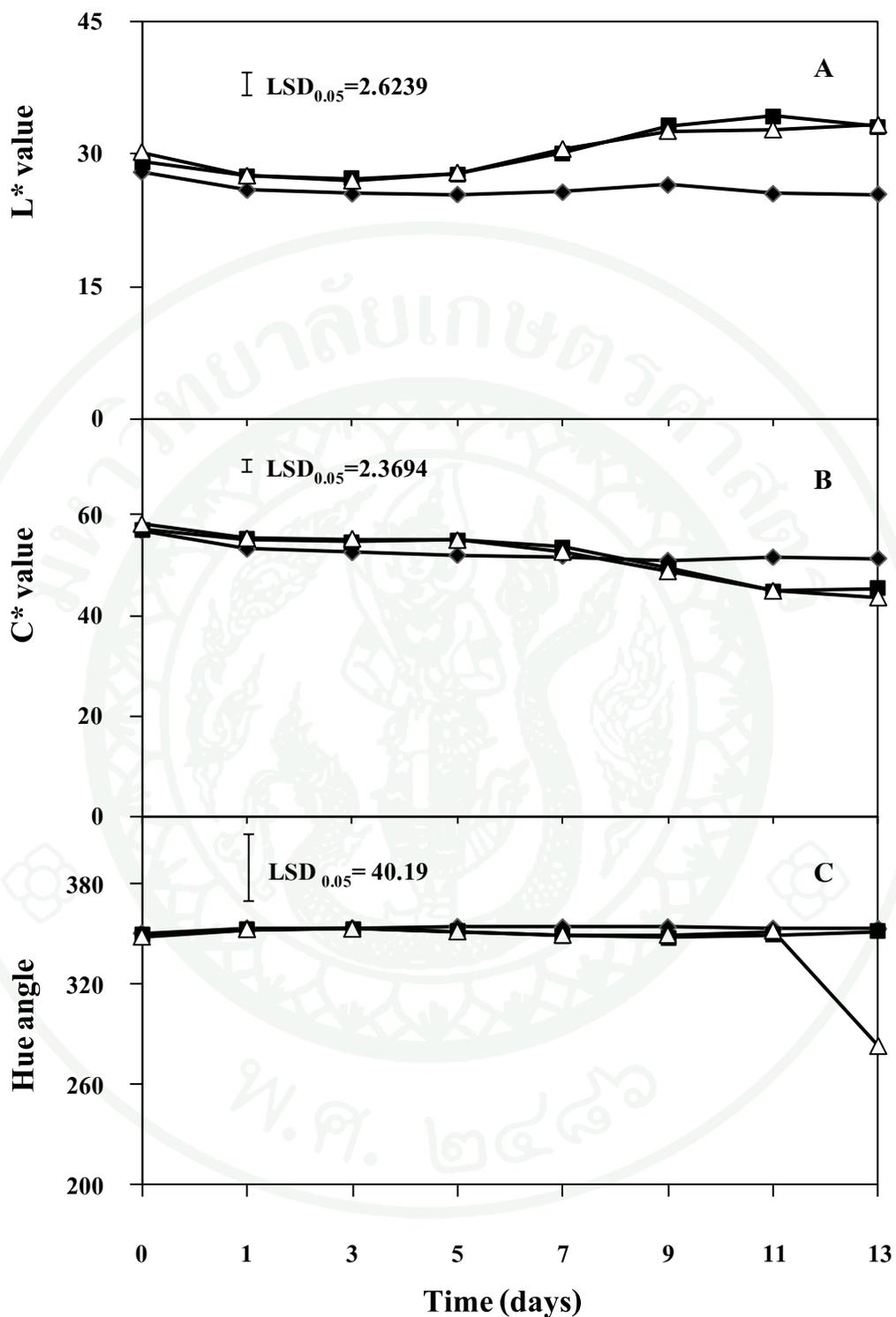
การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ต่าง ๆ

#### 1. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกลีบดอก

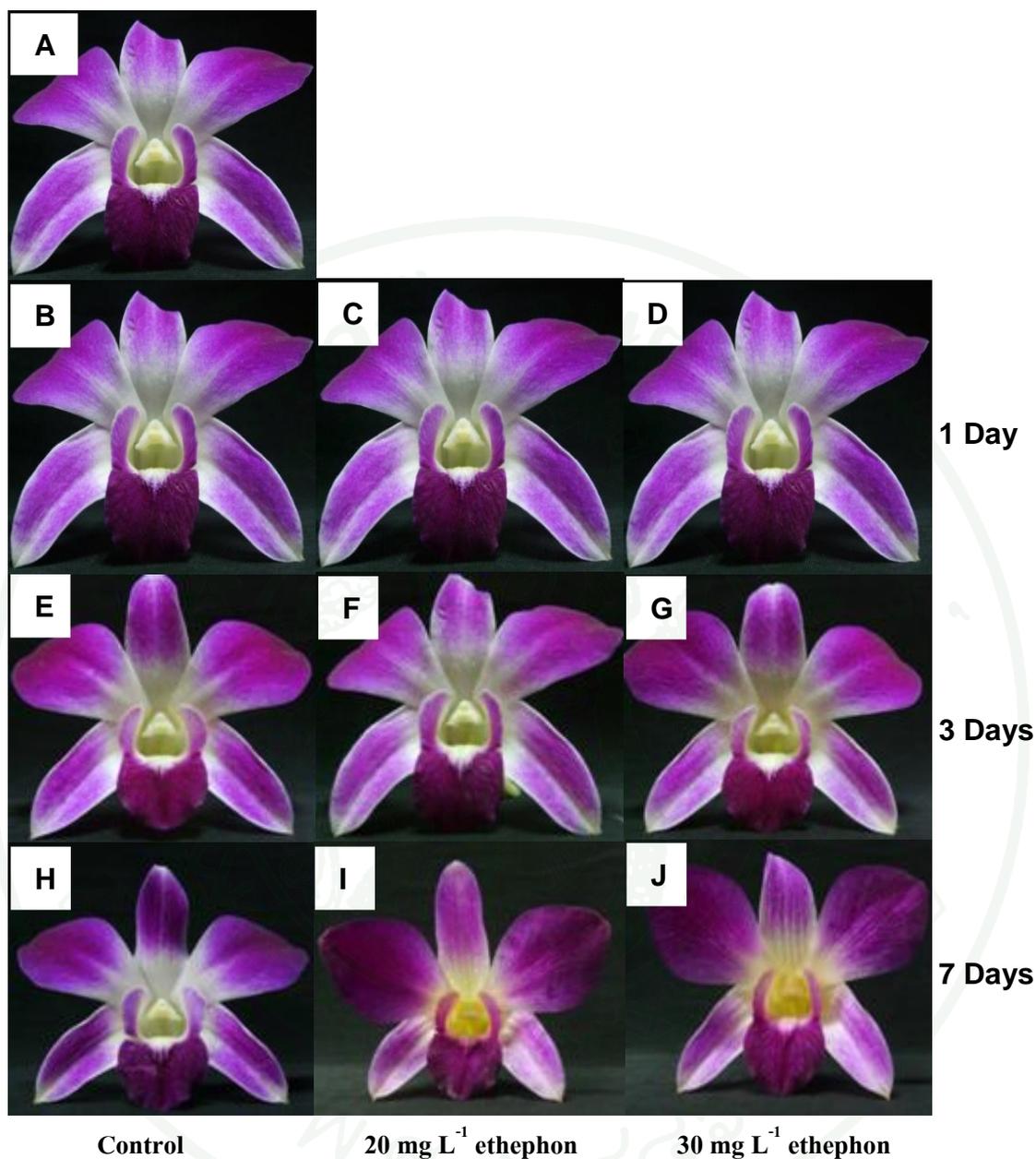
จากการศึกษาเปรียบเทียบความไวของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ต่าง ๆ ในการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอก พบว่ากล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอกชัดเจนที่สุด (ภาพที่ 8) โดยจะเริ่มแสดงอาการกลีบดอกชีดางในวันที่ 5 ของการทดลอง ส่วนดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์อื่น ๆ คือ 'Jacky' 'Lucky Duan' 'Princess' และ 'Sakura' ที่ได้รับสารละลายเอทิลีนระดับความเข้มข้น 20 และ  $30 \text{ mg L}^{-1}$  แสดงอาการตอบสนองต่อเอทิลีน โดยการแสดงอาการกลีบดอกงอและกลีบดอกชีด (ภาพที่ 9)

#### 2. การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก

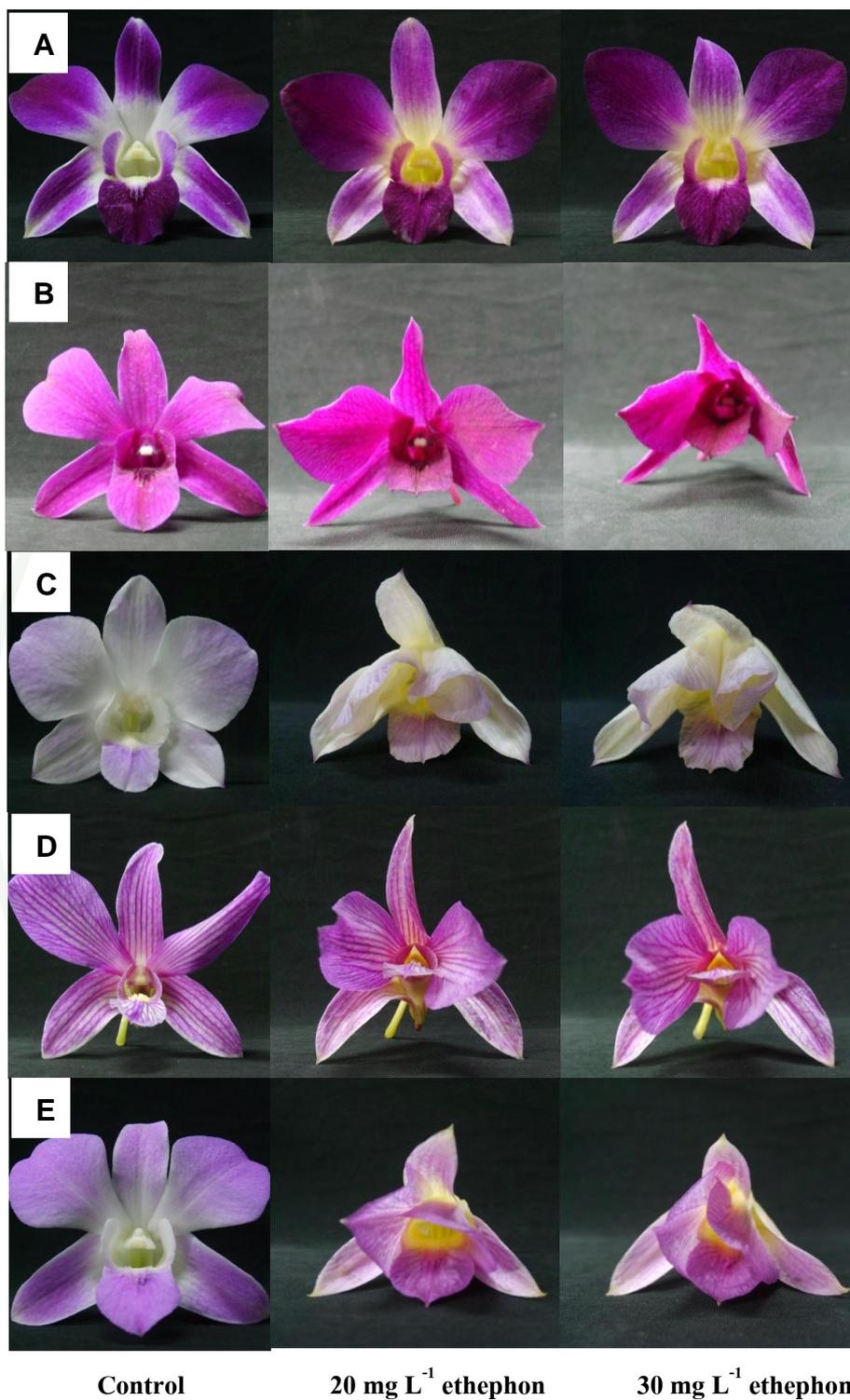
กล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลีนที่ระดับความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอกชัดเจนกว่ากล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Jacky' 'Lucky Duan' 'Princess' และ 'Sakura' ซึ่งพิจารณาได้จากค่า ความสว่าง ( $L^*$ ) ที่มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าความเข้มสี ( $C^*$ ) ที่พบว่า ค่า  $C^*$  มีค่าลดลง ซึ่งแสดงถึงอาการชีดางของกลีบดอก ในขณะที่ชนิดของแม่สี (Hue°) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีค่อนข้างน้อย (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกค่า L\* (A) C\* (B) และ Hue° (C) ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับเอทธิพอน 0 mg L<sup>-1</sup> (◆) 20 mg L<sup>-1</sup> (■) และ 30 mg L<sup>-1</sup> (△)



ภาพที่ 8 ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ก่อนการได้รับทริทแมนต์ (A) การเกิดอาการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 30 mg L<sup>-1</sup> เป็นเวลา 1 วัน (B, C และ D) 3 วัน (E, F และ G) และ 7 วัน (H, I และ J)



ภาพที่ 9 ลักษณะการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการบิดงอของกลีบดอกกล้วยไม้หาย  
พันธุ์ต่าง ๆ วันที่ 6 ภายหลังจากได้รับสารละลายเอทิลฟอน ‘Sonia Bom#17’ (A)  
‘Lucky Duan’ (B) ‘Princess’ (C) ‘Jacky’ (D) และ ‘Sakura’ (E)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารละลายเอทธิฟอน และสารยับยั้งเอทิลีนต่อปริมาณแอนโทไซยานิน การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ และกิจกรรมเอนไซม์ในกลีบดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’

### 1. การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก

การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ จากการทดลอง พบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทธิฟอนที่ระดับความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกชัดเจนกว่าดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) (ภาพที่ 10) โดยดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทธิฟอนมีค่า  $L^*$  เพิ่มสูงขึ้น โดยจะเริ่มมีค่าสูงขึ้นในวันที่ 5 ภายหลังจากได้รับเอทิลีน ซึ่งสอดคล้องกับค่า  $C^*$  ที่มีค่าลดลงในวันที่ 5 ส่วนค่า  $Hue^\circ$  จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ภาพที่ 11) การให้สาร 1-MCP เพื่อยับยั้งการทำงานของเอทิลีนแก่ดอกกล้วยไม้สามารถชะลอหรือยับยั้งการเกิดการซีดจางของกลีบดอกได้

### 2. อัตราการหายใจ

จากการวัดอัตราการหายใจทุก 2 วันเป็นเวลา 14 วัน ของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทธิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน พบว่า ในช่วงของวันที่ 0-3 ภายหลังจากได้รับทริทเมนต์ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทธิฟอน มีอัตราการหายใจใกล้เคียงกัน แต่ในวันที่ 5 ของการทดลอง ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทธิฟอนมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น โดยมีอัตราการหายใจสูงสุดในวันที่ 9 หลังจากนั้นอัตราการหายใจลดลง (ภาพที่ 12A)

### 3. อัตราการผลิตเอทิลีน

ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทธิฟอน ระดับความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทธิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน โดยภายหลังจากที่ดอกกล้วยไม้ได้รับสารละลายเอทธิฟอนจะมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเพิ่มสูงสุดในวันที่ 5 ของการทดลอง โดยมีอัตราการผลิตเอทิลีน  $14.39 \text{ นาโนลิตรต่อกรัมต่อชั่วโมง}$  จากนั้นอัตราการผลิตเอทิลีนค่อย ๆ ลดลง ส่วนดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทธิฟอน (control) และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับ

สารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และน้อยกว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ภาพที่ 12B)

#### 4. ปริมาณแอนโทไซยานิน

ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน ระบุความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณแอนโทไซยานินของกลีบดอกลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุด  $0.394$  มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ในวันที่ 9 ของการทดลอง ส่วนดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเล็กน้อย และมีปริมาณสูงกว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ภาพที่ 13)

#### 5. การร่วงไหลของประจุ

เมื่อเปรียบเทียบค่าการร่วงไหลของประจุ ระหว่างดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน พบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน มีการร่วงไหลของประจุมากกว่าดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน โดยค่าการร่วงไหลของประจุในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนจะเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 ของการทดลอง และสูงขึ้นตลอดระยะเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 14)

#### 6. ค่า pH ภายใน cell sap

จากการตรวจวัดค่า pH ใน cell sap ของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' พบว่า ไม่พบความแตกต่างของค่า pH ใน cell sap ของดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน โดยค่า pH ใน cell sap มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 15)

#### 7. กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase

จากการศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมเอนไซม์ PPO ระหว่างดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลพอน พบว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอน มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น โดยเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการทดลอง และมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 9 ของการทดลอง หลังจากนั้นกิจกรรมเอนไซม์ค่อนข้างคงที่ ส่วนดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน มีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้นในวันที่ 5 เช่นเดียวกับดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอนอย่างเดียว แต่มีระดับกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่า (ภาพที่ 16)

#### 8. กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

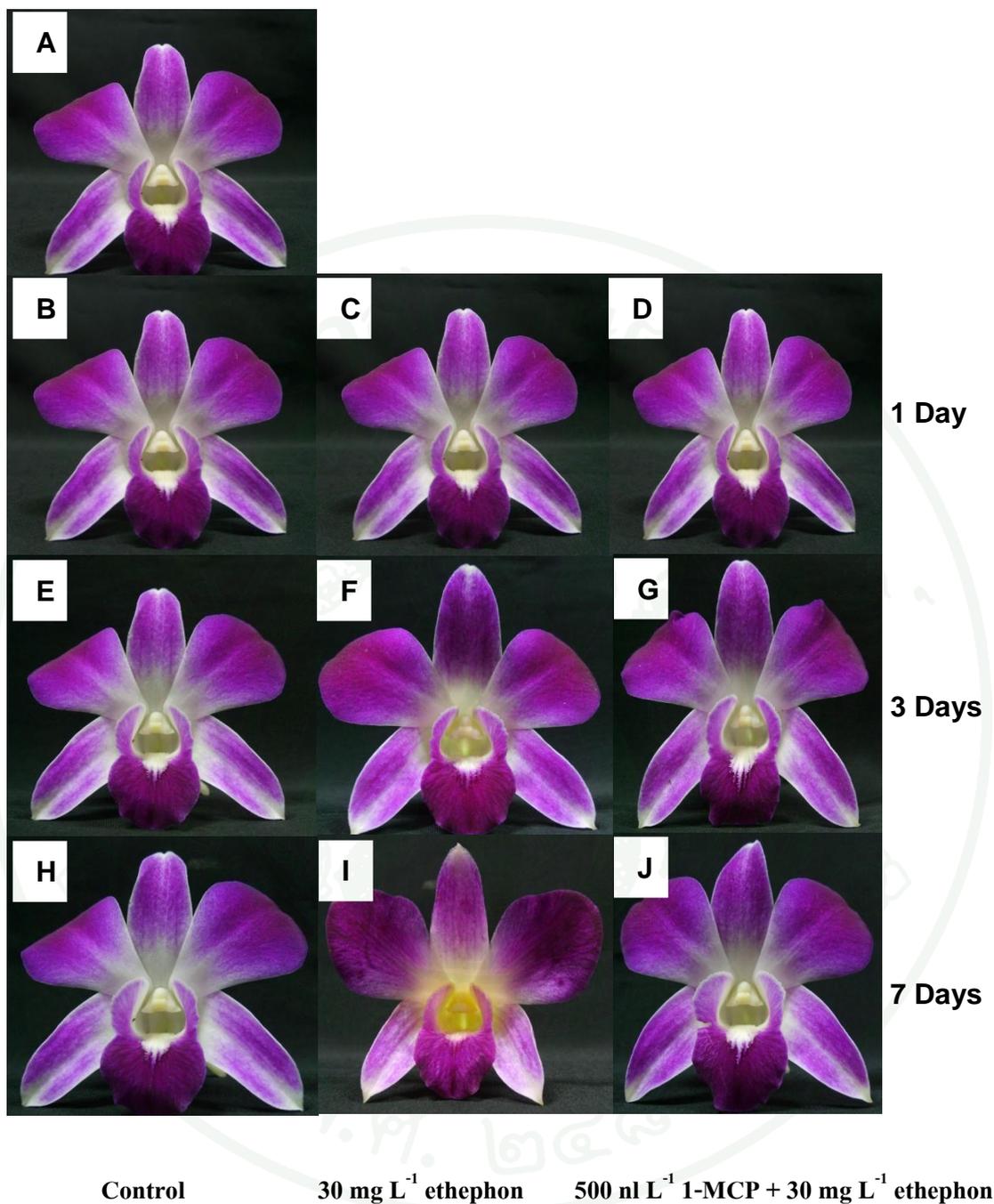
ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอน มีกิจกรรมเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้น โดยเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลองและมีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ส่วนดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน มีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้นและมากที่สุดในวันที่ 11 แต่ทั้งนี้กิจกรรมเอนไซม์ POD มีระดับน้อยกว่าในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอนเพียงอย่างเดียวตลอดระยะเวลาการทดลอง (ภาพที่ 17)

#### 9. กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase

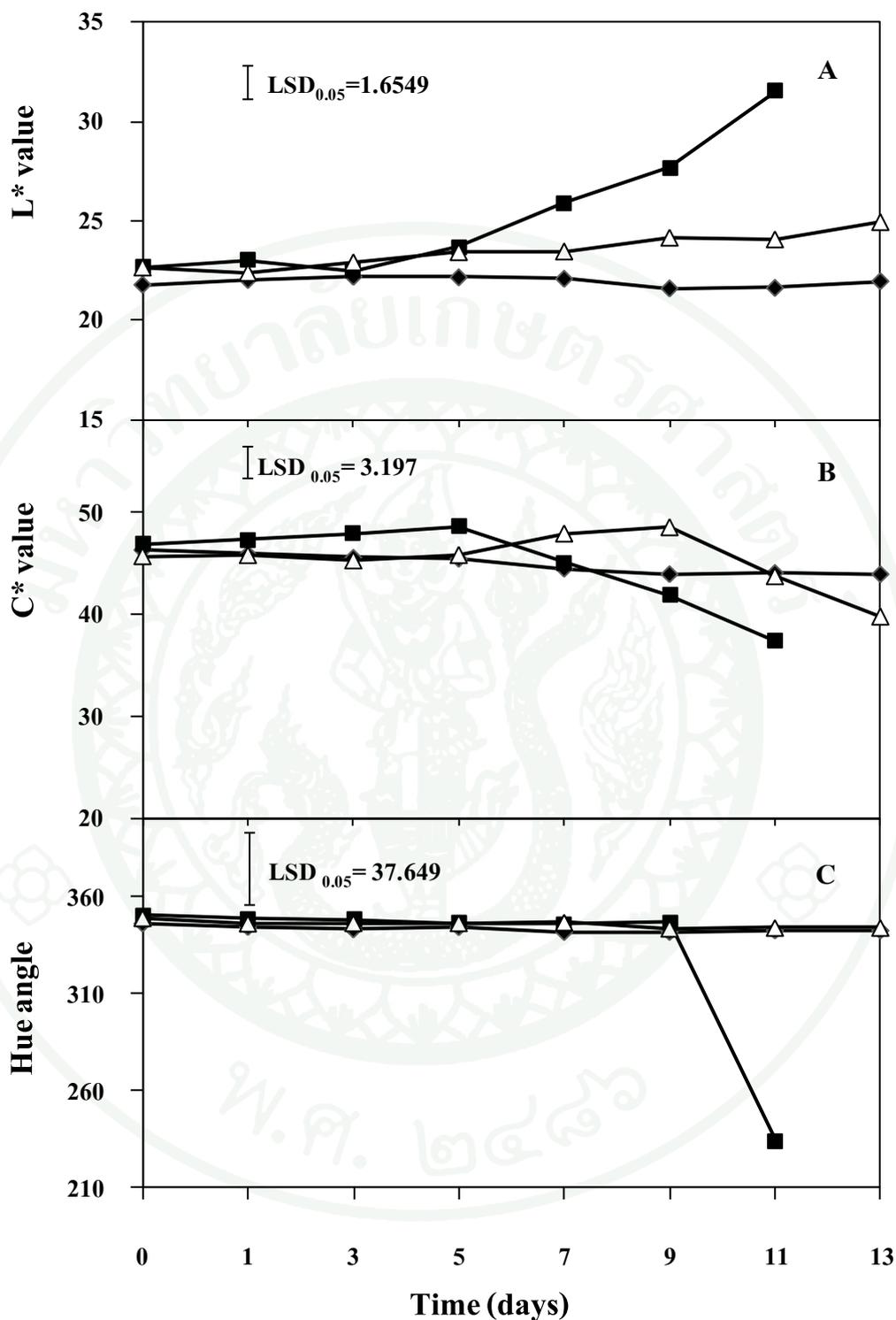
ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลพอน มีกิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase เพิ่มขึ้น โดยจะเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลอง และมีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุดในวันที่ 9 หลังจากนั้นกิจกรรมเอนไซม์จะลดลง ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลพอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน มีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 18)

## 10. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของกลีบดอกกล้วยไม้

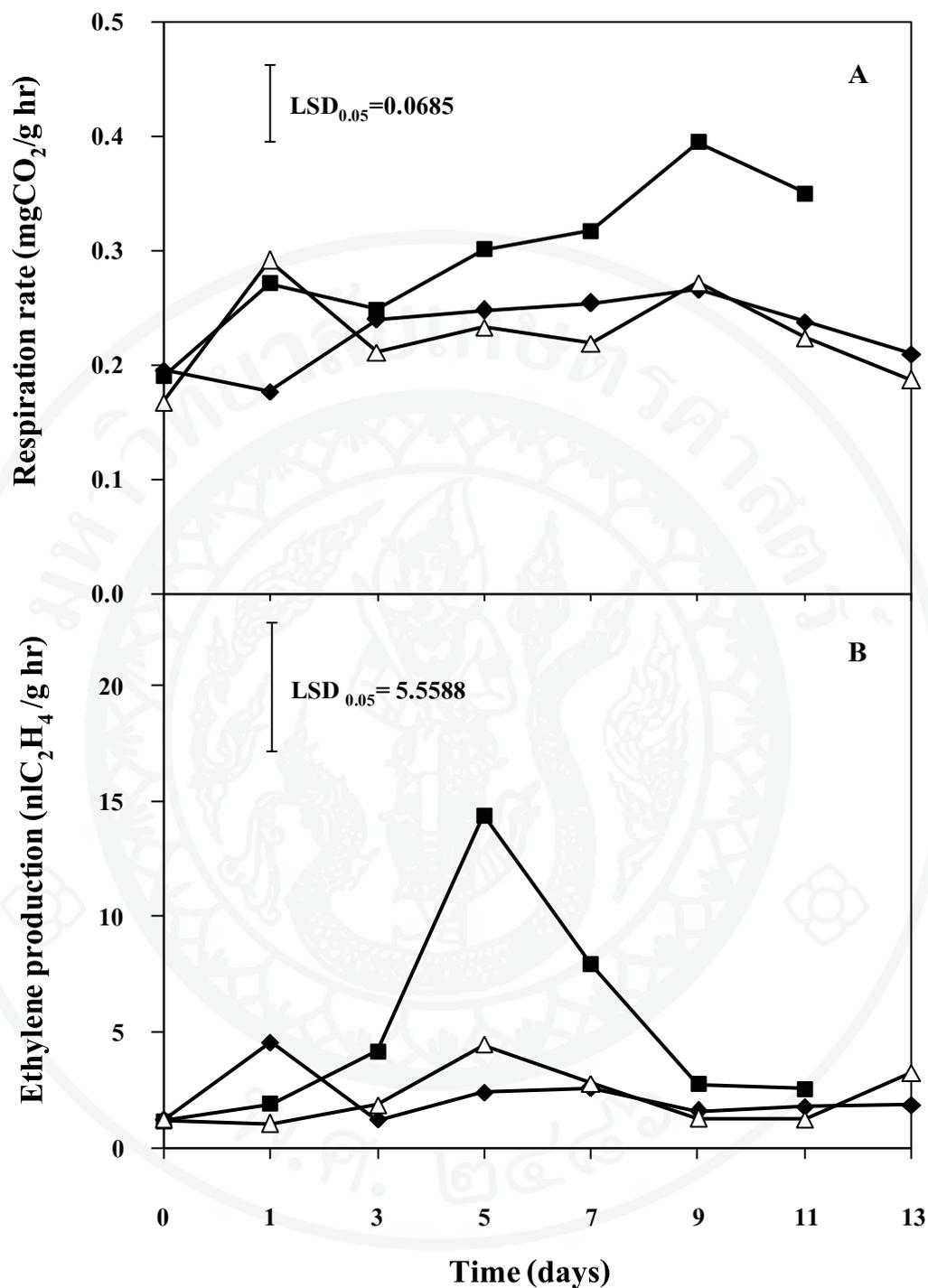
ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน กลีบดอกมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคเกิดขึ้น กล่าวคือ การเรียงตัวของเซลล์ภายในชั้น mesophyll มีลักษณะผิดปกติ เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสามารถพบได้ตั้งแต่วันที่ 3 ของการทดลอง และการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ในกลีบดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้น (ภาพที่ 19 A-I) สอดคล้องกับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่แสดงลักษณะภายในเซลล์ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ในวันที่ 9 ของการทดลอง พบว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียวลักษณะภายในเซลล์เกิดความผิดปกติ องค์กรประกอบภายในเซลล์เกิดการเสื่อมสภาพอย่างชัดเจน ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน องค์กรประกอบภายในเซลล์ยังคงเป็นปกติ (ภาพที่ 20 A-F)



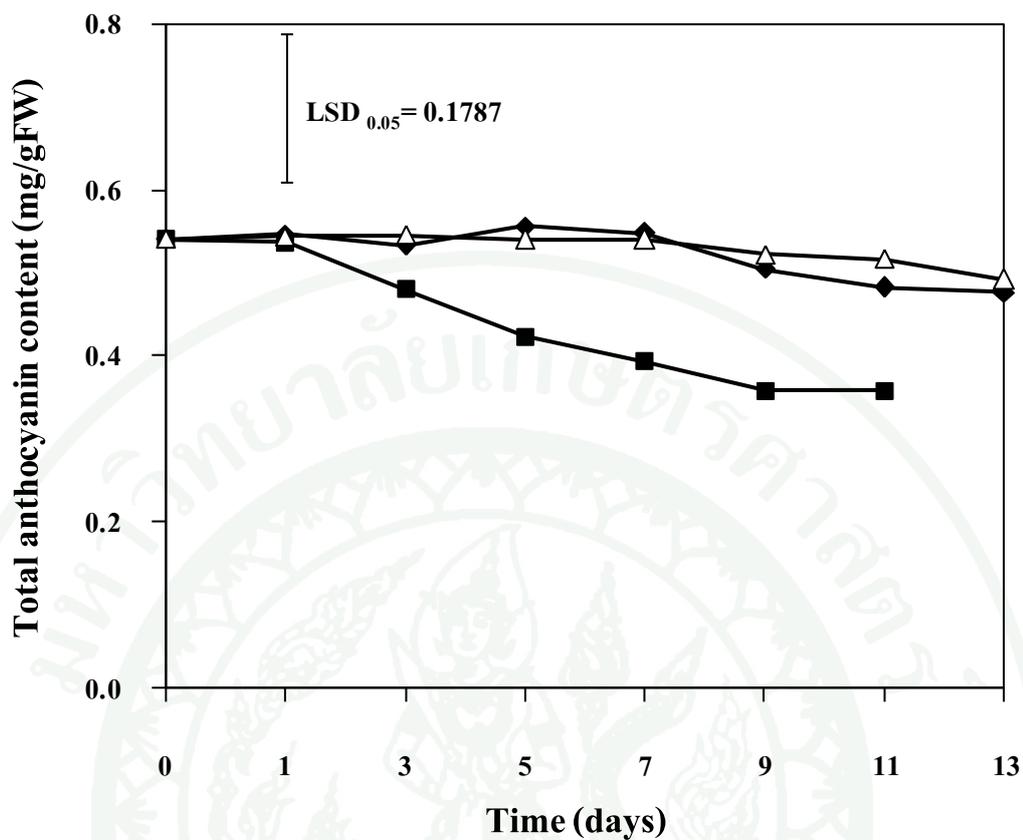
ภาพที่ 10 ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ก่อนการได้รับทริทเมนต์ (A) ดอกกล้วยไม้ที่เกิดอาการซีดจางของกลีบดอกที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) เป็นเวลา 1 วัน (B, C และ D) 3 วัน (E, F และ G) และ 7 วัน (H, I และ J)



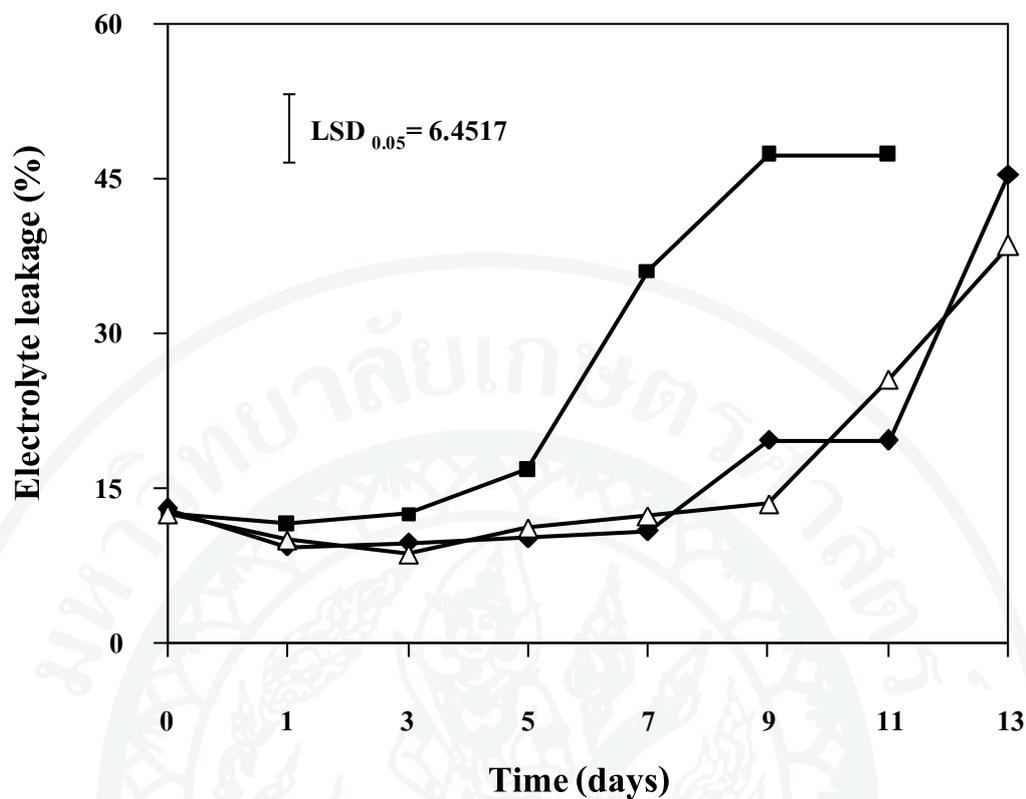
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก ค่า C\* (A) L\* (B) และ Hue° (C) ของกล้วยไม้หวาย พันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิลฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



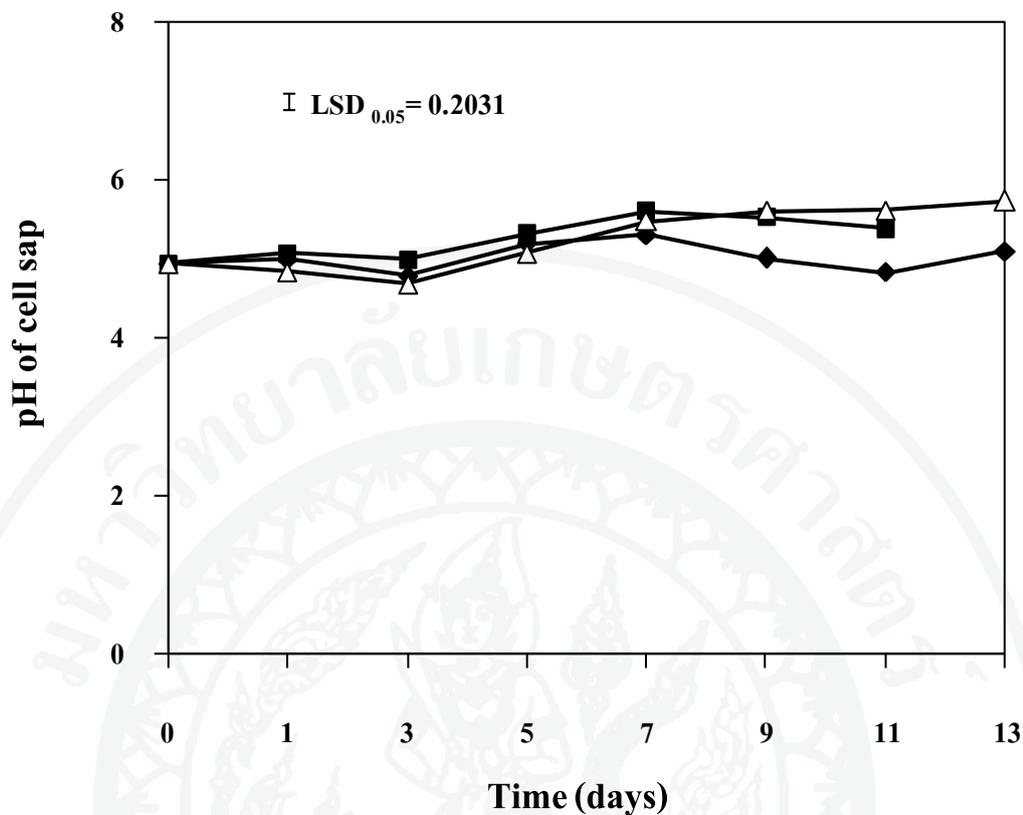
ภาพที่ 12 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทيفون (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L<sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



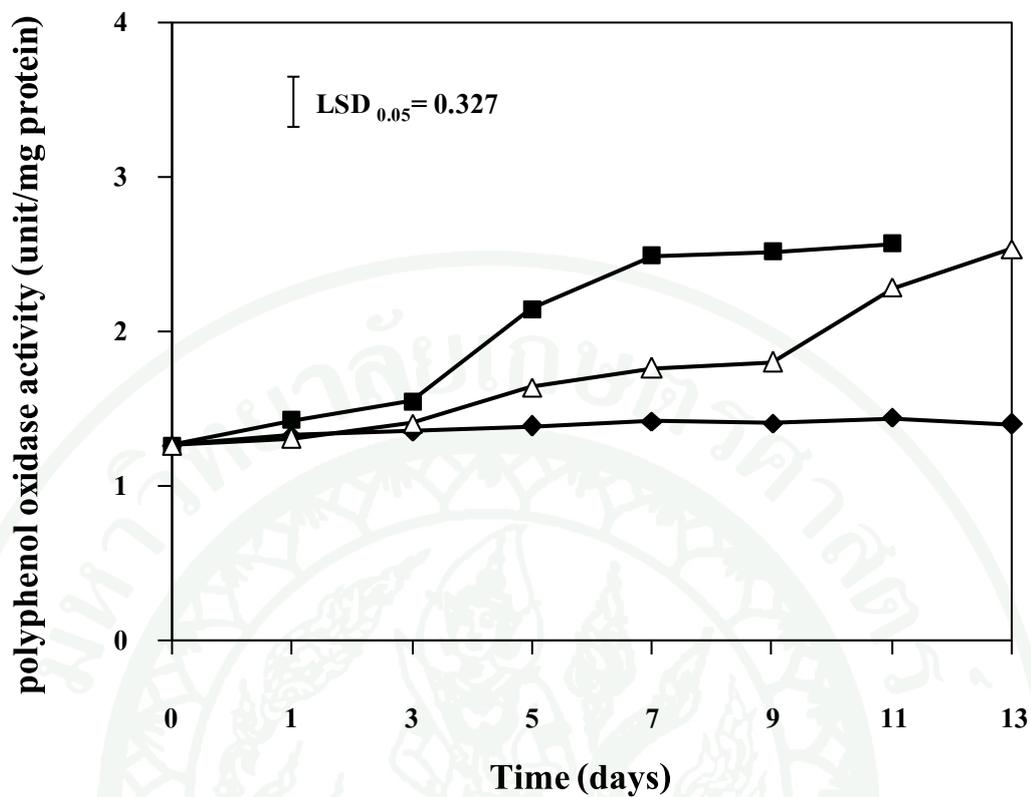
ภาพที่ 13 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L<sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



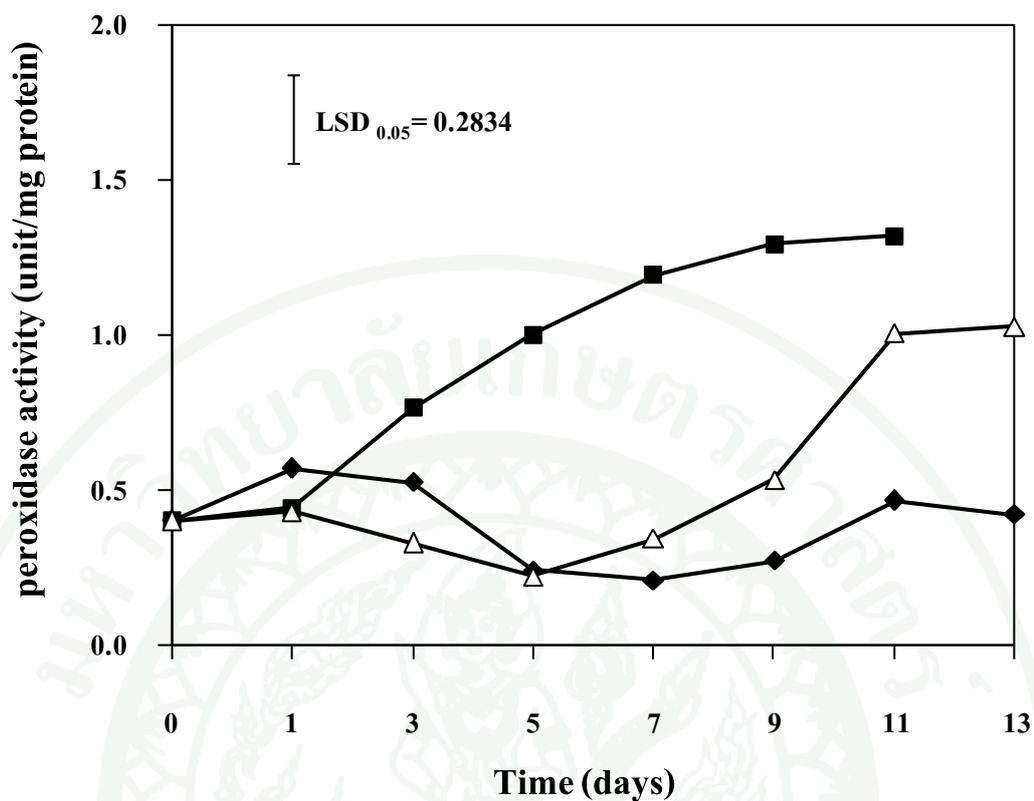
ภาพที่ 14 ค่าการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



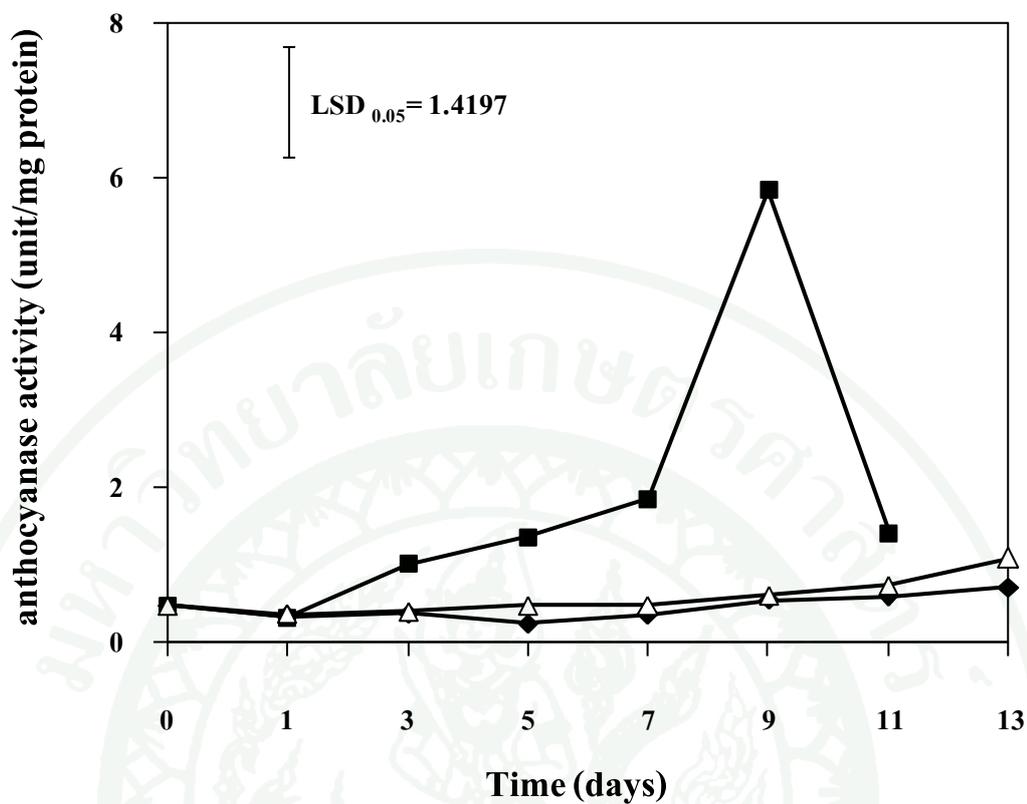
ภาพที่ 15 ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nl L<sup>-1</sup>-MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



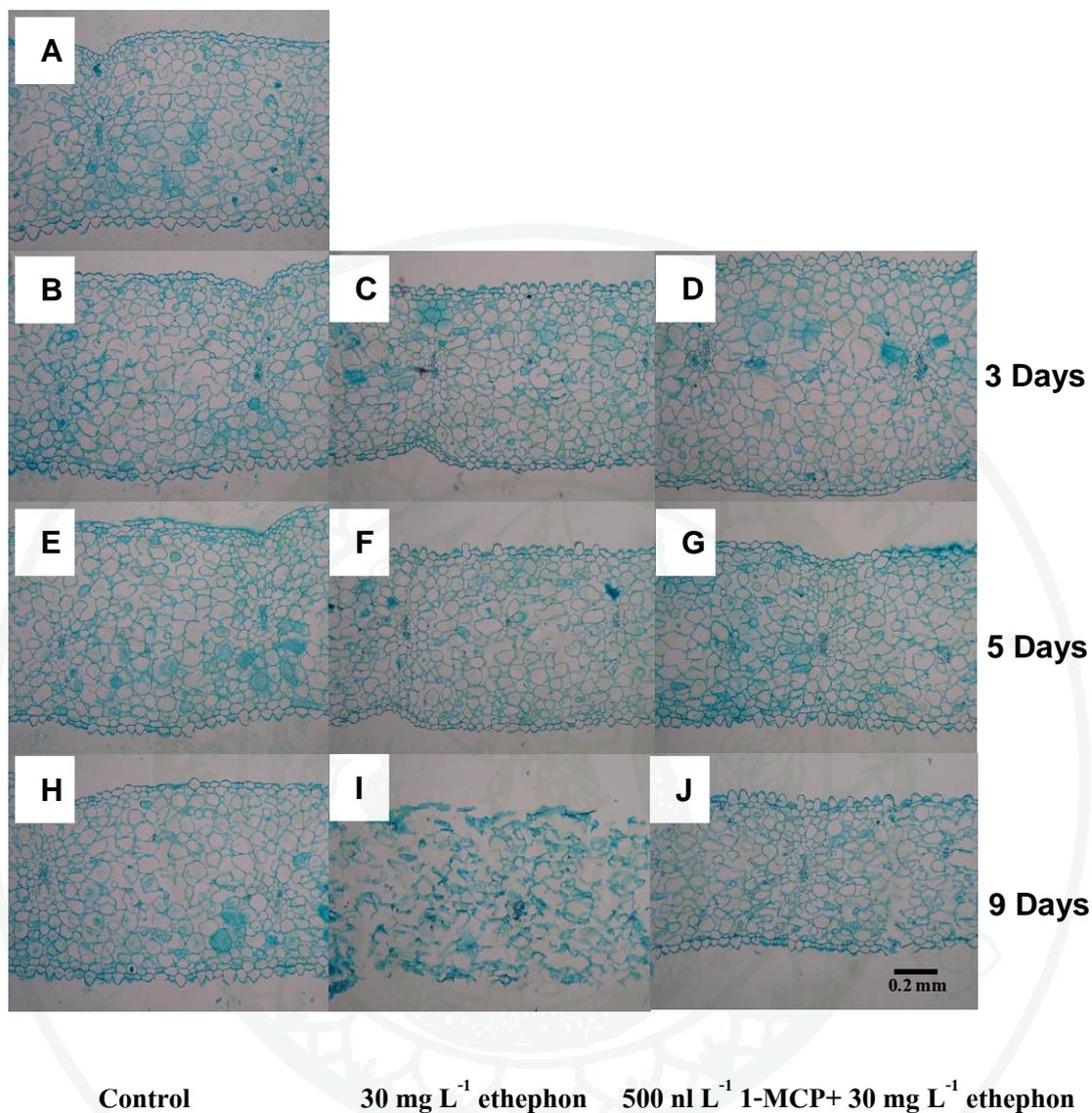
ภาพที่ 16 กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nL L<sup>-1</sup> MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



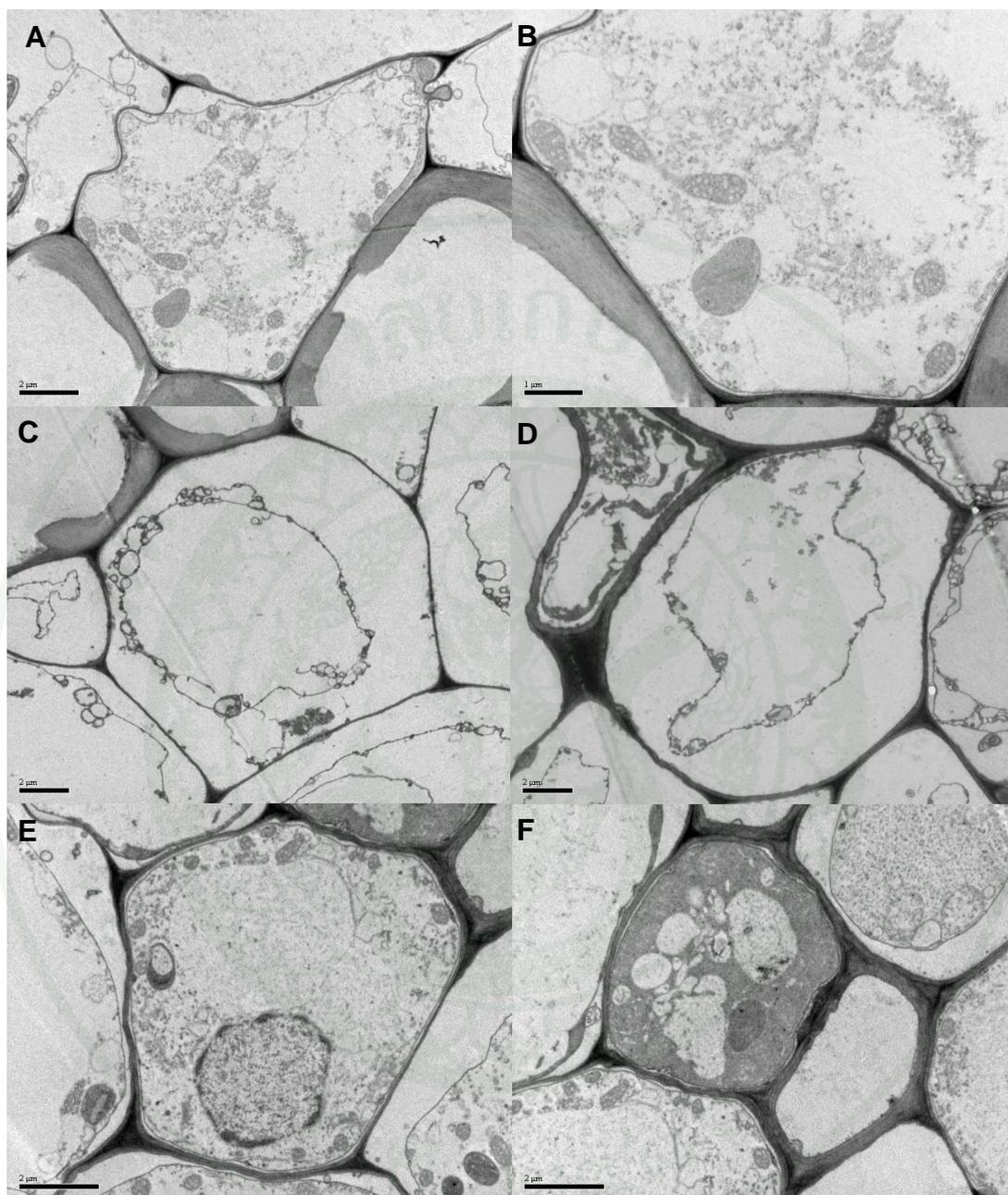
ภาพที่ 17 กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (POD) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่  
 ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nL L<sup>-1</sup>  
 1-MCP + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



ภาพที่ 18 กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่  
 ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 500 nL L<sup>-1</sup> 1-MCP  
 + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



ภาพที่ 19 ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ก่อนการได้รับ ทรินทเมนต์ (A) กล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนและได้รับ สารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ภายหลังการทดลอง 3 วัน (B, C และ D) 5 วัน (E, F และ G) และ 9 วัน (H, I และ J)



ภาพที่ 20 ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อกลีบดอกกล้วยไม้สายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ในวันที่ 9 ของการทดลอง แสดงผลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอธิฟอน(A)-(B) ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอธิฟอน (C)-(D) ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอธิฟอนร่วมกับสารยับยั้งเอทิลิน (E)-(F)

### การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนต่อการเกิดการชีดางของกลีบดอกกล้วยไม้หวาย ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน

#### 1. การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก

ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน ระดับความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สีของกลีบดอกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยเกิดการชีดางของสีกลีบดอก ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น ค่าความเข้มสีและชนิดของแม่สีที่ลดลง ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน มีค่าความสว่างเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน แต่มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่า ทั้งนี้ค่าความเข้มสีและค่าชนิดของแม่สี มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 21-22)

#### 2. อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนและได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน ในช่วงวันที่ 0-3 ของการทดลอง มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ในวันที่ 5 ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น โดยมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 9 ของการทดลอง ซึ่งมีอัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.523 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อชั่วโมง หลังจากนั้นอัตราการหายใจลดลง ส่วนดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 9 และน้อยกว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนอย่างเดียว (ภาพที่ 23A)

#### 3. อัตราการผลิตเอทิลีน

ภายหลังจากดอกกล้วยไม้ได้รับสารละลายเอทิฟอน อัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้น โดยเพิ่มมากที่สุดในวันที่ 3 ของการทดลอง ซึ่งมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 33.5071 นาโนลิตรต่อกรัมต่อชั่วโมง จากนั้นอัตราการผลิตเอทิลีนลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 11 ซึ่งเป็นระยะที่ดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพ ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน

ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน มีอัตราการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่ แต่มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 11 ของการทดลอง (ภาพที่ 23B)

#### 4. ปริมาณแอนโทไซยานิน

ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน ระบุความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบดอกลดลงในวันที่ 5 และลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเล็กน้อยในช่วงหลังของการทดลอง แต่ทั้งนี้ปริมาณแอนโทไซยานินยังสูงกว่าในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 24)

#### 5. การร่วงไหลของประจุ

ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว มีการร่วงไหลของประจุมากกว่าดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน โดยมีค่าการร่วงไหลของประจุเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 3 และสูงขึ้นตลอดระยะเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 25)

#### 6. ค่า pH ภายใน cell sap

จากการตรวจวัดค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' พบว่า ไม่พบความแตกต่างของค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน โดยค่า pH ใน cell sap มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 และมีค่าลดลงในวันที่ 9 ของการทดลอง (ภาพที่ 26)

#### 7. กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase

จากการศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase พบว่าดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอน มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้น โดยจะเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการทดลอง และมีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

เช่นเดียวกับดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน ที่พบว่ากิจกรรมเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 ของการทดลอง แต่มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าที่พบในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนเพียงอย่างเดียว ในขณะที่กิจกรรมเอนไซม์ PPO ในดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 27)

#### 8. กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

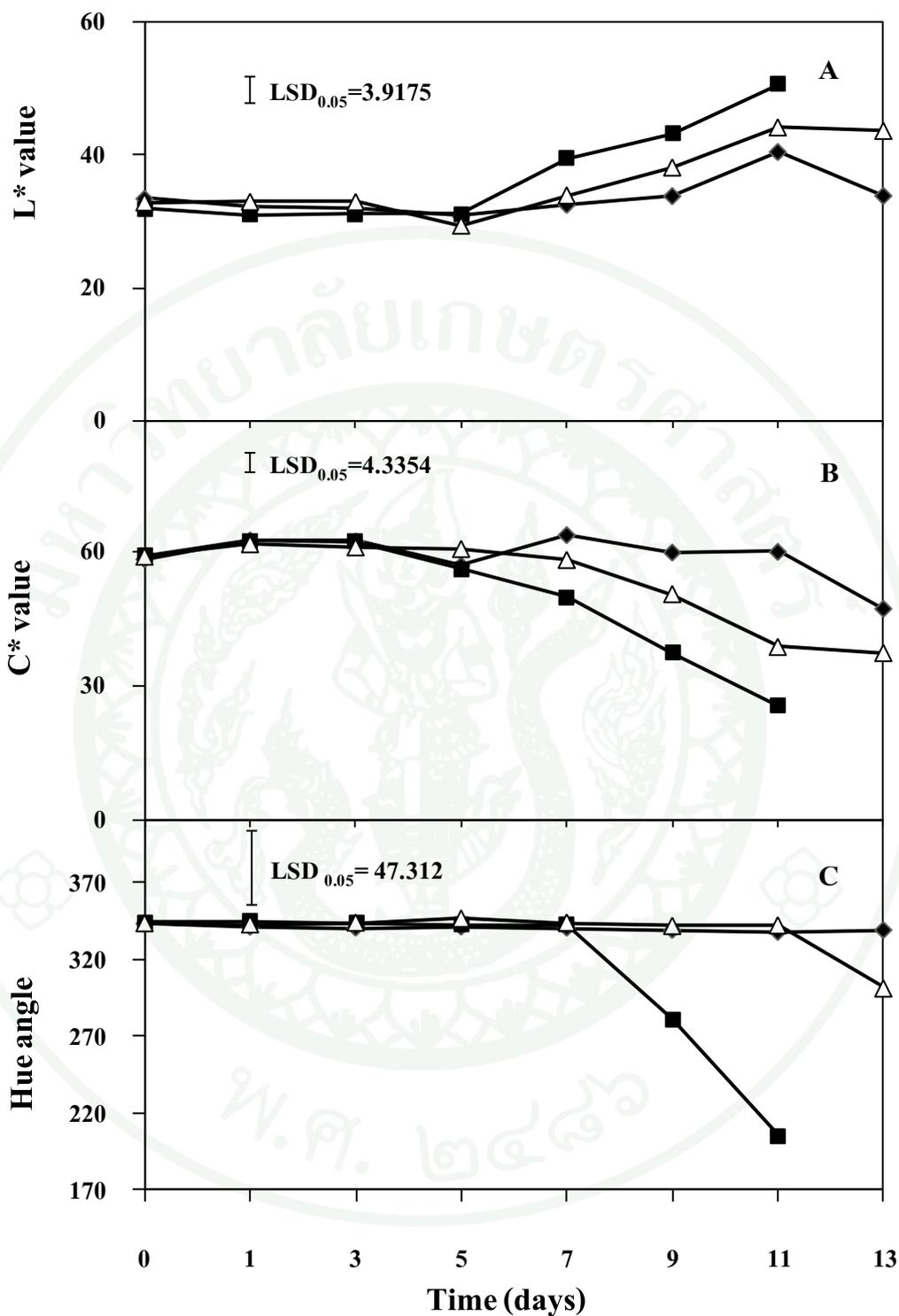
ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอน มีกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เพิ่มสูงขึ้น โดยจะเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลอง และลดลงในวันที่ 11 ส่วนดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนร่วมกับการได้รับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน มีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลองเช่นเดียวกันแต่มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 28)

#### 9. กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase

ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอน มีกิจกรรมของเอนไซม์ anthocyanase เพิ่มสูงขึ้น โดยเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลอง และมีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มสูงสุดในวันที่ 9 หลังจากนั้นกิจกรรมเอนไซม์ลดลง ซึ่งในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน กิจกรรมเอนไซม์มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่พบในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนเพียงอย่างเดียว แต่มีระดับของกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่า (ภาพที่ 29)

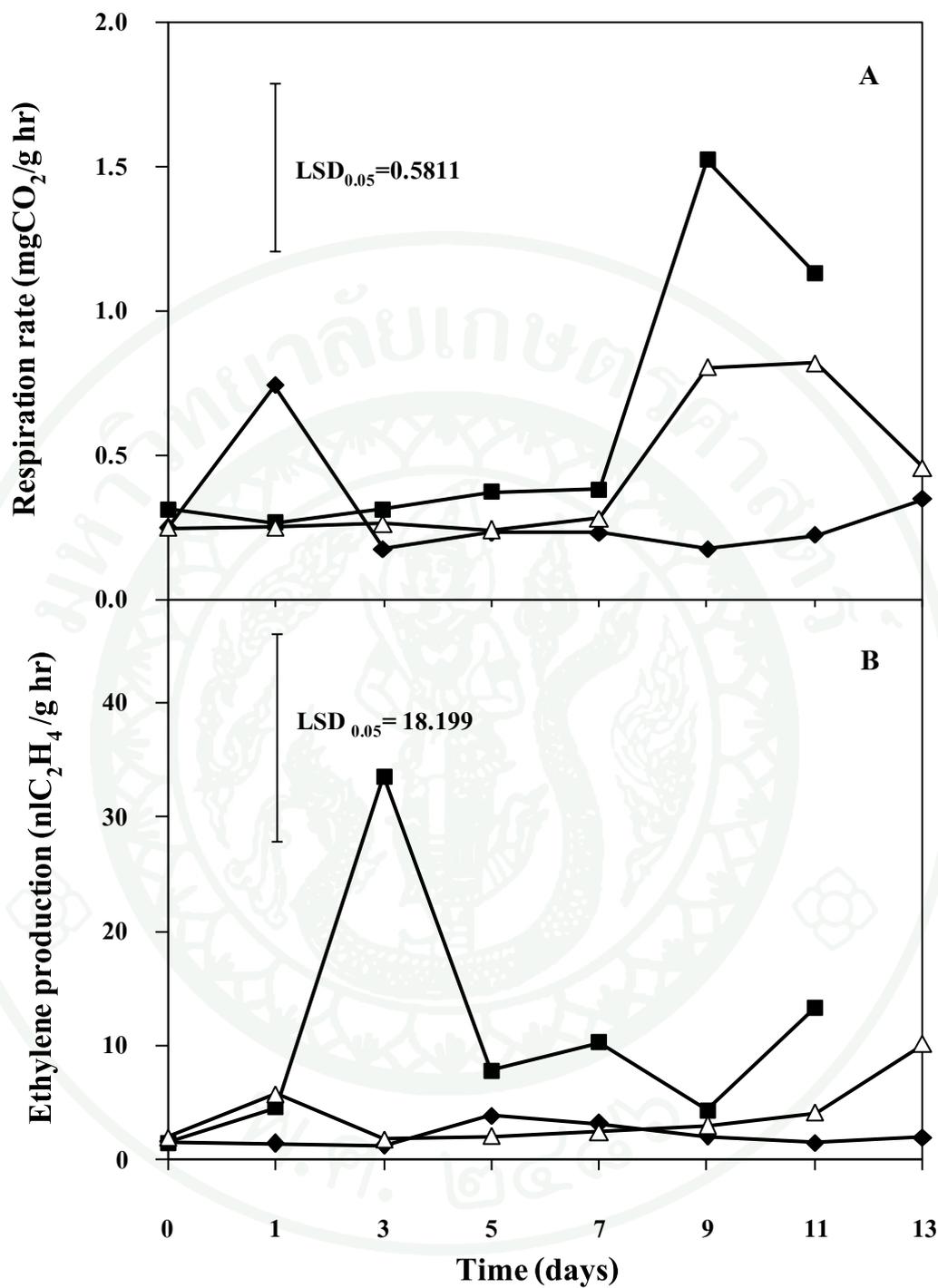
#### 10. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของกลีบดอกกล้วยไม้

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนเพียงอย่างเดียว พบว่า เซลล์เริ่มเกิดการเสื่อมสภาพและเกิดช่องว่างระหว่างเซลล์เห็นได้ชัดเจนในวันที่ 3 ของการทดลอง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้น ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอนร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในวันที่ 9 ของการทดลอง (ภาพที่ 30 A-I)

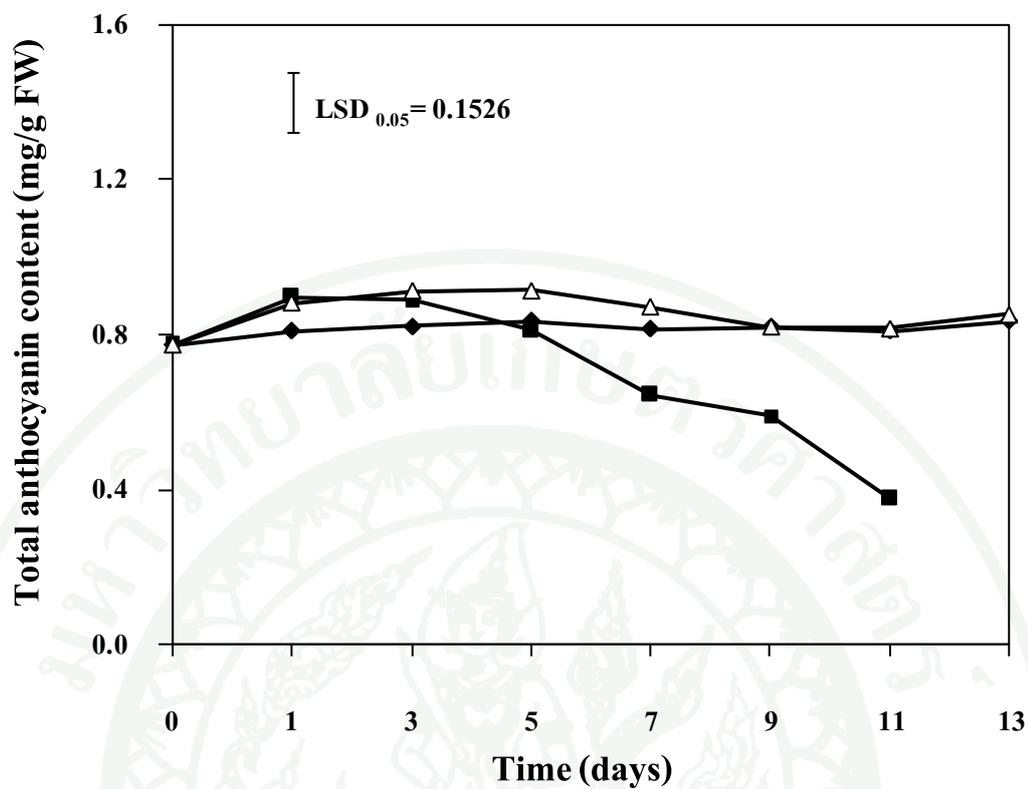


ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก ค่า C\* (A) L\* (B) และ Hue° (C) ของกล้วยไม้หวาย พันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI+30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)

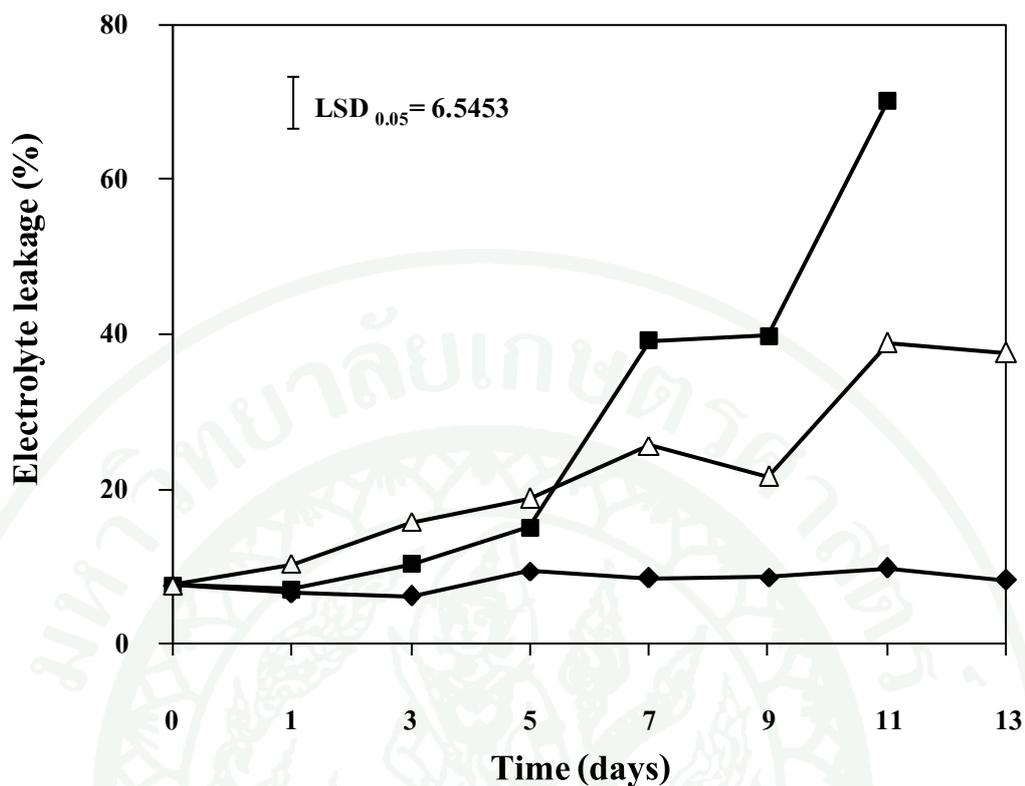




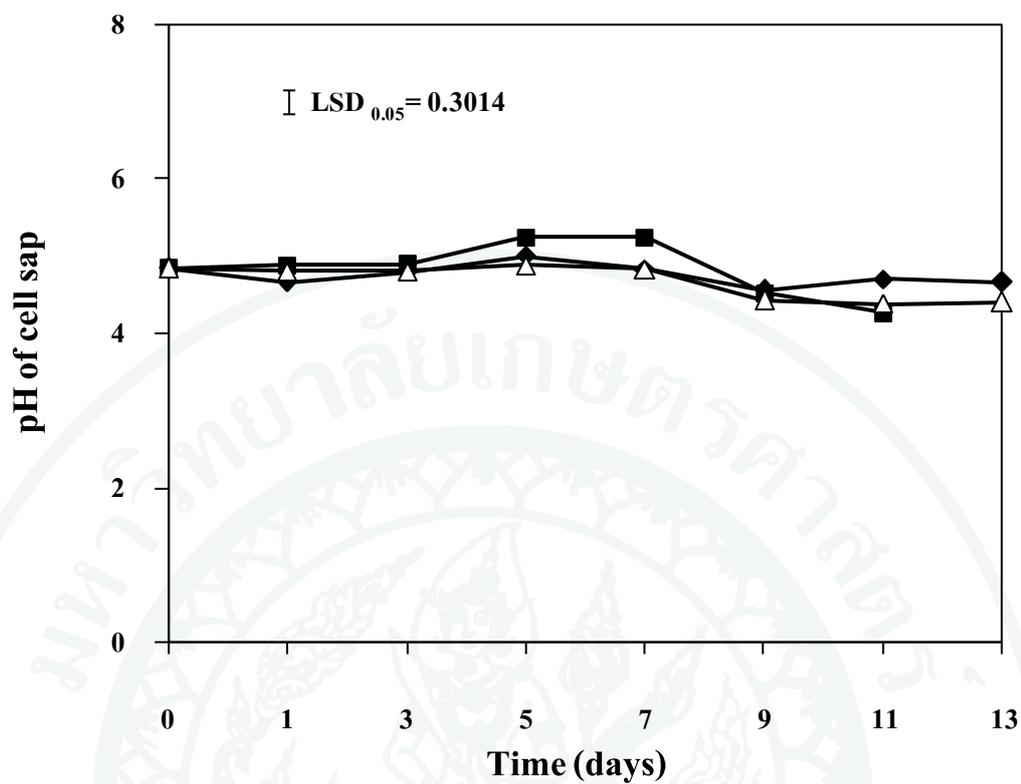
ภาพที่ 23 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิลอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



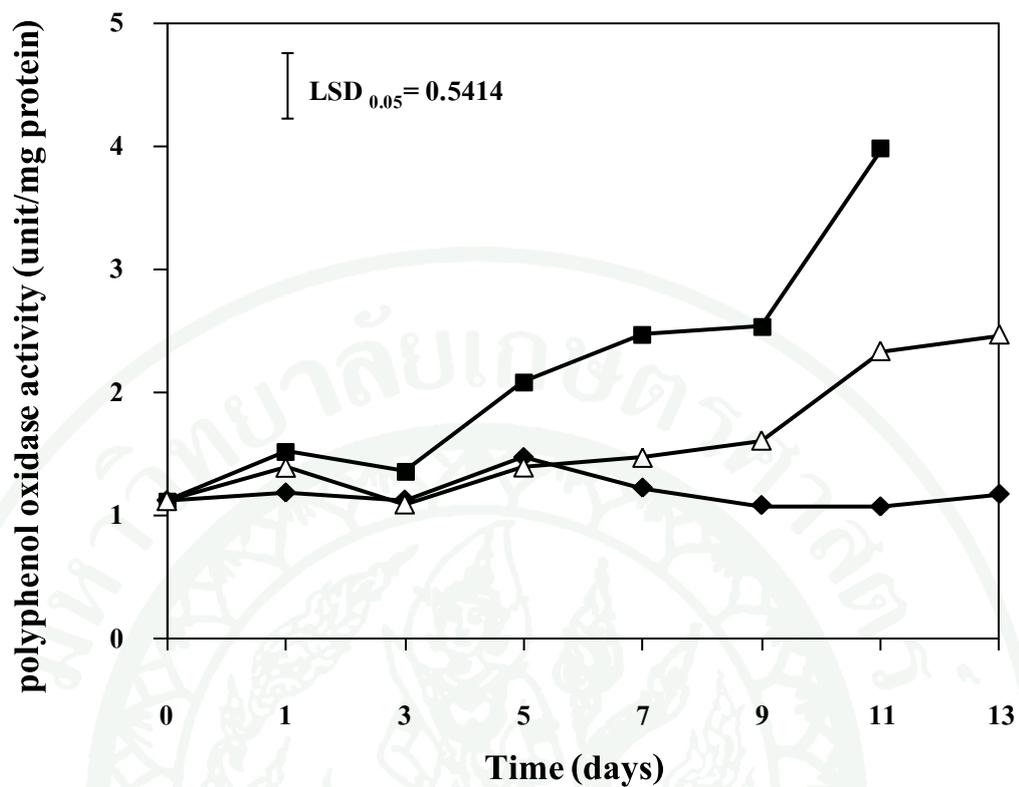
ภาพที่ 24 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



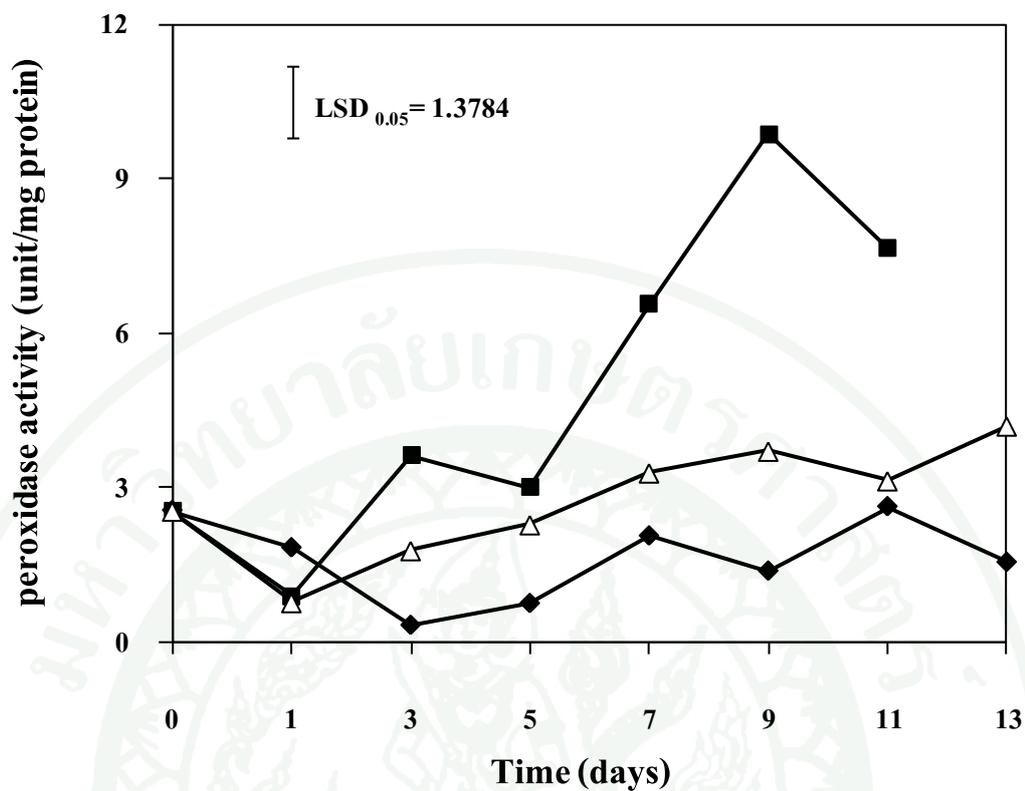
ภาพที่ 25 ค่าการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



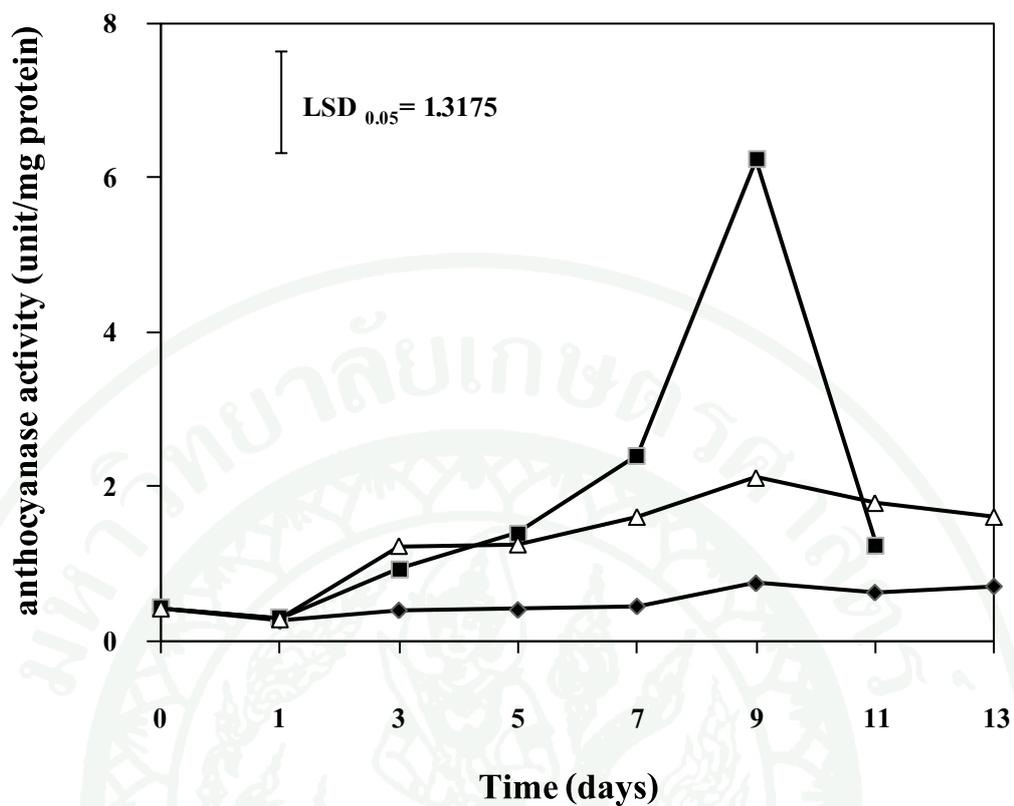
ภาพที่ 26 ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



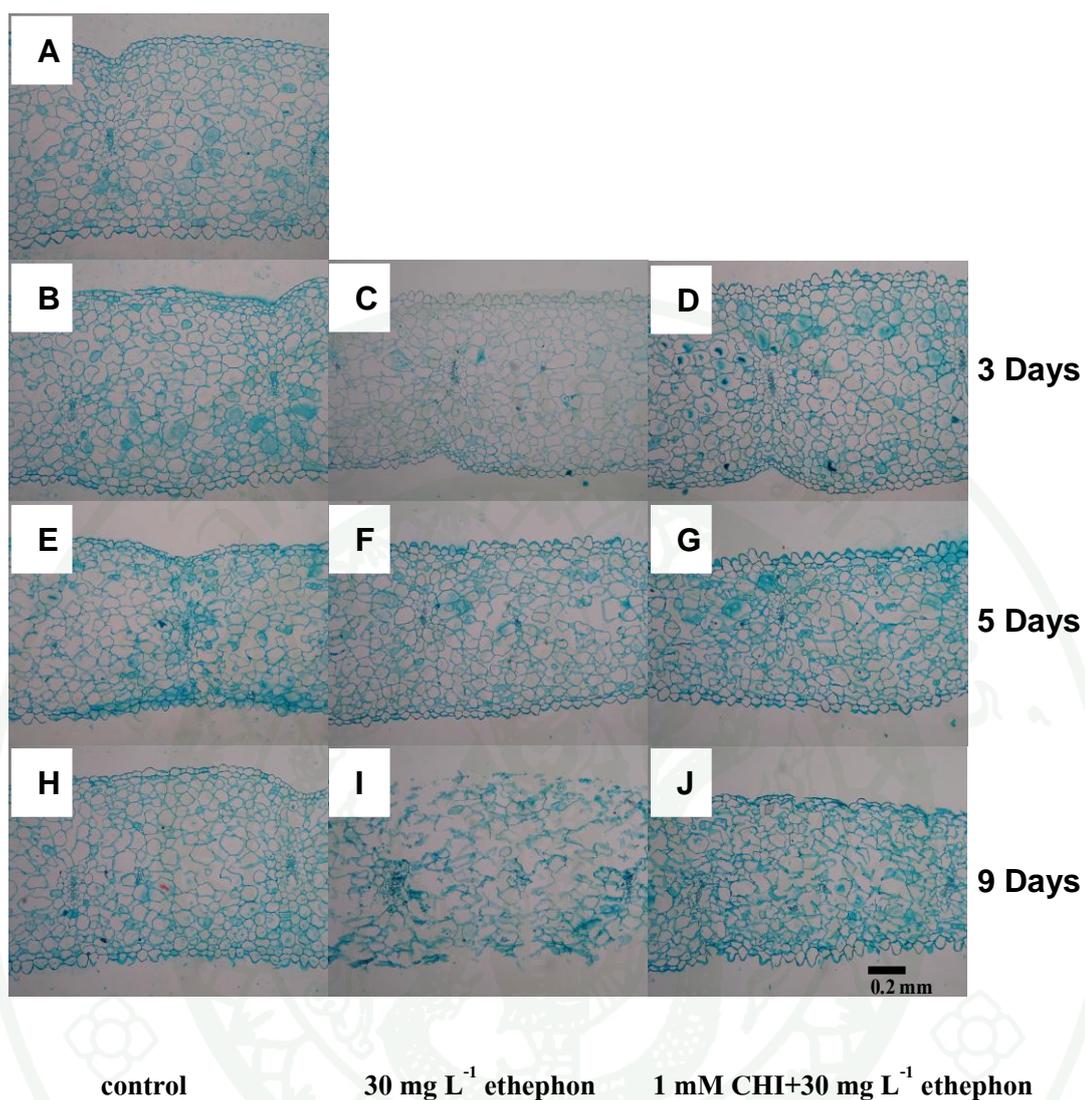
ภาพที่ 27 กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในกลีบดอกกล้วยไม้หายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



ภาพที่ 28 กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (POD) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



ภาพที่ 29 กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (◆) ได้รับ 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (■) และ 1 mM CHI + 30 mg L<sup>-1</sup> ethephon (△)



ภาพที่ 30 ภาพตัดขวางเนื้อเยื่อกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ก่อนได้รับทริทเมนต์ (A) ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนและได้รับสารละลายเอทิฟอน ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ภายหลังจากทดลอง 3 วัน (B, C และ D) 5 วัน (E, F และ G) และ 9 วัน (H, I และ J)

## วิจารณ์

จากการทดลองเปรียบเทียบความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชี้แจงของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ได้แก่ ‘Sonia Bom#17’, ‘Jacky’, ‘Lucky Duan’, ‘Princess’ และ ‘Sakura’ พบว่ากล้วยไม้ทั้ง 5 พันธุ์ เกิดการชี้แจงของกลีบดอกภายหลังจากได้รับเอทิลีน ทั้งนี้ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ มีการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชี้แจงชัดเจนที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 4 พันธุ์ ดังจะเห็นได้จากค่าการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกกล้วยไม้ (ภาพที่ 7) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของดอกกล้วยไม้ทั้ง 5 พันธุ์ (ภาพที่ 9) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเสื่อมสภาพของกลีบดอก ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากเอทิลีน (O’Neil *et al.*, 1993; Porat *et al.*, 1994) ซึ่งจากการศึกษาโดยทั่วไปพบว่า การชี้หรือเหลืองของกลีบดอกเกิดจากเอทิลีนเป็นตัวกระตุ้น (Hicklenton, 1991) และจากการที่กล้วยไม้หวายพันธุ์การค้าทั้ง 5 พันธุ์มีความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนแตกต่างกัน อาจเป็นผลเนื่องมาจากมีจำนวน receptor ที่เป็นตัวรับเอทิลีนแตกต่างกัน (Serek and Reid, 1993; Taiz and Zeiger, 1998)

จากการทดลองในดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทิลีน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า การชี้แจงของกลีบดอกเกิดขึ้นอย่างชัดเจน (ภาพที่ 10) ซึ่งพิจารณาได้จากค่าการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก (ภาพที่ 11) สัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินที่ลดลงตลอดระยะเวลาทำการทดลอง (ภาพที่ 13) โดยพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินจะเริ่มลดลงในวันที่ 3 ของการทดลอง ทั้งนี้เอทิลีนถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของดอกไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก ซึ่งจากรายงานของ Burg and Dijkman (1967) พบว่า ในดอกไม้บางชนิดการชี้แจงของกลีบดอกเป็นผลจากการได้รับเอทิลีน ทั้งนี้สามารถพบได้ในดอกกล้วยไม้ที่มีการถ่ายละอองเกสร ซึ่งการผลิตเอทิลีนในอัตราสูงจะส่งเสริมให้เกิดการชี้แจงของกลีบดอกมากขึ้น นอกจากนี้ในดอกไม้บางชนิดพบว่าเมื่อแก่จะเกิดการชี้แจงของกลีบดอกโดยเปลี่ยนจากสีน้ำเงินไปเป็นสีขาว (Proctor and Creasy, 1969) การได้รับเอทิลีนจากภายนอกในรูปของสารละลายเอทิลีนของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน (ภาพที่ 12A-B) ดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลีนมีค่าการรั่วไหลของประจุเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 14) รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของกลีบดอก (ภาพที่ 19-20) โดยพบว่าการเรียงตัวของเซลล์ในชั้น epidermis และ mesophyll มีลักษณะผิดปกติและเกิดช่องว่างระหว่างเซลล์เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 19) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Bartoli *et al.*, 1995; Borochoy *et al.*, 1997; Porat *et al.*, 1993) สอดคล้องกับรายงานของ สุจริต และคณะ (2006) พบว่า เอทิลีนสามารถเร่งการเสื่อมสภาพ

ของเยื่อหุ้มเซลล์ และการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง ‘บุญทริก’ ได้ นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของดอกไม้ระหว่างการเสื่อมสภาพ คือ การเปลี่ยนแปลง pH ของแวคิวโอล ดอกไม้บางชนิดกลีบดอกจะเปลี่ยนสีเมื่อ pH ลดต่ำกว่า 3 หรือเพิ่มสูงกว่า 7 (นิธิยา และคณัย, 2537) แต่จากการทดลองพบว่าดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิลฟอน มีค่า pH ของเซลล์ค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 15) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเอทิลีนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ในแวคิวโอลอันเป็นผลทำให้เกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ และจากการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ POD, PPO และ anthocyanase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน โดย POD เป็นเอนไซม์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับ phospholipid ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเฉพาะในตำแหน่งที่มี double bond หรือ unsaturated fatty acid ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเสื่อมสภาพ การทำหน้าที่ผิดปกติ นอกจากนี้ POD ยังเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผลลิ้นจี่โดยไปมีผลต่อการสลายของแอนโทไซยานิน (Jiang *et al.*, 2005) สำหรับเอนไซม์ PPO นั้นเป็นเอนไซม์ที่พบในส่วนของไซโตพลาซึม ทำหน้าที่เปลี่ยน phenol ไปเป็น *o*-quinone และเกิดปฏิกิริยา polymerization ดังรายงานของ Huang *et al.* (1990) และ Jiang *et al.* (2004) ที่พบว่าเกิดการเกิดสีน้ำตาลในลิ้นจี่มีการใช้สารประกอบแอนโทไซยานินเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญ โดยมี PPO เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสีดังกล่าว เอนไซม์ anthocyanase หรือ  $\beta$ -glucosidase เกี่ยวข้องกับการดึงหมู่น้ำตาลออกจากโครงสร้างของแอนโทไซยานิน ทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนไปเป็นแอนโทไซยานินดิน ดังรายงานของ Sakamura and Obata. (1961) และ Jiang *et al.* (2001b) ที่กล่าวว่าเอนไซม์ anthocyanase มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเพิ่มอัตราการสลายของแอนโทไซยานินในมะเขือม่วง และลิ้นจี่ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ดอกพุดสามสีที่ได้รับ  $\beta$ -gluconic acid ซึ่งเป็นสารที่มีความจำเพาะต่อการยับยั้งเอนไซม์ anthocyanase มีอัตราการสลายของแอนโทไซยานินลดลง (Oren-Shamir, 2009) ซึ่งจากการทดลอง พบว่าดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ได้รับสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase เพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 16, 17 และ 18) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการทดลอง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินที่ลดลงในวันดังกล่าว ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายของแอนโทไซยานินในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ โดยเอทิลีนที่ได้รับจากภายนอกจะกระตุ้นให้เอนไซม์ดังกล่าวมีกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น การให้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (1-MCP) (รุจิรา, 2549; Buanong *et al.*, 2005; Kebenei *et al.*, 2003; Serek *et al.*, 1995; Sisler *et al.*, 1996 ) สามารถชะลอหรือยับยั้งการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ได้ โดยพิจารณาจากค่าการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก (ภาพที่ 11) อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน (ภาพที่ 12A-B)

ปริมาณแอนโทไซยานิน (ภาพที่ 13) ค่าการรั่วไหลของประจุ (ภาพที่ 14) ค่า pH ใน cell sap (ภาพที่ 15) และกิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase (ภาพที่ 16, 17 และ 18) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว และเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของกลีบดอก พบว่าเซลล์และการเรียงตัวของเซลล์ในชั้น epidermis และ mesophyll ก่อนข้างปกติ (ภาพที่ 19-20) ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าเอทิลีนมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้ โดยกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อหุ้มเซลล์ เกิดการรั่วไหลของแอนโทไซยานินจากแวคิวโอล นอกจากนี้เอทิลีนยังมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบดอกกล้วยไม้ลดลง อันเป็นผลทำให้เกิดการซีดจางเกิดขึ้น

จากการทดลองนอกจากอาการซีดจางของกลีบดอกยังพบอาการปากเหลืองเกิดขึ้น (ภาพที่ 10) ทั้งนี้อาการปากเหลืองของดอกกล้วยไม้ เป็นลักษณะการเสื่อมสภาพซึ่งได้รับอิทธิพลจากเอทิลีนเช่นเดียวกัน (Arditti *et al.*, 1973; Van Staden and Davey, 1980) โดยอาการปากเหลืองที่เกิดขึ้นจะแสดงอาการปากดอกเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลืองและจากสีเหลืองกลายเป็นสีน้ำตาล ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า อาการปากเหลืองของดอกกล้วยไม้ เป็นอาการเริ่มต้นของการเสื่อมสภาพและการเกิดสีน้ำตาลของดอกกล้วยไม้ โดยจะเห็นได้จากค่ากิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase ที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 16, 17 และ 18) สัมพันธ์กับรายงานของ Hiraoka *et al.* (1992) พบว่า ในดอก *Magnolia* จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของดอกโดยเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลและสีดำในที่สุดเมื่อเกิดการเสื่อมสภาพ

จากการทดลองในดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น  $30 \text{ mg L}^{-1}$  ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM พบว่า CHI สามารถชะลอการเกิดการซีดจางของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนได้เพียง 1 วัน โดยพิจารณาได้จากค่าการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอก (ภาพที่ 21) อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน (ภาพที่ 23A-B) ปริมาณแอนโทไซยานิน (ภาพที่ 24) ค่าการรั่วไหลของประจุ (ภาพที่ 25) ค่า pH ใน cell sap (ภาพที่ 26) กิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase (ภาพที่ 27, 28 และ 29) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' (ภาพที่ 30) พบว่าความผิดปกติของเซลล์และการเรียงตัวของเซลล์เกิดขึ้นช้ากว่า ทั้งนี้สารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนมีผลป้องกันการเสื่อมสภาพของดอกไม้หลายชนิด (Lerslerwong, 2008) โดยสาร CHI สามารถช่วยลดระดับโปรตีนและเพิ่ม

กิจกรรมเอนไซม์ protease ในกลีบดอกแคร์ลิลี (Stephenson and Rubinstein, 1998) นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการเหี่ยวของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Pompadour' และการเกิดเส้นแวน การเหี่ยว การซีดจางของกลีบดอก และอาการปากเหลืองของกล้วยไม้พันธุ์ 'Sonia Bom#17' (Lerslerwong, 2008) ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า เอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase เป็นเอนไซม์ที่ถูกกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นภายหลังจากได้รับเอทิลีน เพื่อใช้ในกระบวนการสลายของแอนโทไซยานิน อันมีผลทำให้เกิดการซีดจางของกลีบดอก ทั้งนี้การให้สาร CHI ระดับความเข้มข้น 1 mM ไม่สามารถยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase ในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลีน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ระยะเวลา 24 ชั่วโมงได้และยังคงพบอาการซีดจางของกลีบดอกเกิดขึ้น แม้ว่าจะเกิดขึ้นช้ากว่าในดอกกล้วยไม้ที่ได้รับสารละลายเอทิลีนเพียงอย่างเดียว (1 วัน) ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวอาจเป็นผลเนื่องมาจากความเข้มข้นของ CHI ที่ได้รับไม่เหมาะสม จึงทำให้ยังคงพบกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานของ Lerslerwong (2008) พบว่า CHI สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้หวาย 'Khao Sanan' ที่ได้รับเอทิลีนได้ 1 วัน

## สรุป

จากการศึกษาผลของเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้สกุลหวาย สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' มีความไวในการตอบสนองต่อเอทิลีนที่มีต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกชัดเจนที่สุด
2. ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับเอทิลีน เอทิลีนกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และการสลายของแอนโทไซยานินในกลีบดอก
3. ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ได้รับเอทิลีน เอทิลีนกระตุ้นให้กิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase ในกลีบดอกเพิ่มมากขึ้น
4. เอทิลีนมีบทบาทต่อการเกิดการชีด่างของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' โดยกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ เกิดการรั่วไหลของแอนโทไซยานิน กระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์ PPO, POD และ anthocyanase รวมทั้งกระตุ้นการสลายของแอนโทไซยานินโดยเอนไซม์ดังกล่าว

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จิตรภาพรณ พิสิทิก. 2550. การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้. เอกสารประกอบการอบรมประชาชนหลักสูตรการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ ณ สวนกล้วยไม้ระพี สาคริก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จินตนา ทำทอง. 2546. ผลของอุณหภูมิและกรดจิบเบอเรลลิกต่อคุณภาพของผลมังคุดภายหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 396 น.
- \_\_\_\_\_. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2 ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 453 น.
- นิธิชา รัตนานนท์. 2525. การปฏิบัติภายหลังตัดดอกไม้. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 72 น.
- \_\_\_\_\_ และ ดนัย บุญเกียรติ. 2537. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 141 น.
- นริสา อุทัยฉาย. 2546. ผลของ 1-methylcyclopropene ที่มีต่ออายุการปักแจกันและคุณภาพดอกกล้วยไม้สกุลหวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประภาพร ไชยเจริญ. 2539. ความสัมพันธ์ระหว่างการผสมเกสร การผลิตเอทิลีน และการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้หวายชิวาร์ 4N. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฟองจันทร์ ชรรณพิทักษ์กร. 2536. ผลของการสังเคราะห์เอทิลีนและการควบคุมการสร้างเอทิลีนที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนัส สุจิวัฒน์. 2525. ไมโครเทคนิคทางพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 204 น.

รุจิรา สุขโหตุ. 2549. ผลของ 1-methylcyclopropene ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง และการแสดงออกของยีนการสร้างเอทิลีนในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย 'Sonia Bom#17' หลังการผสมเกสร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายชล เกตุษา. 2531. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้. บริษัทสารมวลชนจำกัด. 291 น.

สุจริต ส่วนไพโรจน์, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย, กษวรรณ ผาพรม และ นุชนาถ ภู่อินอ้อย. 2006. บทบาทของเอทิลีนต่ออายุการปักแจกันของดอกบัวหลวง 'บุญทริก'. ว. วิทย. กษ. 37(5) (พิเศษ): 85-88.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2550. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook50/section7/sec7table81>, 26 พฤศจิกายน 2551.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกดอกกล้วยไม้สด. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/export/1301OC.xls>, 26 พฤศจิกายน 2551.

เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดน้ำ การสร้างโพรลีนและการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพิมล หงส์หม, วิไลภรณ์ บุญญกิจจินดา, อภริดี อุทัยรัตนกิจ และ กุลนาถ อบสุวรรณ. 2550. ผลของ 1-MCP ต่ออายุการปักแจกันของกล้วยไม้ลูกผสม Mokara Jairak Gold. ว. วิทย. กษ. 38(5) (พิเศษ): 70-73.

ศิริวรรณ คุณานพรัตน์. 2529. ผลของการขาดน้ำหลังตัดช่อดอกที่มีผลต่ออายุการปักแจกันของ ดอกกล้วยไม้ *Dendrobium Pompadour* และ *Dendrobium Jaquelyn Thomas*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย. 2549. แนวโน้มตลาดส่งออกกล้วยไม้ที่สำคัญของไทยในปี 2549. แหล่งที่มา : [http://www.kasikornresearch.com/portal/site/KResearch/rsh\\_d/?id=6698&cid=4](http://www.kasikornresearch.com/portal/site/KResearch/rsh_d/?id=6698&cid=4), 27 พฤศจิกายน 2551.

เอกวิทย์ ตริเนตร. 2540. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินและสีของดอกกล้วยไม้หวาย ปอมปาดัวร์ในระหว่างการพัฒนาของดอกและการปักแจกัน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Arditti, J., N.M. Hogan and A.V. Chadwick. 1973. Post-pollination phenomena in orchid flowers. IV. Effects of ethylene. **Amer. J. Bot.** 60(9): 883-888.

Akamine, E.K. 1976. Postharvest handling of tropical ornamental cut crop in Hawaii. **HortScience** 11: 125-127.

Bartoli, C.G., M. Simontacchi, J.J. Guiamet, E. Montaldi and S. Puntarulo. 1995. Antioxidant enzymes and lipid-peroxidation during aging of *Chrysanthemum-morifolium* Ram petals. **Plant Sci.** 104: 161-168.

Blom, H. 1983. Partial characterization of thermostable anthocyanin- $\beta$ -glucosidase from *Aspergillus niger*. **Food Chem.** 12: 197-204.

Borochoy, A., H. Spiegelstein and S. Philosoph-Hadas. 1997. Ethylene and flower petal senescence: Interrelationship with membrane lipid catabolism. **Physiol. Plant.** 100: 606-612.

- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72: 248–254.
- Brooks, R.M., M.V. Bradley and T.I. Anderson. 1950. **Plant Microtechnique Manual.** University of California Bookstore, University of California, Davis.
- Buanong, M., H. Mibus, E.C. Sisler and M. Serek. 2005. Efficacy of new inhibitors of ethylene perception in improvement of display quality of miniature potted roses (*Rosa hybrid* L.). **Plant Growth Regul.** 47: 29-38.
- Burg, S.P. and M.J. Dijkman. 1967. Ethylene and auxin participation in pollen induced fading of Vanda orchid blossoms. **Plant Physiol.** 42: 1648-1650.
- Campos, P.S., V. Quartin, J.C. Ramalho and M.A. Nunes. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. Plant. **Plant Physiol.** 160(3): 283-292.
- Cassignard, R., M. Ducasse, C. Barrere and M. Artigau. 1977. Influence du taux de pourriture grise sur la qualite des vins produits. **Vignes-Bins** 260: 28–31.
- Davidson, O.W. 1971. Three common causes of orchid flower damage. **Orchid Digest** 35: 198-199.
- Fukumoto, L.R., P.M. Toivonen and P.J. Delaquis. 2002. Effects of water temperature and chlorination on phenolic metabolism and browning of stored Iceberg lettuce photosynthetic and vascular tissues. **J. Agric. Food Chem.** 50(16): 4503-4511.
- Goh, C.J., A.H. Halevy, R. Engel and A.M. Kofranek. 1985. Ethylene evolution and sensitivity in cut orchid flowers. **Scientia Hort.** 26(1): 57-67.

- Gross, J. 1987. **Pigments in Fruits**. Academic Press, London. 313 p.
- Halevy, A.H. and S. Mayak. 1980. Flower Senescence. *In* KV Thimann (ed.) **Senescence in Plants**. CRC Press. Boca Raton, Florida. pp. 131-156.
- Hew, C.S. 1980. Respiration of tropical orchid flowers. *In* M.R.S. Kashemsanta (ed.). **Proc. 9<sup>th</sup> World Orchid Conference**. Bangkok. Thailand. pp. 191-195.
- Hicklenton, P.R. 1991. GA<sub>3</sub> and Benzylaminopurine delay leaf yellowing in cut *Alstromeria* stems. **HortScience** 26: 1198-1199.
- Hiraoka, A., M. Sato and M. Watanabe. 1992. Flower discoloration in *Magnolia*. **Phytochem.** 31(10): 3413-3416.
- Holley, W.D. 1965. Grow keeping quality into your flowers. *In* M.N Rogers (ed.) **Living Flowers That Last**. University Missouri Press, Columbia.
- Huang, H.T. 1955. Decolorization of anthocyanins by fungal enzymes. **J. Agric. Food Chem.** 3: 141-146.
- Huang, S., H. Hart, H. Lee and L. Wicker. 1990. Enzymatic and color changes during Post-harvest storage of lychee fruit. **J. Food Sci.** 55(6): 1762-1763.
- Jiang, Y. M. 2000. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. **J. Sci. Food Agric.** 80(3): 305-310.
- \_\_\_\_\_, D.C. Joyce and L.A. Terry. 2001a. 1-methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biol. Technol.** 23: 227-232.

- \_\_\_\_\_, Z. Zhang, X. Pang and Z. Ji. 2001b. Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. **Food Chem.** 75: 217-221.
- \_\_\_\_\_, Z. Zhang, D. Xuwu., D. Joyce and J.R. Li. 2004. Advance in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Food Chem.** 88(3): 443-446.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, X. Pang, D. Xuwu and Z. Ji. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. **Food Chem.** 90: 47-52.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique.** McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. pp. 253.
- Kader, F., B. Rovel, M. Girardin and M. Metche. 1997. Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L): role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. **J. Sci. Food Agric.** 74(1): 31-34.
- Kebenei, Z., E.C. Sisler, T. Winkelmann and M. Serek. 2003. Efficacy of new inhibitors of ethylene perception in improvement of display life of kalanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.). **Postharvest Biol. Technol.** 30: 169-176.
- Lerslerwong, L. 2008. **Characterization of proteinases and gene expression involved in ethylene-induced senescence of *Dendrobium* flowers.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University.
- Martino, A., P.G. Pifferi and G. Spang. 1994. The separation of pectinlyase from  $\beta$ -glucosidase in a commercial preparation. **J. Chem. Technol. Biotechnol.** 61(3): 255-260.
- O'Neil, S.D., J.A. Nadeau, X.S. Zhang, A.Q. Bui and A.H. Halevy. 1993. Interorgan regulation of ethylene biosynthetic genes by pollination. **Plant Cell** 5(4): 419-432.

- Oren-Shamir, M. 2009. Does anthocyanin degradation play a significant role in determining pigment concentration in plants?. **Plant Sci.** 177(4): 310-316.
- \_\_\_\_\_, G. Dela, R. Ovadia, A. Nissim-Levi, S. Philosoph Hadas and S. Meir. 2001. Differentiation between petal blueing and senescence of cut 'Mercedes' rose flowers. **J. Hortic Sci. Biotechnol.** 76: 195-200
- Paulin, A. 1986. Influence of exogenous sugars on the evolution of some senescence parameters of petals. **Acta Hort.** 181: 183-193.
- Piccaglia, R., G. Baldoni and M. Marotti. 2002. Factors influencing anthocyanin content in red cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata* L f *rubra* (L) Thell). **J. Sci. Food Agric.** 82 (13): 1504-1509.
- Pilando, L. S., R.E. Wrolstad and D.A. Heatherbell. 1985. Influence of fruit composition, maturity and mold contamination on the color and appearance of strawberry wine. **J. Food Sci.** 50(4): 1121-1125.
- Porat, R., Y. Reuveny, A. Borochoy and A.H. Halevy. 1993. Petunia flower longevity: The role of sensitivity to ethylene. **Physiol. Plant.** 89(2): 291-294.
- \_\_\_\_\_, A. Borochoy, A.H. Halevy and S.D. O'Neil. 1994. Pollination-induced senescence of *Phalaenopsis* petals. **Plant Growth Regul.** 15: 129-136.
- Proctor, J.T.A. and L.L. Creasy. 1969. An anthocyanin-decolorizing system in florets of *Cichorium intybus*. **Phytochem.** 8(8): 1401-1403.
- Raynal, J. and M. Moutounet. 1989. Intervention of phenolics compounds in plum technology. 2. Mechanisms of anthocyanin degradation. **J. Agric. Food Chem.** 37(4): 1051-1053.

- Rein, M.J. 2005. **Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins**. EKT series 1331. University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology. 88 p.
- Rwabahizi, S. and R.E. Wrolstad. 1988. Effects of mold contamination and ultra-filtration on the color stability of strawberry juice and concentrate. **J. Food Sci.** 53(3): 857–861.
- Sakamura, S. and Y. Obata. 1961. Anthocyanase and anthocyanins occurring in eggplant, *Solanum melongena* L. **Agric. Biol. Chem.** 25: 750–756
- Sarni, P., H. Fulcrand, V. Souillol, J.M. Souquet and V. Cheynier. 1995. Mechanisms of anthocyanin degradation in grape must-like model solution. **J. Sci. Food Agric.** 69(3): 385–391.
- Sekai, W.S. 1973. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Biotechnol. Histochem.** 48: 247-249.
- Serek, M. and M.S. Reid. 1993. Anti-ethylene treatments for potted Christmas cactus—efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience** 28: 1180-1181.
- \_\_\_\_\_, E.C. Sisler, G. Tamari and A. Borochoy. 1995. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene. **Physiol. Plant.** 94(2): 229-232.
- \_\_\_\_\_, E.J. Woltering, E.C. Sisler, S. Frello and S. Sriskandarajah. 2006. Controlling ethylene responses in flowers at receptor level. **Biotechnol. Adv.** 24(4): 368-381.
- Sisler, E.C., E. Dupille and M. Serek. 1996. Comparison of 1- methylcyclopropene and methylcyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. **Plant Growth Regul.** 18: 169-174.

- Stead, A.D. and W.G. van Doorn. 1994. Strategies of flower senescence – a review. *In* R.J.Scott and A.D. Stead (eds.). **Molecular and Cellular Aspects of Plant Reproduction**. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 215-237.
- Stephenson, P. and B. Rubinstein. 1998. Characterization of proteolytic activity during senescence in daylilies. **Physiol. Plant**. 104 (3): 463-473.
- Sullivan, J. 1998. Anthocyanin. **Carnivorous Plant Newsletter** 27(3): 86-88.
- Suttle, J.C. and H. Kende. 1978. Ethylene and senescence in petals of *Tradescantia*. **Plant Physiol**. 62: 267-271.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1980. Ethylene action and loss of membrane integrity during petal senescence in *Tradescantia*. **Plant Physiol**. 65: 1067-1072.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. **Plant Physiology**. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, California. 565 p.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1998. **Plant Physiology**. Sinauer Associates Inc, Sunderland.
- Vaknin, H., A. Bar-Akiva, R. Ovadia, A. Nissim-Levi, I. Forer, D. Weiss and M. Oren-Shamir. 2005. Active anthocyanin degradation in *Brunfelsia calycina* (yesterday-today-tomorrow) flowers. **Planta** 222: 19-26.
- van Doorn, W.G., 1997. Water relations of cut flowers. II. some species of tropical provenance. **Acta Hort**. 482: 65-69.
- Van Staden, J. and J.E. Davey. 1980. Effect of silver thiosulphate on the senescence of emasculated orchid (*Cymbidium*) flowers. **S. Afr. J. Sci**. 76(7): 314-315.

- Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society color chart. **HortScience** 27 (12): 1256-1260.
- Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical response of plants to chilling stress. **HortScience** 17: 173 -186.
- Wesche-Ebeling, P. and M.W. Montgomery. 1990. Strawberry polyphenoloxidase: its role in anthocyanin degradation. **J. Food Sci.** 55 (3): 731–734.
- Wroslstad, R.E. 1996. **Chemical Structures of Some Anthocyanidins (Anthocyanin Aglycones)**. Linus Pauling Institute Oregon State University, USA.
- \_\_\_\_\_, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns. 2005. **Handbook of Food Analytical Chemistry**. John Wiley and Sons, Inc., New York. pp. 5-69.
- Xu, S.Y., W.D. Wang and M.K. Jin. 2009. Effects of different maceration enzymes on yield, clarity and anthocyanin and other polyphenol contents in blackberry juice. **Int. J. Food Sci. Technol.** 44 (12): 2342-2349.
- Yang, H. Y. and W.F. Steel. 1958. Removal of excessive anthocyanin pigment by enzyme. **Food Technol.** 10: 517–519.
- Yip, K.C. and C.S. Hew. 1988. Ethylene precoduction by young *Aranda* orchid flowers and buds. **Plant Growth Regul.** 7: 217-222.



**ตารางผนวกที่ 1** ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่า  $C^*$  ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับและได้รับ สารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 20 และ 30  $\text{mg L}^{-1}$  และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		$C^*^{1/}$							
		ระยะเวลา (วัน)							
ทรีทเมนต์		0	1	3	5	7	9	11	13
control		56.870	53.188 <sup>b</sup>	52.480 <sup>b</sup>	51.930 <sup>b</sup>	51.736	50.850	51.530 <sup>a</sup>	51.266 <sup>a</sup>
20 $\text{mg L}^{-1}$		57.026	55.088 <sup>a</sup>	54.700 <sup>a</sup>	55.072 <sup>a</sup>	53.624	49.422	44.898 <sup>b</sup>	45.364 <sup>b</sup>
30 $\text{mg L}^{-1}$		58.222	55.360 <sup>a</sup>	55.248 <sup>a</sup>	55.010 <sup>a</sup>	52.630	48.724	44.798 <sup>b</sup>	43.450 <sup>b</sup>
<i>F</i> -test		ns	*	*	**	ns	ns	**	**

**ตารางผนวกที่ 2** ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่า  $L^*$  ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับและได้รับ สารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 20 และ 30  $\text{mg L}^{-1}$  และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		$L^*^{1/}$							
		ระยะเวลา (วัน)							
ทรีทเมนต์		0	1	3	5	7	9	11	13
control		28.022	25.938	25.510	25.426 <sup>b</sup>	25.700 <sup>b</sup>	26.530 <sup>b</sup>	25.514 <sup>b</sup>	25.474 <sup>b</sup>
20 $\text{mg L}^{-1}$		29.094	27.528	27.262	27.752 <sup>a</sup>	30.116 <sup>a</sup>	33.192 <sup>a</sup>	34.314 <sup>a</sup>	33.116 <sup>a</sup>
30 $\text{mg L}^{-1}$		30.218	27.512	26.936	27.862 <sup>a</sup>	30.560 <sup>a</sup>	32.620 <sup>a</sup>	32.785 <sup>a</sup>	33.327 <sup>a</sup>
<i>F</i> -test		ns	ns	ns	*	**	**	**	**

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 3** ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่า Hue° ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 20 และ 30 mg L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		Hue° <sup>1/</sup>							
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)								
	0	1	3	5	7	9	11	13	
control	350.78	353.70	353.86	354.52 <sup>a</sup>	354.26 <sup>a</sup>	354.28 <sup>a</sup>	353.52	353.38	
20 mg L <sup>-1</sup>	349.68	352.58	353.06	351.50 <sup>b</sup>	348.84 <sup>b</sup>	348.06 <sup>b</sup>	349.32	351.78	
30 mg L <sup>-1</sup>	348.26	352.74	353.02	351.40 <sup>b</sup>	349.38 <sup>b</sup>	349.36 <sup>b</sup>	351.84	282.82	
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	*	**	**	ns	ns	

**ตารางผนวกที่ 4** ค่า L\* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน 30 mg L<sup>-1</sup> หรือรมด้วย 1-MCP 500 ml L<sup>-1</sup> ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		L* <sup>1/</sup>							
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)								
	0	1	3	5	7	9	11	13	
Control	21.788	22.026	22.186	22.158	22.086 <sup>b</sup>	21.602 <sup>c</sup>	21.630 <sup>b</sup>	21.964 <sup>b</sup>	
Ethephon	22.656	23.022	22.508	23.690	25.884 <sup>a</sup>	27.692 <sup>a</sup>	31.560 <sup>a</sup>		
MCP	22.656	22.384	22.920	23.438	23.474 <sup>b</sup>	24.174 <sup>b</sup>	24.086 <sup>b</sup>	24.970 <sup>a</sup>	
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 5 ค่า C\* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน 30 mg L<sup>-1</sup> หรือรมด้วย 1-MCP 500 ml L<sup>-1</sup> ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

พรีทเมนต์	C* <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	46.372	45.944	45.592 <sup>b</sup>	45.482 <sup>b</sup>	44.502	43.960 <sup>b</sup>	44.086	43.958 <sup>a</sup>
Ethephon	46.912	47.300	47.888 <sup>a</sup>	48.638 <sup>a</sup>	45.032	41.900 <sup>b</sup>	37.404	
MCP	45.672	45.780	45.264 <sup>b</sup>	45.792 <sup>b</sup>	47.900	48.518 <sup>a</sup>	43.710	39.744 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	*	**	ns	**	ns	*

ตารางผนวกที่ 6 ค่า Hue° ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน 30 mg L<sup>-1</sup> หรือรมด้วย 1-MCP 500 ml L<sup>-1</sup> ร่วมกับการได้รับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

พรีทเมนต์	Hue° <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	346.36 <sup>b</sup>	344.50	343.26 <sup>b</sup>	344.40	341.88 <sup>b</sup>	341.92 <sup>b</sup>	342.70	342.70
Ethephon	350.68 <sup>a</sup>	348.52	348.20 <sup>a</sup>	346.40	346.02 <sup>a</sup>	346.80 <sup>a</sup>	234.07	
MCP	349.20 <sup>ab</sup>	346.36	346.56 <sup>a</sup>	346.56	346.94 <sup>a</sup>	343.66 <sup>b</sup>	344.08	344.08
F-test	*	ns	*	ns	**	*	ns	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 7 อัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทيفون ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 ml L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

พรีทเมนต์	อัตราการหายใจ (mgCO <sub>2</sub> /g.hr) <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.1957	0.1769	0.2397 <sup>a</sup>	0.2479 <sup>b</sup>	0.2539 <sup>b</sup>	0.2660 <sup>b</sup>	0.2374 <sup>b</sup>	0.2097
Ethephon	0.1896	0.2712	0.2488 <sup>a</sup>	0.3014 <sup>a</sup>	0.3178 <sup>a</sup>	0.3950 <sup>a</sup>	0.3504 <sup>a</sup>	
MCP	0.1676	0.2914	0.2113 <sup>b</sup>	0.2334 <sup>b</sup>	0.2186 <sup>b</sup>	0.2725 <sup>b</sup>	0.2234 <sup>b</sup>	0.1868
<i>F</i> -test	ns	ns	*	*	**	*	*	ns

ตารางผนวกที่ 8 อัตราการผลิตเอทิลีนของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทيفون ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 ml L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

พรีทเมนต์	การผลิตเอทิลีน (μlC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /g.hr) <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	1.197	4.550	1.21 <sup>b</sup>	2.37	2.59	1.58	1.75	1.86
Ethephon	1.163	1.89	4.18 <sup>a</sup>	14.39	7.92	2.72	2.53	
MCP	1.204	1.04	1.84 <sup>b</sup>	4.46	2.76	1.26	1.24	3.25
<i>F</i> -test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 9** ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 ml L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/gFW) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.5418	0.5470	0.5339	0.5565	0.5488	0.5056 <sup>a</sup>	0.4832	0.4769
Ethephon	0.5418	0.5382	0.4804	0.4235	0.3943	0.3587 <sup>b</sup>	0.3587	
MCP	0.5418	0.5450	0.5464	0.5409	0.5415	0.5237 <sup>a</sup>	0.5177	0.4928
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

**ตารางผนวกที่ 10** ค่าการร่วงไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 ml L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

การร่วงไหลประจุ (%) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	12.982	9.316 <sup>b</sup>	9.694 <sup>b</sup>	10.198 <sup>b</sup>	10.846 <sup>b</sup>	19.654 <sup>b</sup>	19.602 <sup>b</sup>	45.456
Ethephon	12.982	11.484 <sup>a</sup>	12.524 <sup>a</sup>	16.756 <sup>a</sup>	36.108 <sup>a</sup>	47.300 <sup>a</sup>	47.300 <sup>a</sup>	
MCP	12.982	9.962 <sup>b</sup>	8.630 <sup>b</sup>	11.090 <sup>b</sup>	12.346 <sup>b</sup>	13.448 <sup>b</sup>	25.608 <sup>b</sup>	38.540
<i>F</i> -test	ns	*	*	**	**	**	**	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 11** ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับ และได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 ml L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		ค่า pH ใน cell sap <sup>1/</sup>							
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)								
	0	1	3	5	7	9	11	13	
Control	4.9467	4.990	4.7933	5.1967	5.3067	5.010 <sup>b</sup>	4.830 <sup>c</sup>	5.1067 <sup>b</sup>	
Ethephon	4.9467	5.070	5.00	5.3233	5.6133	5.5333 <sup>a</sup>	5.3867 <sup>b</sup>		
MCP	4.9467	4.8433	4.6833	5.080	5.4833	5.6133 <sup>a</sup>	5.6233 <sup>a</sup>	5.7333 <sup>a</sup>	
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	

**ตารางผนวกที่ 12** กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 ml L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (U/mg protein) <sup>1/</sup>							
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)								
	0	1	3	5	7	9	11	13	
Control	1.2610	1.3253	1.3507	1.3843 <sup>b</sup>	1.4153 <sup>b</sup>	1.4043 <sup>b</sup>	1.4403 <sup>b</sup>	1.3957 <sup>b</sup>	
Ethephon	1.2610	1.4243	1.5513	2.1460 <sup>a</sup>	2.4930 <sup>a</sup>	2.5143 <sup>a</sup>	2.5690 <sup>a</sup>		
MCP	1.2610	1.3057	1.4067	1.6380 <sup>b</sup>	1.7623 <sup>b</sup>	1.8010 <sup>b</sup>	2.2863 <sup>a</sup>	2.5383 <sup>a</sup>	
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	**	**	*	**	**	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 13** กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (POD) ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทيفونความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (U/mg protein) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.40	0.5687	0.5253 <sup>ab</sup>	0.2427 <sup>b</sup>	0.2080 <sup>b</sup>	0.2710 <sup>b</sup>	0.4657 <sup>b</sup>	0.4213 <sup>b</sup>
Ethephon	0.40	0.4440	0.7653 <sup>a</sup>	1.0021 <sup>a</sup>	1.1930 <sup>a</sup>	1.2949 <sup>a</sup>	1.3190 <sup>a</sup>	
MCP	0.40	0.4300	0.3283 <sup>b</sup>	0.2207 <sup>b</sup>	0.3427 <sup>b</sup>	0.5327 <sup>b</sup>	1.0067 <sup>a</sup>	1.0267 <sup>a</sup>
<i>F</i> -test	ns	ns	*	**	*	**	**	**

**ตารางผนวกที่ 14** กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทيفون ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งเอทิลีน (1-MCP) ความเข้มข้น 500 nl L<sup>-1</sup> และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase (U/mg protein) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.4683	0.3280	0.3643	0.2347 <sup>b</sup>	0.3543 <sup>b</sup>	0.539	0.5827 <sup>b</sup>	0.7087 <sup>b</sup>
Ethephon	0.4683	0.3090	1.0003	1.3523 <sup>a</sup>	1.8550 <sup>a</sup>	5.836	1.4087 <sup>a</sup>	
MCP	0.4683	0.3580	0.3907	0.4693 <sup>b</sup>	0.4693 <sup>b</sup>	0.595	0.7353 <sup>b</sup>	1.0773 <sup>a</sup>
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	**	*	ns	**	*

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 15** ค่า L\* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> หรือสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ทรีทเมนต์	L* <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	33.465	32.194	32.021	30.804	32.567 <sup>b</sup>	33.861 <sup>b</sup>	40.462 <sup>c</sup>	33.909 <sup>b</sup>
Ethephon	31.939	30.978	31.078	31.083	39.496 <sup>a</sup>	43.296 <sup>a</sup>	50.633 <sup>a</sup>	
CHI	32.866	32.936	32.919	29.384	33.903 <sup>b</sup>	38.093 <sup>b</sup>	44.103 <sup>b</sup>	43.585 <sup>a</sup>
F-test	ns	ns	ns	ns	*	**	**	**

**ตารางผนวกที่ 16** ค่า C\* ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> หรือสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับสารละลายเอทิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ทรีทเมนต์	C* <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	58.2954	62.5420	62.3108	56.867	63.719 <sup>a</sup>	59.796 <sup>a</sup>	59.957 <sup>a</sup>	47.172
Ethephon	59.0346	62.3214	62.1704	55.954	49.770 <sup>c</sup>	37.275 <sup>c</sup>	25.430 <sup>c</sup>	
CHI	58.7134	61.4772	60.7728	60.390	57.967 <sup>b</sup>	50.349 <sup>b</sup>	38.595 <sup>b</sup>	37.248
F-test	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 17** ค่า Hue° ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับสารละลายเอทธิฟอน (ชุดควบคุม) ได้รับสารละลายเอทธิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> หรือสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM ร่วมกับสารละลายเอทธิฟอน และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ทรีทเมนต์	Hue° <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	342.98	340.727	340.173 <sup>b</sup>	340.880	340.143 <sup>b</sup>	338.74	337.40	338.73
Ethephon	343.767	344.727	343.247 <sup>a</sup>	342.093	342.498 <sup>ab</sup>	281.00	205.21	
CHI	343.340	342.567	343.693 <sup>a</sup>	346.247	343.725 <sup>a</sup>	341.58	341.94	301.43
<i>F</i> -test	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns

**ตารางผนวกที่ 18** อัตราการหายใจของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทธิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ทรีทเมนต์	อัตราการหายใจ (mgCO <sub>2</sub> /g.hr) <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.2452	0.7422	0.1727 <sup>c</sup>	0.2315 <sup>b</sup>	0.2305 <sup>b</sup>	0.1755	0.2220 <sup>b</sup>	0.3471
Ethephon	0.3129	0.2640	0.3112 <sup>a</sup>	0.3717 <sup>a</sup>	0.3811 <sup>a</sup>	1.5230	1.1302 <sup>a</sup>	
CHI	0.2469	0.2509	0.2619 <sup>b</sup>	0.2388 <sup>b</sup>	0.2797 <sup>b</sup>	0.8048	0.8196 <sup>a</sup>	0.4546
<i>F</i> -test	ns	ns	**	**	**	ns	*	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 19** อัตราการผลิตเอทิลีนของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับ และได้รับสารละลายเอทيفون ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ทรีทเมนต์	การผลิตเอทิลีน ( $\mu\text{IC}_2\text{H}_4/\text{g}\cdot\text{hr}$ ) <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	1.4793	1.3137 <sup>b</sup>	1.16	3.783 <sup>ab</sup>	3.062	1.9150 <sup>b</sup>	1.422 <sup>b</sup>	1.842 <sup>b</sup>
Ethephon	1.4256	4.4837 <sup>a</sup>	33.51	7.711 <sup>a</sup>	10.142	4.2661 <sup>a</sup>	13.259 <sup>a</sup>	
CHI	1.9094	5.6655 <sup>a</sup>	1.72	1.984 <sup>b</sup>	2.383	2.8678 <sup>ab</sup>	4.031 <sup>b</sup>	10.051 <sup>a</sup>
<i>F</i> -test	ns	**	ns	*	ns	*	*	*

**ตารางผนวกที่ 20** ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ ‘Sonia Bom#17’ ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทيفون ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

ทรีทเมนต์	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/gFW) <sup>1/</sup>							
	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.7720	0.8073	0.8210	0.8347	0.8130 <sup>a</sup>	0.8167 <sup>a</sup>	0.8070 <sup>a</sup>	0.8323
Ethephon	0.7720	0.8953	0.8867	0.8100	0.6420 <sup>b</sup>	0.5880 <sup>b</sup>	0.3750 <sup>b</sup>	
CHI	0.7720	0.8787	0.9107	0.9137	0.8700 <sup>a</sup>	0.8167 <sup>a</sup>	0.8150 <sup>a</sup>	0.8523
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	*	*	**	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางผนวกที่ 21** ค่าการร่วงไหลของประจุในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		การร่วงไหลประจุ (%) <sup>1/</sup>							
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)								
	0	1	3	5	7	9	11	13	
Control	7.442	6.412 <sup>b</sup>	6.014 <sup>c</sup>	9.206 <sup>b</sup>	8.324 <sup>c</sup>	8.458 <sup>c</sup>	9.632 <sup>c</sup>	8.030 <sup>b</sup>	
Ethephon	7.442	6.950 <sup>b</sup>	10.214 <sup>b</sup>	14.892 <sup>a</sup>	39.118 <sup>a</sup>	39.796 <sup>a</sup>	70.266 <sup>a</sup>		
CHI	7.442	10.218 <sup>a</sup>	15.646 <sup>a</sup>	18.684 <sup>a</sup>	25.474 <sup>b</sup>	21.530 <sup>b</sup>	38.814 <sup>b</sup>	37.518 <sup>a</sup>	
<i>F</i> -test	ns	**	**	**	**	**	**	**	

**ตารางผนวกที่ 22** ค่า pH ใน cell sap ของกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

		ค่า pH ใน cell sap <sup>1/</sup>							
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)								
	0	1	3	5	7	9	11	13	
Control	4.8367	4.6533	4.790	4.9967	4.8200 <sup>b</sup>	4.5500	4.700 <sup>a</sup>	4.6567	
Ethephon	4.8367	4.8733	4.8933	5.2333	5.2400 <sup>a</sup>	4.5167	4.2533 <sup>b</sup>		
CHI	4.8367	4.800	4.800	4.8800	4.8233 <sup>b</sup>	4.4233	4.3767 <sup>b</sup>	4.3967	
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	ns	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 23 กิจกรรมเอนไซม์ PPO ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (U/mg protein) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	1.1143	1.1783	1.1193	1.4723	1.2187	1.0740 <sup>b</sup>	1.0627 <sup>c</sup>	1.1670 <sup>b</sup>
Ethephon	1.1143	1.5113	1.3523	2.0803	2.4643	2.5340 <sup>a</sup>	3.9793 <sup>a</sup>	
CHI	1.1143	1.3840	1.0870	1.3860	1.4643	1.6033 <sup>b</sup>	2.3280 <sup>b</sup>	2.4627 <sup>a</sup>
<i>F</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**

ตารางผนวกที่ 24 กิจกรรมเอนไซม์ POD ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (U/mg protein) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	2.5387	1.8183 <sup>a</sup>	0.3197 <sup>c</sup>	0.7413 <sup>b</sup>	2.0460 <sup>c</sup>	1.367 <sup>b</sup>	2.6123 <sup>b</sup>	1.5373 <sup>b</sup>
Ethephon	2.5387	0.8857 <sup>b</sup>	3.6113 <sup>a</sup>	2.9917 <sup>a</sup>	6.5623 <sup>a</sup>	9.868 <sup>a</sup>	7.6437 <sup>a</sup>	
CHI	2.5387	0.7593 <sup>b</sup>	1.7697 <sup>b</sup>	2.2730 <sup>ab</sup>	3.2807 <sup>b</sup>	3.704 <sup>b</sup>	3.1277 <sup>b</sup>	4.1933 <sup>a</sup>
<i>F</i> -test	ns	**	**	*	**	**	**	**

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 25 กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase ในกลีบดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ 'Sonia Bom#17' ที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายเอทيفون ความเข้มข้น 30 mg L<sup>-1</sup> ร่วมกับสารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน (CHI) ความเข้มข้น 1 mM และปักแจกันเป็นเวลา 14 วัน

กิจกรรมเอนไซม์ anthocyanase (U/mg protein) <sup>1/</sup>								
ทรีทเมนต์	ระยะเวลา (วัน)							
	0	1	3	5	7	9	11	13
Control	0.4167	0.2540	0.3967 <sup>b</sup>	0.4027 <sup>b</sup>	0.4480 <sup>b</sup>	0.7477 <sup>b</sup>	0.6277 <sup>b</sup>	0.7087
Ethephon	0.4167	0.2993	0.9257 <sup>a</sup>	1.3880 <sup>a</sup>	2.4013 <sup>ab</sup>	6.2320 <sup>a</sup>	1.2383 <sup>ab</sup>	
CHI	0.4167	0.2773	1.2267 <sup>a</sup>	1.2457 <sup>a</sup>	1.6030 <sup>a</sup>	2.1083 <sup>b</sup>	1.7830 <sup>a</sup>	1.6037
<i>F</i> -test	ns	ns	*	*	*	*	*	ns

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

\*\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

<sup>1/</sup> ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นางสาววิมลรัฐ ศักดิ์สิงห์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 30 พฤษภาคม 2526
สถานที่เกิด	อุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

