

**บทสรุปผู้บริหาร**  
**(Executive Summary)**

**1. รายละเอียดเกี่ยวกับแผนงานวิจัย**

1.1 ชื่อโครงการวิจัย

(ภาษาไทย) การพัฒนาแถบชี้วัดปริมาณเอทานอลสำหรับติดตามการเสื่อมเสียของผลไม้ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ: กรณีศึกษา มะม่วงน้ำดอกไม้

(ภาษาอังกฤษ) Development of Ethanol Indicator Label for Monitoring Deterioration of Fruits Storage in Modified Atmosphere Package: Case Study of Mango cv. Nam Dok Mai

1.2 ผู้อำนวยการแผน

รศ. ดร.พัชรินทร์ ระวียัน

หน่วยงานสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
สถานที่ติดต่อ 155 ม 2 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

หมายเลขโทรศัพท์ 089-956-1078 โทรสาร 053-948244 E-mail: patraviyan@gmail.com

1.3 ชื่อหัวหน้าโครงการ

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1

รศ. ดร.พัชรินทร์ ระวียัน

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2

ดร.วิลาวัลย์ คำปวน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.4 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 งบประมาณที่ได้รับ 910,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 29 พฤษภาคม 2555 ถึง 28 พฤษภาคม 2556

**2. สรุปโครงการวิจัย**

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่ตลาดต่างประเทศต้องการค่อนข้างสูง แต่ปัญหาสำคัญของการส่งออก ได้แก่ การมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น การเก็บรักษามะม่วงในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ เป็นวิธีที่มีความสะดวกในการจัดการ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่จะทำให้มะม่วงมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะได้แอลกอฮอล์และอะซีตัลดีไฮด์ออกมา ทำให้มะม่วงมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ โดยที่ความผิดปกตินี้ ไม่สามารถระบุโดยการสังเกตจากภายนอกได้ ผู้ผลิตจึงไม่สามารถจัดการกับผลผลิตได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหากยังวางจำหน่ายในท้องตลาด ผู้บริโภคก็จะได้ผลไม้ที่ด้อยคุณภาพ ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาแถบชี้วัดเอทานอล เพื่อติดตามการเสื่อมเสียของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยติดตามคุณภาพของผลมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ระหว่างการขนส่งและการจำหน่าย สำหรับการประกันคุณภาพของมะม่วง และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผู้บริโภค โดยมีวิธีการวิจัยทั้งหมด 6 ตอนดังนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลที่มีในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ของผลมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทองเก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางการค้า ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และทำให้สุกที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา วิเคราะห์หาปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ และตรวจสอบ คุณภาพของผลมะม่วง ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเอทานอลที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลมะม่วงน้ำดอกไม้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 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 ที่ทำให้สีของ สารละลายเอ็นไซม์เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนที่คงตัว และสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า ได้แก่ การใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0  $\mu\text{g}$  เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 20  $\mu\text{g}$  และสีย้อม 2, 6- ไดคลอโร อินโดฟีนอล (DCIP) 0.1 mM ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.01 M. ที่พีเอช 7.5 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

3. ศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศให้มีสภาพเหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษา มะม่วงน้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 5 เซลเซียส โดยทดสอบบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติก ชนิดพอลิเอไมด์เจาะรู กล่องทำจากมันสำปะหลัง กล่องพลาสติกปิดด้วยพลาสติกฟิล์มเจาะรู และ บรรจุใน กล่องกระดาษ (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอไมด์เจาะรูสามารถเก็บ รักษาได้นานและมีความสะดวกต่อการนำไปใช้จริง การหาจำนวนรูที่เจาะถุงพลาสติกพอลิเอไมด์ เพื่อให้ได้ สภาพบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษามะม่วง โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 6, 8 และ 10 รู สำหรับมะม่วงที่มี 3 ขนาดผล 300-350 (S), 400-450 (M) และ 500-550 (L) กรัม พบว่าการ เจาะรู จำนวน 6, 8 และ 10 รู เหมาะสำหรับมะม่วงขนาด S M และ L ตามลำดับ ซึ่งขนาดของผลมะม่วง ขนาดถุง และจำนวนรูที่เจาะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลมะม่วง การเจาะรู

4. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่ผลิตจากฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและแผ่นดูดซับ และ ศึกษาประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่เหมาะสม ในการตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาใน บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าแถบชี้วัดเอทานอลที่เหมาะสมสำหรับใช้ ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ คือแถบชี้ วัดที่ผลิตจากแผ่นดูดซับ ซึ่งใช้สารละลายเอ็นไซม์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นจากสูตรที่ใช้ในสภาวะสารละลาย โดย ใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสร้อยละ 0.02 และใช้ DCIP 2 M ซึ่งจะ ได้แถบชี้วัดที่มีสีน้ำเงิน ที่มีค่าความสว่าง (L) 48.45 ค่าสีเขียว-แดง (a) -2.30 และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b) - 9.68 มีความหนา 180.14  $\mu\text{m}$  มีปริมาณความชื้นร้อยละ 35.18 และมีค่าความต้านทานต่อแรงดึง 39.10 MPa ส่วนแถบชี้วัดที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลส ไม่เหมาะสมสำหรับการติดตามการเสื่อมเสียของ มะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ เนื่องจากแถบชี้วัดชนิดนี้ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลงใดๆ เมื่อมะม่วงน้ำดอกไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ จากผลดิบไปจนกระทั่งมะม่วงเกิดการ เน่าเสีย

5. เมื่อนำแถบชี้วัดที่ผลิตจากแผ่นดูดซับ ไปใช้ตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษา ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ โดยติดแถบชี้วัดในถุงพลาสติกพอลิเอไมด์เจาะรูที่เหมาะสมสำหรับขนาด

ของมะม่วง พบว่าแถบข้าวัดจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนเมื่อมะม่วงเริ่มสุก ซึ่งในขณะนี้ผลมะม่วงจะมีอัตราการหายใจสูง เนื้อผลเริ่มอ่อนนุ่ม มีการผลิตสารหอมระเหยหลายชนิดจึงทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแถบข้าวัด ซึ่งแม้ว่าจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างผลสุกปกติและสุกผิดปกติได้ แต่การเปลี่ยนแปลงสีของแถบข้าวัดเมื่อมะม่วงเริ่มสุกนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้บริโภค ได้ โดยควรทำการเปิดถุงเมื่อแถบข้าวัดเปลี่ยนสี เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้น ซึ่งจะสามารถป้องกันการเกิดการสุกที่ผิดปกติได้

แถบข้าวัดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้ง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป อย่างไรก็ตาม สภาพในการเก็บรักษาแถบข้าวัด เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแถบข้าวัด โดยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง จะมีผลทำให้แถบข้าวัดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อน และความเป็นกรด จะทำให้แถบข้าวัดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีส้มอ่อน ดังนั้น การเก็บรักษาแถบข้าวัด ควรเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น และควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันสภาวะภายนอกที่ไม่เหมาะสม

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแถบข้าวัดแถบ โดยใช้แบบสอบถาม จำนวนผู้บริโภค 44 คน พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจ 80 เปอร์เซ็นต์

### ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

สภาวะการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแถบข้าวัด โดยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง จะมีผลทำให้แถบข้าวัดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อน และความเป็นกรด จะทำให้แถบข้าวัดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีส้มอ่อน ดังนั้น การเก็บรักษาแถบข้าวัด ควรเก็บในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็งเพื่อป้องกันสภาวะภายนอกที่ไม่เหมาะสม

### การนำไปใช้ประโยชน์

ผลจากการวิจัยสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดด้วยการทำช่องเปิดที่สะดวกสำหรับเปิดให้มีการแลกเปลี่ยนของก๊าซมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงสุก และนำไปสู่การเป็นต้นแบบในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ติดแถบข้าวัดปริมาณเอทานอลสำหรับผู้ประกอบการผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยพิจารณาความสะดวกสำหรับการปฏิบัติจริงในเชิงการค้าของผู้ขายและผู้บริโภคและต้นทุนการผลิต สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงเพื่อส่งขายในแหล่งที่ไกลขึ้น ลดความเสี่ยงเนื่องจากการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาของผู้ส่งออกและผู้ค้าปลีกมะม่วง ตลอดจนสามารถรับประกันคุณภาพสินค้าสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลมะม่วงได้ และผู้วิจัยยังสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาสำหรับผลิตผลชนิดอื่นๆ ต่อไป และยังสามารถนำข้อมูลที่สามารถนำไปขอยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญา และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแถบชี้วัดการเสื่อมสภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่มีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น และมีการสะสมของเอทานอลภายในบรรจุภัณฑ์ โดยแถบชี้วัดการเสื่อมสภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ระบบของเอ็นไซม์ แอลกอฮอล์ออกซิเดสร่วมกับเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส พร้อมทั้งใช้สีย้อม 2, 6- ไดคลอโรอินโดฟีนอล เป็นสารที่ทำให้แถบชี้วัดเกิดการเปลี่ยนสี โดยได้ทำการศึกษหาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์และเอทานอล ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและกิจกรรมของเอ็นไซม์ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศให้มีสภาพเหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่ผลิตจากฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและแผ่นดูดซับ และศึกษาประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่เหมาะสมในการตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0  $\mu\text{g}$  เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 20  $\mu\text{g}$  และสีย้อม DCIP ความเข้มข้น 0.1 mM เป็นสูตรที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเอ็นไซม์และเอทานอลที่ 50-1000 ppm และแถบชี้วัดเอทานอลที่พัฒนาขึ้นจากแผ่นดูดซับ มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และการใช้ติดตามการสุกและเสื่อมเสียของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ต้องใช้ความเข้มข้นของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสร้อยละ 0.02 และความเข้มข้นของ DCIP 2 M โดยแถบชี้วัด จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนเมื่อมะม่วงเริ่มสุก และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อมะม่วงสุกมากขึ้นหรือเริ่มเสีย แถบชี้วัดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้ง่าย มีต้นทุนการผลิตต่ำ และเมื่อสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภค 80 เปอร์เซ็นต์มีความพึงพอใจในบรรจุภัณฑ์ที่มีแถบชี้วัดติดอยู่ 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 ripening or deteriorating, respectively. The simplicity of preparation and usage, cost effective as well as 80 % 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

## 1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

### 1.1 ชื่อโครงการวิจัย

(ภาษาไทย) การพัฒนาแถบชี้วัดเอทานอล

(ภาษาอังกฤษ) Development of Ethanol Indicator Label

### 1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ. ดร.พัชรินทร์ ระเบียบัน

หน่วยงานสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สถานที่ติดต่อ 155 ม 2 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

หมายเลขโทรศัพท์ 089-956-1078 โทรสาร 053-948244 E-mail: patraviyan@gmail.com

ผู้ร่วมงานวิจัย

รศ.ดร.ภาณุวัฒน์ สรรพกุล

หน่วยงานภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ติดต่อ 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

หมายเลขโทรศัพท์ 088-515-5979 โทรสาร 02-5625046 E-mail: [fagipas@ku.ac.th](mailto:fagipas@ku.ac.th)

### 1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 งบประมาณที่ได้รับ 490,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 29 พฤษภาคม 2555 ถึง 28 พฤษภาคม 2556

## 2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่ตลาดต่างประเทศต้องการค่อนข้างสูง แต่ปัญหาสำคัญของการส่งออก ได้แก่ การมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น การเก็บรักษามะม่วงในบรรจุภัณฑ์ตัดแปลงบรรยากาศ เป็นวิธีที่มีความสะดวกในการจัดการ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่จะทำให้มะม่วงมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะได้แอลกอฮอล์และอะซิเตลดีไฮด์ออกมา ทำให้มะม่วงมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ โดยที่ความผิดปกตินี้ ไม่สามารถระบุโดยการสังเกตจากภายนอกได้ ผู้ผลิตจึงไม่สามารถจัดการกับผลผลิตได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหากยังวางจำหน่ายในท้องตลาด ผู้บริโภคก็จะได้ผลไม้ที่ด้อยคุณภาพ

การพัฒนาแถบชี้วัดเอทานอล เพื่อใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ตัดแปลงบรรยากาศ จะช่วยควบคุมคุณภาพระหว่างการขนส่งและการจำหน่าย ช่วยในการประกันคุณภาพของมะม่วง ช่วยลดการสูญเสียของมะม่วง ช่วยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผู้บริโภค และสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับผู้บริโภคว่า มะม่วงนี้ควรจะซื้อหรือบริโภคหรือไม่ อีกทั้งยังช่วยรักษาตราสินค้าให้ผู้ผลิต ทั้งนี้แถบชี้วัดเอทานอลที่ประดิษฐ์ขึ้น ยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากการตรวจวัดปริมาณเอทานอลที่มีความแม่นยำ ใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว และยังสามารถนำไปใช้กับผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูงประเภทอื่นได้ เช่น ลำไยและลิ้นจี่ งานวิจัยนี้จึงมีส่วนช่วยในการพัฒนาธุรกิจผลไม้ส่งออก ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจให้ครบวงจร และเป็นการสนับสนุนภาคการเกษตรของประเทศให้มีความมั่นคงยิ่งขึ้น

### 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแถบซีวัดเอทานอล สำหรับติดตามการเสื่อมเสียของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ

### 4. ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาสูตรและสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์และเอทานอล
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและกิจกรรมของเอ็นไซม์
3. ศึกษากรรมวิธีการผลิตแถบซีวัดเอทานอล
4. ศึกษาสมบัติของแถบซีวัดเอทานอล
5. ศึกษาประสิทธิภาพของแถบซีวัดเอทานอล

### 5. ผลการวิจัย

สูตรที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์ และเอทานอลที่ความเข้มข้น 100-1000 ppm ที่ทำให้สีของสารละลายเอ็นไซม์เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนที่คงตัว และสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า ได้แก่ การใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0  $\mu\text{g}$  เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 20  $\mu\text{g}$  และสีย้อม 2, 6- ไดคลอโรโรอินโดฟีนอล (DCIP) 0.1 mM ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.01 M. ที่พีเอช 7.5 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร

แถบซีวัดเอทานอลที่เหมาะสมสำหรับใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ คือแถบซีวัดที่ผลิตจากแผ่นดูดซับ และใช้สารละลายเอ็นไซม์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นจากสูตรที่ใช้ในสภาวะสารละลาย โดยใช้เอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสร้อยละ 0.02 และใช้ DCIP 2 M ซึ่งจะได้แถบซีวัดที่มีสีน้ำเงิน ที่มีค่าความสว่าง (L) 48.45 ค่าสีเขียว-แดง (a) -2.30 และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b) -9.68 มีความหนา 180.14  $\mu\text{m}$  มีปริมาณความชื้นร้อยละ 35.18 และมีค่าความต้านทานต่อแรงดึง 39.10 MPa

เมื่อนำแถบซีวัดที่ได้ไปตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าแถบซีวัดจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนเมื่อมะม่วงเริ่มสุก และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อมะม่วงเริ่มเสีย แถบซีวัดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้ง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป

### 6. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

สภาวะการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแถบซีวัด โดยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง จะมีผลทำให้แถบซีวัดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อน และความเป็นกรด จะทำให้แถบซีวัดเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีส้มอ่อน ดังนั้น การเก็บรักษาแถบซีวัด ควรเก็บในไว้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์หรือขวดแก้วสีชา ในที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น เพื่อป้องกันสภาวะภายนอกที่ไม่เหมาะสม

### 7. การนำไปใช้ประโยชน์

แถบซีวัดที่พัฒนาได้นี้สามารถนำไปใช้ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงให้อยู่ได้นานขึ้น เป็นการรับประกันคุณภาพของผลมะม่วง สร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค ทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถขยายตลาดได้มากขึ้น และยังสามารถนำไปจดสิทธิบัตรและต่อยอดได้ในเชิงพาณิชย์

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแถบชี้วัดการเสื่อมสภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่มีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น และมีการสะสมของเอทานอลภายในบรรจุภัณฑ์ โดยแถบชี้วัดการเสื่อมสภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ระบบของเอ็นไซม์ แอลกอฮอล์ออกซิเดสร่วมกับเอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส พร้อมทั้งใช้สีย้อม 2, 6- ไดคลอโรอินโดฟีนอล เป็นสารที่ทำให้แถบชี้วัดเกิดการเปลี่ยนสี โดยได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์และเอทานอล ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและกิจกรรมของเอ็นไซม์ ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่ผลิตจากฟิล์มเมทิลเซลลูโลสและแผ่นดูดซับ และศึกษาประสิทธิภาพของแถบชี้วัดที่เหมาะสม ในการตรวจติดตามคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดส 9.0  $\mu\text{g}$  เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดส 20  $\mu\text{g}$  และสีย้อม DCIP ความเข้มข้น 0.1 mM เป็นสูตรที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายเอ็นไซม์และเอทานอลที่ 50-1000 ppm และแถบชี้วัดเอทานอลที่พัฒนาขึ้นจากแผ่นดูดซับมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และการใช้ติดตามการสุกและเสื่อมเสียของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ต้องใช้ความเข้มข้นของเอ็นไซม์แอลกอฮอล์ออกซิเดสร้อยละ 0.15 เอ็นไซม์เปอร์ออกซิเดสร้อยละ 0.02 และความเข้มข้นของ DCIP 2 M โดยแถบชี้วัด จะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงอ่อนเมื่อมะม่วงเริ่มสุก และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อมะม่วงเริ่มเสีย แถบชี้วัดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้งานได้ง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป

**คำสำคัญ:** แถบชี้วัด 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 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 showed 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 to ripe and deteriorated, respectively. The simplicity of preparation and usage as well as cost effective would enable the industrial application in the future.

**Keywords:** Indicator, ethanol, enzyme, modified atmosphere packaging

**บทสรุปผู้บริหาร**  
(Executive Summary)

**1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย**

**1.1 ชื่อโครงการ**

(ภาษาไทย) การประยุกต์แถบชี้วัดปริมาณเอทานอลสำหรับติดตามการสูญเสียของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ

(ภาษาอังกฤษ) Application of Ethanol Indicator Label for monitoring deterioration of Mango cv. Nam Dok Mai Storage in Modified Atmosphere Package

**1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย**

ดร.วิลาวัลย์ คำปวน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ (053) 943351 ต่อ 1203

ผศ.ดร. จ๋านงค์ อุทัยบุตร

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ (053) 943346 ต่อ 1201

**1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2555 จำนวนเงิน 420,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 29 พฤษภาคม 2555 ถึง 28 พฤษภาคม 2556

**2. สรุปโครงการวิจัย**

การเก็บรักษาผลไม้ในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศมีหลักการคือ ลดอัตราการผ่านเข้าออกของ ก๊าซผ่านบรรจุภัณฑ์ จึงทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และปริมาณออกซิเจน ลดลง เนื่องจากการหายใจ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่ถ้าผลไม้อยู่ในสภาพออกซิเจนต่ำมากเกินไป อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีเอทานอลเกิดขึ้น ทำให้เกิดการสุกที่ผิดปกติ และมีกลิ่นผิดปกติ การตรวจหาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่สะดวกจะทำให้ทราบถึงคุณภาพของผลไม้ระหว่างการ เก็บรักษาได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ หาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่มี ผลต่อคุณภาพของมะม่วงสำหรับนำไปพัฒนาแถบชี้วัด หาสภาพที่เหมาะสมของบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ที่ เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว และทดสอบคุณภาพของมะม่วงในบรรจุภัณฑ์โดยใช้แถบชี้วัดปริมาณเอทานอลบ่งบอกคุณภาพของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา โดยแบ่งวิธีการวิจัยออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลที่มีในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ของผลมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทองเก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางการค้า ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และทำให้สุกที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา วิเคราะห์หาปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ และตรวจสอบ

คุณภาพของผลมะม่วง ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเอทานอลที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลมะม่วงน้ำดอกไม้  
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 250-470 ppm และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง  
100 ppm ดังนั้นแถบซีวีตปริมาณเอทานอลจึงควรมีการบ่งชี้ในสภาพบรรยากาศที่มีเอทานอลไม่เกิน 100  
ppm

2. พัฒนาบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศให้มีสภาพเหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง  
น้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 5 เซลเซียส โดยทดสอบบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด  
พอลิเอไมด์เจาะรู กล่องทำจากมันสำปะหลัง กล่องพลาสติกปิดด้วยพลาสติกฟิล์มเจาะรู และ บรรจุในกล่อง  
กระดาษ (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอไมด์เจาะรูสามารถเก็บรักษา  
ได้นานและมีความสะดวกต่อการนำไปใช้จริง การหาจำนวนรูที่เจาะถุงพลาสติกพอลิเอไมด์ เพื่อให้ได้สภาพ  
บรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษามะม่วง โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 6, 8  
และ 10 รู สำหรับมะม่วงที่มี 3 ขนาดผล 300-350 กรัม (S), 400-450 กรัม (M) และ 500-550 กรัม (L)  
พบว่าการเจาะรู จำนวน 6, 8 และ 10 รู เหมาะสำหรับมะม่วงขนาด S M และ L ตามลำดับ ซึ่งขนาดของผล  
มะม่วง ขนาดถุง และจำนวนรูที่เจาะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลมะม่วง การเจาะรู

3. การใช้แผ่นซีวีตปริมาณเอทานอลสำหรับติดตามคุณภาพของมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลง  
บรรยากาศการใช้แผ่นซีวีตสำหรับติดตามคุณภาพของมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ โดยติด  
แถบซีวีตในถุงพลาสติกพอลิเอไมด์เจาะรูที่เหมาะสมสำหรับขนาดของมะม่วง พบว่าแถบซีวีตจะเปลี่ยนแปลงสี  
เมื่อผลมะม่วงเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก ซึ่งในระยะนี้ผลมะม่วงจะมีอัตราการหายใจสูง เนื้อผลเริ่มอ่อนนิ่ม มี  
การผลิตสารหอมระเหยหลายชนิดจึงทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแถบซีวีต จึงทำให้ไม่สามารถแยก  
ความแตกต่างระหว่างผลสุกปกติและสุกผิดปกติได้ แต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและ  
ผู้บริโภค ได้โดยเปิดหรือดูเมื่อแถบซีวีตเปลี่ยนสี เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้นสามารถป้องกันการเกิด  
การสุกที่ผิดปกติได้

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลมะม่วงที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีแถบซีวีตแถบโดยใช้  
แบบสอบถาม จำนวนผู้บริโภค 44 คน พบว่าผู้บริโภครู้สึกพึงพอใจ 80 เปอร์เซ็นต์

### ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยและการนำไปใช้ประโยชน์

ผลจากการวิจัยสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดด้วยการทำช่องเปิดที่สะดวกสำหรับเปิดให้มี  
การแลกเปลี่ยนของก๊าซมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงสุก และนำไปสู่การเป็นต้นแบบในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ติดแถบซี  
วีตปริมาณเอทานอลสำหรับผู้ประกอบการผลิตบรรจุภัณฑ์ โดยพิจารณาความสะดวกสำหรับการปฏิบัติงานจริงใน  
เชิงการค้าของผู้ขายและผู้บริโภคและต้นทุนการผลิต สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงเพื่อส่งขายใน  
แหล่งที่ไกลขึ้น ลดความเสี่ยงเนื่องจากการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาของผู้ส่งออกและผู้ค้าปลีกมะม่วง  
ตลอดจนสามารถรับประกันคุณภาพสินค้าสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผล  
มะม่วงได้ และยังสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ต่อไป

## บทคัดย่อ

การเก็บรักษาผลไม้สดในบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ อาจชักนำให้เกิดการหมักและมีการสะสมของเอทานอลเกิดขึ้น ทำให้ผลไม้เกิดการสุกที่ผิดปกติ และมีกลิ่นผิดปกติ ปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์จึงใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของผลผลิตได้ ในการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เพื่อผลิตแถบชี้วัดปริมาณเอทานอล สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ โดยหาปริมาณเอทานอลที่มีผลต่อการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศให้มีสภาพเหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ และทดสอบการใช้แถบชี้วัดในการติดตามการสูญเสียของมะม่วง ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลมะม่วงควรอยู่ในระดับไม่เกิน 100 ppm บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้บรรจุมะม่วงเพื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส คือ ถุงพลาสติกพอลิเอไมด์แบบของตั้งและเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 6, 8 และ 10 รู สำหรับผลมะม่วงขนาด 300-350, 400-450 และ 500-550 กรัมต่อผลตามลำดับ ในกรณีของการใช้แผ่นชี้วัดปริมาณเอทานอลร่วมกับบรรจุภัณฑ์ พบว่าแถบชี้วัดจะเปลี่ยนแปลงสีเมื่อผลมะม่วงเริ่มสุก นอกจากนี้แถบชี้วัดไม่สามารถบ่งบอกความแตกต่างระหว่างผลสุกปกติและผลสุกผิดปกติ อย่างไรก็ตามสามารถใช้เพื่อเตือนให้ผู้ขายเปิดถุงเพื่อป้องกันปัญหาการสุกผิดปกติได้ และเมื่อสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภค มีความพึงพอใจในบรรจุภัณฑ์ที่มีแถบชี้วัดติดอยู่ 80 เปอร์เซ็นต์

## Abstract

Modified atmosphere packaging for fresh fruit storages may induce an ethanol accumulation and fermentation cause on abnormal ripening and off-odor. Thereby the quantity of ethanol in the package is used as an indicator of product quality. The objectives of this research were to indicate the ethanol quantity that effect on 'Nam Dok Mai' mango fruit quality and to produce an ethanol indicator label for the investigation of mango quality change during storage. The results indicated that the ethanol concentration above 100 ppm caused on the abnormal ripening and off-odor of 'Nam Dok Mai' mango The suitable package for mango fruit storage at 5 °C were polyamide plastic bag with 6, 8 and 10 holes (0.5 mm diameter hole) for the fruit of 300-350, 400-450 and 500-550 g per fruit, respectively. In case of using an ethanol indicator label with the package, it was found that the indicator label changed its color when the fruit was going to ripe. Moreover the indicator label could not indicate the difference between normal and abnormal ripening of the fruit. However it could be used as a reminder for a seller to open the package in odor to prevent

of abnormal ripening. For the acceptability of consumer, eighty percent of the consumers accepted the package with an indicator label.