

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัย ประจำปี 2555 โครงการการพัฒนาแถบชี้วัดเอทานอล คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแถบชีวัดการเสื่อมสภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่มีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น และมีการสะสมของเอทานอลภายในบรรจุภัณฑ์ โดยแถบชีวัดการเสื่อมสภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ระบบของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร่วมกับเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส พร้อมทั้งใช้สีย้อม 2, 6- ไดคลอโรอินโดฟีนอล เป็นสารที่ทำให้แถบชีวัดเกิดการเปลี่ยนสี โดยได้ทำการศึกษาหาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง หาสมภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์และเอทานอล ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและกิจกรรมของเอ็นไซม์ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศให้มีสภาพเหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแถบชีวัดที่ผลิตจากฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและแผ่นดูดซับ และศึกษาประสิทธิภาพของแถบชีวัดที่เหมาะสม ในการตรวจติดตามคุณภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0 μg เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 20 μg และสีย้อม DCIP ความเข้มข้น 0.1 mM เป็นสูตรที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเอ็นไซม์และเอทานอลที่ 50-1000 ppm และแถบชีวัดเอทานอลที่พัฒนาขึ้นจากแผ่นดูดซับ มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และการใช้ติดตามการสุกและเสื่อมเสียของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ต้องใช้ความเข้มข้นของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสร้อยละ 0.02 และความเข้มข้นของ DCIP 2 M โดยแถบชีวัด จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนเมื่อมะม่วงเริ่มสุก และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อมะม่วงเริ่มเสีย แถบชีวัดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้ง่าย มีต้นทุนการผลิตต่ำ และเมื่อสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคทั้งหมดมีความพึงพอใจในบรรจุภัณฑ์ที่มีแถบชีวัดติดอยู่ จึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้ อินดิเคเตอร์ เอทานอล เอ็นไซม์ บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ

Abstract

This research aims to develop the ethanol Indicator Label for monitoring deterioration of Mango cv. Nam Dok Mai stored in the Modified Atmosphere Package (MAP), in which the anaerobic respiration occurs and results in ethanol accumulation. Ethanol indicator label was developed using the alcohol oxidase enzyme, peroxidase enzyme and 2, 6-dichloroindophenol (DCIP) dye. The quantity of ethanol that affected quality of the mango was examined. The conditions of MAP suited for extending shelf life of the mango were studied. The optimal condition for enzyme-ethanol reaction and the relation between ethanol concentration and enzyme activity were examined. The efficiencies of indicator prepared from methyl cellulose film and absorption paper were compared. The appropriated type of indicator was studied for its efficiency in indicating the quality of the Mango cv. Nam Dok Mai stored in the MAP at 25°C.

The results indicated that the ethanol concentration above 100 ppm resulted in the abnormal ripening and off-odor of the mango. The suitable package for 300-350, 400-450 and 500-550 g mango stored at 5 °C were polyamide plastic bag with 6, 8 and 10 holes (0.5 mm diameter hole), respectively. The optimal concentrations of enzymes solution to react with 50-1000 ppm ethanol were 9.0 µg, 20 µg and 0.1 M of alcohol oxidase, peroxidase and DCIP, respectively. The efficiency of the indicator label prepared from the absorption paper is better than that of the methyl cellulose film. The suitable formula of the indicator label used in monitoring the ripening and deterioration of the mango was 0.15%, 0.02% and 2 M of alcohol oxidase, peroxidase and DCIP, respectively. The color of the indicator was changed from blue to purplish-blue and then to pink when the mango started ripening and deteriorating, respectively. The simplicity of preparation and usage, cost effective as well as 100% acceptance by the target consumer would enable the industrial application in the future.

Keywords: mango cv. Nam Dok Mai, Indicator, ethanol, enzyme, modified atmosphere packaging

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	จ
<u>โครงการที่ 1</u>	
บทคัดย่อภาษาไทย	I-ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	I-ข
บทนำ	I-1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	I-1
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	I-2
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	I-8
ผลการวิจัย	I-13
อภิปรายและวิจารณ์ผล	I-35
สรุปผลการทดลอง	I-44
ข้อเสนอแนะ	I-45
บรรณานุกรม	I-46
ประวัติคณะผู้วิจัย	I-48
<u>โครงการที่ 2</u>	
บทคัดย่อภาษาไทย	II-ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II-ข
บทนำ	II- 1
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	II-2
ระเบียบวิธีวิจัย	II-7
ผลการวิจัย	II-13
อภิปรายและวิจารณ์ผล	II-52
สรุปผลการวิจัย	II-56
บรรณานุกรม	II-57
ภาคผนวก	II-60
ประวัติคณะผู้วิจัย	II-61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
<u>โครงการที่ 1</u>	
1 การเปลี่ยนสีของสีย้อมฟิเอชที่มีช่วงฟิเอชต่างกัน	I-5
2 การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 nm ของสารละลายเอ็นไซม์	I-18
3 สมบัติเชิงกลและการซึมผ่านออกซิเจนและไอน้ำของฟิล์มเมทิลเซลลูโลส	I-24
4 สมบัติของแผ่นดูดซับ	I-24
<u>โครงการที่ 2</u>	
II-1 อัตราการยอมให้ก๊าซซึมผ่านของฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุผลผลิตสด	II-2
II-2 ปริมาณเอทานอล ก๊าซเอทิลีน คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ สำหรับเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	II-13
II- 3 ค่า L a b c และ h ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	II-14
II-4 ขนาดของผล การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ	II-15
II-5 ปริมาณเอทานอล เอทิลีน คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ สำหรับเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน	II-18
II-6 ค่า L^* a^* b^* c และ h ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ และ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน	II-19
II-7 ขนาดของผลการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน	II-19
II-8 ค่า L^* a^* b^* c^* และ h° ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่ระดับต่างๆและ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน	II-24
II-9 ค่า L^* a^* b^* c^* และ h° ของสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่ระดับต่างๆและ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน	II-24
II-10 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ปริมาณกรดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน	II-24

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
II-11 ค่า L^* a^* b^* c^* และ h° ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่ระดับต่างๆและ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน	II-29
II-12 ค่า L^* a^* b^* c^* และ h° ของสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่ระดับต่างๆและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน	II-30
II-13 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆและ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน	II-30
II-14 เปอร์เซ็นต์ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีการสุกปกติ เมื่อเก็บรักษาผลที่มีขนาดต่างกัน (S, M, L) ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกพอลิเอไธลีน แบบของตั้งที่มีการเจาะรู 6, 8 และ 10 รู	II-38
II-15 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน	II-41
II-16 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน (มีแถบเอนไซม์ สีนํ้าเงิน) และ ย้ายมาเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน รวม 12 วัน	II-42
II-17 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน	II-43
II-18 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน (มีแถบเอนไซม์ สีชมพู) และ ย้ายมาเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน รวม 12 วัน	II-44
II-19 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน	II-45
II-20 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน (มีแถบเอนไซม์ สีฟ้า) และย้ายมาเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน รวม 28 วัน	II-46
II-21 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน	II-47
II-22 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน (มีแถบเอนไซม์เป็นสีฟ้าขีด) และย้ายมาเก็บที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน	II-48
II-23 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุเจาะรู 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน (มีแถบเอนไซม์ สีชมพู)รวม 35 วัน	II-49
II-24 เปอร์เซ็นต์ (%) ความชอบที่มีต่อผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ที่บรรจุในถุงที่มีแถบชี้วัดปริมาณเอทานอล	II-50
II-25 เปอร์เซ็นต์ (%) คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	II-51
II-26 เปอร์เซ็นต์ (%) คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบรรจุในถุงที่มีแถบชี้วัด ปริมาณเอทานอลที่บรรจุในถุงที่มีแถบชี้วัดปริมาณเอทานอล	II-51

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
โครงการที่ 1	
1 ช่วงเวลาในการเปลี่ยนค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร ของสีย้อม DCIP	I - 7
2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้แบบดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่บรรจุภัณฑ์มีการเจาะรูแบบต่างๆ	I -13
3 ลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน: (A) เจาะรูบรรจุภัณฑ์ 2 รู และ (B) เจาะรูบรรจุภัณฑ์ 4 รู	I -13
4 ลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน: (C) เจาะรูบรรจุภัณฑ์ 6 รู และ (D) เจาะรูบรรจุภัณฑ์ 8 รู	I -14
5 ลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน: : (E) เจาะรูบรรจุภัณฑ์ 10 รู	I -14
6 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมพีเอชของสารละลายที่ประกอบด้วยเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส เอทานอล 1000 ppm และ DCIP 0.1 mM	I -15
7 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมพีเอชของสารละลายที่ประกอบด้วยเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส เอทานอล 1000 ppm และ DCIP 0.05 mM	I -16
8 การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 nm.ของสีย้อมของสารละลายที่ประกอบด้วยเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส เอทานอล 1000 ppm และ DCIP 0.1mM.	I -17
9 การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 nm ของสีย้อมของสารละลายที่ประกอบด้วยเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส เอทานอล 1000 ppm และ DCIP 0.0.5 mM.	I -17
10 การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอลต่างๆ	I -19
11 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอล 1000 ppm	I -19
12 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอล 800 ppm	I -19
13 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอล 600 ppm	I -20
14 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอล 400 ppm	I -20
15 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอล 200 ppm	I -20
16 การเปลี่ยนแปลงสีย้อมของสารละลายเอ็นไซม์ที่ระดับความเข้มข้นของเอทานอล 100 ppm	I -21
17 ลักษณะของแถบชี้วัดที่ผลิตโดยใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และใช้ส่วนผสมของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0 µg., เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 29.0 µg. และสีย้อม DCIP โดยรูป A ใช้ความเข้มข้นของสีย้อม DCIP 1 M และรูป B ใช้ความเข้มข้นของสีย้อม DCIP 2 M	I -21
18 ลักษณะของแถบชี้วัดที่ผลิตโดยใช้แผ่นดูดซับสารละลายเอ็นไซม์ความเข้มข้นสูง (A) และต่ำ (B) โดยสารละลายเอ็นไซม์ความเข้มข้นสูง ใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.3 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส ร้อยละ 0.04 และความเข้มข้นของ DCIP 2 M ส่วนสารละลายเอ็นไซม์ความเข้มข้นต่ำ ใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส ร้อยละ 0.02	I -22

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
19 ลักษณะโครงสร้างของหมู่ฟังก์ชันของฟิล์มเมทิลเซลลูโลสด้วยเทคนิค FTIR ช่วง $600 - 4000 \text{ cm}^{-1}$	I -22
20 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของเมทิลเซลลูโลส ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค dynamic mechanical analysis	I -23
21 DSC thermogram ของฟิล์มเมทิลเซลลูโลส	I -23
22 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Thermogravimetric Analysis	I -24
23 การเปลี่ยนแปลงของแถบดูดซับที่เกิดจากฟิล์มเมทิลเซลลูโลส	I -25
24 การเปลี่ยนแปลงของแถบดูดซับโดยใช้แผ่นดูดซับสารละลายเอ็นไซม์ความเข้มข้นสูง	I -25
25 การเปลี่ยนแปลงของแถบดูดซับโดยใช้แผ่นดูดซับสารละลายเอ็นไซม์ความเข้มข้นต่ำ	I -26
26 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	I -26
27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	I -27
28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	I -27
29 ความสัมพันธ์ของจำนวนวันในการเก็บรักษากับปริมาณกรดทั้งหมด	I -28
30 ความสัมพันธ์ของจำนวนวันในการเก็บรักษากับปริมาณของแข็งที่ละลายได้	I -28
31 ความสัมพันธ์ของจำนวนวันในการเก็บรักษาของมะม่วง กับค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและร้อยละของปริมาณกรด	I -29
32 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 1 ของการเก็บรักษา	I -29
33 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 6 ของการเก็บรักษา	I -30
34 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 7 ของการเก็บรักษา	I -30
35 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 8 ของการเก็บรักษา	I -31
36 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 9 ของการเก็บรักษา	I -31
37 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 10 ของการเก็บรักษา	I -32
38 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 11 ของการเก็บรักษา	I -32
39 ลักษณะปรากฏของแถบซีวัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 12 ของการเก็บรักษา	I -33

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
40 ลักษณะปรากฏของแถบชี้วัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 13 ของการเก็บรักษา	I-33
41 ลักษณะปรากฏของแถบชี้วัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 14 ของการเก็บรักษา	I -34
42 ลักษณะปรากฏของแถบชี้วัดเอทานอลในบรรจุภัณฑ์มะม่วงที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 15 ของการเก็บรักษา	I -34
<u>โครงการที่ 2</u>	
II-1 การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	II-1
II-2 การบรรจุผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศในถุงไนลอนเจาะรูขนาดเล็ก	II-2
II-3 การบรรจุผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	II-3
II-4 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอไมด์ (PA) แบบซองตั้งที่ติดแถบชี้วัดปริมาณเอทานอล	II-5
II-5 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาในถุงไนลอนเจาะรูขนาดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	II-16
II-6 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาในถุงไนลอนเจาะรูขนาดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน	II-17
II-7 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอไมด์เจาะรูขนาดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน	II-20
II-8 ปริมาณเอทานอล ก๊าซเอทิลีน คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน	II-22
II-9 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน	II-26
II-10 ปริมาณเอทานอล ก๊าซเอทิลีน คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่ระดับต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน	II-28
II-11 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน	II-31
II-12 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนาน 35 วัน	II-32

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
II-13 ปริมาณเอทานอล ก๊าซเอทิลีน คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลง บรรยากาศที่ระดับต่าง ๆ สำหรับเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และย้ายมาวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน	II-34
II-14 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเมื่อเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน และย้ายมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน	II-35
II-15 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่บรรจุในกล่องทำจากมันสำปะหลังเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน	II-37
II-16 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการอบไอน้ำและไม่ผ่านการอบไอน้ำและเก็บรักษา ในถุงพลาสติกเจาะรูจำนวน 8 รู ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 37 วัน	II-37
II-17 อาการสุกผิดปกติเนื่องการหมักบางส่วนที่เกิดขึ้นในผลมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติก พอลิเอไธด์แบบของแข็งที่มีการเจาะรูไม่เหมาะสม	II-39

บทนำรวม

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

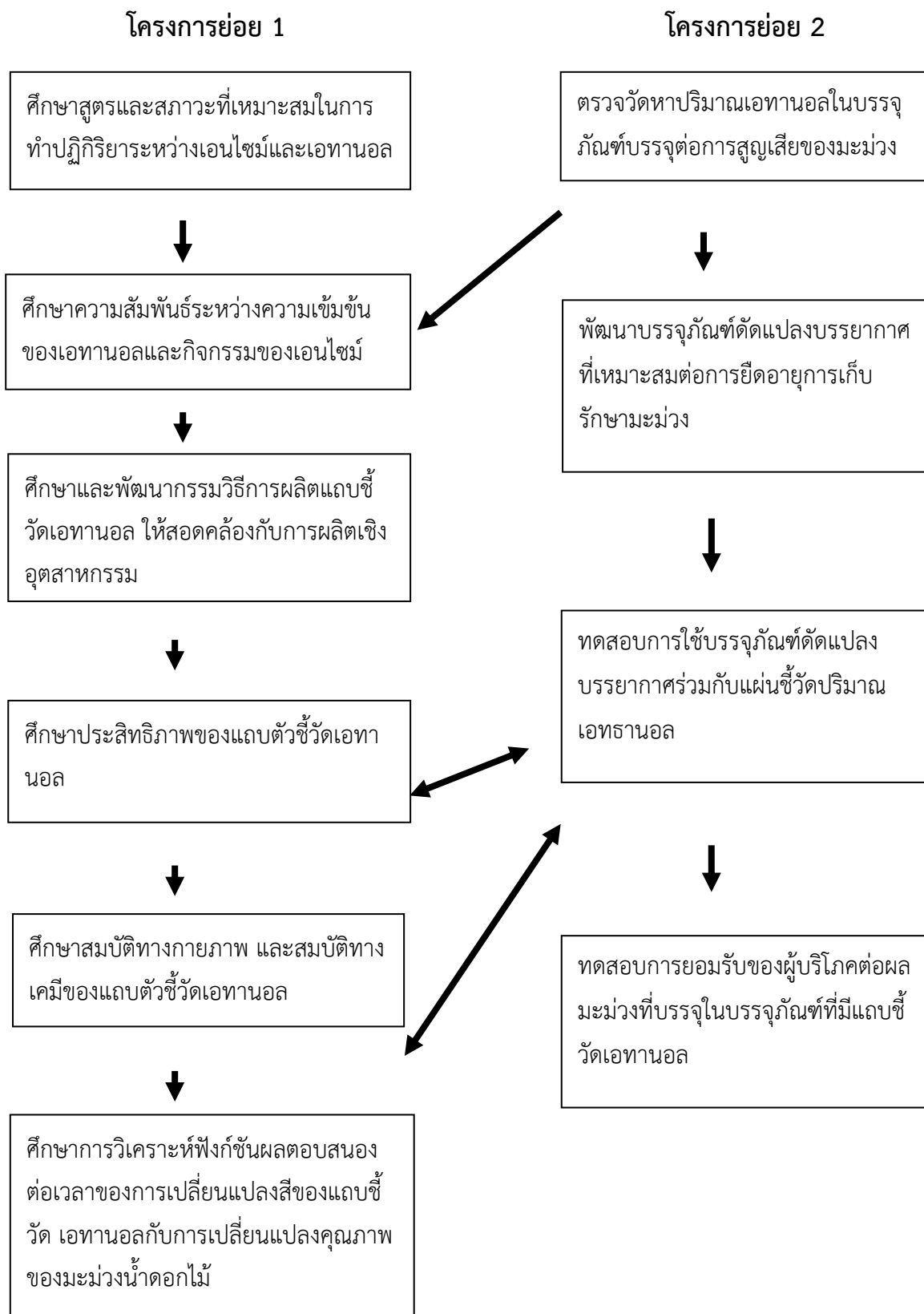
มะม่วงเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญที่สามารถนำเงินตราต่างประเทศเข้าประเทศได้เป็นจำนวนมาก แต่การส่งออกมะม่วงในรูปผลสดของไทย ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากค่าขนส่งที่มีราคาแพง เพราะมะม่วงไทยมีอายุการเก็บรักษาสั้น การส่งมะม่วงไปจำหน่ายยังตลาดไกลๆ เช่น ยุโรปในปัจจุบัน จะขนส่งได้เฉพาะทางเครื่องบินเท่านั้น จึงทำให้ผู้ประกอบการต้องประสบกับปัญหาที่ไม่สามารถแข่งขันในด้านราคากับมะม่วงที่มาจากประเทศอื่นๆ ได้ หากสามารถจัดการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วให้คงคุณภาพได้ในระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 วัน จะทำให้สามารถส่งผลมะม่วงไทยไปจำหน่ายยังตลาดยุโรปและตลาดต่างประเทศที่อยู่ไกล ทางเรือได้เพิ่มขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมาของคณะผู้วิจัยพบว่าการบรรจุผลมะม่วงแบบที่ละผลแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาในสภาพผลดิบได้นาน 28 วัน และสามารถทำให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีก 7 วัน (Kumpoun and Uthaibutra, 2010)

อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ จะทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และปริมาณออกซิเจนลดลง แต่ถ้าผลมะม่วงอยู่ในสภาพออกซิเจนต่ำมากเกินไป อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมีเอทานอลเกิดขึ้น ทำให้ผลมะม่วงมีการสุกที่ผิดปกติ หรือมีกลิ่นผิดปกติได้ การสะสมปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์จะเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของผลผลิต การตรวจวัดปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่สะดวกจะทำให้ทราบถึงคุณภาพของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำเอาแถบชี้วัดปริมาณเอทานอลมาใช้ร่วมกับการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ เพื่อบ่งบอกคุณภาพของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา เพื่อป้องกันการสูญเสียและยังเป็นการรับประกันคุณภาพของมะม่วงให้กับผู้บริโภคอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1. เพื่อหาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพของมะม่วง
- 2.2. เพื่อหาสภาพที่เหมาะสมของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว
- 2.3. เพื่อพัฒนาแถบชี้วัดเอทานอล สำหรับติดตามการเสื่อมเสียของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ
- 2.4. เพื่อทดสอบคุณภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในบรรจุภัณฑ์โดยใช้แถบชี้วัดปริมาณเอทานอล

3. รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย



4. สรุปผลการวิจัย

การเก็บรักษาผลไม้ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศมีหลักการ คือ ลดอัตราการผ่านเข้าออกของก๊าซผ่านบรรจุภัณฑ์ จึงทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และปริมาณออกซิเจนลดลง เนื่องจากการหายใจ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่ถ้าผลไม้อยู่ในสภาพออกซิเจนต่ำมากเกินไป อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีเอทานอลเกิดขึ้น ทำให้เกิดการสุกที่ผิดปกติ และมีกลิ่นผิดปกติ การตรวจหาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ ที่สะดวกจะทำให้ทราบถึงคุณภาพของผลไม้ระหว่างการเก็บรักษาได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ หาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพของมะม่วงสำหรับนำไปพัฒนาแถบชี้วัด หาสภาพที่เหมาะสมของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว และทดสอบคุณภาพของมะม่วงในบรรจุภัณฑ์โดยใช้แถบชี้วัดบ่งบอกคุณภาพของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา โดยแบ่งวิธีการวิจัยออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลที่มีในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางการค้า ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และทำให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา วิเคราะห์หาปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ และตรวจสอบคุณภาพของผลมะม่วง ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเอทานอลที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 250-470 ppm และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 100 ppm

2. ศึกษาการพัฒนาแถบชี้วัดคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยใช้ระบบของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร่วมกับเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส พร้อมทั้งใช้สีย้อม 2, 6- ไดคลอโรอินโดฟีนอล เป็นสารที่ทำให้แถบชี้วัดเกิดการเปลี่ยนสี โดยได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์และ เอทานอล ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและกิจกรรมของเอ็นไซม์ ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์ และเอทานอลที่ความเข้มข้น 100-1000 ppm ที่ทำให้สีของสารละลายเอ็นไซม์เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนที่คงตัว และสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า ได้แก่ การใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0 μg เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 20 μg และสีย้อม 2, 6- ไดคลอโรอินโดฟีนอล (DCIP) 0.1 mM ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.01 M. ที่พีเอช 7.5 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

3. ศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศให้มีสภาพเหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษา มะม่วงน้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 5 เซลเซียส โดยทดสอบบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอไมด์เจาะรู กล่องทำจากมันสำปะหลัง กล่องพลาสติกปิดด้วยพลาสติกฟิล์มเจาะรู และ บรรจุในกล่องกระดาษ (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอไมด์เจาะรูสามารถเก็บรักษานานและมีความสะดวกต่อการนำไปใช้จริง การหาจำนวนรูที่เจาะถุงพลาสติกพอลิเอไมด์ เพื่อให้ได้สภาพบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษามะม่วง โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 6, 8 และ 10 รู สำหรับมะม่วงที่มี 3 ขนาดผล 300-350 (S), 400-450 (M) และ 500-550 (L) กรัม พบว่าการเจาะรูจำนวน 6, 8 และ 10 รู เหมาะสำหรับมะม่วงขนาด S M และ L ตามลำดับ ซึ่งขนาดของผลมะม่วง ขนาดถุง และจำนวนรูที่เจาะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลมะม่วง การเจาะรู

4. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่ผลิตจากฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและแผ่นดูดซับ และศึกษาประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่เหมาะสม ในการตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าแถบชี้วัดเอทานอลที่เหมาะสมสำหรับใช้

ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ คือ แก้วซีว็ดที่ผลิตจากแผ่นดูดซับ ซึ่งใช้สารละลายเอ็นไซม์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นจากสูตรที่ใช้ในสภาวะสารละลาย โดยใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสร้อยละ 0.02 และใช้ DCIP 2 M ซึ่งจะได้ แก้วซีว็ดที่มีสีน้ำเงิน ที่มีค่าความสว่าง (L) 48.45 ค่าสีเขียว-แดง (a) -2.30 และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b) -9.68 มีความหนา 180.14 μm มีปริมาณความชื้นร้อยละ 35.18 และมีค่าความต้านทานต่อแรงดึง 39.10 MPa ส่วน แก้วซีว็ดที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลส ไม่เหมาะสมสำหรับการติดตามการเสื่อมเสียของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ เนื่องจากแก้วซีว็ดชนิดนี้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ เมื่อมะม่วงน้ำดอกไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ จากผลดิบไปจนกระทั่งมะม่วงเกิดการเน่าเสีย

5. เมื่อนำแก้วซีว็ดที่ผลิตจากแผ่นดูดซับ ไปใช้ตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ โดยติดแก้วซีว็ดในถุงพลาสติกพอลิเอไนด์เจาะรูที่เหมาะสมสำหรับขนาดของมะม่วง พบว่าแก้วซีว็ดจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนเมื่อมะม่วงเริ่มสุก ซึ่งในระยะนี้ผลมะม่วงจะมีอัตราการหายใจสูง เมื่อผลเริ่มอ่อนนุ่ม มีการผลิตสารหอมระเหยหลายชนิดจึงทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแก้วซีว็ด ซึ่งแม้ว่าจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างผลสุกปกติและสุกผิดปกติได้ แต่การเปลี่ยนแปลงสีของแก้วซีว็ดเมื่อมะม่วงเริ่มสุกนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้บริโภค ได้ โดยควรทำการเปิดถุงเมื่อแก้วซีว็ดเปลี่ยนสี เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้น ซึ่งจะสามารถป้องกันการเกิดการสุกที่ผิดปกติได้

แก้วซีว็ดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้ง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป อย่างไรก็ตาม สภาวะในการเก็บรักษาแก้วซีว็ด เช่น อุณหภูมิ ความชื้นเป็นกรด-ด่าง พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแก้วซีว็ด โดยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง จะมีผลทำให้แก้วซีว็ดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อน และความเป็นกรด จะทำให้แก้วซีว็ดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีส้มอ่อน ดังนั้น การเก็บรักษาแก้วซีว็ด ควรเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น และควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันสภาวะภายนอกที่ไม่เหมาะสม

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแก้วซีว็ดแก้ว โดยใช้แบบสอบถาม จำนวนผู้บริโภค 42 คน พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจ 80 เปอร์เซ็นต์

ผลจากการวิจัยสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดด้วยการทำช่องเปิดที่สะดวกสำหรับเปิดให้มีการแลกเปลี่ยนของก๊าซมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงสุก และนำไปสู่การเป็นต้นแบบในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ติดแก้วซีว็ดปริมาณเอทานอลสำหรับผู้ประกอบการผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยพิจารณาความสะดวกสำหรับการปฏิบัติจริงในเชิงการค้าของผู้ขายและผู้บริโภคและต้นทุนการผลิต สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงเพื่อส่งขายในแหล่งที่ไกลขึ้น ลดความเสี่ยงเนื่องจากการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาของผู้ส่งออกและผู้ค้าปลีกมะม่วง ตลอดจนสามารถรับประกันคุณภาพสินค้าสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลมะม่วงได้ และผู้วิจัยยังสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาสำหรับผลิตผลชนิดอื่นๆ ต่อไป

5. ประโยชน์ที่ได้รับ

5.1 ได้บรรจุภัณฑ์ที่มีแก้วซีว็ดการเสื่อมเสียของผลไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่สามารถพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้

5.2 เกษตรกรสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันเชิงการค้าได้ เนื่องจากสามารถตรวจสอบและรับรองคุณภาพในการบริโภค อันเป็นผลดีต่อผู้บริโภคและผู้ประกอบการ

5.3 สามารถนำไปขอยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญา

6. หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้ประกอบการมะม่วงส่งออก