

ศูนย์ความรู้ (ศคร.)

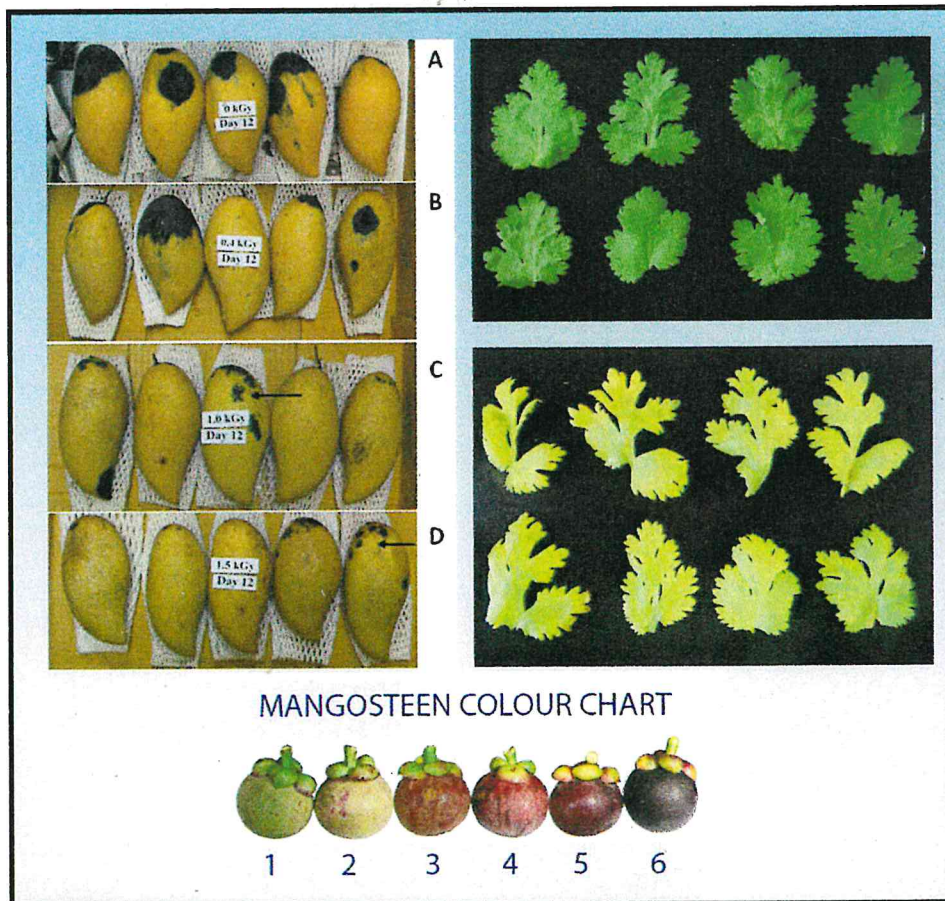


RP2013/1522



โครงการวิจัยที่ ภ. 52-08 / ย. 1 / รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บ เพื่อแก้ไขข้อจำกัดในเรื่องคุณภาพ ผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 52-08

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
และระบบการจัดการคุณภาพผักและผลไม้สด

โครงการย่อยที่ 1

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเพื่อแก้ไขข้อจำกัด
ในเรื่องคุณภาพผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเพื่อแก้ไขข้อจำกัด
ในเรื่องคุณภาพผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก

โดย

อนวัช สุวรรณกุล	รุจิรา ตีวัฒนวงศ์
อภิญา วิสุทธิอมรกุล	มณีรัตน์ มีพลอย
มนทิณี กมลธรรม	สุภาวดี ชนะพาล
สดศรี เนียมเปรม	บวร ดันติวรชัย

บรรณาธิการ
ลิขิต หาญางสิทธิ์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
ศิริสุข ศรีสุข

ว., ปทุมธานี 2556
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



(นายขงวุฒิ เสาวพฤกษ์)
ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำหรับงบประมาณในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสุวิทย์ ตุลยาเตชานนท์ กรรมการผู้จัดการ และคุณสิตา กองคำ ผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท ไอโซตรอน (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนการฉายรังสีมะม่วง

ขอขอบคุณ นางวันวิสาข์ แสงเดือนฉาย สำหรับการประสานงานโครงการ.

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	จ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	3
1. บทนำ	5
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	10
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	24
4. สรุปผลการทดลอง	70
5. ผลการศึกษาเบื้องต้นทางด้านตลาดและผลกระทบของโครงการ	71
6. ข้อเสนอแนะ	72
7. เอกสารอ้างอิง	73
8. ภาคผนวก	77

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1. จำนวนผลที่เกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าของผลมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	34
ตารางที่ 2. คะแนนการเกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าของผลมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	34
ตารางที่ 3. คะแนนความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	36
ตารางที่ 4. จำนวนผลที่เกิดความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกของผลมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	36
ตารางที่ 5. คะแนนการสูญเสียความสดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	38
ตารางที่ 6. จำนวนผลที่เกิดการสูญเสียความสดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 7. ทำการทดสอบคุณภาพการรับประทาน เมื่อรมผลมั่งคุดด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0, 1000 และ 2000 ppb ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการให้คะแนนในวันที่ 25 หลังการเก็บรักษา	44
ตารางที่ 8. สรุพอายุการเก็บรักษาเมื่อรมผลมั่งคุดด้วย 1-MCP จนกระทั่งผลมีสีม่วงดำ หรือหมดสภาพการเก็บรักษา	47
ตารางที่ 9. ทำการทดสอบคุณภาพการรับประทาน เมื่อรมผลมั่งคุดด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0 และ 500 ppb ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการให้คะแนนในวันที่ 22 หลังการเก็บรักษา	48
ตารางที่ 10. ค่าการวัดสีใบผักชีสีเขียวและสีเหลือง	62
ตารางที่ 11. กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเขียวและสีเหลือง ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ pH 6	65

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1. ดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด	16
รูปที่ 2. อัตราการร่วงไหลของประจุของเปลือก (A) และเนื้อ (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	26
รูปที่ 3. อัตราการสร้างเอทิลินของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	27
รูปที่ 4. อัตราการหายใจของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 องศาเซลเซียส	28
รูปที่ 5. ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	29
รูปที่ 6. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก L value (A), a value (B) และ b value (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	32
รูปที่ 7. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ L value (A), a value (B) และ b value (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์	33
รูปที่ 8. ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (A) และที่ฉายรังสี ปริมาณ 0.4 (B) 1.0 (C) และ 1.5 (D) กิโลเกรย์ ในวันที่ 12 หลังการฉายรังสี ลูกศรแสดงรอยแผลความเสียหายจากการฉายรังสี	35

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 9. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0, 1000, และ 2000 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	40
รูปที่ 10. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0, 1000, และ 2000 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	41
รูปที่ 11. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 และ 500 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	45
รูปที่ 12. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 และ 500 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	46
รูปที่ 13. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่แช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14±1 องศาเซลเซียส	49
รูปที่ 14. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่แช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส	50
รูปที่ 15. อัตราการสร้างเอทิลีนของมังคุดที่แช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส	51
รูปที่ 16. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อกล้วยหอมดิบ	54
รูปที่ 17. กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase (ACO) ในเนื้อกล้วยหอมดิบ	55
รูปที่ 18. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อเยื่อเปลือกทุเรียนเมื่อแช่ในสารละลาย AVG 0.5 มิลลิลิตร	56
รูปที่ 19. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อเยื่อเปลือกทุเรียนเมื่อหยดสารละลาย AVG 0.2 มิลลิลิตร	57
รูปที่ 20. อัตราการผลิตเอทิลีนในเปลือกทุเรียนเมื่อแช่ในสารละลาย AVG หรือ Cycloheximide	58
รูปที่ 21. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อทุเรียนเมื่อแช่ในสารละลาย AVG หรือ Cycloheximide	59
รูปที่ 22. อัตราการผลิตเอทิลีนในเปลือกทุเรียนที่ได้รับแก๊ส nitrous oxide ที่ความเข้มข้น 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์	61
รูปที่ 23. ไบฝักชีสซีขาวเต็มพื้นที่ใบ (ก) ไบฝักชีสซีเหลืองเต็มพื้นที่ใบ (ข) acetone-dried powder เตรียมจากไบฝักชีสซีขาวและไบฝักชีสซีเหลือง (ค)	63

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 24. กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze ที่ pH ต่างๆ	64
รูปที่ 25. กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze ที่อุณหภูมิต่างๆ	64
รูปที่ 26. โครมาโทแกรมของ sample (ก) substrate blank (ข) และ enzyme blank (ค) จากกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเขียว ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบฟลูออเรสเซนซ์	66
รูปที่ 27. โครมาโทแกรมของ sample (ก) substrate blank (ข) และ enzyme blank (ค) จากกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเหลือง ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบฟลูออเรสเซนซ์	67
รูปที่ 28. สเปกตรัมของ (ก, ข) chlorophyllin และ (ค) ผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดขึ้น จากปฏิกิริยาหลังจากเติมเอนไซม์อย่างหยาบที่สกัดจากใบผักชีสีเขียว ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบโฟโตไดโอดอาร์เรย์	68
รูปที่ 29. สเปกตรัมของ (ก, ข) chlorophyllin และ (ค) ผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดขึ้น จากปฏิกิริยาหลังจากเติมเอนไซม์อย่างหยาบที่สกัดจากใบผักชีสีเหลือง ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบโฟโตไดโอดอาร์เรย์	69

RESEARCH AND DEVELOPMENT TO CORRECT LOW PRODUCE
QUALITY LIMITATION OF FRESH FRUIT
AND VEGETABLE FOR EXPORT

Anawat Suwanagul, Rujira Deewatthanawong, Apinya Wisutiamonkul,
Maneerat Meeploy, Supavadee Chanapan, Sodsri Neamprem,
Montinee Kamoltham and Borworn Tontiworachai

ABSTRACT

Tropical fruit and vegetable normally deteriorate rapidly after harvest resulting in short storage life and poor quality. This research aims to develop postharvest technologies to prolong the storage life and control postharvest diseases of freshly harvested tropical produce. In this report, evaluation of ethylene inhibitors and gamma irradiation for postharvest treatments were described.

Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG), cycloheximide, and nitrous oxide on ethylene production in fruit tissues were studied. Our results showed that an application of 2 mm AVG slightly reduced ethylene production in tissue discs of banana fruit cv. Hom Thong (*Musa acuminata*, AAA Group). In durian cv. Mon Thong (*Durio zibethinus* L.), ethylene production in rind tissue was much greater than that of pulp tissue. Because of low ethylene production, applications of AVG, cycloheximide, or a combination of both had no effect on ethylene production in durian pulp. Treatments of AVG, cycloheximide, and a combination of both reduced ethylene production in durian rind, and a reduction rate in AVG treated tissue discs was greater than in cycloheximide treated tissues while a combination of AVG and cycloheximide had a similar effect as an individual application of AVG or

cycloheximide. AVG at concentrations of 250, 1000, and 4000 mg/l reduced ethylene production in durian rind and the greatest reduction was found in tissue discs treated with 1000 mg/l AVG. Nitrous oxide treatment at concentrations of 40, 60, and 80 % reduced ethylene production, and the lowest ethylene production was observed in 80 % nitrous oxide treated tissue discs of durian rind.

Inhibition of ethylene production by AVG in sugar apple cv. Nang (*Annona squamosa*) was investigated. Results showed that treatment with 1000, 2000, and 4000 ppm AVG for 5 min lowered ethylene production and delayed climacteric peak in sugar apple fruit. Additionally, a decline in respiration rate was found in sugar apple fruit treated with 4000 ppm AVG. However, AVG treated fruit at all concentrations had no effect on fruit softening, color change, and fruit ripening.

Effects of fumigation with 1-MCP on fruit quality of mangosteen (*Garcinia mangostana*) were studied. Application of 1-MCP at concentrations of 1000 and 2000 ppb for 6, 12, and 18 hours delayed color change and extended storage life up to 16 days. 1-MCP treated fruit were more difficult to peel with harder pulp. However, fruit became softer and had normal taste on day 25. When the concentration was reduced to 500 ppb, fumigation of 500 ppb 1-MCP for 18 hours delayed color change and extended storage life to 17 days. Treated fruit were relatively difficult to peel, but fruit texture and taste became normal on day 22. Application of AVG at concentrations of 125, 250, 500, 1000, and 2000 ppm had no effect on ethylene production and color change.

Control of postharvest diseases of mango fruit cv. Nam Dok Mai Sri Thong by gamma radiation was investigated. Our results showed that gamma irradiation at 0.4, 1.0 and 1.5 kGy reduced the incidence of anthracnose and stem-end rot in mango fruit. Irradiated fruit showed normal ripening, faster softening, higher electrolyte leakage, lower ethylene production, and higher respiration rate.

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเพื่อแก้ไขข้อจำกัด ในเรื่องคุณภาพผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก

อนวัช สุวรรณกุล¹, รุจิรา ตีวัฒนวงศ์¹, อภิญญา วิสุทธอมรกุล¹, มณีรัตน์ มีพลอย¹,
สุภาวดี ขนะพาล¹, สดศรี เนียมเปรม¹, มนทิณี กมลธรรม¹ และบวร ดันติวรชัย¹

บทคัดย่อ

ผักและผลไม้เขตร้อนหลังการเก็บเกี่ยวมักเน่าเสียง่าย ทำให้มีอายุการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยวสั้นและคุณภาพต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเน่าเสียของผลิตผลสด โดยงานวิจัยมุ่งเน้นการใช้สารยับยั้งเอทิลีนชนิดต่างๆ และการใช้รังสีแกมมาในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว.

จากการศึกษาผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG), cycloheximide และ nitrous oxide ต่อการสร้างเอทิลีนในระดับเนื้อเยื่อพบว่า สาร AVG ความเข้มข้น 2 มิลลิโมล ลดอัตราการสร้างเอทิลีนในเนื้อเยื่อของเนื้อกล้วยหอมได้เพียงเล็กน้อย สำหรับการทดลองในเนื้อเยื่อทุเรียนนั้นพบว่า เปลือกทุเรียนมีอัตราการสร้างเอทิลีนมากกว่าในเนื้อหลายเท่า และเนื่องจากเนื้อทุเรียนมีการสร้างเอทิลีนน้อยมาก การใช้สาร AVG, cycloheximide หรือการใช้สารทั้งสองชนิดร่วมกันไม่มีผลต่อการลดการสร้างเอทิลีน ส่วนในเปลือกทุเรียนซึ่งมีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงนั้น การใช้ AVG, cycloheximide หรือการใช้สารทั้งสองชนิดร่วมกัน สามารถลดการสร้างเอทิลีนได้มากกว่า cycloheximide ขณะที่การใช้สารทั้งสองชนิดร่วมกันสามารถยับยั้งการสร้างเอทิลีนได้ใกล้เคียงกับการใช้ AVG หรือ cycloheximide เพียงอย่างเดียว จากการทดลองแช่เปลือกทุเรียนในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 250, 1000 และ 4000 มิลลิกรัม/ลิตร นั้น พบว่า การแช่เปลือกทุเรียนในสารละลาย AVG 1000 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้เปลือกทุเรียนมีอัตราการสร้างเอทิลีนน้อยที่สุด.

¹ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เมื่อทดสอบผลของแก๊ส nitrous oxide พบว่า เปลือกทุเรียนมีอัตราการสร้างเอทิลีนลดลงเมื่อได้รับแก๊ส nitrous oxide 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเปลือกทุเรียนที่ได้รับ nitrous oxide 80 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสร้างเอทิลีนน้อยที่สุด.

การทดลองการใช้สารยับยั้งเอทิลีนในน้อยหน่า โดยการแช่น้อยหน่าพันธุ์หนึ่งในสาร AVG ความเข้มข้น 500, 1000, 2000 และ 4000 ppm นาน 5 นาที พบว่า ผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 1000, 2000 และ 4000 ppm มีอัตราการสร้างเอทิลีนลดลง และชะลอการเกิด climacteric peak นอกจากนี้ยังพบว่า ผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 4000 ppm มีอัตราการหายใจลดลงตลอดการทดลอง โดยผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ทุกความเข้มข้นมีการสุกปกติและไม่มีผลในการชะลอการอ่อนนุ่มและการเปลี่ยนสีของผิวผล.

สำหรับการทดลองใช้สารยับยั้งเอทิลีนในมังคุดพบว่า การรมมังคุดด้วยสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppb เป็นเวลา 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า การใช้ 1-MCP ทั้ง 2 ความเข้มข้น ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และผลมังคุดที่รมด้วย 1-MCP มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นสองเท่า (16 วัน) พบว่า มังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP มีเนื้อแข็งกว่าปกติและการปอกเปลือกทำได้ยาก แต่เมื่อทิ้งไว้ที่จนถึงวันที่ 25 พบว่า ผลมังคุดปอกเปลือกง่ายขึ้นและมีรสชาติและเนื้อสัมผัสปกติ เมื่อทำการลดความเข้มข้นของสาร 1-MCP เป็น 500 ppb และทำการรมเป็นเวลา 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า การรมสาร 1-MCP นาน 18 ชั่วโมง ชะลอการเปลี่ยนสีมากที่สุด และมีอายุการเก็บรักษานาน วัน 17 แต่การปอกเปลือกยังคงค่อนข้างยาก แต่เมื่อทิ้งไว้จนถึงวันที่ 22 จะทำให้ปอกเปลือกง่ายขึ้น, เนื้อสัมผัสไม่แข็ง และมีรสชาติปกติ, ส่วนการใช้สาร AVG ที่ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ไม่มีผลต่อการสร้างเอทิลีนและการเปลี่ยนแปลงสีในมังคุด.

จากการทดลองควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองด้วยการฉายรังสีแกมมาที่อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ พบว่า การฉายรังสีอัตรา 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ ช่วยลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าในผลมะม่วงได้ โดยผลมะม่วงที่ได้รับรังสีในทุกๆ อัตรา มีการสุกปกติ เนื้อผลมะม่วงนิ่มลงเร็วกว่าผลที่ไม่ได้รับการฉายรังสี, มีการร่วงไหลของประจุมากขึ้น, มีการสร้างเอทิลีนลดลง และมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ.

1. บทนำ

ผลิตผลพืชสวนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผักและผลไม้สด จัดได้ว่าเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะใน พ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีรายได้จากการส่งออกผักและผลไม้สดรวมกันมากกว่า 11,700 ล้านบาท โดยผลไม้สดที่มีการส่งออกมาก 6 อันดับแรก ได้แก่ ทูเรียน, ลำไย, มังคุด, ลิ้นจี่, ผลไม้ตระกูลส้ม และมะม่วง ส่วนผักสดที่มีมูลค่าการส่งออกสูง 6 อันดับแรก ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง, หอมหัวใหญ่, ชิง, กระเจี๊ยบขาว, ข้าวโพดฝักอ่อน และพริก ซึ่งสถิติการส่งออกผลิตผลทั้งสองชนิดนี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา. อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์การตลาดของโลกในปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูง ประเทศผู้นำเข้ามักมีข้อกำหนดในเรื่องคุณภาพของผลิตผลที่ผู้บริโภครู้จักไปต้องการผลิตผลที่มีคุณภาพสูงหรือแม้กระทั่งต้องการผลิตผลที่มาจากการผลิตด้วยกรรมวิธีเกษตรอินทรีย์ สำหรับปัญหาและข้อจำกัดในเรื่องของคุณภาพนั้น พบว่า มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล. อย่างไรก็ตาม สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 เรื่องใหญ่ๆ คือ 1) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากตัวของผลิตผลเอง ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาที่จำกัดเนื่องจากผลิตผลเหล่านี้จัดอยู่ในสินค้าประเภทที่เน่าเสียได้ง่าย (perishable) ทำให้ผลผลิตเมื่อถูกส่งถึงตลาดปลายทางมักมีคุณภาพด้อยลงหรือมักเกิดการเน่าเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการขนส่งโดยตู้เรือปรับอากาศที่ปกติต้องการระยะเวลาไม่น้อยกว่า 3 สัปดาห์, นอกจากนี้ ผลิตผลผักและผลไม้สดของไทยส่วนใหญ่เป็นผลิตผลเขตร้อนที่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วใช้เป็นหลักในการยืดอายุการเก็บรักษา ดังนั้น การนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ นอกเหนือจากการควบคุมอุณหภูมิมาใช้ จึงนับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดต่อความสำเร็จในการส่งออกของสินค้าประเภทนี้ 2) ผู้ประกอบการส่งออกส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก (SME) ยังขาดความรู้ความเข้าใจที่เพียงพอในเรื่องการนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมาใช้ในกระบวนการผลิตทำให้บ่อยครั้งที่การใช้เทคโนโลยีเป็นอย่างไร้ประสิทธิภาพ, ซึ่งจะส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตผลโดยรวมด้วยสาเหตุดังกล่าวการวิจัยและพัฒนาเพื่อทดสอบเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวใหม่ๆ ที่ได้มีการพัฒนาในต่างประเทศหรือแม้กระทั่งการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีอยู่แล้วให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด ตลอดจนการให้บริการที่ปรึกษาและถ่ายทอดให้ความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสดแก่ผู้ประกอบการอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาและส่งเสริมตลาดการส่งออกผลิตผลเหล่านี้ต่อไปในอนาคต.

นอกจากปัญหาในเรื่องคุณภาพของผลิตผลที่ไม่ได้มาตรฐานตามความต้องการของตลาดปลายทางแล้ว ปัญหาในเรื่องของการกีดกันทางการค้า โดยเฉพาะปัญหาของโรคและแมลงศัตรูพืช

ควบคุม (quarantine pests) ยังมีบทบาทที่สำคัญต่อการส่งออกของผลิตผลจำพวกผักและผลไม้สด แม้ว่าประเทศไทยได้ทำข้อตกลงการค้าเสรีกับหลายประเทศ เช่น จีนและออสเตรเลียแล้วก็ตาม ผลิตผลที่ส่งออกยังถูกตรวจสอบอย่างเข้มงวดในเรื่องการปนเปื้อนของศัตรูพืชดังกล่าว ในขณะที่ปัจจุบันมีการใช้เมทิลโบรไมด์ในการควบคุมแมลงที่ปนเปื้อนมากับผลไม้สดและไม้ตัดดอกกันอย่างกว้างขวาง และนับว่า เป็นวิธีการมาตรฐานที่ใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชควบคุม นอกเหนือไปจากการใช้การอบไอน้ำ สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ที่ติดไปกับมะม่วงและมังคุดที่ส่งไปยังประเทศญี่ปุ่น. อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารเมทิลโบรไมด์เป็นสารในกลุ่มที่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ดังนั้น องค์การสหประชาชาติได้มีมติให้นานาประเทศลดการใช้สารเคมีดังกล่าว และจะทำการยกเลิกการใช้สารนี้ทั่วโลกใน พ.ศ. 2015. ดังนั้น การริเริ่มวิจัยและพัฒนาเพื่อหาแนวทางอื่นๆ ในการกำจัดศัตรูพืชควบคุม นอกจากการใช้เมทิลโบรไมด์และการอบไอน้ำซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า เป็นวิธีการที่ทำให้ผลไม้สูญเสียคุณภาพ จึงนับว่า มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการส่งออกผักและผลไม้สดในอนาคต.

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมส่งออกผลิตผลสดของไทยในปัจจุบันแทบทั้งสิ้น ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาขึ้นจากประเทศที่ได้พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา, ประเทศในกลุ่มยุโรป, ออสเตรเลีย, นิวซีแลนด์ และอิสราเอล โดยเทคโนโลยีเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับผลิตผลในเขตหนาว (temperate) หรือผลิตผลเขตกึ่งหนาว (sub-tropical) ชนิดต่างๆ เช่น แอปเปิล, แพร์, อะโวคาโด, สตอเบอร์รี่, กีวี และส้ม เป็นต้น (Kader 1992 ; Lutz and Hardenburg 1986 and Will *et al.* 1981). อย่างไรก็ตาม ผลิตผลพืชสวนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผักและผลไม้สดของไทยที่สำคัญส่วนใหญ่จัดอยู่ในจำพวกผลิตผลเขตร้อน (tropical) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีคุณลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมีที่แตกต่างไปจากผลิตผลเขตหนาวหรือเขตกึ่งหนาวโดยสิ้นเชิง ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีอยู่ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดและสามารถแก้ไขปัญหาลงการเก็บเกี่ยวได้เพียงบางส่วน ทำให้ปัญหาในเรื่องอายุการเก็บรักษาและคุณภาพยังคงต้องการการแก้ไขปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพต่อไปอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมให้แก่ผลิตผลเขตร้อนของประเทศที่ถูกต้อง จำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากไม่อาจที่จะระบุลงไปได้ว่าเทคโนโลยีใดๆ ที่ใช้อยู่จะให้ผลครบถ้วนสมบูรณ์ การยืดอายุการเก็บรักษาหรือลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลต่างๆ ออกไปได้แม้เพียงเล็กน้อยเท่ากับเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลและเป็นการใช้ทรัพยากรของประเทศให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด.

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมให้แก่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด นอกจากต้องทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสรีรวิทยาและชีวเคมีของตัวผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานหรือองค์ความรู้ในการนำมาพัฒนาเทคโนโลยีแล้ว ยังจำเป็นที่จะต้องการทำงานวิจัยและพัฒนาอย่างรีบด่วนเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในต่างประเทศที่พัฒนาแล้ว มาทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์ในบ้านเรา ตัวอย่างเทคโนโลยีใหม่ๆ เหล่านี้ได้แก่ 1) การใช้สารเคมีชนิดต่างๆ, ที่มีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาหรือควบคุมการสุกของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีที่มีผลในการยับยั้งกระบวนการผลิตก๊าซเอทิลีน ได้แก่ aminoethoxyvinylglycine (AVG) รูปแบบใหม่ที่ผลิตขึ้นมาใช้เป็นในรูปแบบการค้าที่มีชื่อว่า ReTain[®] หรือสารเคมีที่มีผลต่อกระบวนการรับสัมผัสก๊าซเอทิลีน ได้แก่ 1-methylcyclopropene (1-MCP) รูปแบบใหม่ๆ นอกเหนือจากรูปแบบที่เป็นก๊าซ เช่น ชนิดที่เป็นของเหลว (liquid form) หรือชนิดที่เป็น slow release ที่กำลังได้รับความสนใจใช้กันในประเทศ 2) การเก็บรักษาผักและผลไม้สดด้วยบรรยากาศออกซิเจนสูงกว่าระดับปกติ (super-atmospheric oxygen concentration) 3) การควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต ชนิดซี (ultraviolet C) หรือแม้กระทั่ง 4) การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดด้วยการใช้ก๊าซอาร์กอนหรือก๊าซไนโตรสออกไซด์, ซึ่งเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่กล่าวมานี้เป็นเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่มีแนวโน้มที่จะเป็นประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์หลังการเก็บเกี่ยวของไทย หากได้มีการนำมาพัฒนาใช้ให้มีความเหมาะสม.

นอกจากเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวใหม่ๆ ที่ได้มีการพัฒนาในต่างประเทศแล้ว จากการทดลองทั้งระดับห้องปฏิบัติการ ยังพบว่า มีเทคโนโลยีหลายเทคโนโลยี เช่น การเก็บรักษา โดยการปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere) ด้วยการใช้ฟิล์มพอลิเมอร์ชนิดใหม่ๆ, การพัฒนาการใช้สารเคลือบผิวชนิดใหม่ๆ เพื่อรักษาคุณภาพ, การควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี หรือโดยการใช้ชีววิธี, การใช้โอโซนหรือคลอรีนในการยืดอายุการเก็บรักษา, กำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับผลิตภัณฑ์ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีแนวโน้มที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมส่งออกผักและผลไม้สดของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากได้รับการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง.

สำหรับสภาพการค้าของโลกในปัจจุบันการกีดกันทางการค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของโรคและแมลงศัตรูพืชควบคุม (quarantine pests) นับได้ว่า เป็นปัญหาสำคัญและเป็นข้อจำกัดของการส่งออกสินค้าผักและผลไม้สดของทุกประเทศ. ในปัจจุบันการใช้เมทิลโบรไมด์ (methyl-bromide) กำจัดแมลงศัตรูพืชควบคุมนอกจากจะส่งผลเสียต่อคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์โดยตรงแล้ว

ยังถูกจำกัดในเรื่องของการใช้ เนื่องจากเป็นสารเคมีที่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ทำให้ UN โดยสนธิสัญญา Montreal Protocol ได้กำหนดให้มีการยกเลิกการใช้สารเคมีชนิดนี้ในระยะเวลาอีกไม่กี่ปีข้างหน้า ประมาณ ค.ศ. 2015. ดังนั้น วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมและกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชควบคุม ด้วยวิธีการอื่นๆ ที่ไม่ใช่เมทิลโบรไมด์ (methyl bromide alternatives) หรือการอบด้วยไอน้ำร้อน (vapour heat treatment) ที่ประเทศญี่ปุ่นบังคับใช้เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในมะม่วงและมังคุดจากประเทศไทย, ซึ่งวิธีการนี้ทำให้คุณภาพของผลิตผลทั้งสองชนิดเสื่อมถอยลงเป็นอย่างมาก จึงนับว่า มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.

ตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา นักวิจัยทั้งในต่างประเทศได้มีการศึกษาวิจัยในเรื่องของการใช้สารเคมีที่มีผลต่อการยับยั้งกระบวนการผลิตและ/หรือการรับสัมผัสของก๊าซเอทิลีน ที่มีชื่อว่า 1-methylcyclopropene (1-MCP) กันอย่างกว้างขวาง ได้มีการทดสอบถึงประสิทธิภาพของ 1-MCP ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลพืชสวนหลายต่อหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นผัก, ผลไม้, ดอกไม้กระถาง หรือไม้ตัดดอก พบว่า 1-MCP ให้ผลในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิดได้อย่างน่าพอใจ (Watkins 2006) จนได้รับอนุญาตจาก US EPA เมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2545 โดยประกาศ Federal Register Volumn 67, Number 144, Page 48796-48800 ระบุว่า 1-MCP ได้รับการยกเว้นในเรื่องของข้อกำหนดในการระบุปริมาณผลตกค้างที่จะยอมรับได้ (exemption from the requirement of a tolerance) ในผลิตผลจำพวกผักและผลไม้สดทั่วไป โดยสาร 1-MCP ในปัจจุบันขายในรูปการค้าที่มีชื่อว่า EthylBloc[®] หรือ SmartFresh[®].

ถึงแม้ว่างานวิจัยแทบทั้งสิ้นแสดงให้เห็นว่า 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผัก, ผลไม้ หรือยืดอายุการปักแจกันของไม้ตัดดอกออกไปได้ผลเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตาม การใช้ 1-MCP ในรูปอุตสาหกรรมผลิตผักและผลไม้ก็ยังคงจำกัดอยู่เฉพาะแอปเปิลเท่านั้น เนื่องจากยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้สารนี้ในผลิตผลชนิดอื่นๆ อยู่. ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้สารนี้สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ, จึงยังคงมีความจำเป็นอยู่ (Barry and Giovannoni 2007) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของกรรมวิธีการใช้ในรูปแบบอื่นนอกเหนือจากการใช้ในรูปของก๊าซที่เป็นอยู่ เช่น ในรูปของ slow release (Macnish *et al.* 2004) หรือล่าสุดในรูปของของเหลวที่บริษัทผู้ผลิต 1-MCP ได้พัฒนาขึ้นใหม่ซึ่งพบว่า สามารถนำมาใช้ได้ดีในผลพลัม (Manganaris *et al.* 2007a ; Manganaris *et al.* 2007b).

นอกจากสาร 1-MCP ที่มีผลต่อการรับสัมผัสเอทิลีนของผลิตผลแล้ว สารเคมีที่มีผลในการยับยั้งการผลิตเอทิลีนที่มีชื่อว่า aminoethoxyvinyl glycine (AVG) ที่สามารถผลิตอยู่ในรูปการค้าในปัจจุบันในชื่อ ReTain[®] มีรายงานว่า สามารถนำมาใช้ได้ผลดีในการควบคุมการสุกในผลไม้เขตหนาวหลายชนิด เช่น ลูกท้อ และเนกเทอริน (McGlasson *et al.* 2005 และ Bregoli *et al.* 2006) และมะเขือเทศ (Saltveit 2005).

นอกจากนี้ยังพบว่า ในต่างประเทศมีการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวใหม่ๆ ในรูปของบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging-MAP) เช่น บรรยากาศที่มีออกซิเจนที่สูงกว่าปกติ หรือ superatmospheric oxygen (Allende *et al.* 2007 ; Conesa *et al.* 2007 ; Wszelaki and Mitcham 2000 ; Kader and Ben-Yehoshua 2000) หรือแม้กระทั่งบรรยากาศที่ประกอบไปด้วยก๊าซไนตรัสออกไซด์ หรือก๊าซอาร์กอน (Saltveit 2005 ; Palomer *et al.* 2005 ; Rocculi *et al.* 2005 ; Benkeblia *et al.* 2003 ; Jaime and Saltveit 2002 ; Altaf Qadir and F. Hashinaga 2001 and Gouble *et al.* 1995) มาใช้ในการชะลอการสุกของผักและผลไม้หลายชนิด.

ในเรื่องของการควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวในผักและผลไม้สดพบว่า นอกจากการใช้การควบคุมโรคเน่าด้วยวิธีการทางชีวภาพ (biological control) แล้ว งานวิจัยในต่างประเทศได้ให้ความสนใจในเรื่องการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต ชนิดซี (ultraviolet C) ควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผลิตผลที่เก็บรักษา โดยเฉพาะผลิตผลจำพวกผักสดหลายชนิด (Allende *et al.* 2007 ; Stevens *et al.* 2005a ; Stevens *et al.* 2005b ; Stevens *et al.* 2004 and Wilson 1997) ดังนั้น การริเริ่มทำการทดสอบความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีต่างๆ ที่กล่าวมา กับผลิตผลเขตร้อนที่หลากหลายของไทยจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของผลิตผลผักและผลไม้ของไทยให้ได้มาตรฐานสากล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเน่าเสียของผลิตผลสด โดยงานวิจัยมุ่งเน้นการใช้สารยับยั้งเอทิลีนชนิดต่างๆ และการใช้รังสีแกมมาในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ในการทดลองได้จากสวนผู้ส่งออก อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ บรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก 18 ผลต่อกล่อง จำนวนทั้งหมด 16 กล่อง ขนส่งไปยังบริษัท ไอโซตรอน (ประเทศไทย) จำกัด นิคมอุตสาหกรรมบางพระ จังหวัดชลบุรี และทำการฉายรังสีแกมมา โดยมีการติดตามกวัตปริมาณรังสี เพื่อให้ทราบปริมาณรังสีที่แท้จริงของแต่ละกล่องได้รับ หลังจากนั้น ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว วว. เทคโนโลยี เพื่อเริ่มทำการทดลองในวันเดียวกัน โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ :

1. มะม่วงที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (Control)
2. มะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี ที่อัตรา 0.4 กิโลเกรย์
3. มะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี ที่อัตรา 1.0 กิโลเกรย์
4. มะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี ที่อัตรา 1.5 กิโลเกรย์

แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วยมะม่วง 4 กล่อง (ทั้งหมด 72 ผล) มะม่วง 1 ผล เท่ากับ 1 ซ้ำ (replication) และเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.

การบันทึกผลการทดลอง

1. ค่าการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage) (ตามวิธีการของ Fan and Sokorai 2005)

นำตัวอย่างมะม่วงมาตัดให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 0.5×0.5 เซนติเมตร ด้วยมีดที่คม โดยแยกเปลือกและเนื้อมะม่วง ส่วนเนื้อมะม่วงใช้บริเวณที่ติดเมล็ด ความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก 2 กรัมต่อซ้ำ ทำ 4 ซ้ำ (4 ผล) ล้างเนื้อเยื่อด้วยน้ำ Milli Q 1 ครั้ง แล้วใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีน้ำ Milli Q ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าเล็กน้อย วัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductance meter, inoLab 740) ได้ค่าการนำไฟฟ้าที่เวลา 1 นาที (C_1), จากนั้น นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าที่เวลา 60 นาที (C_{60}) แล้วปิดขวดแก้วด้วยกระดาษฟอยล์ก่อนใส่ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ตั้งอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที, หลังจากนั้น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง (C_T) นำข้อมูลไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ ดังสมการ :

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ} = (C_{60} - C_1)/C_T \times 100$$

2. การวัดอัตราการสร้างเอทิลีนและอัตราการหายใจ

นำผลมะม่วงใส่ในโหลแก้วปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปิดฝาสนิทนาน 1 ชั่วโมง, หลังจากนั้นใช้หลอดฉีดยาเก็บตัวอย่างก๊าซ 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดปริมาณก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatograph (Shimadzu Model 9A, Japan) ที่ติดตั้งด้วย Flame ionization detector (FID) และ Activated alumina column และวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่อง Gas chromatograph (Shimadzu Model 9A, Japan) ที่ติดตั้งด้วย Thermal conductivity detector (TCD) และ Porapak R column จากนั้น ชั่งน้ำหนักมะม่วงเพื่อใช้ในการคำนวณ ดังนี้ :

$$\text{อัตราการสร้างเอทิลีน (nl C}_2\text{H}_4\text{/kg/hr)} = \frac{\text{ppm C}_2\text{H}_4 \times \text{Chamber volume (mm.)}}{\text{Fruit weight (kg)}}$$

$$\text{อัตราการหายใจ (mg CO}_2\text{/kg/hr)} = \frac{10 \times \% \text{CO}_2 \times 1.8 \text{ (conversion figure 25}^\circ\text{C)}}{\text{Fruit weight (kg)}}$$

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยอัตราการสร้างเอทิลีน และอัตราการหายใจจากมะม่วง 4 ผล

3. ค่าความแน่นเนื้อ (pulp firmness)

ใช้มีดปาดเปลือกมะม่วงออก จากนั้น ใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร (food texture analyzer) Lloyd, USA Model TA 500 โดยใช้หัวรับแรงกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร กดลงบนเนื้อผลสัก 0.5 เซนติเมตร อ่านค่าความแน่นเนื้อด้วยหน่วย N/mm² ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อจากเนื้อผลมะม่วง 8 ผล.

4. คุณลักษณะของสีเปลือกและสีเนื้อ โดยส่วนเนื้อมะม่วงวัดบริเวณที่ติดเมล็ด

โดยใช้เครื่องวัดสี (chroma meter) Minolta รุ่น CR-200 โดยการวัดค่าด้วยระบบ L* , a* , b* (ค่า L* แสดงถึง ความสว่าง หรือ Lightness มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) ถึง 100 (ขาว), ค่า *a เป็นค่าสีหลัก วัดขั้นสีแดงและสีเขียว เมื่อค่า a* เป็นบวก ให้ค่าสีแดง ค่า a* เป็นลบให้ค่าสีเขียว, ค่า b* เป็นค่าสีหลัก วัดขั้นสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อค่า b* เป็นบวก ให้ค่าสีเหลือง ค่า b* เป็นลบให้ค่าสีน้ำเงิน) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของ L* , a* , b* จากเปลือกและเนื้อผลมะม่วง 8 ผล.

5. คะแนนและปริมาณการเกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าของผลมะม่วง

ทำการตรวจผลมะม่วง 20 ผล ทุกๆ 3 วัน โดยตรวจนับจำนวนผลที่แสดงอาการของโรค คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และความรุนแรงของโรคที่ปรากฏ เทียบกับพื้นที่ผิวของทั้งผล และให้คะแนน ดังนี้ :

คะแนน 1 = ปกติ ไม่มีอาการของโรคปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า

คะแนน 2 = อาการของโรคปรากฏเพียงจุดเล็กๆ

คะแนน 3 = อาการของโรคปรากฏ 1-25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว

คะแนน 4 = อาการของโรคปรากฏ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว

คะแนน 5 = อาการของโรคปรากฏมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว

6. คะแนนและปริมาณการเกิดความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกของผลมะม่วง

ทำการตรวจผลมะม่วง 20 ผล ทุกๆ 3 วัน โดยตรวจนับจำนวนผลที่แสดงอาการความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และความรุนแรงของความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอก เทียบกับพื้นที่ผิวของทั้งผล และให้คะแนน ดังนี้ :

คะแนน 1 = ปกติ ไม่มีอาการความเสียหายปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า

คะแนน 2 = อาการความเสียหายปรากฏเพียงจุดเล็กๆ

คะแนน 3 = อาการความเสียหายปรากฏ 1-25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว

คะแนน 4 = อาการความเสียหายปรากฏ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว

คะแนน 5 = อาการความเสียหายปรากฏมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว

7. คะแนนและปริมาณการสูญเสียความสดของผลมะม่วง

ทำการตรวจผลมะม่วง 20 ผล ทุกๆ 3 วัน โดยตรวจนับจำนวนผลที่แสดงอาการผิวเปลือกเหี่ยว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และความรุนแรงของการเหี่ยวที่ปรากฏ และให้คะแนน ดังนี้ :

คะแนน 1 = สดปกติ ไม่เหี่ยว

คะแนน 2 = เหี่ยวเล็กน้อย

คะแนน 3 = เหี่ยวปานกลาง

คะแนน 4 = เหี่ยวค่อนข้างมาก

คะแนน 5 = เหี่ยวมาก

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองได้จากสวนผู้ส่งออก จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ นำไปฉายรังสีแกมมาที่อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีในทุกๆ อัตรามีการร่วงไหลของประจุของเปลือกมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับรังสี ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ขณะที่เนื้อของผลมะม่วงมีการร่วงไหลของประจุมากกว่าในเปลือกผลมะม่วง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการฉายรังสี ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีทุกอัตรามีการสร้างเอทิลีนลดลงหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน. ในขณะที่พบว่า ผลมะม่วงมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ การฉายรังสีอัตรา 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ สามารถลดปริมาณและความรุนแรงของโรคแอนแทรกโนสและโรคขี้ผลเน่าในผลมะม่วงได้ ผลมะม่วงที่ได้รับรังสี 0.4 กิโลเกรย์ ไม่แสดงความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอก แต่พบรอยแผลความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกเมื่อให้ปริมาณรังสีที่ 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ ผลมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีทุกอัตรามีการสุกปกติ. อย่างไรก็ตามพบว่า การฉายรังสีมีผลทำให้เนื้อผลมะม่วงนิ่มลงเร็วกว่าผลที่ไม่ได้รับการฉายรังสี.

2.2 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อคุณภาพ

หลังการเก็บเกี่ยวของผลน้อยหน้าพันธุ์หนึ่ง

ผลน้อยหน้าพันธุ์หนึ่งได้จากสวนเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ นำไปแช่ในสาร AVG ความเข้มข้น 0, 500, 1000, 2000 และ 4000 ppm นาน 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้งก่อนเก็บรักษาในกล่องกระดาษ ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น วัดอัตราการสร้างเอทิลีน อัตราการหายใจ และการสุกของผลน้อยหน้า พบว่า ผลน้อยหน้าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 0 และ 500 ppm มีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงสุด (climacteric peak) ตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษา ขณะที่พบว่า ผลน้อยหน้าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 1000, 2000 และ 4000 ppm สามารถลดการสร้างเอทิลีนสูงสุดได้ และชะลอการเกิด climacteric peak โดยเลื่อนไปเป็นวันที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ, ผลน้อยหน้าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 4000 ppm มีอัตราการหายใจลดลงตลอดการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 3-7 ของการเก็บรักษา ผลน้อยหน้าที่ได้รับสาร AVG ทุกความเข้มข้นมีการสุกปกติเช่นเดียวกับผลน้อยหน้าที่ไม่ได้รับสาร AVG โดยไม่สามารถชะลอการอ่อนนุ่มและการเปลี่ยนสีผิวของผลได้.

2.3 ผลของสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ที่มีต่อการพัฒนาสีของเปลือก และคุณภาพการรับประทานของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 1 ผลมังคุดที่ใช้ในการทดลองเก็บเกี่ยวจากสวนผู้ส่งออก จังหวัดจันทบุรี โดยทำการเก็บเกี่ยวและคัดเลือกผลมังคุดระยะที่ 2 (ระยะสายเลือด ดังแสดงในรูปที่ 1) และไม่มีตำหนิ บรรจุลงในถังพลาสติกขนาด 20 แกลลอน ทำการรมสาร 1-MCP โดยคำนวณหาปริมาณที่ใช้ตาม Rohm and Hass Co.Ltd ความเข้มข้น 0, 1000 และ 2,000 ppb ผสมกับสารละลาย 0.75 เปอร์เซ็นต์ KOH และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ NaOH และใส่ผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในถาดและวางในถังพลาสติก เพื่อช่วยดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปิดฝาถังพลาสติกให้สนิท รมเป็นเวลา 6, 12 และ 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วยมังคุด 40 ผล แล้วนำผลที่ได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน, จากนั้น แบ่งมังคุด 20 ผล ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32 ± 2 องศาเซลเซียส) บันทึกข้อมูลการพัฒนาสีของเปลือกผลมังคุด และอายุการเก็บรักษา และทำการทดสอบคุณภาพการรับประทานโดยใช้ผู้ชิมจำนวน 5 คน ในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา.

การทดลองที่ 2 ทำการทดลองโดยใช้ความเข้มข้นของสาร 1-MCP เป็น 500 ppb ทำการรมสารและเก็บรักษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.

2.4 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อการพัฒนาสีของเปลือกผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

ผลมังคุดที่ใช้ในการทดลองเก็บเกี่ยวจากสวนผู้ส่งออก จังหวัดจันทบุรี โดยทำการเก็บเกี่ยวและคัดเลือกผลมังคุดระยะที่ 2.5 (ระยะสายเลือด มีจุดสีชมพูกระจายทั่วไปบนผล) นำไปแช่ในสาร AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm โดยผสม 0.1 เปอร์เซ็นต์ Tween 20 แช่สารละลายนาน 5 นาที, แล้วผึ่งให้แห้งก่อนเก็บรักษาในกล่องกระดาษ แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วยมังคุด 50 ผล แล้วนำผลที่ได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน, จากนั้น แบ่งมังคุด 25 ผล ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลการพัฒนาสีของเปลือกผล.

2.5 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเนื้อกล้วยหอม

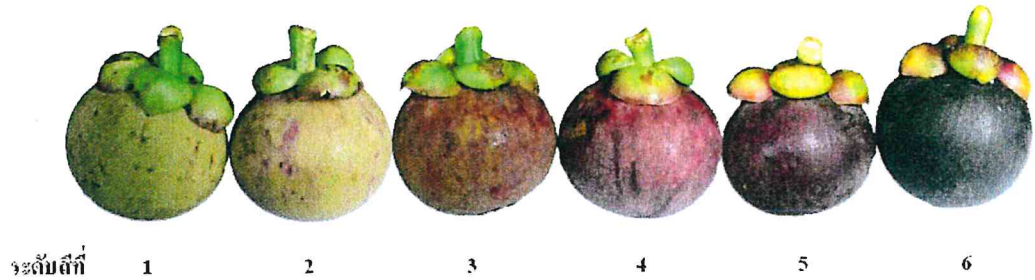
ผลกล้วยหอมที่ใช้ในการทดลองเก็บเกี่ยวจากสวนผู้ส่งออก จังหวัดปทุมธานี โดยทำการเก็บเกี่ยวที่ความแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น นำเนื้อกล้วยหอมเฉพาะกลางผลมาตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หน้าประมาณ 2.5 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 1 กรัม ในแต่ละฟลอสเติมบัฟเฟอร์ซึ่งประกอบด้วย 0.1 โมล Tris-HCl pH 7.2, 0.4 โมล Manitol, 0.1 มิลลิโมล FeSO₄, 30 มิลลิโมล Sodium ascorbate และแบ่งเป็น 4 ทริตเมนต์ คือ มีและไม่มี 2 มิลลิโมล AVG และ 2 มิลลิโมล ACC ปริมาตรรวมทั้งหมด 4 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยจุกยาง วางฟลอสบน shaker ความเร็ว 100 rpm นาน 30 นาที วัดอัตราการสร้างเอทิลีน โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของฟลอส และคำนวณกิจกรรมเอนไซม์ ACC oxidase โดยความแตกต่างของฟลอสที่มีและไม่มี ACC.

2.6 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกทุเรียน

ผลทุเรียนที่ใช้ในการทดลองซื้อจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ในระยะเริ่มสุก จากนั้น นำเปลือกทุเรียนมาตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.5-0.7 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร, จดบันทึกน้ำหนักเปลือกทุเรียนในแต่ละหลอดเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการสร้างเอทิลีนต่อน้ำหนัก (กรัม) เติมสาร AVG หรือซื้อการค้า Retain ความเข้มข้น 0, 250, 1000 และ 4000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยผสม 0.1 เปอร์เซ็นต์ Tween 20 โดยให้เปลือกทุเรียนได้รับสาร AVG 2 วิธี คือ แช่สาร AVG ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ตลอดในหลอดทดลอง และหยดสาร AVG บนเปลือกทุเรียนแค่ปริมาตรเท่าที่เปลือกรับได้ คือ 0.2 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยจุกยาง 1 ชั่วโมง วัดอัตราการสร้างเอทิลีนที่เวลา 1, 3, 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของหลอดทดลอง.

MANGOSTEEN COLOUR CHART

ดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด



รูปที่ 1. ดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด.

ระดับสีที่ 1 ผลมีสีเขียวอ่อนทั้งผล มียางสีเหลืองภายในเปลือกมาก เนื้อและเปลือกไม่สามารถแยกออกจากกันได้.

ระดับสีที่ 2 ผลมีสายเลือดมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว มีจุดสีชมพูกระจายอยู่ในบางส่วนของผล ยางภายในเปลือกยังมีอยู่มาก เนื้อและผลยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้.

ระดับสีที่ 3 ผลมีสีน้ำตาลแดงเรื่อๆ เกือบทั้งผล มีสีเหลืองอ่อนกระจายไปทั่วผล ยางภายในเปลือกอยู่ในระดับปานกลาง การแยกระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ยาก.

ระดับสีที่ 4 ผลสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมแดง บางครั้งมีแต้มสีม่วง ยางภายในเปลือกมีน้อย การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ดี เป็นระยะที่เกือบรับประทานได้.

ระดับสีที่ 5 ผลสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่รับประทานได้.

ระดับสีที่ 6 ผลมีสีม่วงเข้มจนถึงม่วงดำ ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่รับประทานได้ดี.

2.7 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) และ cycloheximide ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกและเนื้อทุเรียน

ผลทุเรียนที่ใช้ในการทดลองซื้อจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ในระยะเริ่มสุก จากนั้น นำเปลือกและเนื้อทุเรียนมาตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร น้ำหนักเปลือกประมาณ 0.5-0.7 กรัม และน้ำหนักเนื้อประมาณ 1.3-1.5 กรัม นำเนื้อเยื่อเปลือกและเนื้อทุเรียนแช่ในสารละลายต่างๆ 5 นาที ดังนี้ :

ทรีตเมนต์ที่ 1 control (buffer MES, pH 6.1)

ทรีตเมนต์ที่ 2 AVG 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 3 cycloheximide 0.1 มิลลิโมล

ทรีตเมนต์ที่ 4 AVG 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร + cycloheximide 0.1 มิลลิโมล

จากนั้น นำเนื้อเยื่อเปลือกและเนื้อทุเรียนใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยจุกยาง 1 และ 2 ชั่วโมง สำหรับเปลือกและเนื้อทุเรียน ตามลำดับ วัดอัตราการสร้างเอทิลีนที่เวลา 1, 4, 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของหลอดทดลอง.

2.8 ผลของแก๊สไนตรออกไซด์ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกทุเรียน

ผลทุเรียนที่ใช้ในการทดลองซื้อจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ในระยะเริ่มสุก จากนั้น นำเปลือกทุเรียนมาตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.5-0.7 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร จดบันทึกน้ำหนักเปลือกทุเรียนในแต่ละหลอดเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการสร้างเอทิลีนต่อน้ำหนัก (กรัม) ปิดฝาด้วยจุกยาง จากนั้น เติมแก๊ส nitrous oxide ความเข้มข้น 0, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ และวัดอัตราการสร้างเอทิลีนที่เวลา 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของหลอดทดลอง.

2.9 ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการเก็บรักษาผัก

2.9.1 วัตถุประสงค์

ตัวอย่างผักขีไบสีเขียวและผักโขมซื้อจากตลาดประชานิเวศน์ 1 เตรียมตัวอย่างผักขีและผักโขม โดยนำเฉพาะใบมาล้างน้ำให้สะอาด (สำหรับใบผักโขมให้กรีดเส้นกลางใบออกด้วย) ทำให้สะเด็ดน้ำ, ชั่งน้ำหนักใบผักขี, วัดสีใบผักขีด้วยเครื่องวัดสี, จากนั้น นำมาสกัดเอนไซม์ chlorophyllase และเอนไซม์ Mg-dechelataze ชั่งน้ำหนักใบผักโขม เพื่อนำไปสกัด chlorophyll ต่อไป.

สำหรับตัวอย่างผักขีใบสีเหลือง เตรียมโดยนำผักขีไบสีเขียวที่ซื้อจากตลาดมาล้างน้ำให้สะอาด ทำให้สะเด็ดน้ำ, เก็บใส่ถุงพลาสติกใส, แล้วใส่ในถุงพลาสติกสีดำอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันแสง ปิดปากถุงวางไว้ในที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส จนกว่าใบผักขีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เลือกเฉพาะใบผักขีที่เหลืองเต็มพื้นที่ใบ ชั่งน้ำหนักใบผักขี, วัดสีใบด้วยเครื่องวัดสี, จากนั้น นำมาสกัดเอนไซม์ chlorophyllase และเอนไซม์ Mg-dechelataze ต่อไป.

2.9.2 สารเคมี และเครื่องมือ/อุปกรณ์

สารเคมี ได้แก่ สารมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA) (Sigma, U.S.A.), สารมาตรฐาน chlorophyll a (Sigma, U.S.A.), potassium hydroxide (Merck, Germany),

methanol (HPLC grade, Fisher Scientific UK Limited, UK), tricine (USB Corporation, U.S.A.), water (Milli Q), ammonium acetate (USB Corporation, U.S.A.), petroleum ether (AR grade, RCI Labscan Limited, Thailand), acetone (HPLC grade, Fisher Scientific UK Limited, UK) และ acetonitrile (HPLC grade, RCI Labscan Limited, Thailand).

อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องวัดสี (chroma meter รุ่น CR-200, Minolta, Japan), เครื่องบดละเอียด (homogenizer รุ่น Nissei AM-5, Nihonseiki Kaisha Ltd., Japan), เครื่องกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer), เครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (refrigerated centrifuge รุ่น Sorvall RC 5C Plus, U.S.A.), กรวยแยก (separatory funnel), เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter รุ่น PH 200A, First Clean Corporation, U.S.A.), เครื่องผสมสาร (vortex genie รุ่น K550-GE, Scientific Industries Inc., U.S.A.), เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/VIS spectrophotometer รุ่น Biomate 5, ThermoSpectronic, UK), ตู้อบแห้ง (oven), โถทำแห้ง (dessicator), ตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส (freezer -20 องศาเซลเซียส), เครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตั้งโต๊ะควบคุมอุณหภูมิได้ (bench top refrigerated centrifuge รุ่น Mikro 22R, Hettich zentrifugen, Germany), อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath รุ่น WB 14, Memmert GmbH+Co., Germany), โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high pressure liquid chromatography (HPLC), Waters, U.S.A.) ประกอบด้วยปั๊ม (gradient pump รุ่น Waters 600), เครื่องควบคุมการทำงาน (controller รุ่น Waters 600), เครื่องฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ (autosampler รุ่น Waters 717 plus), คอลัมน์ Apollo C18 (250 x 4.6 มิลลิเมตร, ขนาดอนุภาค 5 ไมครอน) (Alltech, U.S.A.), เครื่องตรวจวัดแบบฟลูออเรสเซนซ์ (multi λ fluorescence detector รุ่น Waters 2475), เครื่องตรวจวัดแบบโฟโตไดโอดอาร์เรย์ (photodiode array detector รุ่น Waters 996), เครื่องกำจัดฟองอากาศ (degasser รุ่น Gastorr BG-14, Japan) และโปรแกรมประมวลผล (Empower 2 Pro software).

2.9.3 การวัดสีใบผักชี

นำใบผักชีที่มีสีเขียวและสีเหลืองเต็มพื้นที่ใบที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 มาวัดสีใบด้วยเครื่องวัดสี โดยวางใบผักชีลงบนพื้นที่มีกระดาษสีขาวรองอยู่ในแนวราบ วางหัววัดของเครื่องวัดสีลงบนใบผักชีให้แนบสนิทและให้ตำแหน่งพื้นที่วงกลมด้านในทั้งหมดของหัววัดอยู่บนใบผักชี ค่าที่ได้จากการวัดสีในแต่ละครั้งเป็นค่าเฉลี่ยของค่าที่เครื่องวัดสีวัดได้ทั้งหมด 3 ครั้ง, วัดสีใบผักชีสีเขียวและสีเหลืองอย่างละ 20 ซ้ำ นำค่า L^* , a^* และ b^* ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย.

2.9.4 การสกัดเอนไซม์อย่างหยาบ (crude enzyme) จากใบผักชี

เตรียม acetone-dried powder จากใบผักชี โดยนำใบผักชีที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 น้ำหนัก 50 กรัม มาสกัดด้วย cold acetone (เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องบดละเอียด ปั่นด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ในน้ำแข็ง เป็นเวลา 1 นาที 2 ครั้ง นำ homogenate ที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ล้างตะกอน (pellet) ที่ได้ด้วย cold acetone ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ประมาณ 2-3 ครั้ง จนกว่าสีเขียวของตะกอนจะจางลง ระเหย acetone ออกจากตะกอนในตู้ดูดควัน (fume hood) เป็นเวลาข้ามคืน ซึ่งน้ำหนักแห้งของตะกอน บันทึกผล นำตะกอนทั้งหมดมาทำให้ละเอียดอีกครั้งด้วยครกหิน เก็บใส่ขวดแก้วที่บแสง ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาสกัดเอนไซม์ต่อไป.

สกัดเอนไซม์อย่างหยาบจาก acetone-dried powder โดยชั่ง acetone-dried powder มา 5 กรัม ใส่ลงในขวดชมพู (flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับสกัด (extraction buffer) (เตรียมตามภาคผนวกที่ 4 ข้อ 1) ปริมาตร 60 มิลลิลิตร กวน (stir) บนเครื่องกวนแม่เหล็ก ในน้ำแข็ง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้น นำมากรองด้วยผ้ามีสลิน (muslin หรือ cheesecloth) คั้นน้ำออกให้หมด นำส่วนที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วัดปริมาตรส่วนใส (supernatant) ที่ได้บันทึกผล, แบ่ง (aliquot) สารสกัดเอนไซม์อย่างหยาบที่เตรียมได้มาวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford assay เปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA) เก็บสารสกัดเอนไซม์ใน microcentrifuge tube หลอดละ 1 มิลลิลิตร ในที่มืด ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวัดกิจกรรม (activity) ของเอนไซม์ chlorophyllase และ Mg-dechelataase ต่อไป.

2.9.5 การสกัด chlorophyll จากใบผักโขม

วิธีที่ 1 สกัด chlorophyll ตามวิธีที่ได้ดัดแปลงเล็กน้อยจากวิธีของ Fukasawa และคณะ (2010) โดยนำใบผักโขมที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 น้ำหนัก 100 กรัม สกัดด้วย cold acetone (เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องบดละเอียด ปั่นด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ในน้ำแข็ง เป็นเวลา 1 นาที 2 ครั้ง นำ homogenate ที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติม dioxane และน้ำกลั่น ลงในส่วนใสที่ได้ ปริมาตร 67 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ เพื่อ

ตกตะกอน chlorophyll โดยกวนบนเครื่องกวนแม่เหล็กในน้ำแข็ง เป็นเวลา 30 นาที นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ล้าง (suspend) ตะกอนในสารละลายของ acetone : dioxane : น้ำ (อัตราส่วน 134 : 20 : 47) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงสารแขวนลอย (suspension) ที่ได้ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำตะกอนมาระเหยงแห้งในตู้ดูด ชั่งน้ำหนักแห้ง บันทึกผล ละลายตะกอนด้วย cold acetone ปริมาตรที่แน่นอน เก็บในหลอดที่ปิดสนิทและที่บแสง ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาใช้เป็น substrate ของเอนไซม์ chlorophyllase ต่อไป.

2.9.6 การสกัด chlorophyllin จากใบผักโขม

สกัด chlorophyllin ตามวิธีของ Vicentini และคณะ (1995) และ Wang และคณะ (2004) โดยนำใบผักโขมที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 มาบดละเอียดใน cold acetone เข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร (เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส) ในอัตราส่วนของใบผักโขมหนัก 30 กรัม ต่อ cold acetone เข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องบดละเอียด ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที 2 ครั้ง นำ homogenate ที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วัดปริมาตรส่วนใสที่ได้ นำไปทำการสกัดแยกส่วน (partition) กับปิโตรเลียมอีเทอร์ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตรในกรวยแยก เขย่าเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายแยกชั้น ไขตัวทำละลายชั้นล่างทิ้งไป จากนั้น ล้างสารสกัดในชั้นของปิโตรเลียมอีเทอร์ด้วยน้ำกลั่น จำนวน 2 ครั้ง โดยเติมน้ำกลั่นลงไป ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร เขย่าแต่ละครั้งเป็นเวลา 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไขตัวทำละลายชั้นล่าง (ชั้นน้ำ) ทิ้งไป นำสารสกัดคลอโรฟิลล์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ที่เตรียมได้ออกมาเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใน methanol โดยปิเปตต์ สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ใน methanol ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในสารสกัด chlorophyll ปริมาตร 12 มิลลิลิตร นำไปกวนบนเครื่องกวนแม่เหล็กในน้ำแข็งในที่มืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะเห็นคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นอยู่ที่ก้นภาชนะ เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 5 มิลลิลิตร เพื่อละลายคลอโรฟิลล์ที่ได้ ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ค่อยๆ ดูดชั้นของสารละลายคลอโรฟิลล์ทั้งหมดออกมาปรับความเป็นกรด-เบส (pH) ด้วย 1 โมล tricine ให้ได้ pH 9 วัดปริมาตรสุดท้าย บันทึกผล คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย chlorophyllin ที่เตรียมได้ โดยปิเปตต์ สารละลายคลอโรฟิลล์ใส่ลงใน microcentrifuge tube ที่ได้ชั่งน้ำหนักหลอดเปล่าไว้แล้ว จำนวน 5 หลอด หลอดละ 100 ไมโครลิตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

จากนั้น นำมาใส่ในโถทำแห้ง (ประมาณ 1-2 ชั่วโมง) ชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณหา เปอร์เซ็นต์ yield แบ่งเก็บสารละลาย chlorophyllin ที่เหลือในที่มืด ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น substrate ของเอนไซม์ Mg-dechelataase ต่อไป.

2.9.7 การวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford assay

ทำตามวิธีของ Bradford (1976) โดยปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง (กรณีทีสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นโปรตีนมากให้เจือจางสารละลายตัวอย่าง ด้วยบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นก่อน โดยเจือจางให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 ไมโครลิตร) จากนั้นเติมสารละลาย Bradford working buffer (เตรียมตามภาคผนวกที่ 4 ข้อ 2) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง คำนวณ ปริมาณโปรตีนในสารละลายตัวอย่างโดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin (BSA) (ความเข้มข้น 0-20 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร).

2.9.8 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase จากใบผักชี ด้วยเทคนิค HPLC

วัดกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase ตามที่ได้ดัดแปลงเล็กน้อยจากวิธีของ Fukasawa และคณะ (2010) โดยในปฏิกิริยาประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.5 สารละลาย triton X-100 เข้มข้น 0.12 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร chlorophyll (เตรียมได้จากข้อ 2.5) และสารสกัดเอนไซม์อย่างหยาบ (เตรียมได้จากข้อ 2.4) ปริมาตรสุดท้าย เท่ากับ 1.3 มิลลิลิตร นำไปบ่ม (incubate) ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วยการต้ม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สำหรับปฏิกิริยาในหลอด substrate blank ประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.5 สารละลาย triton X-100 เข้มข้น 0.12 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร สารละลาย chlorophyll และสารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์แทนสารสกัดเอนไซม์อย่างหยาบ หลอด enzyme blank ประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.5 สารละลาย triton X-100 เข้มข้น 0.12 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรตัวทำละลาย chlorophyll และสาร สกัดเอนไซม์อย่างหยาบ เมื่อหยุดปฏิกิริยาแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตั้งโต๊ะควบคุม อุณหภูมิได้ ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ค่อยๆ ดูด ส่วนใสด้านบนด้วยหลอดฉีดยา (syringe) ขนาด 1 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยตัวกรอง (VertiClean™ nylon syringe filter) ขนาด 13 มิลลิเมตร ขนาดรู (pore size) เท่ากับ 0.45 ไมครอน นำไป

วิเคราะห์ปริมาณ chlorophyll ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับหลอด substrate blank ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ Apollo C18 (250 x 4.6 มิลลิเมตร, 5 μ) เครื่องตรวจวัดแบบฟลูออเรสเซนซ์ (Ex/Em : 440 nm/660 nm) เครื่องตรวจวัดแบบโฟโตไดโอดอาร์เรย์ และระบบตัวทำละลาย (solvent system) ในการชะประกอบด้วยสารละลาย A (1 M ammonium acetate : methanol อัตราส่วน 1 : 4 โดยปริมาตร) และสารละลาย B (acetone : methanol อัตราส่วน 1 : 4 โดยปริมาตร) โดยกำหนดการชะแบบ linear gradient จากสารละลาย A เปลี่ยนไปเป็นสารละลาย B ภายในเวลาที่ 0 นาที ถึงเวลาที่ 15 นาที และชะต่อด้วยสารละลาย B จากเวลาที่ 15 นาที ถึงเวลาที่ 25 นาที, จากนั้น เปลี่ยนจากสารละลาย B กลับมาเป็นสารละลาย A ภายในเวลาที่ 25 นาที ถึงเวลาที่ 50 นาที ด้วยอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้ chlorophyll a (Sigma, USA.) เป็นสารมาตรฐาน.

เอนไซม์ chlorophyllase 1 หน่วย (unit) คือ ปริมาณเอนไซม์ที่ย่อยสลาย chlorophyll a 1 ไมโครกรัม ในเวลา 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ทำการทดลอง.

2.9.9 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชี ด้วยเทคนิค HPLC

2.9.9.1 การทดลองหา pH ที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze

วัดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze ตามที่ได้ดัดแปลงเล็กน้อยจากวิธีของ Wang และคณะ (2004) โดยในปฏิกิริยาประกอบด้วย สารละลายบัฟเฟอร์ชนิดต่างๆ เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 4-10 (เตรียมตามภาคผนวกที่ 4 ข้อ 3) ปริมาตร 400 ไมโครลิตร สารละลาย chlorophyllin (เตรียมได้จากข้อ 2.6) ปริมาตร 176 ไมโครลิตร สารละลาย triton X-100 เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และสารสกัดเอนไซม์อย่างหยาบ 374 ไมโครลิตร (ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 202.34 ไมโครกรัม) ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สำหรับปฏิกิริยาในหลอด substrate blank ประกอบด้วย สารละลายบัฟเฟอร์ชนิดต่างๆ เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 4-10 ปริมาตร 400 มิลลิลิตร สารละลาย chlorophyllin ปริมาตร 176 ไมโครลิตร สารละลาย triton X-100 1 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และสารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์แทนสารสกัดเอนไซม์อย่างหยาบ หลอด enzyme blank ประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.5 สารละลาย triton X-100 เข้มข้น 0.12 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ตัวทำละลาย chlorophyllin (น้ำกลั่น) และสารสกัด

เอนไซม์อย่างหยาบ เมื่อหยุดปฏิกิริยาแล้ว นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแบบตั้งโต๊ะควบคุม อุณหภูมิได้ ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ค่อยๆ ตูด ส่วนใสด้านบนด้วยหลอดฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยตัวกรอง ขนาดรูเท่ากับ 0.45 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ปริมาณ chlorophyllin ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับหลอด substrate blank ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 2.8 และใช้ chlorophyllin ที่เตรียมได้เอง (ข้อ 2.6) เป็นสารมาตรฐาน.

เอนไซม์ Mg-dechelatae 1 หน่วย (unit) คือ ปริมาณเอนไซม์ที่ย่อยสลาย chlorophyllin 1 ไมโครกรัม ในเวลา 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ทำการทดลอง.

2.9.9.2 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatae

ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 2.9.1 โดยทำปฏิกิริยาในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 2.9.1 และบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ 25, 30, 37, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส.

2.9.10 การทดลองเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatae จากใบผักชี สี่เขียวและสี่เหลือง ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ pH 6

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

3.1.1 ค่าการร่วงไหลของประจุ

ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ มีการร่วงไหลของประจุของเปลือกมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับรังสี ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในรูปที่ 2A และพบว่า ทุกทรีตเมนต์มีการร่วงไหลของประจุเพิ่มขึ้นมากหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ขณะที่เนื้อของผลมะม่วงมีการร่วงไหลของประจุมากกว่าในเปลือกผลมะม่วง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการฉายรังสี ในแต่ละวันมีอัตราการร่วงไหลของประจุเพิ่มขึ้นและลดลงสลับไปมา มีลักษณะไม่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 2B.

3.1.2 อัตราการสร้างเอทิลีนและอัตราการหายใจ

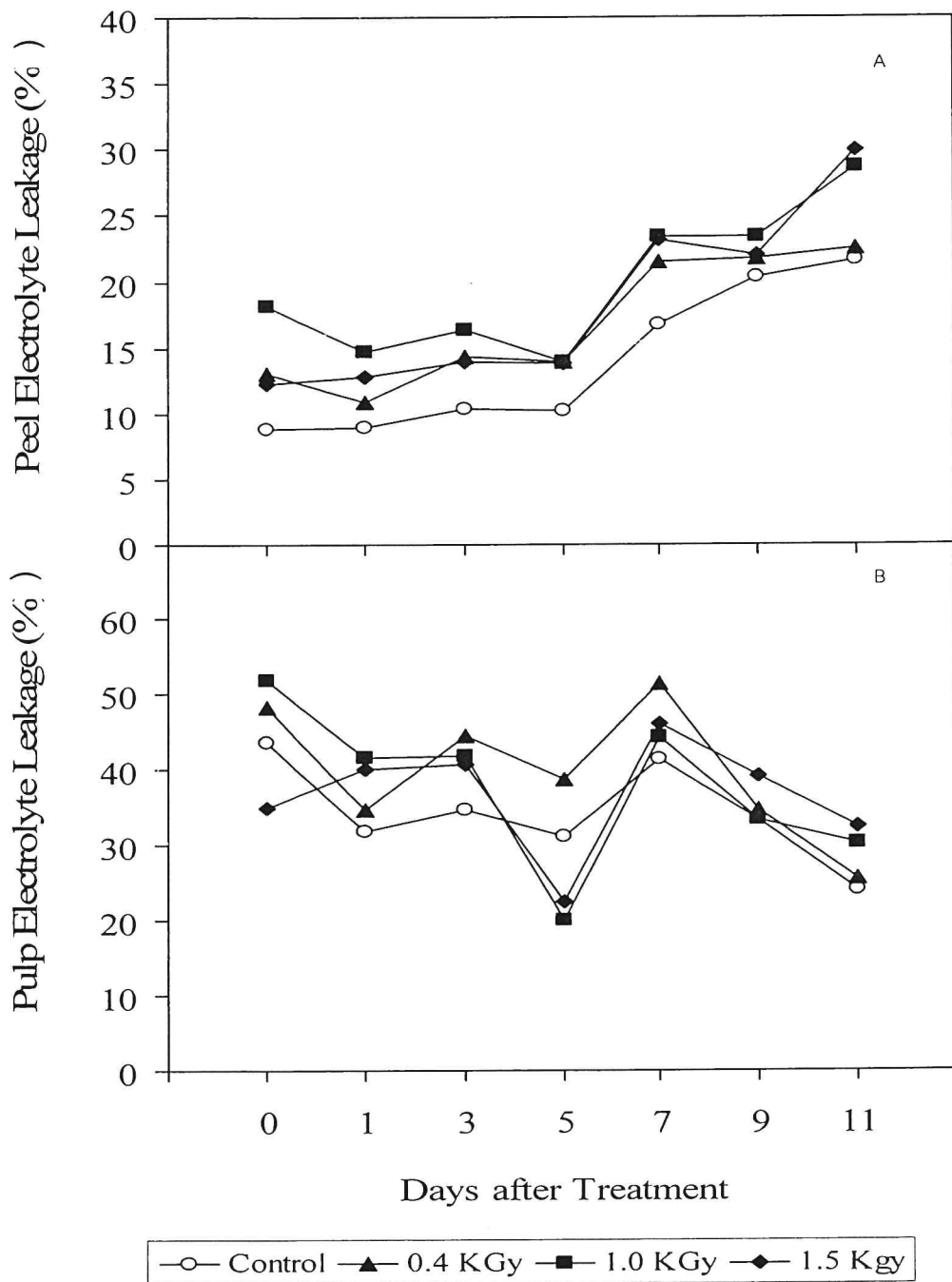
ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ มีการสร้างเอทิลีนลดลงหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน มีการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้ง 3 อัตราการฉายรังสี แต่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับมะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสี ซึ่งมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่วันที่ 5 ถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในรูปที่ 3.

ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ ตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษา คือ ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 1.5 กิโลเกรย์ มีอัตราการหายใจสูงสุด, รองลงมาคือ ผลมะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 1.0 และ 0.4 กิโลเกรย์ ตามลำดับ และผลมะม่วงที่ไม่ได้รับรังสีมีการหายใจต่ำที่สุด โดยพบลักษณะเช่นนี้อีกในวันที่ 9 และ 11 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับรังสีและที่ได้รับรังสี 0.4 และ 1.0 กิโลเกรย์ มีอัตราการหายใจสูงสุด แสดงลักษณะ climacteric peak ของอัตราการหายใจ แสดงให้เห็นว่า ผลมะม่วงเริ่มแสดงอาการสุกในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน ส่วนผลมะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 1.5 กิโลเกรย์ มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นช้าๆ และมีค่าสูงสุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในรูปที่ 4.

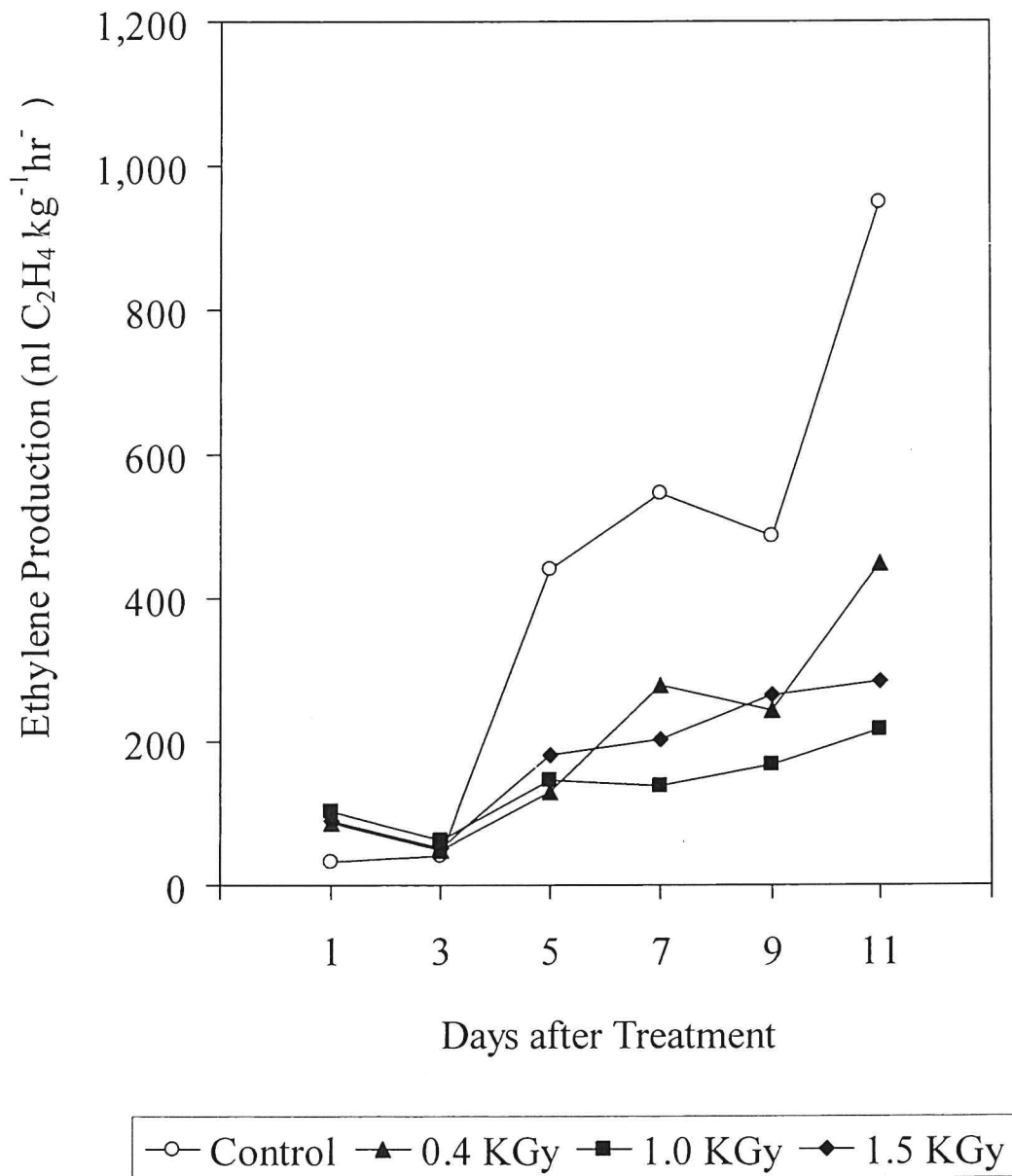
3.1.3 ค่าความแน่นเนื้อ

การฉายรังสีในทุกอัตราทำให้ความแน่นเนื้อผลมะม่วงลดลงเร็วกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสี ตั้งแต่วันแรกของการฉายรังสี ในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้น ช่วงวันที่ 3 ถึงวันที่ 6 ทุกทรีตเมนต์ มีความแน่นเนื้อลดลงอย่าง

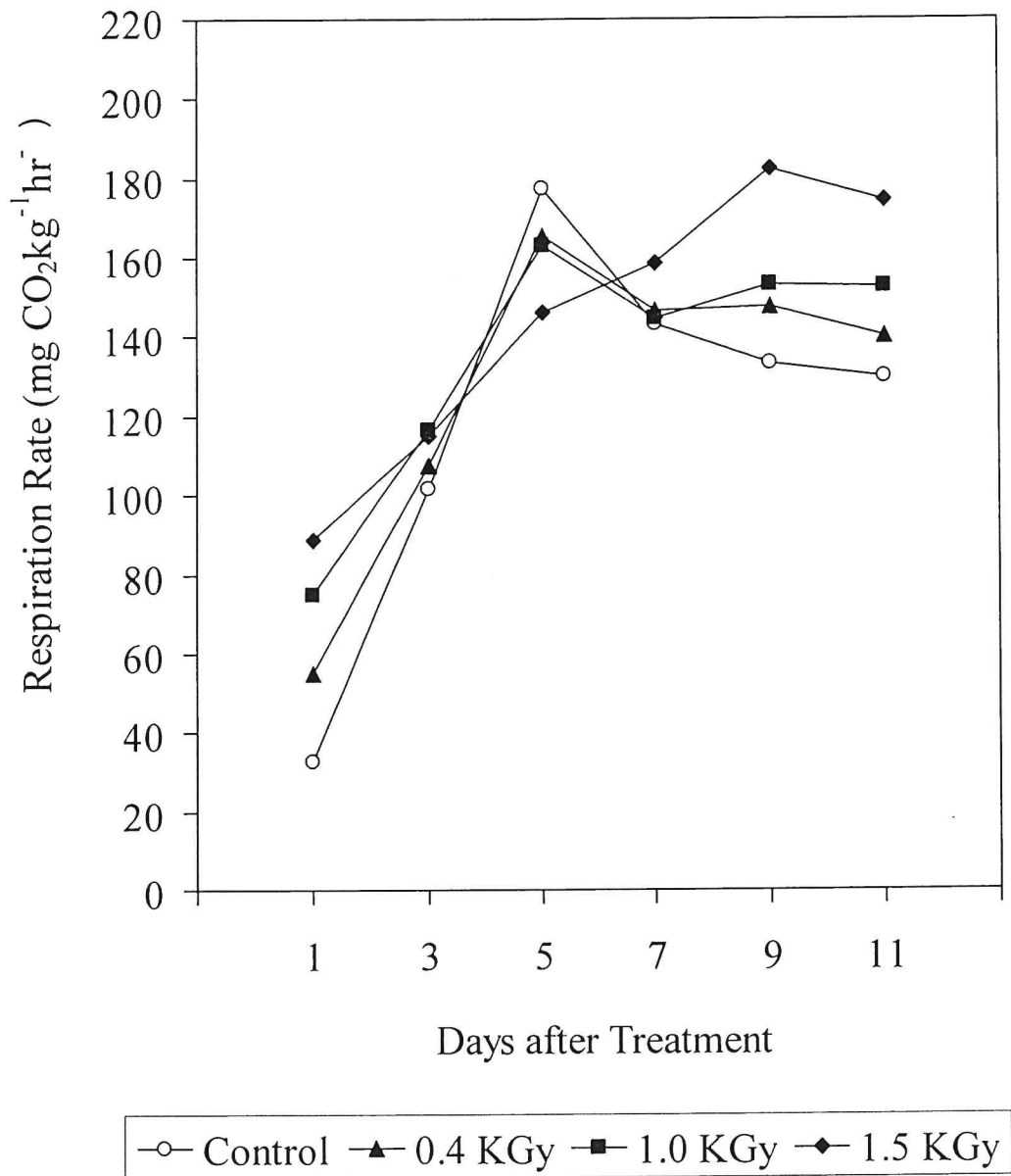
รวดเร็ว เรียงตามลำดับอัตราการฉายรังสี คือ มะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ มีความ
แน่นเนื้อต่ำที่สุด, รองลงมา คือ มะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 0.4 กิโลเกรย์ และมะม่วงที่ไม่ได้รับการฉาย
รังสีมีความแน่นเนื้อสูงสุด หลังจากนั้น ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษามะม่วงทุกพรีตเมนต์มีความแน่น
เนื้อไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.



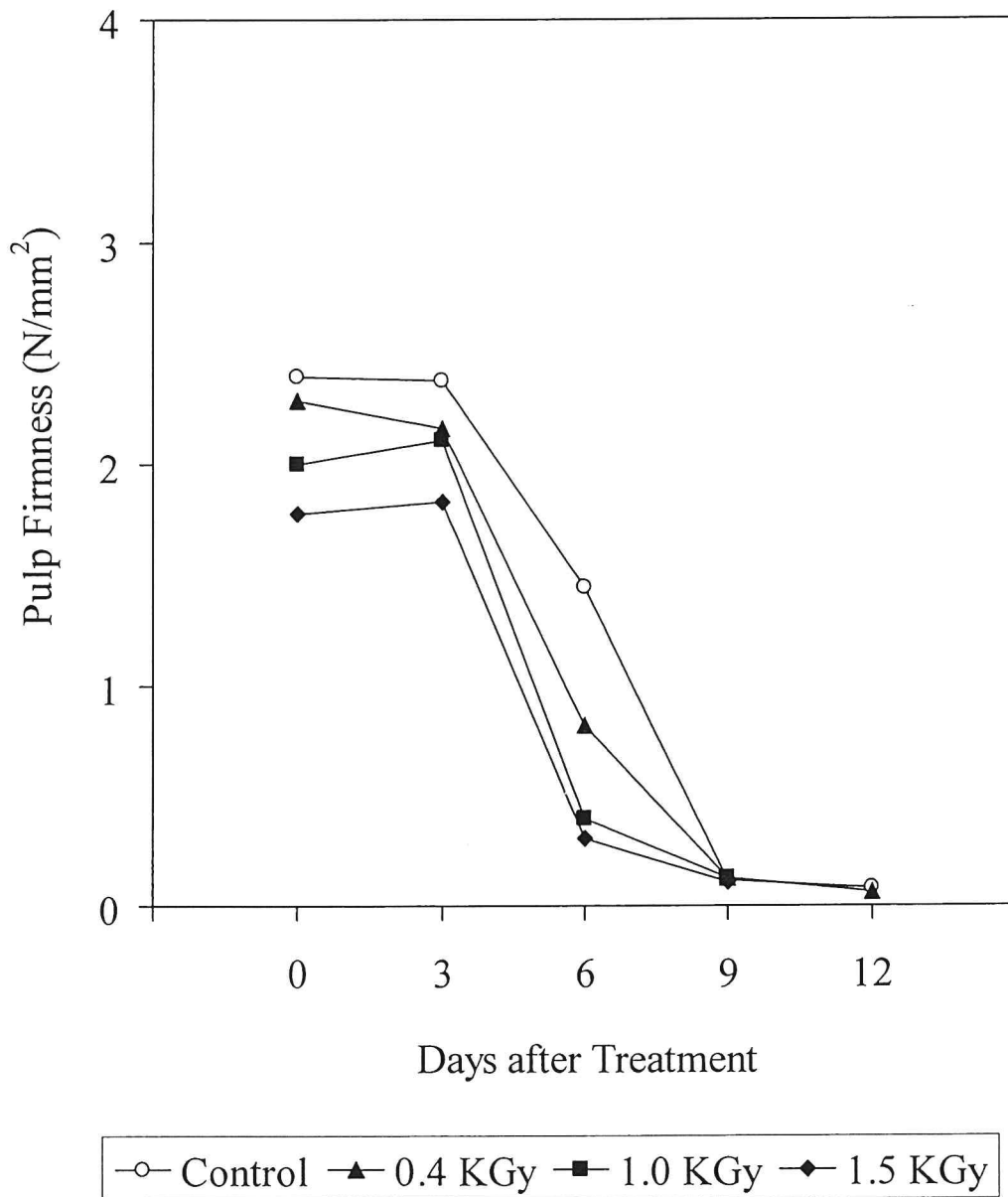
รูปที่ 2. อัตราการรั่วไหลของประจุของเปลือก (A) และเนื้อ (B) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์. และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.



รูปที่ 3. อัตราการสร้างเอทิลีนของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.



รูปที่ 4. อัตราการหายใจของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.



รูปที่ 5. ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.

3.1.4 คุณลักษณะของสีเปลือกและสีเนื้อ

การฉายรังสีในทุกอัตรา ทำให้สีเปลือกมะม่วงมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกับมะม่วงที่ไม่ได้รับรังสี ยกเว้นในวันที่ 6 และ 12 ของการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงที่ได้รับรังสีอัตรา 1.5 กิโลเกรย์ มีค่าความสว่างของเปลือกน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 6A.

มะม่วงที่ได้รับรังสีในทุกอัตรา มีการเปลี่ยนสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองเร็วกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับรังสี ในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้น สีเปลือกเปลี่ยนแปลงช้าลง และมีค่าสีเหลืองน้อยกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับรังสีในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในรูปที่ 6B และ C.

การฉายรังสีในทุกอัตรา ทำให้สีเนื้อมะม่วงมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกับมะม่วงที่ไม่ได้รับรังสี ในวันที่ 0 ถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นพบว่า มะม่วงที่ไม่ได้ฉายรังสีมีค่าความสว่างน้อยกว่ามะม่วงที่ได้รับการฉายรังสี ดังแสดงในรูปที่ 7A.

การฉายรังสีไม่มีความสัมพันธ์ใดๆ กับค่า a value ของเนื้อมะม่วง ดังแสดงในรูปที่ 7B ส่วนค่า b value ของเนื้อมะม่วง พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างมะม่วงที่ได้รับและไม่ได้รับการฉายรังสี ดังแสดงในรูปที่ 7C.

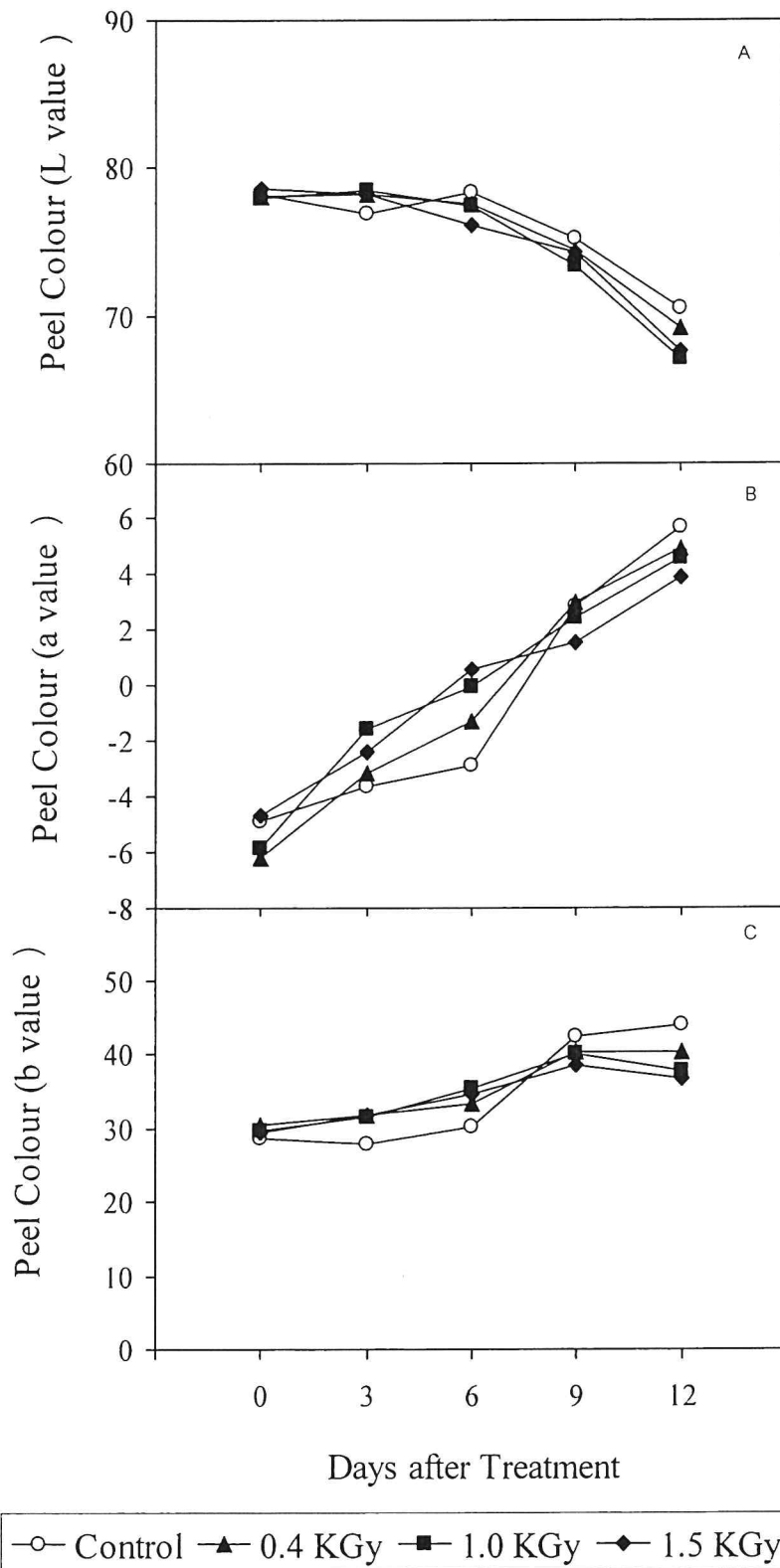
3.1.5 คะแนนและปริมาณการเกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าของผลมะม่วง

ผลมะม่วงที่ได้รับและไม่ได้รับรังสีแสดงอาการของโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยพบเพียงจุดเล็กๆ และเพิ่มความรุนแรงของโรคมามากขึ้นในวันที่ 12 โดยผลมะม่วงที่ไม่ได้ฉายรังสีมีจำนวนผลที่เกิดโรคสูงสุดเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลมะม่วงที่ฉายรังสีที่อัตรา 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ มีอัตราการเกิดโรคเท่ากับ 80, 25 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 การฉายรังสีที่อัตรา 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ สามารถลดความรุนแรงของโรคได้แตกต่างทางสถิติกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ฉายรังสี ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยผลมะม่วงที่ไม่ได้ฉายรังสีแสดงอาการของโรคประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิว ขณะที่ผลมะม่วงที่ฉายรังสีอัตรา 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ แสดงอาการของโรคเพียงแค่จุดเล็กๆ.

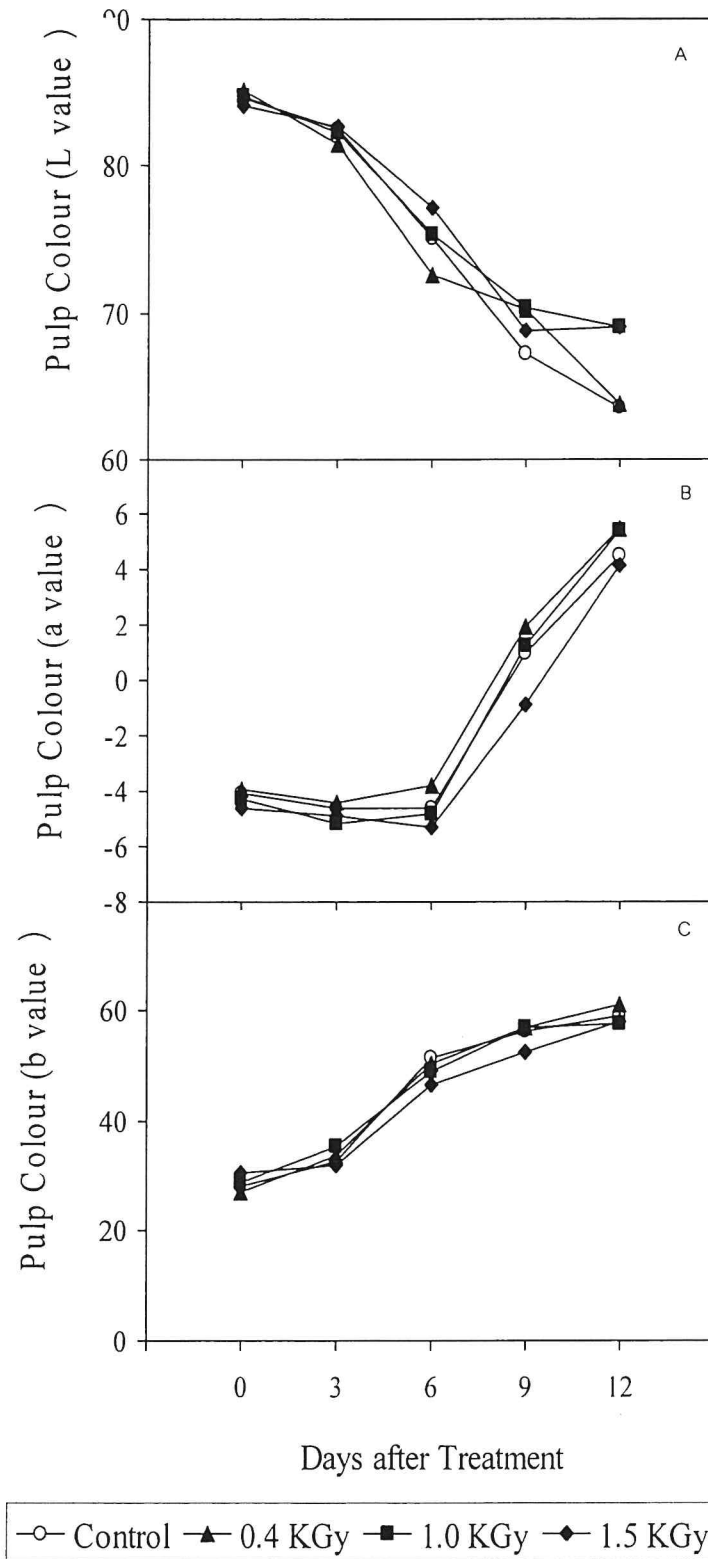
3.1.6 คะแนนและปริมาณการเกิดความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกของผลมะม่วง

ผลมะม่วงที่ได้รับรังสี 0.4 กิโลเกรย์ ไม่แสดงความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอก แต่พบรอยแผลความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกเมื่อให้ปริมาณรังสีที่ 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ ดังแสดงในรูปที่

8C และ D โดยปรากฏอาการความเสียหายเพียงจุดเล็กๆ (1.65-1.75 คะแนน) ตั้งแต่วันแรกของการฉายรังสีจนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา โดยไม่มีการเพิ่มความรุนแรงและจำนวนผลที่เกิดรอยแผลความเสียหายตลอดการทดลอง (45-55 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4.



รูปที่ 6. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก L value (A), a value (B) และ b value (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.



รูปที่ 7. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ L value (A), a value (B) และ b value (C) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์.

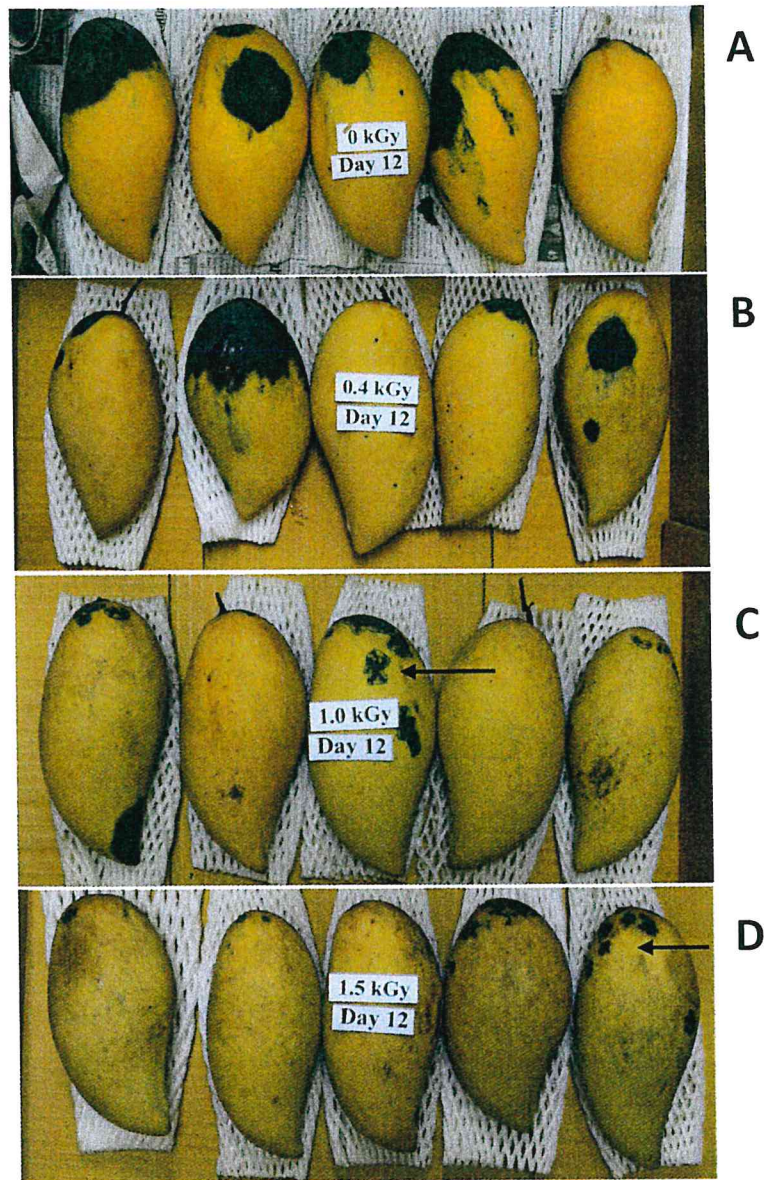
ตารางที่ 1. จำนวนผลที่เกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมาอัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Incidence of disease (เปอร์เซ็นต์)				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	0	0	0	31.25	90
0.4 กิโลเกรย์	0	0	0	25.00	80
1.0 กิโลเกรย์	0	0	0	6.25	25
1.5 กิโลเกรย์	0	0	0	6.25	15

ตารางที่ 2. คะแนนการเกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคข้าวผลเน่าของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ
12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Severity of disease (score) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	1	1	1	1.47 a	3.35 a
0.4 กิโลเกรย์	1	1	1	1.41 ab	2.65 a
1.0 กิโลเกรย์	1	1	1	1.13 bc	1.65 b
1.5 กิโลเกรย์	1	1	1	1.06 c	1.35 b
F-test	ns	ns	ns	*	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 8. ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (A) และที่ฉายรังสีปริมาณ 0.4 (B) 1.0 (C) และ 1.5 (D) กิโลเกรย์ ในวันที่ 12 หลังการฉายรังสี ลูกศรแสดงรอยแผลความเสียหายจากการฉายรังสี.

ตารางที่ 3. คะแนนความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Severity of peel damage (score) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b
0.4 กิโลเกรย์	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b	1.00 b
1.0 กิโลเกรย์	1.65 a	1.65 a	1.65 a	1.65 a	1.65 a
1.5 กิโลเกรย์	1.75 a	1.75 a	1.75 a	1.75 a	1.75 a
F-test	**	**	**	**	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4. จำนวนผลที่เกิดความเสียหายที่ผิวเปลือกภายนอกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Incidence of peel damage (เปอร์เซ็นต์)				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	0	0	0	0	0
0.4 กิโลเกรย์	0	0	0	0	0
1.0 กิโลเกรย์	45	45	45	45	45
1.5 กิโลเกรย์	55	55	55	55	55

3.1.7 คะแนนและปริมาณการสูญเสียความสดของผลมะม่วง

มะม่วงที่ได้รับและไม่ได้รับการฉายรังสีปรากฏอาการเหี่ยวที่เปลือกในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยปรากฏอาการเหี่ยวเพียงเล็กน้อย และเพิ่มอาการเหี่ยวมากขึ้นในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา โดยมะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีอาการเหี่ยวมากที่สุด 3.10 คะแนน คือ มีอาการเหี่ยวปานกลางถึงค่อนข้างมาก โดยมีความแปรผันโดยตรงกับการเกิดโรค คือ ถ้ามีพื้นที่ผิวเกิดโรคมามาก จะทำให้เปลือกมะม่วงเหี่ยวมากเช่นเดียวกัน ส่วนมะม่วงที่ได้รับรังสีมีอาการเหี่ยวของเปลือกน้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 5 แต่จำนวนผลที่เหี่ยวใกล้เคียงกันในทุกทรีตเมนต์ ดังแสดงในตารางที่ 6.

3.2 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลน้อยหน่าพันธุ์หนึ่ง

เมื่อนำผลน้อยหน่าพันธุ์หนึ่ง ที่ความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไปแช่ในสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ความเข้มข้น 0, 500, 1000, 2000 และ 4000 ppm และเก็บรักษาในกล่องกระดาษที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ พบว่าผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 0 และ 500 ppm มีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงสุด (climacteric peak) ตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษา ขณะที่พบว่า ผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 1000, 2000 และ 4000 ppm สามารถลดการสร้างเอทิลีนสูงสุดได้ และชะลอการเกิด climacteric peak โดยเลื่อนไปเป็นวันที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ความเข้มข้น 4000 ppm มีอัตราการหายใจลดลงตลอดการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 3-7 ของการเก็บรักษา ผลน้อยหน่าที่ได้รับสาร AVG ทุกความเข้มข้นมีการสุกปกติเช่นเดียวกับผลน้อยหน่าที่ไม่ได้รับสาร AVG โดยไม่สามารถชะลอการอ่อนนุ่มและการเปลี่ยนสีผิวของผลได้.

3.3 ผลของสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ที่มีต่อการพัฒนาสีของเปลือกและคุณภาพการรับประทานของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 1 เมื่อทำการรมมังคุดด้วยสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ที่ความเข้มข้น 0, 1000 และ 2,000 ppb เป็นเวลา 6, 12 และ 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส แล้วนำผลที่ได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้น แบ่งมังคุด 20 ผล ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32 ± 2 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่า ผลมังคุดรมด้วย 1-MCP ทั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถชะลอการพัฒนาสีของเปลือกผลมังคุดได้ โดยผลมังคุดที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีการพัฒนาสีเปลือกอย่างรวดเร็ว และหมดสภาพการเก็บรักษาภายใน 8 วัน คือ

สีเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ (ระดับสีที่ 6) ขณะที่ผลมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นเป็น 16 วัน โดยมีการพัฒนาสีเปลือกผลอย่างช้าๆ ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 8 หลังจากนั้น มีการพัฒนาสีเปลือกอย่างรวดเร็ว ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 9 และที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 10.

ตารางที่ 5. คะแนนการสูญเสียความสดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมาอัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

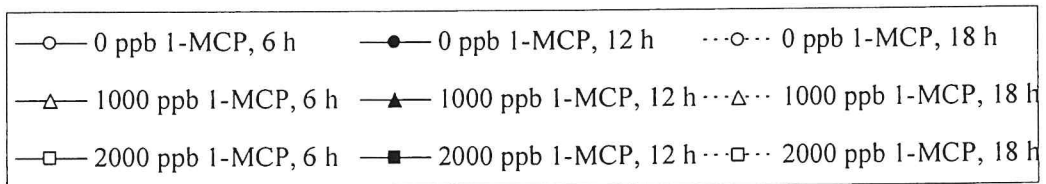
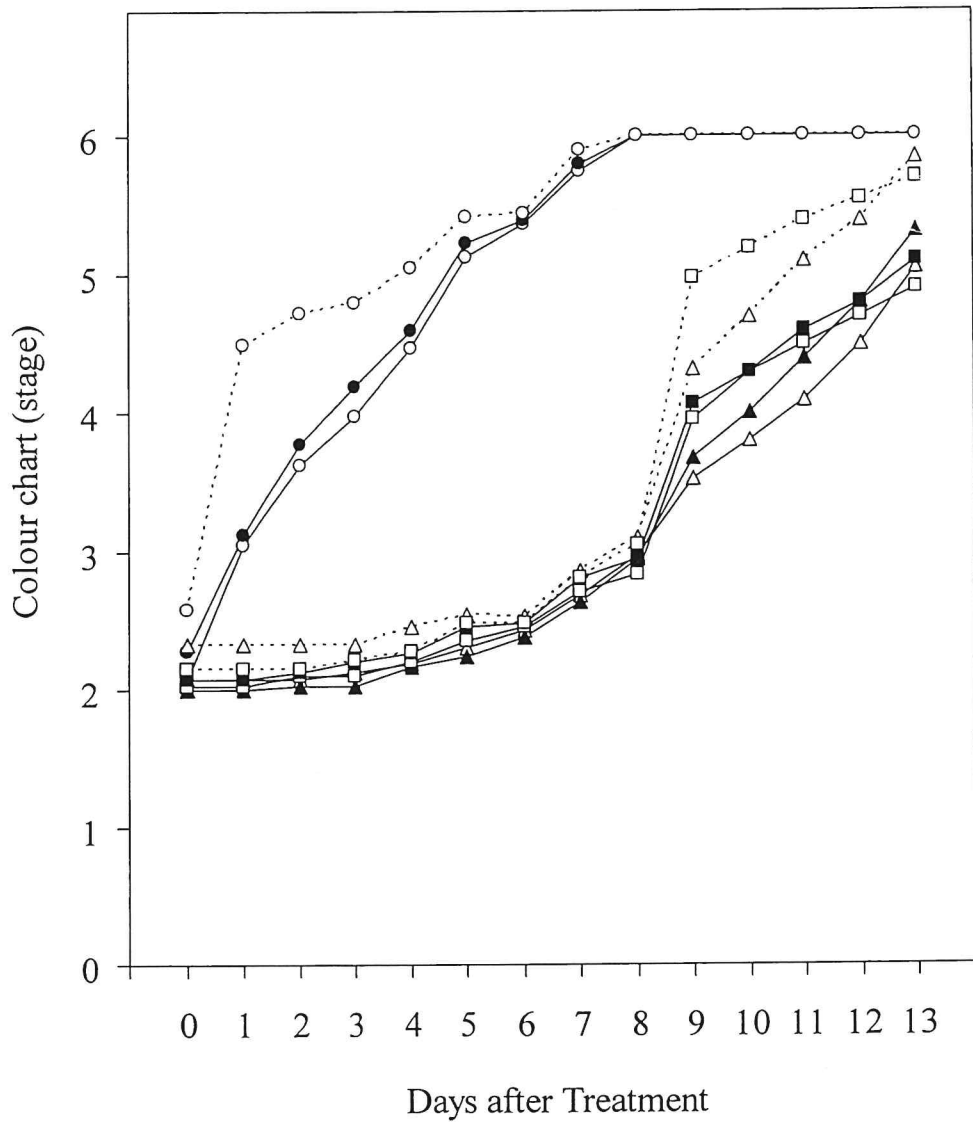
ทรีตเมนต์	Severity of freshness loss (score) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	1	1	1	1.03	3.10 a
0.4 กิโลเกรย์	1	1	1	1.06	2.50 ab
1.0 กิโลเกรย์	1	1	1	1.03	2.10 b
1.5 กิโลเกรย์	1	1	1	1.03	2.10 b
F-test	ns	ns	ns	ns	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6. จำนวนผลที่เกิดการสูญเสียความสดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมาอัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

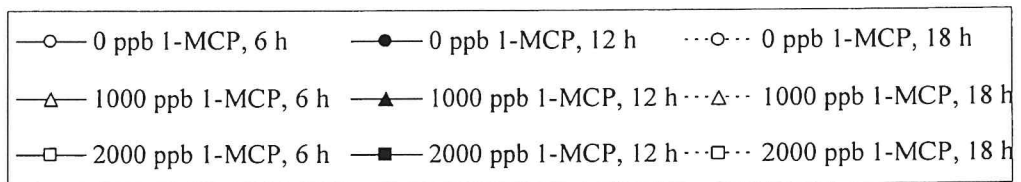
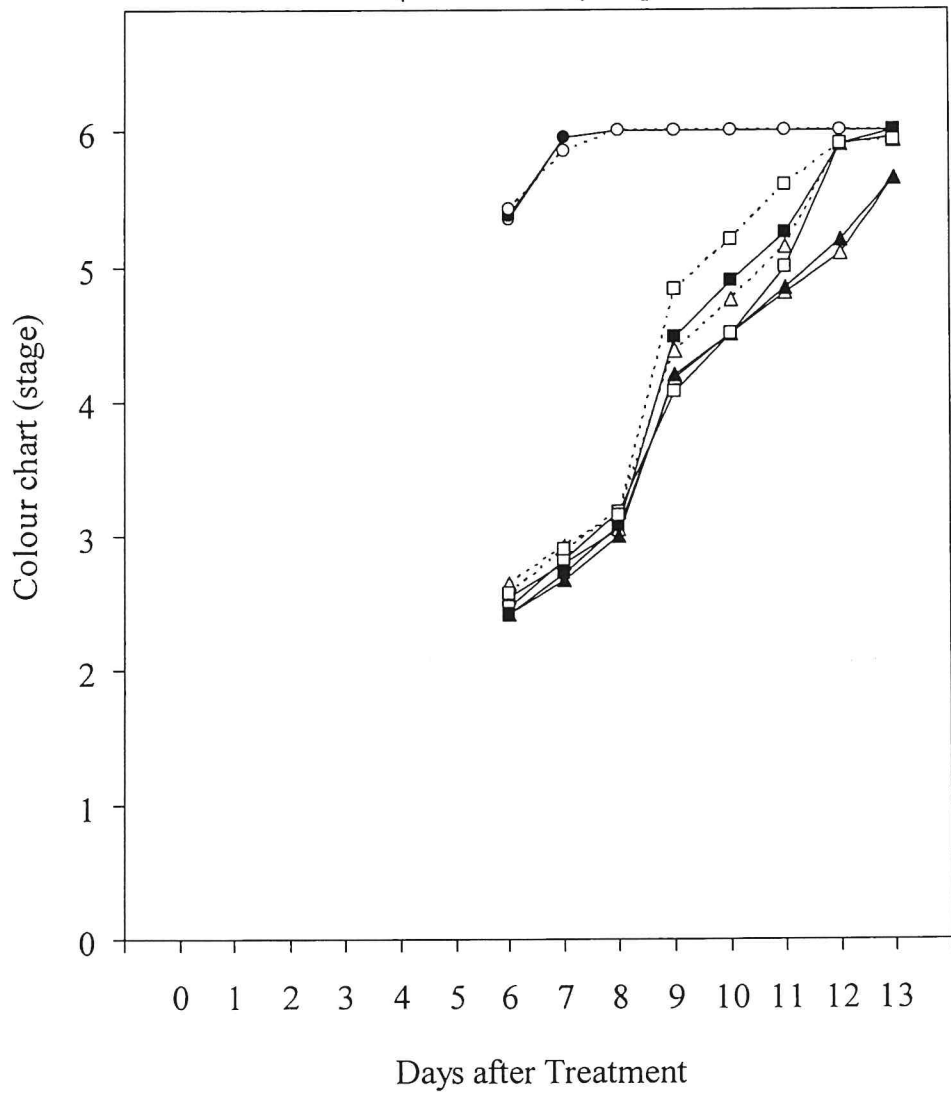
ทรีตเมนต์	Incidence of freshness loss (เปอร์เซ็นต์)				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	0	0	0	3.12	90
0.4 กิโลเกรย์	0	0	0	6.25	100
1.0 กิโลเกรย์	0	0	0	3.12	90
1.5 กิโลเกรย์	0	0	0	3.12	100

มังคุดเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 9. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0, 1000, และ 2000 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.

มังคุด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 10. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0, 1000, และ 2000 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.

ทำการทดสอบคุณภาพการรับประทาน โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 5 คน ในวันที่ 16 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ทั้ง 2 ความเข้มข้นมีลักษณะเปลือกยาก และเนื้อสัมผัสแข็ง แต่เมื่อทำการชิมในวันที่ 25 พบว่า ผลมังคุดเปลือกง่ายขึ้น และเนื้อสัมผัสไม่แข็ง โดยมีคะแนนไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับผลมังคุดที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ทั้งในลักษณะการเปลือก, เนื้อสัมผัส, ความหวาน, ความเปรี้ยว, รสชาติ, กลิ่น และความชอบ ดังแสดงในตารางที่ 7.

การทดลองที่ 2 ทำการรมมังคุด โดยใช้ความเข้มข้นของสาร 1-MCP เป็น 500 ppb และเก็บรักษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ผลการทดลองพบว่า ผลมังคุดที่รม 1-MCP 500 ppb สามารถชะลอการพัฒนาสีของเปลือกผลมังคุดได้ โดยผลมังคุดที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีการพัฒนาสีเปลือกอย่างรวดเร็ว และหมดสภาพการเก็บรักษาภายใน 8 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ส่วนผลมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP มีการพัฒนาสีเปลือกผลอย่างช้าๆ ในช่วง 3 วันแรก หลังจากนั้น มีการพัฒนาสีเปลือกเร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 11 และรูปที่ 12.

ระยะเวลาในการรมสาร 1-MCP มีผลต่อการพัฒนาสีเปลือก คือ การรมสาร 1-MCP นาน 18 ชั่วโมง ทำให้การพัฒนาสีเปลือกเกิดขึ้นช้ากว่าการรมสารนาน 12 และ 6 ชั่วโมง, การรม 1-MCP 500 ppb นาน 6 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 13 วัน, การรม 1-MCP 500 ppb นาน 12 และ 18 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 17 วัน, การรม 1-MCP 500 ppb แล้วเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน ก่อนย้ายมาที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ตลอดเวลาเพียงแค่ 1 วัน ดังแสดงในตารางที่ 8.

ทำการทดสอบคุณภาพการรับประทาน โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 5 คน ในวันที่ 19 ของการเก็บรักษาพบว่า ผลมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP 500 ppb มีการเปลือกค่อนข้างยาก และเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง แต่เมื่อทำการชิมในวันที่ 22 พบว่า ผลมังคุดเปลือกง่ายขึ้น และเนื้อสัมผัสไม่แข็ง โดยมีคะแนนไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับผลมังคุดที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ทั้งในลักษณะการเปลือก, เนื้อสัมผัส, ความหวาน, ความเปรี้ยว, รสชาติ, กลิ่น และความชอบ ดังแสดงในตารางที่ 9.

3.4 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อการพัฒนาสีของเปลือกผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อนำผลมังคุดระยะที่ 2.5 (ระยะสายเลือด มีจุดสีชมพูกระจายทั่วไปบนผล) ไปแช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm แล้วนำผลที่ได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วันจากนั้นแบ่งมังคุด 25 ผล ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมังคุดที่ได้รับสาร AVG ทุกความเข้มข้น มีการพัฒนาสีของเปลือกผลเช่นเดียวกับผลมังคุดที่ไม่ได้รับสาร AVG ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 ± 1 องศาเซลเซียส และ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 13 และรูปที่ 14 โดยผลมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 ± 1 องศาเซลเซียส หมุดสภาพการเก็บรักษาในวันที่ 17 คือ สีเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ (ระดับสีที่ 6) ขณะที่ผลมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส หมุดสภาพการเก็บรักษาในวันที่ 7 ผลมังคุดที่ได้รับและไม่ได้รับสาร AVG มีการสร้างเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในรูปที่ 15.

ตารางที่ 7. ทำการทดสอบคุณภาพการรับประทาน เมื่อรมผลมั่งคุดด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0, 1000 และ 2000 ppb ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการให้คะแนนในวันที่ 25 หลังการเก็บรักษา

พรีตเมนต์	คะแนน ^{1/}						
	ปอกเปลือก	ความหวาน	ความเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่น	ความชอบ
0 ppb, 6 ชั่วโมง	2.0	3.0	2.8	1.4	1.2	1.2	3.4
0 ppb, 12 ชั่วโมง	2.0	3.2	3.2	1.2	1.0	1.0	3.8
0 ppb, 18 ชั่วโมง	2.2	3.4	2.6	1.4	1.2	1.0	3.4
1000 ppb, 6 ชั่วโมง	2.0	2.6	3.4	1.2	1.3	1.0	2.8
1000 ppb, 12 ชั่วโมง	2.2	2.6	2.8	1.2	1.4	1.4	2.6
1000 ppb, 18 ชั่วโมง	2.2	2.6	2.3	1.0	1.5	1.4	2.5
2000 ppb, 6 ชั่วโมง	2.2	2.8	3.2	1.2	1.2	1.2	3.0
2000 ppb, 12 ชั่วโมง	2.8	3.0	2.5	1.0	1.0	1.0	3.0
2000 ppb, 18 ชั่วโมง	2.3	2.75	2.8	1.0	1.0	1.0	3.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ^{1/} หมายถึง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

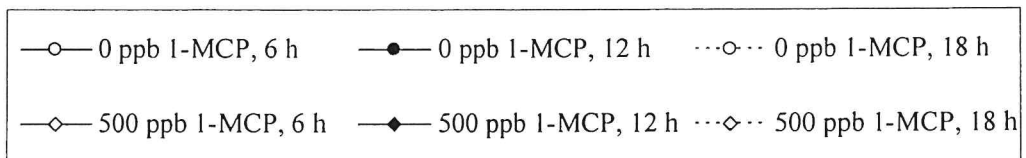
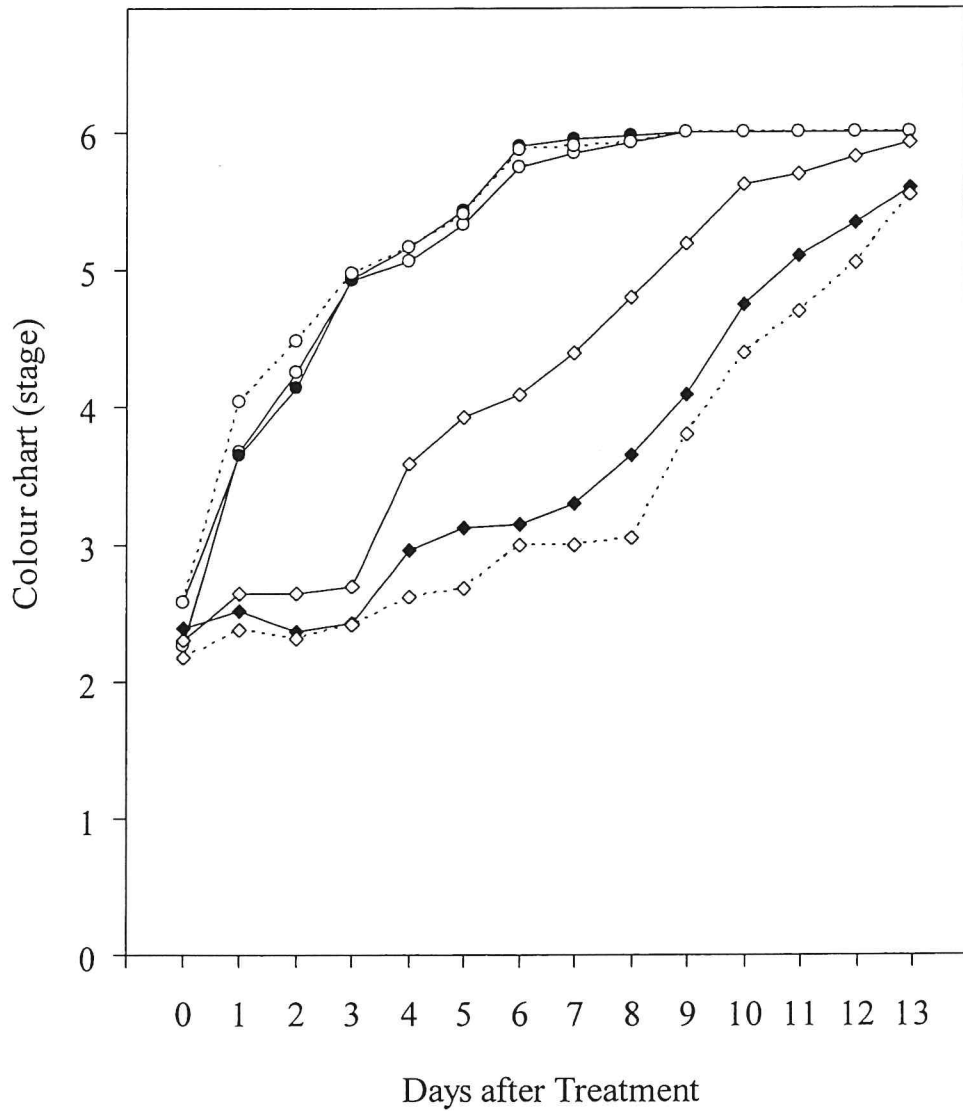
การปอกเปลือก หมายถึง 1 = ง่ายมาก, 5 = ยาก

ความหวาน, ความเปรี้ยว และความชอบ หมายถึง 1= น้อยมาก, 5 = มาก

เนื้อสัมผัส หมายถึง 1= ไม่ละเอียด, 5 = ละเอียดมาก

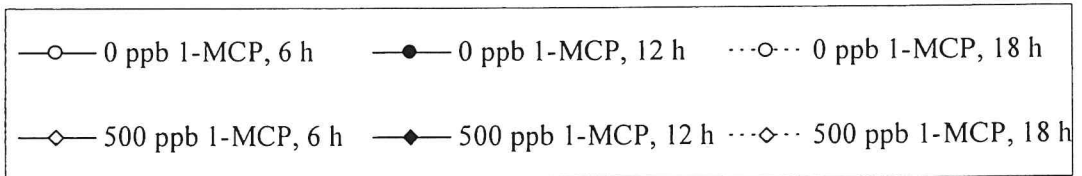
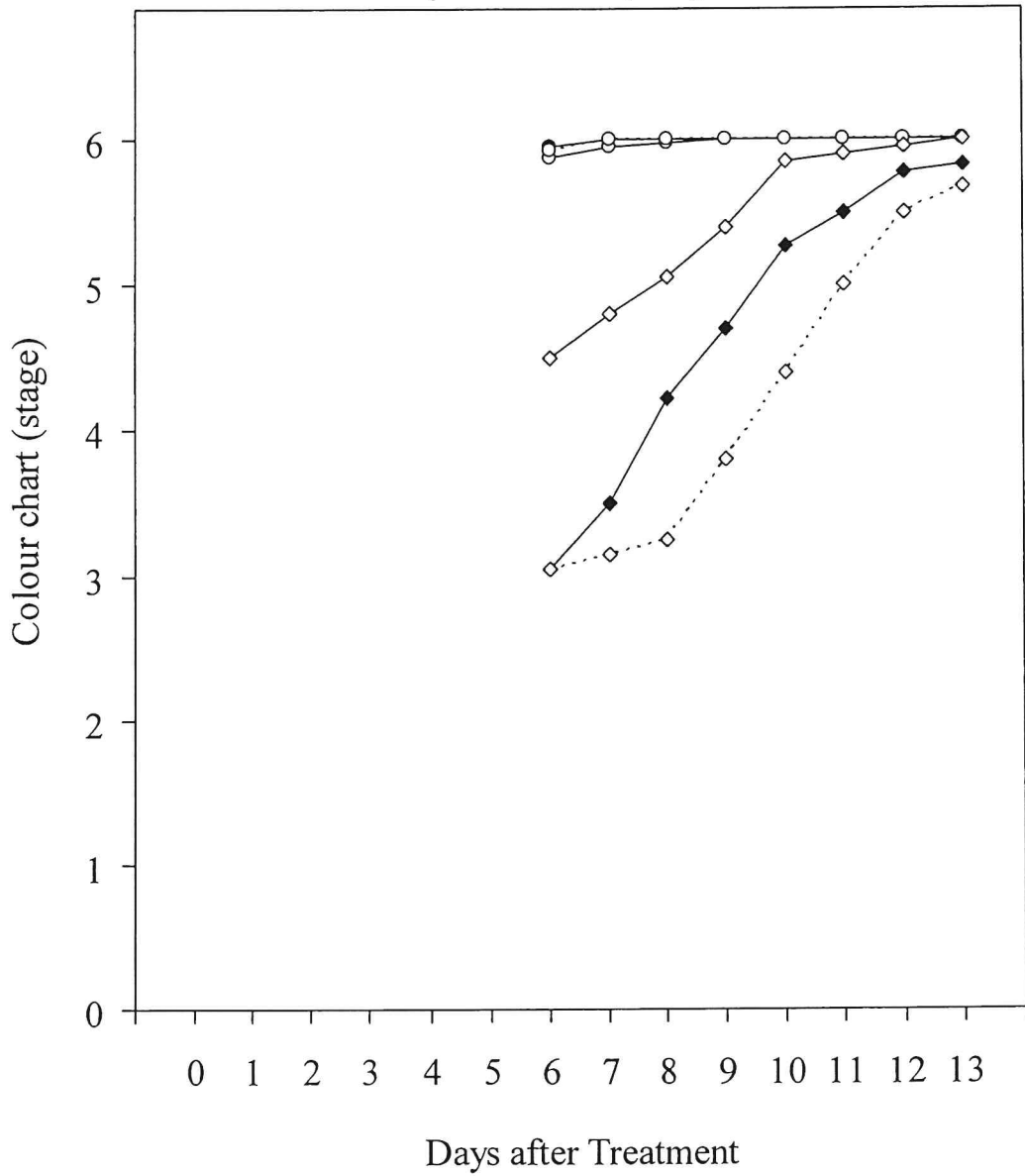
รสชาติ และกลิ่น หมายถึง 1= ปกติ, 5 = ผิดปกติมาก

มังคุดเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 11. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 และ 500 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.

มังคุด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 12. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0 และ 500 ppb ระยะเวลาต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.

ตารางที่ 8. สรุปอายุการเก็บรักษาเมื่อรมผลมังคุดด้วย 1-MCP จนกระทั่งผลมีสีม่วงดำหรือหมดสภาพการเก็บรักษา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	พรีตเมนต์		อายุการเก็บรักษา (วัน)	
	1-MCP (ppb)	ระยะเวลารม (ชั่วโมง)		
25	0	6	8	
		12	8	
		18	8	
	500	6	13	
		12	17	
		18	17	
	ก่อนย้ายมา 32	0	6	7
			12	7
			18	7
500		6	12	
		12	16	
		18	16	

ตารางที่ 9. ทำการทดสอบคุณภาพการรับประทาน เมื่อรวมผลมังคุดด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 0 และ 500 ppb ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการให้คะแนนในวันที่ 22 หลังการเก็บรักษา

พรีดเมนต์	คะแนน ^{1/}						
	ปอกเปลือก	ความหวาน	ความเปรี้ยว	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่น	ความชอบ
0 ppb, 6 ชั่วโมง	2.3	3.7	1.7	1.3	1.0	1.0	3.3
0 ppb, 12 ชั่วโมง	2.0	3.7	2.3	1.0	1.0	1.0	3.3
0 ppb, 18 ชั่วโมง	2.3	3.3	2.3	1.3	1.0	1.0	3.0
500 ppb, 6 ชั่วโมง	2.3	2.7	2.3	1.0	1.0	1.0	3.0
500 ppb, 12 ชั่วโมง	2.3	3.0	2.7	1.0	1.0	1.0	3.0
500 ppb, 18 ชั่วโมง	2.3	3.0	2.3	1.0	1.0	1.0	3.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ^{1/} หมายถึง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

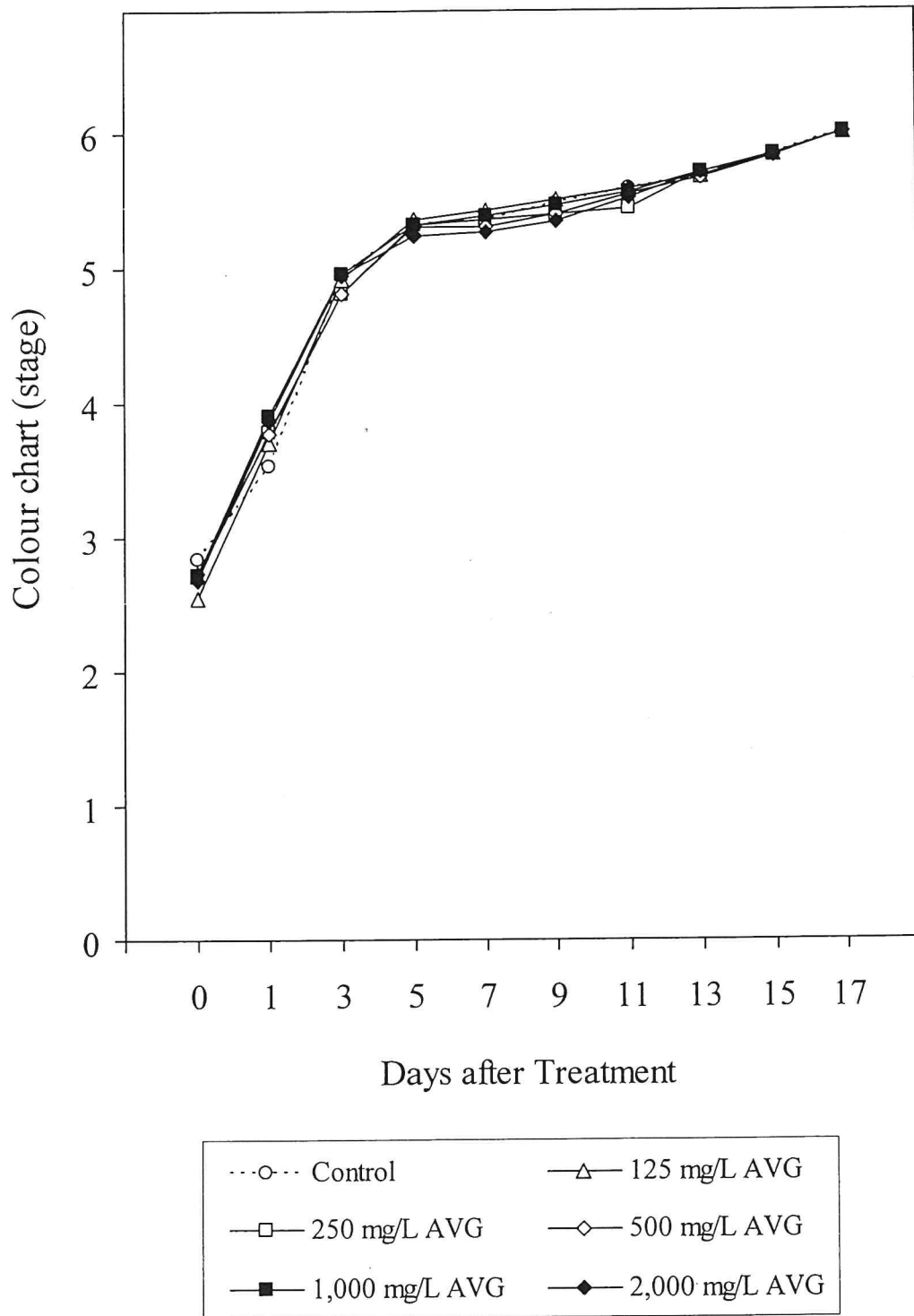
การปอกเปลือก หมายถึง 1 = ง่ายมาก, 5 = ยาก

ความหวาน, ความเปรี้ยว และความชอบ หมายถึง 1= น้อยมาก, 5 = มาก

เนื้อสัมผัส หมายถึง 1= ไม่ละเอียด, 5 = ละเอียดมาก

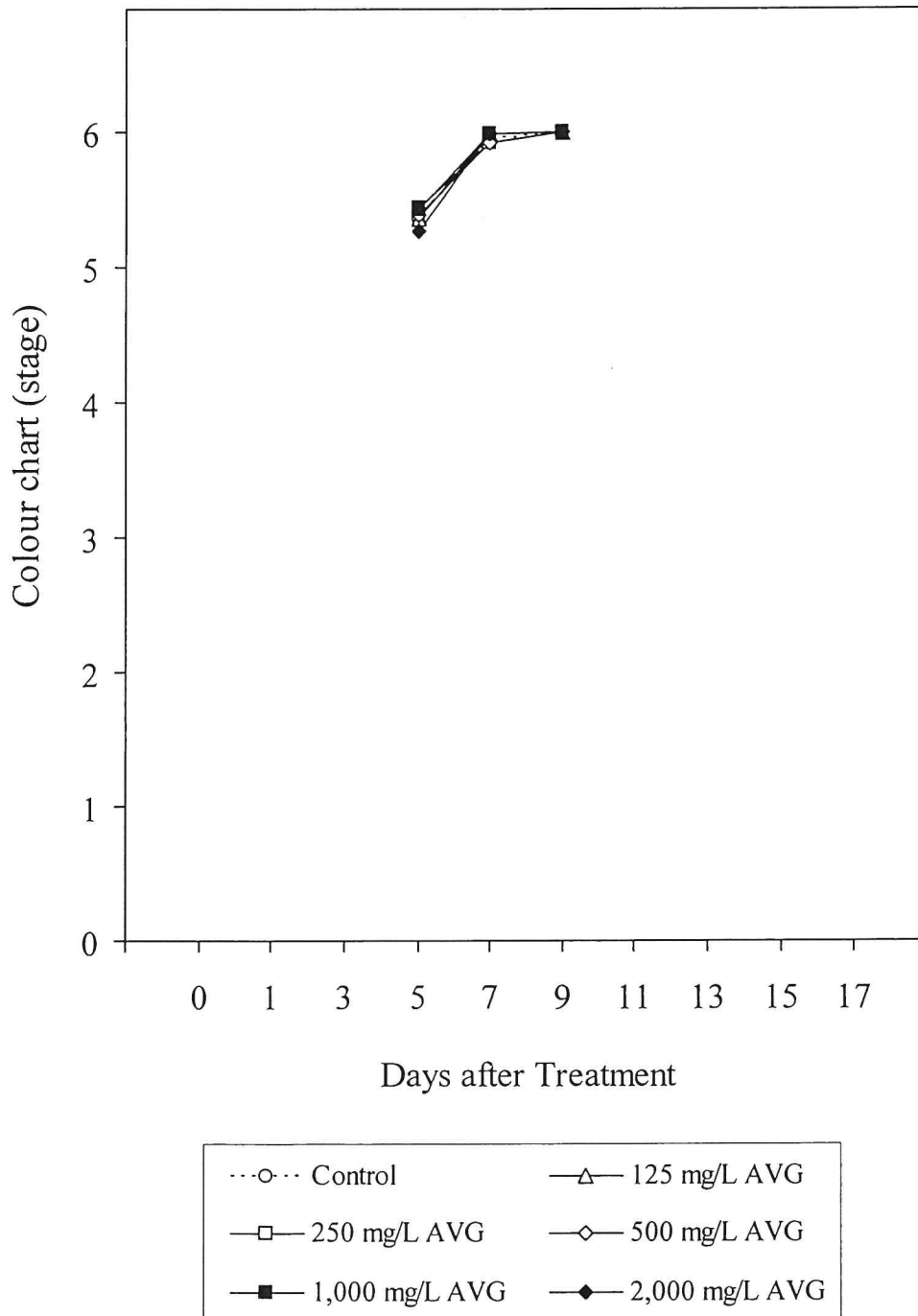
รสชาติ และกลิ่น หมายถึง 1= ปกติ, 5 = ผิดปกติมาก

มังคุดเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 14±1 องศาเซลเซียส



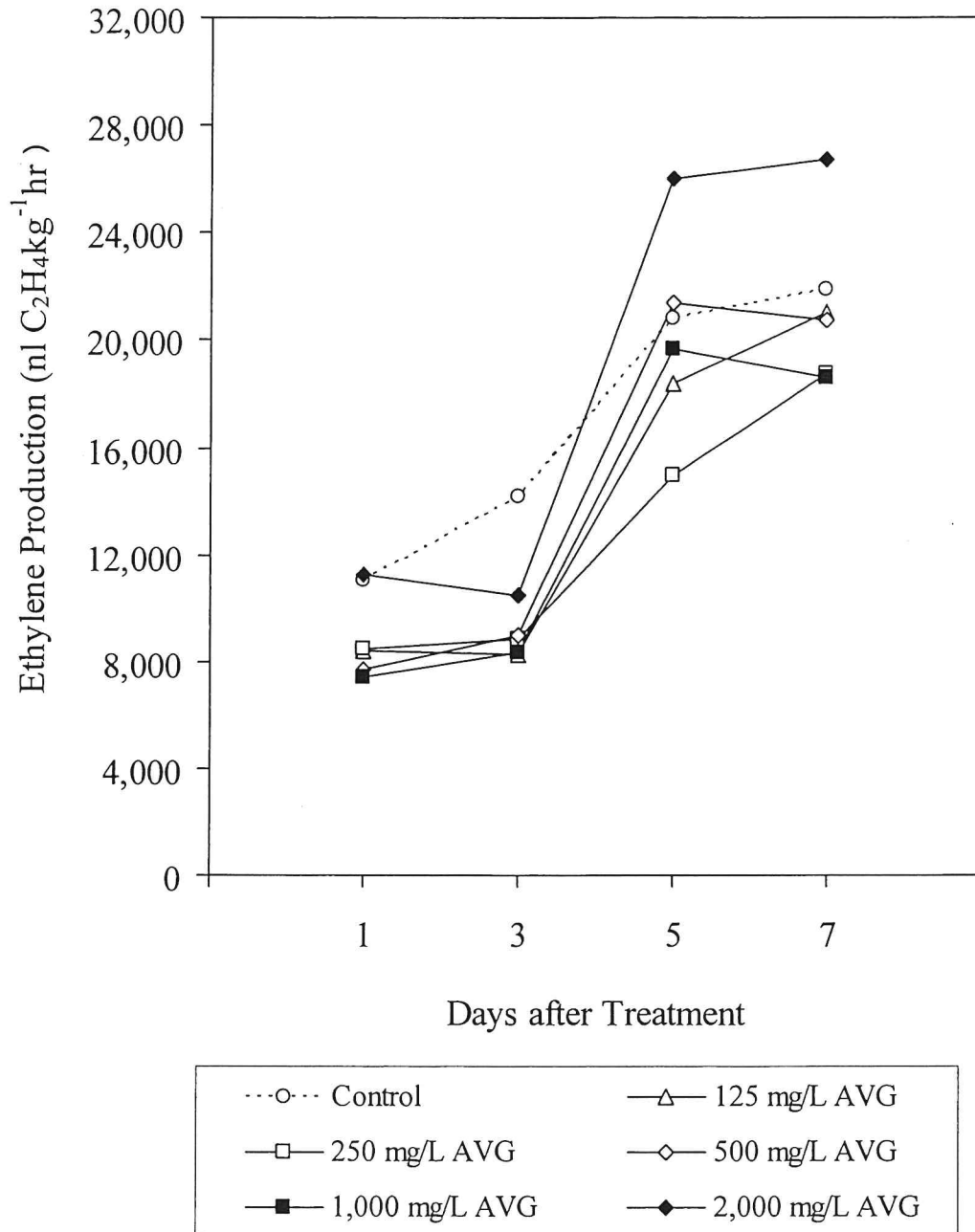
รูปที่ 13. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่แช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14±1 องศาเซลเซียส.

มังคุดเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส



รูปที่ 14. การพัฒนาสีเปลือกมังคุดที่แช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส.

มังคุดเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส



รูปที่ 15. อัตราการสร้างเอทิลีนของมังคุดที่แช่ในสารละลาย AVG ความเข้มข้น 0, 125, 250, 500, 1000 และ 2000 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส.

3.5 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเนื้อมะเขือเทศ

เมื่อศึกษาผลของ AVG ต่อการสร้างเอทิลีนของเนื้อมะเขือเทศ โดยแบ่งเป็น 4 ทริตเมนต์ คือ ทดลองสถานะมีและไม่มี 2 มิลลิโมล AVG และ 2 มิลลิโมล ACC แล้ววัดอัตราการสร้างเอทิลีน และคำนวณกิจกรรมเอนไซม์ ACC oxidase พบว่า เนื้อมะเขือเทศที่ได้รับสาร ACC มีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงมากว่าเนื้อมะเขือเทศที่ไม่ได้รับสาร ACC ตลอดทั้ง 3 วัน โดยมีอัตราการสร้างเอทิลีนสูงสุดในวันที่ 1 ในทริตเมนต์ที่ไม่ได้รับสาร ACC พบว่า สาร AVG ลดการสร้างเอทิลีนได้เล็กน้อย แต่สาร AVG ไม่สามารถลดการสร้างเอทิลีนได้ในทริตเมนต์ที่ได้รับสาร ACC ดังแสดงในรูปที่ 16.

เนื้อมะเขือเทศที่ได้รับสาร AVG มีกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase สูงกว่าเนื้อมะเขือเทศที่ไม่ได้รับสาร AVG ในวันที่ 0 และ 1 และลดลงต่ำกว่าในวันที่ 2 และมีค่าใกล้เคียงกันในวันที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 17.

3.6 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกทุเรียน

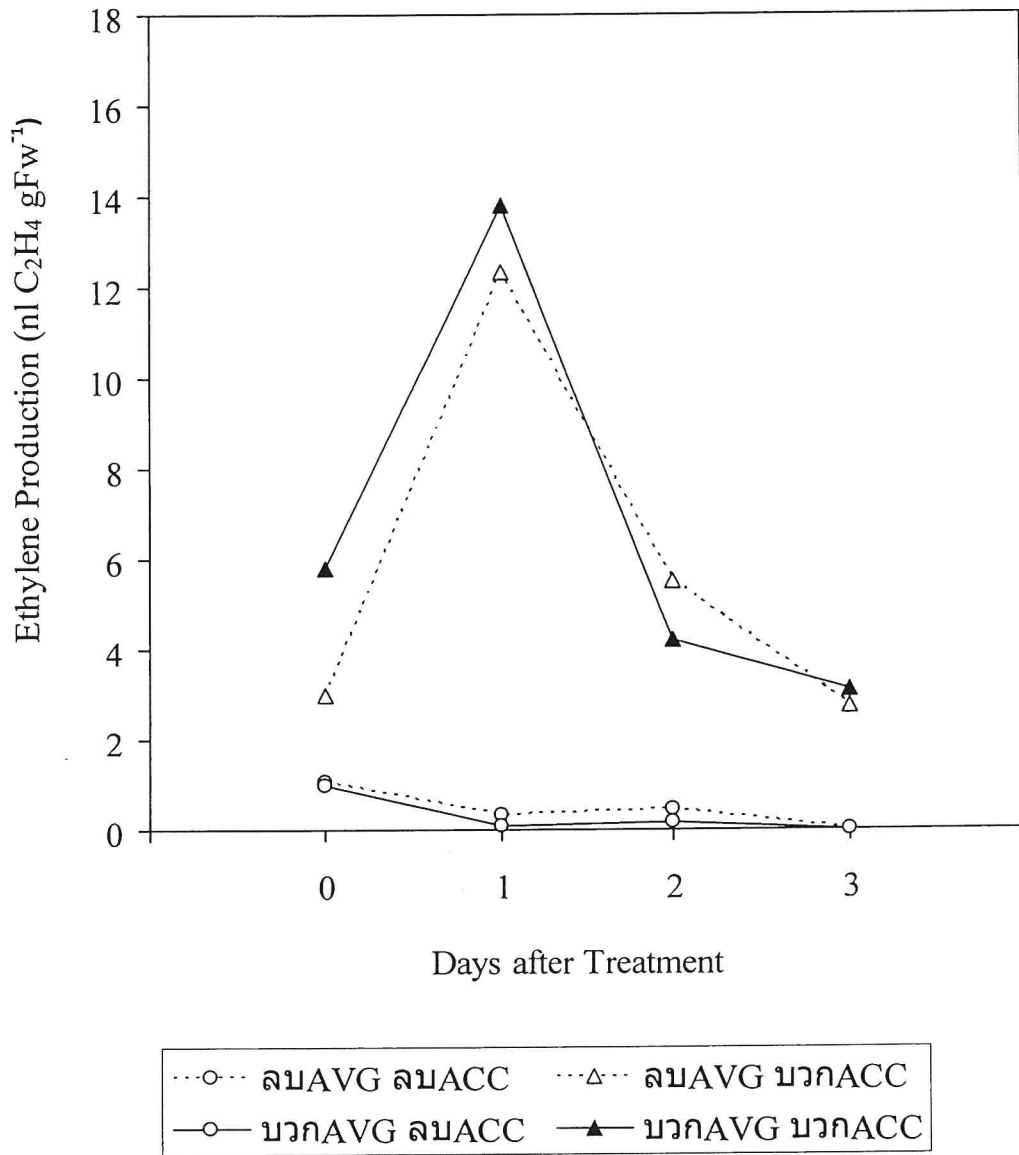
จากการศึกษาผลของ AVG ต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกทุเรียน โดยนำเปลือกทุเรียนมาตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.5-0.7 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร จดบันทึกน้ำหนักเปลือกทุเรียนในแต่ละหลอดเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการสร้างเอทิลีนต่อน้ำหนัก (กรัม) เดิมสาร AVG หรือชื่อการค้า Retain ความเข้มข้น 0, 250, 1000 และ 4000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยให้เปลือกทุเรียนได้รับสาร AVG 2 วิธี คือ แช่สาร AVG ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ตลอดในหลอดทดลอง และหยดสาร AVG บนเปลือกทุเรียนแค่ปริมาตรเท่าที่เปลือกทุเรียนรับได้ คือ 0.2 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยจุกยาง 1 ชั่วโมง วัดอัตราการสร้างเอทิลีนที่เวลา 1, 3, 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของหลอดทดลอง พบว่า เปลือกทุเรียนที่ได้รับสาร AVG ทุกความเข้มข้น คือ 250, 1000 และ 4000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถลดอัตราการสร้างเอทิลีนได้เมื่อเทียบกับเปลือกทุเรียนที่ไม่ได้รับสาร AVG โดยวิธีแช่สาร AVG ตลอดในหลอดทดลอง ความเข้มข้น AVG 1000 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการสร้างเอทิลีนน้อยที่สุด ส่วนวิธีหยดสาร AVG บนเปลือกทุเรียน ความเข้มข้น AVG 4000 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการสร้างเอทิลีนน้อยที่สุด และเปลือกทุเรียนที่ไม่ได้รับสาร AVG มีอัตราการสร้างเอทิลีนมากตลอดตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1-72 ดังแสดงในรูปที่ 18 และรูปที่ 19.

3.7 ผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) และ cycloheximide ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกและเนื้อทุเรียน

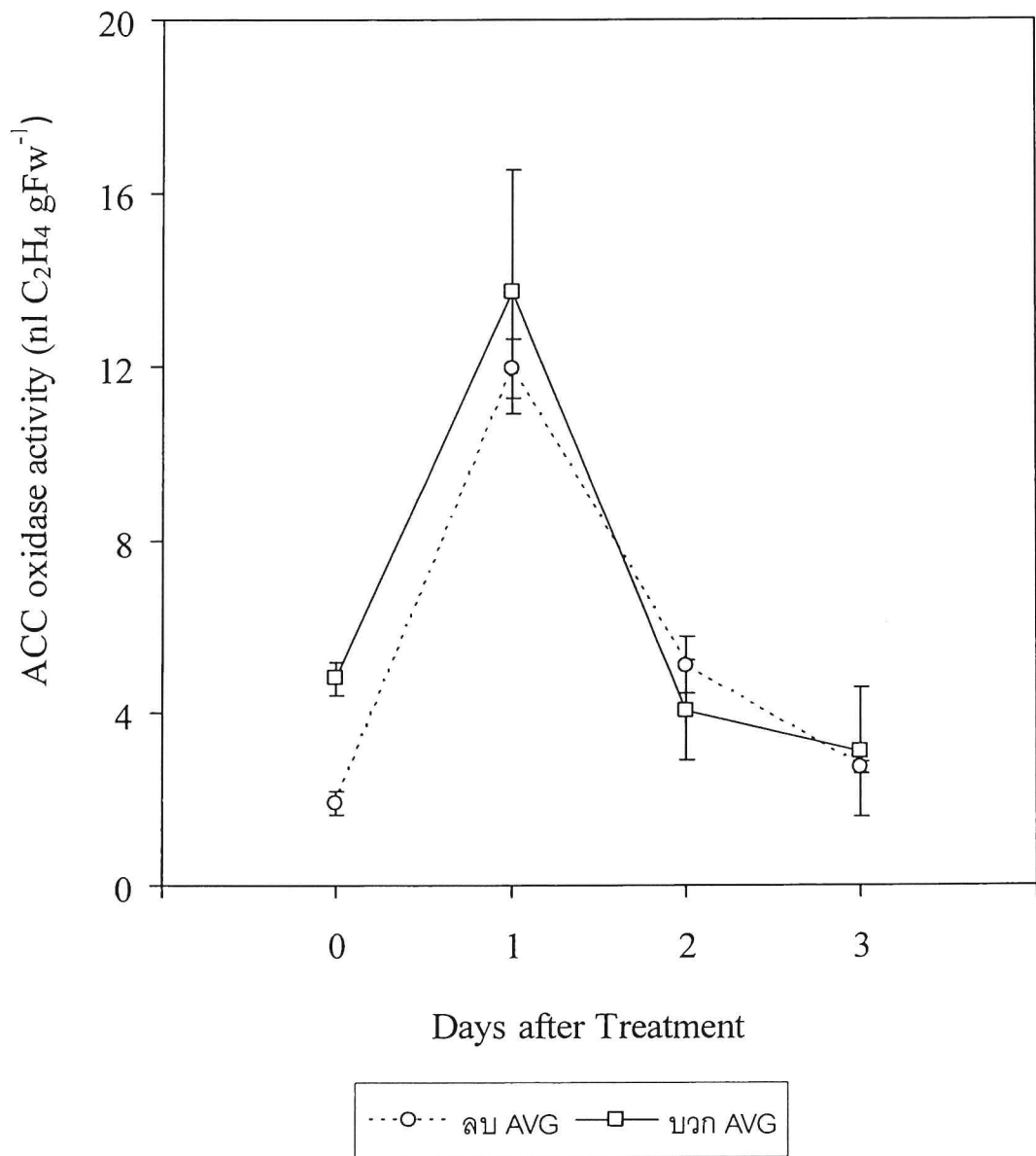
เมื่อนำเนื้อเยื่อเปลือกและเนื้อทุเรียนแช่ในสารละลายต่างๆ 5 นาที ได้แก่ 1) control (buffer MES, pH 6.1) 2) AVG 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร 3) cycloheximide 0.1 มิลลิโมล และ 4) AVG 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร + cycloheximide 0.1 มิลลิโมล และวัดอัตราการสร้างเอทิลีนที่เวลา 1, 4, 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของหลอดทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 20 และรูปที่ 21 พบว่า :

- การสร้างเอทิลีนในเปลือกทุเรียนมีมากกว่าในเนื้อหลายเท่าตลอดการทดลอง.
- การสร้างเอทิลีนในเนื้อทุเรียนมีน้อย ขณะที่เปลือกมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา.
- ทั้ง AVG และ cycloheximide สามารถลดการสร้างเอทิลีนในเปลือกได้อย่างชัดเจน AVG สามารถลดการสร้างเอทิลีนได้มากกว่า cycloheximide ขณะที่ AVG + cycloheximide สามารถยับยั้งการสร้างเอทิลีนได้ใกล้เคียงกับการใช้ AVG หรือ cycloheximide เพียงอย่างเดียว.
- AVG ยับยั้งกิจกรรมการสังเคราะห์เอนไซม์ ACC Synthase (ACS) ทำให้เปลือกทุเรียนไม่สามารถสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้นได้.
- cycloheximide ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนที่เกิดขึ้นใหม่ๆ ในเปลือกทุเรียน รวมทั้ง ACS และ ACO ด้วย จึงทำให้เปลือกทุเรียนที่ได้รับ cycloheximide ไม่สามารถสร้างเอทิลีนได้.
- เนื่องจากการใช้สาร AVG และ cycloheximide เพียงอย่างเดียวต่างก็สามารถยับยั้งการสร้างเอทิลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การใช้ AVG และ cycloheximide ร่วมกันจึงไม่สามารถยับยั้งการสร้างเอทิลีนได้มากกว่าการใช้สารเหล่านี้เพียงอย่างหนึ่งอย่างใด.
- เนื่องจากเนื้อทุเรียนมีการสร้างเอทิลีนน้อยมาก ดังนั้น การใช้สาร AVG และ cycloheximide ไม่ว่าจะใช้สารเดี่ยวๆ หรือใช้ร่วมกัน ก็ไม่มีผลต่อการลดการสร้างเอทิลีน.

เนื้อกล้วยหอมดิบ

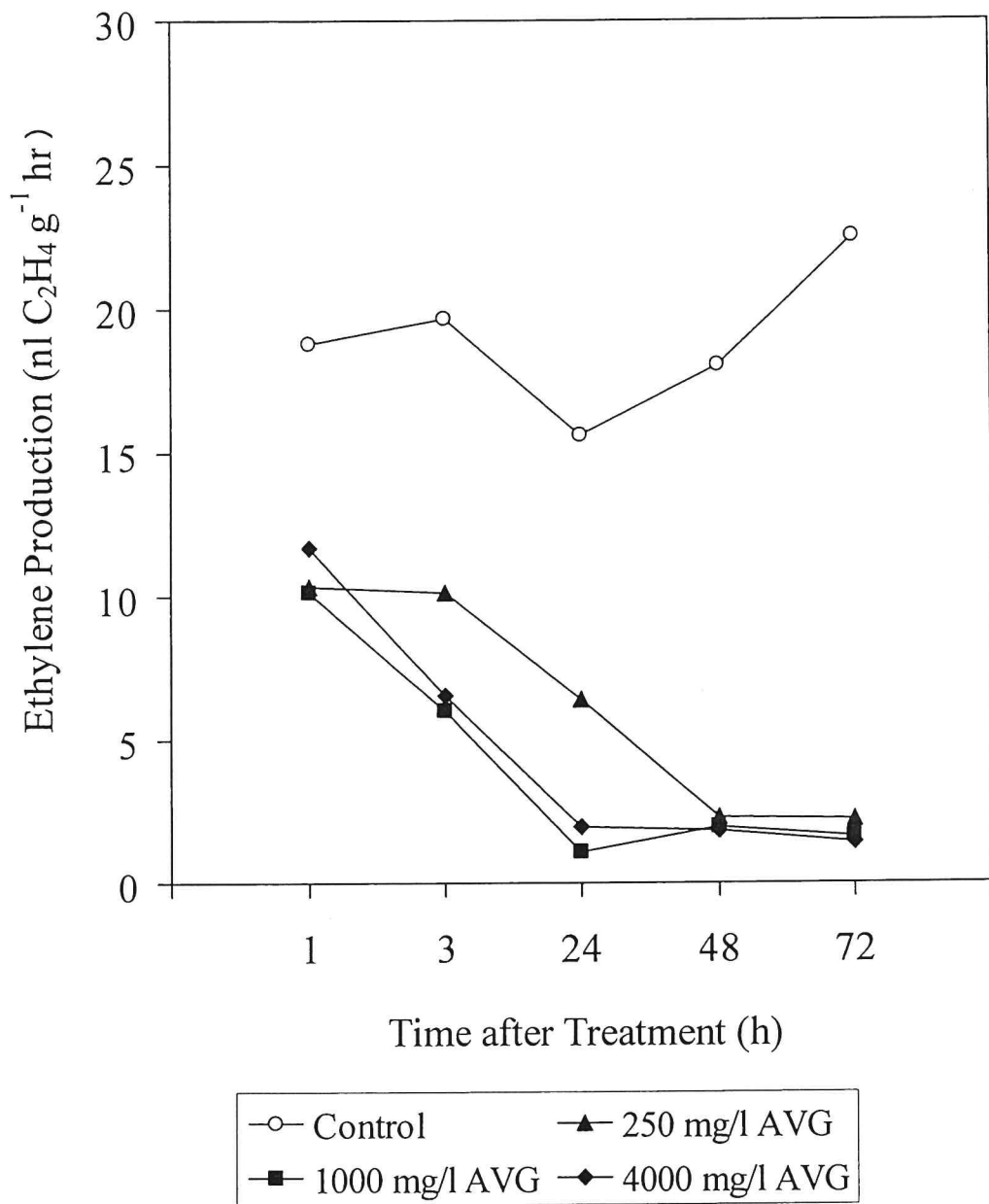


รูปที่ 16. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อกล้วยหอมดิบ.



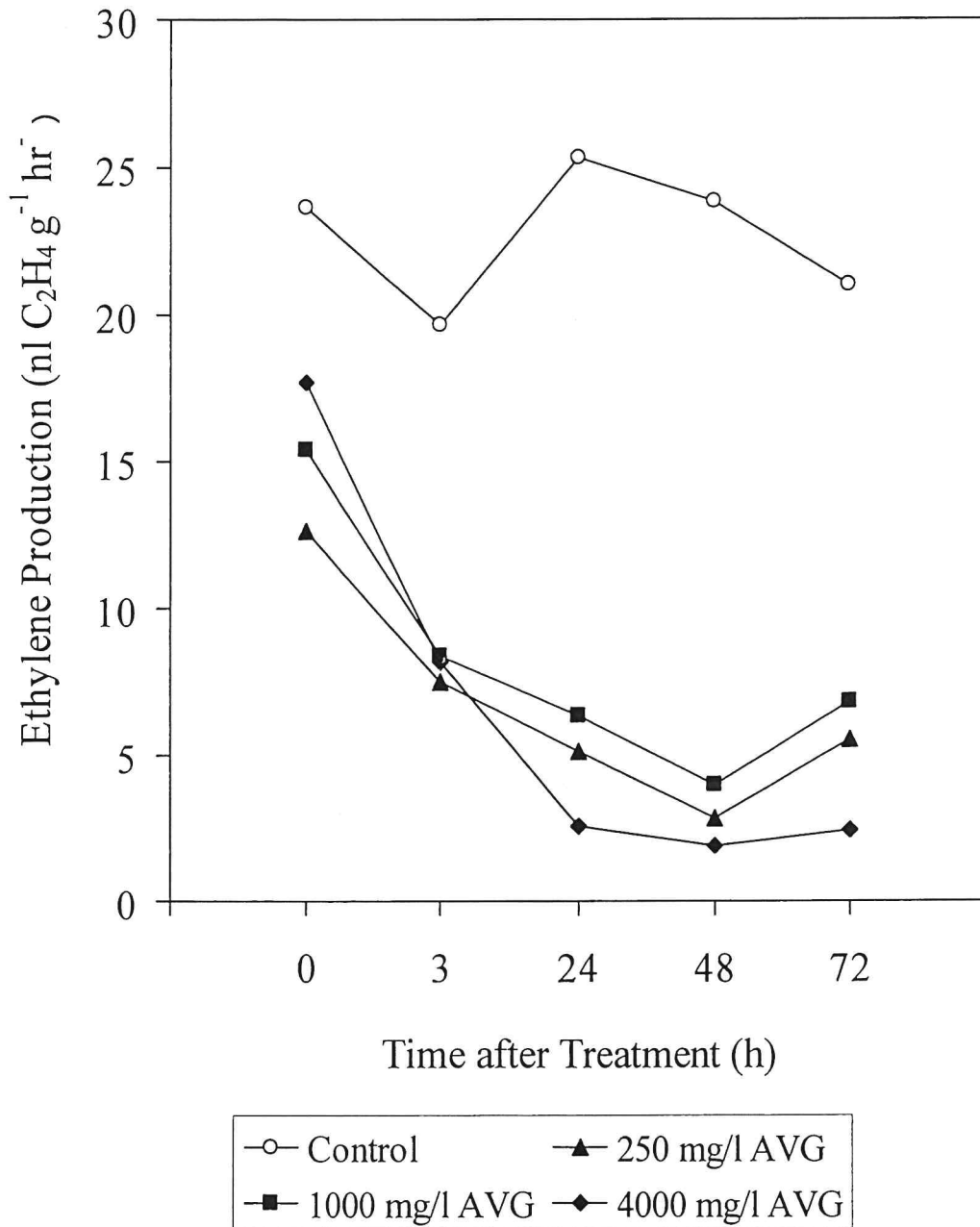
รูปที่ 17. กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase (ACO) ในเนื้อกล้วยหอมดิบ.

เปลือกทุเรียน (stage เริ่มสุก, เนื้อไม่เละ) แช่ Retain ตลอด 0.5 มิลลิลิตร

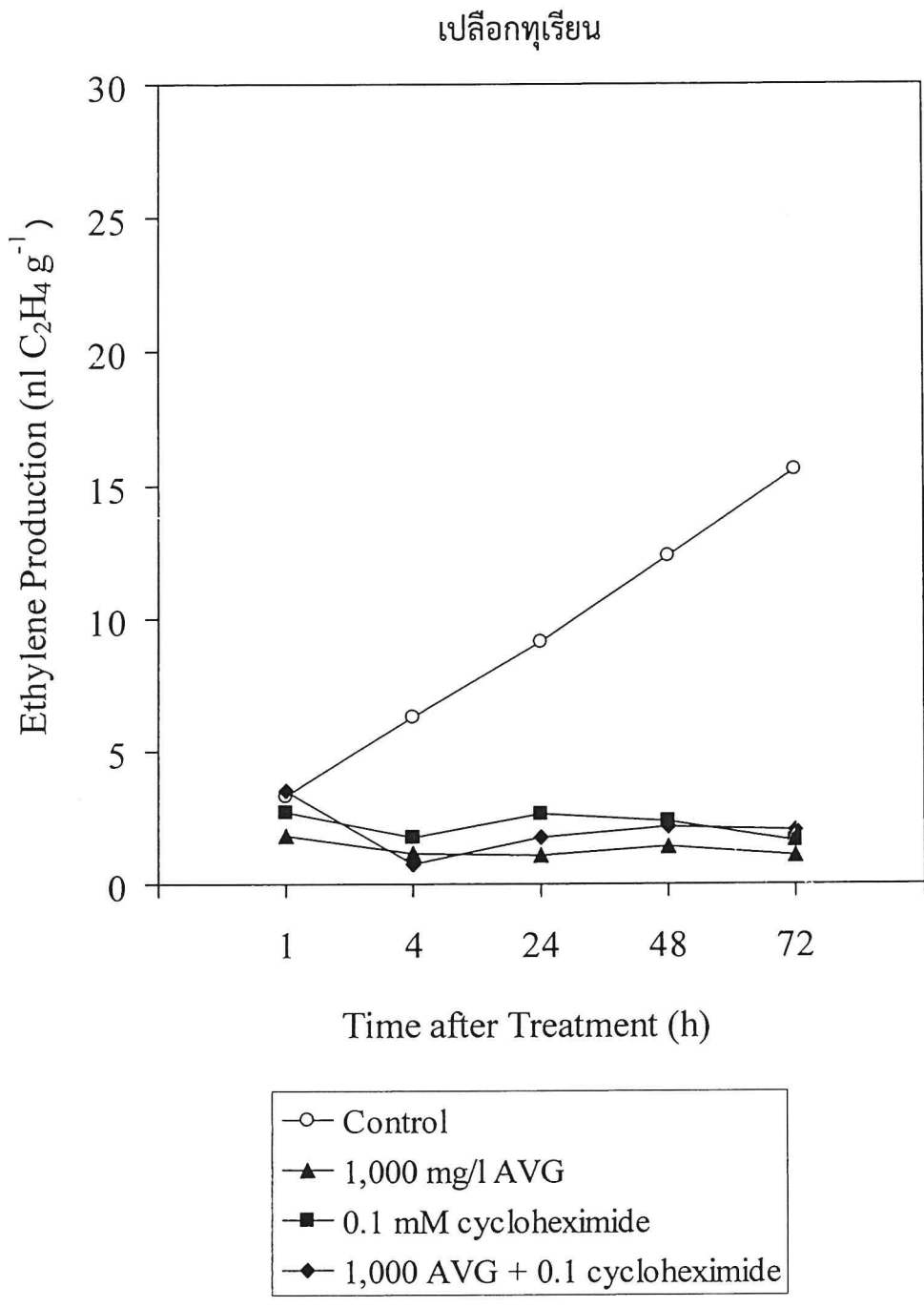


รูปที่ 18. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อเยื่อเปลือกทุเรียนเมื่อแช่ในสารละลาย AVG 0.5 มิลลิลิตร.

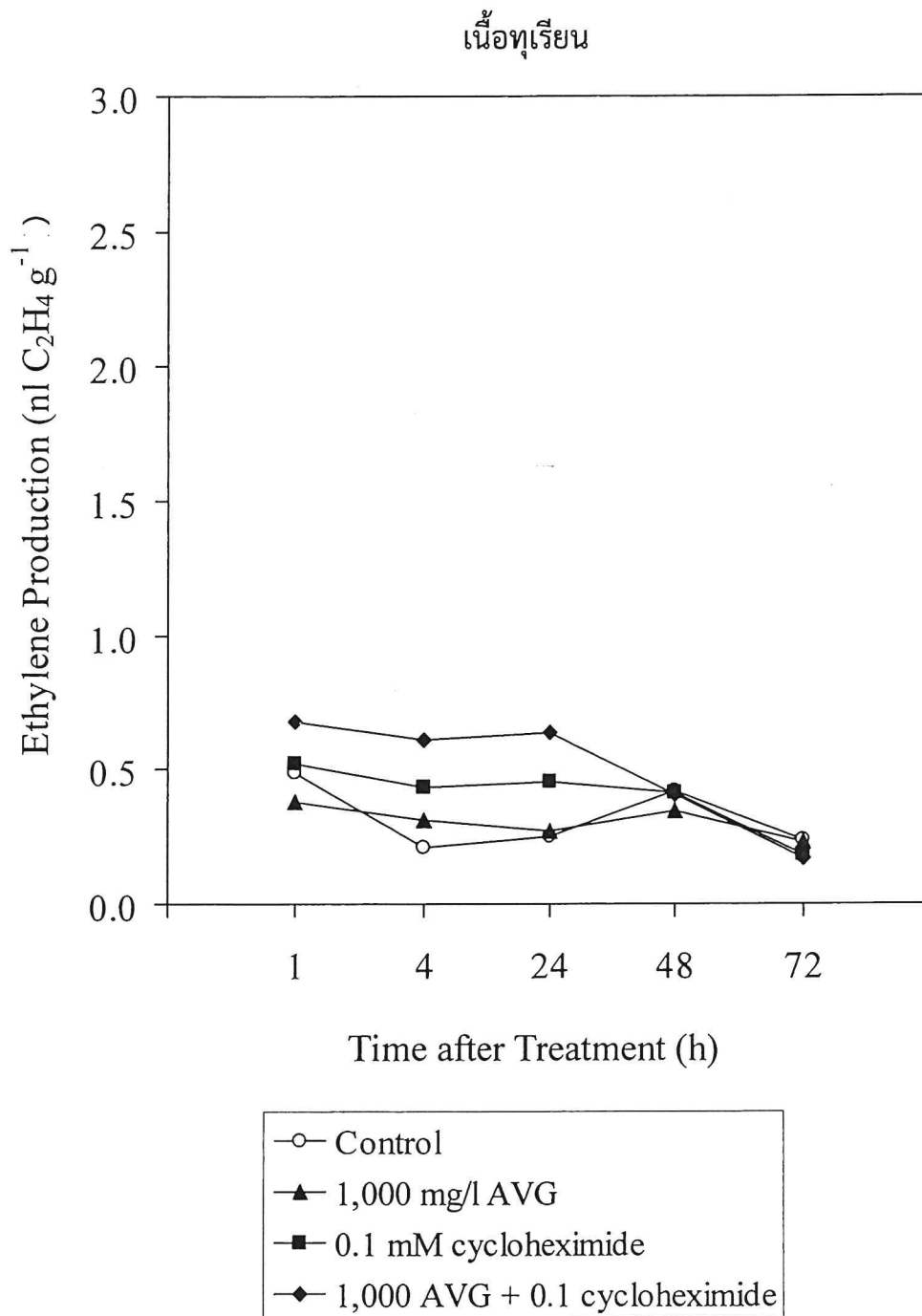
เปลือกทุเรียน (stage เริ่มสุก, เนื้อไม่เละ) แช่ Retain ตลอด 0.2 มิลลิลิตร



รูปที่ 19. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อเยื่อเปลือกทุเรียนเมื่อหยดสารละลาย AVG 0.2 มิลลิลิตร.



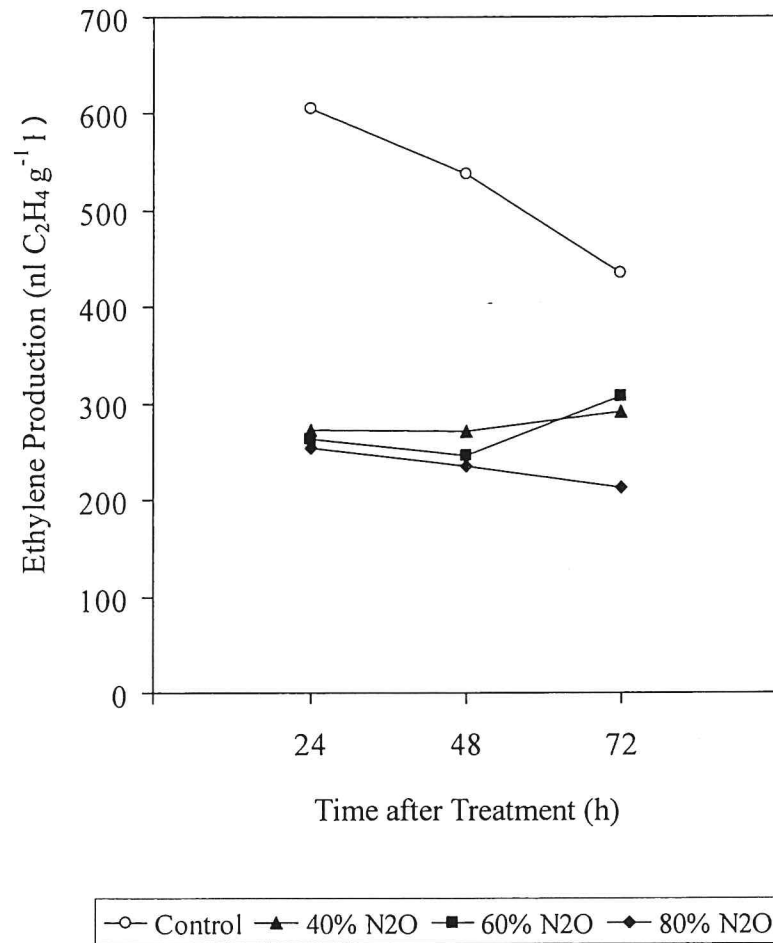
รูปที่ 20. อัตราการผลิตเอทิลีนในเปลือกทุเรียนเมื่อแช่ในสารละลาย AVG หรือ Cycloheximide.



รูปที่ 21. อัตราการผลิตเอทิลีนในเนื้อทุเรียนเมื่อแช่ในสารละลาย AVG หรือ Cycloheximide.

3.8 ผลของแก๊ส nitrous oxide ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกทุเรียน

เมื่อทดสอบผลของแก๊ส nitrous oxide ที่มีต่อการสร้างเอทิลีนของเปลือกทุเรียน โดยใช้แก๊ส nitrous oxide ความเข้มข้น 0, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ และวัดอัตราการสร้างเอทิลีนที่เวลา 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยดูดแก๊ส 1 มิลลิลิตร จากส่วนบนของหลอดทดลอง พบว่า เปลือกทุเรียนที่ได้รับแก๊ส nitrous oxide ทุกความเข้มข้น คือ 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดอัตราการสร้างเอทิลีนได้เมื่อเทียบกับเปลือกทุเรียนที่ไม่ได้รับแก๊ส nitrous oxide โดยความเข้มข้นแก๊ส nitrous oxide 80 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสร้างเอทิลีนน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 22.



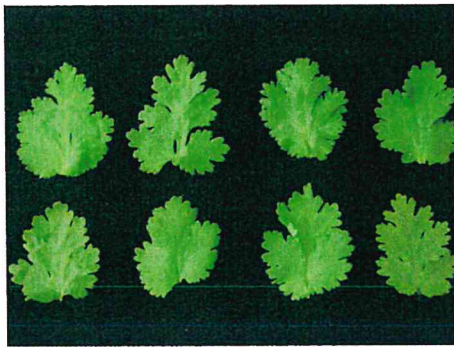
รูปที่ 22. อัตราการผลิตเอทิลีนในเปลือกทุเรียนที่ได้รับแก๊ส nitrous oxide ที่ความเข้มข้น 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์.

3.9 ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการเก็บรักษาผัก

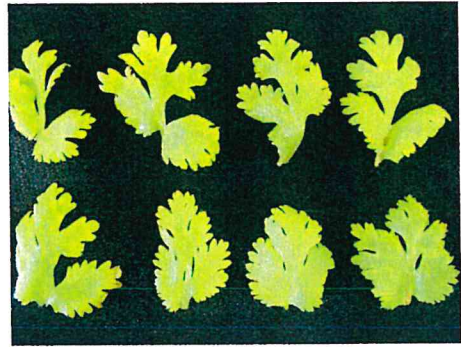
3.9.1 ผลการวัดสีใบผักซีชีเขียวและสีเหลือง

ตารางที่ 10. ค่าการวัดสีใบผักซีชีเขียวและสีเหลือง

ใบผักซีชีเขียว			ใบผักซีชีเหลือง		
ค่า L	ค่า a	ค่า b	ค่า L	ค่า a	ค่า b
49.83	-18.83	+29.27	63.56	-13.87	+44.76
46.89	-19.72	+27.56	60.29	-16.50	+42.47
49.13	-18.57	+26.32	60.32	-16.07	+42.24
50.21	-20.02	+29.01	58.70	-14.95	+39.95
46.01	-19.37	+25.58	61.00	-13.17	+38.07
48.55	-19.63	+27.61	58.35	-15.83	+38.68
51.51	-22.44	+33.38	60.66	-12.40	+38.57
50.37	-23.01	+32.12	64.33	-13.83	+42.05
49.10	-21.65	+31.53	61.41	-15.29	+46.69
47.80	-19.01	+26.73	61.33	-14.69	+42.88
46.86	-21.68	+28.80	60.66	-13.36	+37.25
48.57	-18.15	+25.54	62.59	-15.86	+47.55
46.89	-21.69	+30.24	61.13	-16.14	+41.74
54.31	-23.30	+36.32	59.35	-15.23	+41.15
47.96	-19.16	+26.62	62.08	-16.42	+43.06
48.57	-23.05	+30.86	62.41	-16.42	+45.81
45.43	-19.37	+26.59	61.03	-16.76	+41.85
47.35	-18.71	+24.89	60.90	-13.08	+41.08
48.22	-20.41	+29.62	64.28	-13.66	+43.14
48.05	-17.50	+24.55	62.32	-17.28	+48.01
ค่าเฉลี่ย L = 50.98, a = -20.26 และ b = +28.66			ค่าเฉลี่ย L = 61.34, a = -15.04 และ b = +42.35		



(ก)



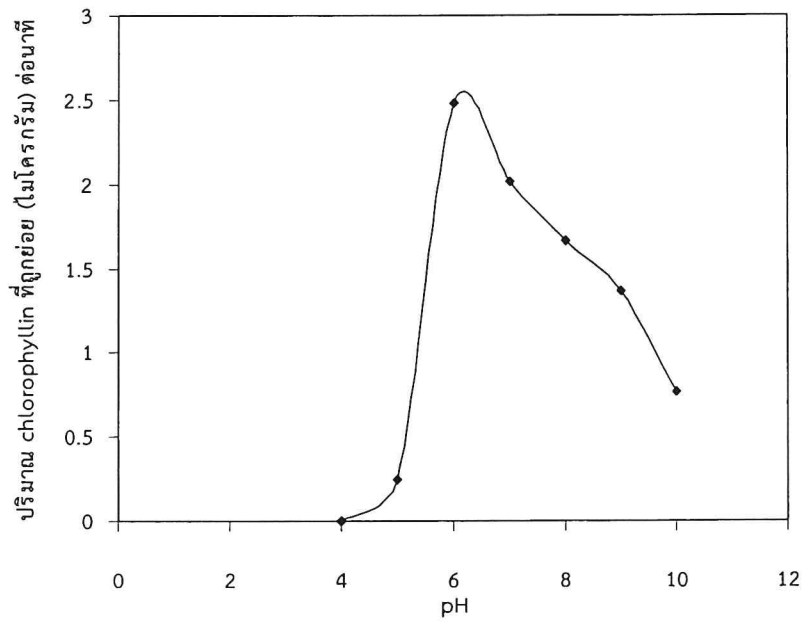
(ข)



(ค)

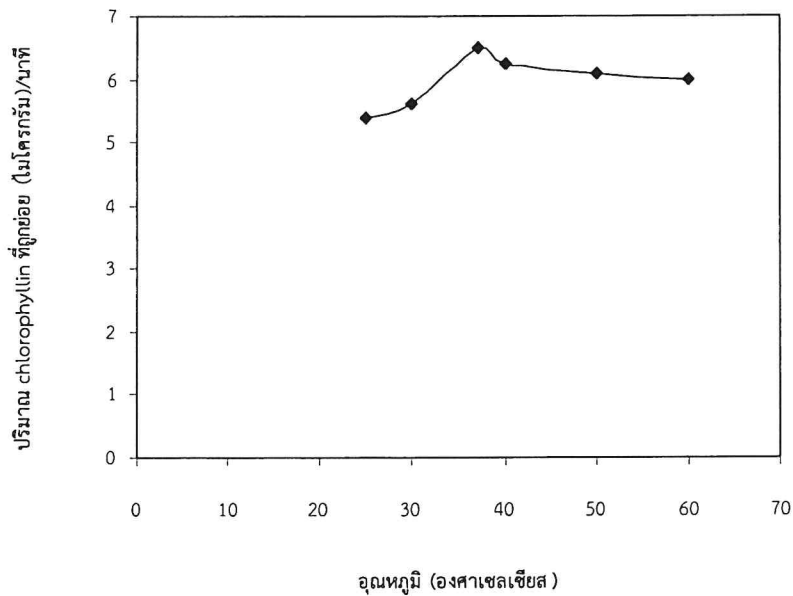
รูปที่ 23. ใบผักชีสีเขียวเต็มพื้นที่ใบ (ก) ใบผักชีสีเหลืองเต็มพื้นที่ใบ (ข) acetone-dried powder เตรียมจากใบผักชีเขียวและใบผักชีเหลือง (ค).

3.9.2 ผลการทดลองหา pH ที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatae



รูปที่ 24. กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatae ที่ pH ต่างๆ.

3.9.3 ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatae

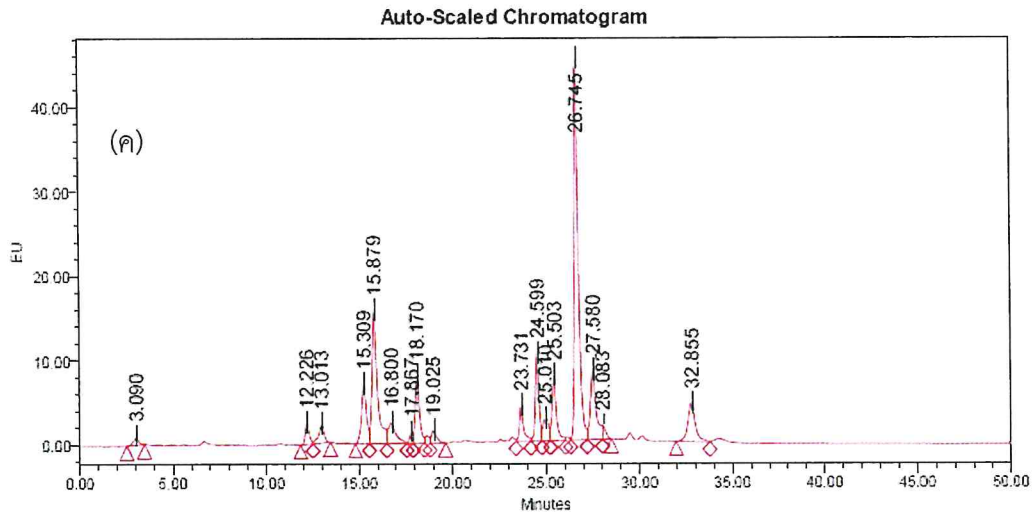
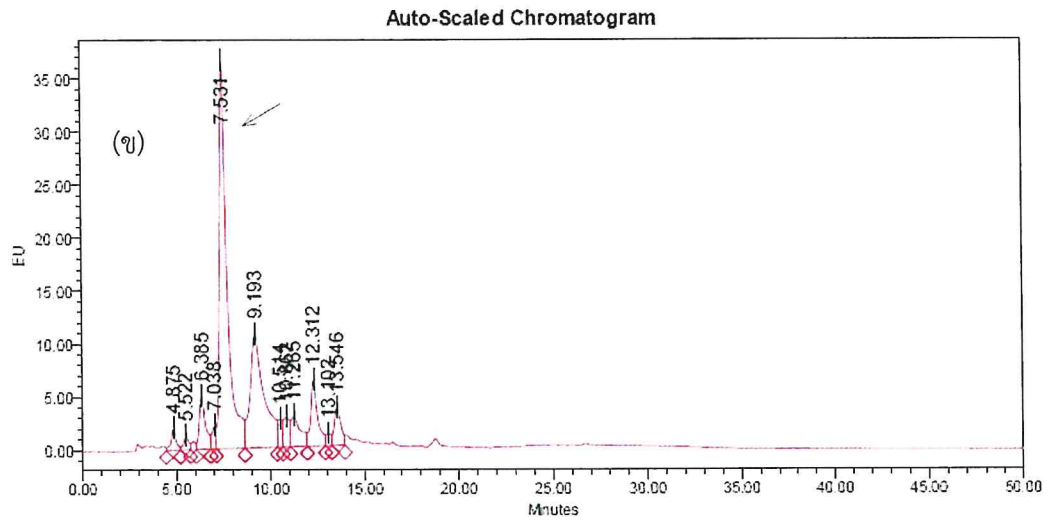
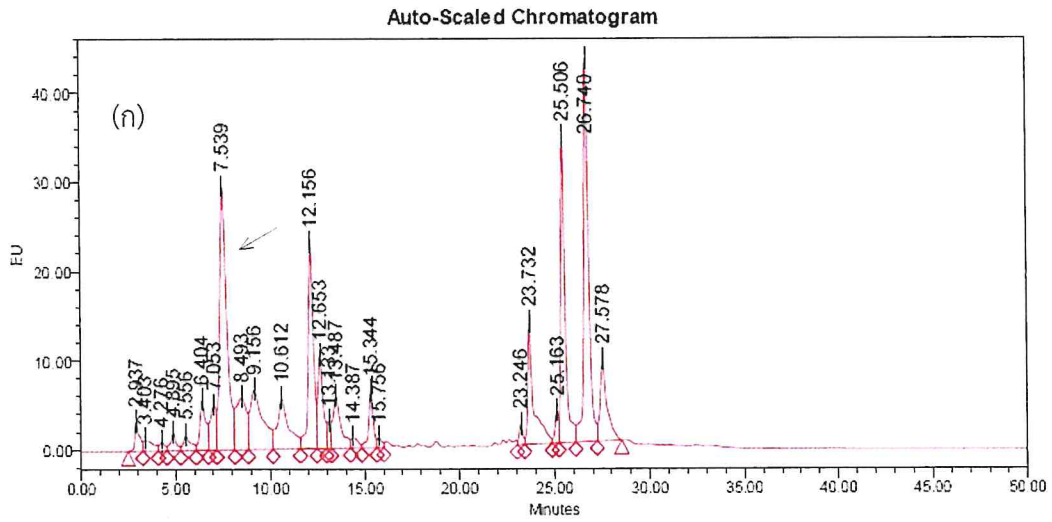


รูปที่ 25. กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatae ที่อุณหภูมิต่างๆ.

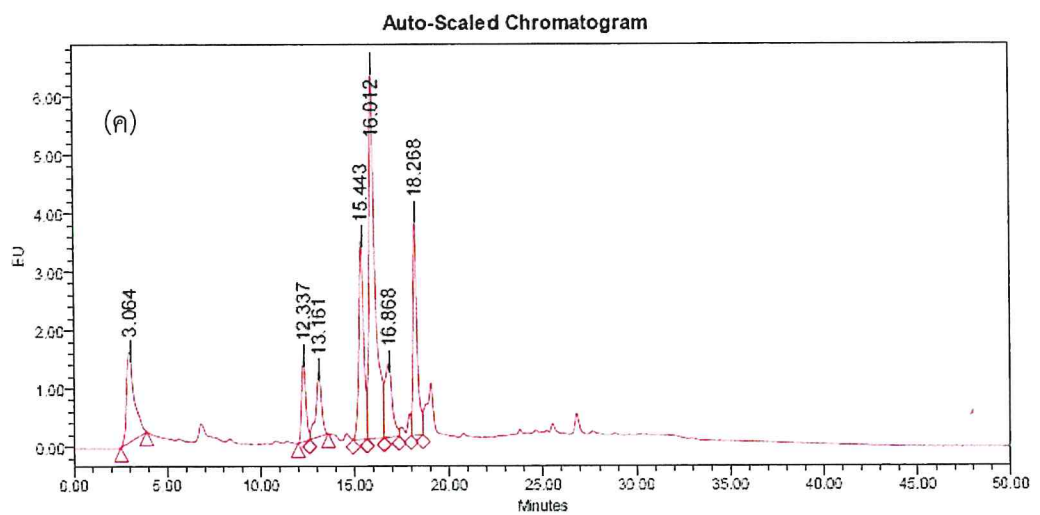
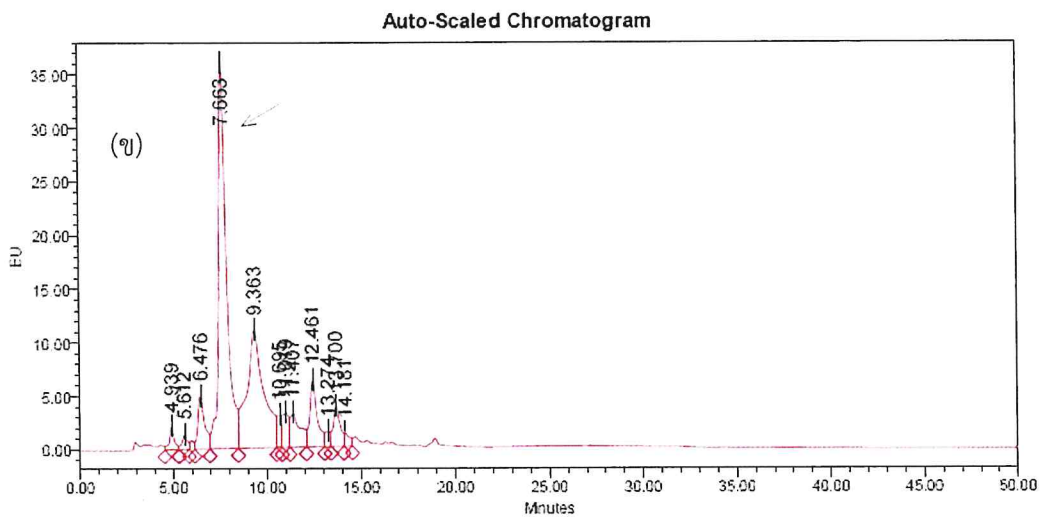
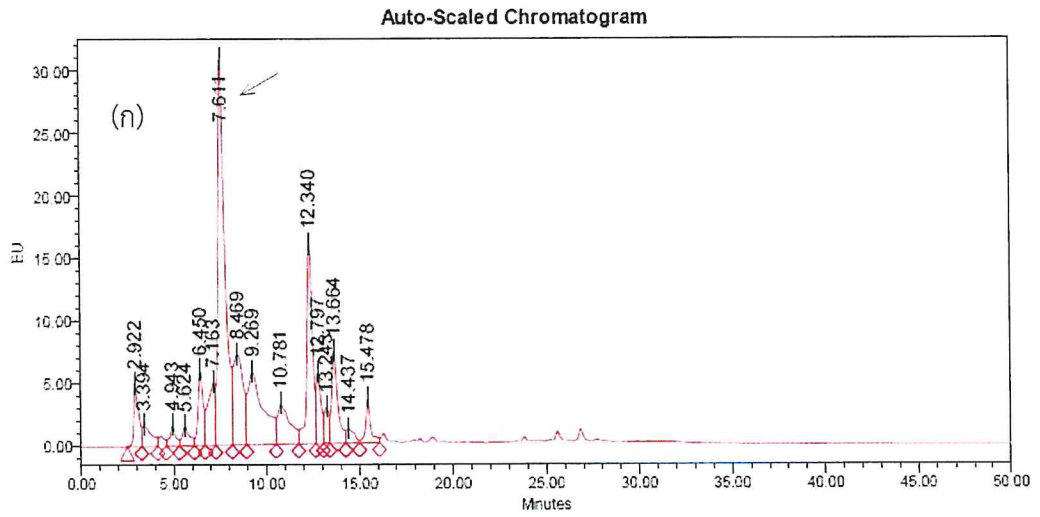
3.9.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเขียว และสีเหลือง ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ pH 6

ตารางที่ 11. กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเขียวและสีเหลือง อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ pH 6

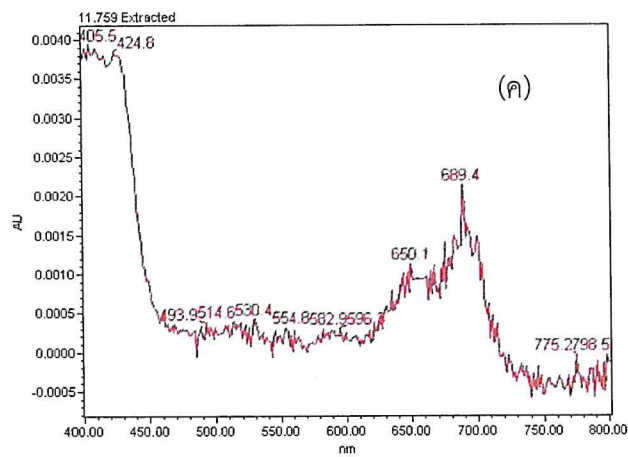
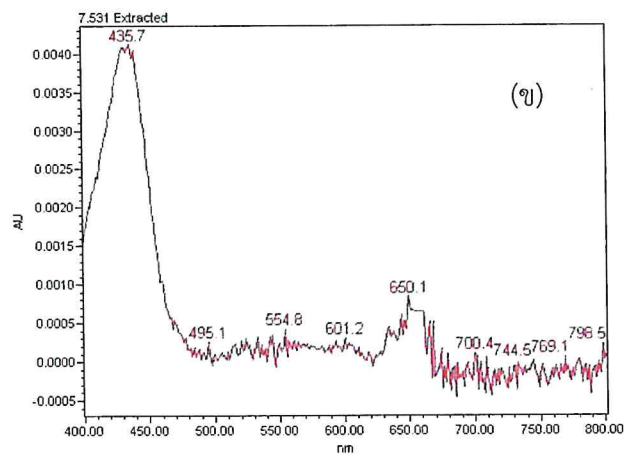
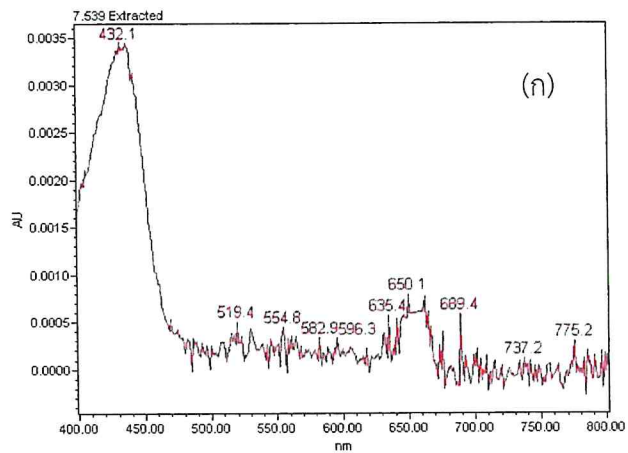
ตัวอย่าง	น้ำหนักสด (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	โปรตีน (มิลลิกรัม/ มิลลิลิตร)	โปรตีนทั้งหมด (มิลลิกรัม)	กิจกรรม เอนไซม์ (ยูนิต)	กิจกรรมจำเพาะ เอนไซม์ (ยูนิต/ มิลลิกรัมโปรตีน)
ใบผักชีสีเขียว	1.60	16.50	1.06	17.49	882.92	50.48
ใบผักชีสีเหลือง	1.60	15.00	1.50	22.50	630.00	28.00



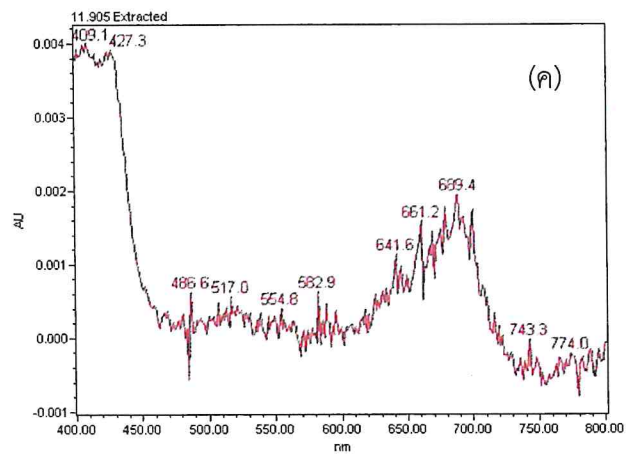
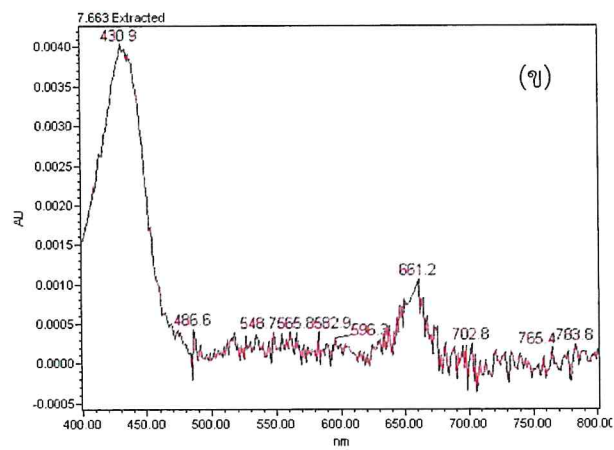
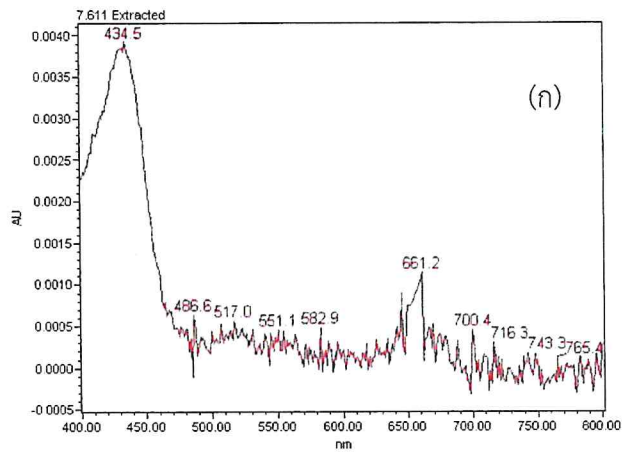
รูปที่ 26. โครมาโทแกรมของ sample (น) substrate blank (ข) และ enzyme blank (ค) จากกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเขียว ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบฟลูออเรสเซนซ์.



รูปที่ 27. โครมาโทแกรมของ sample (ก) substrate blank (ข) และ enzyme blank (ค) จากกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze จากใบผักชีสีเหลือง ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบฟลูออเรสเซนซ์.



รูปที่ 28. สเปกตรัมของ (ก, ข) chlorophyllin และ (ค) ผลผลิต (product) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาหลังจากเติมเอนไซม์อย่างหยาบที่สกัดจากใบผักชีสีเขียว ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบโฟโตไดโอดอาร์เรย์.



รูปที่ 29. สเปกตรัมของ (ก, ข) chlorophyllin และ (ค) ผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาหลังจากเติมเอนไซม์อย่างหยาบที่สกัดจากใบผักชีเหลือง ตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบโฟโตไดโอดอาร์เรย์.

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการใช้สารยับยั้งเอทิลีนชนิดต่างๆ และการวิจัยการใช้รังสีแกมมาในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว สามารถสรุปได้ ดังนี้ :

1. จากการศึกษาผลของสาร aminoethoxyvinylglycine (AVG), cycloheximide และ nitrous oxide ต่อการสร้างเอทิลีนในระดับเนื้อเยื่อในผลไม้พบว่า สาร AVG หรือชื่อทางการค้า ReTain มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดอัตราการสร้างเอทิลีนในเปลือกทุเรียนพันธุ์หอมทอง แต่ไม่มีผลต่อเนื้อเยื่อผลกล้วยหอมทอง.

2. การจุ่มผลน้อยหน้าพันธุ์หนึ่งในสารยับยั้งเอทิลีน AVG ความเข้มข้น 4, 000 ppm นาน 5 นาที ทำให้อัตราสร้างเอทิลีนลดลง ชะลอการเกิด climacteric peak และมีอัตราการหายใจลดลง โดยไม่ก่อให้เกิดการสุกที่ผิดปกติ.

3. การรมผลมังกุดด้วยสารยับยั้งเอทิลีน 1-methylcyclopropene (1-MCP) ที่ความเข้มข้น 500 ppb เป็นเวลา 18 ชั่วโมง สามารถชะลอการเปลี่ยนสีจากระยะสายเลือดเป็นสีดำได้นานที่สุด โดยผลมังกุดมีอายุการเก็บรักษานาน 17 วัน แต่ข้อเสีย คือ ทำให้การปอกเปลือกค่อนข้างยาก.

4. การฉายรังสีผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ด้วยรังสีแกมมา 1.0 กิโลเกรย์ มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสและโรคช้ำผลเน่าในผลมะม่วงได้ และไม่พบการสุกที่ผิดปกติ.

5. ผลการศึกษาเบื้องต้นทางด้านตลาดและผลกระทบของโครงการ

ควรมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งออกผักและผลไม้สดได้จริงในระดับอุตสาหกรรม และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการส่งออกผักและผลไม้ได้ในอนาคต.

ผลกระทบของโครงการด้านเศรษฐกิจ : ถ้าสามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญสำหรับการส่งออก รวมถึงสำหรับการบริโภคภายในประเทศ จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตรและสามารถขยายตลาดส่งออกไปยังประเทศต่างๆ ได้มากขึ้น.

ผลกระทบของโครงการด้านสังคม : ถ้าสามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมและขยายตลาดการส่งออกได้มากขึ้น จะสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้ดีขึ้น โดยจะมีรายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถผลิตผลผลิตเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศได้มากขึ้น.

6. ข้อเสนอแนะ

การใช้สารยับยั้งเอทิลีนเป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ ในการเก็บรักษาผลไม้เขตร้อน โดยเฉพาะผลไม้ประเภท climacteric ที่มีอัตราการสร้างเอทิลีนสูง อย่างไรก็ตาม การใช้สารยับยั้งเอทิลีนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง.

กรณีของ AVG หรือ ReTain ซึ่งมีผลในการยับยั้งปฏิกิริยาการสร้างสารตั้งต้นของการสร้างเอทิลีนนั้น น่าจะมีการศึกษาศักยภาพในการควบคุมการสร้างเอทิลีนก่อนการเก็บเกี่ยว โดยการศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่น เวลาที่เหมาะสมในการพ่นสาร ความเข้มข้นสารที่ใช้ และระยะเวลาสุกแก่ที่เหมาะสม เป็นต้น เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำทรีตเมนต์ก่อนการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ประเภท climacteric เพื่อยับยั้งการสร้างเอทิลีนในกระบวนการแก่ เพื่อให้ผลไม้อยู่บนต้นได้นานขึ้น ลดการหลุดร่วงจากการแก่ของผล ทำให้เกษตรกรสามารถควบคุมวันเก็บเกี่ยวได้ตามความต้องการของเกษตรกรหรือความต้องการตลาด นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยทำให้อายุการเก็บรักษาของผลไม้นานขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้น.

สำหรับ 1-MCP ซึ่งปกติใช้ในรูปแก๊ส แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาสารนี้ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ชนิดที่เป็นของเหลว ซึ่งทำให้มีความสะดวกในการใช้มากขึ้นและไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม ดังนั้น การวิจัยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้สาร 1-MCP ชนิดน้ำ จึงเป็นอีกเทคโนโลยีที่น่าจะมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตผลสดเพื่อการส่งออก.

7. เอกสารอ้างอิง

- ทองดี, ชิงชิง. และคณะ. 2541. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและระบบประกันคุณภาพลำไยสดเพื่อการส่งออก. โครงการวิจัยที่ อ.-น. 38-01 กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- Ahmed, E.M., R.A., Dennison. and R.C., Fluck. 2007. Textural properties of stored and irradiated peaches : I. Firmness. *J. Texture Studies*. **3**, pp. 310-318.
- Allende, A., A., Marín., B., Buendia., F., Tomás-Barberán. and M. I., Gil. 2007. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. *Postharvest Biol. Tech.* In Press.
- Altaf Qadir, A. and F., Hashinaga. 2001. Inhibition of postharvest decay of fruits by Nitrous oxide. *Postharvest Biol.Tech.*, **22**(3), pp. 279-283.
- Benkeblia, N. and P., Varoquaux. 2003. Effect of nitrous oxide (N₂O) on respiration rate, soluble sugars and quality attributes of onion bulbs *Allium cepa* cv. Rouge Amposta during storage. *Postharvest Biol.Tech.*, **30**(2), pp. 161-168.
- Bregoli, A. M., V. Ziosi, S. Biondi, B. Claudio, G. Costa and P. Torrigiani . 2006. A comparison between intact fruit and fruit explants to study the effect of polyamines and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on fruit ripening in peach and nectarine (*Prunus persica* L. Batch) *Postharvest Biol.Tech.*, **42**(1), pp. 31-40.
- Chervin, C., C. Triantaphylides, M.F. Libert, R. Siadous and P. Boisseau. 1992. Reduction of wound-induced respiration and ethylene production in carrot root tissues by gamma irradiation. *Postharvest Biol. Technol.*, **2**, pp. 7-17.
- Chope, G. A., L. A. Terry and P. J. White. 2007. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. *Postharvest Biol. Tech.*, **44**, pp. 131-140.
- Cia, P., S.F. Pascholati, E.A. Benato, E.C. Camili and C.A. Santos. 2007. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. *Postharvest Biol. Technol.*, **43**, pp. 366-373.

- Conesa, A., B. E. Verlinden, F. Artés-Hernández, B. Nicolai and F. Artés. 2007. Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertatmospheric and low oxygen with or without high carbon dioxide. *Postharvest Biol. Tech.*, **45**, pp. 81-88.
- Fahn, A. 1990. Plant anatomy. Oxford : Pergamon Press. 588 p.
- Fan, X. and J.P. Mattheis. 2001. 1-Methylcyclopropene and storage temperature Influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. *Postharvest Biol. Technol.* **23**, pp. 143-151.
- Fan, X. and K. J. B. Sokorai. 2005. Assessment of radiation sensitivity of fresh-cut vegetables using electrolyte leakage measurement. *Postharvest Biol. Technol.*, **36**, pp. 191-197.
- Gouble, B., D. Fath and P. Soudain. 1995. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climacteric fruits *Postharvest Biol.Tech.*, **5**(4), pp. 311-321.
- Jaime, P. and M. E. Saltveit. 2002. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2 % oxygen. *Postharvest Biol. Tech.*, **26**(1), pp. 113-116.
- Kader, A.A. 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 2nd ed. Oakland : University of California, Division of Agricultural and Natural Resources. 296p.
- Kader, A. A. and S. Ben-Yehoshua. 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol.Tech.*, **20**, pp. 1-13.
- Lutz, J. M. and R. E. Hardenburg. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. Agricultural Handbook No. 66, USDA. U.S. Government Printing Office Washington, D.C. 94p.
- McGlasson, W.B., A.C. Rath and L. Legendre. 2005. Preharvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) modifies harvest maturity and cool storage life of 'Arctic Snow' nectarines. *Postharvest Biol. Tech.*, **36**(1), pp. 93-102.

- Manganaris, G. A., C. H. Crisosto, V. Bremer and D. Holcroft 2007. Novel 1-Methylcyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biol. Tech.* In Press.
- Maxie, E.C. and A.S. Abdel-Kader. 1966. Food irradiation-Physiology of fruits as related to feasibility of the technology. *Adv. Food Res.* **15**, pp. 105.
- Palomer, X., I. Roig-Villanova, D. Grima-Calvo and M. Vendrell. 2005. Effects of nitrous oxide (N₂O) treatment on the postharvest ripening of banana fruit. *Postharvest Biol. Tech.*, **36**(2), pp. 167-175.
- Rocculi, P., S. Romani and M. Dalla Rosa. 2005. Effect of MAP with argon and nitrous oxide on quality maintenance of minimally processed kiwifruit. *Postharvest Biol. Tech.*, **35**(3), pp. 319-328.
- Rocculi, P., S. Romani and M. Dalla Rosa. 2005. Effect of MAP with argon and nitrous oxide on quality maintenance of minimally processed kiwifruit. *Postharvest Biol. Tech.*, **35**(3), pp. 319-328.
- Saltveit, M. E. 2005. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) reduces ethylene and protein biosynthesis in excised discs of mature-green tomato pericarp tissue. *Postharvest Biol. Tech.*, **35**(2), pp. 183-190.
- Stevens, C., J. Liu, V. A. Khan, M. K. Kabwe, C. L. Wilson, E. C. K. Igwegbe, E. Chalutz, S. Droby. 2004. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity delay ripening and *Rhizopus* soft rot development of tomatoes. *Crop Protection* **23**, pp. 551-554.
- Stevens, C., V. A. Khan, M. K. Kabwe, C. L. Wilson, E. C. K. Igwebe, E. Chalutz, S. Droby. 2005a. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay. *Crop Protection* **24**, pp. 756-759.
- Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y, Wilson, C. L, Pusey, L., Chalutz, E., Droby, S., El Ghaouth, A., Igwegbe, E. C. K., Wisniewski, M., and Bassett, C. L. 2005b. Low dose UV-C light as a new approach to control decay and improved the quality of harvested fruits and vegetables with possible commercial applications. The

- Proceedings of the COST 924 Working Group Meeting on the Use of UV as a Postharvest Treatment, Status, and Prospects in Antalya, Turkey Akdeniz University November 9-11, 2005.
- Tongdee, S. 1993. Sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan and lychee for export. *In* : Postharvest Handling of Tropical Fruits. Proceedings of an International Conference held at Chiang Mai, Thailand ,19-23 July 1993. pp. 186-195.
- Wilson, C. L., El-Ghaouth, A., Upchurch, B., Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y., Droby, S. and Chalutz, E., 1997. An on line UV-C apparatus to treat harvested fruit for control of postharvest decay. *Hortechology*, 7, pp. 278-282.
- Will, R.H. *et al.* 1981. Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. New South Wales University Press, N.S.W. 161p.
- Wszelaki, A. L. and E. J. Mitcham. 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharvest Biol.Tech.*, 20, pp. 125-133.

8. ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1. อัตราการรั่วไหลของประจุของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Peel electrolyte leakage (เปอร์เซ็นต์) 1/						
	D0	D1	D3	D5	D7	D9	D11
0 กิโลเกรย์	8.8 c	8.9 c	10.3 b	10.2 b	16.7 b	20.2 b	21.6 b
0.4 กิโลเกรย์	12.9 b	10.8 bc	14.2 ab	13.8 a	21.4 a	21.7 ab	22.4 b
1.0 กิโลเกรย์	18.1 a	14.6 a	16.3 a	13.9 a	23.3 a	23.4 a	28.6 a
1.5 กิโลเกรย์	12.3 b	12.7 ab	13.9 ab	13.8 a	23.1 a	21.9 ab	29.9 a
F-test	**	**	*	*	**	*	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 2. อัตราการรั่วไหลของประจุของเนื้อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Pulp electrolyte leakage (เปอร์เซ็นต์) 1/						
	D0	D1	D3	D5	D7	D9	D11
0 กิโลเกรย์	43.5	31.7 b	34.6 b	31.2 b	41.4	33.3 b	23.9 b
0.4 กิโลเกรย์	48.2	34.6 b	44.5 a	38.7 a	51.4	34.6 b	25.6 b
1.0 กิโลเกรย์	51.7	41.6 a	41.9 ab	20.0 c	44.3	33.4 b	30.3 a
1.5 กิโลเกรย์	34.9	40.1 a	40.8 ab	22.4 c	46.1	39.0 a	32.4 a
F-test	ns	**	*	**	ns	**	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 * หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 3. อัตราการสร้างเอทิลีนของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Ethylene production (nlC ₂ H ₄ /kg/hr) 1/					
	D1	D3	D5	D7	D9	D11
0 กิโลเกรย์	31.2	41.1	441.5 a	546.2 a	487.0 a	947.6 a
0.4 กิโลเกรย์	87.4	49.5	130.3 b	278.3 b	241.8 b	449.3 b
1.0 กิโลเกรย์	102.2	63.5	146.4 b	138.5 b	168.4 b	216.5 b
1.5 กิโลเกรย์	89.2	50.5	181.8 b	202.7 b	263.5 b	284.0 b
F-test	ns	ns	**	**	**	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 4. อัตราการหายใจของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Respiration rate (mg CO ₂ /kg/hr) 1/					
	D1	D3	D5	D7	D9	D11
0 กิโลเกรย์	32.4 d	101.6	177.3	143.3	133.0 b	129.8 c
0.4 กิโลเกรย์	54.9 c	107.5	165.4	146.9	147.6 b	140.0 bc
1.0 กิโลเกรย์	74.9 b	116.5	163.1	144.5	152.9 b	152.7 b
1.5 กิโลเกรย์	88.6 a	115.1	146.2	158.5	182.4 a	174.5 a
F-test	**	ns	ns	ns	**	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 5. ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับรังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Pulp firmness (N/มิลลิโมล ²) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	2.3 a	2.3	1.4 a	0.1	0.08
0.4 กิโลเกรย์	2.2 a	2.1	0.8 b	0.1	0.06
1.0 กิโลเกรย์	1.9 b	2.1	0.3 c	0.1	0.07
1.5 กิโลเกรย์	1.7 b	1.8	0.3 c	0.1	0.07
F-test	**	ns	**	ns	ns

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 6. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (L value) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับ รังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Peel Colour (L value) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	78.1	76.9	78.3 a	75.1	70.4 a
0.4 กิโลเกรย์	78.0	78.1	77.5 a	74.4	69.1 ab
1.0 กิโลเกรย์	77.9	78.5	77.4 a	73.4	67.0 b
1.5 กิโลเกรย์	78.6	78.2	76.0 b	74.3	67.5 b
F-test	ns	ns	**	ns	*

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 * หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 7. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (a value) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับ รังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

พรีดเมนต์	Peel Colour (a value) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	-4.9	-3.6 b	-2.9 c	2.8 a	5.6 a
0.4 กิโลเกรย์	-6.1	-3.1 b	-1.3 b	2.9 a	4.8 ab
1.0 กิโลเกรย์	-5.8	-1.5 a	-0.1 ab	2.4 ab	4.4 bc
1.5 กิโลเกรย์	-4.6	-2.4 ab	0.5 a	1.4 b	3.8 c
F-test	ns	*	**	*	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 * หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 8. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (b value) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับ รังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

พรีดเมนต์	Peel Colour (b value) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	28.6	27.9 b	30.2 b	42.4 a	43.9 a
0.4 กิโลเกรย์	30.5	31.8 a	33.3 a	40.3 ab	40.3 b
1.0 กิโลเกรย์	29.7	31.4 a	35.3 a	40.1 ab	37.6 c
1.5 กิโลเกรย์	29.5	31.8 a	34.6 a	38.4 b	36.7 c
F-test	ns	**	**	**	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 9. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L value) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับ รังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

ทรีตเมนต์	Pulp Colour (L value) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	84.6	82.5	75.0 ab	67.1 b	63.5 b
0.4 กิโลเกรย์	85.1	81.4	72.5 b	70.2 a	63.8 b
1.0 กิโลเกรย์	84.8	82.2	75.3 ab	70.3 a	69.0 a
1.5 กิโลเกรย์	84.0	82.6	77.1 a	68.8 ab	68.9 a
F-test	ns	ns	*	*	**

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 10. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (a value) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับ รังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

พรีตเมนต์	Pulp Colour (a value) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	-4.0	-4.6 a	-4.6 b	0.9 a	4.4
0.4 กิโลเกรย์	-3.9	-4.4 a	-3.8 a	1.8 a	5.4
1.0 กิโลเกรย์	-4.3	-5.2 b	-4.8 b	1.2 a	5.3
1.5 กิโลเกรย์	-4.6	-4.9 ab	-5.3 b	-0.9 b	4.0
F-test	ns	*	**	**	ns

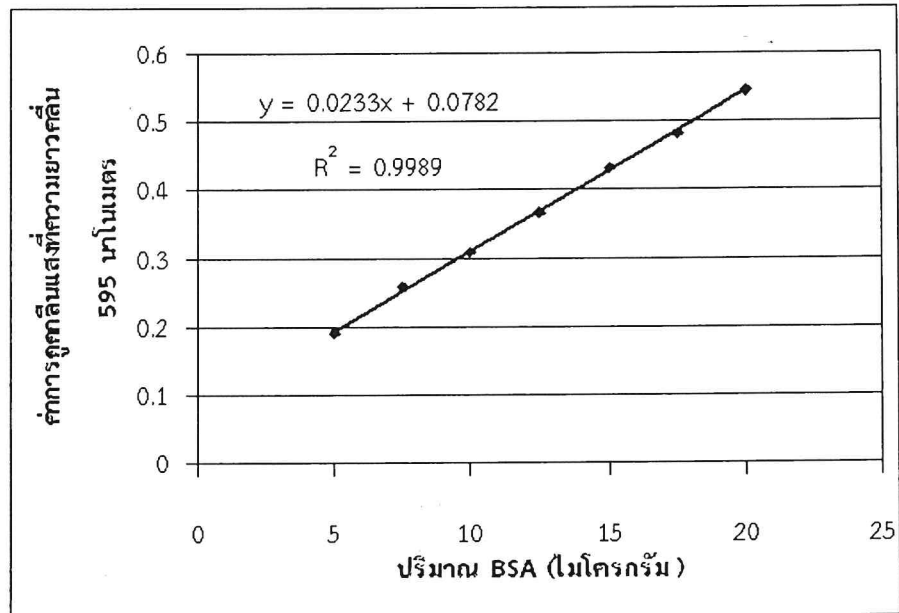
หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 * หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 11. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (b value) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่ได้รับ รังสีแกมมา อัตรา 0, 0.4, 1.0 และ 1.5 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิ 23+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

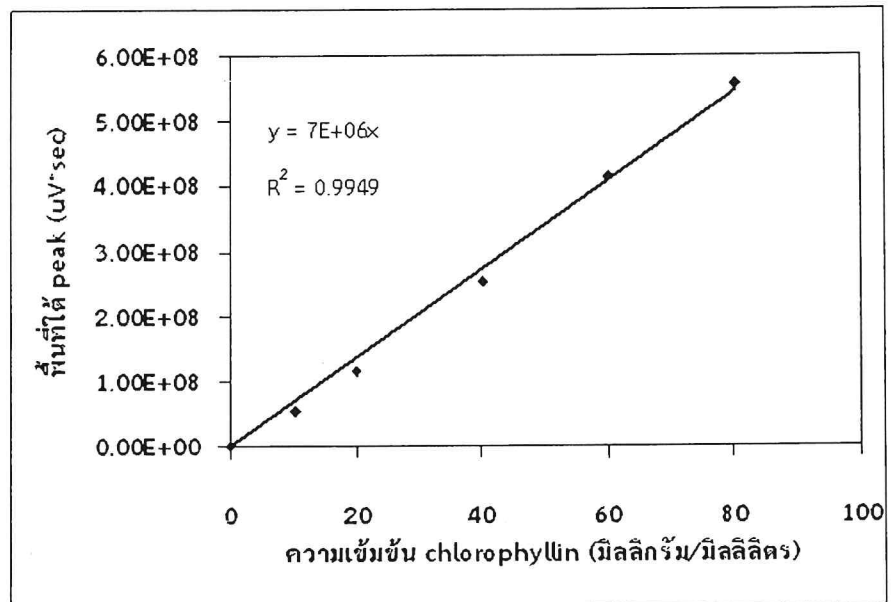
พรีตเมนต์	Pulp Colour (b value) 1/				
	D0	D3	D6	D9	D12
0 กิโลเกรย์	27.9	32.7	51.5	56.1 a	58.9
0.4 กิโลเกรย์	26.9	33.6	50.2	56.9 a	61.0
1.0 กิโลเกรย์	28.7	35.5	48.8	56.9 a	57.6
1.5 กิโลเกรย์	30.6	31.9	46.4	52.6 b	58.1
F-test	ns	ns	ns	**	ns

หมายเหตุ : 1/ หมายถึง ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 ** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวกที่ 12. กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี micromethod ของ Bradford (1976) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA) ปริมาณ 0-20 ไมโครกรัม กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร



ภาคผนวกที่ 13. กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ chlorophyllin แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ chlorophyllin 0-80 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร กับพื้นที่ใต้ peak (uV*sec)



ภาคผนวกที่ 14. การเตรียมสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์สำหรับสกัดเอนไซม์ (extraction buffer) จากใบผักซี

1.1 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.01 โมล pH 7.1 ที่มีโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.05 M และ triton X-100 เข้มข้น 0.24 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร

ละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0.54 กรัม โซเดียม ไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0.31 กรัม โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.86 กรัม และเติม triton X-100 ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลายสำหรับหาปริมาณโปรตีน (Bollag และ Edelstein, 1991)

2.1 Bradford stock solution

ละลาย serva blue G (หรือ coomassie brilliant blue G-250) 350 มิลลิกรัม ในกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และเอทานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ได้นานในขวดสีชา ที่อุณหภูมิห้อง

2.2 Bradford working buffer

ผสมน้ำกลั่น ปริมาตร 425 มิลลิลิตร เอทานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และ bradford stock solution (ข้อ 1.1) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน กรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บในขวดสีชาได้นานหลายสัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 สารละลายโปรตีนมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA) เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ละลาย BSA 1 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

3. การเตรียมสารละลายสำหรับวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelataze (ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

3.1 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมแอสซิเทรต - กรดแอสซิติค เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 4.0

ผสมสารละลายโซเดียมแอสซิเทตไตรไฮเดรต ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 18 มิลลิลิตร กับกรดแอสซิติค (CH_3COOH) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 82 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน

3.2 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมแอสซิเทรต-กรดแอสซิติค เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 5.0

ผสมสารละลายโซเดียมแอสซิเทตไตรไฮเดรต ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์

ปริมาตร 70 มิลลิลิตร กับกรดแอซติก (CH_3COOH) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน

3.3 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 6.0

ผสมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 6.15 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 43.85 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 100 มิลลิลิตร (หรือเตรียมโดยละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต 0.23 กรัม และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต 1.36 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร)

3.4 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 7.0

ผสมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 30.5 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 19.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 100 มิลลิลิตร (หรือเตรียมโดยละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต 1.09 กรัม และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต 0.61 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร)

3.5 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 8.0

ผสมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 47.35 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 2.65 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 100 มิลลิลิตร (หรือเตรียมโดยละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต 1.67 กรัม และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต 0.09 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร)

3.6 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมคาร์บอเนต-โซเดียมไบคาร์บอเนต เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 9.0

ผสมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเดคะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน

3.7 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมคาร์บอเนต-โซเดียมไบคาร์บอเนต เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 10.0

ผสมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเดคะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 60 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน

4. การเตรียมสารละลายสำหรับวัดกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase

4.1 สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต เข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH-7.5

ละลายไตรโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไตรไฮเดรต 2.94 กรัม และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไตรไฮเดรต 0.54 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร