



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน	พืชสวน
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง ผลของเอทิลีนต่อการสะท้อนหนาวในกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	
Effect of Ethylene on Chilling Injury in 'Hom Thong' and 'Namwa' Bananas during Storage at Low Temperature	
นามผู้วิจัย นายกิตติ ไสยวรรณ	
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	(อาจารย์ยวีร์ธรรมา อิ่มสบาย, วท.ด.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ศาสตราจารย์จรัสแท้ ศิริพานิช, Ph.D.)
หัวหน้าภาควิชา	(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีรกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของเอทิลีนต่อการสะท้อนหนาวในกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า
ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effect of Ethylene on Chilling Injury in 'Hom Thong' and 'Namwa' Bananas during
Storage at Low Temperature

โดย

นายกิตติ ไสยวรรณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติ ไสยวรรณ 2555: ผลของเอทิลีนต่อการสะท้อนหวานในกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์วชิรญา อิมสบาย, วท.ด. 138 หน้า

การศึกษาผลของเอทิลีนต่อการสะท้อนหวานในกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า โดยแช่หรือไม่แช่กล้วยทั้งสองพันธุ์ในสารละลายเอทิลีนความเข้มข้น 500 mg/L นาน 3 นาที และรวมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 n/L นาน 18 ชั่วโมง ก่อนนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 8 วัน ในผลกล้วยหอมทอง และ 12 วัน ในผลกล้วยน้ำว้า แล้วย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25°C ทุก 4 วัน และตรวจวัดคุณภาพผลกล้วยทุก 2 วัน หลังย้ายผลมาวางที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP เกิดอาการสะท้อนหวานมากกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ผลกล้วยที่แช่สารละลายเอทิลีนเกิดอาการสะท้อนหวานน้อยที่สุดทั้งในระหว่างเก็บรักษาและเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C ผลกล้วยทุกทรีพเมนต์มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (SS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (TS) ปริมาณแป้งทั้งหมด ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อย้ายผลกล้วยมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าที่แช่สารละลายเอทิลีนมีปริมาณ SS TA TS อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อลดลงมากกว่าชุดควบคุมและชุดที่รมด้วยสาร 1-MCP กล้วยทั้งสองพันธุ์ที่แช่สารละลายเอทิลีนก่อนการเก็บรักษา เมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เกิดกระบวนการสุกได้ตามปกติ สำหรับการแสดงออกของยีน *MA-ACS* *MA-ACO* และ *MA-beta amylase* พบว่าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C ผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ที่แช่เอทิลีนมีการแสดงออกของยีนทั้งสามยีน มากกว่าชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยสาร 1-MCP อาจสรุปได้ว่าการให้เอทิลีน (เอทิลีน) กับผลกล้วยก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดการสะท้อนหวาน และผลกล้วยทั้งสองพันธุ์เกิดกระบวนการสุกได้ตามปกติ หลังการเก็บรักษา

Kitti Saiyawan 2012: Effect of Ethylene on Chilling Injury in 'Hom Thong' and 'Namwa' Bananas during Storage at Low Temperature. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Miss Wachiraya Imsabai, Ph.D. 138 pages.

The effect of ethylene on chilling injury (CI) in 'Hom Thong' and 'Namwa' banana fruits was studied. Banana fruits were treated or not treated or with 500 mg/L of ethephon and fumigated with 500 nL/L 1-methylcyclopropene (1-MCP) before storage at 4°C for 8 to 12 days in 'Hom Thong' and 'Namwa' bananas respectively. Every 4 days during storage, fruits were transferred to 25°C and then evaluated for qualities every 2 days. The result showed that banana fruit fumigated with 1-MCP showed more severe of CI symptoms than those fruit treated with ethephon or the control after transferred to 25°C. Total soluble solids (SS), titratable acidity (TA), total sugar (TS), total starch, peel and pulp firmness, ethylene production, and respiration rate of all treatments did not change during storage at 4°C. After transferred to 25°C, it was found that fruits treated with ethephon had increase in SS, TA and TS contents, respiration rate and ethylene production. In contrast, peel and pulp firmness of fruits treated with ethephon decreased and lower than the control or fruit fumigated with 1-MCP. Both 'Hom Thong' and 'Namwa' bananas treated with ethephon ripened normally after transferred to 25°C. Bananas treated with ethephon had more abundance of *MA-ACS*, *MA-ACO* and *MA-beta amylase* mRNA than those fruit treated with 1-MCP or the control. In conclusion, banana fruits pre-treated with ethephon (ethylene) before storage at low temperature may reduce CI symptoms in both bananas and banana fruits ripen normally after storage.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. วชิรญา อิมสบาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ศาสตราจารย์ ดร. จริงแท้ ศิริพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คุณไพลิน นงค์คำ คุณวิชุดา สมส่วน และคุณเพชรรัตน์ เนตรลักษณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจ และให้คำแนะนำในการปฏิบัติการทดลอง และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือในการปฏิบัติงานด้วยดีเสมอ และศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม และภาควิชาฟิสิกส์ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชายของข้าพเจ้าที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

กิตติ ไสยวรรณ

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการทดลอง	25
วิจารณ์	104
สรุป	113
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	114
ภาคผนวก	120
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	138

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1 แสดงไฟรเมอร์ที่ใช้ในปฏิกิริยาถูกใช้โพลีเมอเรส

24



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระดับอาการสะท้อนหนาวของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	26
2	ระดับอาการสะท้อนหนาวของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	27
3	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	29
4	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	30
5	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	31
6	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	32
7	ความแน่นเนื้อของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	34
8	ความแน่นเนื้อของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	35
9	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	37
10	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	38
11	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	39
12	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	40
13	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	42
15	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	44
16	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	45
17	ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	47
18	ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	48
19	อัตราการหายใจของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และดูการแสดง peak ของการหายใจ	50
20	การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	51
21	อัตราการหายใจของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	52
22	การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	53
23	ระดับอาการสัะทำนหนาวของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	55
24	ระดับอาการสัะทำนหนาวของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	58
26	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	59
27	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	60
28	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	61
29	ความแน่นเนื้อของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	63
30	ความแน่นเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	64
31	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	66
32	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	67
33	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	69
35	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	70
36	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	71
37	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	72
38	การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	73
39	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	75
40	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	76
41	ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	78
42	ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	อัตราการหายใจของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	82
44	การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	83
45	อัตราการหายใจของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	84
46	การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	85
47	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	87
48	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	87
49	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	88
50	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	88
51	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	90
52	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	90
53	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	91
54	การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	91

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
55 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	93
56 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	93
57 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	94
58 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	94
59 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	96
60 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	96
61 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	97
62 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	97
63 การแสดงออกของยีน MA-beta amylase ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	99
64 การแสดงออกของยีน MA-beta amylase ในเปลือกกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	99
65 การแสดงออกของยีน MA-beta amylase ในเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	100
66 การแสดงออกของยีน MA-beta amylase ในเนื้อกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
67	การแสดงออกของยีน <i>MA-beta amylase</i> ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	102
68	การแสดงออกของยีน <i>MA-beta amylase</i> ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	102
69	การแสดงออกของยีน <i>MA-beta amylase</i> ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	103
70	การแสดงออกของยีน <i>MA-beta amylase</i> ในเนื้อกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	103
ภาพผนวกที่		
1	ระดับอาการสัะผ่านหนาวในผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า	121
2	ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	122
3	ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	123
4	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	124
5	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	125
6	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	126
7	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	127
8	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	128

สารบัญภาพ (ต่อ)

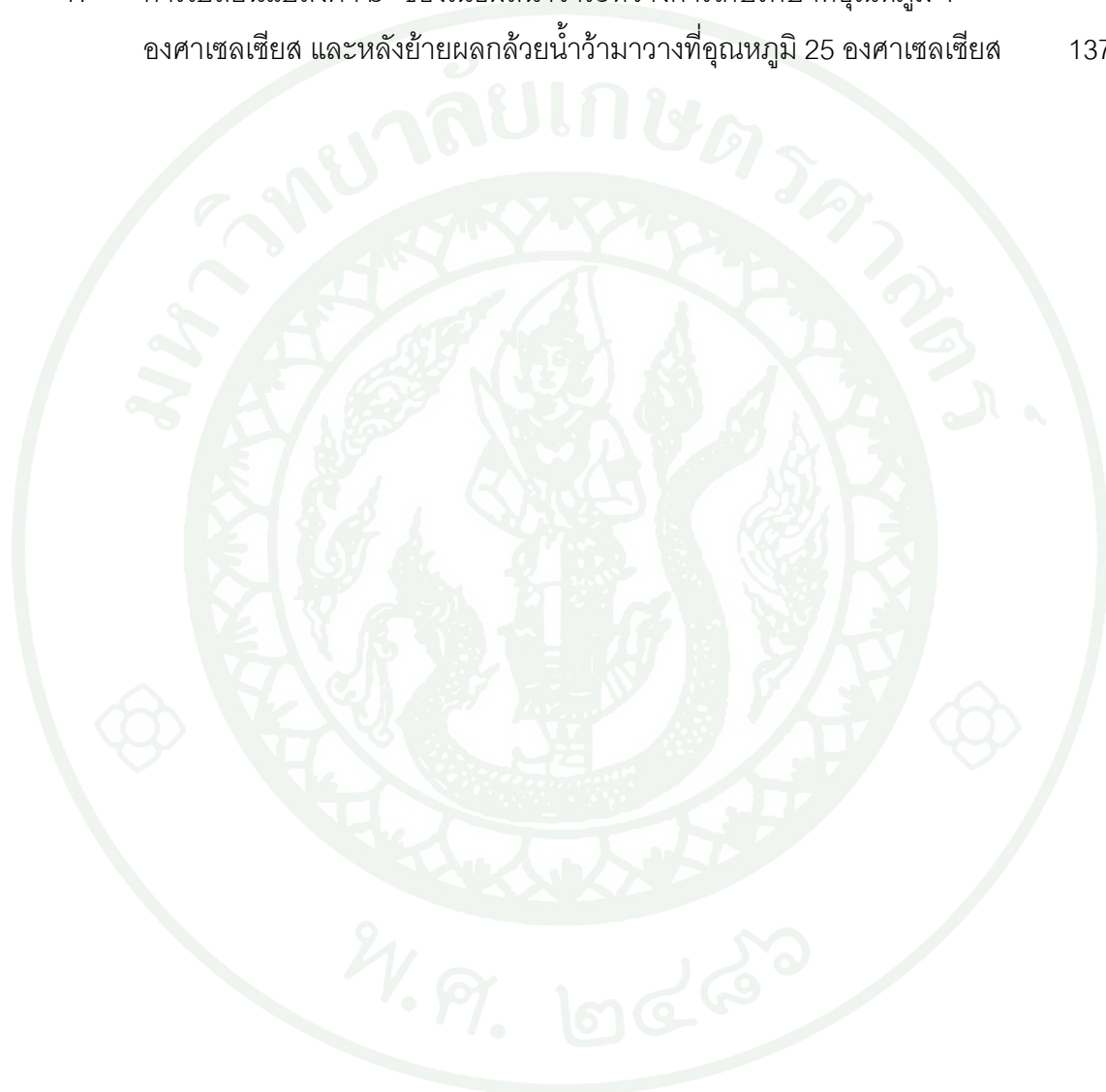
ภาพผนวกที่	หน้า
9 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	129
10 ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	130
11 ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	131
12 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	132
13 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	133
14 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	134
15 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	135
16 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	136

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- | | | |
|----|---|-----|
| 17 | การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลไม้ระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส | 137 |
|----|---|-----|



ผลของเอทิลีนต่อการสะท้อนหนาวในกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effect of Ethylene on Chilling Injury in 'Hom Thong' and 'Namwa' Bananas during Storage at Low Temperature

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย น้ำตาลซูโครส ฟรุคโตส และ กลูโคส ดังนั้นกล้วยจึงเป็นแหล่งพลังงานที่ร่างกายสามารถนำมาใช้ได้ทันที (เบญจมาศ, 2545) นอกจากนี้กล้วยยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยในปี พ.ศ.2553 มีมูลค่าการส่งออก ประมาณ 209 ล้านบาท และมีผลผลิตรวมประมาณ 22,364 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2553) ซึ่งโดยส่วนใหญ่ส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น รองลงมาคือฮ่องกง สำหรับกล้วยน้ำว้าผลสุกสามารถใช้ในการรับประทาน และยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่สามารถส่งขายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ หากมีการปรับปรุงคุณภาพให้ดีกว่าเดิม และมีการเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จะสามารถทำรายได้ให้ประเทศมากขึ้น (เบญจมาศ, 2545)

ดังนั้นหากต้องการที่จะยืดอายุการเก็บรักษาผลกล้วยให้ได้นานขึ้นเพื่อส่งเสริมการส่งออก การนำอุณหภูมิต่ำมาใช้ในการเก็บรักษาผลกล้วยจึงเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถลดกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นให้ช้าลง ขณะเดียวกันก็ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลผลิตด้วย ถึงแม้ว่าอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม่ได้ดีแต่มีข้อจำกัดที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมระดับหนึ่งเท่านั้น เพราะหากเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำเกินไป แม้ว่าจะเหนือจุดเยือกแข็งก็อาจสามารถทำให้ผลไม่เกิดความเสียหาย หรือเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่าการสะท้อนหนาว (chilling injury) โดยการสะท้อนหนาวนี้มักเกิดขึ้นกับพืชเขตร้อนทุกชนิดหลายชนิดในเขตกึ่งร้อน และบางชนิดในเขตหนาว ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับพืชเขตร้อนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส และเกิดในพืชเขตร้อนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0-2 องศาเซลเซียส (จริงแท้, 2546) ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความทนทานต่อการสะท้อนหนาวแตกต่างกันตาม ชนิดพืช พันธุ์ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา (จริงแท้, 2549) สำหรับลักษณะอาการสะท้อนหนาวในผลกล้วยคือ ผิวเปลือกมีสีดำนวล ผิวผลเกิดการยุบตัว เกิดอาการแข็งตัวบริเวณ

placenta สูญเสียกลิ่น ไม่มีน้ำยาง เกิดเส้นสีน้ำตาลบริเวณชั้นใต้ผิวเปลือกมีอาการจ้ำน้ำ อ่อนแอ ต่อการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ และมีกระบวนการสุกที่ผิดปกติไป (Nguyen et al., 2003) โดย ความรุนแรงของอาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำลง และระยะเวลานานขึ้น (Jiang et al., 2004) และความรุนแรงต่ออาการสะท้อนหนาวยังขึ้นอยู่กับพันธุ์กล้วย โดยผลกล้วยหอมทองมีความรุนแรงต่ออาการสะท้อนหนาวมากกว่าผลกล้วยน้ำว้าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Promyou et al., 2008)

การชะลออาการสะท้อนหนาวมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การลดอุณหภูมิลงอย่างช้า ๆ การใช้ อุณหภูมิสลับ การควบคุมสภาพบรรยากาศ (จริงแท้, 2546) การแช่น้ำร้อน (Promyou et al., 2008) การให้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของตัวรับเอทิลีน ก่อนการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดอาการสะท้อนหนาวในพืชหลายชนิด เช่น แอปเปิล เมลอน สับปะรด (Selvarajah et al., 2001) พริกชี้หนู (กฤษณา, 2550) และพลัม (Candan et al., 2007) แต่การให้ 1-MCP ไม่สามารถลดอาการสะท้อนหนาวในผลกล้วยได้ (Jiang et al., 2004) ตรงกันข้ามเมื่อผลกล้วยที่ได้รับเอทิลีน ซึ่งมีบทบาทในกระบวนการสุกของผลไม้ทำให้มีกระบวนการ ต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น ทำให้มีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น โดยเมื่อผลกล้วยได้รับเอ ทิลีนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดอาการสะท้อนหนาว และทำให้ความแน่นเนื้อลดลง (Wang, 2006) นอกจากนี้การให้เอทิลีนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยังสามารถลดอาการ สะท้อนหนาวในผลพลัม (Zhou et al., 2001) และมะม่วง (Nair et al., 2003) ดังนั้นเอทิลีนอาจจะ มีผลต่ออาการสะท้อนหนาวในผลไม้บางชนิด

สมมติฐาน

คาดว่าเอทิลีนมีผลกระตุ้นให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการสุก แล้วทำให้ผลกล้วยมีความ ทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้น และในผลกล้วยหอมทองที่อ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาว มากกว่าผลกล้วยน้ำว้า อาจเป็นเพราะกล้วยหอมทองมีการสังเคราะห์เอทิลีนได้น้อยหรือช้ากว่า ทำ ให้มีกระบวนการสุกน้อยกว่า ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดอาการสะท้อนหนาวมากกว่ากล้วยน้ำว้า

วัตถุประสงค์

เพื่ออธิบายผลของเอทิลีนต่อการสะท้อนหวาในกล้วยหอมทอง และกลั่นนำว่าเมื่อเก็บ
รักษาที่อุณหภูมิต่ำ



ตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กล้วยอยู่ใน วงศ์ Musaceae ในลำดับ Scitamineae จัดเป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดตั้งแต่ 2-3 นิ้วจนถึงขนาดใหญ่ ต้องการอากาศร้อนชื้นและกึ่งร้อนในการเจริญเติบโต ประเทศไทยถือเป็นถิ่นกำเนิด และกระจายพันธุ์ของกล้วยที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ในประเทศไทยมีการปลูกกล้วยพันธุ์ต่าง ๆ มากกว่า 50 ชนิด ซึ่งใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ กัน พันธุ์กล้วยที่นิยมปลูกเป็นการค้า ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า การผลิตกล้วยในประเทศไทยจะจัดกระจายตามแหล่งต่าง ๆ เช่น แถบภาคกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดปทุมธานี กรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง โดยมากจะปลูกกล้วยหอมทอง เพื่อเป็นการค้า และส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศเช่น ญี่ปุ่น ฮองกง สิงคโปร์ และยุโรป โดยกล้วยหอมทองมักให้ผลผลิตประมาณ 4-6 หวีต่อเครือ เครือละ 12-16 ผลต่อหวี เนื้อมีลักษณะละเอียด สีส้มอ่อน กลิ่นหอม รสหวาน และมีเปลือกบาง ส่วนกล้วยน้ำว้า มักให้ผลผลิตประมาณ 7-10 หวีต่อเครือ เครือละ 10-16 ผลต่อหวี มีเนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางมีสีเหลือง ชมพู หรือขาว (เบญจมาศ, 2545)

กล้วยน้ำว้าจะเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุประมาณ 60-70 วันหลังตัดปลี และนิยมทิ้งให้สุกตามธรรมชาติ ส่วนกล้วยหอมทองจะมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวประมาณ 100-110 วัน นิยมเก็บเกี่ยวเมื่อเหลื่อมผลลบ แต่เปลือกยังมีสีเขียว สำหรับตลาดต่างประเทศจะเก็บเกี่ยวก่อนระยะนี้ 7-10 วัน (ดวงพร, 2536) การใช้อุณหภูมิต่ำภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้นานขึ้น แต่การเก็บรักษาผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ากล้วยเกิดอาการสะท้อนขาวในวันที่ 2 และวันที่ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตามลำดับ (Promyou et al., 2008)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการเก็บรักษาที่มีประสิทธิภาพ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Isenberg, 1979) เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเพราะอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลิตผล เช่น เรงการหายใจ การคายน้ำ การสร้างเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่น ๆ ภายในผลิตผลให้เกิดขึ้นได้

เร็วทำให้ผลผลิตเสียหายได้ง่าย ดังนั้นการเก็บรักษาจึงจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิต่ำ แต่ต้องไม่ต่ำเกินไปซึ่งผลผลิตแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแตกต่างกัน ดังนั้นหากเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้ และอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งทำให้น้ำในเซลล์แข็งตัว ผลึกของน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ฉีกขาดทำให้เซลล์ตาย (จริงแท้, 2546) ในการเก็บรักษาผลกล้วยที่อุณหภูมิ 13-14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % สามารถเก็บไว้ได้นาน 4 สัปดาห์ (จริงแท้ และธีรนต์, 2549) การใช้อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 5-8 % และออกซิเจน 2-3 % สามารถเก็บรักษากล้วยหอมคาเวนดิชได้นาน 2-4 สัปดาห์ (เบญจมาศ, 2545) สำหรับกล้วยไข่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95 % สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ แต่หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศ และให้สาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเป็น 7 สัปดาห์ (Ketsa, 2009)

อาการสะท้อนหนาว

อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ เช่นกระบวนการหายใจ การผลิตเอทิลีน กระบวนการสุก และสามารถยืดระยะเวลาการวางจำหน่ายผลผลิต แต่ในผลไม้เขตร้อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม (12-15 องศาเซลเซียส) ทำให้ผลผลิตเกิดอาการสะท้อนหนาว ซึ่งเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาเนื่องจากการเก็บรักษาผลผลิตในอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน มีลักษณะอาการ คือ ผิวของผลผลิตอาจเกิดแผลสีน้ำตาลหรือดำ และอาจมีรอยบุ๋มลงไปด้วย เนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป ผลอาจจะไม่สุกและไม่แสดงอาการอื่น ๆ ให้เห็นเนื้อภายในอาจตาย และเกิดเป็นรอยแผลสีน้ำตาลขึ้น อาจมีการสะสมแอลกอฮอล์ และอะเซตัลดีไฮด์ขึ้นภายในเนื้อ ทำให้รสชาติของผลผลิตผิดปกติไป ดังนั้นจึงควรระวังเรื่องของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผลผลิตให้เหมาะสม (จริงแท้, 2546) โดยลักษณะอาการสะท้อนหนาวในผลไม้เขตร้อนและเขตกึ่งร้อนมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะได้แก่ อาการบวมที่ผิวผล (มะเขือยาว) อาการแผลคล้ายโดนน้ำร้อนลวก (สับปะรด และส้ม) อาการสะท้อนหนาวที่เกิดภายในผลผลิต อาการไส้สีน้ำตาล (สับปะรด) และ ท่อลำเลียงถูกทำลาย (อโวคาโด) (Wang, 1990)

การศึกษาอาการสะท้อนหนาวในมะม่วงรับประทานผลสุก 8 พันธุ์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 9 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าในผลมะม่วงเกิดอาการสะท้อนหนาว คืออาการรอย

บ่มที่เปลือก เกิดจุดสีขาวกระจายอยู่ด้านใต้เปลือก และเนื้อติด endocarp เป็นสีน้ำตาล โดยพันธุ์ทองดำ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทอง มีความอ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาว พันธุ์โชคอนันต์ หนึ่งกลางวัน แรด และอกร่องทอง เกิดอาการปานกลาง ส่วนพันธุ์หงสาวดีมีความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาวได้ดีที่สุด เมื่อนำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง โชคอนันต์ และหงสาวดี มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14-28 วัน พบว่าน้ำดอกไม้สีทอง และโชคอนันต์ เกิดอาการสะท้านหนาวที่เปลือกสูงกว่าหงสาวดี นอกจากนี้ น้ำดอกไม้สีทองเกิดอาการที่เนื้อติด endocarp ร่วมด้วย ส่วนที่ 13 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาวเฉพาะที่เนื้อบริเวณติด endocarp ของน้ำดอกไม้สีทองเท่านั้น หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อนำผลสุกมาไว้ที่อุณหภูมิปกติ พบว่าผลมะม่วงทั้งสามพันธุ์เกิดอาการสะท้านหนาวเพิ่มมากขึ้น (สุทิน, 2548)

การลดอุณหภูมิยังช่วยคงคุณภาพผลพริกได้ แต่ถ้าเก็บรักษาพริกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดอาการผิวผลยุบตัวลงเป็นแห่งๆ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล รวมทั้งเมล็ดจะเป็นสีน้ำตาลด้วย และแสดงอาการชัดเจนมากขึ้นหลังการเก็บรักษา หากเก็บผลพริกที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เมล็ดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลใน 7 วัน โดยที่ยังไม่มีอาการบวมที่ผิวผล ดังนั้นอาการเกิดสีน้ำตาลที่เมล็ดอาจเป็นข้อบ่งชี้ถึงอาการสะท้านหนาวได้ดีกว่าอาการภายนอก (กฤษณา, 2550) การเก็บรักษาพริก 3 ชนิด ได้แก่ พริกหยวก พริกชี้ฟ้า และพริกขี้หนูที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์) และอุณหภูมิห้อง นาน 16 วัน พบว่าพริกทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งพริกทั้ง 3 ชนิดมีอาการสะท้านหนาวแตกต่างกัน เช่นพริกหยวกเกิดอาการฉ่ำน้ำที่ผิวผล และเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ขณะที่พริกชี้ฟ้าเกิดอาการบวมที่ผิวผล และพริกขี้หนูเกิดอาการเมล็ดสีน้ำตาลเท่านั้น สำหรับความไวของการเกิดอาการสะท้านหนาวของพริกขึ้นอยู่กับอายุของผลพริก โดยผลพริกระยะเริ่มเปลี่ยนสี และระยะสีแดงไม่แสดงอาการสะท้านหนาวขณะที่ผลระยะสีเขียวอายุ 15 วันหลังดอกบานเกิดอาการสะท้านหนาวได้ง่าย และรุนแรงกว่าอายุอื่น ๆ (กฤษณา, 2550)

ผลกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวซึ่งลักษณะอาการ คือ มีผิวเปลือกมีสีดำคล้ำ ผิวผลเกิดการยุบตัว เกิดอาการแข็งตัวบริเวณ placenta ศูนย์เสียกลิ่น ไม่มีน้ำยาง เกิดเส้นสีน้ำตาลบริเวณชั้นใต้ผิว เปลือกมีอาการฉ่ำน้ำ อ่อนแอต่อการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ (Nguyen et al., 2003) และอาการสะท้านหนาวมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นหากลดอุณหภูมิที่เก็บรักษาให้ต่ำลง และระยะเวลาเพิ่มขึ้น (Jiang et al., 2004) นอกจากนี้ยังพบว่าผลกล้วยเกิดกระบวนการสุก และการอ่อนนุ่มที่ผิดปกติไป ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับการหยุดการ

ทำงานของเอทิลีน ซึ่งส่งผลให้กระบวนการสุกของผลกล้วยผิดปกติ (Wang et al., 2006) ในการศึกษาในผลกล้วยไข่ และกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 6 และ 10 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เกิดการสะท้อนหวาน พบว่าในบริเวณเปลือกของกล้วยไข่มีปริมาณสารฟีนอลิก น้อยกว่าในกล้วยหอมทองประมาณ 3 เท่า มีกิจกรรมของเอนไซม์ของ polyphenol oxidase (PPO) และ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) มากกว่าในกล้วยหอมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้กล้วยหอมมีระดับอาการสะท้อนหวานสูงกว่าในกล้วยไข่ (Nguyen et al., 2003)

การเกิดเปลือกสีน้ำตาลที่ผิวผลกล้วย

เมื่อเซลล์พืชได้รับความเสียหายจากบาดแผล สภาพอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ทำให้เซลล์เกิดการฉีกขาดเสียหายส่งผลให้เอนไซม์ PPO ในไซโตพลาซึมสามารถสัมผัสและเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สะสมอยู่ในแวคิวโอลทำให้เกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2549) สำหรับผลกล้วยที่อ่อนแอต่อสภาพอุณหภูมิต่ำ หรือการสะท้อนหวาน จะแสดงอาการผลเกิดการยุบตัวและผิวเปลือกมีสีดำ ซึ่งอาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเปลือกของกล้วยหอมทองเพิ่มสูงขึ้น แต่ในผลกล้วยน้ำว้าซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อการสะท้อนหวานกลับไม่พบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และในการทดลองนำผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีระดับอาการสะท้อนหวาน และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าชุดควบคุม (แช่ในน้ำอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) (Promyou et al., 2008) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลต้องอาศัยเอนไซม์ PAL เพื่อควบคุมปริมาณการสังเคราะห์ ในหลายกรณีพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลของพืชในสภาพความเครียดต่าง ๆ เช่น เมื่อเก็บรักษาผลกล้วยไข่ที่อุณหภูมิต่ำ กล้วยจะแสดงอาการสะท้อนหวาน ผิวมีสีน้ำตาล ในขณะเดียวกันก็พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2549) เมื่อนำผลกล้วยหอมพันธุ์วิลเลียม ที่ได้รับ โพรไฟลีน 1000 $\mu\text{I/l}$ (ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีลักษณะคล้ายเอทิลีน) ก่อนการเก็บรักษา สามารถลดอาการสะท้อนหวานได้ระหว่างการเก็บรักษาผลกล้วยที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน โดยในเปลือกของผลกล้วยที่ได้รับโพรไฟลีนก่อนการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงกว่าในชุดควบคุม ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับที่ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส (Wang et al., 2006) สำหรับผลกล้วยหอมทอง และกล้วยไข่ที่

เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าการพัฒนาอาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับสารประกอบฟีนอลิก ที่มีปริมาณลดลง ขณะที่เอนไซม์ PAL และ PPO มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น โดยผลกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้อนหนาวได้เร็วกว่าที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (Nguyen et al., 2003)

การชะลออาการสะท้อนหนาว

การชะลออาการสะท้อนหนาวในพืชขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาที่การลดอุณหภูมิลงอย่างช้า ๆ เพื่อให้พืชมีเวลาเพื่อปรับตัวต่ออุณหภูมิต่ำ หรือการใช้อุณหภูมิต่ำระหว่างเก็บรักษา การใช้สารเคลือบผิว และการควบคุมสภาพบรรยากาศ (จริงแท้, 2546) เช่น การใช้สภาพดัดแปลงบรรยากาศกับผลกล้วยไ้ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณออกซิเจน 12% และคาร์บอนไดออกไซด์ 4% พบว่าการควบคุมสภาพบรรยากาศทำให้เกิดอาการสะท้อนหนาวน้อยกว่าชุดควบคุม ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ PAL ในเปลือก ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดเปลือกสีดำสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับระดับอาการสะท้อนหนาวระหว่างเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ หลังจากย้ายผลกล้วยจากอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส มาวางที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน ในวันที่ 12 และ 18 พบว่าผลกล้วยไ้สามารถเกิดกระบวนการสุก โดยผลกล้วยไ้จะมีความแน่นเนื้อลดลง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น (Nguyen et al., 2003)

การใช้ความร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้อนหนาวในผลไม้หลายชนิด และสามารถใช้ได้ผลกับกล้วย เช่น การนำผลกล้วยแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสนาน 9 วัน สามารถชะลออาการสะท้อนหนาวของผลกล้วยหอมได้ในระยะสั้น ๆ (สุทัศน์, 2547) การทดลองในผลกล้วยหอมทอง โดยการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสสามารถชะลออาการเปลือกสีดำได้ประมาณ 4 วัน ในกล้วยหอมทอง และ 2 วันในกล้วยน้ำว้า ซึ่งการชะลออาการสะท้อนหนาวได้ในผลกล้วยไ้มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนระหว่างไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว (Promyou et al., 2008) นอกจากนี้การให้ความร้อนก่อนเก็บรักษากับผลกล้วยไ้ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยให้ผลกล้วยพันธุ์บราซิลได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส 3 วันก่อนการเก็บรักษาสามารถลดการสะท้อนหนาว แต่เมื่อใช้ความร้อนร่วมกับการใช้ 2-aminoindan-2-phosphonic acid (AIP) ที่เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PAL

ส่งผลให้ผลกล้วยมีระดับอาการสะท้อนหนาว ปริมาณการรั่วไหลของประจุ และการเกิดอนุมูลอิสระมากกว่าการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว โดยการให้ความร้อนทำให้มีการสะสมของปริมาณสารฟีนอลิก กิจกรรมของเอนไซม์ PAL และการสะสมของยีน *MaPAL1* *MaPAL2* มากกว่าในทรีทเมนต์ชุดควบคุม และ ได้รับสาร AIP ร่วมกับการให้ความร้อนระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Chen et al., 2008)

การให้ n-propyl dihydrojasmonate (PDJ) ซึ่งเป็นอนุพันธ์หนึ่งของ jasmonic acid ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ และ abscisic acid กับผลกล้วยโดยวิธีการฉีดพ่น ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถช่วยลดอาการสะท้อนหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าผลกล้วยมีปริมาณก๊าซเอทิลีน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ abscisic acid เพิ่มขึ้น และมีกระบวนการสุกเกิดขึ้น (Chaiprasart et al., 2002) ในผลโลควัท การให้ methyl-jasmonate ทำให้ผลโลควัท มีการสะสมสารลิกนิน และชะลอการสะท้อนหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Cao et al., 2010)

ผลของ 1-methylcyclopropene (1-MCP) ต่ออาการสะท้อนหนาว

การใช้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งเป็นสารที่ใช้ยับยั้งการทำงานของตัวรับเอทิลีน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้อนหนาวในพืชหลายชนิด เช่น แอปเปิล เมล่อน และสับปะรด พบว่าการรม 1-MCP ความเข้มข้น 0.1 µl/L นาน 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สามารถชะลออาการไส้สีน้ำตาลได้ในผลสับปะรด นอกจากนี้สาร 1-MCP สามารถชะลอการลดลงของกรดแอสคอบิก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่กลับมีการผลิตเอทิลีนมากกว่าสับปะรดที่ไม่รมสาร 1-MCP อาจเป็นไปได้ว่าสาร 1-MCP ไปกระตุ้นให้สับปะรดมีการผลิตเอทิลีนในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Selvarajah et al., 2001) ในทางตรงกันข้ามผลพริกขี้หนูที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 5 และ 10 µl/L ก่อนการเก็บรักษาไม่สามารถลดอาการสะท้อนหนาวได้ (กฤษณา, 2550)

จากการศึกษาการทำงานของเอทิลีนในผลพลัม 2 ชนิด คือ ผลพลัมพันธุ์ Larry Ann จัดอยู่ในกลุ่ม climacteric และ ผลพลัมพันธุ์ Angeleno ซึ่งเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric พบว่า

พันธุ์ Angeleno ไม่พบอาการสะท้อนหนาวระหว่างการเก็บรักษา ส่วนในพันธุ์ Larry Ann พบอาการสะท้อนหนาวหลังจากเก็บรักษา 30 วัน แต่เมื่อรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 400 nl/L สามารถชะลออาการสะท้อนหนาวได้ จึงทำการทดลองต่อในพันธุ์ Angeleno โดยรม 1-MCP และให้เอทิลีน โดยเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้นจาก 60 วัน เป็น 70 วัน หลังจากเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ผลพลับพันธุ์ Angeleno ที่ให้เอทิลีนจะมีระดับอาการสะท้อนหนาวสูงที่สุด ทั้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และที่ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเกิดจากผลพลับทั้งสองพันธุ์ไม่ต้องการเอทิลีนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในการลดอาการสะท้อนหนาว (Candan et al., 2007)

ในผลกล้วยพันธุ์วิลเลียม ที่ไม่ได้รับ 1-MCP และได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 µl/L ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ได้แก่ 3, 8 และ 13 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 3 และ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผลกล้วยมีอาการสะท้อนหนาวเกิดขึ้นนั้น ผลกล้วยที่ได้รับสาร 1-MCP มีดัชนีอาการสะท้อนหนาว และค่าการรั่วไหลของประจุสูงมากกว่าที่ไม่ได้รับ 1-MCP ในขณะที่ผลกล้วยที่เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ไม่พบอาการสะท้อนหนาว และมีค่าการรั่วไหลของประจุค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากอาการสะท้อนหนาวจะเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลกล้วยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส และ 1-MCP ไปลดปริมาณตัวรับเอทิลีนของผลกล้วยส่งผลให้กระบวนการสุกในผลกล้วยเกิดได้ช้า (Jiang et al., 2004)

ผลของเอทิลีนต่ออาการสะท้อนหนาว

ระยะความบริบูรณ์มีผลต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาว เช่น ผลอะโวคาโดพันธุ์ 'Fuerte' และ 'Hass' พบว่าเมื่อผลอะโวคาโดทั้งสองพันธุ์อยู่ในระยะ postclimacteric จะมีความทนทานต่อการสะท้อนหนาวได้ดีกว่าในระยะ climacteric rise และ climacteric peak โดยจะสามารถเก็บรักษาผลอะโวคาโดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสได้ประมาณ 6 สัปดาห์ (Kosiyachinda and Young, 1976) การนำผลพลับมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง หรือการให้เอทิลีนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน พบว่าผลพลับที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง หรือการให้เอทิลีนก่อนการเก็บรักษาสามารถชะลอการสะท้อนหนาวระหว่างการเก็บรักษาได้ แต่ผลพลับมีการผลิตเอทิลีน และอัตราการหายใจไม่ต่างจากชุดควบคุม เมื่อย้ายผลพลับมาวางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน ผลพลับที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง มีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนสูงขึ้น และมีความ

แน่นเนื้อลดลงเร็วกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ระดับความรุนแรงของการสะท้อนหาวมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยถ้าผลพลับไม่เกิดอาการสะท้อนหาว หรือมีอาการเพียงเล็กน้อย อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะเพิ่มสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากมีอาการสะท้อนหาวรุนแรง อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนจะน้อยลง (Zhou et al., 2000)

การแช่ผลมะม่วงใน ethrel ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0 50 250 และ 500 mg/l นาน 5 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงย้ายไปวางที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ethrel 500 mg/l มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะลออาการสะท้อนหาว ซึ่ง ethrel ทำให้มีการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น รวมทั้งทำให้ผลมะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น และมีความแน่นเนื้อลดลง (Nair and Singh, 2003) เช่นเดียวกับการให้ ACC กับเปลือกมะม่วงก่อนการเก็บรักษา พบว่าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ACC จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเอทิลีนเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อย้ายไปที่อุณหภูมิสูงขึ้น ACC จะมีการเปลี่ยนเป็นเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้น และมีระดับอาการสะท้อนหาวลดลง (Lederman et al., 1996) เช่นเดียวกับในผลกล้วยหอมพันธุ์วิลเลียมที่ได้รับโพไฟลีน 1,000 μ l/l ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส สามารถชะลออาการสะท้อนหาวระหว่างการเก็บรักษา และหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน จึงย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส โดยให้ได้รับโพไฟลีนอีกครั้ง พบว่าผลกล้วยที่ได้รับโพไฟลีนก่อนการเก็บรักษาเริ่มเกิดกระบวนการสุก โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสี มีปริมาณการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น และความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อลดลง การอ่อนนุ่มของผลกล้วยอาจเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของการผลิตเอทิลีนที่ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน *MaExp 1* และ *MaExp 2* ที่ควบคุมการถอดรหัสของโปรตีน expansin ระหว่างเกิดกระบวนการสุกของผลกล้วย (Wang et al., 2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการทดลองได้จากการซื้อผลกล้วยจากสวนของเกษตรกรที่ปลูกเป็นการค้าใน อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี โดยคัดเลือกผลกล้วยที่มีความแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (โดยสังเกตจากเหลี่ยมของผล) เพื่อให้ผลกล้วยตัวอย่างมีอายุใกล้เคียงกัน คัดเลือกผลที่มีขนาด รูปร่าง และสีผิวสม่ำเสมอ แล้วบรรจุลงตะกร้า และขนส่งด้วยรถห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ (25 องศาเซลเซียส) มายังห้องปฏิบัติการภายในเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการจึงล้างทำความสะอาดผลกล้วยด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ความเข้มข้น 200 mg/l แล้วนำไปแช่ในสารละลายโพรคลอราซ (ยี่ห้อเจอราก) ความเข้มข้น 100 mg/l เป็นเวลา 2 นาที เพื่อควบคุมการเกิดโรค หลังจากนั้นวางผึ่งลมให้แห้ง ก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของเอทิฟอนต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาวระหว่างและหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

นำผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าแช่ในสารละลายเอทิฟอน (ethephon) ความเข้มข้น 0 และ 500 mg/L นาน 3 นาที นำผลกล้วยวางผึ่งลมจนแห้งแล้วจึงใส่ถุงพลาสติก หลังจากนั้นนำผลกล้วยไปวางที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 % และนำถุงพลาสติกออกหลังจากให้เอทิฟอนนาน 18 ชั่วโมง ทำการย้ายผลกล้วยไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน โดยทุก 2 วัน จะย้ายผลกล้วยไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน สำหรับกล้วยหอมทอง และ 4 วัน สำหรับกล้วยน้ำว้า โดยบันทึกคุณภาพของผลกล้วยทั้งสองชนิดทุก 2 วันระหว่างวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 หวี ดังนี้

- ทรีทเมนต์ที่ 1 กล้วยหอมทอง ชุดควบคุม (ไม่แช่เอทิฟอน)
- ทรีทเมนต์ที่ 2 กล้วยหอมทอง แช่เอทิฟอน 500 mg/L (เอทิลีน)
- ทรีทเมนต์ที่ 3 กล้วยน้ำว้า ชุดควบคุม (ไม่แช่เอทิฟอน)
- ทรีทเมนต์ที่ 4 กล้วยน้ำว้า แช่เอทิฟอน 500 mg/L (เอทิลีน)

การบันทึกผลการทดลอง

1. ระดับอาการสะท้อนหนาว
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids: SS)
3. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA)
4. การเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก
5. ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ
6. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด
7. ปริมาณแป้งทั้งหมด
8. อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน

(ดังแสดงในหน้า 15-19)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของเอทิลีน และสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ต่ออาการสะท้อนหนาวในกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กล้วยหอมทอง (อ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาว) และกล้วยน้ำว้า (ทนทานต่ออาการสะท้อนหนาว) กลุ่มละ 3 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 หวี ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่แช่เอทิลีน)

ทรีทเมนต์ที่ 2 แช่เอทิลีน 500 mg/L (เอทิลีน)

ทรีทเมนต์ที่ 3 รมด้วย 1-MCP 500 nL/L (สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน)

การบันทึกผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผลกล้วยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1. ระดับอาการสะท้อนหนว
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids: SS)
3. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA)
4. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก
5. ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ
6. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด
7. ปริมาณแป้งทั้งหมด
8. อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน

(ดังแสดงในหน้า 15-19)

ส่วนที่ 2 ศึกษาการแสดงออกของยีนของผลกล้วยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ศึกษาการแสดงออกของยีน MA-ACS และ MA-ACO ที่ควบคุมการสังเคราะห์เอทิลีน และ MA-beta amylase ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลในส่วนเปลือก และเนื้อของผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำด้วยวิธี Semi-quantitative Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (semi-quantitative RT-PCR)

การบันทึกผลการทดลอง

ส่วนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และชีวเคมีของผลกล้วยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1. ระดับอาการสะท้อนหาแยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1. การเกิดเปลือกสีดำ แบ่งความรุนแรงเป็น 5 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 ปกติเป็นสีเขียวหรือสีเหลืองเมื่อสุก ระดับที่ 2 ผิวเปลือกเป็นสีเทาเล็กน้อย ระดับที่ 3 มีสีดำบริเวณผิวของผลเล็กน้อย (0.3 เซนติเมตร²/พื้นที่ทั้งหมด) ระดับที่ 4 มีพื้นที่สีดำปานกลาง (0.3 - 0.8 เซนติเมตร²/พื้นที่ทั้งหมด) ระดับที่ 5 มีสีดำเกือบทั้งผล (มากกว่า 0.8 เซนติเมตร²/พื้นที่ทั้งหมด) (ภาพผนวกที่ 1)

1.2. การพัฒนากระบวนการสุกแบ่งตามการพัฒนาสีเปลือก โดยใช้ดัชนีสี (Color index) แบ่งออกเป็น 7 ระยะ ดังนี้

- ระยะที่ 1 เขียวเข้มทั้งผล
- ระยะที่ 2 เขียวทั้งผล
- ระยะที่ 3 เขียวอมเหลือง
- ระยะที่ 4 เหลืองอมเขียว
- ระยะที่ 5 เหลืองและมีปลายผลสีเขียว
- ระยะที่ 6 เหลืองทั้งผล
- ระยะที่ 7 เหลืองและมีจุดประสีน้ำตาล (ตกกระ)

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids: SS) นำส่วนของสารละลายที่ได้จากการบดเนื้อกล้วยและน้ำกลั่นในอัตรา 3:1 แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที และใช้เครื่อง hand refractometer (Atago®) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ คุณด้วย dilution factor = 4 แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

3. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) นำสารละลายจากการบดเนื้อกล้วย และน้ำกลั่นในอัตรา 3:1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthaleine ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1-2 หยด เป็น indicator ไทเทรตจนกระทั่งถึงจุดยุติ (end point) คือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นนำค่าปริมาตรสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH ที่ใช้ไป มาคำนวณปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์ กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

$$\% \text{ malic acid} = \frac{(\text{ml NaOH}) (N \text{ NaOH}) (\text{meq. wt of malic acid}) * 100}{\text{ml of sample}}$$

$$\text{meq. wt malic acid} = 0.067$$

4. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ศึกษาโดยใช้เครื่อง color difference meter (CDM) ยี่ห้อ MINOLTA ในระบบ CIE รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* , b^*

L^* หมายถึง ความสว่าง (0 หมายถึง สีดำ และ 100 หมายถึง สีขาว)

+ b^* หมายถึง สีเหลือง

- b^* หมายถึง สีน้ำเงิน

+ a^* หมายถึง สีแดง

- a^* หมายถึง สีเขียว

5. ความแน่นเนื้อของเนื้อใช้เครื่อง firmness tester วัดความแน่นเนื้อผล วัดซ้ำละ 10 ผล ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น กิโลกรัม จากนั้นคำนวณค่าที่ได้เป็นนิวตัน โดยคูณด้วย 9.807

6. อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน นำผลกล้วยจำนวน 3 ผลใส่ในโหลปริมาตร 1,800 มิลลิลิตร แล้วต่อเข้ากับ flow board ที่อัตราการไหลของอากาศประมาณ 100 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งจะมีอากาศผ่านผลกล้วยที่เก็บไว้ในโหลขนาด 6,000 มิลลิลิตร ในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างแก๊สสำหรับวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatograph ของ Shimadzu รุ่น GC-8A ใช้ column porapakQ 80/100 ซึ่งมีเครื่องตรวจสอบชนิด thermal conductivity detector (TCD) และ flame ionization detector (FID) สำหรับวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนตามลำดับ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน มีหน่วยเป็น $\text{mg CO}_2/\text{kg.h}$ และ $\text{ul C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$ ตามลำดับ

7. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugars) ซึ่งตัวอย่างนี้ออกด้วยที่อบแห้งสนิท และบดแล้ว 0.05 กรัม เติม ethanol ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิตร แล้วปิดปากภาชนะด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เขย่าทุก 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิตร ดูดสารละลายที่สกัดและเจือจางแล้วปริมาตร 1 มิลลิตร ใส่ HCl ความเข้มข้น 0.1N ปริมาตร 0.5 มิลลิตร หลังจากนั้นนำไปแช่ใน water bath นาน 15 นาที แล้วนำหลอดทดลองมาแช่ในน้ำเย็น เติม NaOH ความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 0.5 มิลลิตร ดูดสารละลายผสมนี้ 1 มิลลิตร นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดตามวิธีการของ Nelson และ Hofreiter (1962) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน D-glucose

8. การวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธี titrimetric ของ AOAC (1984) นำตัวอย่างมาอบให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งหนัก 0.01 กรัม แล้วนำตัวอย่างที่ชั่งแล้วใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิตร เติมทรายละเอียดประมาณ 200 มิลลิกรัม และน้ำกลั่น 5 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วคน แล้วนำหลอดทดลองไปแช่ใน water bath น้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เพื่อให้แป้งอยู่ในรูปของ gelatin ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นนำหลอดแช่ลงในน้ำอุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส เติม HClO_4 60 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 5 มิลลิตร อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งเขย่าหลอด และใช้แท่งแก้วบดที่ก้นหลอดด้านใน หลอดละประมาณ 5 นาที เพื่อให้ gelatin ละลาย โดยทำการบดซ้ำเป็นช่วง ๆ จนครบ 30 นาที รับประทานสารละลายทั้งหมดลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่เล็กน้อยแล้วเติมสารละลาย uranyl acetate 5 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 5 มิลลิตร เพื่อให้โปรตีนตกตะกอน ปรับปริมาตรสารละลายเป็น 100 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายบางส่วนไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที รินสารละลายส่วนใส 10 มิลลิตร ใส่ลงในหลอดขนาด 50 มิลลิตร เติม celite ปริมาณ 100 มิลลิกรัม สารละลาย NaCl 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิตร และน้ำยา I-KI จำนวน 2 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ค่อย ๆ รินสารละลายส่วนใสทิ้งไป เหลือส่วนของตะกอนก้นหลอด คือตะกอนของ starch – iodine complex และ celite ล้างตะกอนด้วย alcohol NaCl ปริมาตร 5 มิลลิตร (ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 350 มิลลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 80 มิลลิตร ผสมกับ

NaCl 20 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร) เขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงเช่นเดียวกับที่ผ่านมาข้างต้น ค่อย ๆ รินสารละลายส่วนใสด้านบนทิ้งไป เติมน้ำยา alcohol NaOH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 350 มิลลิลิตร น้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร NaOH 5 N ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร) เพื่อช่วยให้ตะกอนอัดตัวกันแน่น เขย่าเบา ๆ จนตะกอนไม่เป็นสีน้ำเงิน ล้างหลอดด้านในด้วย alc. NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงเช่นเดียวกับที่ผ่านมาข้างต้น ค่อย ๆ รินสารละลายส่วนใสทิ้งแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำยา alc. NaCl ซ้ำอีกครั้ง จากนั้นค่อย ๆ ถ่ายตะกอนทั้งหมดใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร เติมกรด HCl 0.7 N ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปิดปากด้วยลูกแก้ว นำไปต้มใน water bath น้ำเดือดนาน 2 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเย็น แล้วเทสารละลายทั้งหมดลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม phenol red 1 หยด นำสารละลายที่ได้มาปรับสภาพเป็นกลางด้วย NaOH 0.1 N ที่ละน้อย จนสารละลายไม่มีสี ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากันจนสารละลายมีสีเหลืองจาง ๆ นำสารละลายจำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Somogyi phosphate sugar reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปแช่ใน water bath น้ำเดือดนาน 15 นาที พร้อมด้วย blank (น้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตรกับ reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร) จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม KI 2.5 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงข้างหลอดด้านใน โดยไม่ให้กระเทือนผิวหน้าของสาร เติม H_2SO_4 1.5 N ปริมาตร 3 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็วพร้อมกับเขย่าให้เข้ากัน ทำให้ตกตะกอนด้วย CuO_2 ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง ละลายหมดสารละลายที่ได้จะมีสีฟ้าเข้มจนถึงเหลือง

นำสารละลายมาไทเทรตด้วยน้ำยา Sodium thiosulphate มาตรฐาน 0.005 N เมื่อใกล้ถึงจุด end point (สารละลายมีสีเหลืองจาง) เติม starch indicator จำนวน 1-2 หยด ทำให้สารละลายมีสีฟ้า เมื่อไทเทรตจนถึงจุด end point สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน ๆ (เมื่อหยด starch indicator ลงไปจะไม่เกิดตะกอนสีน้ำเงินอีก) ทำการไทเทรต blank เช่นเดียวกัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์แป้งจากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์แป้ง} = [50(\text{ml blank} - \text{ml sample}) * 0.9/\text{mg sample}] * [\text{N}/0.005] * G * 100$$

50 = dilution factor

0.9 = factor glucose to starch

N = N ของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution ที่ได้จากการทำ standard

$G = \text{จำนวนมิลลิกรัมของ glucose ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ } Na_2S_2O_3 \text{ 0.005 N 1 มิลลิลิตร} = 0.75/(\text{ml blank} - \text{ml glucose})$

หาค่า G โดยชั่ง glucose มาตรฐานปริมาณ 150 มิลลิกรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร นำสารละลาย glucose มาตรฐานปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Somogyi phosphase sugar reagent 5 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วย อลูมินัมฟอยด์ นำไปไว้ใน water bath น้ำเดือดนาน 15 นาที พร้อมกับ blank จำนวน 3-4 หลอด เมื่อเย็นจึงไทเทรตด้วยน้ำยา sodium thiosulfate มาตรฐาน ดังที่กล่าวข้างต้น

ส่วนที่ 2 ศึกษาการแสดงออกของยีนในผลกล้วยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

10. การแสดงออกของยีน *MA-ACS* และ *MA-ACO* ที่ควบคุมการสังเคราะห์เอทิลีน และ *MA-beta amylase* ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล ในส่วนของเปลือก และเนื้อของผลกล้วย ในการทดลองที่ 2 โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ ด้วยวิธี semi-quantitative RT-PCR มีขั้นตอนดังนี้

การสกัด RNA

สกัด RNA ทั้งหมด โดยวิธีของ Chang *et al.* (1993) ดัดแปลงดังนี้ เติม β -mercaptoethanol ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ในบัฟเฟอร์ ที่ใช้สกัด RNA ปริมาตร 15 มิลลิลิตร [ประกอบด้วย Tris-HCl ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ ค่า pH 8, CTAB (hexadecyltrimethylammonium bromide) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ PVP (polyvinyl pyrrolidone) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์, EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ค่า pH 8, NaCl ความเข้มข้น 2 โมลาร์ และ spermidine 0.5 กรัมต่อลิตร] และนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดด้วย ไนโตรเจนเหลวประมาณ 1 กรัม ผสมกับบัฟเฟอร์ และเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex จากนั้นใส่ SEVAG [ประกอบด้วย chloroform: isoamyl alcohol (24:1)] ปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 7,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นดูดเอาส่วนใสด้านบนใส่ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 7,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสอีกครั้ง แล้วดูดเอาส่วนใสใส่หลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม LiCl ความเข้มข้น

8 โมลาร์ 0.3 เท่า ของปริมาตรส่วนใสที่เก็บไว้ ผสมให้เข้ากันบ่มไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ทั้งข้ามคืน (อย่างน้อย 16-18 ชั่วโมง)

จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เติมน้ำที่เติมสารละลาย SSTE ปริมาตร 500 ไมโครลิตร (ประกอบด้วย NaCl ความเข้มข้น 1 โมลาร์ SDS ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ Tris-HCl ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ค่า pH 8 และ EDTA ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ค่า pH 8) แล้วย้ายสารละลายใส่หลอด microcentrifuge ขนาด 1.5 มิลลิลิตร และเติม SEVAG ปริมาตร 500 ไมโครลิตร แล้วผสมกันด้วยเครื่อง vortex นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที ดูดเอาส่วนใสด้านบน ใส่หลอด microcentrifuge ขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติมเอทานอลความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันก่อนเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อตกตะกอน RNA จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วเทเอทานอลทิ้ง ตั้งไว้ให้ตะกอนแห้งที่อุณหภูมิห้อง ละลายตะกอนโดยเติมน้ำ DEPC (Dimethyl dicarbonate) ปริมาตร 30 ไมโครลิตร จากนั้นนำสารละลาย RNA ปริมาตร 2 ไมโครลิตร ตรวจคุณภาพโดยทำ gel electrophoresis โดยใส่ RNA ลงเจล agarose 1.8 เปอร์เซ็นต์ ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ นาน 30 นาที จากนั้นย้อมเจลด้วย ethidium bromide เพื่อส่องดูแถบ RNA ด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (Gel Documentation SYNGENE BIO IMAGING) และตรวจสอบปริมาณด้วยเครื่อง spectrophotometer ของ Thermo SCIENTIFIC รุ่น NANODROP 2000C ที่ความยาวคลื่น 260 และ 280 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ RNA ที่ได้จากค่าการดูดกลืนแสง A260 มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร

กำจัด DNA ใน RNA

นำสารละลาย RNA ของแต่ละตัวอย่างมากำจัด DNA โดยใช้ RNA ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร ใส่สารละลายปฏิกิริยาที่ห่อ Fermentas (ประกอบด้วย 10X Buffer with $MgCl_2$, 1U DNase I enzyme และ น้ำ DEPC) ปริมาตรรวม 10 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สุดท้ายจึงเติม EDTA ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร นำ RNA ที่กำจัด DNA ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -70 ถึง -80 องศาเซลเซียส

การสังเคราะห์ cDNA จาก RNA

ใช้วิธี reverse transcription นำ RNA ที่กำจัด DNA แล้วของแต่ละตัวอย่างมา 5 ไมโครลิตร มาสังเคราะห์ cDNA เพื่อใช้เป็นแม่แบบ ด้วยการเติม oligo (dT) ปริมาตร 2 ไมโครลิตร และน้ำ DEPC ปริมาตร 4 ไมโครลิตร นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปเย็นลงทันทีโดยจุ่มในน้ำแข็ง จากนั้นใส่สารละลายปฏิกิริยาที่ห่อ Fermentas ประกอบด้วย M-MLV RT 5X Buffer ปริมาตร 4 ไมโครลิตร dNTP mix ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ (แต่ละ dNTP มีความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 2 ไมโครลิตร น้ำ DEPC ปริมาตร 1.5 ไมโครลิตร และ 200 U RevertAid™ M-MLV-Reverse Transcriptase ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ปริมาตรรวม 20 ไมโครลิตร แล้วนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นลงทันทีโดยจุ่มในน้ำแข็งแล้วนำ cDNA ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -70 ถึง -80 องศาเซลเซียส

ตรวจสอบคุณภาพ cDNA ด้วยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (Polymerase Chain Reaction : PCR) ด้วยเครื่อง PCR นำ cDNA ต้นแบบมาเพิ่มปริมาณโดยใช้ primer 18S สารละลายปฏิกิริยาที่ใช้ห่อ QIAGEN ประกอบด้วย 10X Taq Buffer with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ปริมาตร 2.5 ไมโครลิตร MgCl_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร primer forward ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร reverse forward ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร น้ำ DEPC ปริมาตร 17.25 ไมโครลิตร 5U Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.25 ไมโครลิตร และ cDNA ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ปริมาตรสุดท้าย 25 ไมโครลิตร ใช้อุณหภูมิสำหรับปฏิกิริยา 94 องศาเซลเซียส 5 นาที ต่อด้วย 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที (denature) 52 องศาเซลเซียส 30 วินาที (annealing) และ 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที (extension) จำนวน 26 รอบ จากนั้นใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 15 นาที นำผลผลิตจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส แต่ละตัวอย่างไปตรวจ โดยใส่ลงเจล agarose แล้วทำ gel electrophoresis ที่กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์นาน 30 นาที แล้วย้อมเจลด้วย ethidium bromide เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นล้างเจลด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ถ่ายรูปเจลภายใต้แสง UV เพื่อตรวจสอบแถบ DNA

การเพิ่มปริมาณชิ้นส่วน cDNA และตรวจสอบผลผลิตที่ได้

การใช้ primer 18s เป็นต้นแบบโดยนำ cDNA ต้นแบบของแต่ละตัวอย่างมาเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส โดยใช้ primer 18s เพื่อให้ 18s เป็น internal control สารละลายที่ใช้ทำให้เกิดปฏิกิริยาประกอบด้วย 10X Taq buffer with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ปริมาตร 2.5 ไมโครลิตร dNTP mix ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร MgCl_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร primer forward ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร primer reverse ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร น้ำ DEPC ปริมาตร 17.25 ไมโครลิตร 5U Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.25 ไมโครลิตร และ cDNA ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ปริมาตรสุดท้าย 25 ไมโครลิตร โดยใช้อุณหภูมิสำหรับปฏิกิริยา 94 องศาเซลเซียส 5 นาที ตามด้วย 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที (denature) 52 องศาเซลเซียส 30 วินาที (annealing) 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที (extension) จำนวน 26 รอบ จากนั้นใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 15 นาที นำผลผลิตจากการทำปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส แต่ละตัวอย่างไปตรวจ โดยใส่ลงเจล agarose แล้วทำ gel electrophoresis ที่กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ นาน 30 นาที จากนั้นย้อมเจลด้วย ethidium bromide เป็นเวลา 20 นาที แล้วล้างเจลด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ถ่ายรูปเจลภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต เพื่อดูความเท่ากันของแถบ cDNA ของแต่ละตัวอย่าง โดยแถบ cDNA (18s) ที่มีความสว่างเท่ากันจะเท่ากับมีปริมาณ cDNA เท่ากัน

นำลำดับเบสของยีน ACS, ACO และ beta amylase ที่แสดงออกในผลกล้วย จาก GenBank ของ National Center for Biotechnology Information (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) ได้ลำดับเบสของยีน ACS, ACO และ beta-amylase ได้แก่ EU169208.1 AY702076.1 และ DQ166026 ตามลำดับมาใช้ในการออกแบบ primer ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Primer3 (<http://frodo.wi.mit.edu/primer3/>) ในการออกแบบ primer หลังจากนั้นนำ cDNA ต้นแบบของแต่ละตัวอย่างโดยใช้ปริมาณเท่ากับที่ใช้ในชุด primer 18s มาเพิ่มปริมาณ DNA โดยใช้ primer ACO และ ACS เพื่อดูความแตกต่างของการแสดงออกยีน สารละลายที่ใช้ทำให้เกิดปฏิกิริยาประกอบด้วย 10X Taq Buffer with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ปริมาตร 2.5 ไมโครลิตร dNTP mix ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร MgCl_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร primer forward ของ ACS, ACO และ beta-amylase ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร primer reverse ของ ACS, ACO และ beta-amylase ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร น้ำ DEPC ปริมาตร 17.25 ไมโครลิตร

5U Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.25 ไมโครลิตร และ cDNA (ปริมาตรของแต่ละตัวอย่างที่ใช้
 เท่ากับการทำใน primer 18s) ปริมาตรสุดท้าย 25 ไมโครลิตร โดยยืนแต่ละตัวจะมีการใช้วิธี
 ปฏิริยาถูกโซโฟลีสเมอเรสที่ต่างกัน

Semi-quantitative RT-PCR ของยีน ACS

วิธีปฏิริยาถูกโซโฟลีสเมอเรสของยีน ACS ใช้อุณหภูมิสำหรับปฏิริยา 94 องศาเซลเซียส
 5 นาที ตามด้วย 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที (denature) 55 องศาเซลเซียส 30 วินาที (annealing)
 72 องศาเซลเซียส 1 นาที (extension) จำนวน 33 รอบ จากนั้นใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 15
 นาที

Semi-quantitative RT-PCR ของยีน ACO

วิธีปฏิริยาถูกโซโฟลีสเมอเรสของยีน ACO ใช้อุณหภูมิสำหรับปฏิริยา 94 องศาเซลเซียส
 5 นาที ตามด้วย 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที (denature) 52 องศาเซลเซียส 30 วินาที (annealing)
 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที (extension) จำนวน 26 รอบ จากนั้นใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 15
 นาที

Semi-quantitative RT-PCR ของยีน beta-amylase

วิธีปฏิริยาถูกโซโฟลีสเมอเรสของยีน beta-amylase ใช้อุณหภูมิสำหรับปฏิริยา 94 องศา
 เซลเซียส 5 นาที ตามด้วย 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที (denature) 52 องศาเซลเซียส 30 วินาที
 (annealing) 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที (extension) จำนวน 28 รอบ จากนั้นใช้อุณหภูมิ 72
 องศาเซลเซียส 15 นาที จากนั้นนำผลผลิตจากการทำปฏิริยาถูกโซโฟลีสเมอเรส แต่ละตัวอย่างไป
 ตรวจ โดยใส่ลงเจล agarose แล้วทำ gel electrophoresis ที่กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์นาน 30 นาที
 จากนั้นย้อมเจลด้วย ethidium bromide เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นล้างเจลด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง
 ถ่ายรูปเจลภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต เพื่อตรวจดูแถบ DNA ของแต่ละตัวอย่างที่แสดงออก

ตารางที่ 1 แสดงไพรเมอร์ที่ใช้ในปฏิกิริยาถูกโซ่โพลีเมอเรส

ไพรเมอร์(Primer)	ลำดับเบส	ขนาดแถบดีเอ็นเอ (คู่เบส)
ACS (AY702076.1)	F- GAA GAA GGG GTC TCA GAG TT R – TCC TGT AAG CAG TCT CCA GT	450
ACO (EU169208.1)	F – GAA GGG GTA CCT GAA GAA AG R – AGC TTC ATG TAA TCC TCG AA	343
beta amylase (DQ166026)	F – GAA ATC GAC GTT GGA TTC GT R – ACG TTC GGC AAA TCC TTA TG	376

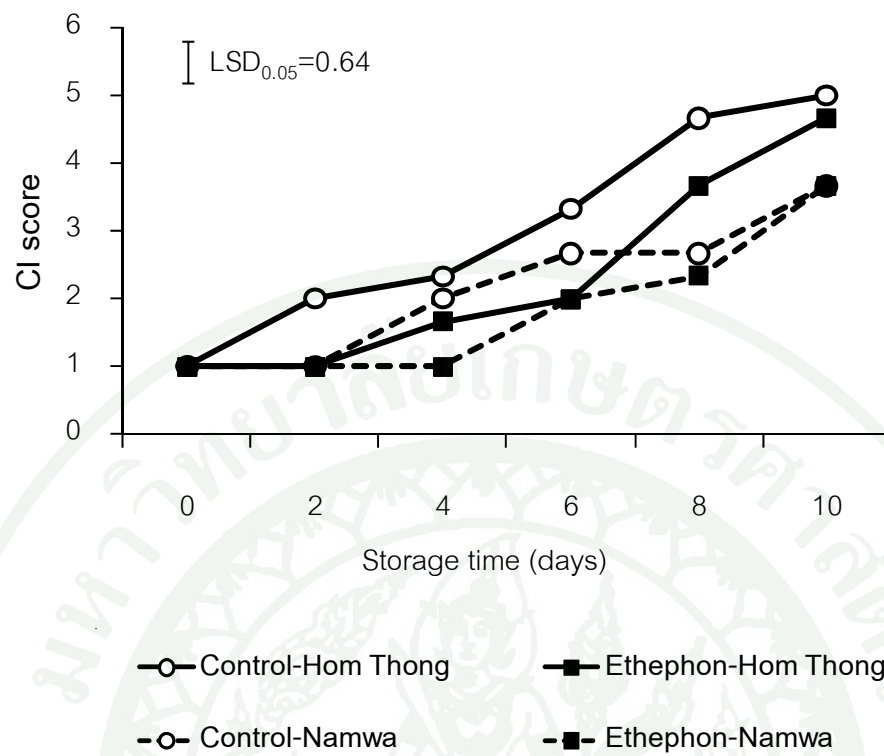
ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของเอทิฟอนก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเกิดอาการ สะท้อนหนาวในกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า

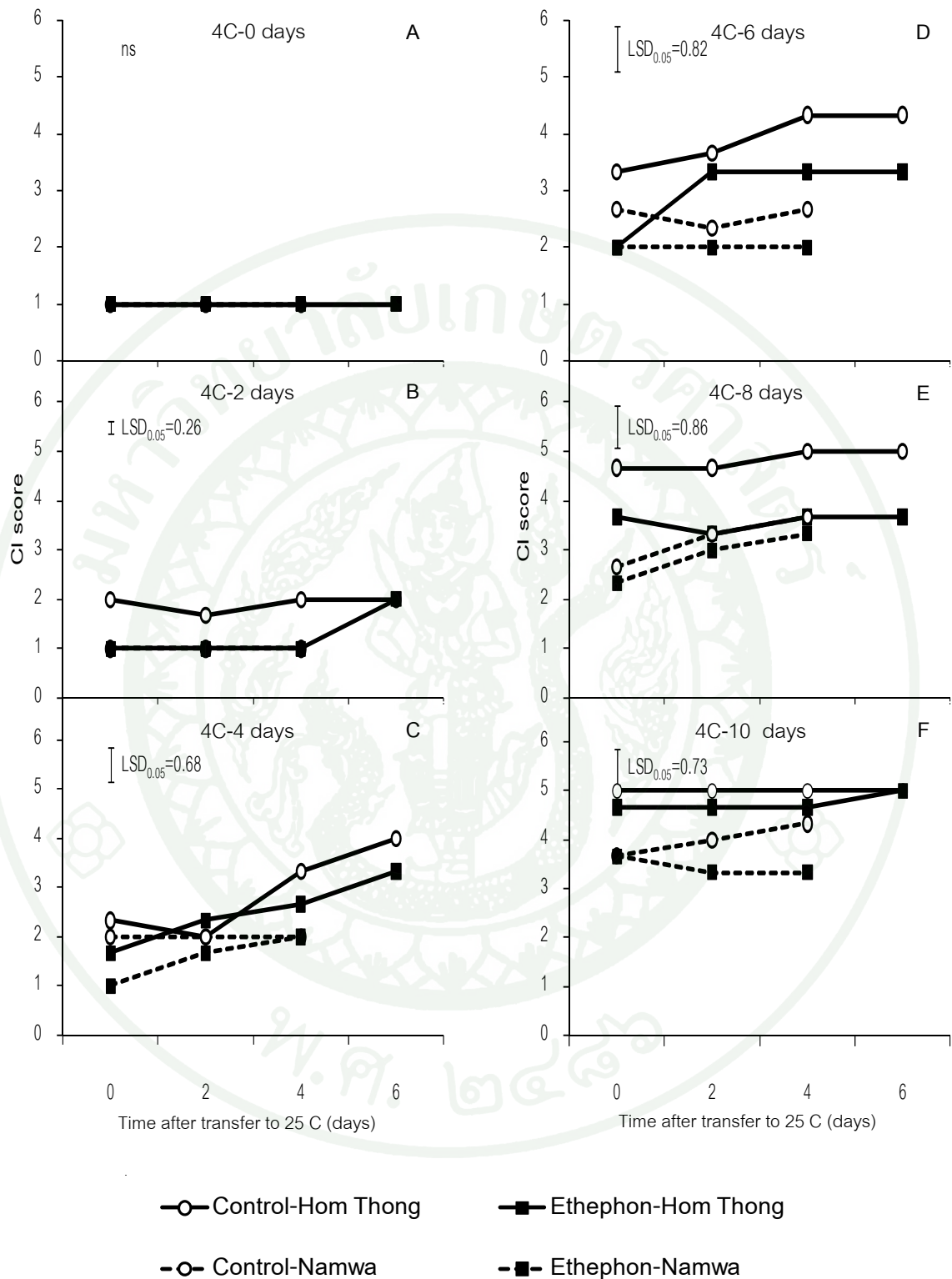
1.1 ระดับอาการสะท้อนหนาว

ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และแช่เอทิฟอน เริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาวในวันที่ 2 และ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนแสดงอาการสะท้อนหนาวน้อยกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และมีระดับอาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 1) สำหรับผลกล้วยหอมทองที่ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่ย้ายมาในวันแรกจะไม่แสดงอาการสะท้อนหนาวแต่ในวันที่ 2 4 8 และ 10 ผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนเริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาวแต่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม นอกจากนี้ผลกล้วยหอมทองทั้งสองที่รีทเมนต์มีระดับอาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2)

ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแช่เอทิฟอน เริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาวในวันที่ 4 และ 6 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีระดับอาการสะท้อนหนาวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และมีระดับอาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (ภาพที่ 1) สำหรับผลกล้วยน้ำว้าที่ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองที่รีทเมนต์มีระดับอาการสะท้อนหนาวใกล้เคียงกัน โดยผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีระดับอาการสะท้อนหนาวน้อยกว่าชุดควบคุม ในทุกวันหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ระดับอาการสะท้อนหนวของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

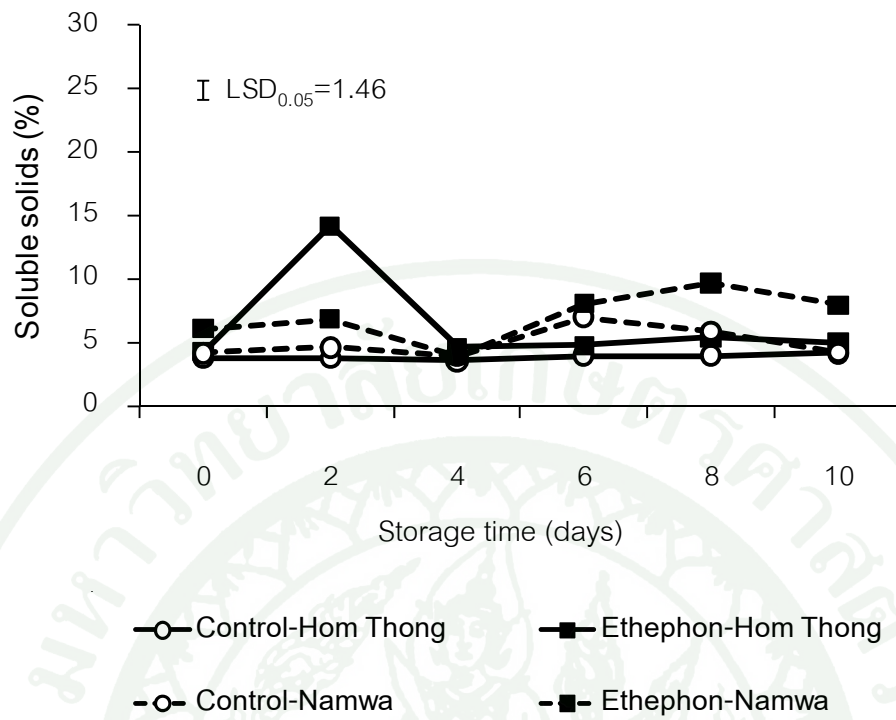


ภาพที่ 2 ระดับอาการสะท้อนหนาวของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

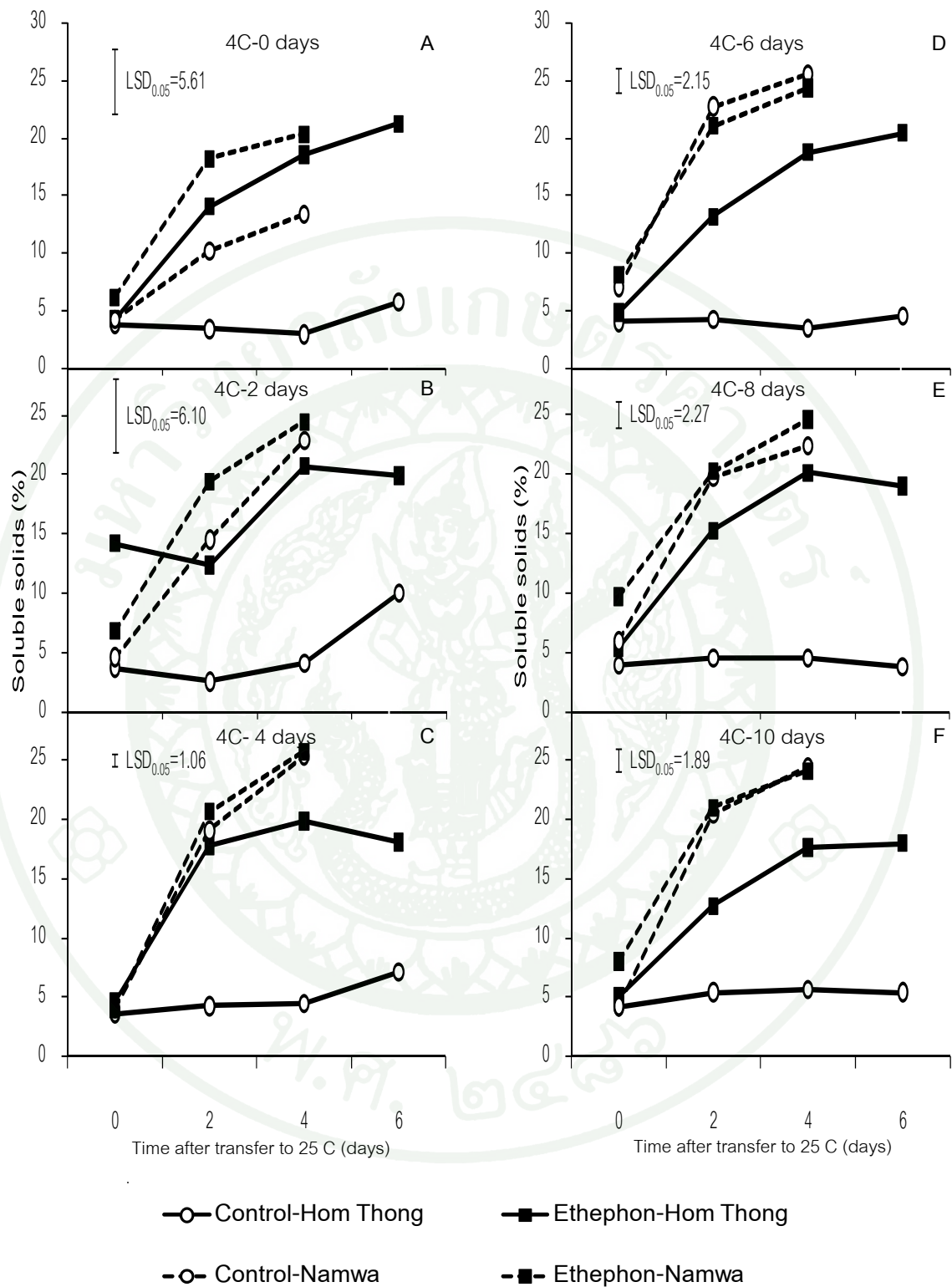
1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และแซ่เอทิฟอน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 3 และ 5) แต่เมื่อนำผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แซ่เอทิฟอน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม (ภาพที่ 4 และ 6)

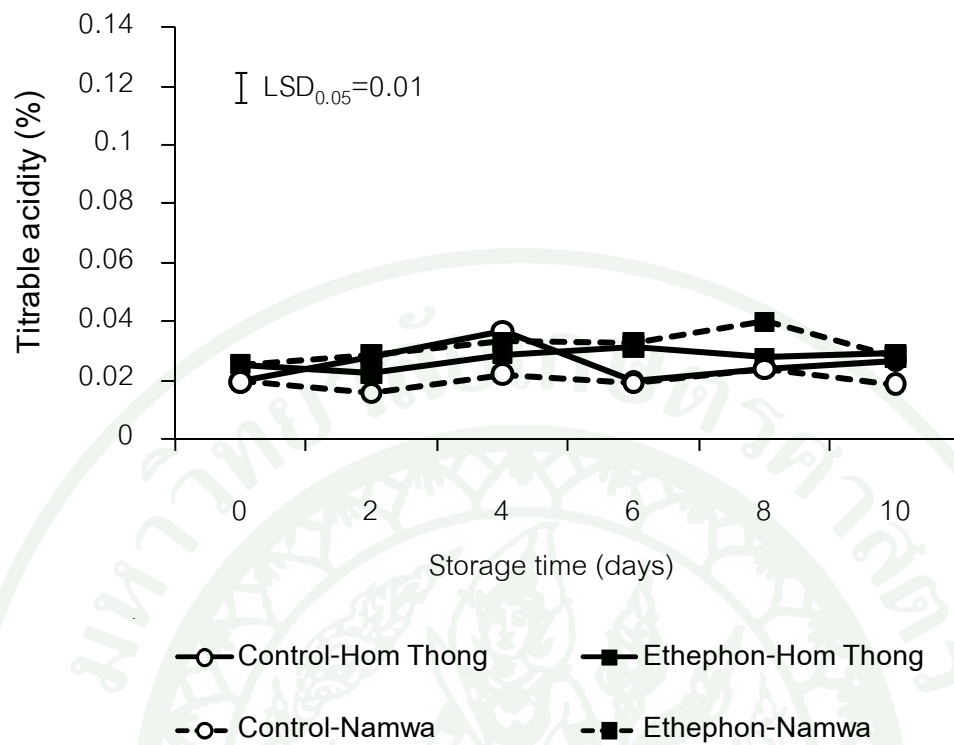
ผลกล้วยน้ำว้าทุกที่รืทมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 3 และ 5) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองที่รืทมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4 และ 6)



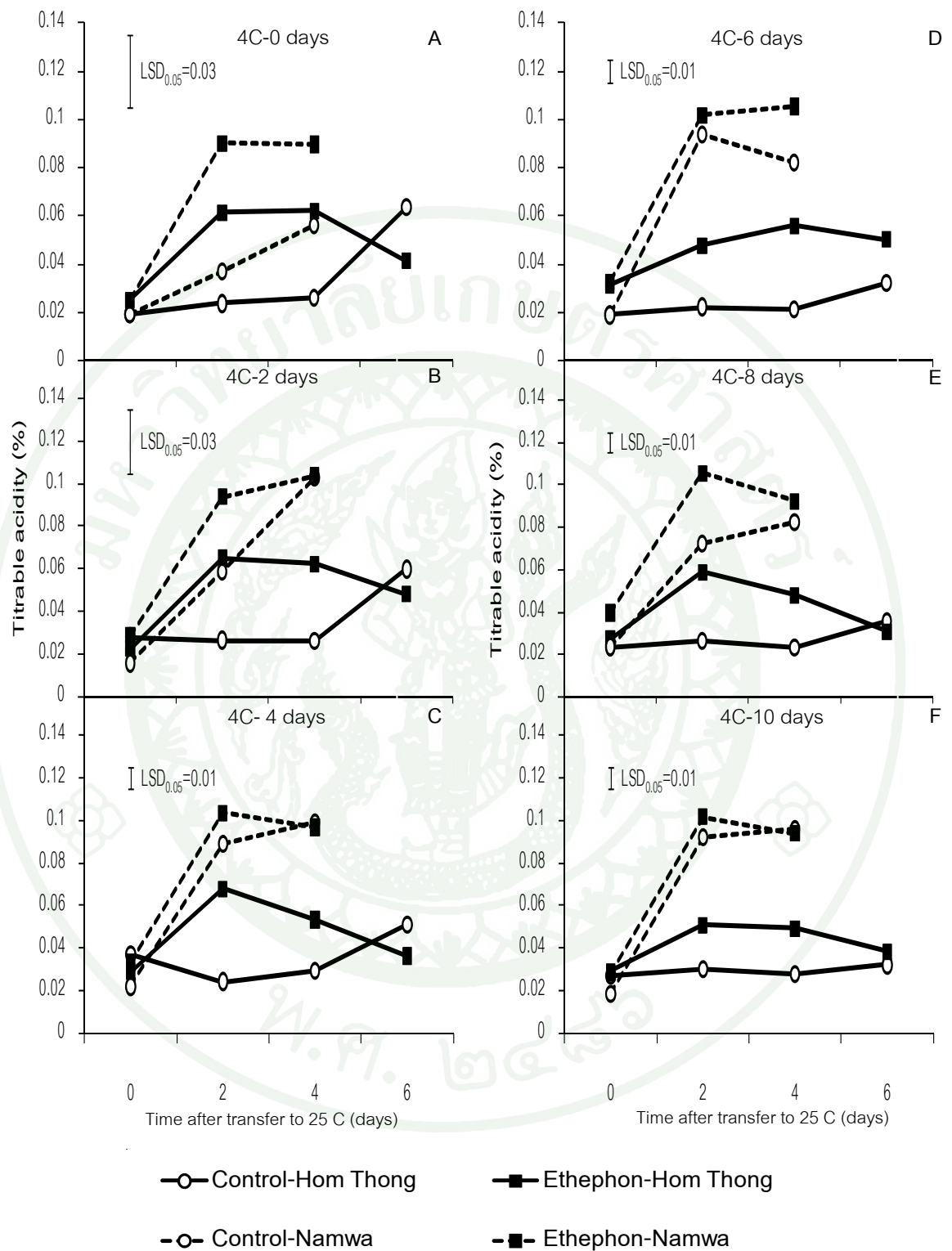
ภาพที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

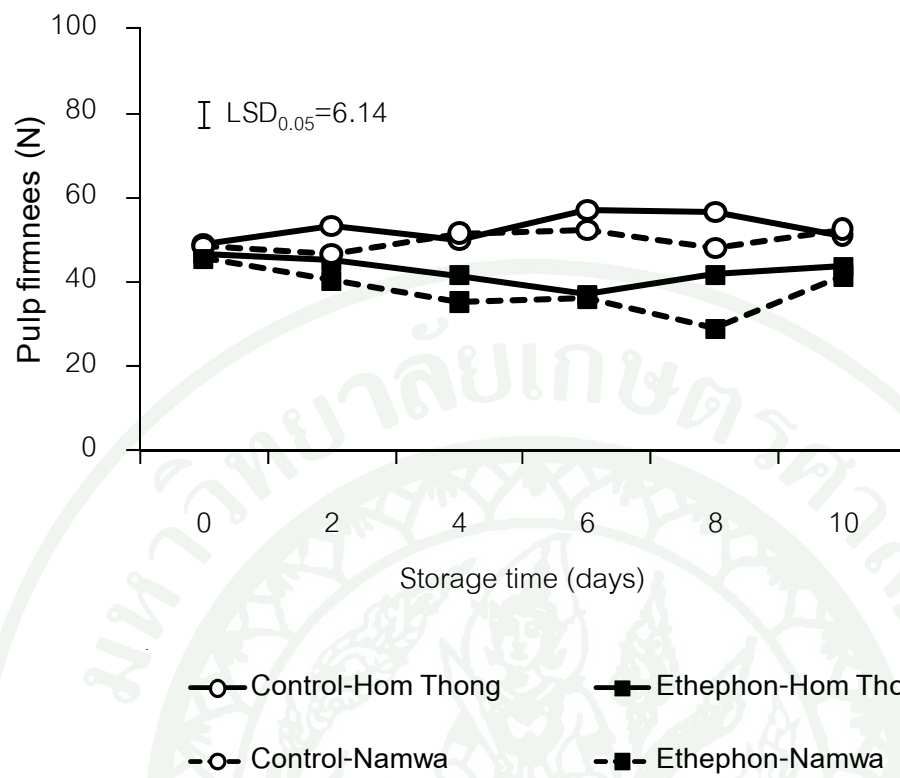


ภาพที่ 6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้ว
ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

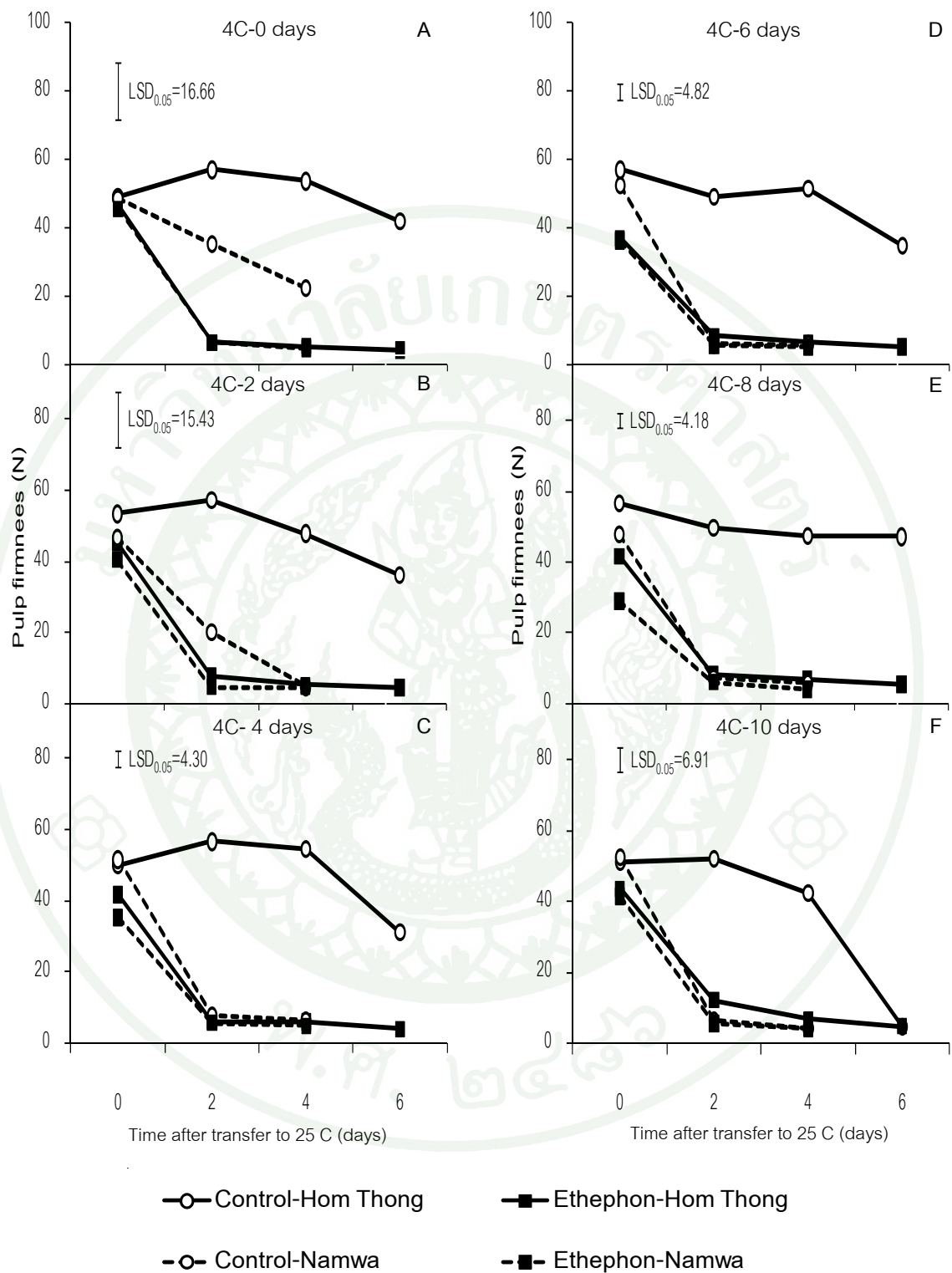
1.3 ความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อ

ผลกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์มีค่าความแน่นเนื้อของเปลือก (ภาพผนวกที่ 2) และเนื้อค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 7) เมื่อนำผลกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อของผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทีฟอนมีค่าความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อลดลง เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าความแน่นเนื้อของผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทีฟอนลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่หรือลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 8)

สำหรับผลกล้วยน้ำว้ามีค่าความแน่นเนื้อของเปลือกใกล้เคียงกัน (ภาพผนวกที่ 2) ทั้งสองทรีทเมนต์ แต่ความแน่นเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทีฟอนมีความแน่นเนื้อของเนื้อลดลง และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 7) หลังจากนั้นเมื่อย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองทรีทเมนต์มีค่าความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อลดลง โดยผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทีฟอนมีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 ภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมเริ่มมีความแน่นเนื้อลดลงในวันที่ 2 และลดลงเท่ากับผลกล้วยที่แช่เอทีฟอนในวันที่ 4 ภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 ความแน่นเนื้อของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 8 ความแน่นเนื้อของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

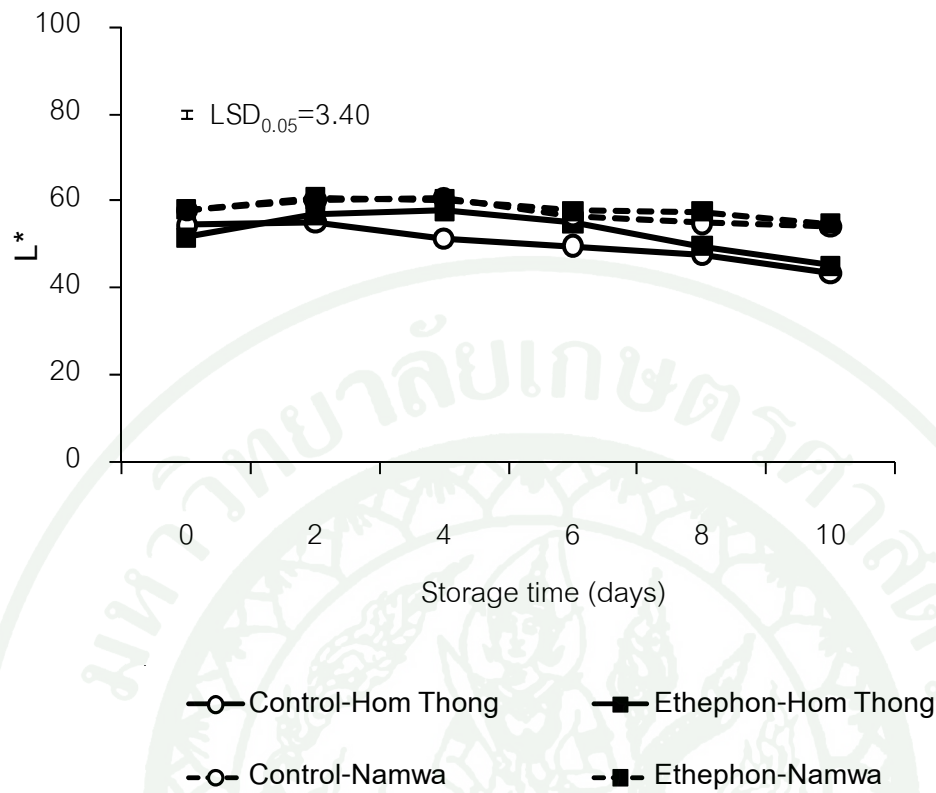
1.4 การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และแซ่เอทิฟอน มีค่า $L^* a^*$ และ b^* เปลี่ยนแปลงไม่มากนักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองมาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า $L^* a^*$ และ b^* ของเนื้อผลกล้วยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าค่อนข้างคงที่ (ภาพผนวกที่ 4-9)

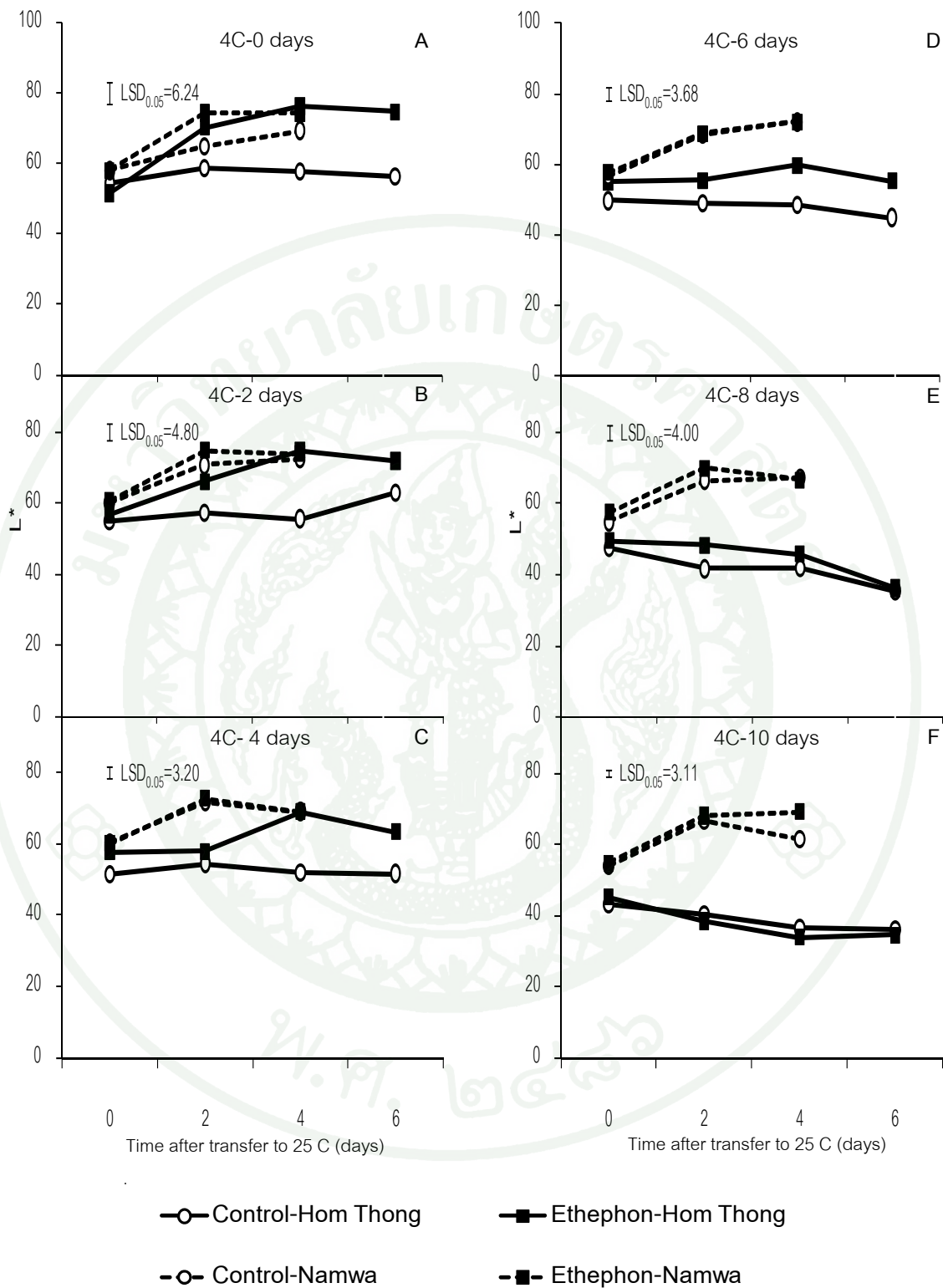
สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแซ่เอทิฟอน มีค่า $L^* a^*$ และ b^* เปลี่ยนแปลงไม่มากนักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพผนวกที่ 4-9)

ผลกล้วยหอมทองทั้งสองทรีทเมนต์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าผิวผลมีค่า $L^* a^*$ และ b^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติยกเว้นในวันที่ 4 และ 6 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่มีค่าแตกต่างทางสถิติ โดยพบว่าค่า L^* และ b^* มีค่าลดลง แต่ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 9 11 และ 13) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าสีผิวผลของผลกล้วยหอมทองที่แซ่เอทิฟอนมีค่า $L^* a^*$ และ b^* แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม โดยพบว่าค่า $L^* a^*$ และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้น สืบเนื่องจากผิวผลกล้วยหอมทองมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง แต่วันที่ 8 และ 10 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยหอมทองมีค่า $L^* a^*$ และ b^* ไม่แตกต่างกันทั้งสองทรีทเมนต์ เนื่องจากผิวผลกล้วยหอมทองมีอาการเปลือกสีดำเกิดขึ้น (ภาพที่ 10 12 และ 14)

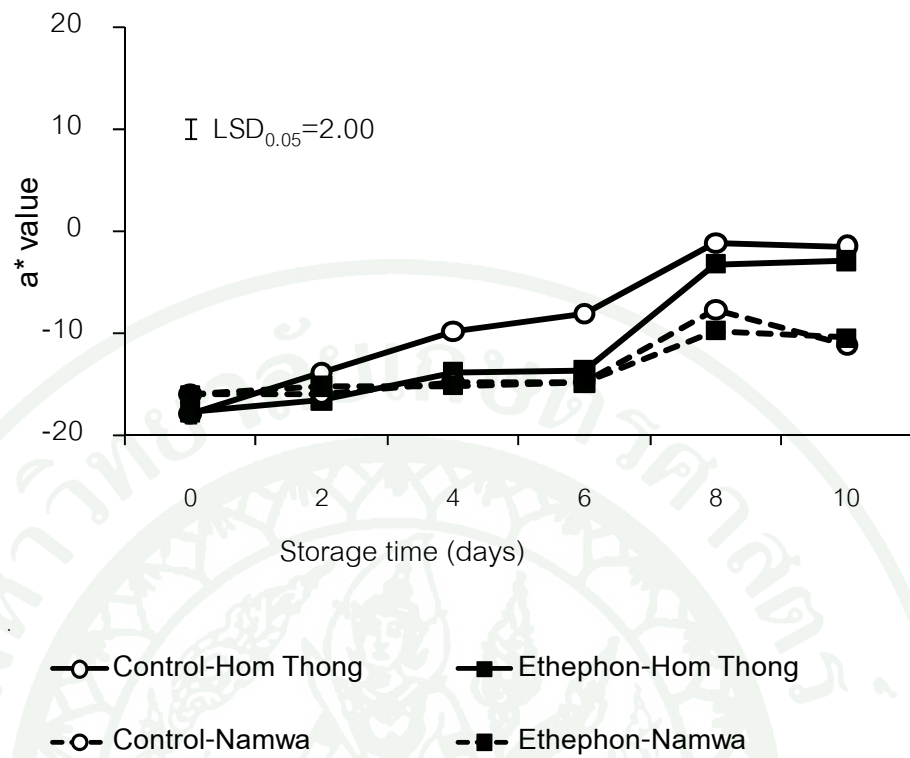
ผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองทรีทเมนต์ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าผิวของผลกล้วยมีค่า $L^* a^*$ และ b^* ใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 9 11 และ 13) หลังย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียสผิวของผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองทรีทเมนต์มีค่า $L^* a^*$ และ b^* เพิ่มขึ้น และไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองทรีทเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงผิวผลจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 10 12 และ 14)



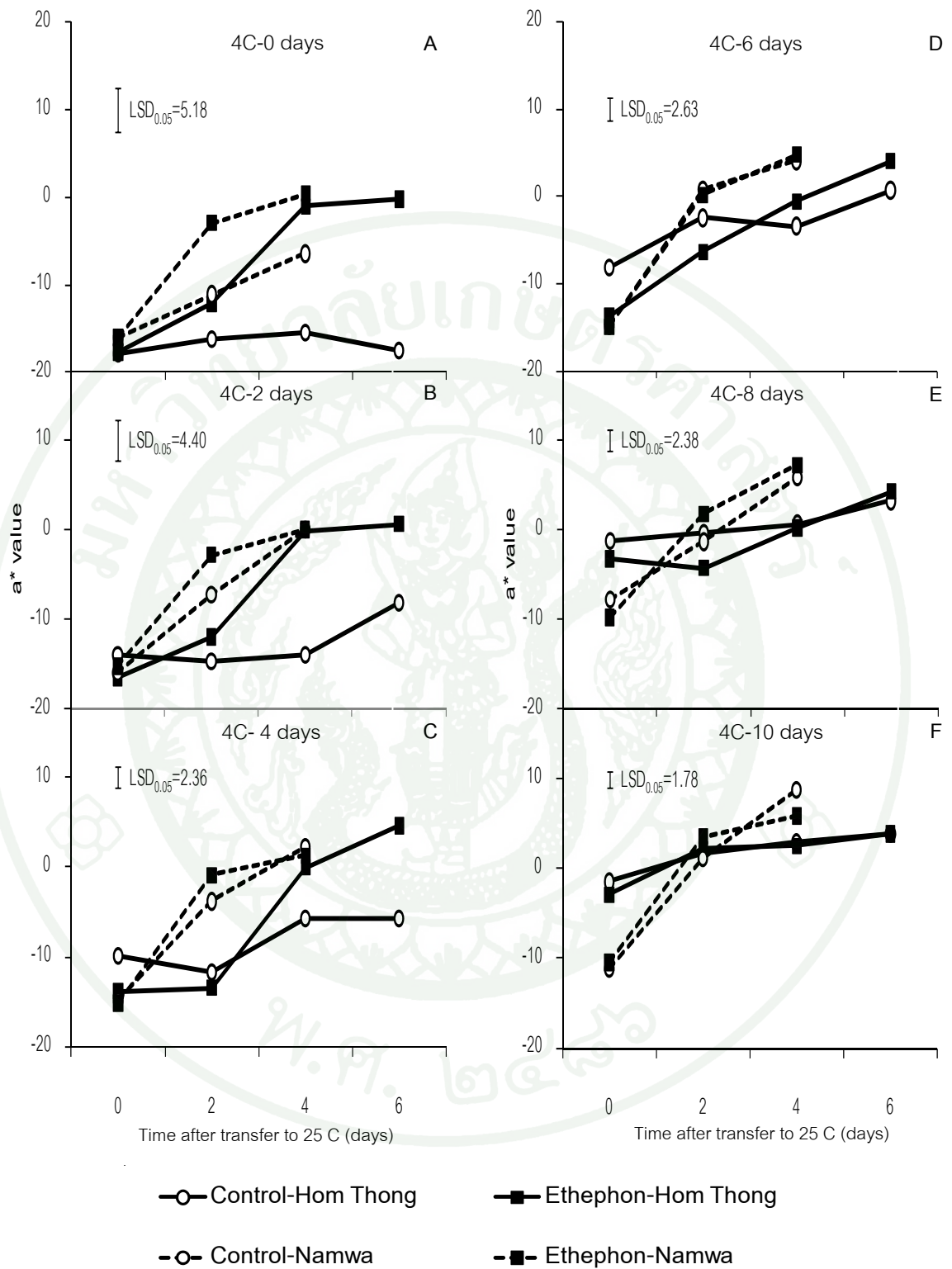
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



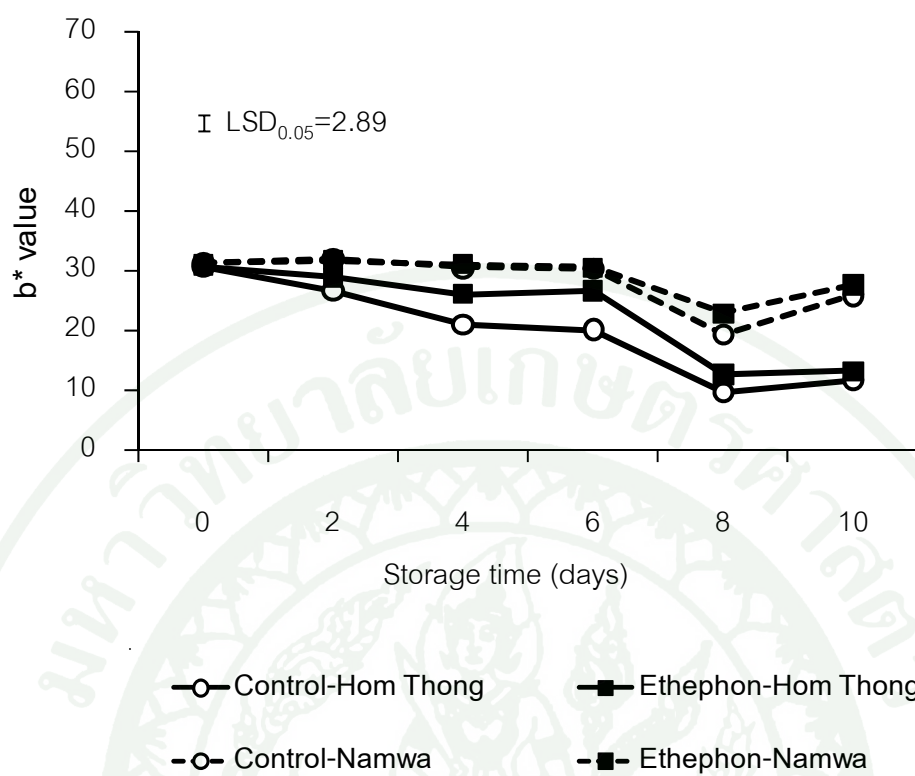
ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



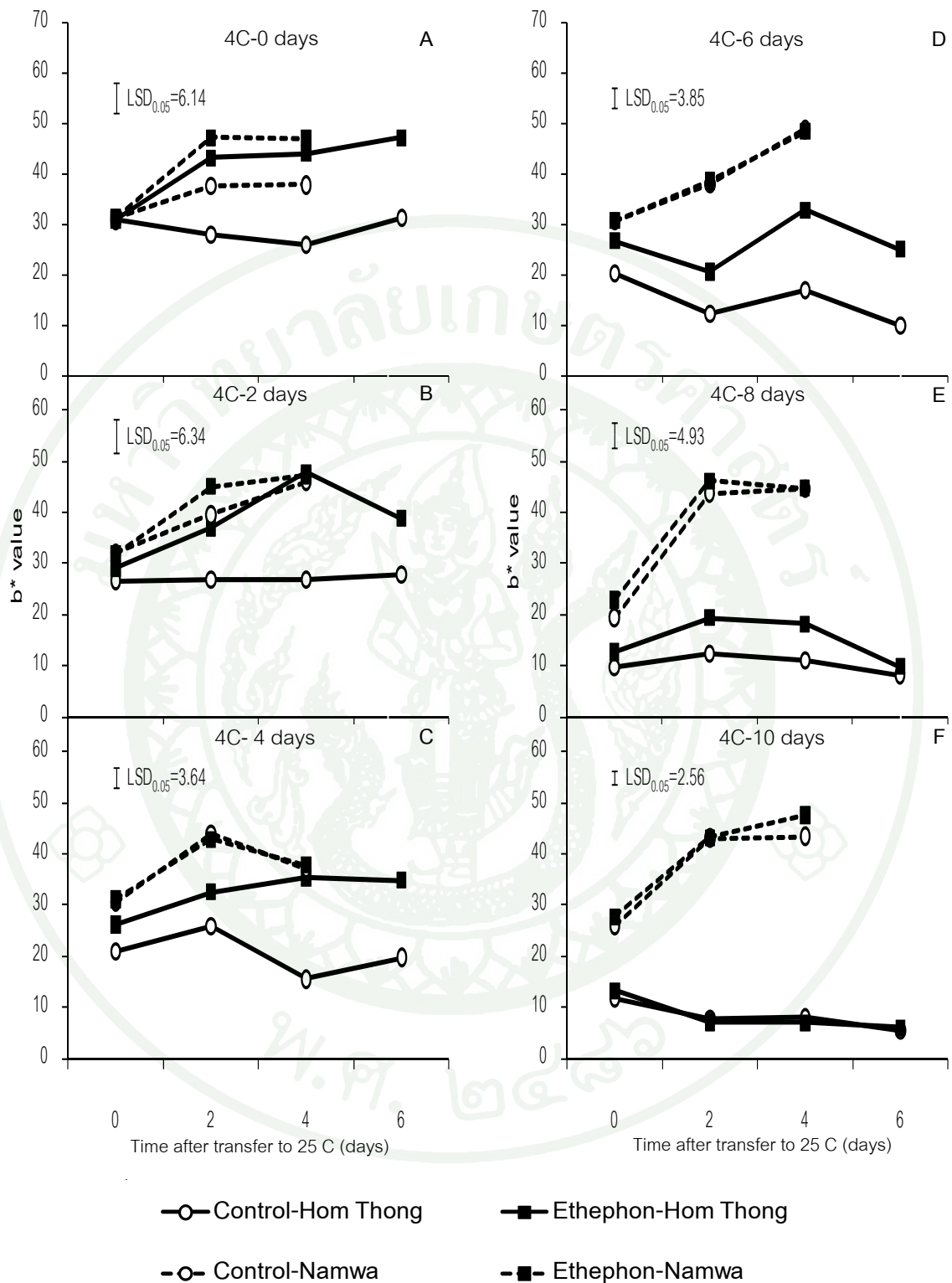
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้ว
ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

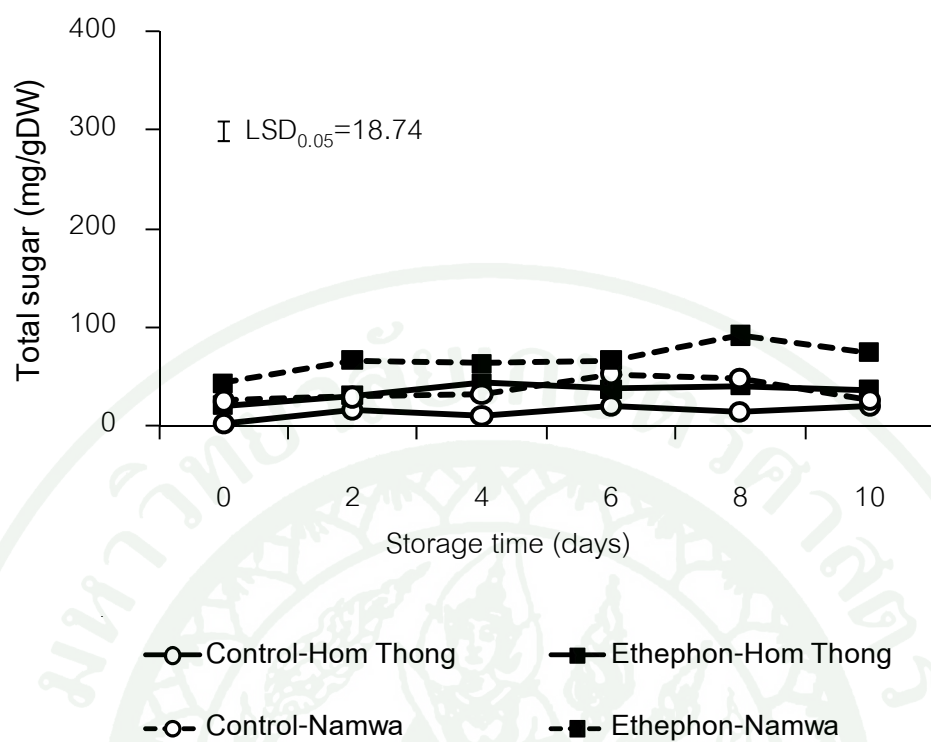


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

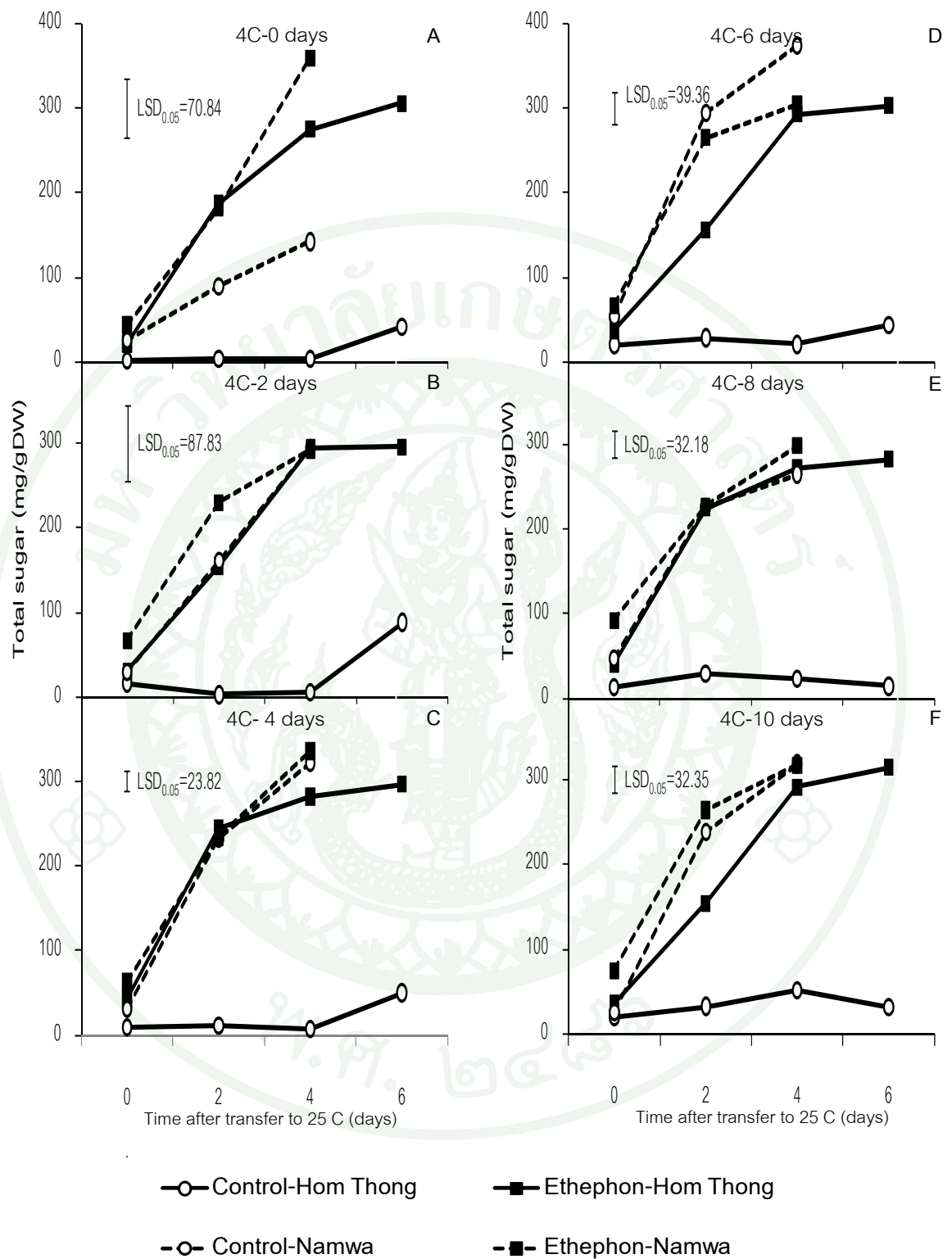
1.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และแซ่เอทิฟอน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 15) เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แซ่เอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม โดยผลกล้วยหอมทองที่แซ่เอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุมมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดค่อนข้างคงที่หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 16)

สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลกล้วยน้ำว้า พบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แซ่เอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุม และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 15) ภายหลังจากย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และที่แซ่เอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองทรีทเมนต์มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และเพิ่มสูงสุดในวันที่ 4 หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 15 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

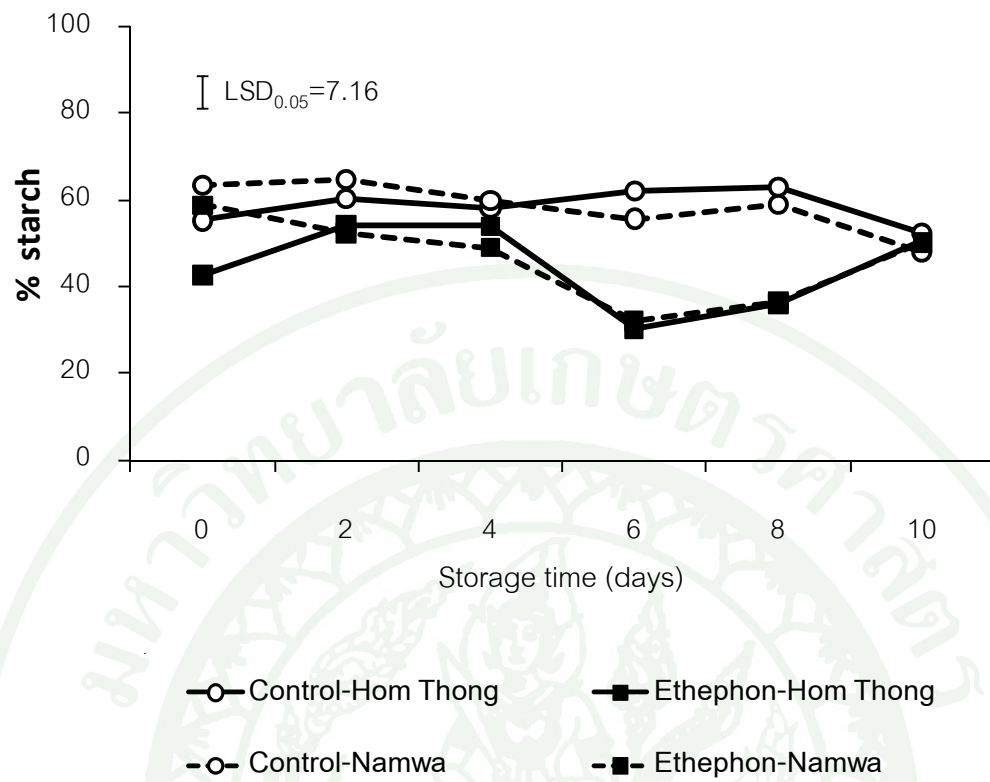


ภาพที่ 16 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้ว
ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

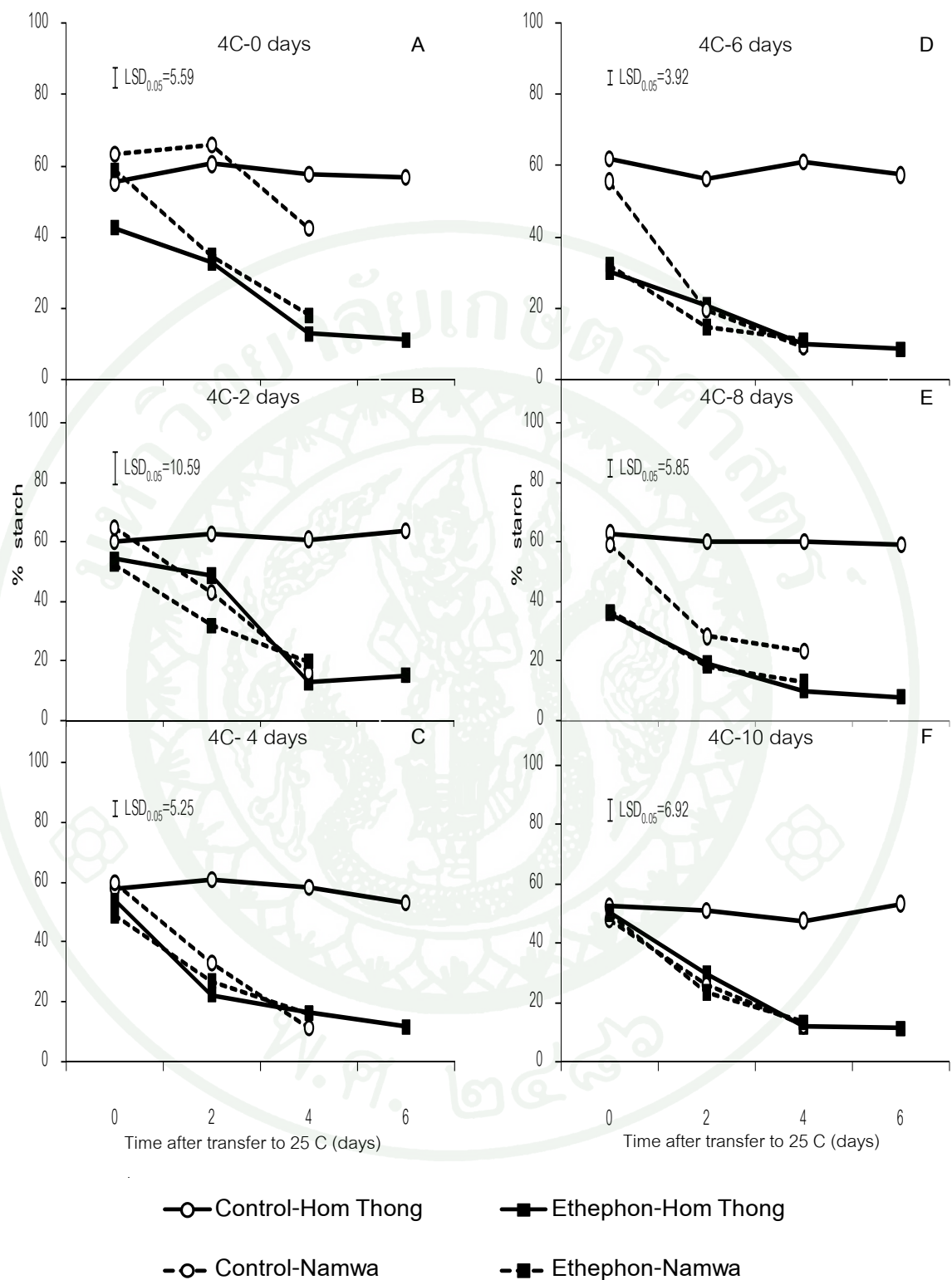
1.6 ปริมาณแป้งทั้งหมด

ผลกล้วยหอมทองทั้งสองทรีทเมนต์มีปริมาณแป้งค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลง ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณแป้งค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 17) เมื่อนำผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วหลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุมมีปริมาณแป้งทั้งหมดค่อนข้างคงที่หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 18)

สำหรับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมมีปริมาณแป้งทั้งหมดค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา แต่ผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 17) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าทั้งสองทรีทเมนต์มีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลง โดยผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลงเร็วกว่าผลกล้วยชุดควบคุม (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 17 ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

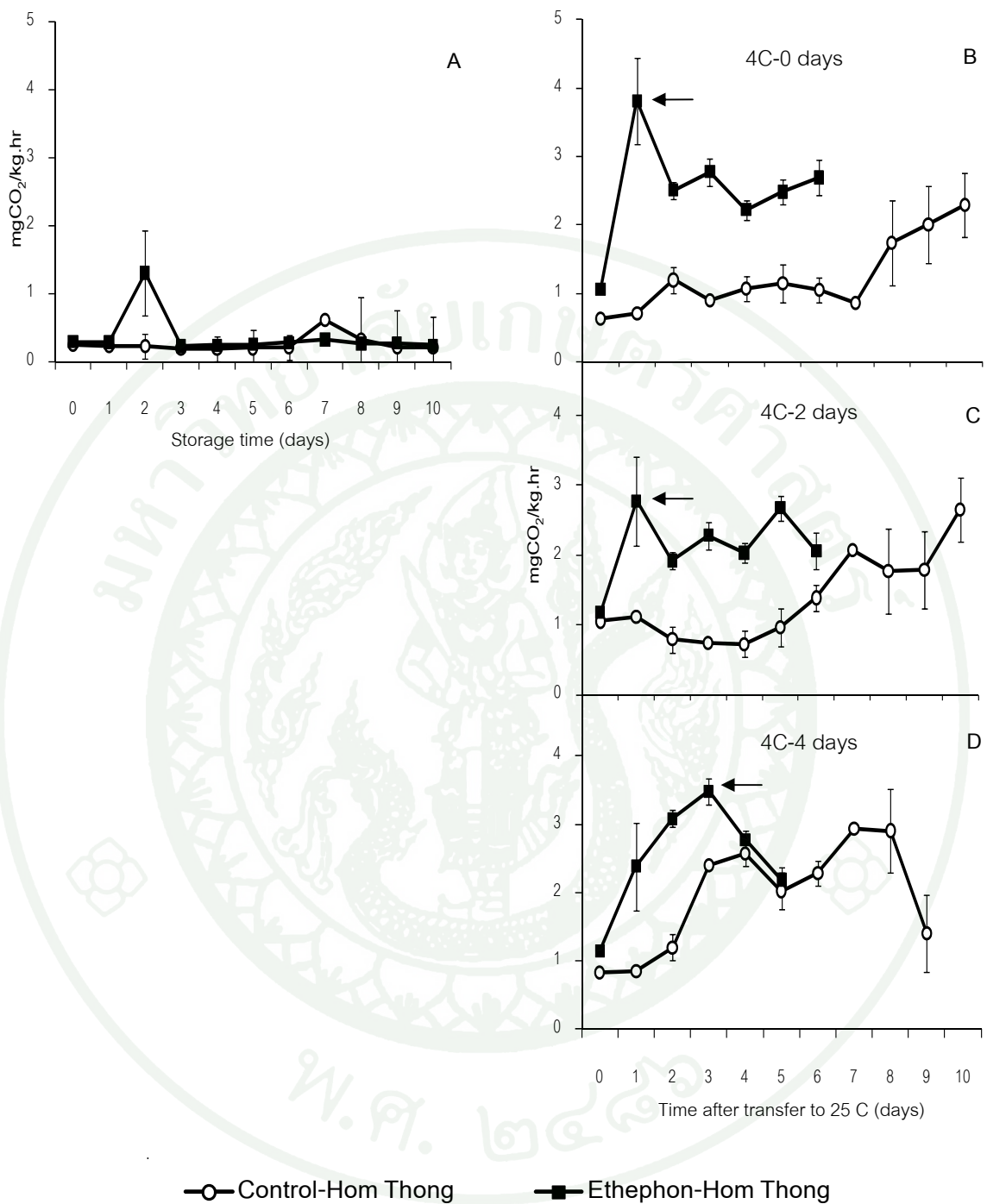


ภาพที่ 18 ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

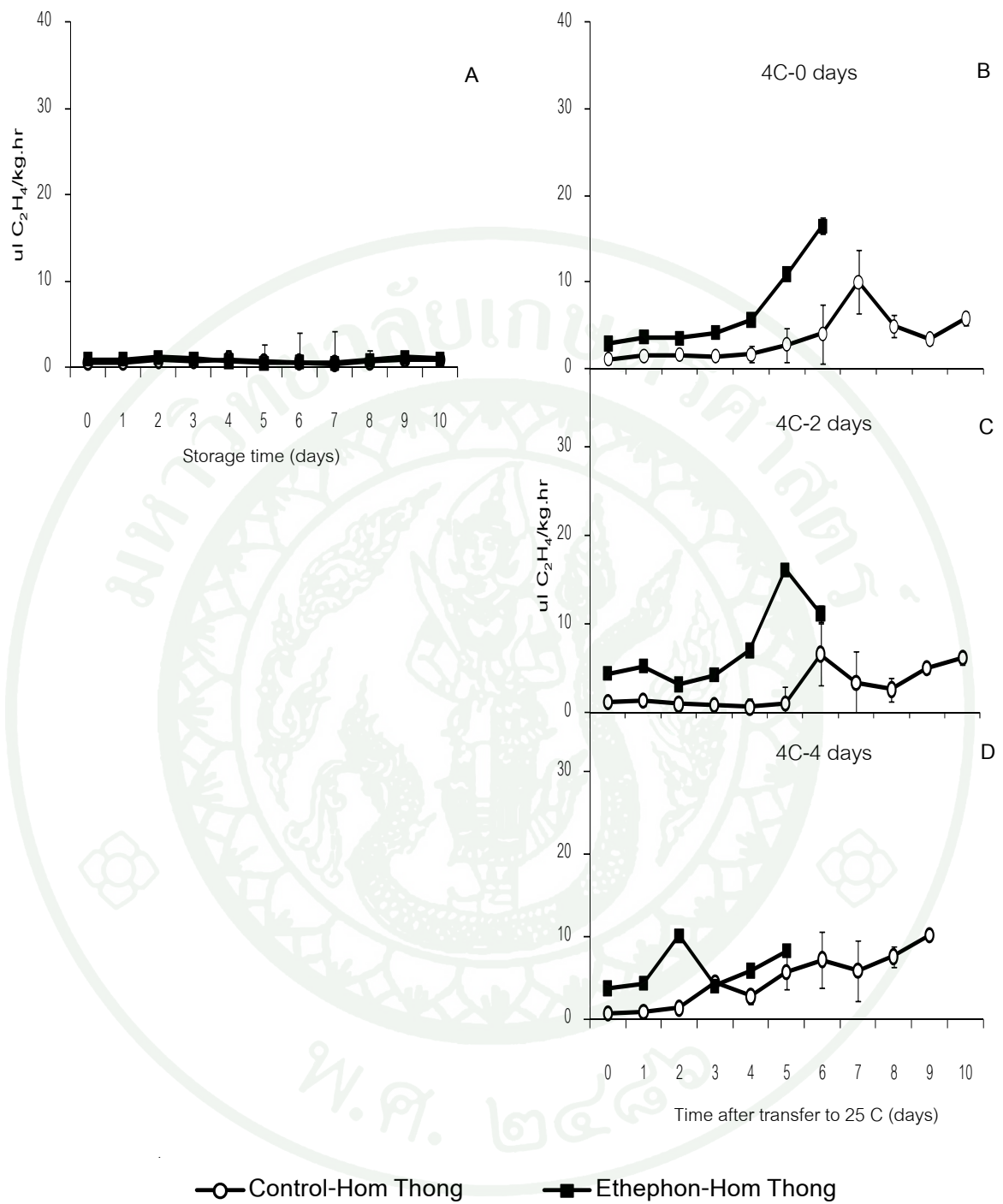
1.7 อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน

อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่ทั้งสองทรีทเมนต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 19A และ 20A) ภายหลังจากย้ายผลกล้วยจากอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอน และชุดควบคุมมี อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น แต่เวลาการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจแตกต่างกัน โดยพบว่าผลกล้วย หอมทองที่แช่เอทิฟอนมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 ก่อนผลกล้วยหอมทองชุดควบคุมที่มี อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 5 และ 2 หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 19B-19D) ในขณะที่การผลิตเอ ทิลีนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ แต่ผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีการ ผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ก่อนผลกล้วยหอมทองชุดควบคุมที่มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นประมาณ วันที่ 6 และ 3 หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 2 และ 4 วัน แล้วย้ายมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20B-20D)

สำหรับผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการ หายใจ และการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่ทุกทรีทเมนต์ (ภาพที่ 21A และ 22A) เมื่อย้ายมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น โดยพบว่าผล กล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียส ก่อนผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นประมาณวันที่ 3 หลังเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 4 และ 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21B-22D) ในขณะที่การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีการผลิตเอทิลีนเพิ่ม ขึ้นในวันที่ 1 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อย ๆ ลดลง ก่อนผลกล้วยน้ำว้า ชุดควบคุมที่มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นประมาณวันที่ 3 และ 5 หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 0 4 และ 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 21B-22D)

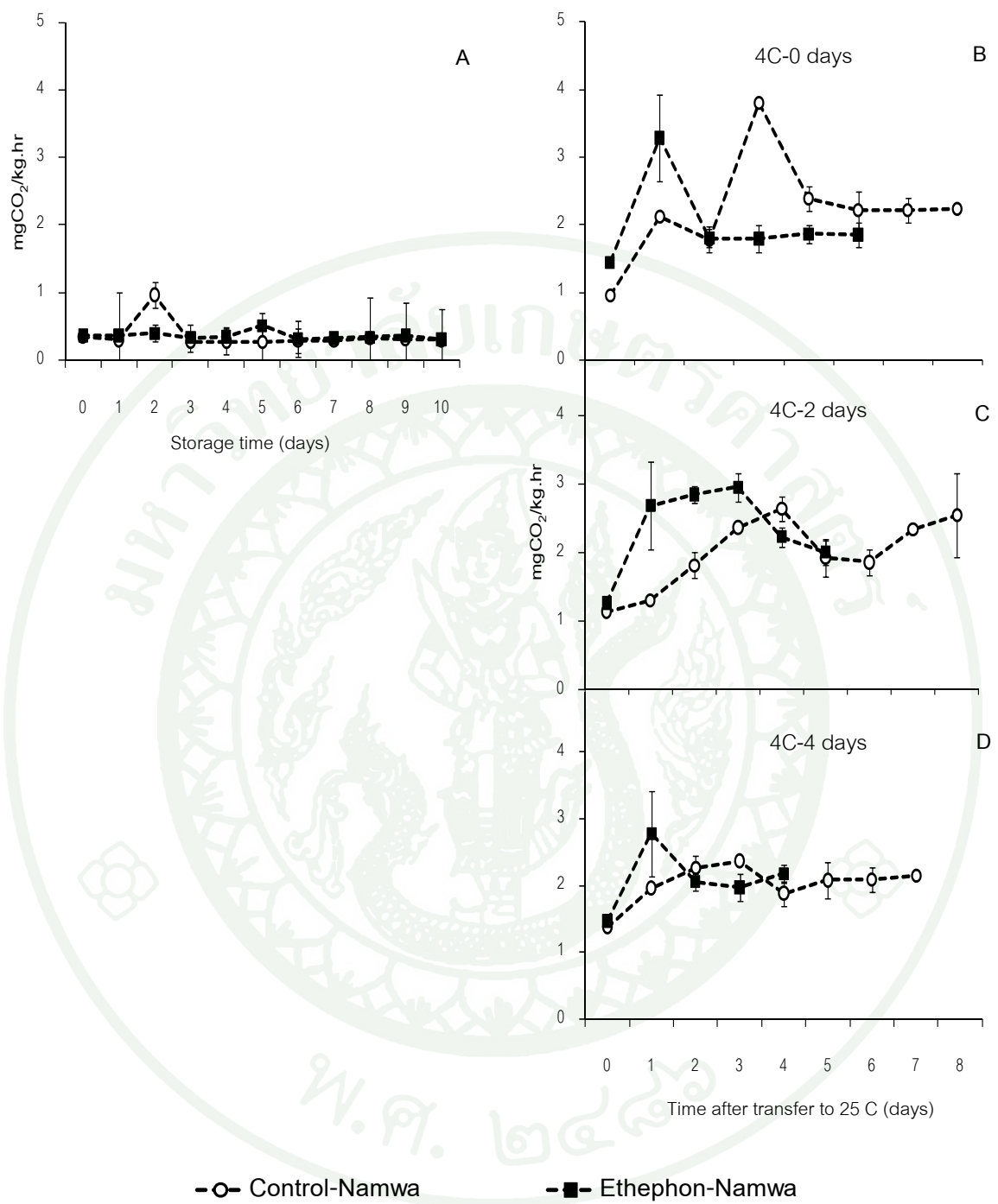


ภาพที่ 19 อัตราการหายใจของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ
 ลูกศรแสดง peak ของการหายใจ
 I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

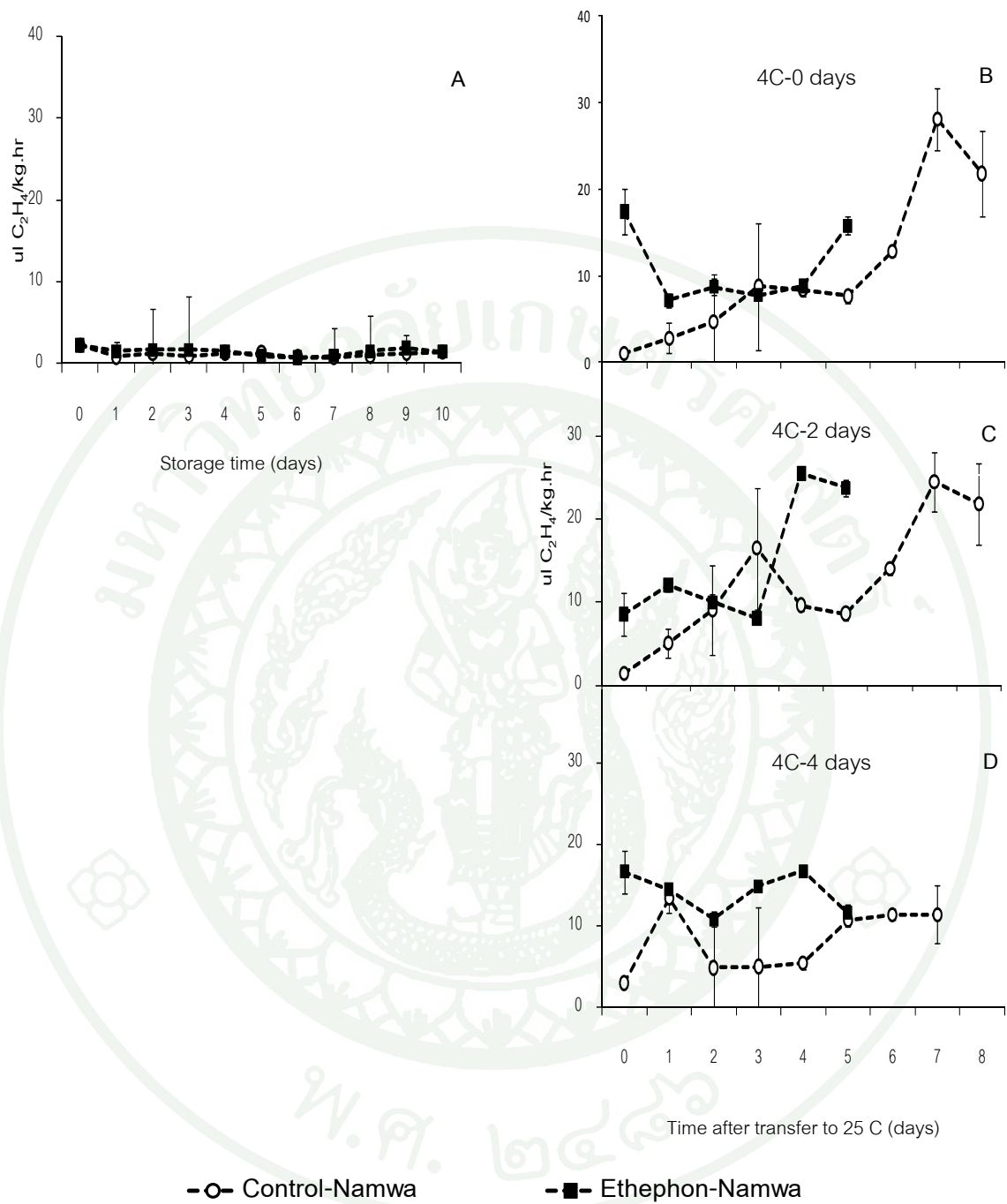


ภาพที่ 20 การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



ภาพที่ 21 อัตราการหายใจของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
 I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



ภาพที่ 22 การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

I

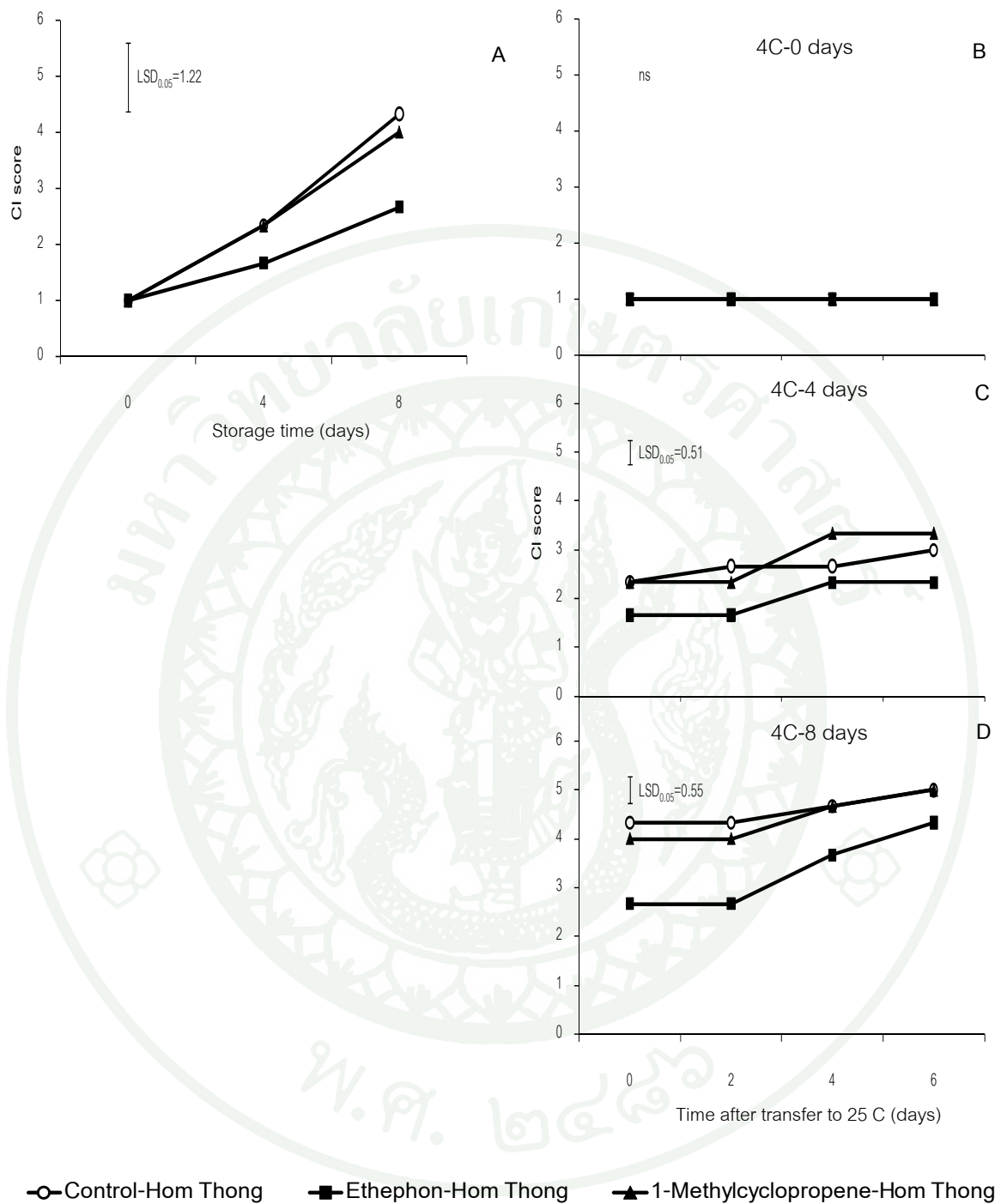
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของเอทิลีน และสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ต่ออาการ สะท้อนหนาวในกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผลกล้วยระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ

2.1.1 ระดับอาการสะท้อนหนาว

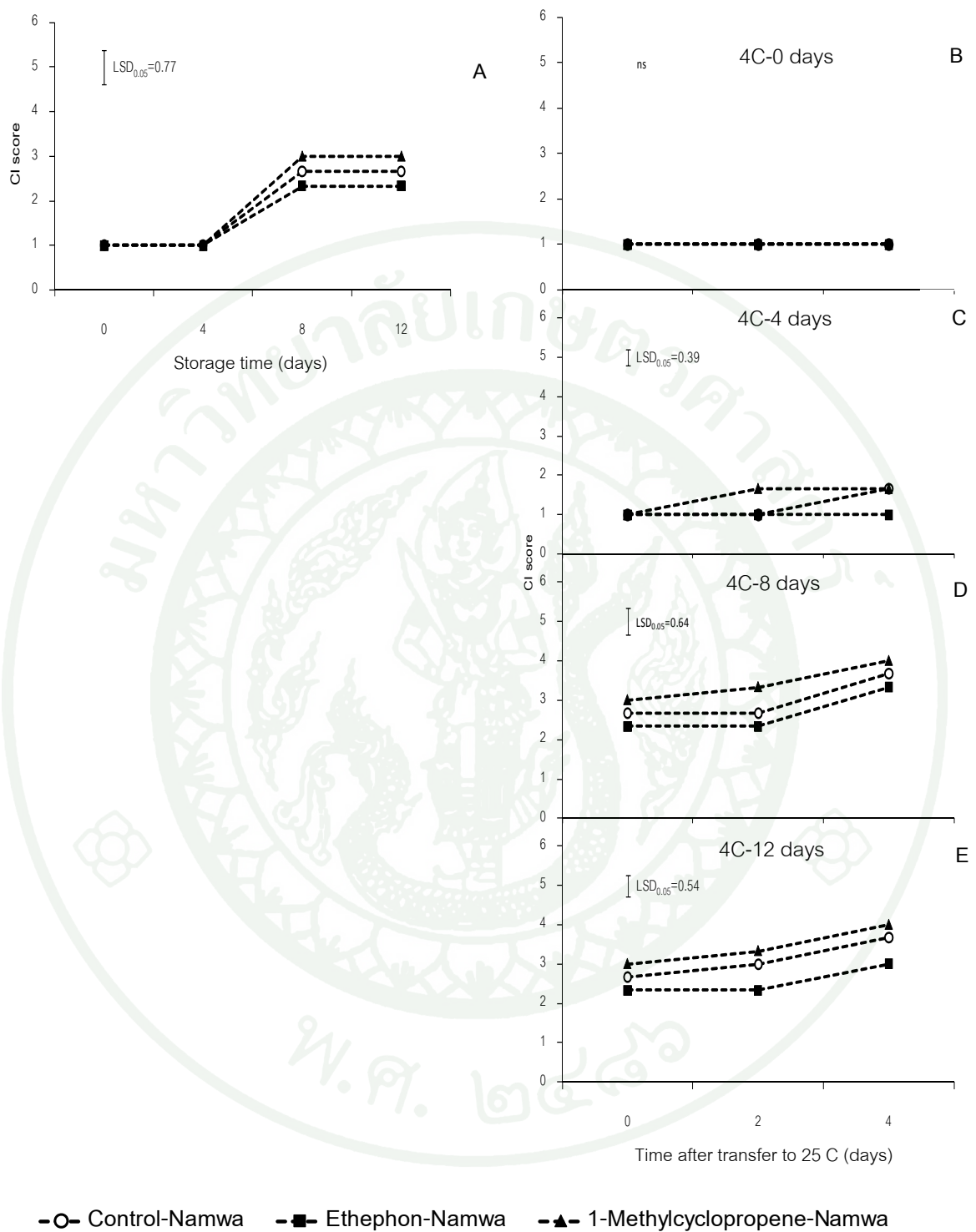
ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม แห่เอทิลฟอน และรวมด้วยสาร 1-MCP เริ่มแสดงอาการ สะท้อนหนาวพร้อมกันในวันที่ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และพบว่าผล กล้วยหอมทองในทุกทรีทเมนต์มีระดับอาการสะท้อนหนาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นวันที่ 8 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยผลกล้วยหอมทองที่แห่เอทิลฟอนแสดงอาการ สะท้อนหนาวน้อยกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 23A) สำหรับผลกล้วย หอมทองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 4 และ 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยที่ย้ายมาในวันแรกจะไม่แสดงอาการสะท้อนหนาว แต่เมื่อเก็บ รักษาเป็นเวลา 4 และ 8 วัน ผลกล้วยหอมทองที่แห่เอทิลฟอนแสดงอาการสะท้อนหนาวน้อยที่สุดเมื่อ เทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP นอกจากนี้ยังพบว่าระดับอาการ สะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นภายหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 23B-23D)

ผลกล้วยน้ำว้าเริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาวในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยผลกล้วย น้ำว้าที่แห่เอทิลฟอนมีระดับอาการสะท้อนหนาวน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP และมีระดับอาการสะท้อนหนาวเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น (ภาพที่ 24A) สำหรับผลกล้วยน้ำว้าที่ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในวันที่ 0 4 8 และ 12 พบว่าในวันที่ 4 และ 8 ผลกล้วยน้ำว้าทุกทรีทเมนต์มีระดับอาการสะท้อนหนาวใกล้เคียงกัน ยกเว้นวันที่ 12 ผลกล้วยน้ำว้าที่แห่เอทิลฟอนมีระดับอาการสะท้อนหนาวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชุด ควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 24B-24E)



ภาพที่ 23 ระดับอาการสะท้อนหนาวของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

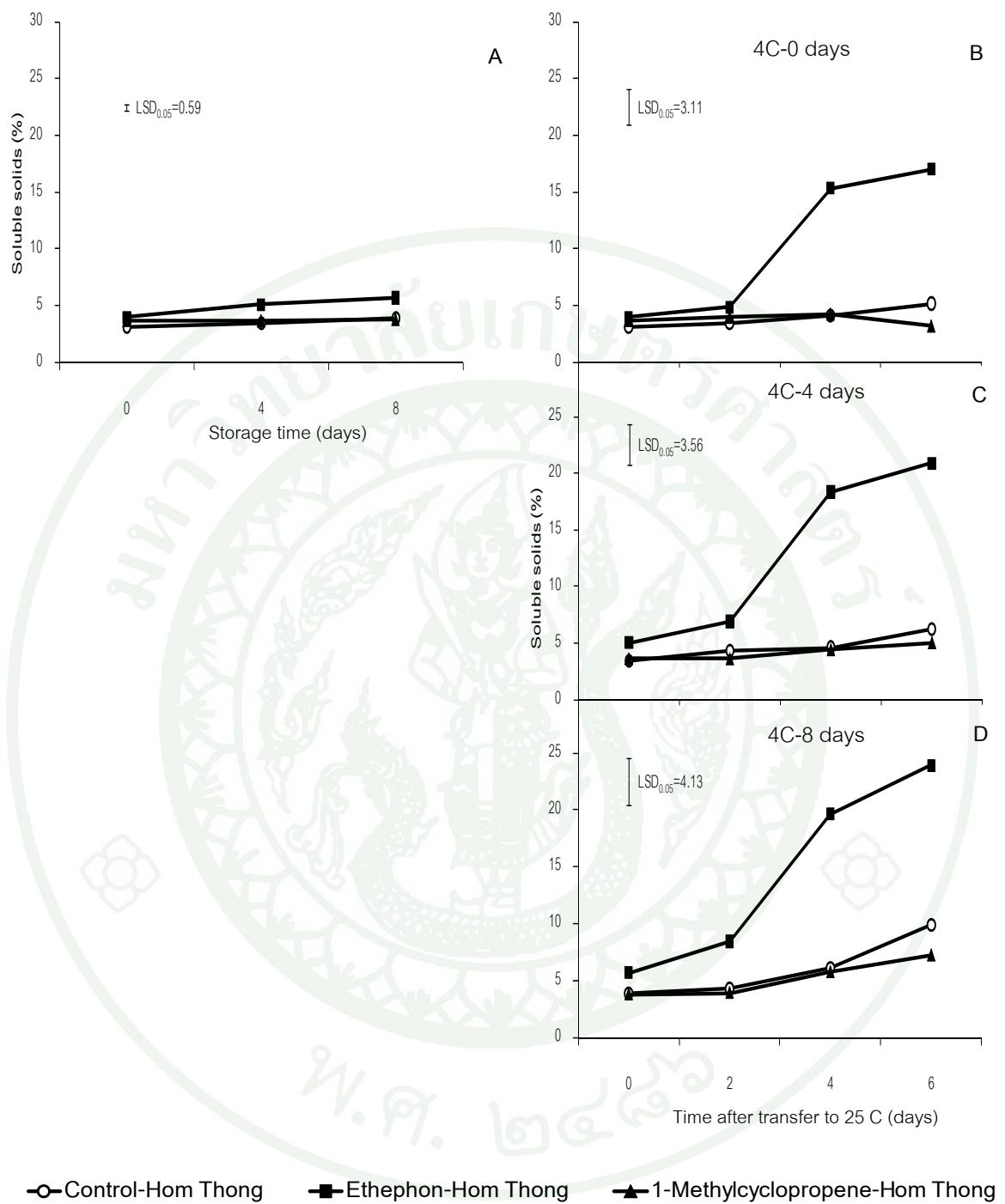


ภาพที่ 24 ระดับอาการสะท้อนหนาวของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

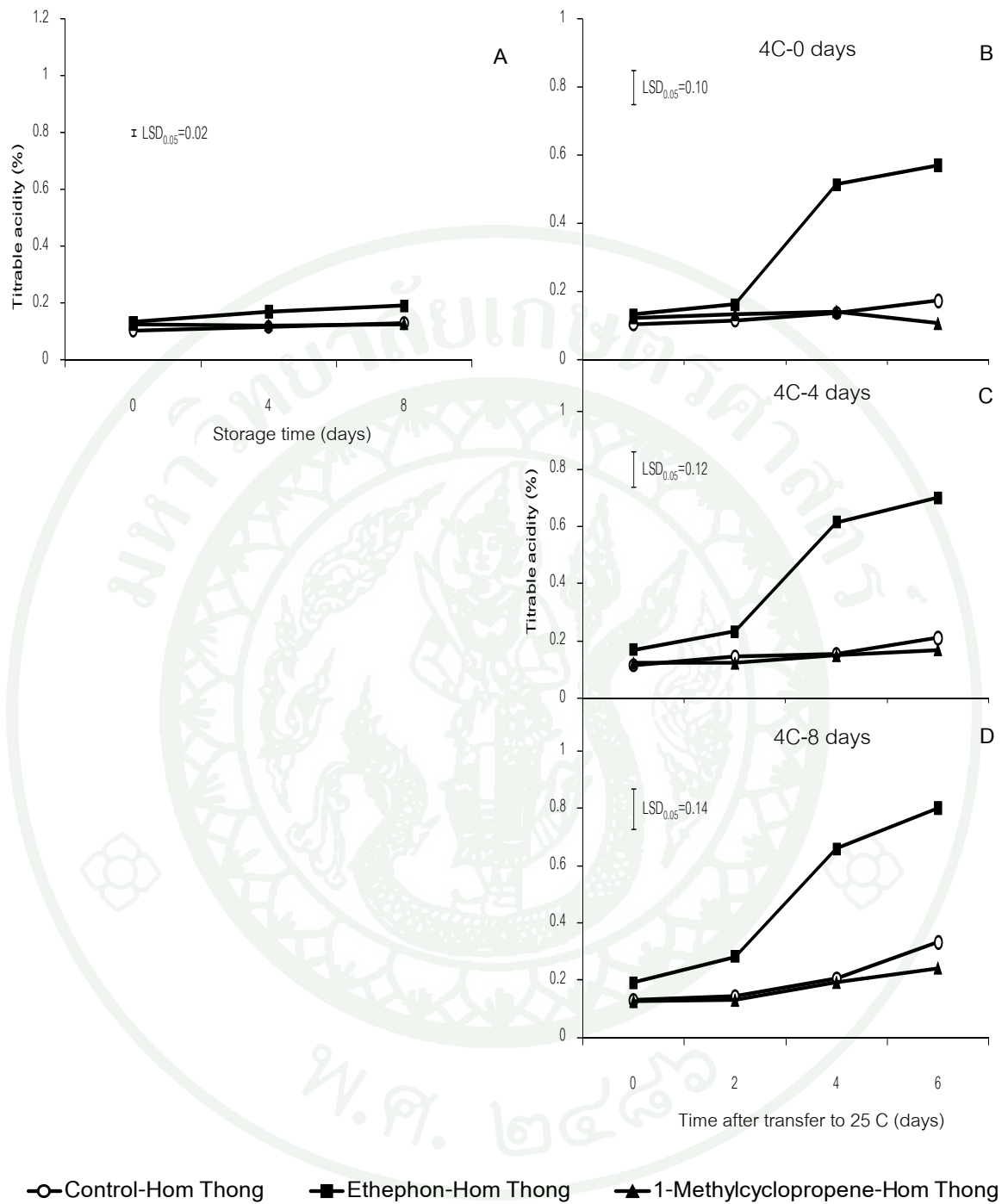
2.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม แะเอทิฟอน และรวมด้วยสาร 1-MCP ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 25A และ 26A) แต่เมื่อนำผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แะเอทิฟอน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้น และมีปริมาณ SS และ TA มากกว่าผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 25B-25D และ 26B-26D)

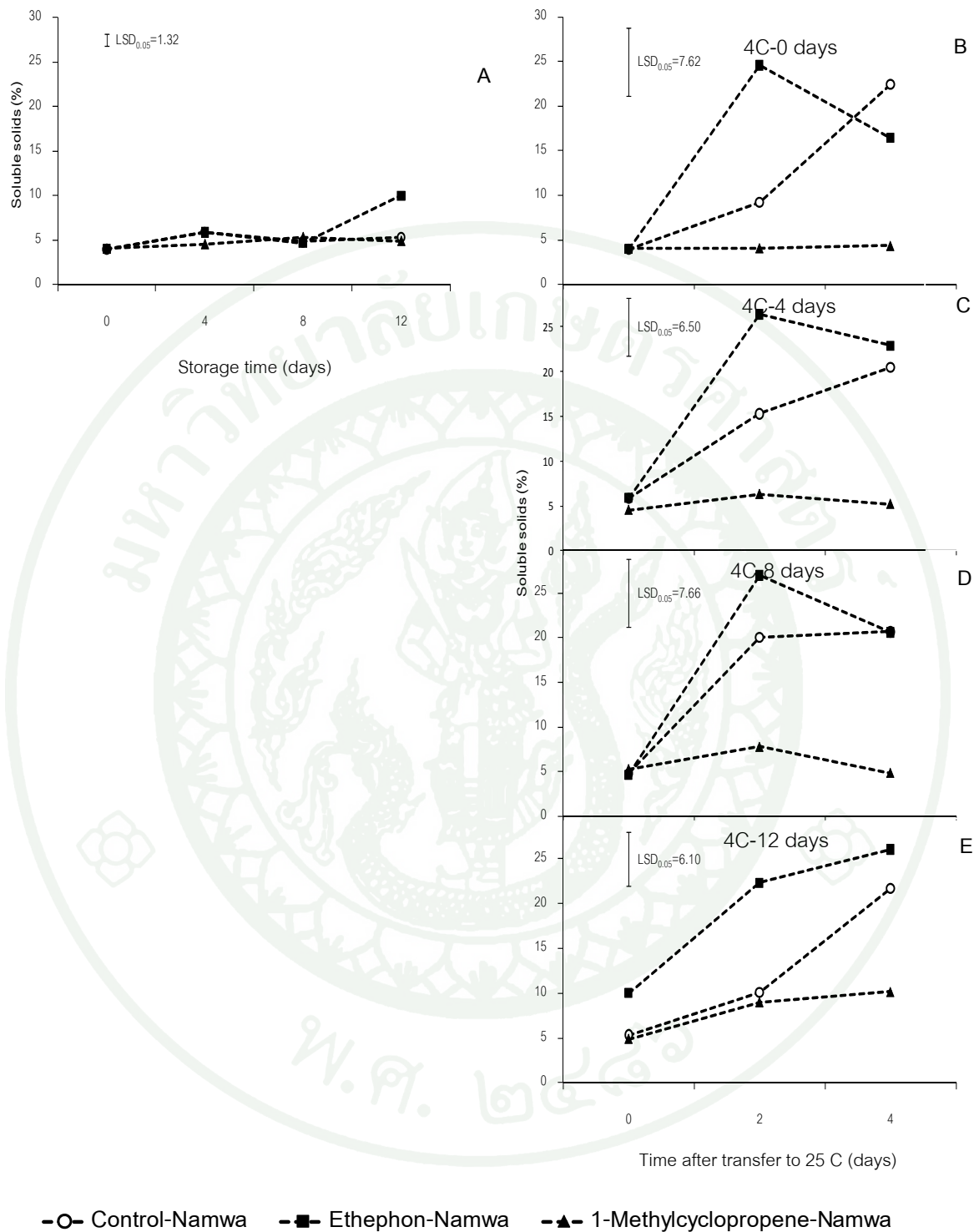
ผลกล้วยน้ำว้าทุกที่รีทเมนต์มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ค่อนข้างคงที่ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27A และ 28A) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และที่แะเอทิฟอนมีปริมาณ SS และ TA เพิ่มขึ้น และมีปริมาณมากกว่าผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP โดยผลกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณ SS และ TA ค่อนข้างคงที่ภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 27B-27D และ 28B-28E)



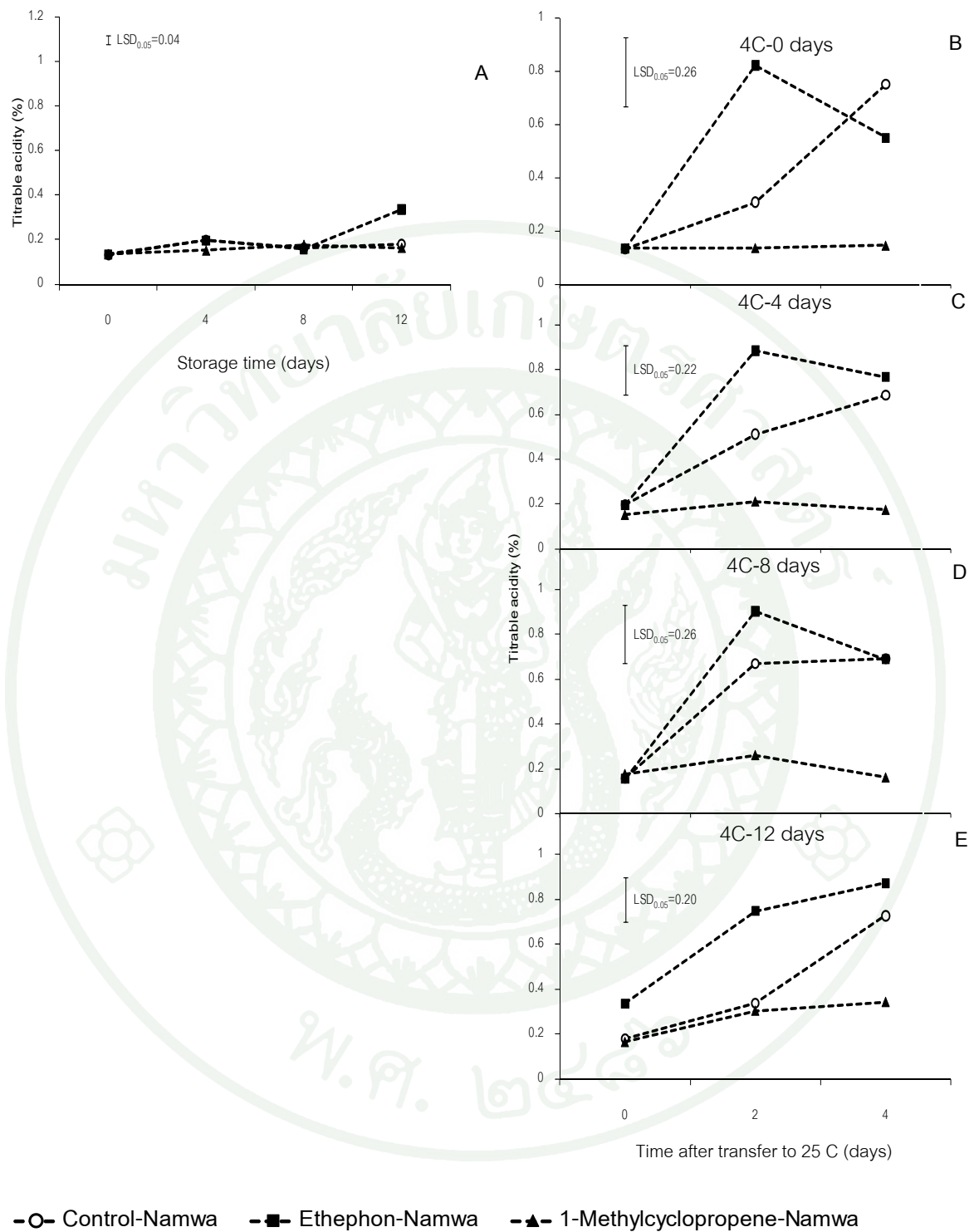
ภาพที่ 25 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 26 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 27 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

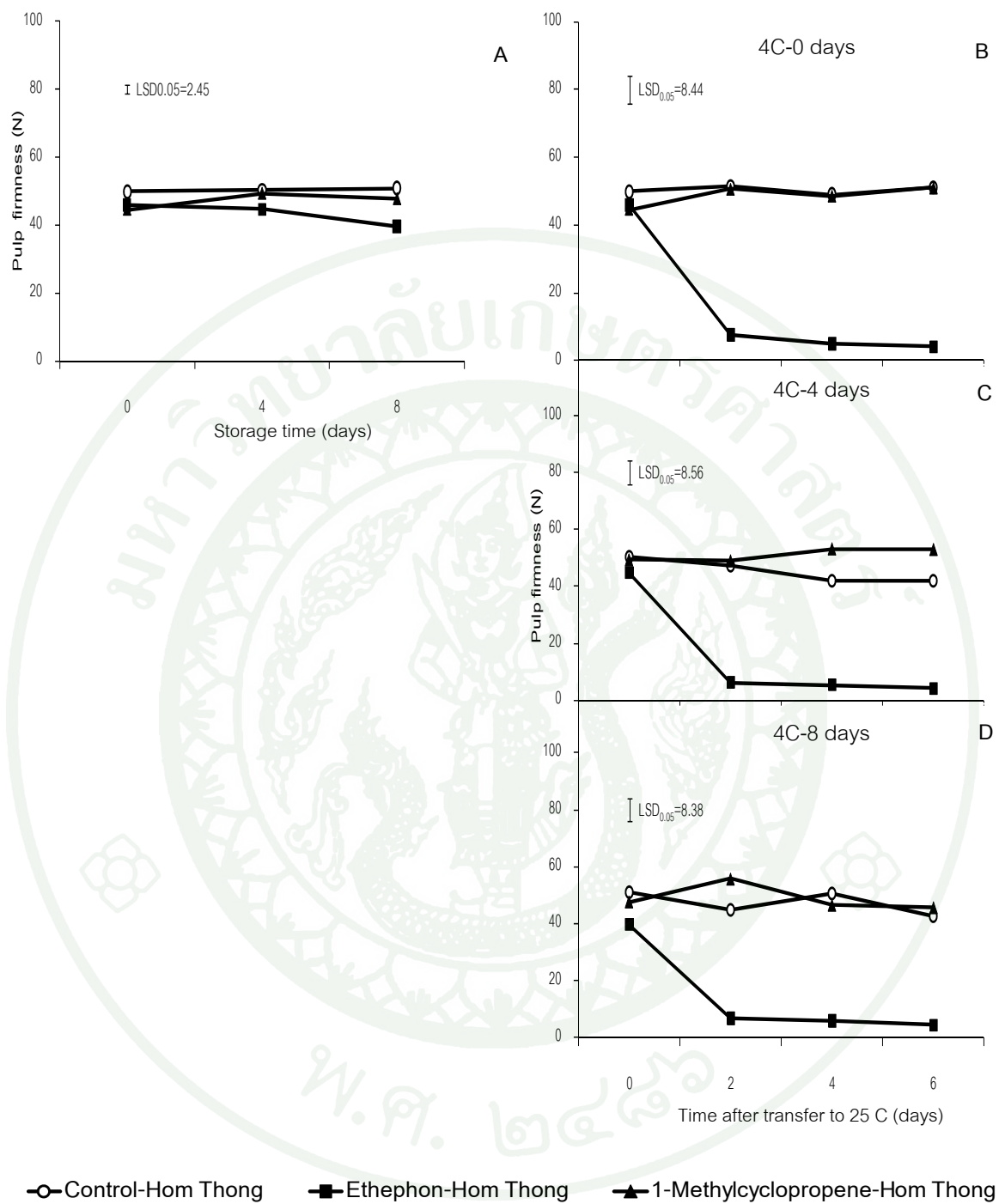


ภาพที่ 28 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

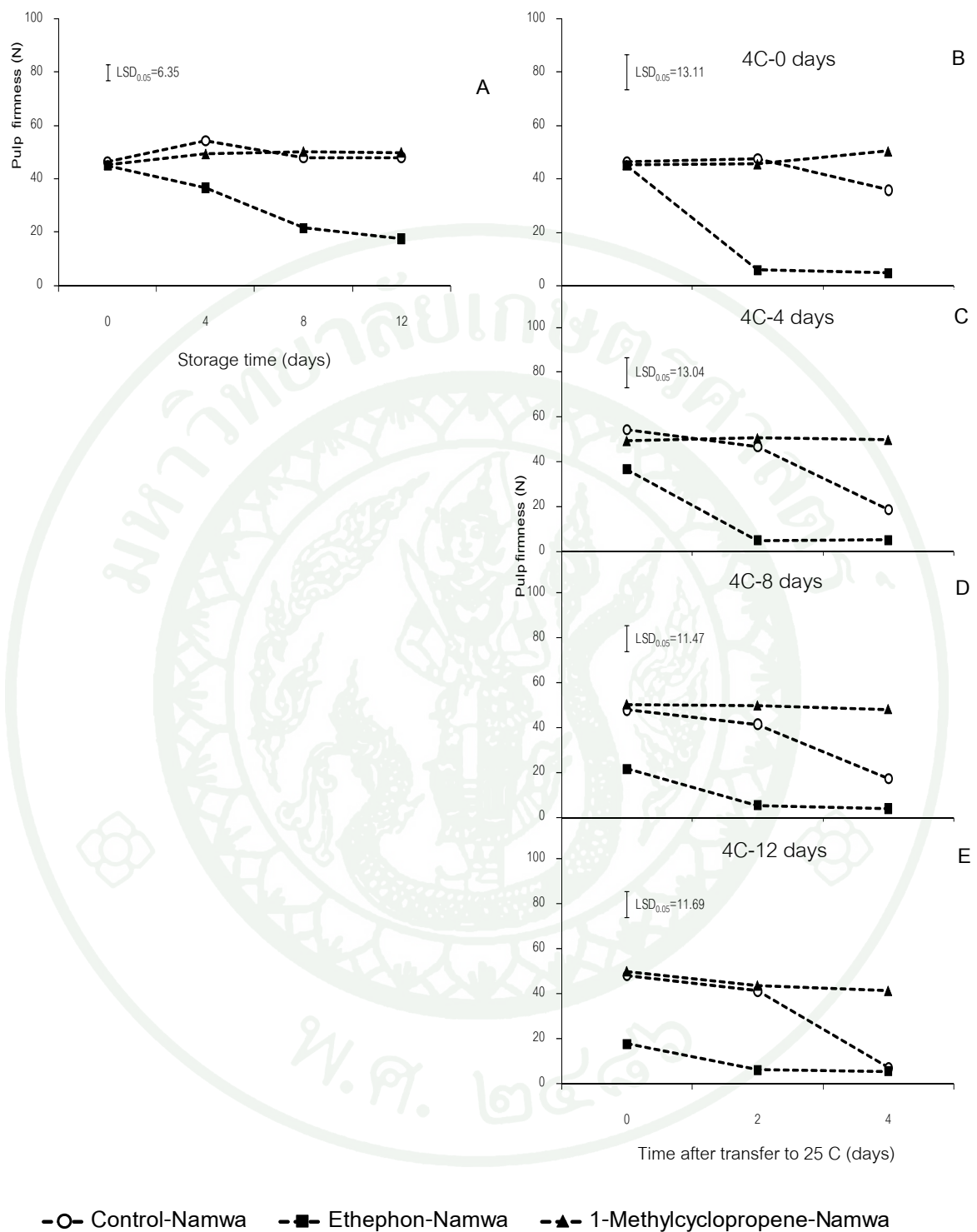
2.1.3 ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อ

ผลกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์มีความแน่นเนื้อของเปลือก (ภาพผนวกที่ 10A) และเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 29A) เมื่อนำผลกล้วยหอมทองมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 4 และ 8 วันย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อของผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีความแน่นเนื้อของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ขณะที่ชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP มีความแน่นเนื้อของเนื้อค่อนข้างคงที่ภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 29B-29D) ยกเว้นกล้วยหอมทองที่ย้ายมาวางในวันที่ 8 ทุกทรีทเมนต์มีความแน่นเนื้อของเปลือกค่อนข้างคงที่ภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพผนวกที่ 10B-10D)

สำหรับผลกล้วยน้ำว้ามีความแน่นเนื้อของเปลือกใกล้เคียงกันในทุกทรีทเมนต์ (ภาพผนวกที่ 11) แต่ความแน่นเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีความแน่นเนื้อของเนื้อลดลง และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 30A) หลังจากนั้นเมื่อย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแน่นเนื้อของเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ขณะที่ผลกล้วยชุดควบคุมมีความแน่นเนื้อลดลงเล็กน้อยในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่มีความแน่นเนื้อของเนื้อค่อนข้างคงที่เมื่อย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 30B-30E)



ภาพที่ 29 ความแน่นเนื้อของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 30 ความแน่นเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

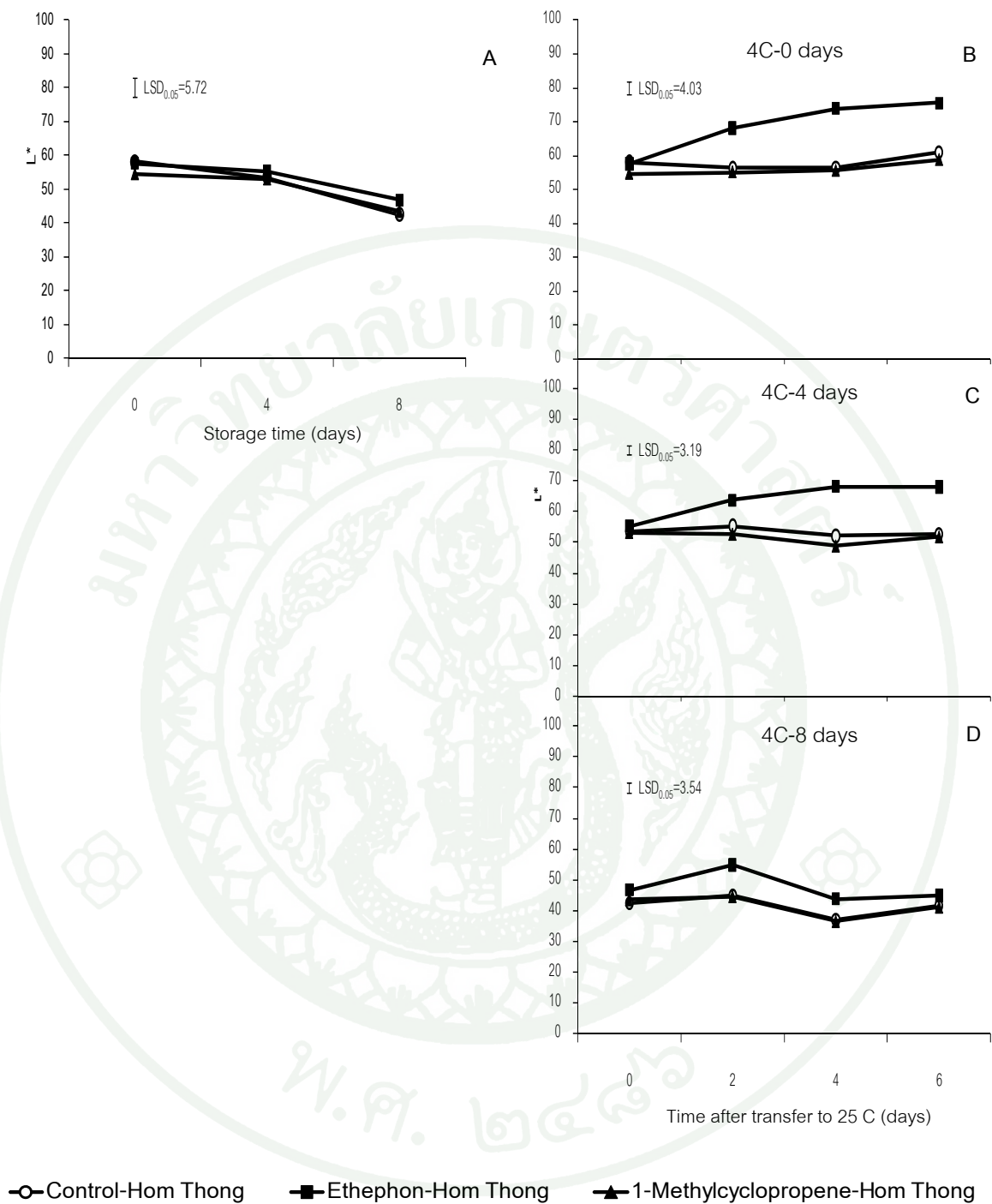
2.1.4 การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม แห่เอทิฟอน และรวมด้วยสาร 1-MCP มีค่า L^* a^* และ b^* เปลี่ยนแปลงไม่มากนักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองมาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า L^* a^* และ b^* ของเนื้อผลกล้วยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าค่อนข้างคงที่ (ภาพผนวกที่ 12-14)

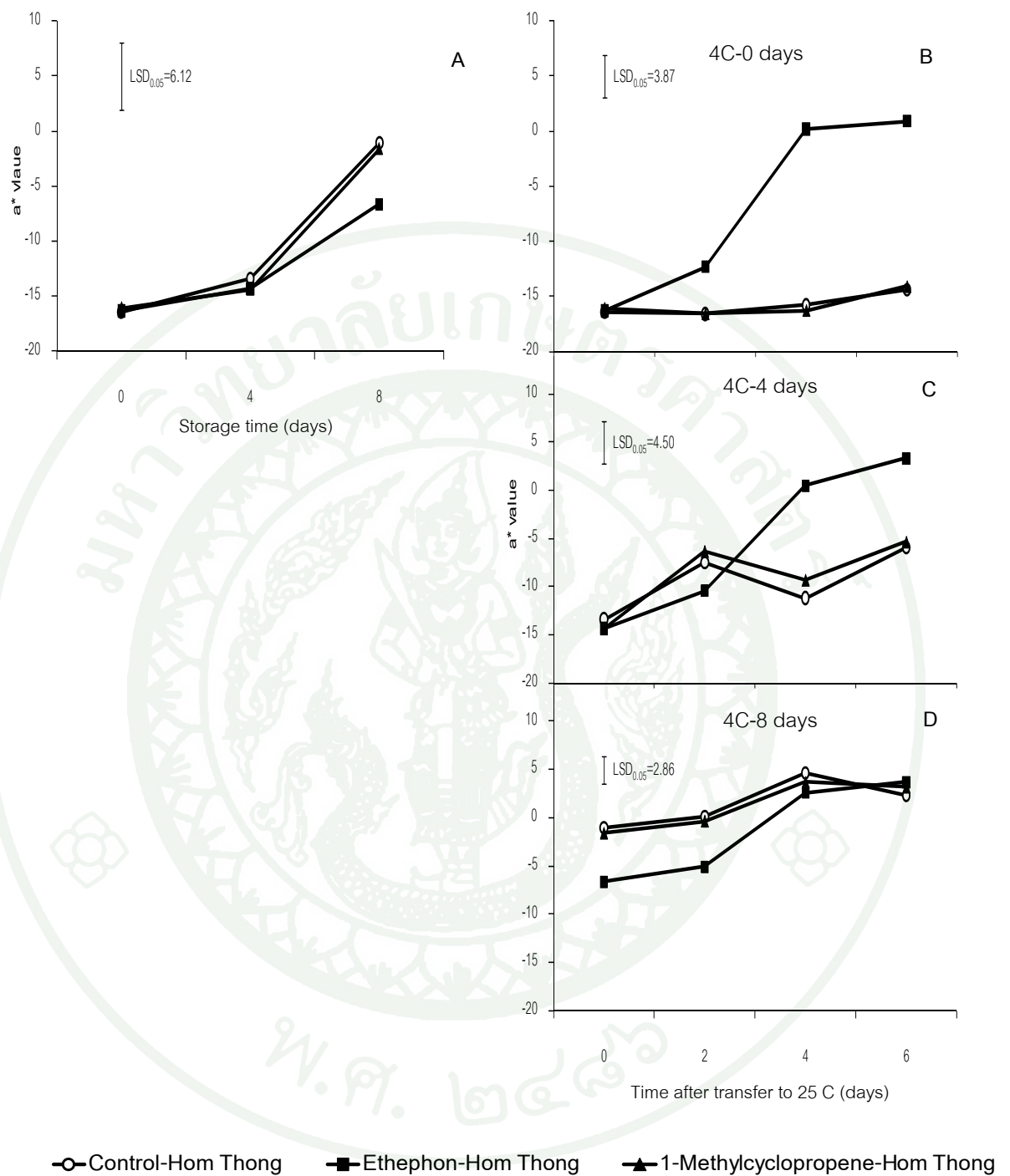
สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม แห่เอทิฟอน และรวมด้วยสาร 1-MCP มีค่า L^* a^* และ b^* เปลี่ยนแปลงไม่มากนักระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพผนวกที่ 15-17)

ผลกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าผิวผลมีค่า L^* a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าค่า L^* และ b^* มีค่าลดลง แต่ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 31A, 32A และ 33A) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าสีผิวผลของผลกล้วยหอมทองที่แห่เอทิฟอนมีค่า L^* a^* และ b^* แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP โดยพบว่าผิวผลกล้วยหอมทองที่แห่เอทิฟอนมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ในขณะที่ผิวผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ยังคงเป็นสีเขียวอยู่ ยกเว้นในวันที่ 8 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ผลกล้วยหอมทองมีค่า L^* a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันในทุกทรีทเมนต์ เนื่องจากผิวผลกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์มีผิวผลกล้วยเป็นสีดำทั้งผล (ภาพที่ 31B-31D, 32B-32D, 33B-33D และ 34)

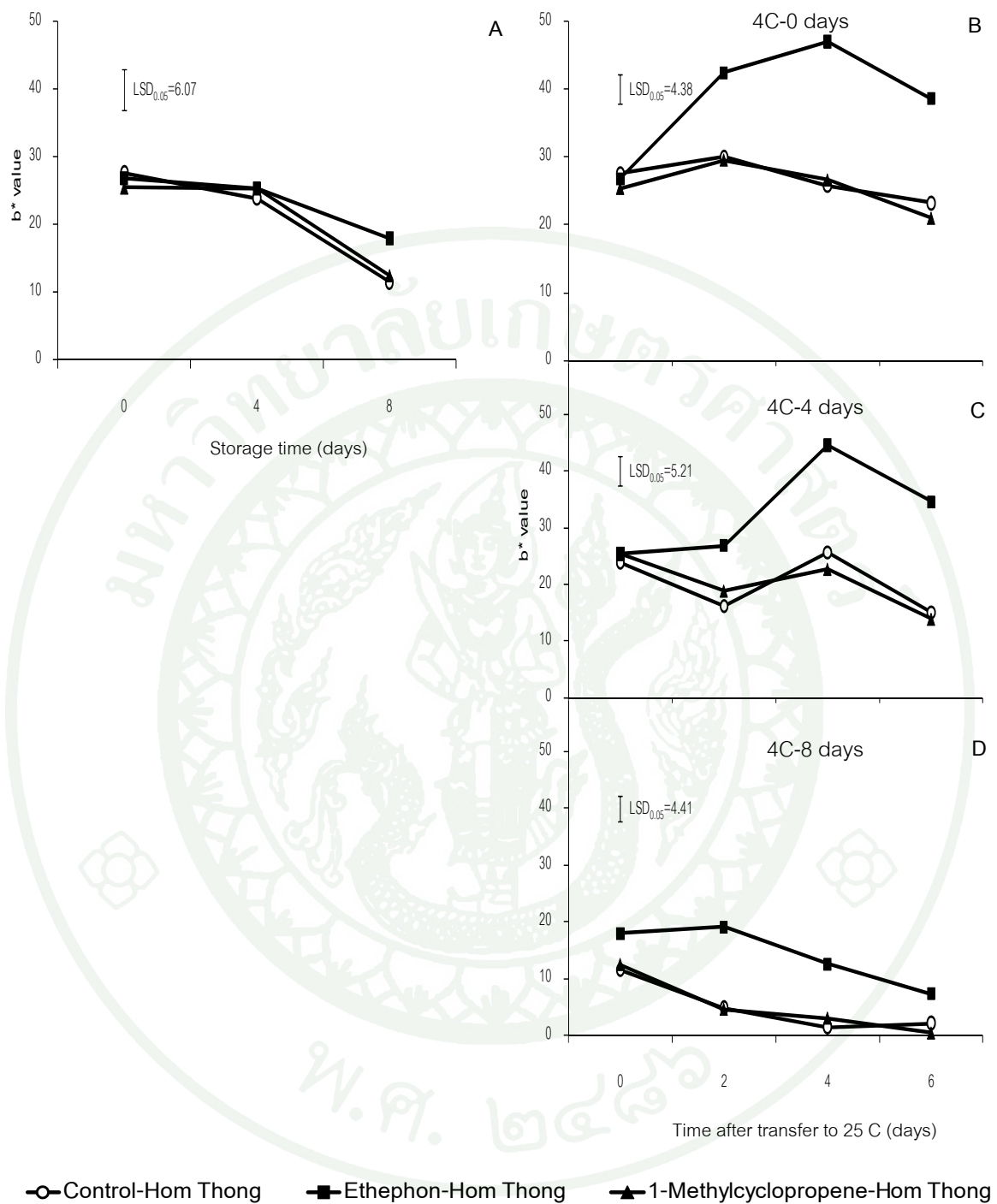
ผลกล้วยน้ำว้าทุกทรีทเมนต์ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสผิวของผลกล้วยมีค่า L^* a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 34A, 35A และ 36A) หลังย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียสผิวของผลกล้วยน้ำว้ามีค่า L^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่า a^* และ b^* ของผิวผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแห่เอทิฟอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยน้ำว้าที่รวมด้วยสาร 1-MCP โดยพบว่าผิวผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแห่เอทิฟอน มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ในขณะที่ผิวผลกล้วยน้ำว้าที่รวมด้วยสาร 1-MCP ยังคงเป็นสีเขียวอยู่ (ภาพที่ 35B-35E, 36B-36E, 37E-37E และ 38)



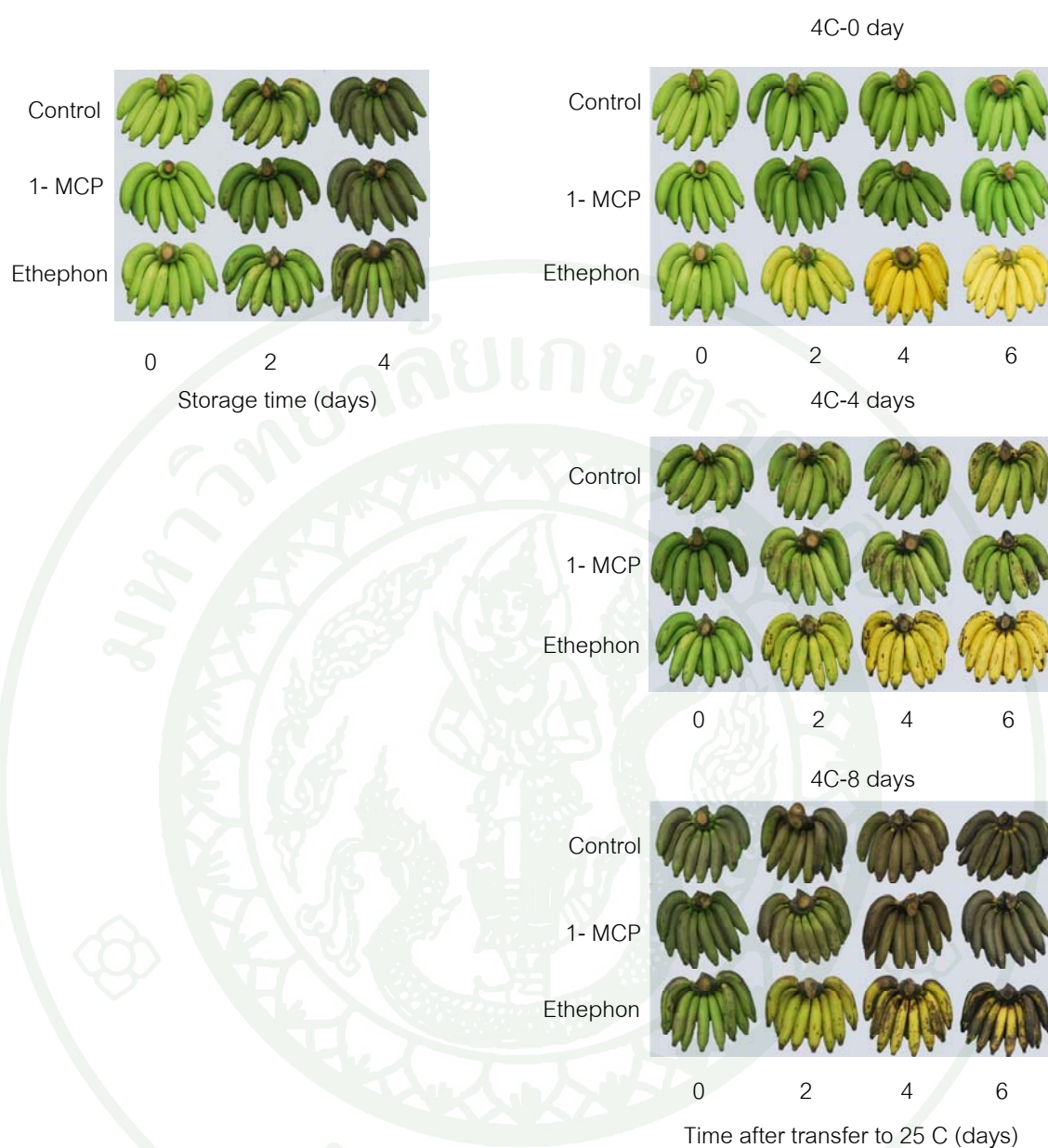
ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



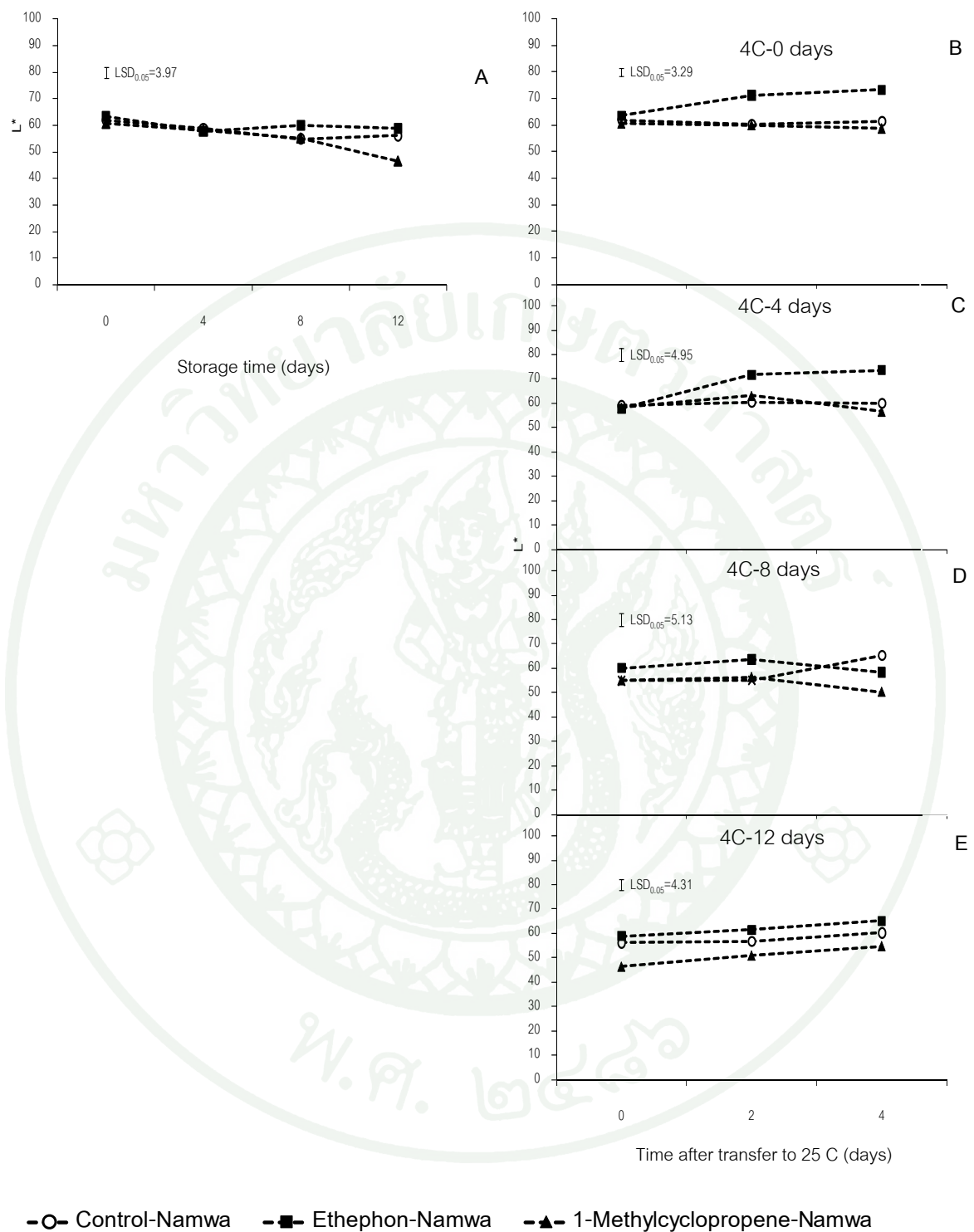
ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



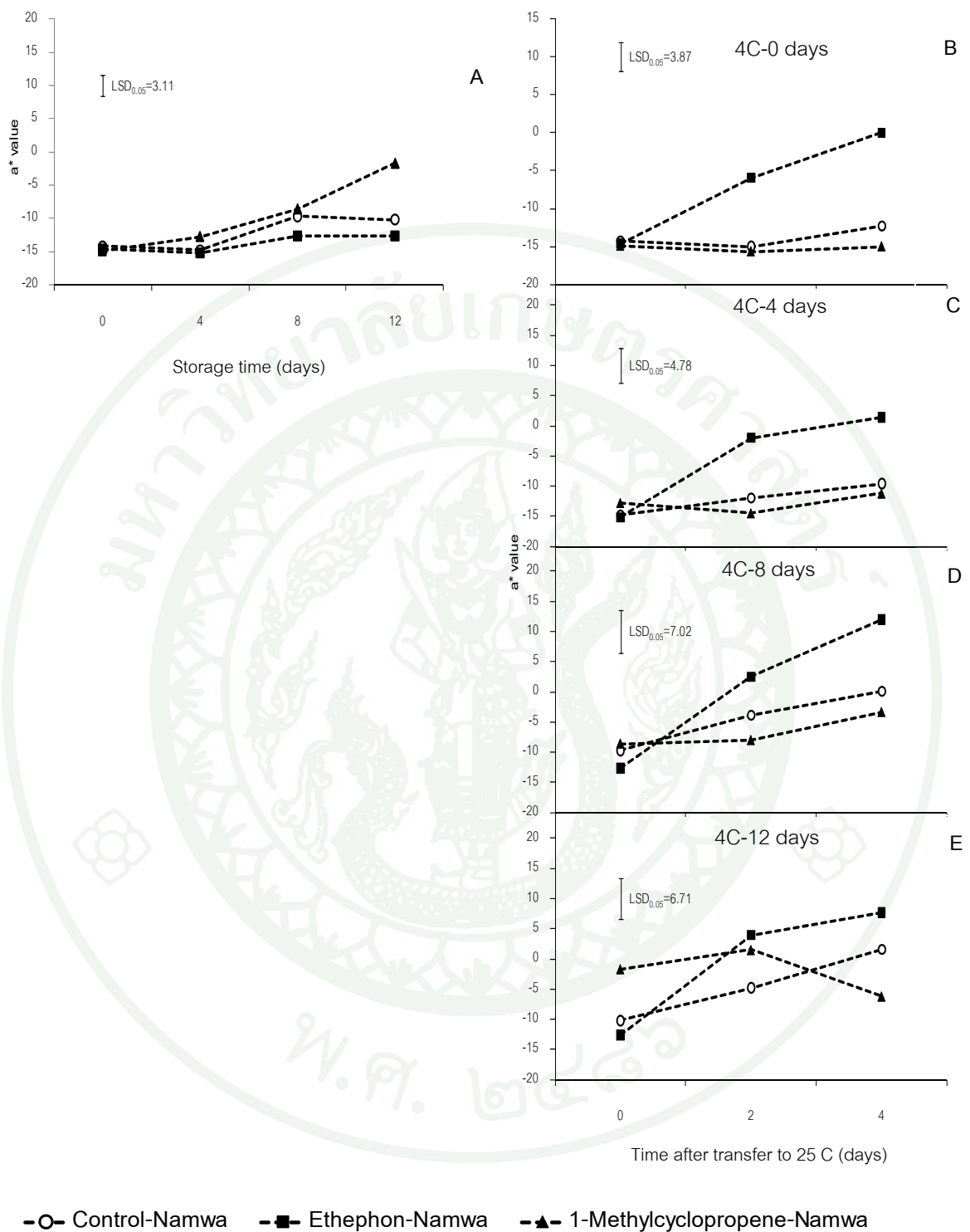
ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



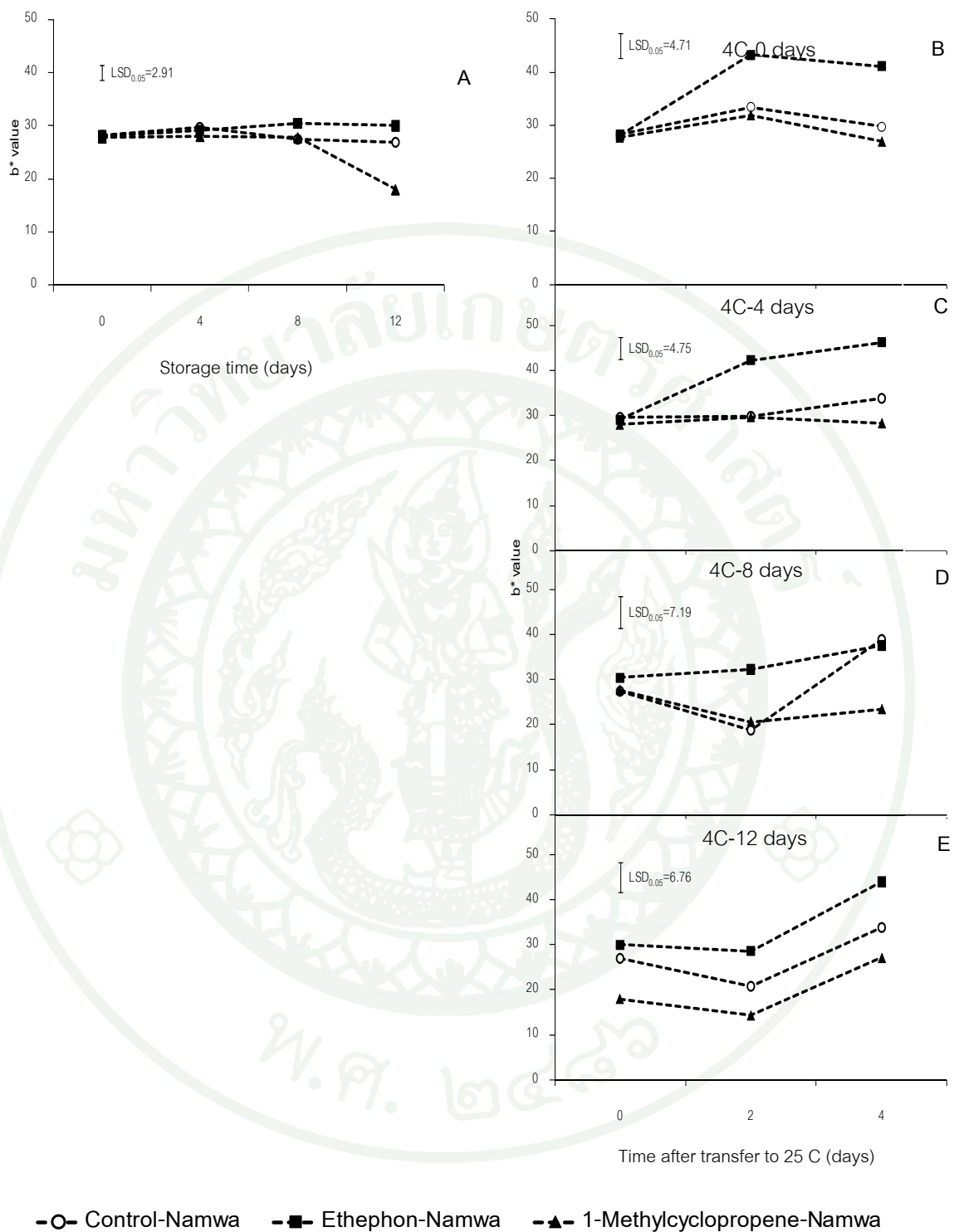
ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



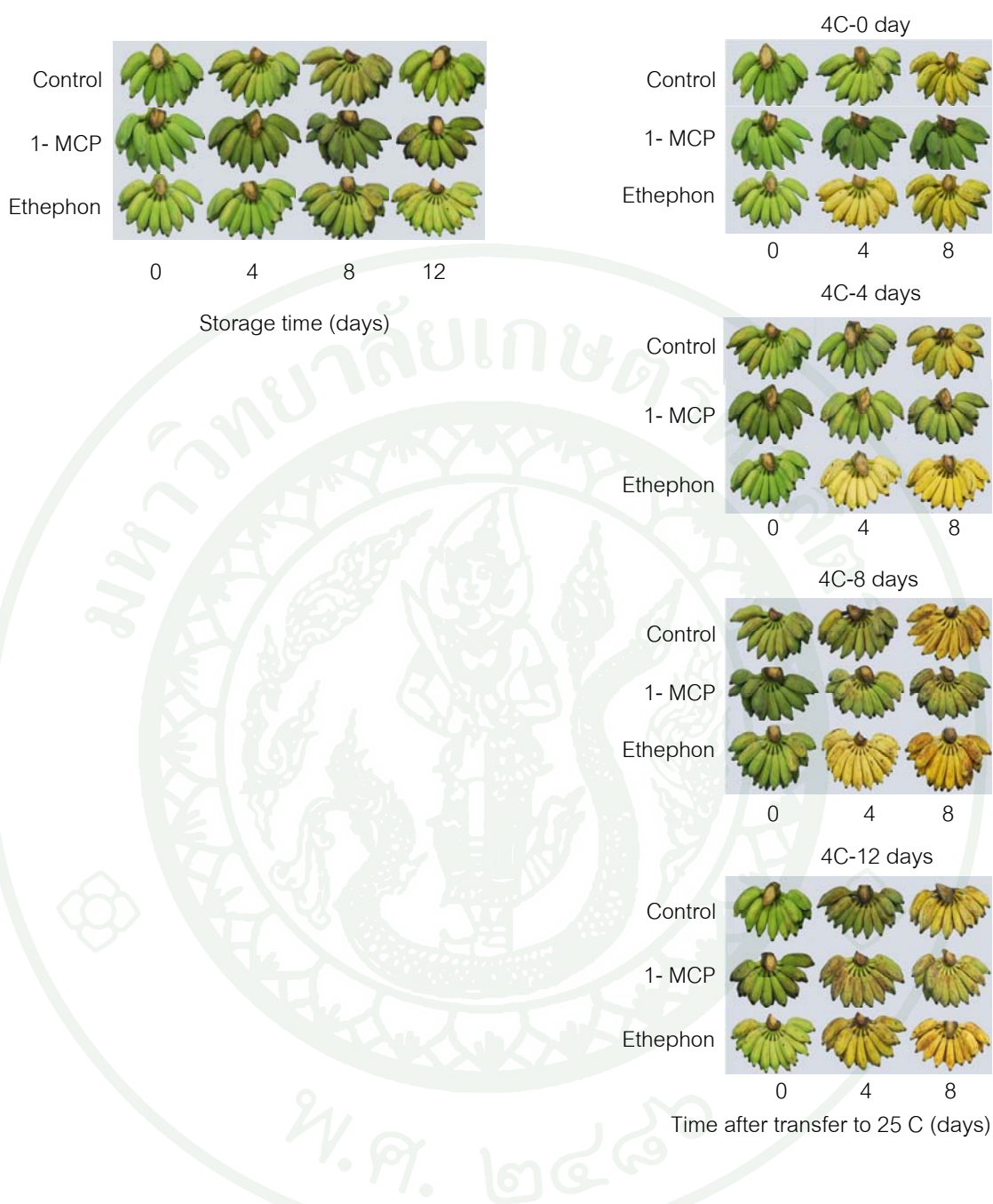
ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเปลือกผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเปลือกผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

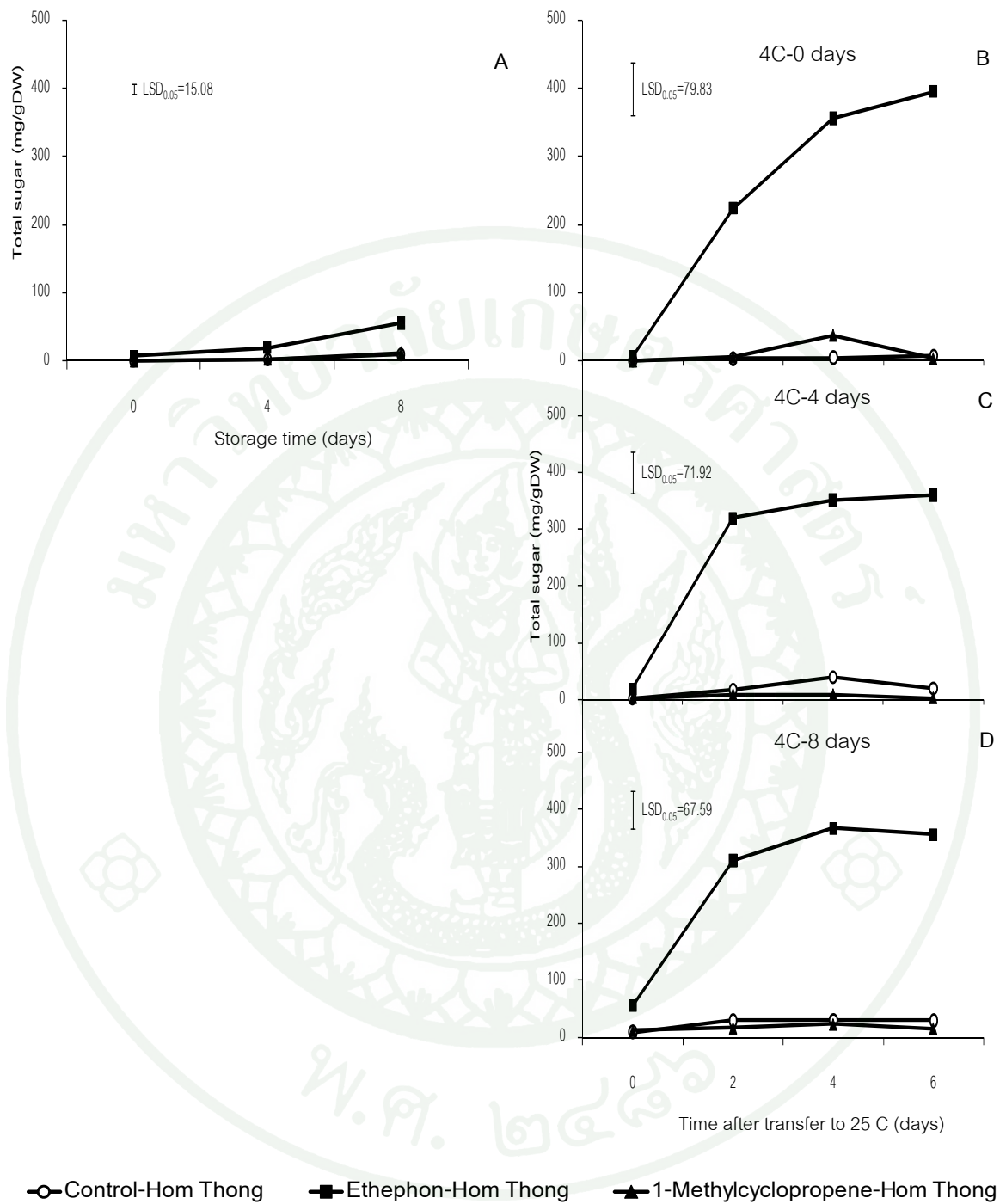


ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

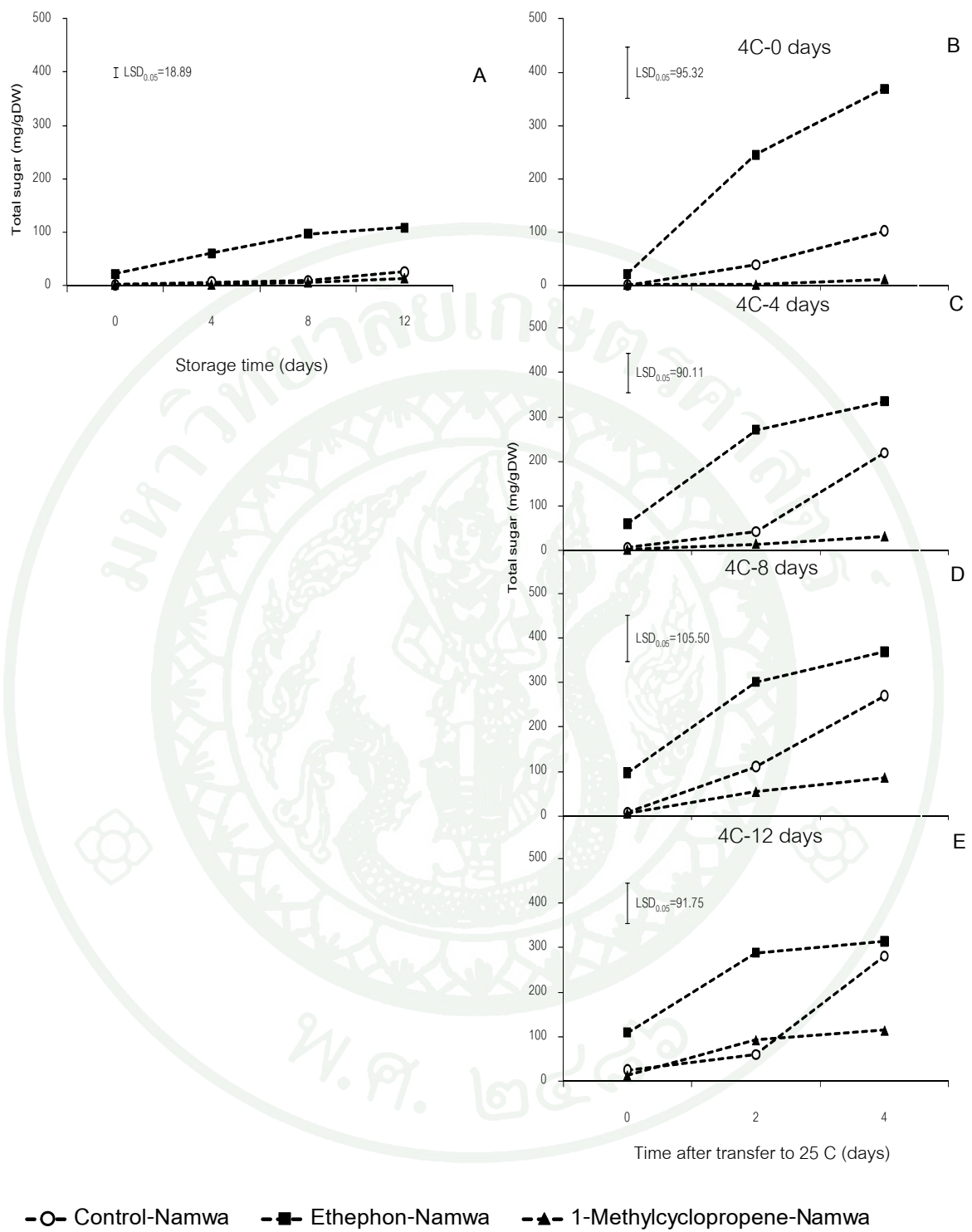
2.1.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม แะเอทิฟอน และรวมด้วยสาร 1-MCP ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา และมีปริมาณไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 39A) เมื่อนำผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แะเอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดค่อนข้างคงที่เมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 39B-39D)

สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในผลกล้วยน้ำว้าพบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แะเอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP และระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 40A) ภายหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยน้ำว้าที่แะเอทิฟอนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ขณะที่ผลกล้วยชุดควบคุมมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดค่อนข้างคงที่ตลอดภายหลังจากย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 40B-40E)



ภาพที่ 39 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

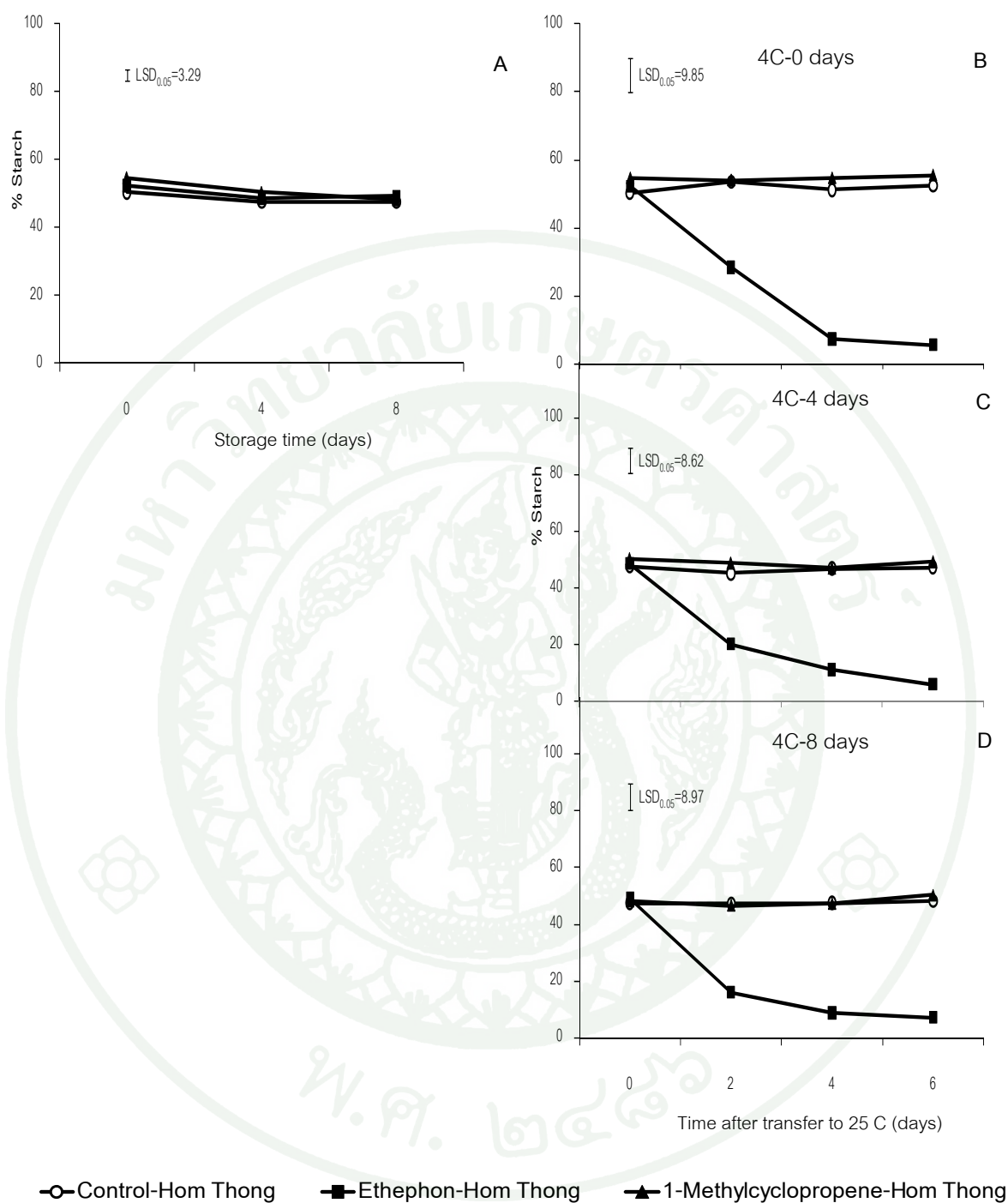


ภาพที่ 40 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

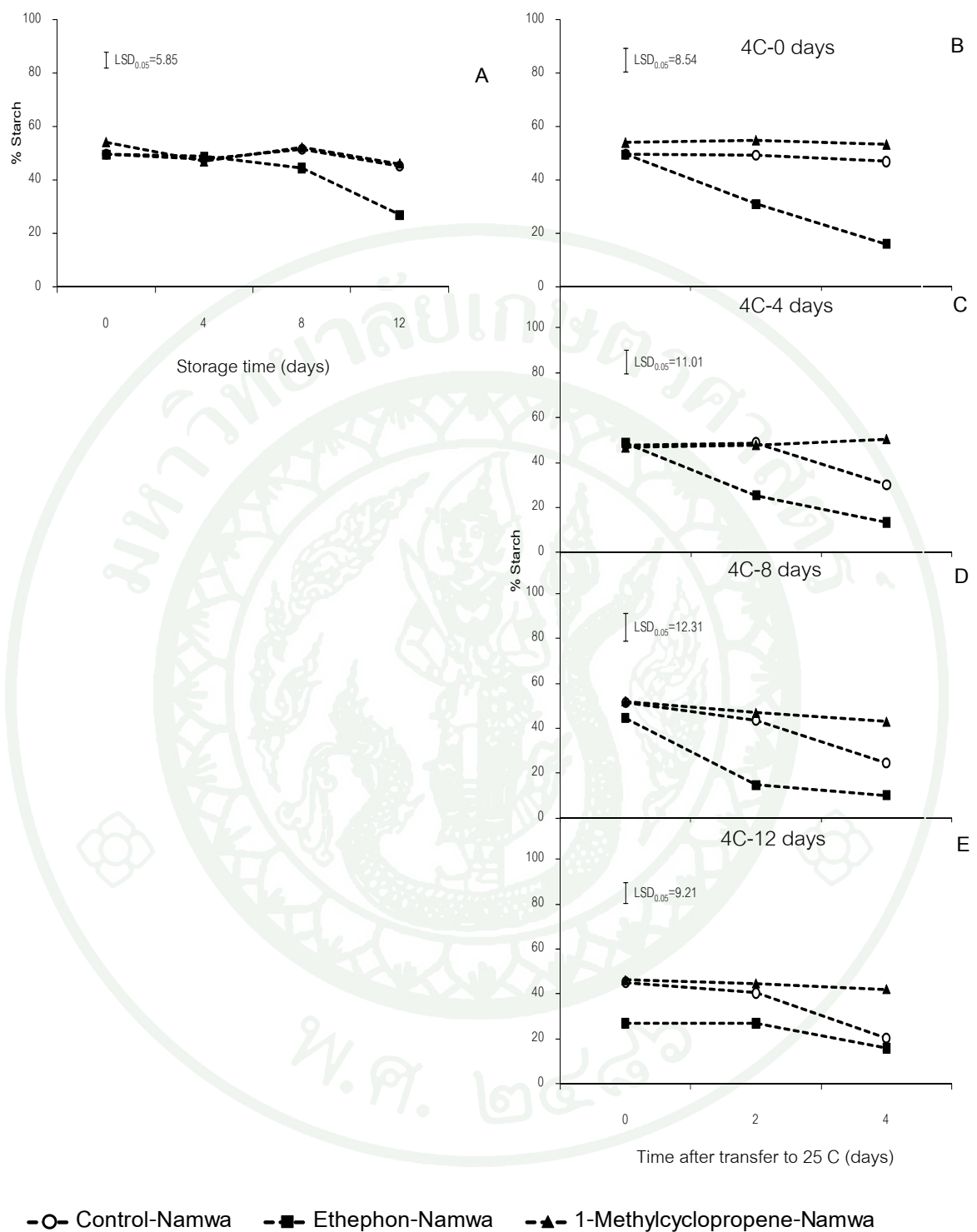
2.1.6 ปริมาณแป้งทั้งหมด

ผลกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์มีปริมาณแป้งทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณแป้งค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 41A) เมื่อนำผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองมีปริมาณแป้งทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณแป้งทั้งหมดค่อนข้างที่ตลอดหลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 41B-41D)

สำหรับผลกล้วยน้ำว้าพบว่าปริมาณแป้งทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณแป้งค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยกเว้นวันที่ 12 ที่ผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 42A) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอน และชุดควบคุมมีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลง โดยมีปริมาณแป้งลดลงในวันที่ 2 และ 4 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณแป้งทั้งหมดค่อนข้างคงที่ตลอดหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยกเว้นในวันแรกที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมมีค่าปริมาณแป้งทั้งหมดไม่ต่างกับผลกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 42B-42E)



ภาพที่ 41 ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 42 ปริมาณแป้งทั้งหมดของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

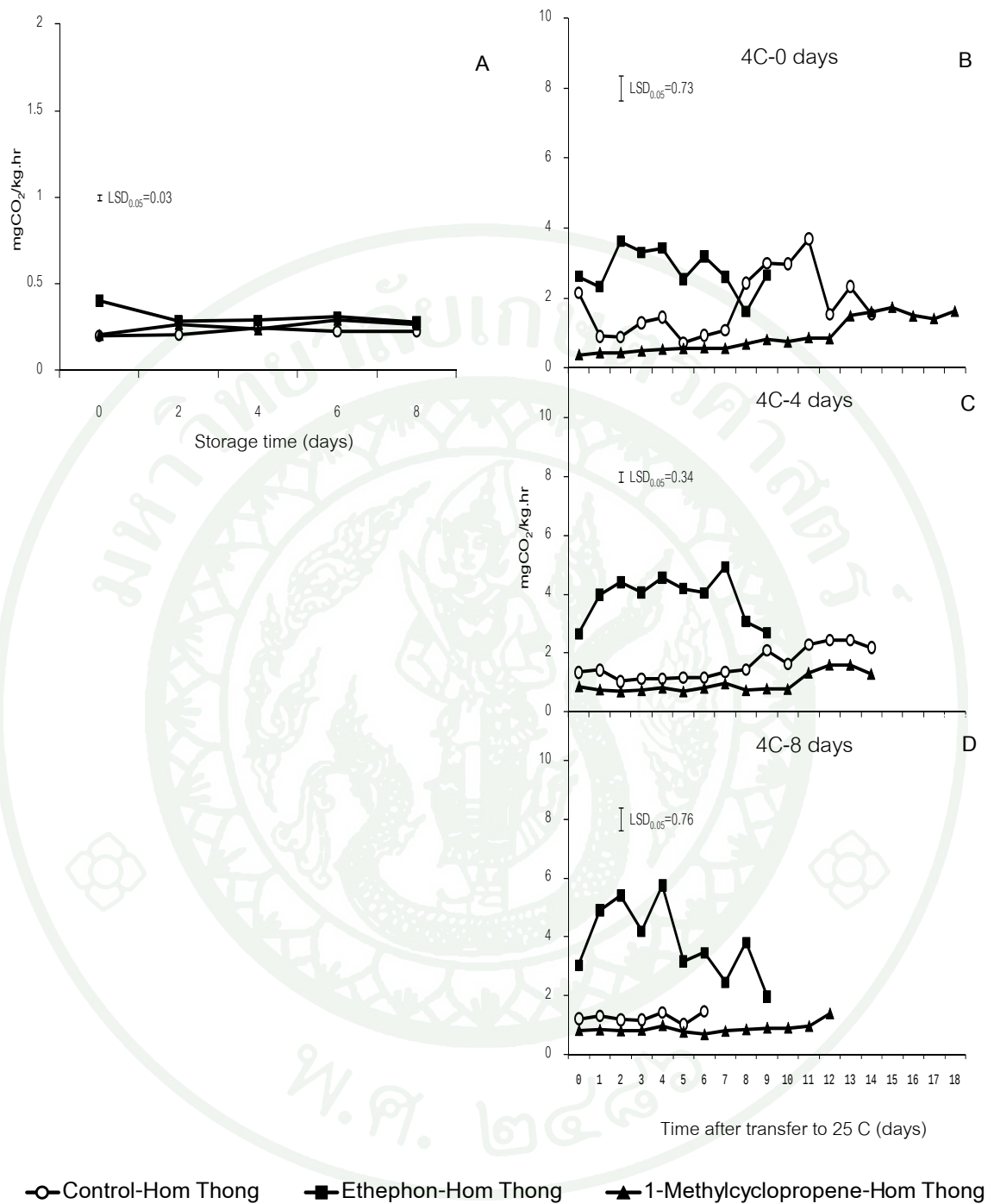
2.1.7 อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน

อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ค่อนข้างคงที่ทุกทรีทเมนต์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีค่าไม่ แตกต่างกัน (ภาพที่ 43A และ 44A) ภายหลังจากย้ายจากอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิลฟอนมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 หลัง ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนถึงวันที่ 7 อัตราการหายใจจึงเริ่มลดลง ในขณะที่ผล กล้วยชุดควบคุมมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงสุดในวันที่ 11 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส ในวันที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่สำหรับผลกล้วยที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 และ 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไม่ พบอัตราการหายใจสูงสุดชัดเจน ส่วนผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP มีอัตราการหายใจค่อนข้าง คงที่ตลอดหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 43B-43D) สำหรับการผลิตเอทิลีน ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับอัตราการหายใจแต่เกิดได้ช้ากว่า โดยผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิลฟอนมีการ ผลิตเอทิลีนสูงสุดประมาณวันที่ 6-7 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผล กล้วยชุดควบคุมมีการผลิตเอทิลีนสูงสุดประมาณวันที่ 10-11 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส ซึ่งผลกล้วยที่แช่เอทิลฟอนมีการผลิตเอทิลีนมากกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ผลกล้วยที่รมด้วย สาร 1-MCP มีการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ยังพบว่าผลกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศา ไม่พบการผลิตเอทิลีนสูงสุดในทุกทรีทเมนต์ แต่ผลกล้วยที่แช่เอทิลฟอนมีการผลิตเอทิลีนสูง กว่าผลกล้วยชุดควบคุม และรมด้วยสาร 1-MCP ที่ค่อนข้างคงที่หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส (ภาพที่ 44B-44D)

สำหรับผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่ทุกทรีทเมนต์ (ภาพที่ 45A และ 46A) เมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิลฟอนจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงสุดประมาณวันที่ 2-4 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยชุดควบคุมจะเกิดได้ช้ากว่า ประมาณ 2 วันแต่ผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP มีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่หลังย้ายมาวางที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 45B-45E) สำหรับการผลิตเอทิลีนพบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิล ฟอน มีการผลิตเอทิลีนสูงสุดเร็วและมากกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และรมด้วยสาร 1-MCP ยกเว้น

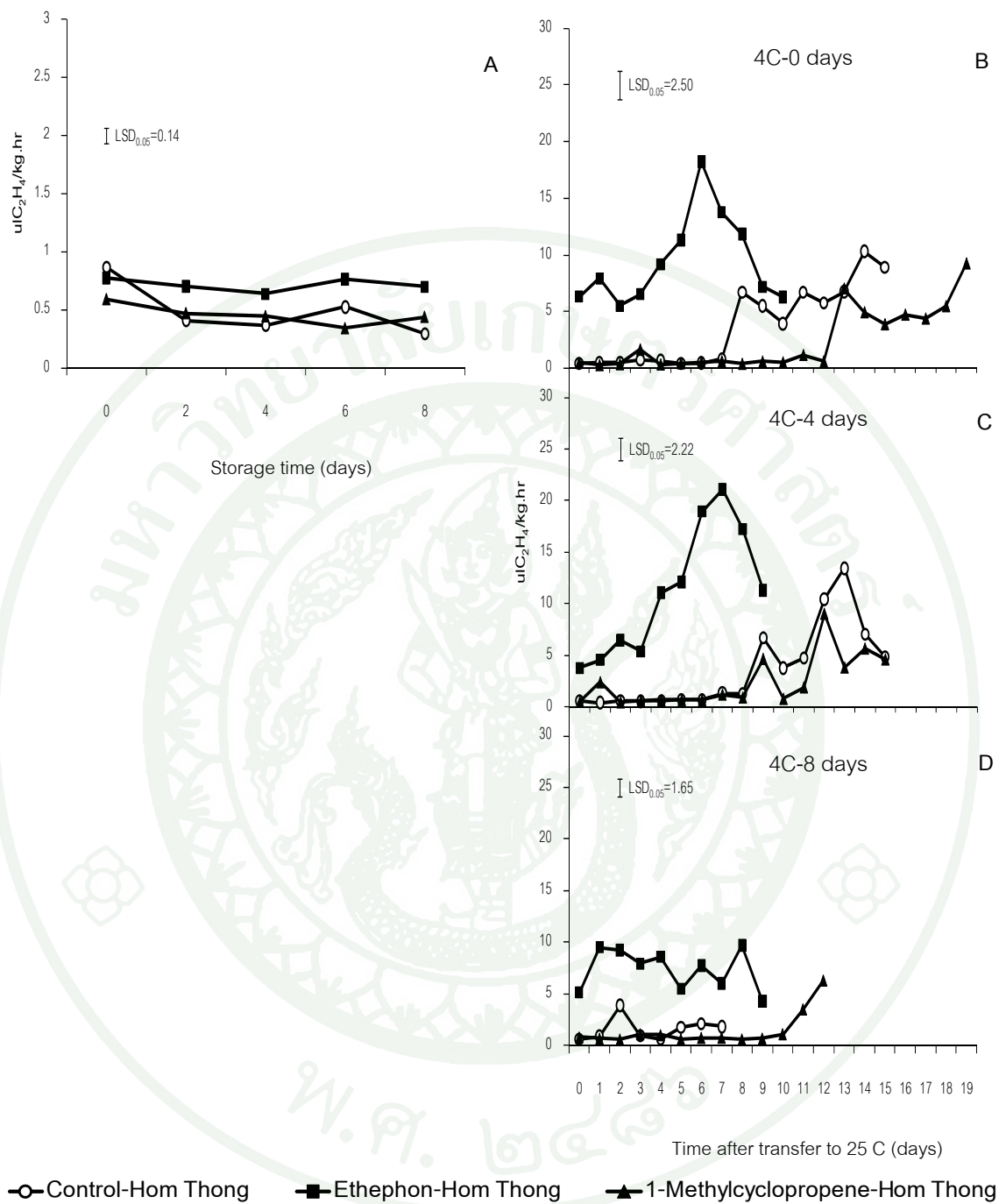
ผลกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศา
ที่ผลกล้วยทุกทรีทเมนต์มีปริมาณการผลิตเอทิลีนสูงสุดใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 46B-46E)





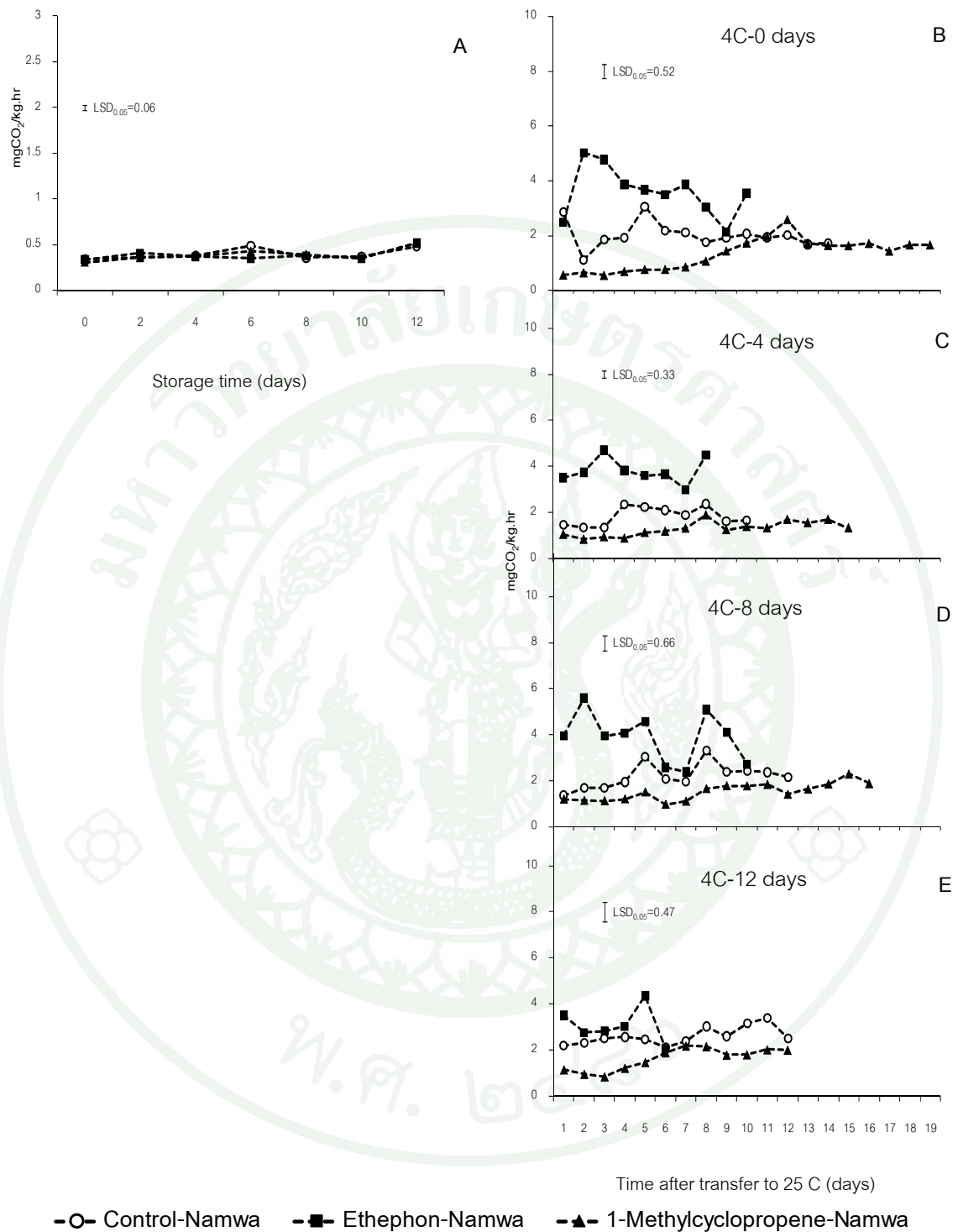
ภาพที่ 43 อัตราการหายใจของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

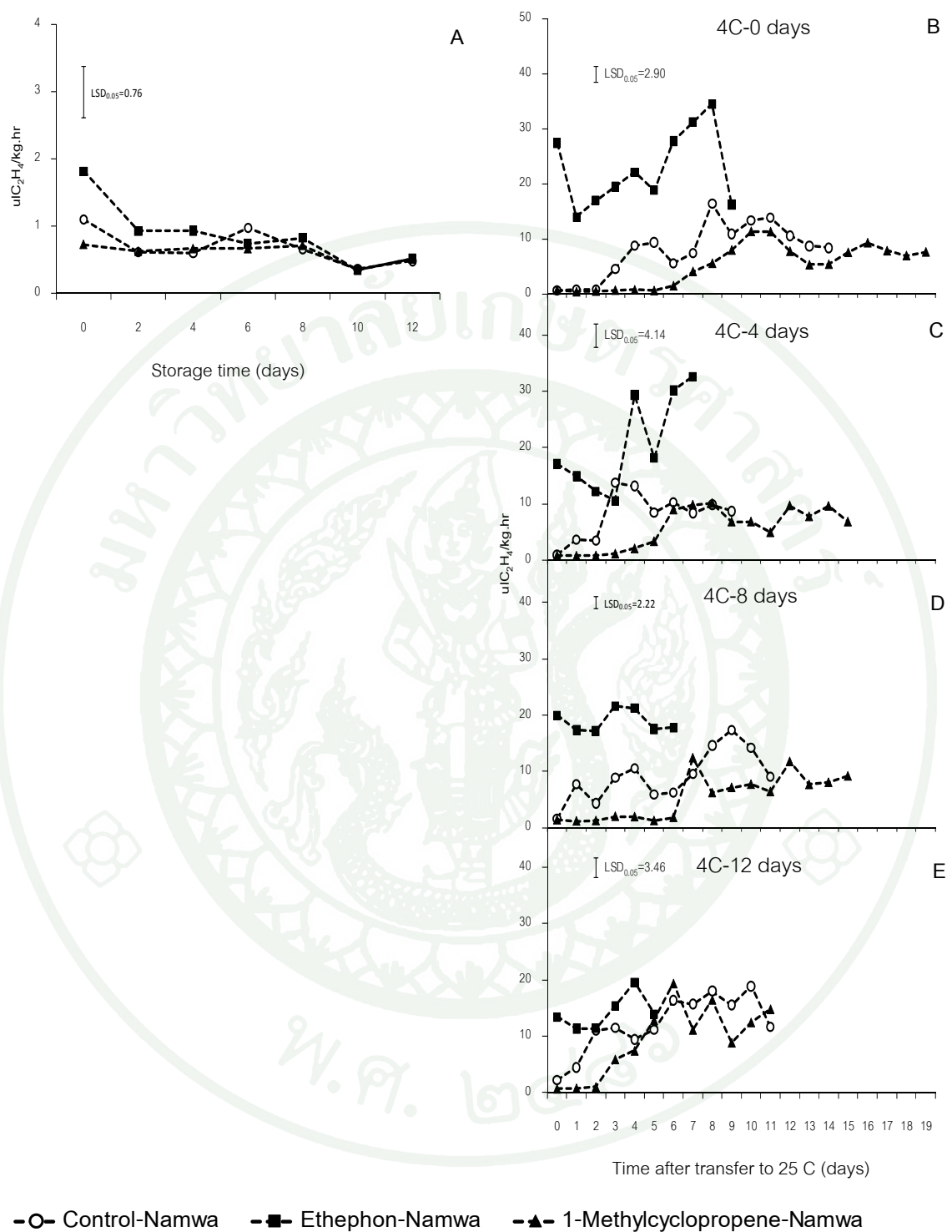


ภาพที่ 44 การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 45 อัตราการหายใจของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



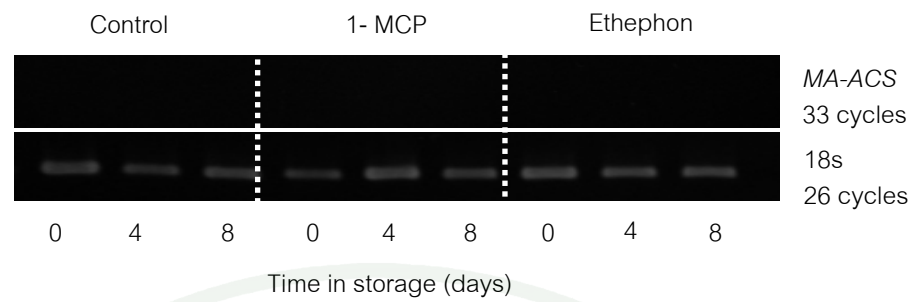
ภาพที่ 46 การผลิตเอทิลีนของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.2 ศึกษาการแสดงออกของยีนของผลกล้วยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

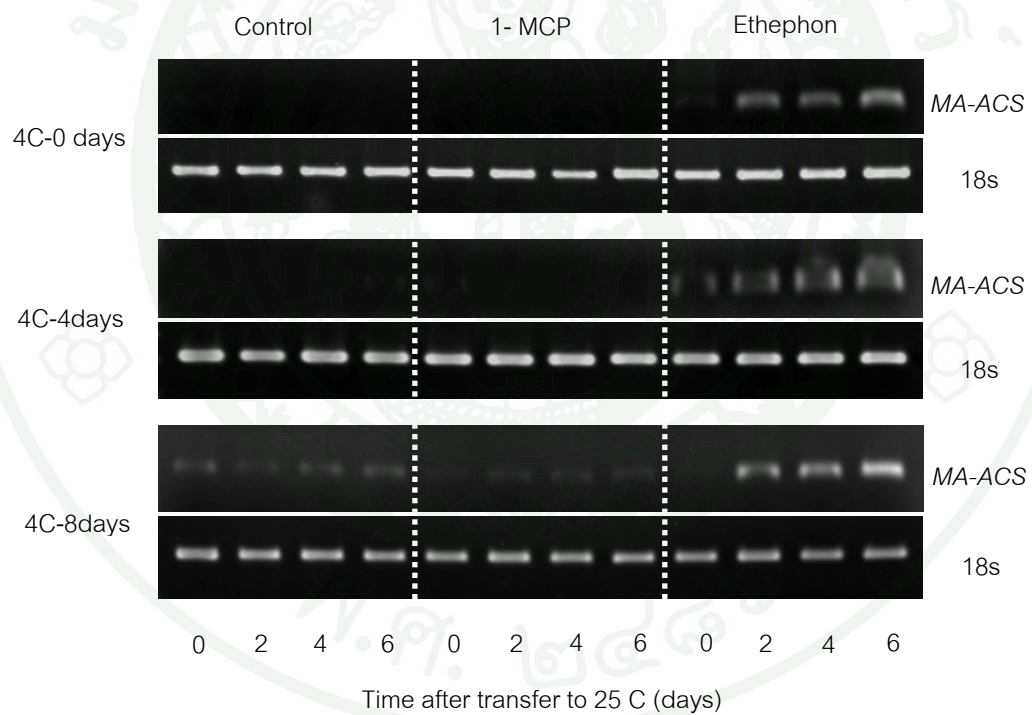
2.2.1 การแสดงออกของยีน MA-ACS ในกล้วยหอมทอง

ในเปลือกของกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์ไม่พบการแสดงออกของยีน MA-ACS ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 47) หลังเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 4 วัน แล้วย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทีฟอนมีการแสดงออกของยีน MA-ACS เพียงทรีทเมนต์เดียวเท่านั้น ในขณะที่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP เริ่มมีการแสดงออกของยีน MA-ACS เล็กน้อย และมีระดับการแสดงออกของยีนน้อยกว่ากล้วยหอมทองที่แช่เอทีฟอน (ภาพที่ 48)

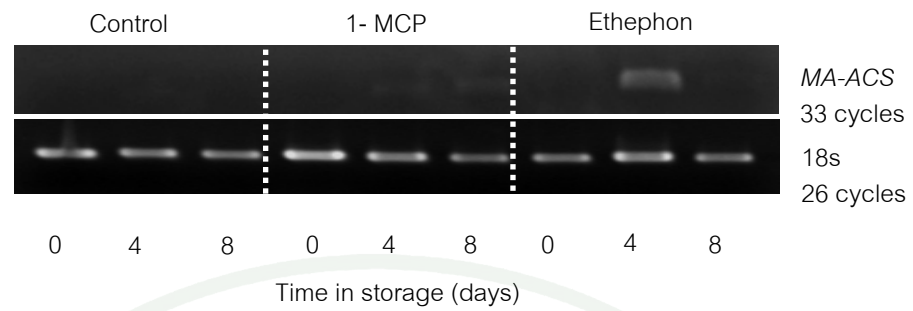
สำหรับการแสดงออกของยีน MA-ACS ในส่วนของเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในกล้วยหอมทองที่แช่เอทีฟอนในวันที่ 4 ระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ไม่พบการแสดงออกของยีนระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 49) หลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทีฟอนมีการแสดงออกของยีน MA-ACS เพียงทรีทเมนต์เดียวเท่านั้น โดยเริ่มพบการแสดงออกของยีนในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 50)



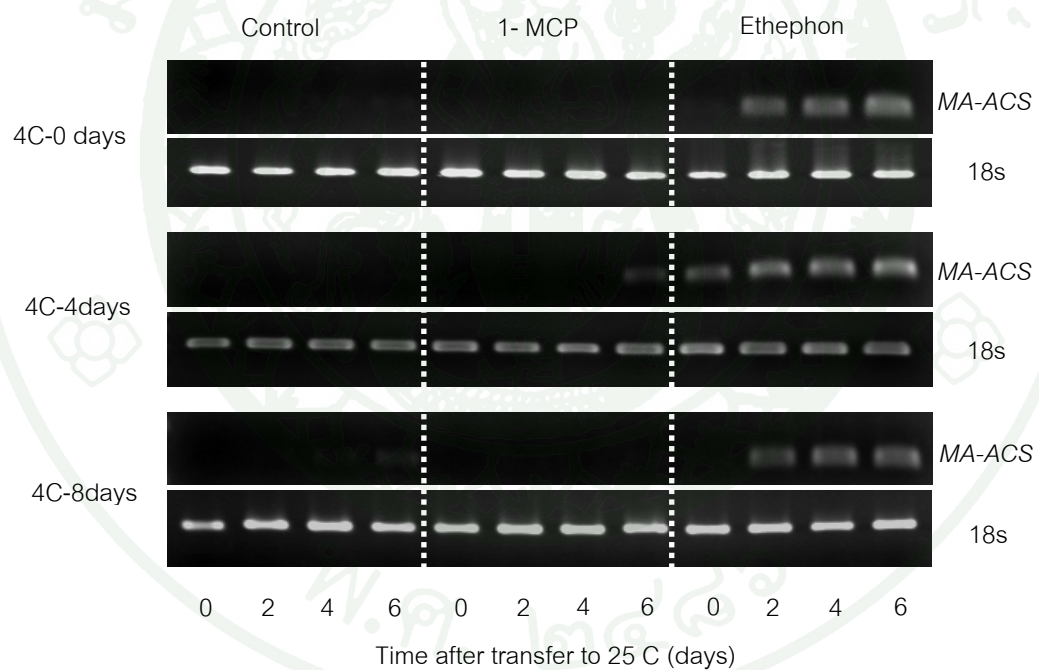
ภาพที่ 47 การแสดงออกของยีน *MA-ACS* ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 48 การแสดงออกของยีน *MA-ACS* ในเปลือกกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 49 การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

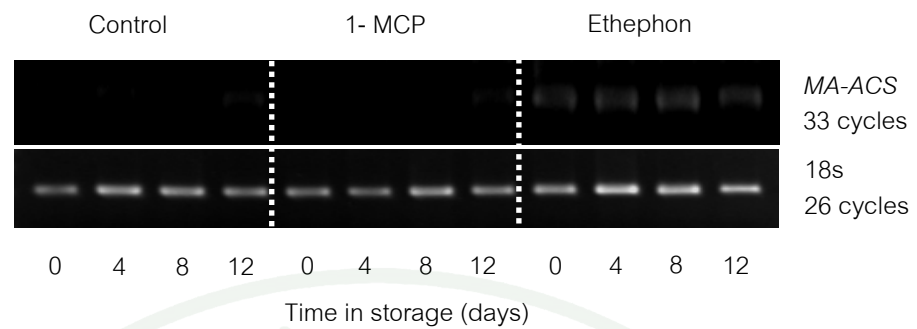


ภาพที่ 50 การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

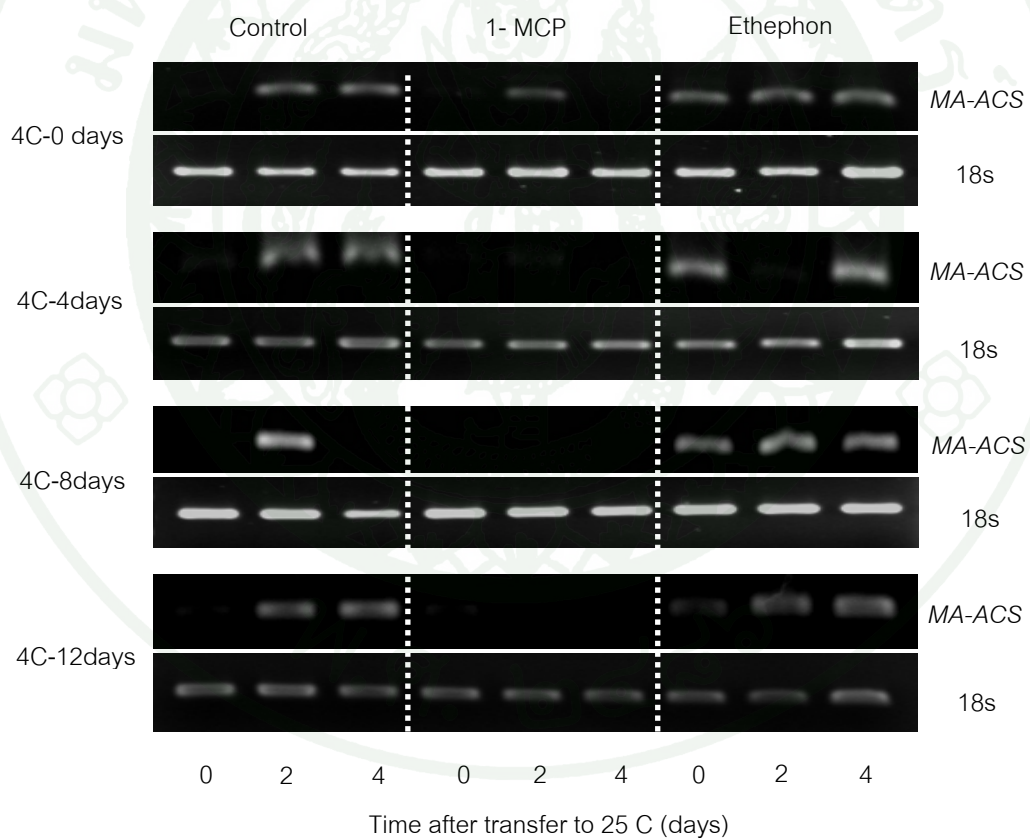
2.2.2 การแสดงออกของยีน MA-ACS ในกล้วยน้ำว้า

การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ไม่พบการแสดงออกของยีนระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 51) หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนเริ่มมีการแสดงออกของยีนในเปลือกผลตั้งแต่วันแรก ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมเริ่มมีการแสดงออกของยีนในวันที่ 2 แต่ผลกล้วยที่รวมด้วยสาร 1-MCP กลับไม่พบการแสดงออกของยีนหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 52)

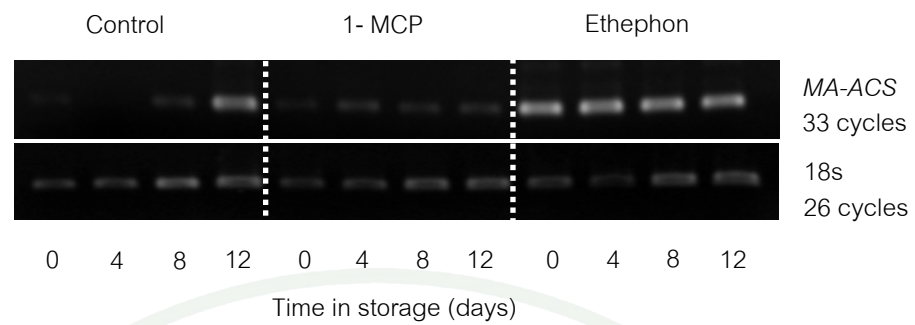
การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเนื้อของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมเริ่มมีการแสดงออกของยีนชัดเจนในวันที่ 12 ระหว่างการเก็บรักษา แต่ผลกล้วยน้ำว้าที่รวมด้วยสาร 1-MCP พบการแสดงออกของยีนในระดับต่ำตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 53) หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนเริ่มพบการแสดงออกของยีนเร็วที่สุด โดยเริ่มมีการแสดงออกของยีนตั้งแต่วันแรกหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP เริ่มพบการแสดงออกของยีนในวันที่ 2 และ 4 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน และย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เห็นได้ว่ากล้วยน้ำว้าชุดควบคุมมีการแสดงออกของยีน MA-ACS มากกว่ากล้วยน้ำว้าที่รวมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 54)



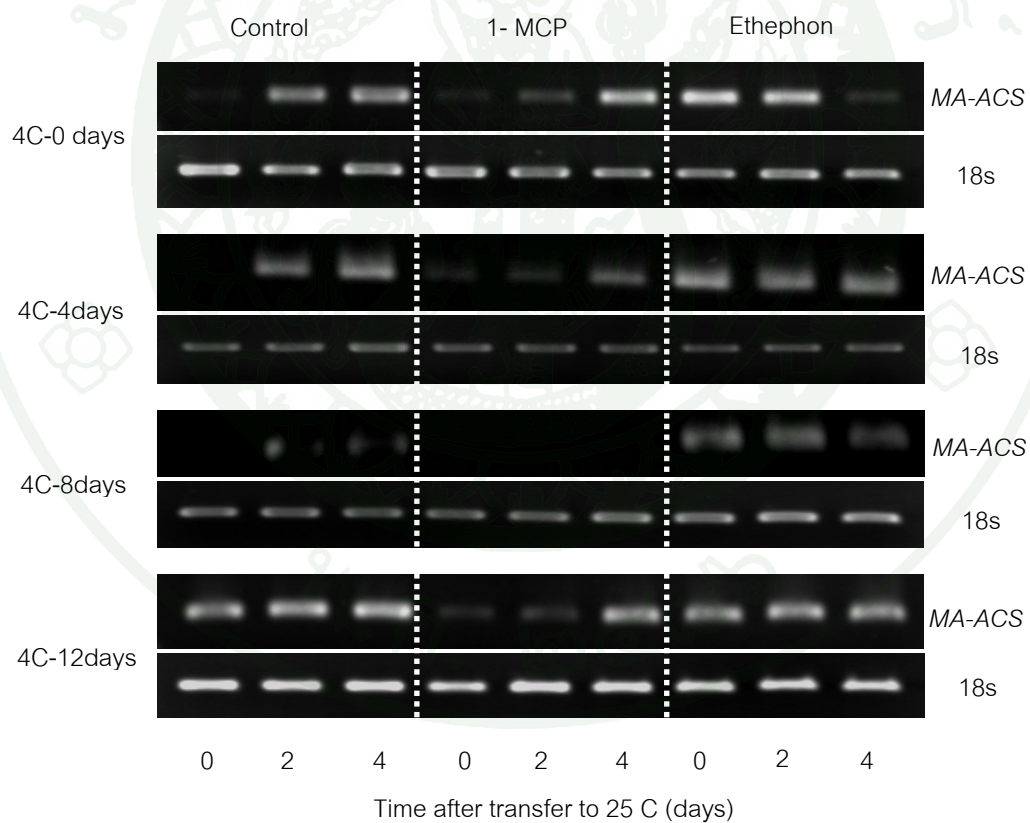
ภาพที่ 51 การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 52 การแสดงออกของยีน MA-ACS ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 53 การแสดงออกของยีน *MA-ACS* ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

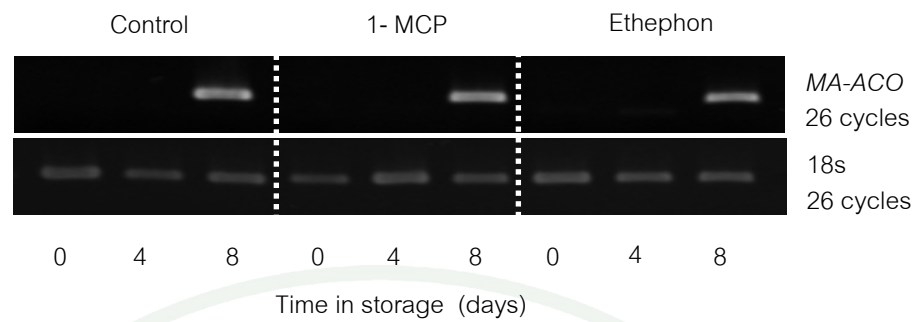


ภาพที่ 54 การแสดงออกของยีน *MA-ACS* ในเนื้อกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

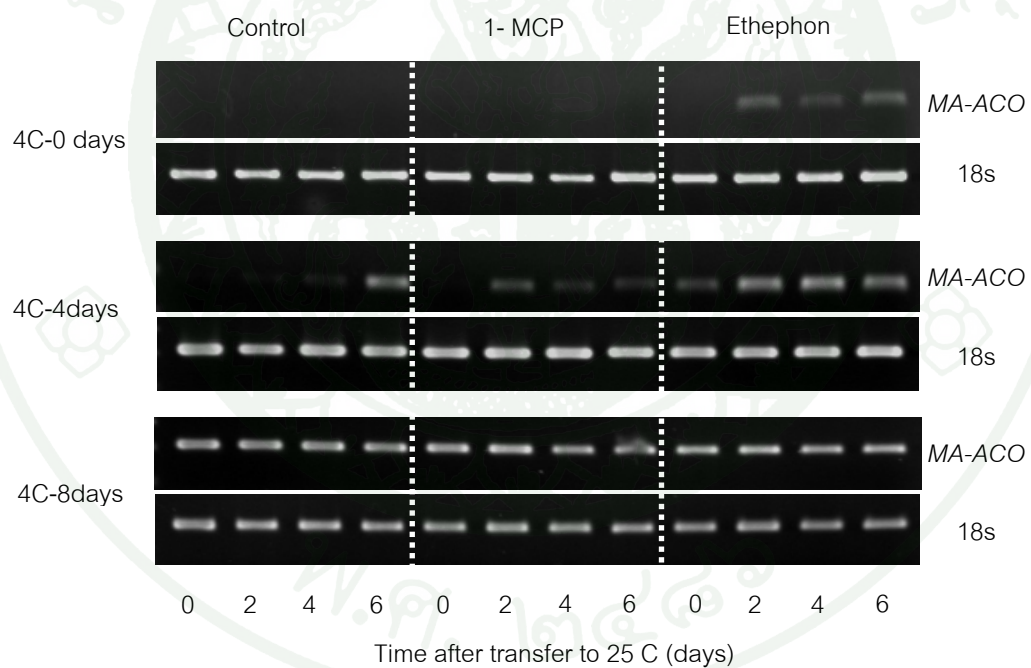
2.2.3 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในกล้วยหอมทอง

พบการแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกของผลกล้วยหอมทองทุกทริทเมนต์ในวันที่ 8 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 55) หลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าเปลือกของผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกของยีนหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไม่ว่าจะทำการย้ายมาจากอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่วันใดก็ตาม ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนเพียงเล็กน้อย และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ากล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP มีการแสดงออกของยีน MA-ACO ตลอดระยะเวลาที่วางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 56)

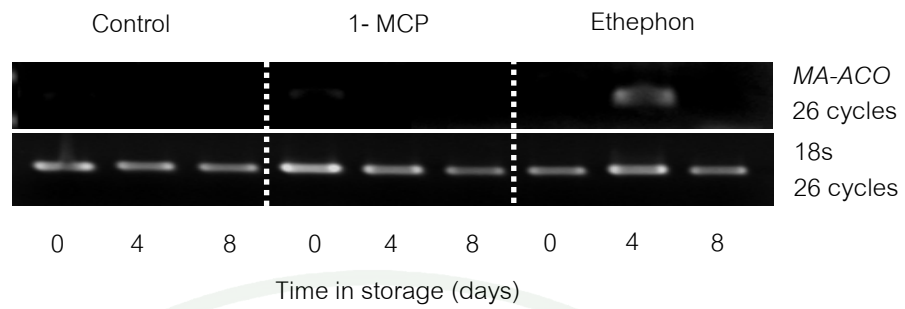
สำหรับเนื้อของผลกล้วยหอมทองมีเพียงทริทเมนต์ที่แช่เอทิฟอนเท่านั้นที่มีการแสดงออกของยีน MA-ACO ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีการแสดงออกของยีนในวันที่ 4 ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 57) แต่เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ายีน MA-ACO ในเนื้อของผลกล้วยมีการแสดงออกในทุกทริทเมนต์ โดยผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกของยีน MA-ACO ในทุกวัน และแสดงออกสูงสุดในวันที่ 2 และมีการแสดงออกลดลงในวันที่ 4 และ 6 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP พบการแสดงออกเล็กน้อยหลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น พบว่ามีการแสดงออกของยีน MA-ACO น้อยลงเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 58)



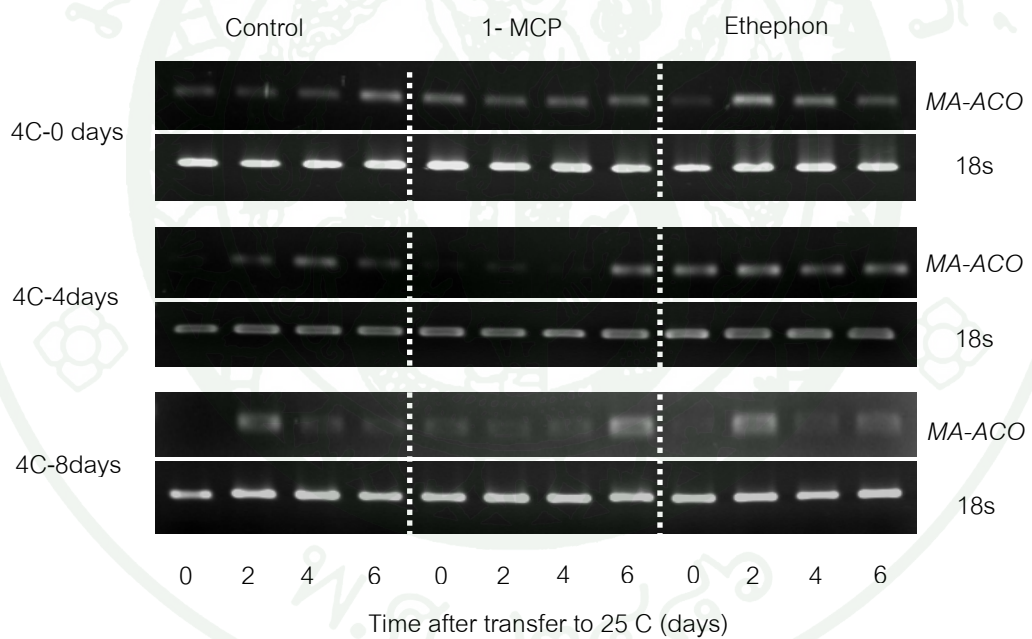
ภาพที่ 55 การแสดงออกของยีน *MA-ACO* ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 56 การแสดงออกของยีน *MA-ACO* ในเปลือกกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 57 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

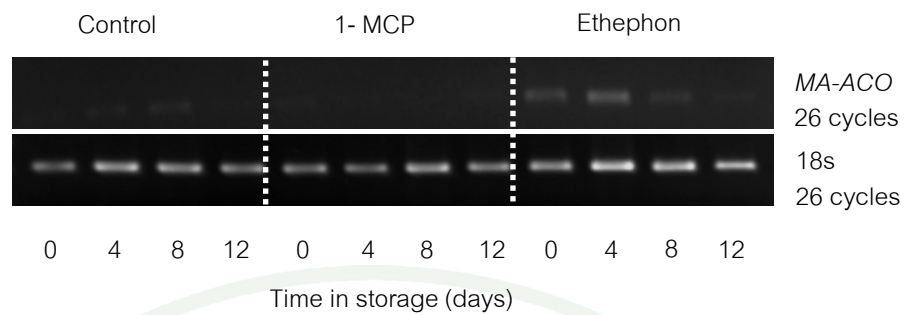


ภาพที่ 58 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

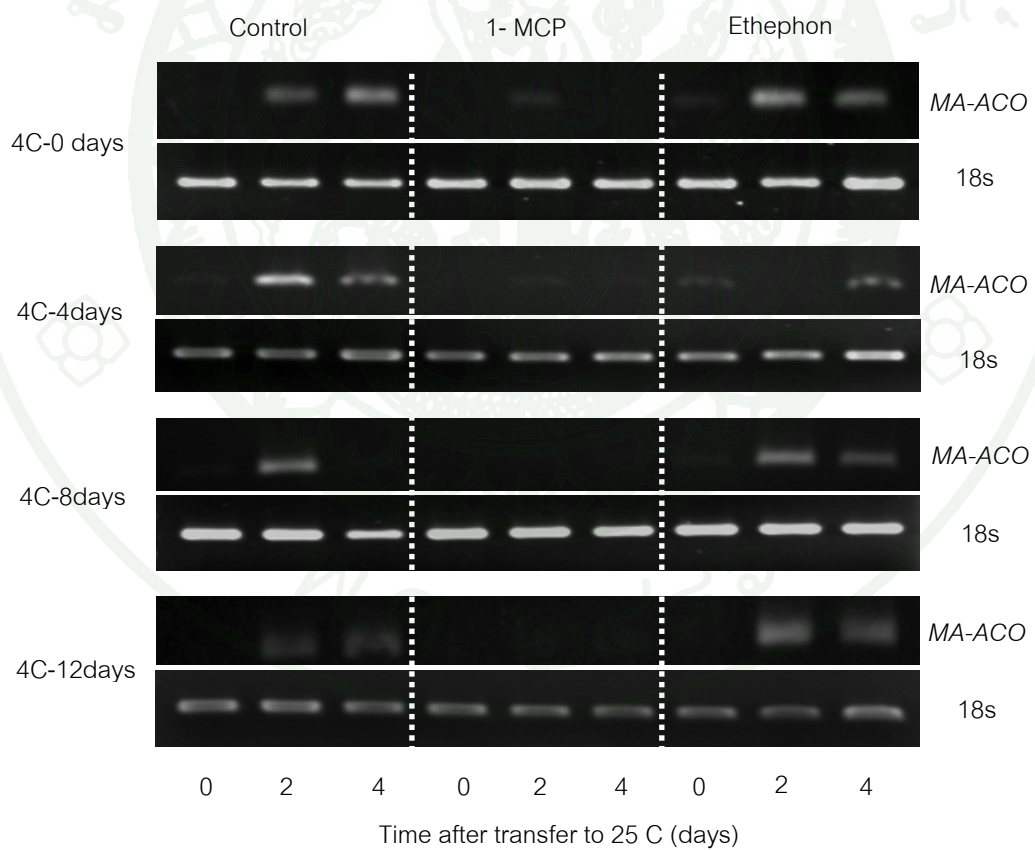
2.2.4 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในกล้วยน้ำว้า

การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในผลกล้วยที่แช่เอทีฟอน โดยเริ่มมีการแสดงออกของยีนตั้งแต่วันแรก และเพิ่มมากที่สุดวันที่ 2 แล้วจึงค่อย ๆ ลดลงระหว่างการเก็บรักษา สำหรับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมพบการแสดงออกเล็กน้อยในวันที่ 8 ในขณะที่ผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP ไม่พบการแสดงออกของยีนระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 59) หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแช่เอทีฟอนเริ่มมีการแสดงออกของยีนในเปลือกของผลกล้วยในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP ไม่พบการแสดงออกของยีนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (8, 12 วัน) หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 60)

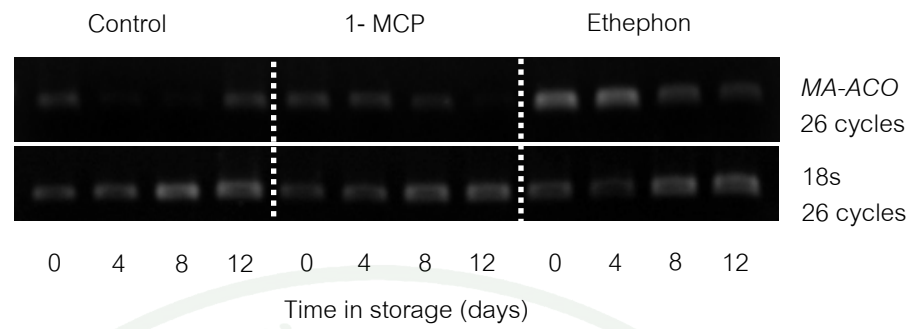
สำหรับการแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทีฟอน โดยพบการแสดงออกของยีนมากในวันแรก และวันที่ 4 ระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และรมด้วยสาร 1-MCP มีการแสดงออกเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 61) หลังเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 4 แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในทุกทรีทเมนต์ ตั้งแต่วันแรกหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ในวันที่ 8 และ 12 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแช่เอทีฟอนเริ่มมีการแสดงออกของยีนในวันแรก และมีการแสดงออกมากที่สุดในวันที่ 2 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP เริ่มมีการแสดงออกของยีนในวันที่ 2 และมีการแสดงออกสูงสุดในวันที่ 4 หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 62)



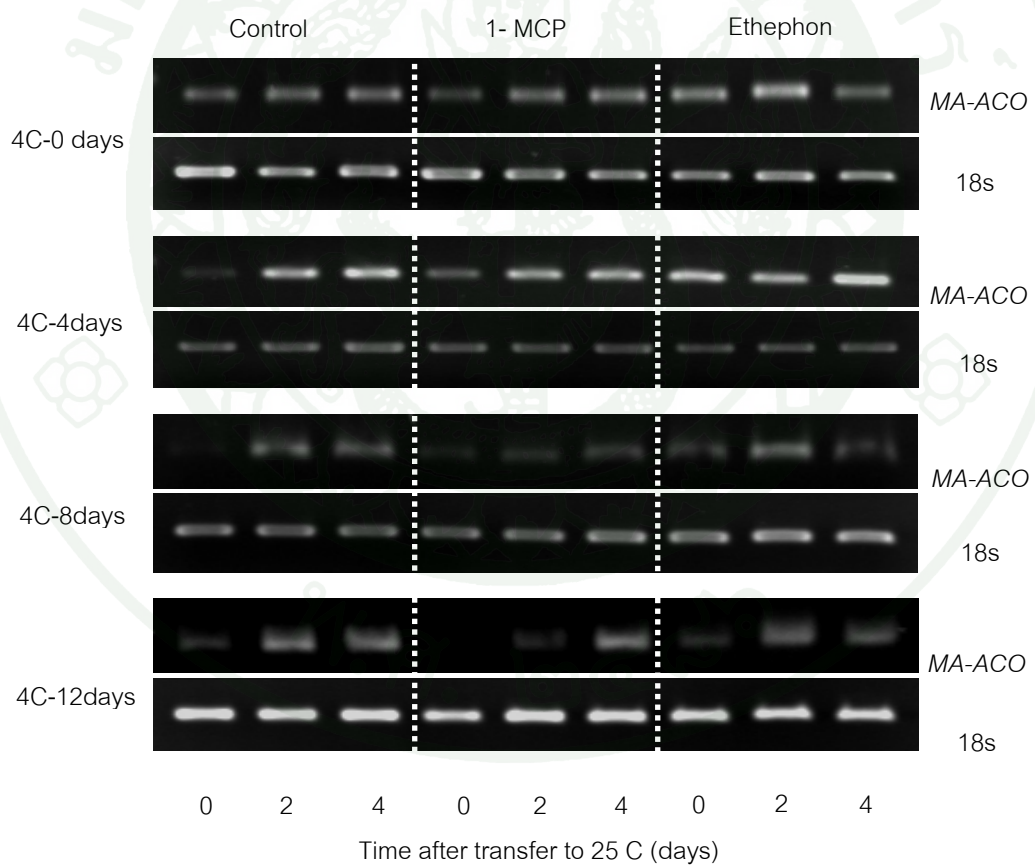
ภาพที่ 59 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกของกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 60 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 61 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

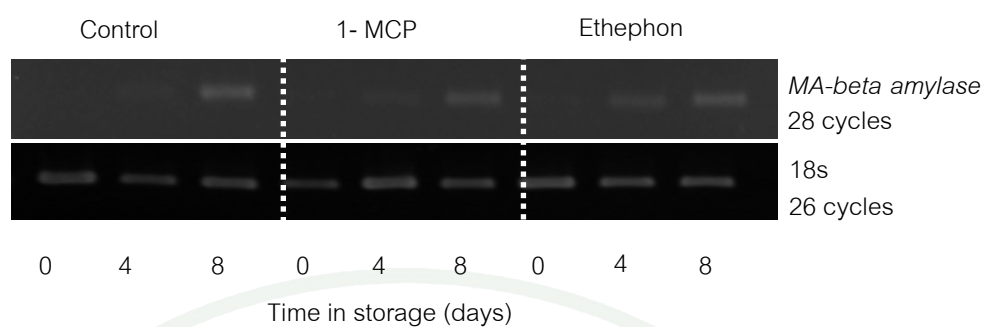


ภาพที่ 62 การแสดงออกของยีน MA-ACO ในเนื้อกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

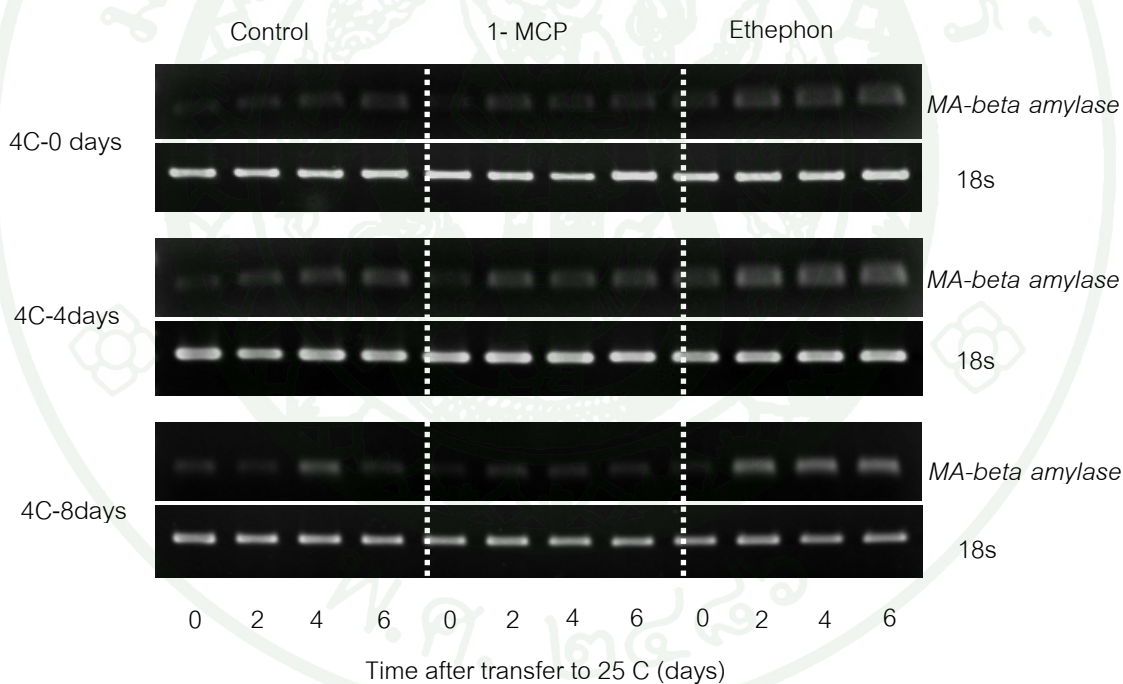
2.2.5 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในกล้วยหอมทอง

การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีการแสดงออกของยีนในผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนเพียงเล็กน้อยในวันที่ 4 และแสดงออกเพิ่มขึ้นในวันที่ 8 ระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP เริ่มพบการแสดงออกของยีนเล็กน้อยในวันที่ 8 ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 63) หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์ เริ่มมีการแสดงออกของยีนตั้งแต่วันแรก และมีการแสดงออกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ย้ายมาวางเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกมากกว่าในผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP รวมทั้งพบว่าเมื่อเก็บรักษาผลกล้วยนาน 8 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ลดลงในทุกทรีทเมนต์ (ภาพที่ 64)

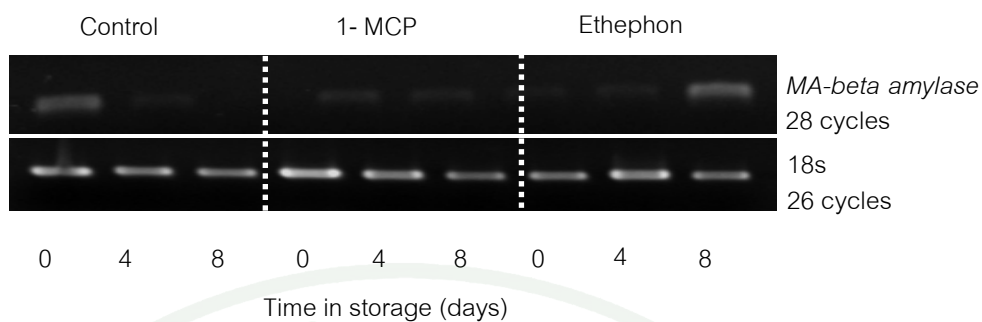
สำหรับการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเนื้อกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในกล้วยหอมทองชุดควบคุม มีการแสดงออกมากในวันแรกของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนเริ่มมีการแสดงออกในวันที่ 8 ระหว่างการเก็บรักษา สำหรับผลกล้วยที่รวมด้วยสาร 1-MCP พบการแสดงออกของยีนเล็กน้อยในวันที่ 4 และ 8 ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 65) หลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกของยีน โดยเริ่มมีการแสดงออกตั้งแต่วันแรก หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และมีการแสดงออกอย่างต่อเนื่องจนผลกล้วยสุก ในขณะที่ผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP พบการแสดงออกของยีนเพียงเล็กน้อยหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 66)



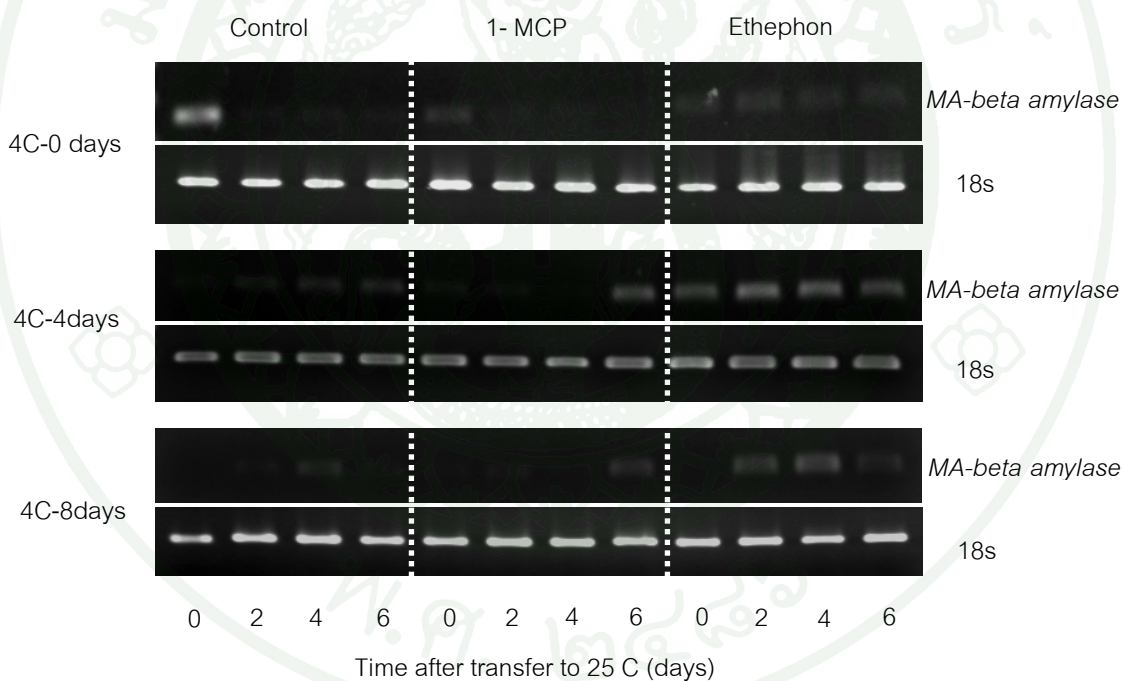
ภาพที่ 63 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 64 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 65 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเนื้อมากีกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

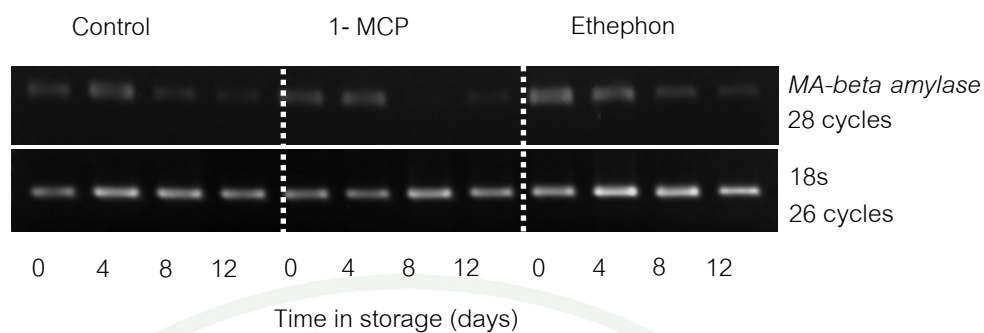


ภาพที่ 66 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเนื้อมากีกล้วยหอมทองเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

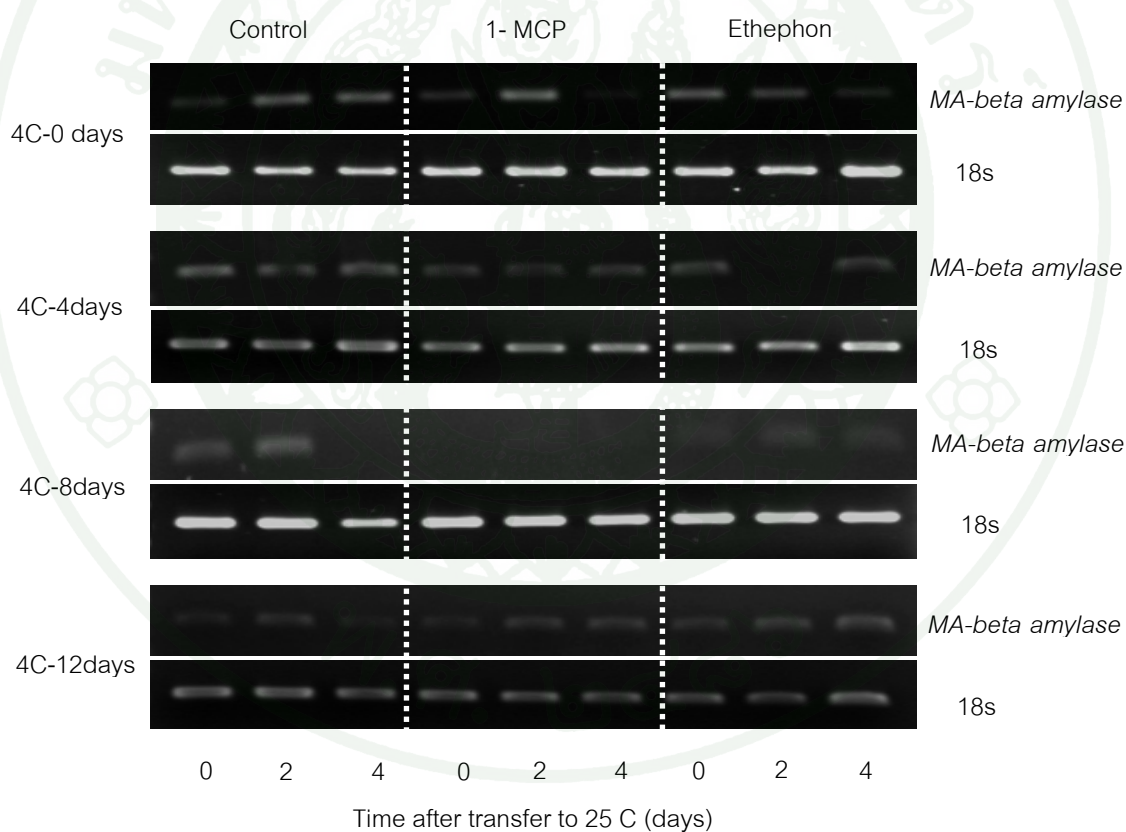
2.2.6 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในกล้วยน้ำว้า

การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการแสดงออกของยีนในผลกล้วยทุกทรีทเมนต์ระหว่างการเก็บรักษา โดยมีการแสดงออกมากในวันแรกของการเก็บรักษา และค่อย ๆ ลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 67) หลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนเริ่มมีการแสดงออกของยีนในวันแรกหลังย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมเริ่มมีการแสดงออกของยีนในวันแรกเช่นกัน ยกเว้นผลกล้วยชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน แล้วย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ไม่พบการแสดงออกของยีน สำหรับผลกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP พบการแสดงออกของยีนเล็กน้อยหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 68)

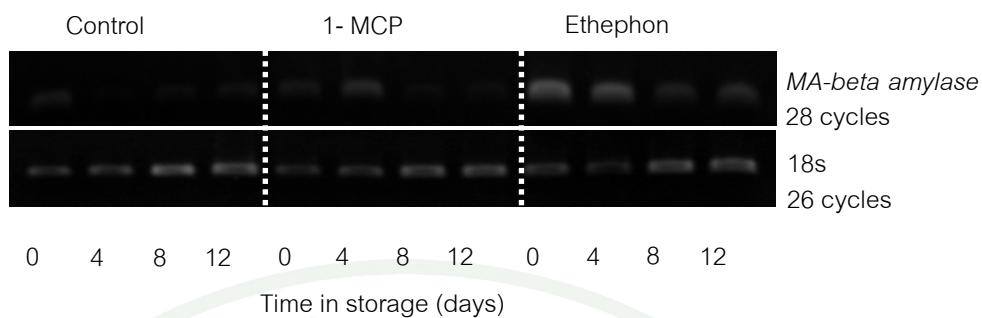
การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกของยีนตั้งแต่วันแรก และมีการแสดงออกลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น สำหรับผลกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP พบการแสดงออกของยีนเล็กน้อยในวันที่ 4 เพียงวันเดียวระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดควบคุมไม่พบการแสดงออกของยีนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 69) หลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยน้ำว้าทุกทรีทเมนต์พบการแสดงออกของยีนตลอดระยะเวลาที่วางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเริ่มพบการแสดงออกของยีนในวันแรกหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 70)



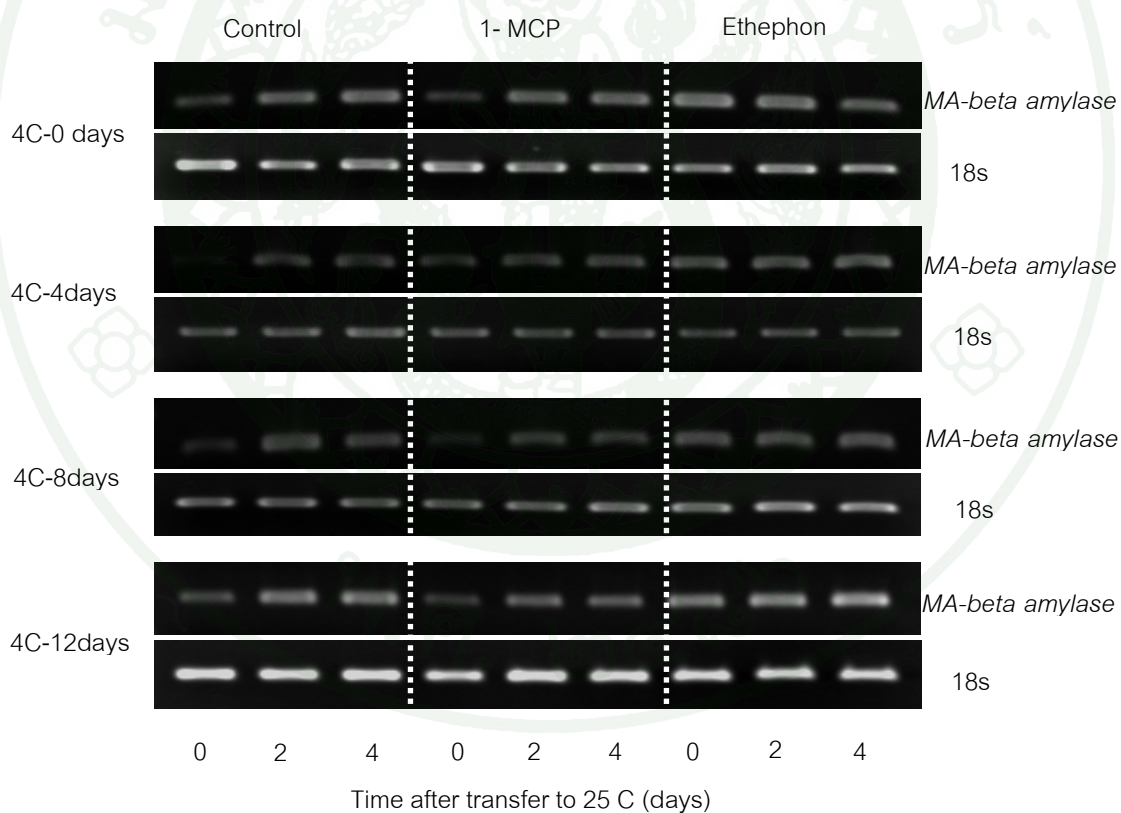
ภาพที่ 67 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 68 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 69 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเนื้อกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 70 การแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในเปลือกกล้วยน้ำว้าเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วิจารณ์

การเก็บรักษาผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าชุดควบคุมเริ่มแสดงอาการสะท้อนหนวในวันที่ 2 และ 4 ระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Promyou et al. (2008) ที่เก็บรักษาผลกล้วยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และพบอาการสะท้อนหนวเช่นกัน เนื่องจากการเก็บรักษาผลไม้เขตร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม (ประมาณ 12-15 องศาเซลเซียส) ผลไม้จะเกิดอาการสะท้อนหนวโดยแสดงอาการสะท้อนหนวคือ ผลกล้วยมีลักษณะอาการเปลือกสีดำ และผิวผลเกิดการยุบตัว เนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป และมีการสุกที่ผิดปกติ (จริงแท้, 2546) แต่หากนำผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าไปแช่เอทิฟอนก่อนการเก็บรักษาสามารถชะลอ และลดอาการสะท้อนหนวของผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ได้ประมาณ 2 วัน ซึ่งการให้เอทิฟอน หรือเอทิลีนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลออาการสะท้อนหนวได้ในผลไม้หลายชนิด เช่น มะม่วง (Nair and Singh, 2003) พลับ (Zhou et al., 2000) และกล้วยหอมพันธุ์วิลเลียม (Wang et al., 2006) ในขณะที่การใช้สาร 1-MCP ไม่สามารถชะลออาการสะท้อนหนวในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า และยังมีอาการสะท้อนหนวที่รุนแรงกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และที่แช่เอทิฟอน ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Jiang et al. (2004)

หลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยทุกทรีทเมนต์มีระดับอาการสะท้อนหนวเพิ่มขึ้น โดยผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนมีระดับอาการสะท้อนหนวน้อยกว่าชุดควบคุม และรมด้วยสาร 1-MCP นอกจากนี้ผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนเกิดกระบวนการสุกได้ตามปกติ เนื่องจากเอทิฟอน (ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน) สามารถเร่งกระบวนการสุกของผลกล้วยได้ แต่หากเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 และ 10 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยหอมทองเกิดอาการสะท้อนหนวอย่างรุนแรงในทุกทรีทเมนต์ เห็นได้จากอาการเปลือกสีดำที่เกิดขึ้นเกือบทั้งผล และไม่พบการเปลี่ยนสีของเปลือก ทำให้กระบวนการสุกของผลกล้วยหอมทองผิดปกติไป แต่สำหรับผลกล้วยน้ำว้าซึ่งมีความทนทานต่ออาการสะท้อนหนวมากกว่าผลกล้วยหอมทอง จึงมีระดับอาการสะท้อนหนวค่อนข้างต่ำ และยังสามารถเกิดกระบวนการสุกหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับรายงานของ Promyou et al. (2008) ที่พบว่าผลกล้วยหอมทองมีความอ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้อนหนวมากกว่าผลกล้วยน้ำว้า

ปริมาณแป้ง และน้ำตาลทั้งหมดของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) พบว่ามีการสลายตัวของแป้งต่ำเห็นได้จากปริมาณแป้งที่ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ Agopain *et al.* (2011) ที่พบว่าผลกล้วยพันธุ์ Nanicao ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ *beta amylase* ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเกิดได้น้อย ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) ของผลกล้วยทั้งสองชนิดระหว่างเก็บรักษามีปริมาณค่อนข้างคงที่ สอดคล้องกับการทดลองในผลกล้วยไข่ และกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 และ 10 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาณ SS ค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา (Nguyen *et al.*, 2003) ส่วนการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาพบว่าผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* มากกว่าในชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP อาจเนื่องเกิดจากเอทิลีนสามารถที่จะกระตุ้นการทำงานของยีน *MA-beta amylase* (Nascimento *et al.*, 2005) และจะสังเกตเห็นว่าปริมาณแป้งในกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนน้อยกว่าในชุดควบคุม

เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทองที่แช่เอทิฟอน กล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนที่ผ่านการเก็บรักษามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณแป้งทั้งหมดลดลงเช่นเดียวกับผลกล้วยจากประเทศไต้หวัน ที่พบว่าเมื่อบ่มกล้วยด้วยเอทิลีน ผลกล้วยมีปริมาณแป้งลดลงจาก 61.74% เหลือ 2.58% เมื่อผลกล้วยสุกเต็มที่ (Lii *et al.*, 1982) ในขณะที่ปริมาณแป้งลดลงพบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น คล้ายกับผลไม้ที่สะสมอาหารในรูปของแป้ง เช่น ทูเรียน และมะม่วง ที่เมื่อผลสุกจะมีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยอาศัยเอนไซม์ *alpha* และ *beta amylase* และ *starch phosphorylase* (จริงแท้, 2549) ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ *sucrose phosphate synthase* เพิ่มขึ้นทำให้ผลกล้วยมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณแป้งลดลงระหว่างที่เกิดกระบวนการสุก (Beatriz and Lajolo, 1995) ซึ่งส่งผลให้ปริมาณ SS เพิ่มขึ้น สำหรับผลกล้วยหอมทองชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP และกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่มีปริมาณ SS ค่อนข้างคงที่หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อาจเกิดจากผลกล้วยไม้ได้รับเอทิลีนที่จำเป็นในการกระตุ้นกระบวนการสุกทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ส่งผลให้มีปริมาณ SS ค่อนข้างคงที่หลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า พบว่าผลกล้วยที่แช่เอทิฟอนมีการแสดงออกของยีนมากกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP เช่นเดียวกับผลกล้วยหอมพันธุ์ Nanicao ที่เอทิลีนสามารถส่งเสริมการแสดงออกของยีน และกิจกรรมของเอนไซม์ *beta*

amylase ได้ ซึ่งจากการทำงานของเอนไซม์ทำให้มีการสลายตัวของแป้งเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้น ในขณะที่ผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ไม่มีการแสดงออกของยีน หรือไม่มีกิจกรรมของเอนไซม์เกิดขึ้น (Nascimento *et al.*, 2005) นอกจากนี้ในการทดลองของ Agopian *et al.* (2011) ที่ศึกษาการเก็บรักษาผลกล้วยพันธุ์ Nanicao (AAA) พบว่าระหว่างที่ผลกล้วยมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เอนไซม์ alpha และ beta amylase มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทำให้มีการสลายตัวของแป้งเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้น

การเก็บรักษาผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถชะลอกระบวนการหายใจ และการผลิตเอทิลีน โดยพบว่าผลกล้วยทั้งสองพันธุ์มีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนค่อนข้างต่ำในระหว่างการเก็บรักษา คล้ายกับผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ (0 5 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส) พบว่าที่อุณหภูมิ 0 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนค่อนข้างต่ำเช่นเดียวกับในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า แต่สำหรับผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ไม่เกิดอาการระคายเคืองคือ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น แตกต่างกับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอย่างชัดเจน (Nair and Singh, 2009) ส่วนการแสดงออกของยีน MA-ACS และ MA-ACO พบว่าผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ที่แช่เอทิลีน มีการแสดงออกของยีน MA-ACS และ MA-ACO มากกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ที่บางครั้งไม่พบการแสดงออกของยีนเลย ซึ่งการที่ผลกล้วยที่แช่เอทิลีนมีการแสดงออกของยีนทั้งยีน MA-ACS และ MA-ACO มากกว่าในชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP อาจส่งผลให้มีการผลิตเอทิลีนมากขึ้น ซึ่งถึงแม้ว่าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อดูแนวโน้มพบว่าระหว่างการเก็บรักษาผลกล้วยที่แช่เอทิลีนมีการผลิตเอทิลีนมากกว่าชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 51A และ 53A) ตามลำดับ

เมื่อย้ายผลกล้วยทั้งสองพันธุ์จากอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ที่แช่เอทิลีนมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ก่อนผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP เช่นเดียวกับการทดลองของ Wang *et al.* (2006) ที่เก็บรักษาผลกล้วยหอมพันธุ์ Wailliam (AAA) ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน แล้วจึงย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยที่ได้รับโพธิ์ไพร่ก่อนการเก็บรักษา และได้รับอีกครั้งหลังย้ายมาวางที่ อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอทิลีนจากภายนอกสามารถกระตุ้นให้มีการผลิตเอทิลีนในผลกล้วยมากขึ้นทำให้ผลกล้วย

เกิดกระบวนการสุกตามปกติได้ โดยสังเกตได้จากที่ผลกล้วยมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ความแน่นเนื้อลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเกิดขึ้น แต่หากเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น แล้วจึงย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยที่แช่เอทิลีนมีอัตราการหายใจไม่ต่างจากวันแรกมากนัก ในขณะที่ผลกล้วยชุดควบคุมมี peak อัตราการหายใจลดลง อาจเนื่องมาจากอาการสะท้อนหนาว และสาร 1-MCP ไปลดปริมาณตัวรับเอทิลีนของผลกล้วยทำให้มีปริมาณเอทิลีนน้อยลง ส่งผลให้กระบวนการสุกในผลกล้วยเกิดได้ช้า (Jiang et al., 2004) และจากการที่ผลกล้วยมีการผลิตเอทิลีนได้น้อย จึงอาจไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นกระบวนการสุก อาจส่งผลให้ผลกล้วยมี peak อัตราการหายใจเกิดขึ้นช้า

ส่วนการแสดงออกของยีน MA-ACS และ MA-ACO ในผลกล้วยที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิสูงขึ้น พบว่าการแสดงออกของยีนจะน้อยกว่าในผลกล้วยที่ไม่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาก่อน แต่ผลกล้วยที่ได้รับเอทิลีนจากภายนอกสามารถชักนำให้ผลกล้วยมีการแสดงออกของยีนเพิ่มขึ้น (Choudhury et al., 2008) ซึ่งเมื่อดูการแสดงออกของยีนหลังย้ายผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็ให้ผลการทดลองคล้ายกันคือ พบว่าผลกล้วยที่แช่เอทิลีนทั้งในส่วนเปลือก และเนื้อมีการแสดงออกของยีน MA-ACS และ MA-ACO มากกว่าผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ซึ่งการที่ผลกล้วยมีการแสดงออกของยีนเพิ่มขึ้น ทำให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ในผลกล้วยชุดควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานจนเกิดอาการสะท้อนหนาว ส่งผลต่อการผลิตเอทิลีนมีปริมาณลดลง และเมื่อผลกล้วยเกิดอาการสะท้อนหนาวยังมีผลกระทบต่อปริมาณ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีนอย่างเอนไซม์ ACC synthase (ACS) และ ACC oxidase (ACO) ทำให้มีการผลิตเอทิลีนอยู่ในปริมาณจำกัด ส่งผลให้มีปริมาณเอทิลีนไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นกระบวนการสุกของผลกล้วยทำให้เกิดการสุกที่ผิดปกติ (Le, 2002) สำหรับผลกล้วยน้ำว้าที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำมากกว่าผลกล้วยหอมทอง อาจเนื่องมาจากที่ cell membrane ของกล้วยน้ำว้ามีความแข็งแรงกว่าผลกล้วยหอมทอง (Promyou et al., 2008) นอกจากนี้เมื่อผลกล้วยได้รับเอทิลีน อาจทำให้ cell membrane มีความทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวได้มากขึ้น อาจเนื่องมาจากผลกล้วยมีความบริบูรณ์มากขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Kosiyachinda and Young (1976) พบว่าหากผลอะโวคาโดมีความบริบูรณ์มากขึ้นจะทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวมากขึ้น

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าทุกที่ที่พืชมัธยาระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณ TA ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ Nguyen et al. (2003) ที่เก็บรักษาผลกล้วยไข่ และกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 6 และ 10 องศาเซลเซียส และเมื่อย้ายผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยมีปริมาณ TA เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลกล้วยเมื่อเกิดกระบวนการสุกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์ malate synthase มากขึ้น (จริงแท้, 2549) และสอดคล้องกับการแสดงออกของยีน malate synthase มีการแสดงออกเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลกล้วยได้รับเอทิลีน (Pua et al., 2002) ซึ่งการที่มีทั้งการแสดงออกของยีน และการสังเคราะห์เอนไซม์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกรดมาลิกเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลกล้วยหอมทองสุกควบคุม และรวมด้วยสาร 1-MCP ซึ่งไม่เกิดกระบวนการสุกหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อาจเกิดจากผลกล้วยหอมทองไม่ได้รับเอทิลีนจากภายนอกที่จำเป็นต่อการกระตุ้นกระบวนการสุกทำให้มีปริมาณ TA ค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าสุกควบคุมมีปริมาณ TA เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากผลกล้วยน้ำว้ามีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการสุกได้ตามปกติ

ความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อในผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการทดลองของ Jing et al. (2004) ที่เก็บรักษากล้วยหอมพันธุ์ลีเลียมที่อุณหภูมิต่าง ๆ (3 8 และ 13 องศาเซลเซียส) นาน 8 วัน พบว่าความแน่นเนื้อลดลงหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยพบว่าผลกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิต่ำที่เกิดอาการสะท้านหนาว) มีความแน่นเนื้อของผลกล้วยค่อนข้างคงที่ระหว่างการเก็บรักษา หรือการเก็บรักษาผลเนคทารีนที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการอ่อนนุ่มของผลได้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำยับยั้งการทำงานของเอทิลีนซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการอ่อนนุ่มของผลไม้ (Zhou et al., 2001)

เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่แช่เอทิฟอนมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะเอทิลีนสามารถเร่งกระบวนการสุกของผลกล้วยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปของอาหารสะสมภายใน โดยมีการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และละลายน้ำได้น้อยไปเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็ก และละลายน้ำได้ดี (จริงแท้, 2549) สอดคล้องกับรายงานของ Shiga et al. (2011) พบว่าในระยะที่ผลกล้วยยังดิบอยู่จะสะสมอาหารในรูปของแป้ง แต่เมื่อผลกล้วยมีกระบวนการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลง

เป็นน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ผลกล้วยมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น นอกจากนี้เอนทิซินยังสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ pectin methylesterase (PME) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอ่อนนุ่มของผลไม้ และการลดลงของความแน่นเนื้อในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าคล้ายกับการทดลองที่ให้สารโพไพริน 1000 $\mu\text{I/l}$ ก่อนเก็บรักษาผลกล้วยหอมพันธุ์ William ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน พบว่าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ผลกล้วยมีความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และให้ผลกล้วยได้รับโพไพรินอีกครั้ง พบว่าผลกล้วยมีความแน่นเนื้อของเปลือก และเนื้อลดลง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเอนทิซินทำให้ผลกล้วยเกิดการอ่อนนุ่ม เนื่องจากเอนทิซินไปกระตุ้นให้มีการแสดงออกของยีน *MaExp 1* และ *MaExp 2* เพิ่มขึ้น ยีน *Exp* ทำหน้าที่แปรรหัสให้เป็นโปรตีน expansin จึงมีการสะสมโปรตีน expansin เพิ่มขึ้น ซึ่งเอนไซม์ expansin มีหน้าที่ในการทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์หลวมลง ส่งผลให้ผนังเซลล์อ่อนแอลง (Wang et al., 2006)

นอกจากนี้เอนทิซินยังสามารถส่งเสริมให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ PG เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (Zauberman and Fuchs, 1973) ซึ่งทำให้ผลกล้วยมีความแน่นเนื้อลดลง และเกิดกระบวนการสุกอย่างปกติ แต่สำหรับผลกล้วยที่รมด้วยสาร 1-MCP มีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่ เนื่องมาจากการที่ผลกล้วยได้รับสาร 1-MCP ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของตัวรับเอนทิซิน ทำให้ผลกล้วยมีกิจกรรมของเอนไซม์ ACS และ ACO รวมถึงปริมาณของ ACC น้อยลงปริมาณของเอนทิซินจึงน้อยลงตามไปด้วย (Pathak et al., 2002) และนอกจากนี้ในรายงานของ Nascimento et al. (2005) พบว่าหากผลกล้วยได้รับสาร 1-MCP ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ beta amylase ลดน้อยลง ทำให้การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลเกิดขึ้นได้น้อย อาจเกิดจากเมื่อ 1-MCP เข้าจับกับตัวรับเอนทิซินทำให้เอนทิซินไม่สามารถเข้าทำงานได้ ส่งผลให้ไม่มีการสังเคราะห์เอนทิซินเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่มีเอนทิซินที่จะไปกระตุ้นให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการ autocatalysis ขึ้น ทำให้มีการผลิตเอนทิซินได้ในปริมาณน้อย ดังเห็นได้จากการผลิตเอนทิซินของผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณน้อย และค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 51 และ 53) ซึ่งไม่น่าเพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดการสุก ทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ beta amylase น้อยส่งผลให้ไม่มีการย่อยแป้งเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลรวมกับการที่เอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความอ่อนนุ่มทำงานได้น้อยลง จึงอาจทำให้ความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่

การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าผิวเปลือกมีค่า L^* (ค่าความสว่าง) และ b^* (ค่าสีเหลือง) ลดลง แต่ค่า a^* (ค่าสีเขียว)

เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะค่า L^* มีค่าลดลงเนื่องมาจากผลกล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เกิดอาการเปลือกมีสีดำ เพราะอาการสะท้อนหนาว (Promyou et al., 2008) นอกจากนี้ค่า L^* และ b^* ที่ลดลงยังสอดคล้องกับการทดลองของ Nguyen et al. (2003) ที่เก็บรักษาผลกล้วยไข่ และกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส แต่ในผลกล้วยน้ำว้าพบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพียงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา เนื่องมาจากผลกล้วยน้ำว้ามีความทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวมากกว่าผลกล้วยหอมทอง สังเกตจากที่ผลกล้วยน้ำว้ามีระดับอาการสะท้อนหนาวน้อยกว่ากล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาทำให้อาการเปลือกสีดำเกิดได้น้อยกว่า ซึ่งอาการเปลือกสีดำเกิดจากเซลล์พืชได้รับความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำทำให้เซลล์เกิดการฉีกขาดเสียหายส่งผลให้เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ในไซโตพลาสซึมสามารถสัมผัสและเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลในแวคิวโอลสามารถทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ (จรัสแท้, 2549)

เมื่อย้ายผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าที่แช่เอธิฟอนมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า L^* b^* และ a^* มีค่าเพิ่มขึ้น คือผลกล้วยมีสีเขียวลดน้อยลงและเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลือง เช่นเดียวกับการทดลองของสุจริต (2548) ที่เมื่อผลกล้วยได้รับเอทิลีนจากภายนอกสามารถกระตุ้นกระบวนการสุกของผลกล้วย แล้วทำให้ค่า L^* b^* และ a^* มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกยังมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ แต่หากเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 และ 10 วัน ผลกล้วยเกิดอาการสะท้อนหนาวอย่างรุนแรง คือมีอาการเปลือกดำเกือบทั้งผลทำให้เมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ผิวผลกล้วยมีสีดำเพิ่มขึ้นทำให้ค่า L^* b^* และ a^* ของผลกล้วยหอมทองทุกทรีทเมนต์มีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับผลกล้วยน้ำว้าชุดควบคุม และแช่เอธิฟอน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า L^* b^* และ a^* คล้ายกับกล้วยหอมทองที่แช่เอธิฟอนหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลกล้วยน้ำว้ามีความทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวมากกว่ากล้วยหอมทอง ทำให้ไม่มีอาการเปลือกสีดำหรือเกิดได้น้อย และเมื่อย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผิวผลสามารถเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ตามปกติไม่เกิดอาการเปลือกสีดำหรือเกิดขึ้นได้น้อย ในขณะที่ผลกล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP ไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เนื่องจาก 1-MCP จะไปจับกับตัวรับเอทิลีนทำให้เอทิลีนไม่สามารถจับหรือรวมตัวกับตัวรับเอทิลีนได้ ผลกล้วยจึงไม่ตอบสนองต่อเอทิลีน เห็นได้จากที่ปริมาณการผลิตเอทิลีนมีปริมาณค่อนข้างคงที่เมื่อได้รับสาร 1-MCP จึงชะลอการพัฒนาของสีผิว และกระบวนการสุกของผลกล้วย (สุจริต, 2548) นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่ากล้วยน้ำว้าที่รมด้วยสาร 1-MCP มีอาการเปลือกสีดำเกิดขึ้นด้วย หรืออ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาวมากขึ้น

การให้เอทิฟอนก่อนการเก็บรักษาสามารถทำให้ผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าสามารถช่วยลดระดับอาการสะท้อนหวานในผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ ทั้งในระหว่างการเก็บรักษาและย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกล้วยชุดควบคุม และที่ได้รับสาร 1-MCP ไม่สามารถลดระดับอาการสะท้อนหวานได้ และเมื่อทำการย้ายผลกล้วยมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลกล้วยที่ได้รับเอทิฟอนก่อนการเก็บรักษามีการแสดงออกของยีน *MA-ACS* และ *MA-ACO* มากขึ้น ส่งผลให้มีการผลิตเอทิลีน และอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่มีปริมาณเอทิลีนเพิ่มขึ้นสามารถกระตุ้นให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการ autocatalysis ทำให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการกระตุ้นกระบวนการสุก โดยกระบวนการสุกในผลกล้วยพิจารณาจากการที่ผลกล้วยมีปริมาณแป้งลดลง และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณ SS เพิ่มขึ้น เนื่องจากการแสดงออกของยีน *MA-beta amylase* ส่งเสริมให้มีการย่อยแป้งซึ่งเป็นอาหารสะสมในผลกล้วยดิบให้เป็นน้ำตาลมากขึ้นเมื่อเกิดกระบวนการสุก ส่งผลให้แป้งที่เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ มีขนาดเล็กลงละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้ผลกล้วยอ่อนนุ่มลงได้ นอกจากนี้การที่ผลกล้วยได้รับเอทิลีนยังทำให้ผลกล้วยสามารถเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง และทำให้ปริมาณ SS เพิ่มขึ้นได้เมื่อผลกล้วยเกิดกระบวนการสุก ในขณะที่ผลกล้วยทั้งสองพันธุ์ที่ได้รับสาร 1-MCP และกล้วยหอมทองชุดควบคุม ไม่พบการแสดงออกของยีน *MA-ACS* และ *MA-ACO* ทำให้มีการผลิตเอทิลีนได้น้อยลง ซึ่งอาจไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิด autocatalysis จึงทำให้มีการสังเคราะห์เอทิลีนได้น้อยไม่เพียงพอที่ทำให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการสุก

เมื่อพิจารณาอาการสะท้อนหนาวในผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า พบว่าผลกล้วยน้ำว้ามีความทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวมากกว่าผลกล้วยหอมทอง ทั้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และภายหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อาจเนื่องมาจากผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีระยะความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ (สังเกตจากเหลี่ยมของผลประมาณ 3 เหลี่ยม) อาจมีความบริบูรณ์ที่ต่างกัน โดยผลกล้วยน้ำว้าอาจจะมีบริบูรณ์มากกว่าผลกล้วยหอมทอง ทำให้เมื่อเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลกล้วยน้ำว้าจึงมีความทนทานต่ออาการสะท้อนหนาวมากกว่า และหลังย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลกล้วยน้ำว้ายังสามารถเกิดกระบวนการสุกได้ตามปกติ โดยไม่ต้องทำการให้เอทิลฟอนก่อนการเก็บรักษาเพื่อใช้ในการพัฒนาความบริบูรณ์ นอกจากนี้เมื่อการแสดงออกของยีน ACS ในผลกล้วยน้ำว้ามีการแสดงออกก่อนกล้วยหอมทอง จึงอาจทำให้ผลกล้วยน้ำว้ามีการผลิตเอทิลีนได้ก่อนกล้วยหอมทองทำให้ผลกล้วยน้ำว้ามีความบริบูรณ์ได้เร็วกว่า

นอกจากนี้กระบวนการสุกของผลกล้วยภายหลังย้ายมาจากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณของตัวรับเอทิลีนในผลกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าอาจมีปริมาณของตัวรับเอทิลีนแตกต่างกัน ซึ่งคาดว่าผลกล้วยหอมทองน่าจะมีปริมาณตัวรับเอทิลีนมากกว่าผลกล้วยน้ำว้า ดังนั้นผลกล้วยหอมทองจึงต้องใช้เอทิลีนในปริมาณมาก หรืออาจต้องการเอทิลีนจากภายนอก เพื่อให้มีเอทิลีนเพียงพอที่จะจับกับตัวรับเอทิลีนเพื่อกระตุ้นให้เกิด autocatalysis เพื่อเพิ่มปริมาณเอทิลีนที่นำไปใช้ในการกระตุ้นให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการสุก แต่ในผลกล้วยน้ำว้าที่มีปริมาณตัวรับเอทิลีนน้อยกว่า อาจต้องการเอทิลีนในปริมาณไม่มากเพื่อกระตุ้นกระบวนการสุก ซึ่งการให้เอทิลีนจากภายนอกอาจไม่จำเป็น แต่เมื่อรมด้วยสาร 1-MCP ผลกล้วยหอมทองอาจเหลือตัวรับเอทิลีนที่ไม่ได้จับกับ 1-MCP ซึ่งอาจเพียงพอที่จะจับกับเอทิลีนที่ผลกล้วยผลิตขึ้น ทำให้เมื่อย้ายออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานขึ้น อาจทำให้มีการผลิตเอทิลีนได้มากพอที่จะกระตุ้นให้ผลกล้วยเกิดกระบวนการสุก ซึ่งในผลกล้วยน้ำว้าที่มีตัวรับเอทิลีนน้อยเมื่อให้สาร 1-MCP อาจเหลือตัวรับเอทิลีนน้อยไม่เพียงพอที่จะจับกับเอทิลีนที่ผลกล้วยผลิตขึ้น ส่งผลให้ไม่เกิด autocatalysis จึงมีการผลิตเอทิลีนน้อยทำให้ไม่เกิดกระบวนการสุก

สรุป

เมื่อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าได้รับอุณหภูมิต่ำ ผลกล้วยหอมทองมีระดับอาการ สะท้อนหนาวรุนแรงกว่าผลกล้วยน้ำว้า เกิดจากผลกล้วยหอมทองมีการผลิตเอทิลีน และการ แสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีนน้อยกว่าและช้ากว่าผลกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีการผลิต เอทิลีน การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีน และเกิดกระบวนการสุกมากกว่าและ เร็วกว่า



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษณา บุญศิริ. 2550. การสะท้อนหนาวของพริก 3 พันธุ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.

วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 น.

_____. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช**. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 453 น.

จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2549. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 93 น.

ดวงพร อัมตริตันนะ. 2536. **เทคโนโลยีการผลิต และการเก็บเกี่ยวพืชสวนในภาคใต้เพื่อการส่งออก**. ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. สุราษฎร์ธานี.

เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. **กล้วย**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจิตต์ ส่วนไพโรจน์. 2548. **บทบาทของอุณหภูมิและเอทิฟอนต่อการสุกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกกล้วยหอมทองและกล้วยหอมแกรนด์เนน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทิน กันยะมี. 2548. **ความสัมพันธ์ระหว่างอาการสะท้อนหนาวกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และตัวต้านออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์ต่างๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทัศน์ สุพรรณ. 2547. ผลของการใช้ความร้อนต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาวของกล้วยหอม. [Online]. หาได้ที่ <http://fnatagro.csc.ku.ac.th/Publications>.

สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจเกษตร. 2553. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2553. [Online]. หาได้ที่ <http://www.oae.go.th/download/journal/statistics53.pdf>.

Agopian, R.G., F.H. Gonc, P. Okita, C.A. Soares, J.A. Mainardi, J.R.O. Nascimento, B.R. Cordenunsi, F. M. Lajolo and E. Purgatto. 2011. Low temperature induced changes in activity and protein levels of the enzymes associated to conversion of starch to sucrose in banana fruit. **Postharvest Biology and Technology** 62(2): 133-140.

AOAC. 1984. **Official Method of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia. 1411 P.

AOAC. 1990. **Official Method of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia. 1298 P.

Beatriz, R. Cordenunsi and F.M. Lajolo. 1995. Starch breakdown during banana ripening: sucrose synthase and sucrose phosphate synthase. **J. Agric. Food Chem.** 43: 347-351.

Candan, A. P., J. Graell., and C. Larrigaudiere. 2007. Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. **Postharvest Biology and Technology** 47: 107-112.

Cao, S., Y. Zheng., K. Wang., H. Rui. and S. Tang. 2010. Effect of methyl jasmonate on cell wall modification of loquat fruit in relation to chilling injury after harvest. **Food Chemistry**. 118: 641–647.

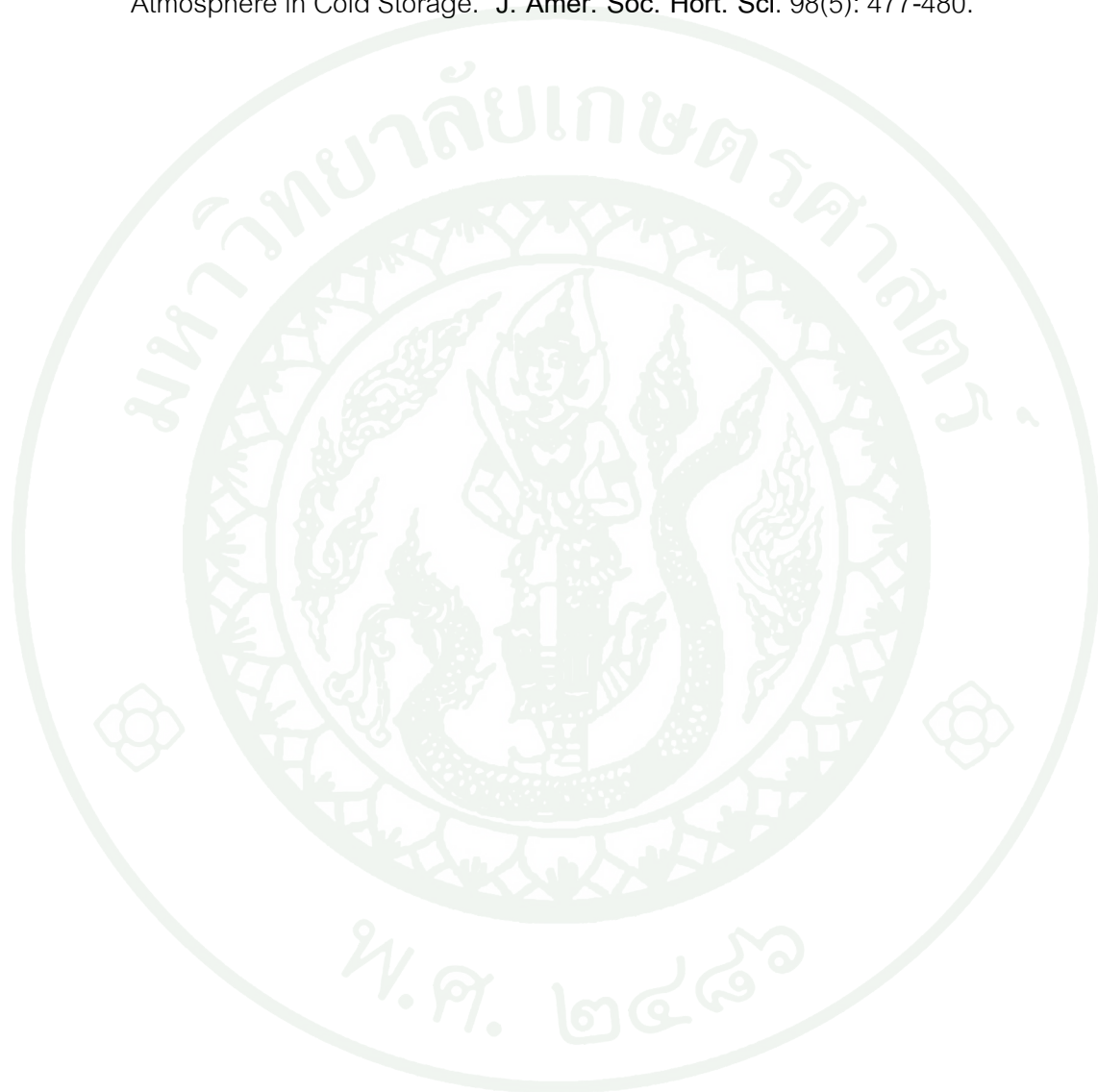
- Chaiprasart, P., H. Gemma. and S. Iwahori. 2002. Reduction of Chilling Injury in Stored Banana Fruits by Jasmonic Acid Derivative and Absciscic Acid Treatment. **Acta Hort.** 575: 689-696.
- Chang, S., J. Puryer. and J. Cairney. 1993. A simple and efficient method for isolating RNA from pine tree. **Plant Mol. Report** 11(2): 113-116.
- Chen, J., L.H. He., Y.M. Liang., Y. Wang., D.C. Joyce., Z. L. Ji. and W.J. Lu. 2008. Role of phenylalanine ammonia lyase in heat pretreatment induced chilling tolerance in banana fruit. **Physiologia Plantarum.** 132: 318-328.
- Choudhury, S.R., S. Roy and D.N. Sengupta. 2008. Characterization of transcriptional profiles of MA-ACS1 and MA-ACO1 genes in response to ethylene, auxin, wounding, cold and different photoperiods during ripening in banana fruit. **Journal of Plant Physiology** 165: 1865-1878.
- Hodge, J.E. and M. Hofreither. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates, In R.L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds). **Method in Carbohydrate Chemistry**. Vol. 1. Academic press, New York. 380-394p.
- Isenberg, F.M.R. 1979. Controlled atmosphere storage of vegetable. **Hort. Rev.** 1: 337-389.
- Jiang, Y., D.C. Joyce, W. Jiang. and W. Lu. 2004. Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. **Plant Growth Regulation.** 43:109-115.
- Ketsa, S. 2009. Additional Effect of 1-MCP and Modified Atmosphere Packaging (MAP) on the Storage Life of Banana Fruit. **Acta Hort.** 880: 353-359.

- Kosiyachinda, S. and R.E. Young. 1976. Chilling sensitivity of avocado fruit at different stages of the respiratory climacteric. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(6): 665-667.
- Le, V.L. 2002. **Effect of High Carbon Dioxide Atmosphere and Methyl Jasmonate Treatments on Chilling Injury Alleviation in 'Kluai Khai' Banana.** M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Lederman, I.E., G. Zauberman., A. Weksler., I. Rot. and Y. Fuchs. 1996. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 10: 107- 112.
- Lii, C.Y., S.M. Chang and Y.L. Young. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *J. Food Sci.* 47: 1493-1497.
- Nascimento, J. R. O., A. V. J'unior, P. Z. Bassinello, B. R. Cordenunsi, J. A. Mainardi, E. Purgatto and F. M. Lajolo. 2006. Beta-amylase expression and starch degradation during banana ripening. *Postharvest Biology and Technology* 40: 41-47.
- Nair, S. and Z. Singh. 2003. Pre-storage ethrel dip reduces chilling injury, enhances respiration rate, ethylene production and improves fruit quality of 'Kensington' mango. *Food, Agriculture and Environment.* 1(2): 93-97.
- Nair, S. and Z. Singh. 2009. Chilling Injury during Storage Affects Respiration Rate and Fruit Quality in Kensington Pride Mango Fruit. *Acta Hort.* 820: 737-743.
- Nguyen, T.B.T., S Ketsa. and W.G. Van Doorn. 2003. Effect of modified atmosphere packaging on chilling induced peel browning in banana. *Postharvest Biology and Technology.* 31: 313-317.

- Pathak, Neelam., M.H. Asif., P. Dhawan., M. K. Srivastava. and P.Nath. 2003. Expression and activities of ethylene biosynthesis enzymes during ripening of banana fruits and effect of 1-MCP treatment. **Plant Growth Regulation** 40: 11–19.
- Promyou, S., S. Ketsa, W. G. van Doorn. 2007. Hot water treatments delay cold-induced banana peel blackening. **Postharvest Biology and Technology** 48: 132–138.
- Pua, E.C., S. Chandramouli, P. Han and P. Liu. 2003. Malate synthase gene expression during fruit ripening of Cavendish banana (*Musa acuminata* cv. Williams). **Journal of Experimental Botany**, 54: 309–316.
- Selvarajah S., A.D. Bauchot, and P. John. 2001. Internal browning in cold-stored pineapple is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**. 23: 167–170.
- Shiga, T.M., Claudin A. S., J. R. Nascimento, E. Purgatto, F.M. Lajolo and B.R. Cordenunsi. 2011. Ripening-associated changes in the amounts of starch and non-starch polysaccharides and their contributions to fruit softening in three banana cultivars. **J Sci Food Agric**. 91: 1511–1516.
- Wang, C. Y. 1990. **Chilling injury of Horticulture Crops**. CRC press: Boca Raton, FL.
- Wang, L., Shuangjian, W. Kong, S. Li. and D.D. Archbld. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**. 41: 244–251.
- Wang, Y., W. Lu., Y. Jiang., Y. Luo., W. Jiang., and D. Joyce. 2006. Expression of ethylene – related expansin gene in banana fruit. **Plant Science**. 170: 962–967.

Zhou, H.W., LiDong, R. B. Arie. and S. Lurie. 2001. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. **Plant Physiol.** 158: 55-61.

Zauberman, G. and Y. Fuchs. 1973. Ripening Processes in Avocados Stored in Ethylene Atmosphere in Cold Storage. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 98(5): 477-480.





ระดับอาการสะท้อนหนาว

'Hom Thong'

'Namwa'

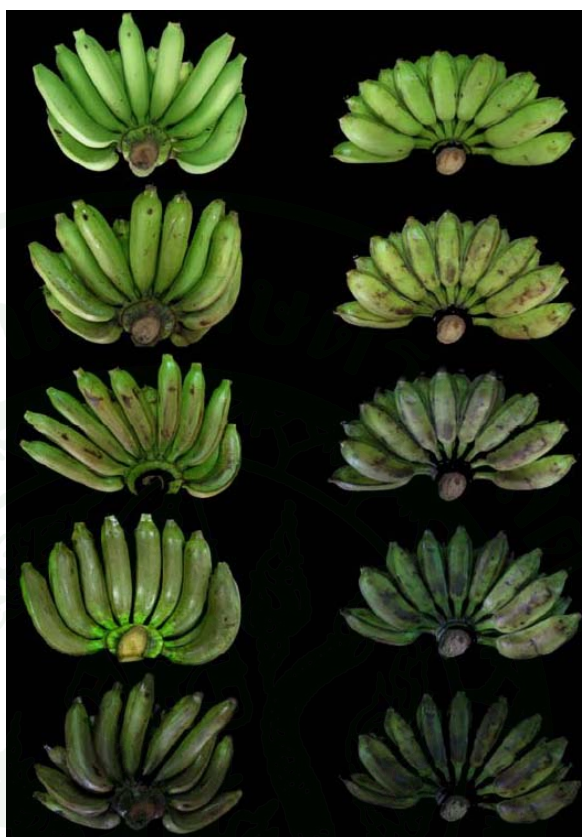
1

2

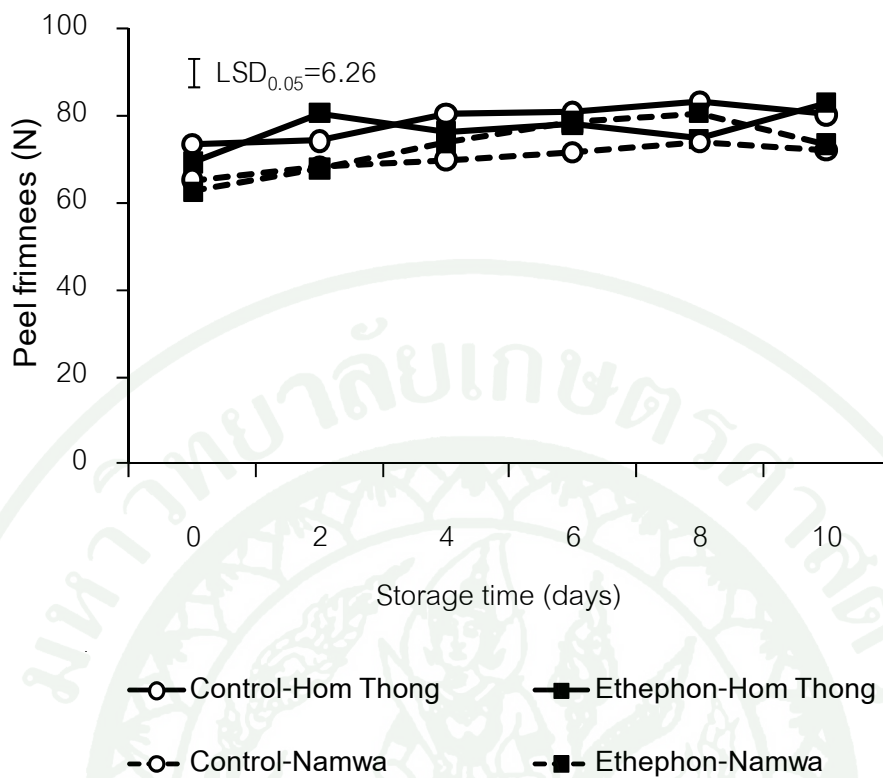
3

4

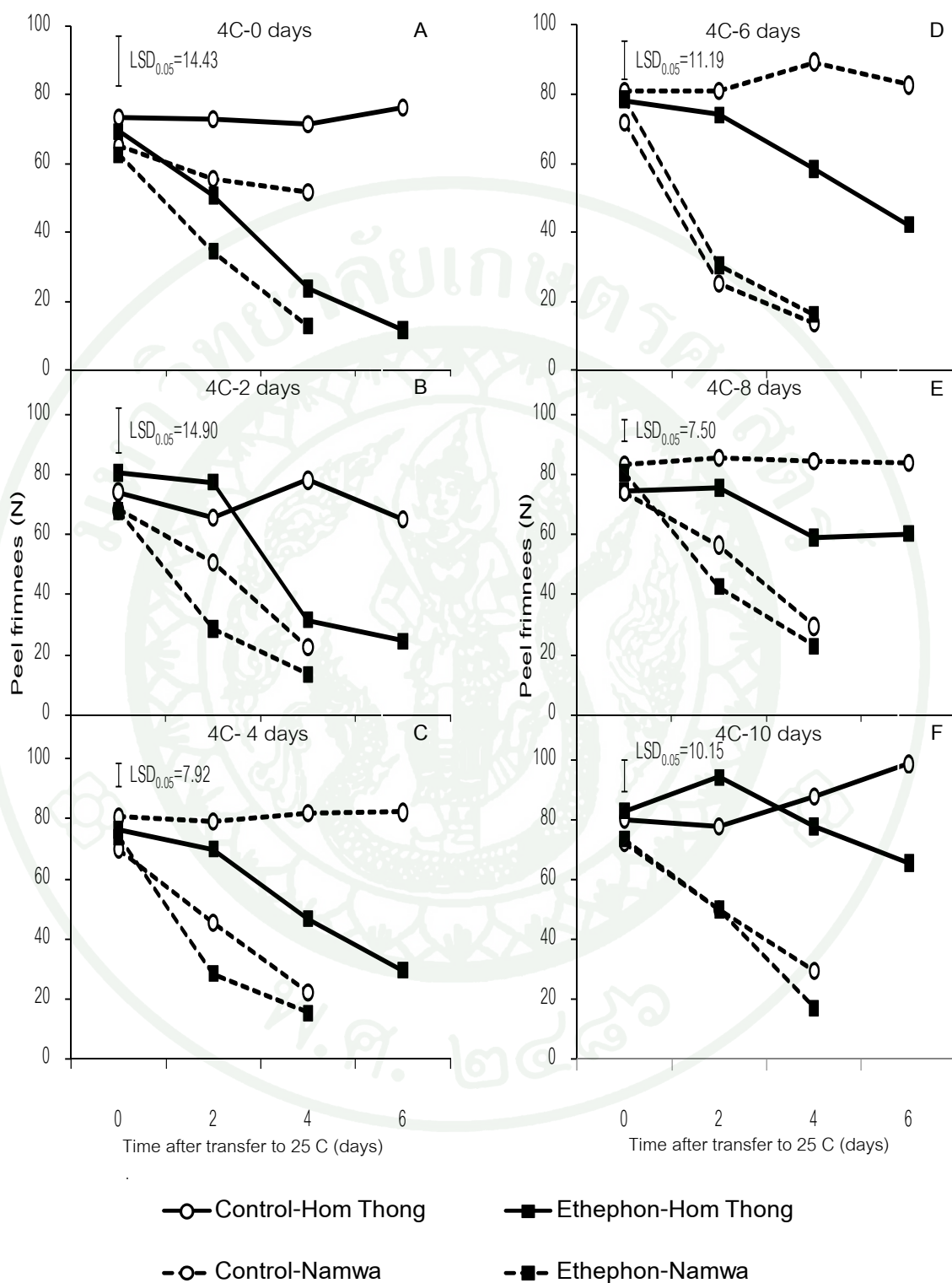
5



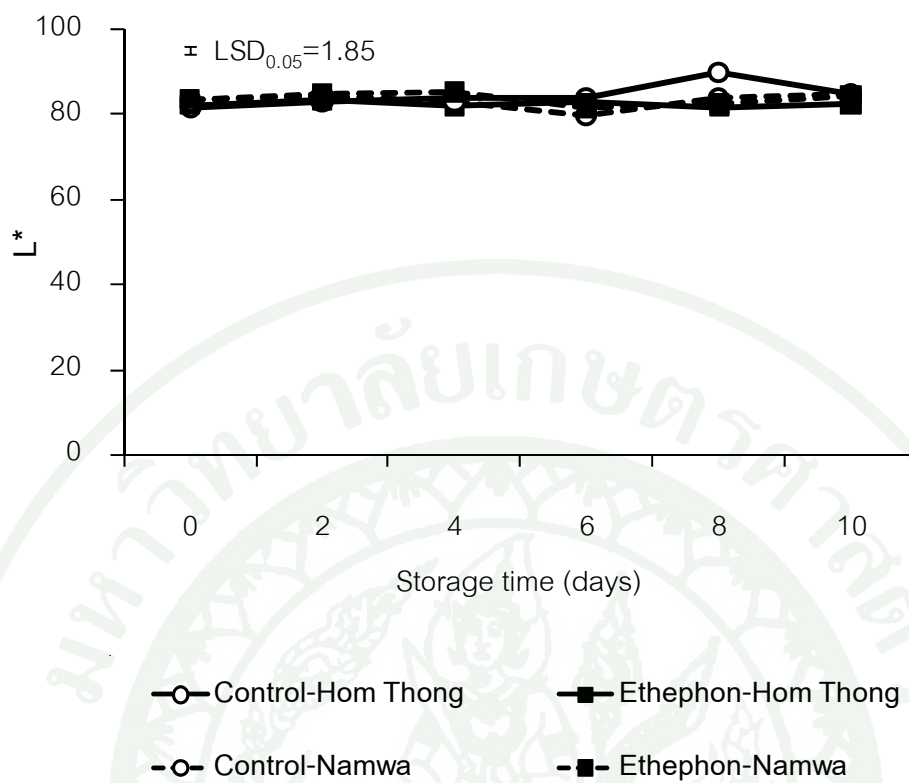
ภาพผนวกที่ 1 ระดับอาการสะท้อนหนาวในผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้า
ที่มา (Promyou et al., 2008)



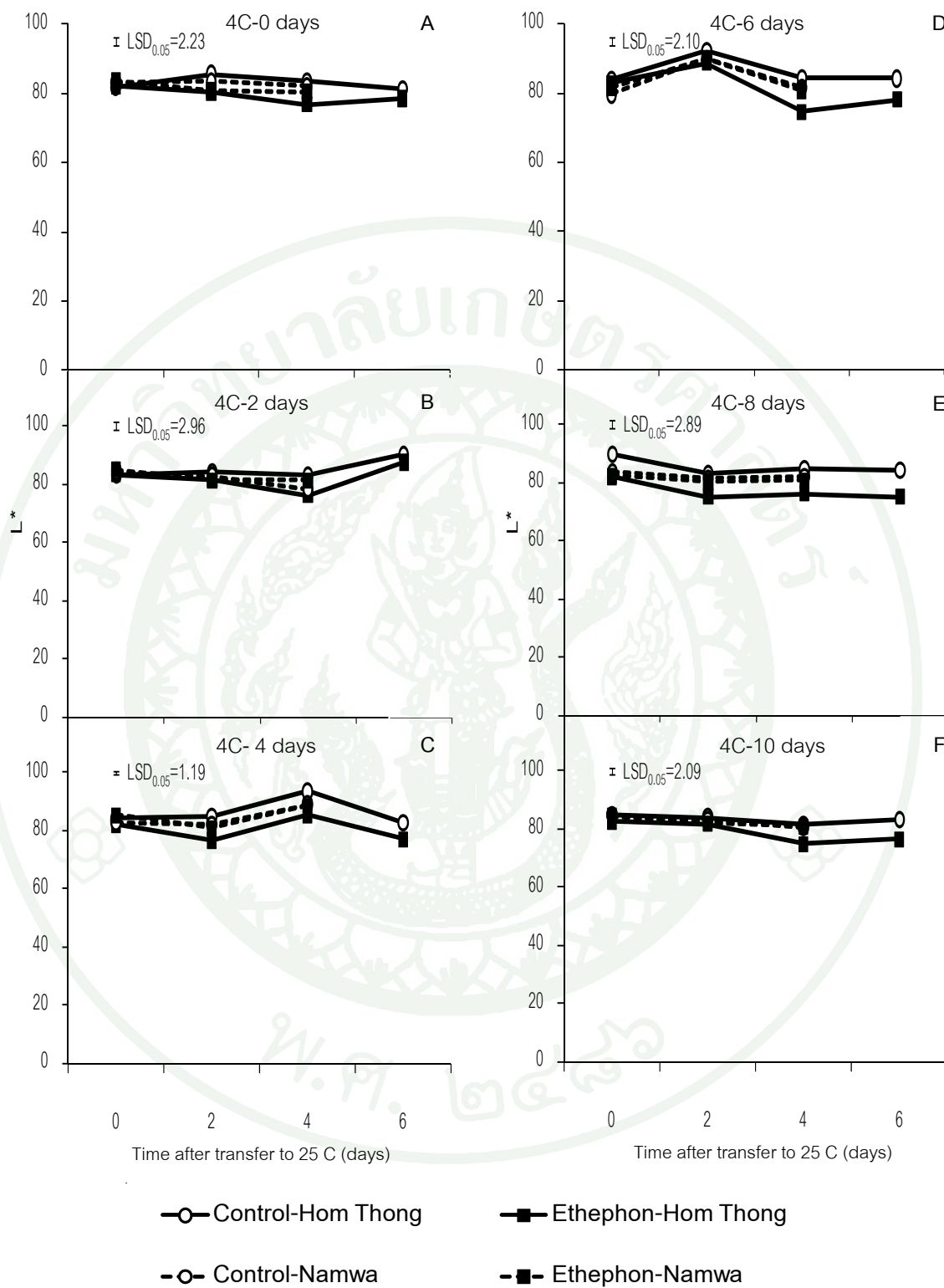
ภาพผนวกที่ 2 ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



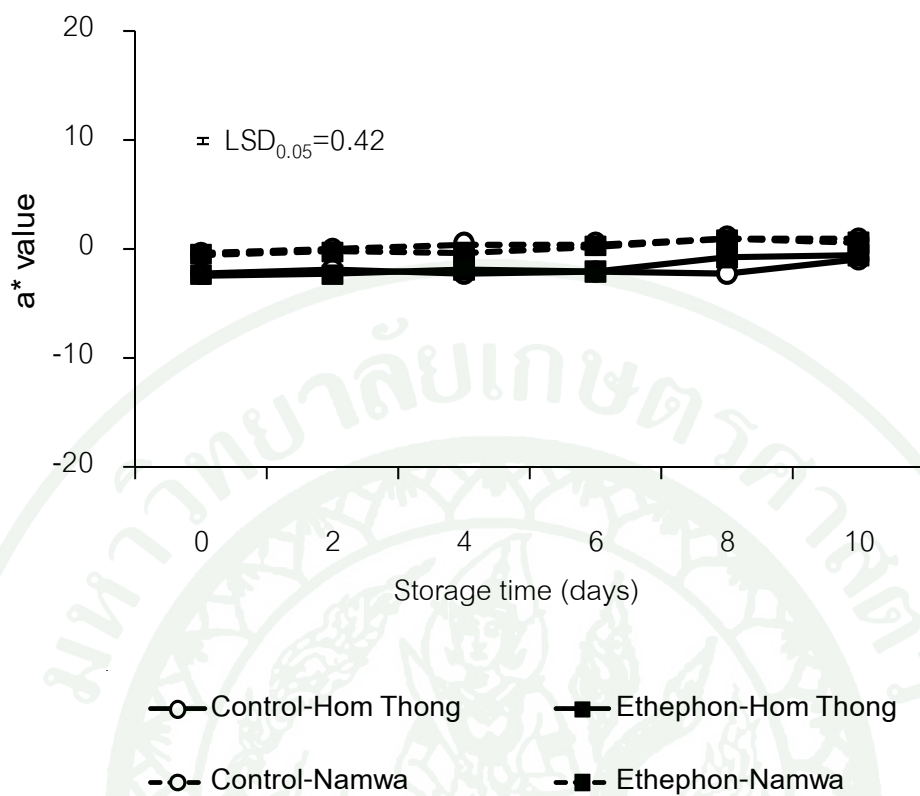
ภาพผนวกที่ 3 ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษาแล้ว
ย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



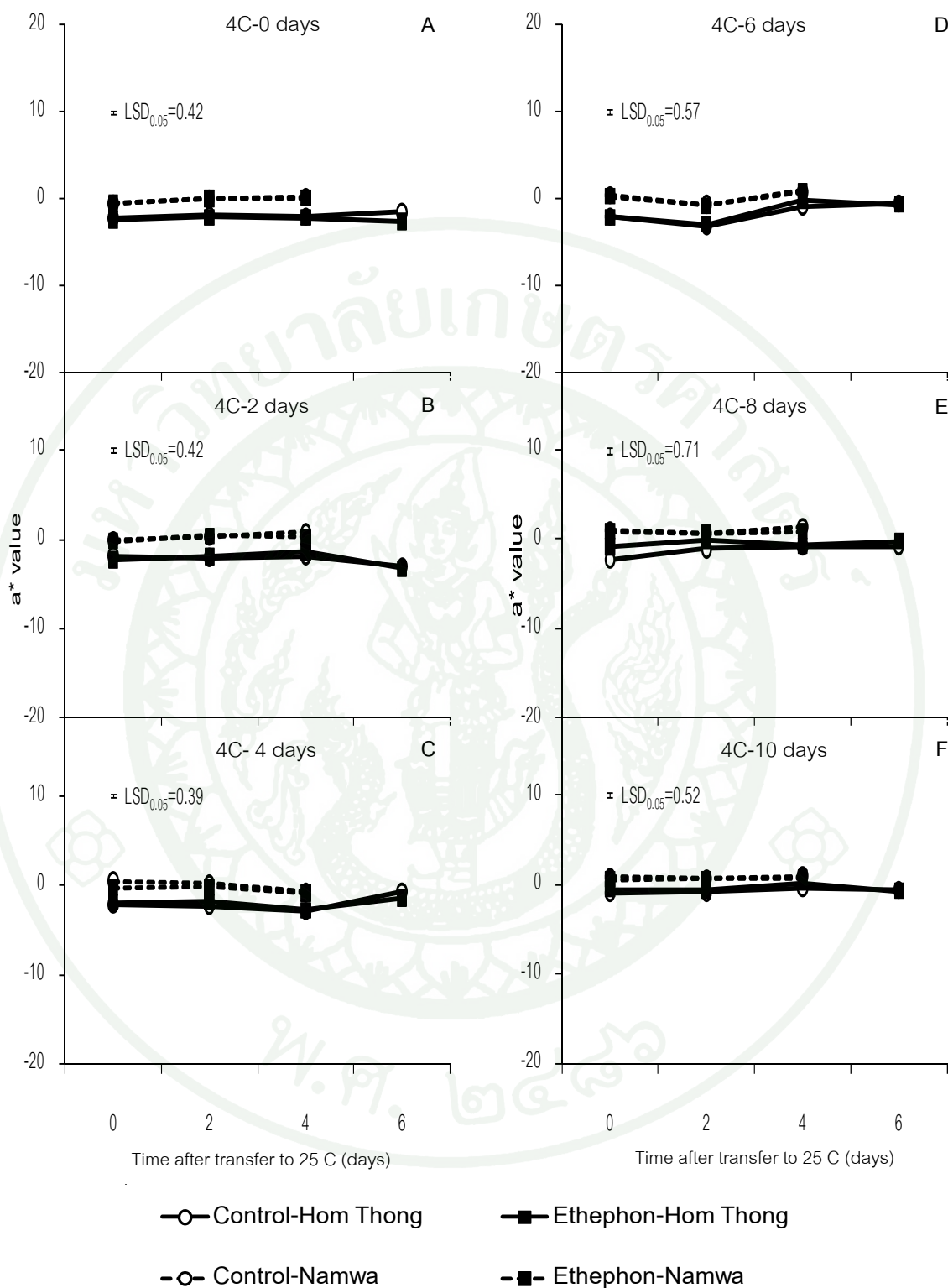
ภาพผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



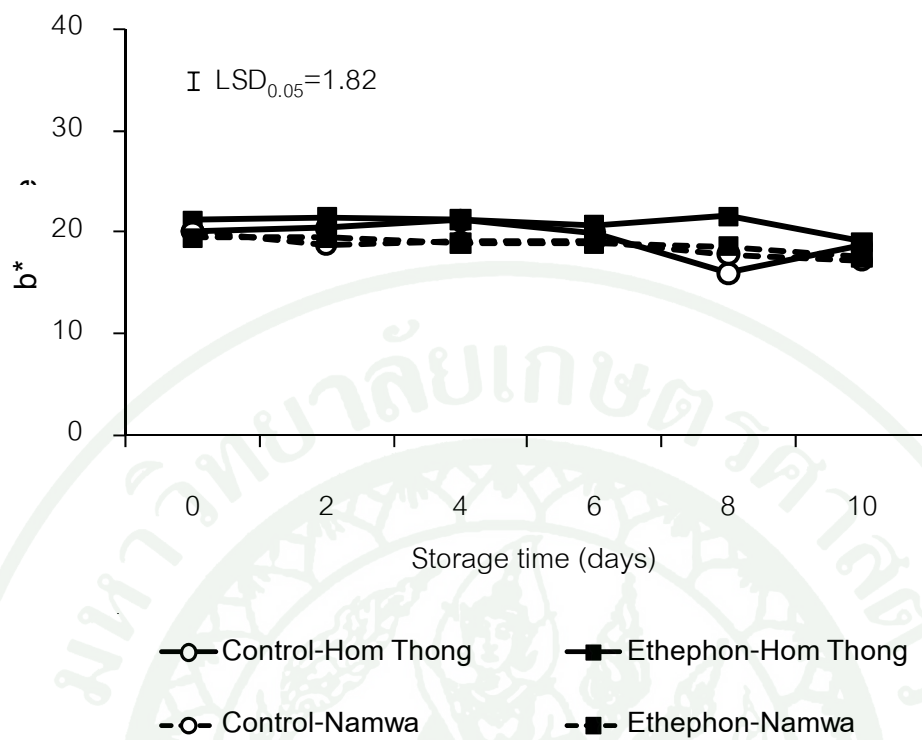
ภาพผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



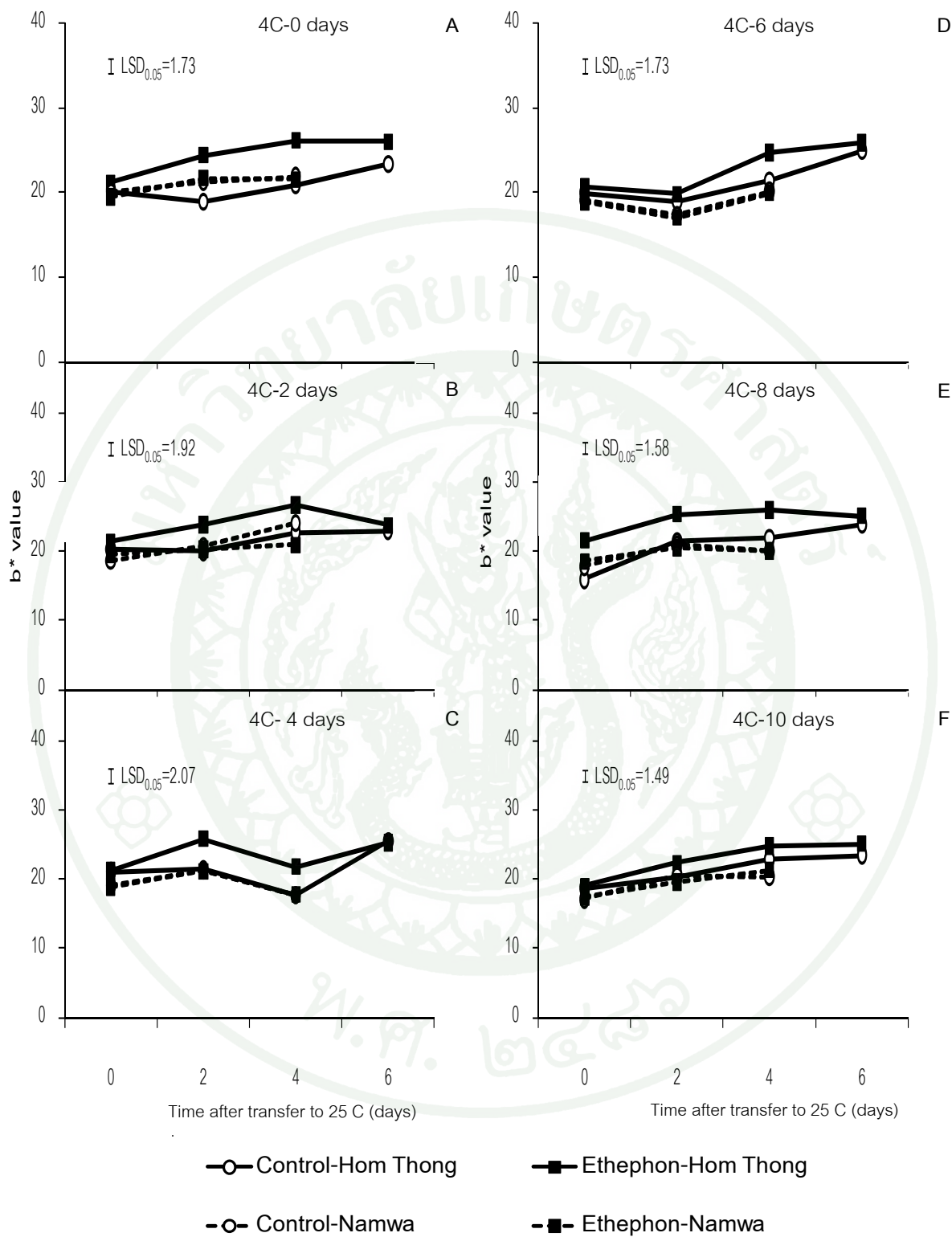
ภาพผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



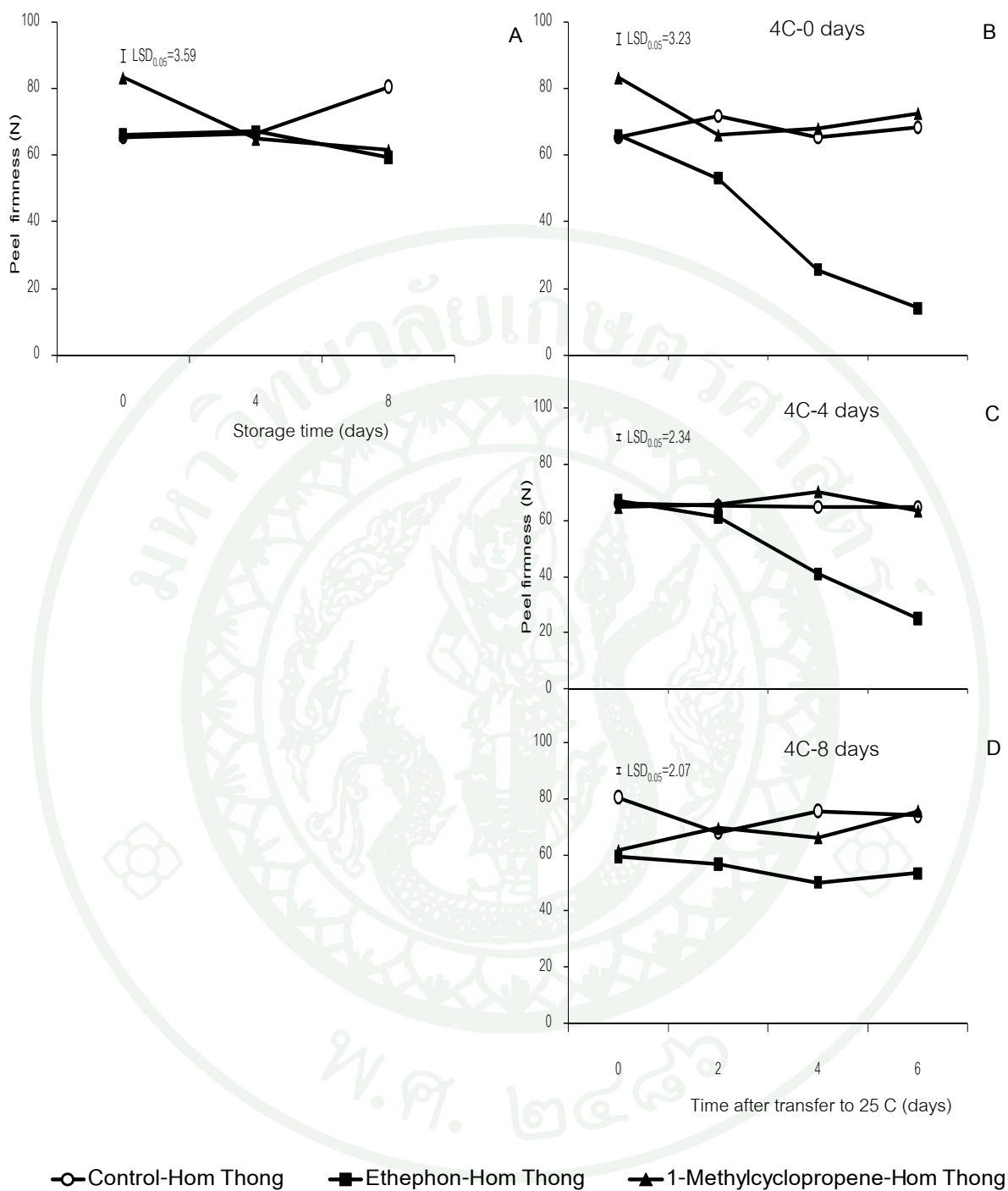
ภาพผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



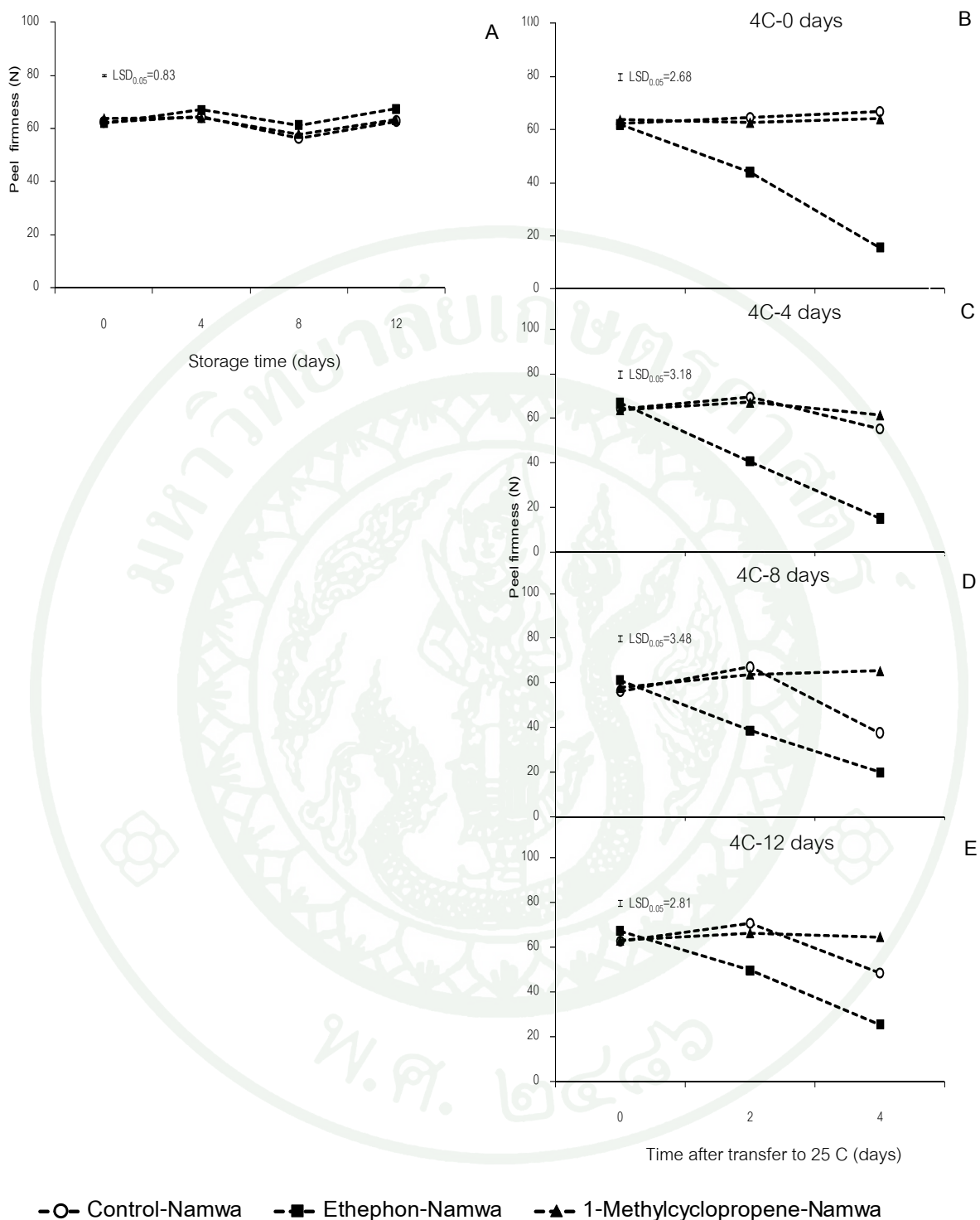
ภาพผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



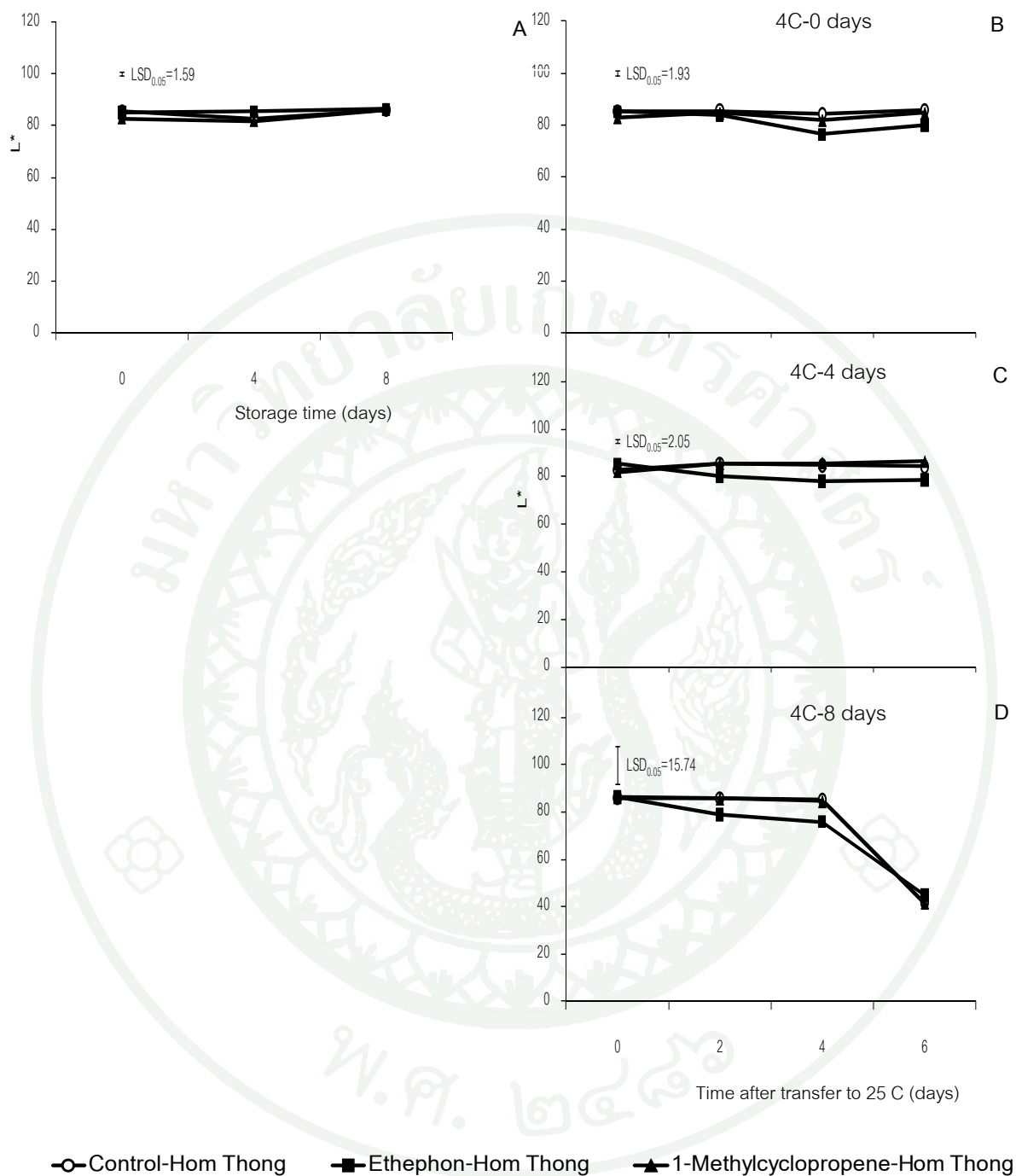
ภาพผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองและกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บรักษา แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



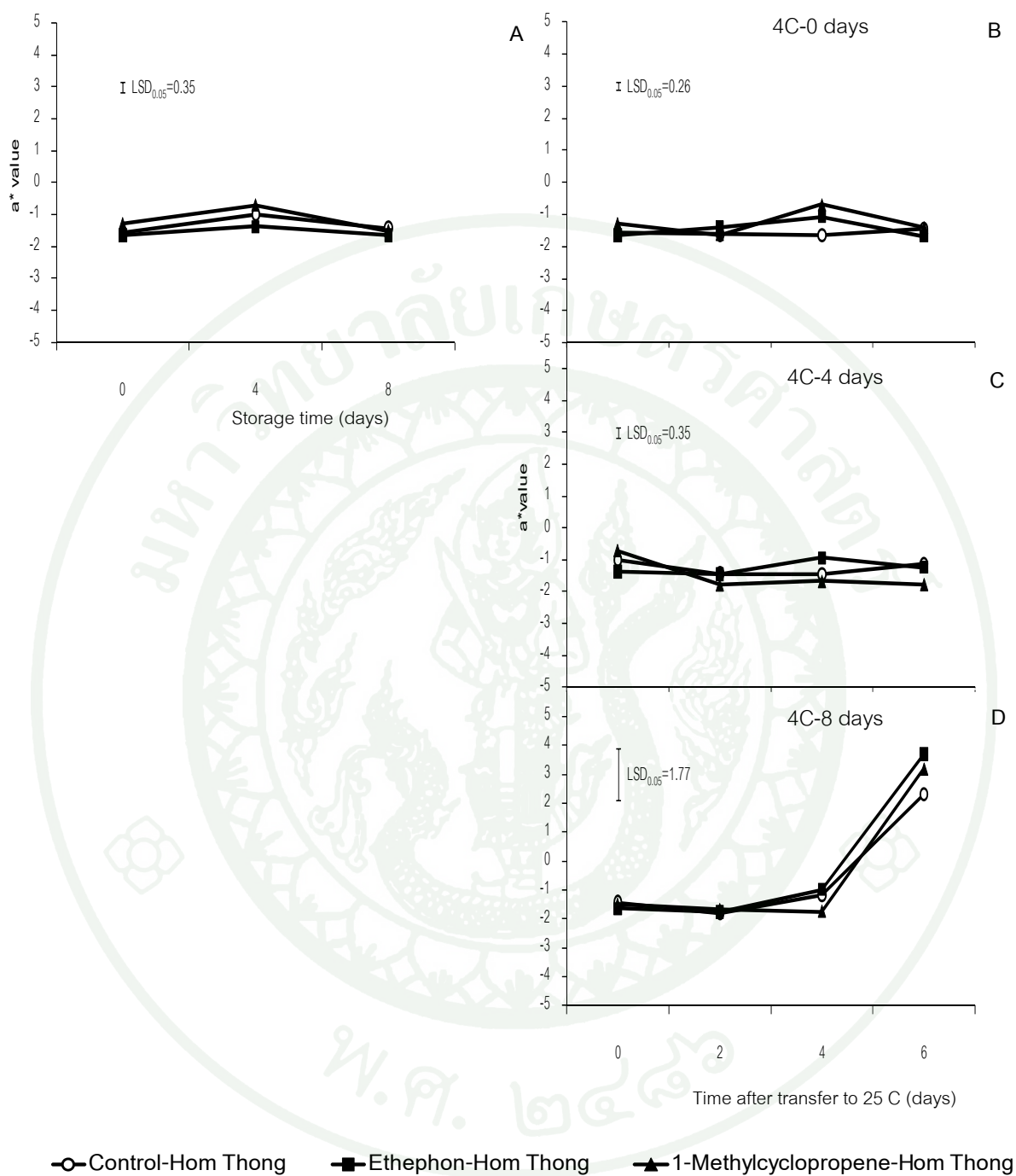
ภาพผนวกที่ 10 ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



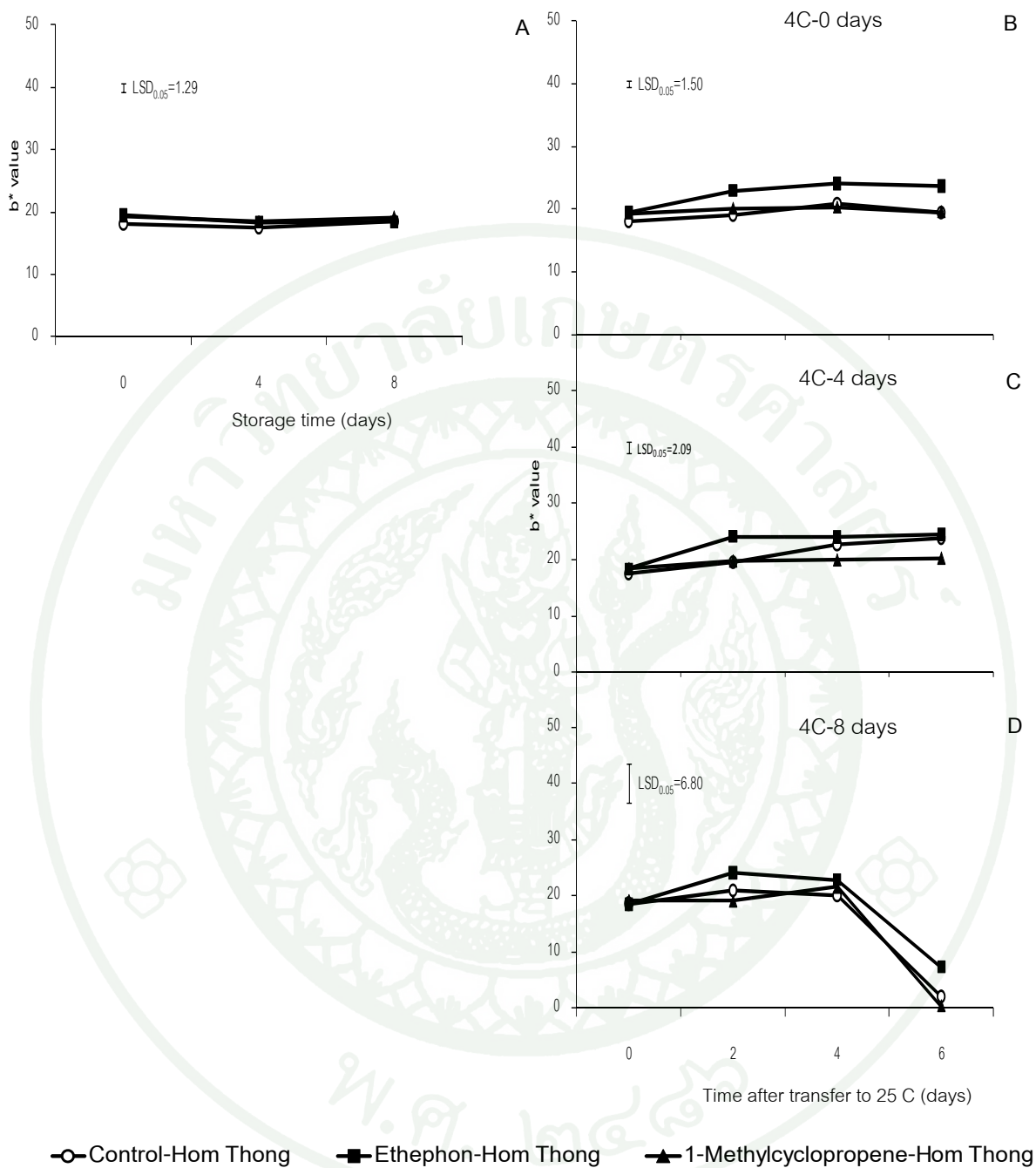
ภาพผนวกที่ 11 ความแน่นเนื้อเปลือกของผลกล้วยน้ำว้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



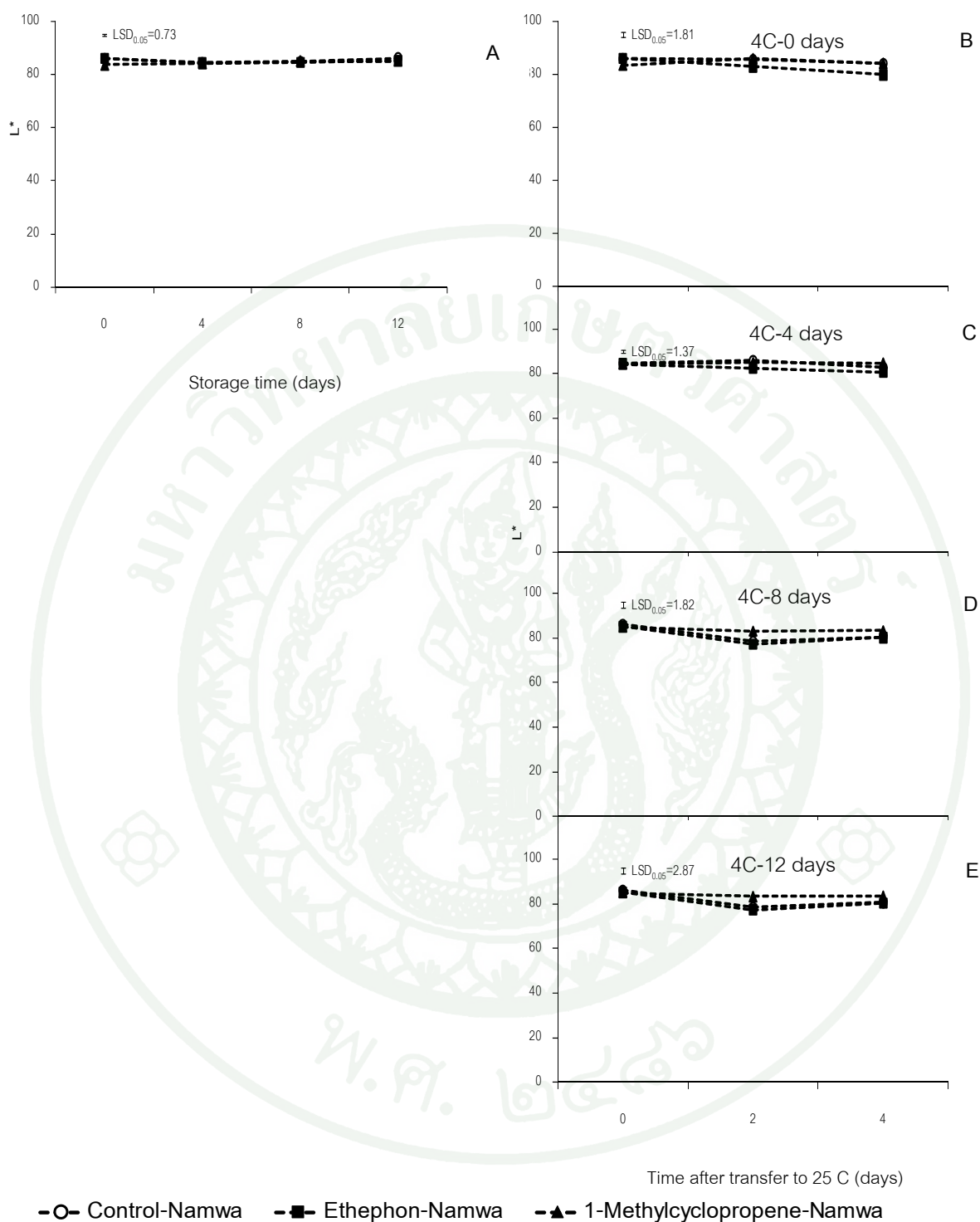
ภาพผนวกที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



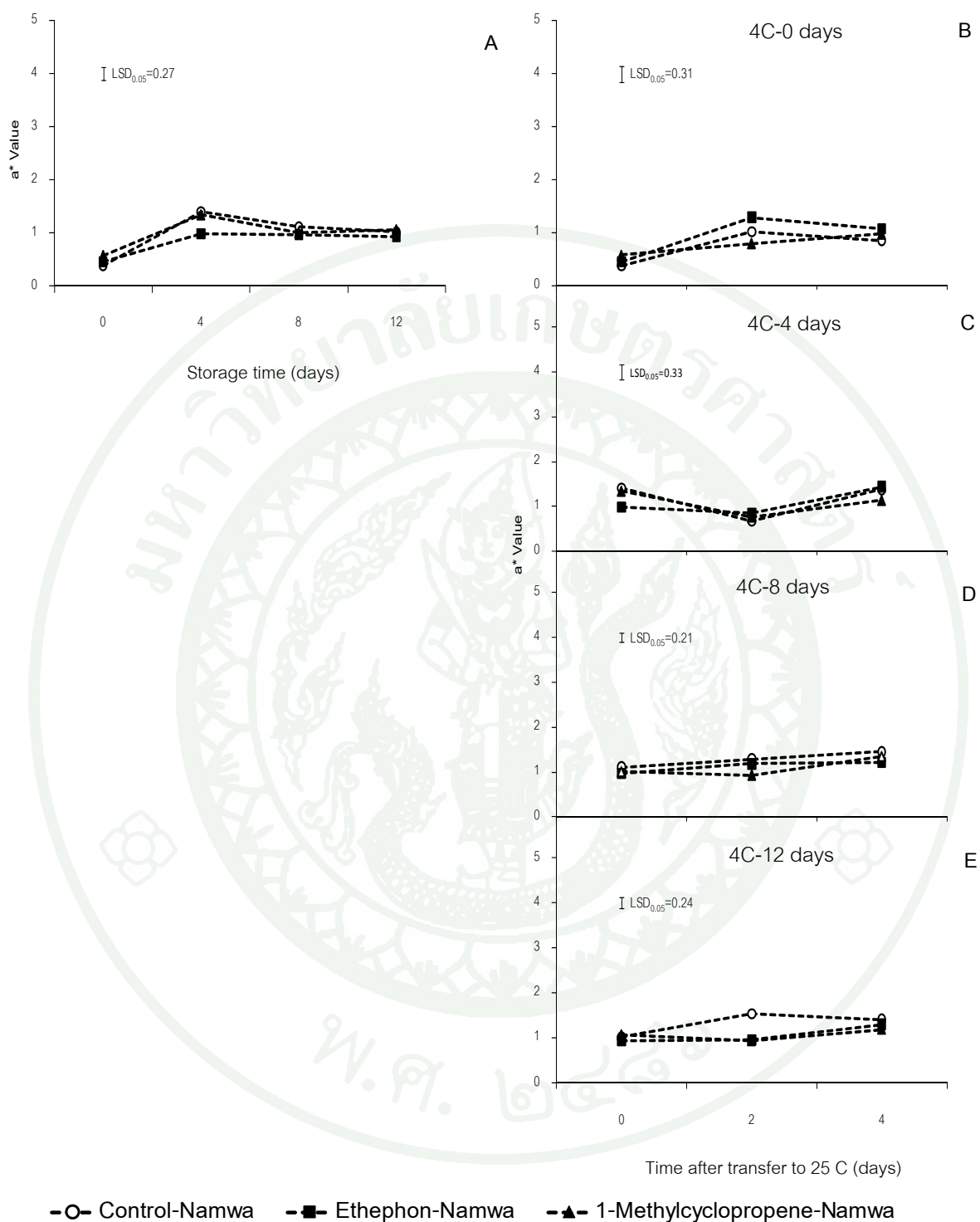
ภาพผนวกที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



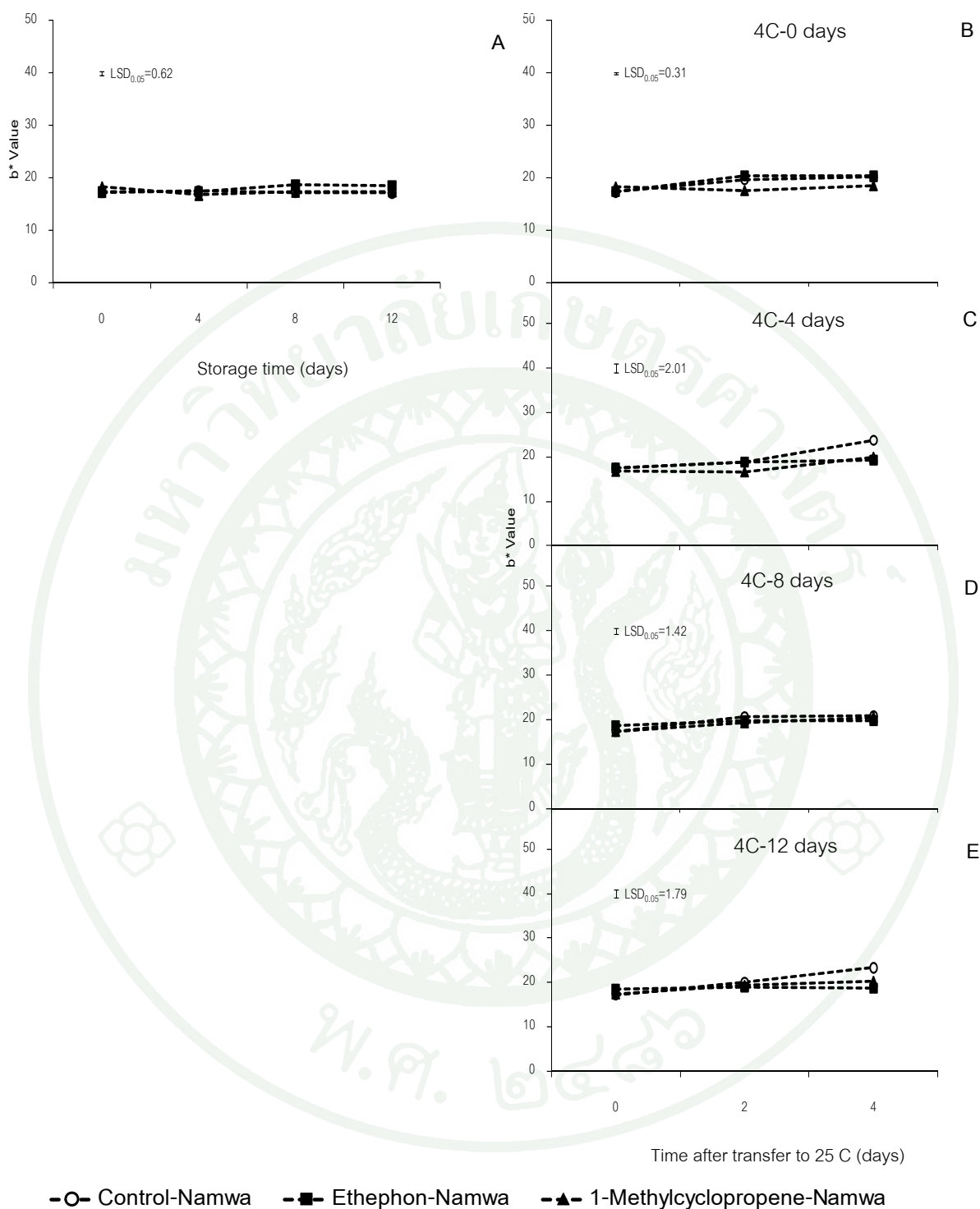
ภาพผนวกที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลกล้วยหอมทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยหอมทองมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพผนวกที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อผลไม้ระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพผนวกที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของเนื้อผลไม้ระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



ภาพผนวกที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของเนื้อผลไม้ระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และหลังย้ายผลกล้วยน้ำว้ามาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายกิตติ ไสยวรรณ
วัน เดือน ปี เกิด	20 กรกฎาคม 2528
สถานที่เกิด	จังหวัด จันทบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-