

ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

สุ่มเก็บเกี่ยวฝักวานิลลา ตามอายุที่กำหนดไว้ในการศึกษาทดลอง จากแปลงปลูกในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึกและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง จังหวัดเชียงใหม่ นำฝักวานิลลาบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู ขนส่งฝักวานิลลามาศึกษาในห้องปฏิบัติการสายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจร.) บางขุนเทียน ด้วยรถห้องเย็นภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการคัดเลือกฝักที่มีตำหนิออก ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ผึ่งให้แห้ง วิเคราะห์คุณภาพก่อนจัดเข้าสิ่งทดลอง โดยแต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 20 ฝัก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของฝักวานิลลาในระหว่างการพัฒนาของฝัก

เก็บเกี่ยวฝักวานิลลา ซึ่งสังเกตการเปลี่ยนสีฝักโดยผู้ที่มีความชำนาญ โดยฝักอ่อนมีสีเปลือกเป็นสีเขียวอ่อน (สีเขียวใบตองอ่อน) ฝักที่เริ่มแก่สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มเป็นมัน ต่อมาเปลือกฝักเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมดำหรืออมน้ำตาล และเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองให้เห็น ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดในการแปรรูป (สัมฤทธิ์) และใช้วิธีการนับอายุเก็บเกี่ยวฝักร่วมกับการสังเกตการเปลี่ยนสีฝัก โดยใช้ฝักที่มีอายุฝักหลังจากการผสมเกสรช่วง 3-9 เดือน โดยแบ่งการพัฒนาของฝักวานิลลาออกเป็น 6 ระยะ ดังนี้

1. ระยะฝักอ่อน (Young, Stage 1) เปลือกฝักสีเขียวอ่อนหรือสีใบตองอ่อน
2. ระยะฝักเขียว (Green, Stage 2) เปลือกฝักสีเขียวเข้มเป็นมัน
3. ระยะฝักแก่เขียว (Mature green, Stage 3) เปลือกฝักมีสีเขียวอมน้ำตาลหรือดำ แต่ยังไม่มียีสเหลืองปรากฏ
4. ระยะฝักเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Breaker, Stage 4) ฝักที่เริ่มมีสีเหลืองปรากฏที่บริเวณปลายฝัก แต่ไม่ปรากฏชัดเจน โดยมีเปลือกฝักเป็นสีเหลืองไม่เกิน 20% ของพื้นที่ผิวฝักรวม
5. ระยะฝักเหลือง (Yellowing, Stage 5) เปลือกฝักมีสีเหลืองปรากฏชัดเจน ประมาณ 20-40% ของพื้นที่ผิวฝักรวม
6. ระยะฝักแก่เกิน (Overripe, Stage 6) ที่มีสีเหลืองปรากฏชัดเจนและมีเปลือกฝักเป็นสีเหลืองตั้งแต่ 50% ของพื้นที่ผิวฝักรวม

ทำการบันทึกสีฝักที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละระยะ วัดความยาวฝักวานิลลา ด้วยไม้บรรทัดฟุตเหล็ก โดยวัดตั้งแต่ขั้วฝักจนถึงปลายฝัก และวัดขนาดเส้นผ่านของฝักวานิลลาด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยทำการวัด 3 ตำแหน่ง คือ ส่วนขั้วฝัก กลางฝัก และปลายฝัก รายงานหน่วยเป็นเซนติเมตร

1. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.1 ปริมาณสารตั้งต้นและสารระเหยให้กลิ่นรสวานิลลา (Odox et al., 2003; Sreedhar et al., 2007) นำตัวอย่างฝักวานิลลามาหั่นตามขวางยาว 1 ซม. ชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อฝักวานิลลา 5 กรัมต่อตัวอย่าง วิเคราะห์ 5 ซ้ำ บดตัวอย่างในไนโตรเจนเหลว แล้วทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลในน้ำ ความเข้มข้น 35% นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator แล้วกรองสารผ่าน filter membrane (Millipore, 0.45µm) วิเคราะห์สารด้วยเครื่อง HPLC เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร standard ของสาร vanillin ความเข้มข้น 1-100 mg/L

1.2 กิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสุกและการแตกของฝัก เก็บตัวอย่างฝักวานิลลาระยะ 3-6 วันตามขวางเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 0.5 เซนติเมตร แช่เนื้อเยื่อในไนโตรเจนเหลว เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่ -20°C วัตถุประสงค์ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ โดยเปรียบเทียบฝักวานิลลาระยะพัฒนาต่างๆ

1.2.1 การสกัดเอนไซม์จากตัวอย่างฝักวานิลลา

ซึ่งตัวอย่างปริมาณ 3 กรัมใส่หลอดพลาสติก เติมสารละลายโซเดียมซิเตรทบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (pH 5.0) ที่เย็นจัด (4°C) ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer (ULTRA-TURRAX Model IKA T25, USA) ขณะปั่นแช่ตัวอย่างในน้ำแข็งที่ละลายในน้ำ (4°C) แล้วนำไปปั่นเหี่ยวยด้วยเครื่องปั่นเหี่ยว (centrifuge; SORVALL model RC5C Plus, UK) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 15 นาที นำส่วนใสใส่หลอดแก้วแช่ในน้ำแข็งที่ละลายในน้ำ (4°C) ซึ่งส่วนใสนี้คือสารสกัดเอนไซม์ นำไปวัดกิจกรรมเอนไซม์บางชนิดตามกรรมวิธีที่ปรับปรุงจาก Agrawi et al. (2002)

1) Polygalacturonase (PG)

เตรียมสารตั้งต้น (substrate) ซึ่งประกอบด้วย 0.1% polygalacturonic acid ละลายในสารละลายโซเดียมซิเตรท บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 M (pH 5.0) 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายเอนไซม์ที่สกัด 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.4 M ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นเติม 3,5 - dinitrosalicylic acid (DNS) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 5 นาที จะได้สารสีเหลืองส้ม นำแช่น้ำเย็นนาน 5 นาที วางทิ้งไว้ให้หายเย็นแล้ว นำมาวัดค่าดูดกลืนที่ 450 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับ blank ซึ่งใช้สารละลายบัฟเฟอร์แทนสารละลายเอนไซม์ นำค่าที่ได้มาคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ PG โดยเทียบกราฟมาตรฐานของกรด D-galacturonic acid ความเข้มข้น 0-250 นาโนโมลาร์ (nM) นำสารสกัดเอนไซม์ไปวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีมาตรฐาน (Bradford, 1970) กิจกรรมเอนไซม์ที่วัดได้ มีหน่วยเป็นไมโครโมลาร์ของ D-galacturonic acid ต่อนาทีต่อมิลลิกรัมโปรตีน ($\mu\text{M D-galacturonic acid /min}\cdot\text{mg protein}$)

2) β -1,4 glucanase (cellulase)

เตรียมสารตั้งต้น (substrate) ซึ่งประกอบด้วย 1% carboxymethyl cellulose (CMC) ละลายในสารละลายโซเดียมซิเตรท บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 M (pH 5.0) 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายเอนไซม์ที่สกัด 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมซิเตรท บัฟเฟอร์ 0.1 M 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นเติม 3,5 - dinitrosalicylic acid (DNS) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือด นาน 5 นาที นำแช่น้ำเย็นนาน 5 นาที เขย่าให้สารละลายทั้งหมดเข้ากันด้วย vortex mixer ก่อนนำมาวัดค่าดูดกลืนที่ 632 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาหาปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้น โดยเทียบกราฟมาตรฐานของ D-glucose ความเข้มข้น 0-140 มิลลิโมลาร์ (mM) นำสารสกัดเอนไซม์ไปวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีมาตรฐาน (Bradford, 1970) กิจกรรมเอนไซม์ที่วัดได้ มีหน่วยเป็นมิลลิโมลาร์ของกลูโคสต่อนาทีต่อมิลลิกรัมโปรตีน ($\text{mM D-glucose/min}\cdot\text{mg protein}$)

การทดลองที่ 2 การศึกษาการผลิตเอทิลีนและรูปแบบการหายใจของฝักวานิลลาในระหว่างการพัฒนาของฝัก นำฝักวานิลลาทั้ง 6 ระยะ จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ฝัก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 73% บันทึกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของฝักที่เกี่ยวข้องกับการแตกของฝักวานิลลาในระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของฝักวานิลลา

2.1.1 สีของเปลือกฝัก ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยใช้วานิลลาชุดทดลองเดียวกับที่ใช้วิเคราะห์การผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจ โดยทำการวัดค่าสีของผิวเปลือกฝัก ซึ่งสามารถวัดค่าของสีได้เป็นตัวเลข แสดงค่าต่างๆ ดังนี้

ค่า L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness)

กรณีที่ ค่า L^* เป็นบวก (+) หมายถึง สีขาว
ค่า L^* เป็นลบ (-) หมายถึง สีดำ

ค่า a^* จะบรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีเขียวถึงสีแดง

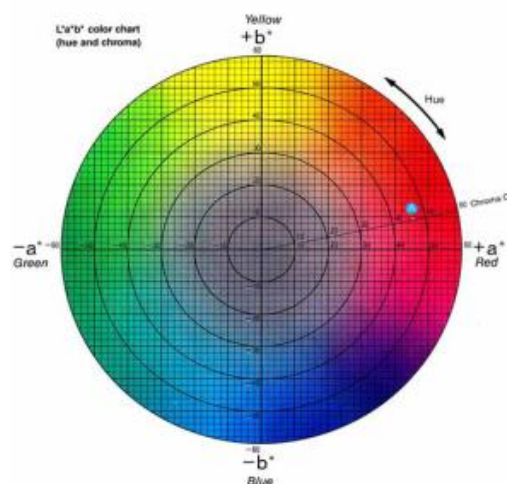
กรณีที่ ค่า a^* เป็นบวก (+) หมายถึง สีแดง
ค่า a^* เป็นลบ (-) หมายถึง สีเขียว

ค่า b^* จะบรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง

กรณีที่ ค่า a^* เป็นบวก (+) หมายถึง สีน้ำเงิน
ค่า a^* เป็นลบ (-) หมายถึง สีเหลือง

ค่า hue เป็นค่าที่บรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสีมีค่า 360 องศา

กรณีที่ ค่า hue เท่ากับ 0 หมายถึง สีแดง-ส้ม
ค่า hue เท่ากับ 90 หมายถึง สีเหลือง
ค่า hue เท่ากับ 180 หมายถึง สีน้ำเงิน-สีเขียว
ค่า hue เท่ากับ 270 หมายถึง สีน้ำเงิน



Hue sequence และ Hue angle ในแผนผังของ CLELAB

ที่มา: www.gcp.com.tw

2.1.2 เปอร์เซ็นต์การแตกของฝัก

การวัดเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักวานิลลา ทำโดยเก็บรักษาฝักวานิลลาทั้ง 6 ระยะที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ซึ่งทำการสุ่มตรวจการแตก ก่อนและหลังการเก็บรักษา ทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 12 วัน นำค่าที่ได้มาคิดเป็นร้อยละของการแตกของฝัก โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{ร้อยละการแตกของฝัก} = \frac{\text{จำนวนฝักแตกเริ่มต้น} - \text{จำนวนฝักแตกหลังการเก็บรักษา}}{\text{จำนวนฝักแตกเริ่มต้น}} \times 100$$

2.1.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลา จดบันทึกน้ำหนักฝักวานิลลา ก่อนและระหว่างการเก็บรักษา (เหมือนข้อ 2.1.2) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{นน.ก่อนการเก็บรักษา} - \text{นน.หลังการเก็บรักษา}}{\text{นน.ก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

2.1.4 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ ทำโดยฝักวานิลลามาสีในกระบอกตวงที่มีน้ำอยู่ 500 มิลลิลิตร โดยทำการจดบันทึกค่าของปริมาตรน้ำที่เพิ่มขึ้น จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณ โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{ความหนาแน่นของวัตถุ}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}}$$

2.1.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (total chlorophyll content) (Arnon, 1949)

นำตัวอย่างวานิลลาจำนวน 0.5 กรัม เติม *N, N*-Dimethylformamide 20 มิลลิลิตร นำไปตั้งไว้ในที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 440, 647 และ 664 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)} = [(12.64 \text{ OD}_{664}) - (2.99 \text{ OD}_{647})]$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ บี (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)} = [(-5.6 \text{ OD}_{664}) + (23.26 \text{ OD}_{647})]$$

ทำการเปลี่ยนหน่วยจากไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ดังนี้

คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)

$$= \frac{[(\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร}) \times 20.5 \times 100 \times 11]}{0.5 \times 1,000}$$

คลอโรฟิลล์ บี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)

$$= \frac{[(\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร}) \times 20.5 \times 100 \times 11]}{0.5 \times 1,000}$$

คลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) = คลอโรฟิลล์ เอ + คลอโรฟิลล์ บี

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของฝักวานิลลาในระหว่างการพัฒนาของฝัก นำฝักวานิลลาทั้ง 6 ระยะพัฒนา มาบรรจุในโหลแก้วปิดสนิท ที่มีขนาดความจุเท่ากัน ทำ 5 ซ้ำๆ ละ 10 ฝัก ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส

2.2.1 การผลิตเอทิลีน

สุ่มเก็บก๊าซหลังจากเก็บไว้ 6 ชั่วโมง ทุกๆ วัน จนกระทั่งสีเปลือกฝักเปลี่ยนเป็นเหลืองและฝักแตก สุ่มตัวอย่างของอากาศในโหลทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตรวจสอบปริมาณการสังเคราะห์เอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatography นำค่าที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับน้ำหนักสด หน่วยปริมาณการสังเคราะห์เอทิลีน เป็นไมโครลิตรต่อกรัมของฝักวานิลลาต่อชั่วโมง ($\mu\text{LC}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{hr}$)

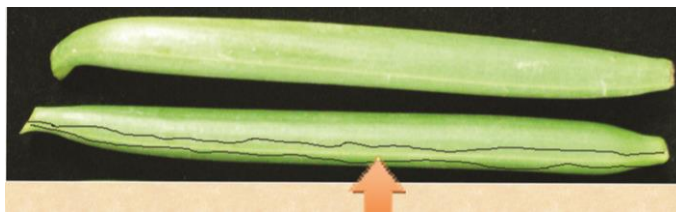
2.2.2 อัตราการหายใจ (CO_2) ของฝักวานิลลา

นำฝักวานิลลามาบรรจุในโหลแก้วปิดสนิท ที่มีขนาดความจุเท่ากัน ทำ 5 ซ้ำๆ ละ 10 ฝัก สุ่มเก็บก๊าซหลังจากเก็บไว้ทั้ง 6 ระยะ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งสีเปลือกฝักเปลี่ยนเป็นเหลืองและฝักแตก สุ่มตัวอย่างของอากาศในโหลทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตรวจสอบวัดอัตราการหายใจจาก ด้วยเครื่อง gas chromatography นำค่าที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับน้ำหนักสด หน่วยปริมาณการวัดอัตราการหายใจ เป็นมิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมของฝักวานิลลาต่อชั่วโมง ($\text{mg CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$)

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการแตกของฝักวานิลลา

เก็บตัวอย่างฝักวานิลลา แบ่งเนื้อเยื่อฝักวานิลลา ระยะต่างๆ ออกเป็น 2 ส่วน คือบริเวณรอยแตกของฝัก (Dehiscence zone, DZ) และนอกบริเวณรอยแตกของฝัก (Non-Dehiscence zone, NDZ) แช่เนื้อเยื่อในไนโตรเจนเหลว เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่ -20°C สกัดและวัดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ โดยเปรียบเทียบฝักวานิลลาในแต่ละ ดังนี้

- 1) กิจกรรมเอนไซม์เบต้ากลูคาเนส ($1,4 \beta$ glucanase) (กรรมวิธีเหมือนการทดลองที่ 1.2.1)
- 2) กิจกรรมแพคเตสไลเอส (pectate lyase) ดัดแปลงจากวิธีการของ Collmer et al. (1988) เตรียมสารผสมของสารตั้งต้น (substrate mixer) ประกอบด้วยสารละลาย polygalacturonic acid (PGA) เข้มข้น 0.25% ละลายในสารละลายโซเดียมซิเตรท บัฟเฟอร์ เข้มข้น 0.1 M (pH 5.0) ผสมกับ 0.1 mM CaCl_2 ปริมาตร 3 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายเอนไซม์ที่สกัด 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2.30 นาที เขย่าสารให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 235 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้น คือ ผลผลิตของ unsaturated product ที่เกิดขึ้น (มีค่า extinction coefficient $4600 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) นำสารสกัดเอนไซม์ไปวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีมาตรฐาน (Bradford, 1970) คำนวณกิจกรรมเอนไซม์ที่วัดได้มีหน่วยเป็นมิลลิโมลาร์ของ unsaturated product ต่อนาทีต่อมิลลิกรัมโปรตีน ($\text{mM unsaturated product}/\text{min}\cdot\text{mg protein}$)



เนื้อเยื่อฝักวานิลลาบริเวณรอยแตกของฝัก (Dehiscence zone, DZ)

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสาร 1-MCP และสารละลายเอทิฟอนต่อการแตกของฝักวานิลลา

เก็บเกี่ยวฝักวานิลลาในระยะฝักเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (breaker) นำฝักวานิลลา มาล้างทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง นำฝักวานิลลาทำการศึกษา 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลอง 3.1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของฝักวานิลลา

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) จากนั้นแบ่งฝักวานิลลาออกเป็น 3 ทรีตเมนต์ๆ ละ 5 ซ้ำ

1. ไม่รม 1-MCP (ชุดควบคุม)
2. รม 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง
3. รม 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง

จากนั้นนำฝักวานิลลาบรรจุลงบนถาดโฟมและหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) บันทึกผลทุกวัน วัดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวฝักวานิลลา โดยใช้เครื่องวัดสี (เหมือนการทดลองที่ 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของฝักวานิลลาดังนี้

3.1.1 ปริมาณเพกทินทั้งหมด (total pectin) (ดัดแปลงตามวิธีการของ Brummell and Labavitch, 1997) มีขั้นตอนดังนี้

1) การเก็บตัวอย่างของฝักวานิลลา โดยเก็บเนื้อเยื่อตามยาว บริเวณรอบรอยแตกของฝัก (dehiscence zone, DZ) นำตัวอย่างของฝักมาหั่นตามขวางยาวประมาณ 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างของฝักวานิลลาที่หั่นแล้วไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณเพกทินทั้งหมดต่อไป ทำการสกัดเพื่อแยกเอาผนังเซลล์ออกจากส่วนอื่นๆ ของเนื้อเยื่อ ก่อน เรียกส่วนนี้ว่า alcohol insoluble solids (AIS) โดยนำตัวอย่างของฝักวานิลลาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดและกรองด้วยผ้าขาวบางเอาเฉพาะส่วนเนื้อ จากนั้นล้างด้วยอะซิโตน ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแห้งมาบดละเอียด เก็บตัวอย่างแห้งที่บดละเอียดนี้ไว้ในถุงซิปล็อคเพื่อป้องกันความชื้น

2) การสกัดเพกทินทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างของฝักวานิลลาที่บดละเอียด 0.05 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นดูดส่วนใสใส่ลงในหลอด centrifuge นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสเก็บไว้สำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสงต่อไป

3) การวิเคราะห์ปริมาณเพกทินทั้งหมด

ดูดส่วนใสที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำหลอดทดลองแช่ลงในอ่างพลาสติกที่มีน้ำแข็ง เติมสารละลาย sodium-tetraborate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) ความเข้มข้น 0.0125 โมลาร์ ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองและเขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที นำหลอดทดลองวางลงในอ่างน้ำแข็งทันที เติมสารละลาย m-hydroxyphenyl ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เขย่าส่วนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร vortex mixture นำหลอดทดลองออกจากอ่างน้ำแข็ง วางทิ้งไว้ให้หายเย็น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณเพกทินทั้งหมด โดยใช้ galacturonic acid เป็น standard

4) การสร้างกราฟมาตรฐานของ galacturonic acid

เตรียม stock solution ของ galacturonic acid monohydrate ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม ต่อลิตร เจือจางให้มีความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร จากนั้นจึงดูดสารละลายแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอด centrifuge นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 3,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละความเข้มข้นมาสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาปริมาณเพกทินทั้งหมดจากสมการเส้นตรง โดยมีหน่วยเป็น μg galacturonic acid/mg AIS

3.1.2 กิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase (PG)

นำฝักวานิลลาที่ผ่านการม 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน เก็บตัวอย่างฝักวานิลลา ส่วนเนื้อเยื่อบริเวณรอยแตก แช่เนื้อเยื่อในไนโตรเจนเหลว เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่ -20°C โดยเปรียบเทียบกับฝักวานิลลาชุดควบคุม (ไม่ได้รับ 1-MCP) กับฝักที่ได้รับ 1-MCP

1) วิธีการสกัดตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีของ Abu-Goukh and Bashir (2003)

นำเนื้อเยื่อฝักวานิลลา 10 กรัม ใส่ลงในหลอดพลาสติก (falcon tube) เติมน้ำสะอาดละลายโซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 6.0 (20mM sodium-acetate pH 6) ปริมาตร 50 มิลลิลิตรแล้วปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer ขณะปั่นตัวอย่างแช่หลอดตัวอย่างในน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 25 นาที เทส่วนใสทิ้ง นำตะกอนที่ได้ไปเติมน้ำสะอาดละลายโซเดียมคลอไรด์ 6% ในสารละลายโซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 6 ที่เย็นจัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer ในห้องเย็นที่ 4 องศาเซลเซียส สักนาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 25 นาที นำส่วนใสที่ได้ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำแอมโมเนียมซัลเฟต ปริมาณ 10 กรัม โดยค่อยๆ เติมทีละน้อย คนสารในระหว่างเติมสาร จนสารละลายจนหมด นำสารละลายไปปั่น ในห้องเย็นที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ระหว่างเก็บ คนเข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer นำสารละลายไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็วรอบ 12,000 rpm นาน 25 นาที เก็บส่วนใสใส่ในหลอดพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กิจกรรม ด้วยวิธี gel diffusion assay ต่อไป

2) วิธีการวัดกิจกรรมเอนไซม์ PG ด้วยวิธี gel diffusion assay (Secor, 1988; Buescher and Burgin, 1992)

เตรียมน้ำละลายโซเดียมอะซิเตท pH 5.0-5.5 ความเข้มข้น 0.1 M (0.1 M sodium acetate) ใน flask ปริมาตร 200 มิลลิลิตร วางบน hotplate เติมน้ำ pectate ปริมาณ 20 กรัม และ EDTA ปริมาณ 0.74 กรัม คนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมน้ำ agarose ปริมาณ 2 กรัม คนให้เข้ากัน ยกลงและรอง flask เย็นลง จากนั้นเทของเหลวลงใน petri dish ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร รอให้หน้าเจลแข็งตัว จึงใช้ cork borer ขนาด 4 มิลลิเมตร เจาะลงบนเจล ภาดละ 3 หลุม ดูดสารสกัดตัวอย่างเอนไซม์ ปริมาตร 20-30 ไมโครลิตร/หลุม จากข้อ 3.1.2.1 ที่ละลายแล้ว หยอดลงในหลุม จำนวน 2 หลุม อีก 1 หลุม เป็นชุดควบคุมโดยหยอดสารละลายโซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer) ปริมาตรเท่ากัน เสร็จแล้วปิดด้วยฝาปิด petri dish และซีลด้วย parafilm นำไปใส่ตู้ incubate ที่อุณหภูมิ 40°C ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นทำการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PG บนเจลที่อยู่ใน petri dish โดยทำการเติมน้ำละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 M ทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นแบบไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ประมาณ 10 วินาที ย้อมด้วยสารละลาย 0.05% Ruthinium red อย่างน้อย 30 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 4

ชั่วโมง บันทึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากกิจกรรมเอนไซม์ PG (zone) และ รายงานค่าเป็นหน่วยเซนติเมตร

การทดลองที่ 3.2 ผลของ 1-MCP ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิลฟอนต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและ ชีวเคมีของฝักวานิลลา

เก็บเกี่ยวฝักวานิลลาในระยะฝักเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (breaker) นำฝักวานิลลา มาล้างทำความสะอาด ฝั้ลมให้แห้ง วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) จากนั้นแบ่ง ฝักวานิลลาออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 5 ฝัก ได้แก่

1. ไม่รวม 1-MCP และไม่จุ่มสารละลายเอทิลฟอน (ชุดควบคุม)
2. จุ่มด้วยสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นาน 5 นาที
3. รวม 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง แล้วจุ่มด้วยสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นาน 5 นาที
4. รวม 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง แล้วจุ่มด้วยสารละลายเอทิลฟอน ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม นาน 5 นาที

จากนั้นนำฝักวานิลลาบรรจุลงบนถาดโฟมและหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลทุกวัน โดยทำการบันทึกผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1 ยกเว้นการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ PG ทำการเก็บ ตัวอย่างฝักวานิลลาเฉพาะทรีตเมนต์ที่ 1 และ 2 ภายหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน (ฝักเริ่มมีการแตก) เก็บเนื้อเยื่อฝักบริเวณรอยแตก แช่เนื้อเยื่อในไนโตรเจนเหลว เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่ -20°C ทำการสกัดและวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ PG โดยวิธี gel diffusion assay

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16

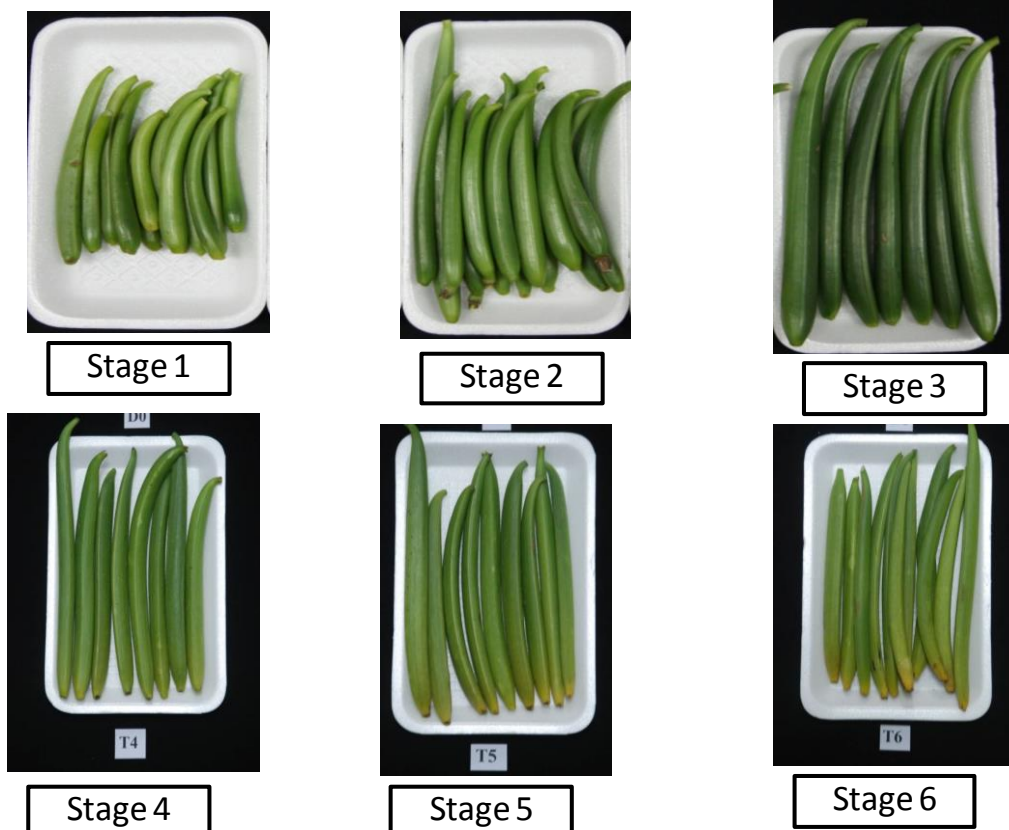
ผลการวิจัย

1.2 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีในระหว่างระยะพัฒนาของฝักวานิลลา

1.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของฝักวานิลลา

1.1.1 สีเปลือกฝัก

ศึกษาผลวานิลลา 6 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (stage 1) คือ ระยะฝักอ่อน (young), ระยะที่ 2 (stage 2) คือ ระยะเริ่มแก่ (Green) เปลือกสีเขียวแก่เป็นมัน ระยะที่ 3 (stage 3) คือ ระยะแก่เขียว (Mature green) เปลือกฝักสีเขียวอมน้ำตาลหรือดำ แต่ยังไม่มียีสเหลืองปรากฏ ระยะที่ 4 (stage 4) คือ ระยะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (breaker) ฝักเริ่มมียีสเหลืองปรากฏที่บริเวณปลายฝัก โดยมีสีเหลืองปลายฝักไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวฝักรวมทั้งหมด ระยะที่ 5 (stage 5) คือ ระยะฝักเหลือง (yellowing) เปลือกฝักมียีสเหลืองปรากฏชัดเจนประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวรวมทั้งหมด ระยะที่ 6 (stage 6) คือ ระยะฝักแก่เกิน (overripe) เปลือกฝักมียีสเหลืองที่ชัดเจนตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ผิวฝักรวมทั้งหมด จากการสังเกตด้วยสายตา พบว่าสีเปลือกฝักวานิลลามีสีเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวอ่อน (สีใบตองอ่อน) ในระยะที่ 1 และมีสีเขียวเข้มขึ้น ในระยะที่ 3 ต่อมาเปลือกฝักเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวย่ออีกครั้ง โดยปลายฝักเริ่มมียีสเหลือง ซึ่งตรงระยะที่ 4 หรือ breaker และฝักเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น ตามลำดับในระยะ 5 และ 6 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาที่ 1 ถึง 6 หลังการเก็บเกี่ยววันแรก

1.1.2 ความยาวฝักและเส้นผ่าศูนย์กลางฝัก

ฝักวานิลลาสด จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก จ.เชียงใหม่ มีการพัฒนาความยาวฝักเพิ่มขึ้น ตามระยะการพัฒนารูปทรงของฝัก ฝักจะหยุดการเจริญทางด้านความยาว ตั้งแต่ฝักระยะที่ 3 สำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฝักวานิลลาในระยะต่างๆพบว่า มีความสอดคล้องกับการพัฒนาความยาวของฝักวานิลลา โดยฝักระยะที่ 1 2 และ 3 มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักเฉลี่ย 7.96, 8.57 และ 12.45 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ฝักมีลักษณะผิดปกติ มีปลายฝักขนาดใหญ่ รูปร่างฝักคล้ายหยดน้ำ (ภาพที่ 1) อาจมีสาเหตุจากสภาวะอากาศในโรงเรือนมีการระบายอากาศน้อย มีอุณหภูมิและความชื้นภายในเรือนปลูกวานิลลาสูงมาก ฝักเกิดการเข้าทำลายของโรคในระยะที่ 4-6 จึงไม่สามารถนำฝักวานิลลามาทำการทดลอง (รูปภาพผนวกที่ 1) จึงเก็บผลผลิตจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวางมาศึกษาแทน ซึ่งฝักมีการพัฒนาปกติ มีรูปร่างกระบอกยาว ทำให้มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักเล็กกว่า มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางฝัก 8.61 เซนติเมตร (ไม่แสดงข้อมูล)

ตารางที่ 1 ความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

	ระยะการพัฒนารูปทรงของฝักวานิลลา						F-test	CV (%)
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 4	ระยะที่ 5	ระยะที่ 6		
ความยาวของฝัก (ซม.)	10.39 ^a	13.41 ^a	17.93 ^b	18.00 ^b	17.58 ^b	16.31 ^b	*	6.25
ขนาด \emptyset ของฝัก (ซม.)	7.96 ^{bc}	8.57 ^b	12.45 ^a	7.84 ^{bc}	7.60 ^c	7.24 ^c	*	5.54

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

CV = coefficient of variation

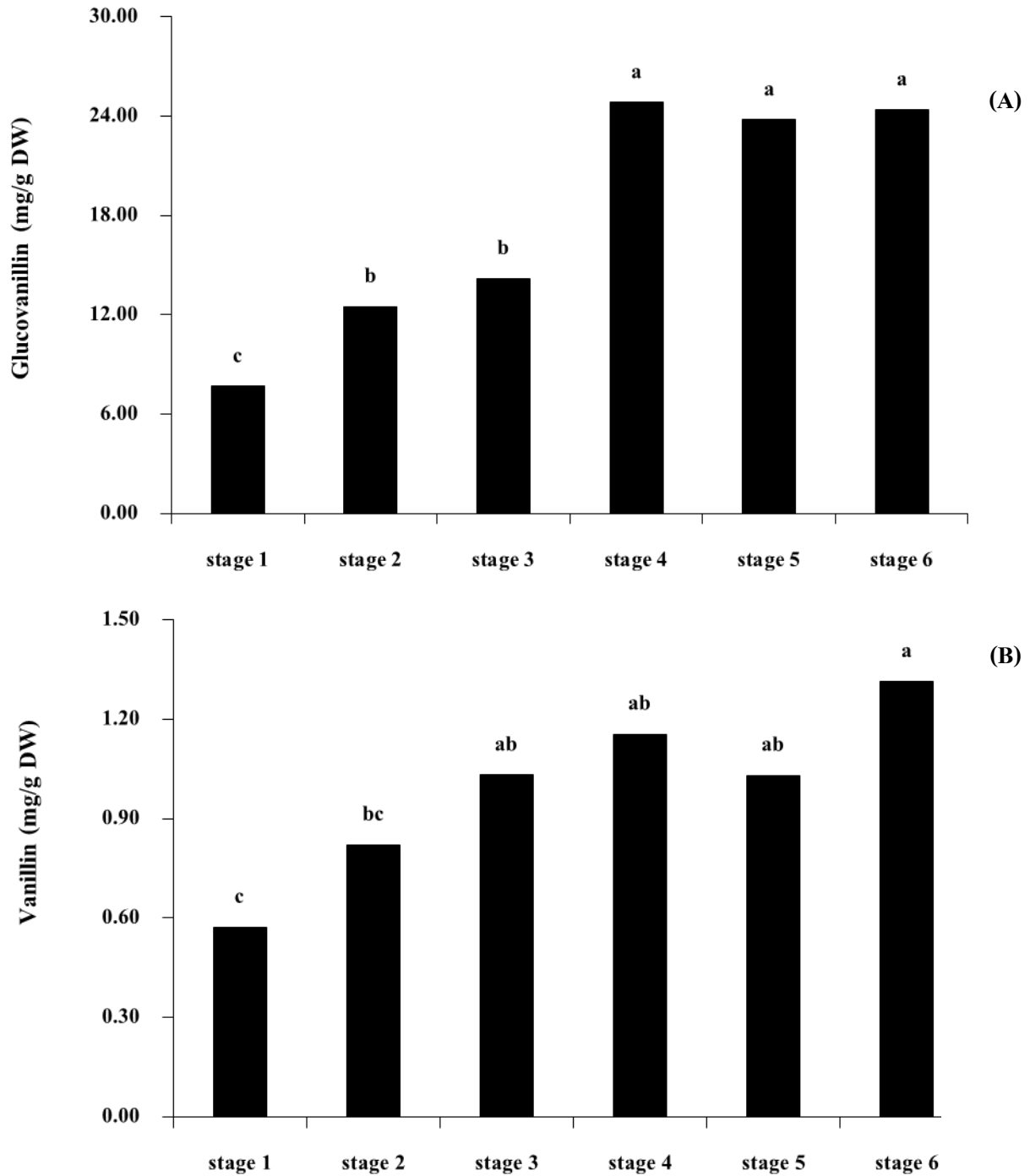
1.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของฝักวานิลลา

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารกลูโควานิลลินและสารวานิลลิน

ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณกลูโควานิลลินในฝักวานิลลาเพิ่มขึ้นเมื่อฝักมีระยะพัฒนาเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยพบว่าฝักระยะที่ 1 มี ปริมาณสารต่ำสุด เฉลี่ย 7.67 mg/g DW แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p > 0.01$) กับฝักในระยะอื่นๆ รองลงมาได้แก่ ฝักระยะ 2 และ 3 มีสารเฉลี่ย 13.35 mg/g DW และ ฝักในระยะที่ 4, 5 และ 6 มีปริมาณกลูโควานิลลินในฝักสูงสุด เฉลี่ย 24.33 mg/g DW และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 2 A, ตารางภาคผนวกที่ 1)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวานิลลินของฝักวานิลลาสด 6 ระยะ พบว่า ปริมาณวานิลลินเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนารูปทรงของฝัก โดยฝักวานิลลาระยะที่ 1 และ 2 มีปริมาณวานิลลินต่ำสุด เท่ากับ 0.57 และ 0.82 mg/g DW ตามลำดับ ฝักวานิลลาระยะที่ 3-5 มีปริมาณวานิลลินใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่าง 1.03-1.15 mg/g DW ฝักวานิลลาระยะที่ 6 ซึ่งเป็นระยะฝักแก่จัด หรือ overmature ยังพบว่ามีปริมาณวานิลลินเพิ่มมากขึ้น

มีค่าเฉลี่ย 1.31 mg/g DW ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p > 0.01$) (ภาพที่ 2 B, ตารางภาคผนวกที่ 1)

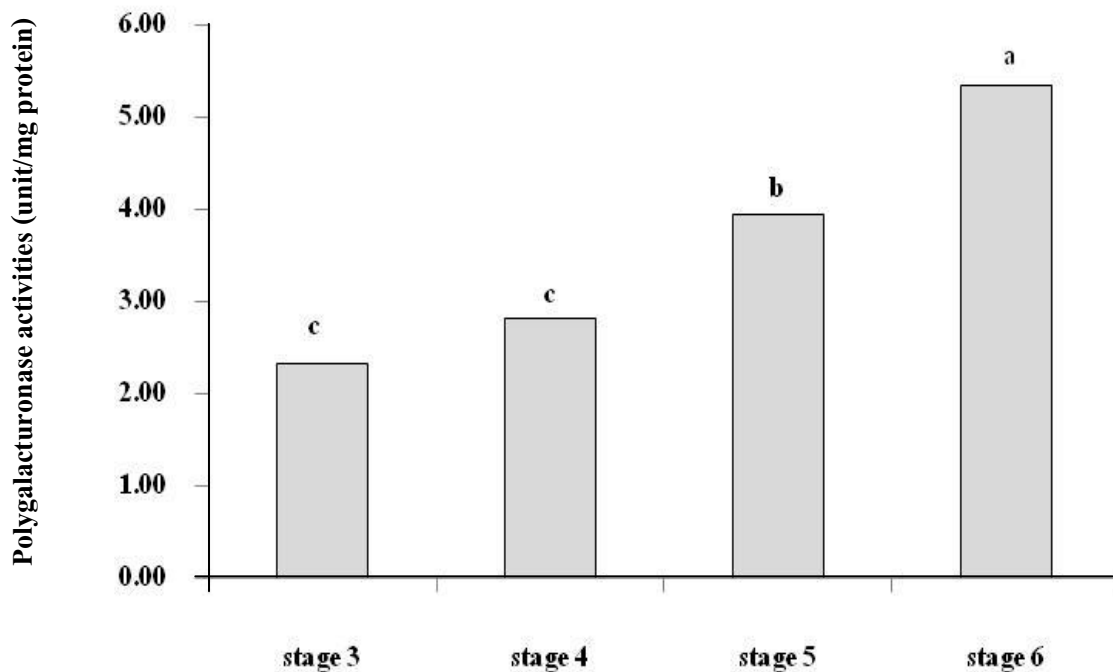


ภาพที่ 2 ปริมาณสารกลูโควานิลลิน (A) และสารวานิลลิน (B) ในฝักวานิลลาที่ระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสุกหรือการแตก

1) กิจกรรมเอนไซม์พอลิกลาแลคทูโรเนส (polygalacturonase; PG)

จากผลการทดลองพบว่าฝักรับประทาน stage 6 ซึ่งเป็นระยะฝักแก่เกิน (Overripe) มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด เฉลี่ย 5.34 unit/mg protein (1 unit มีค่าเท่ากับ 1 μ mol D-galacturonic acid/min.mg protein) และฝักรับประทาน stage 3 และ 4 มีกิจกรรมเอนไซม์ต่ำสุด เฉลี่ย 2.57 unit/mg protein แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพที่ 3 และตารางภาคผนวกที่ 2)



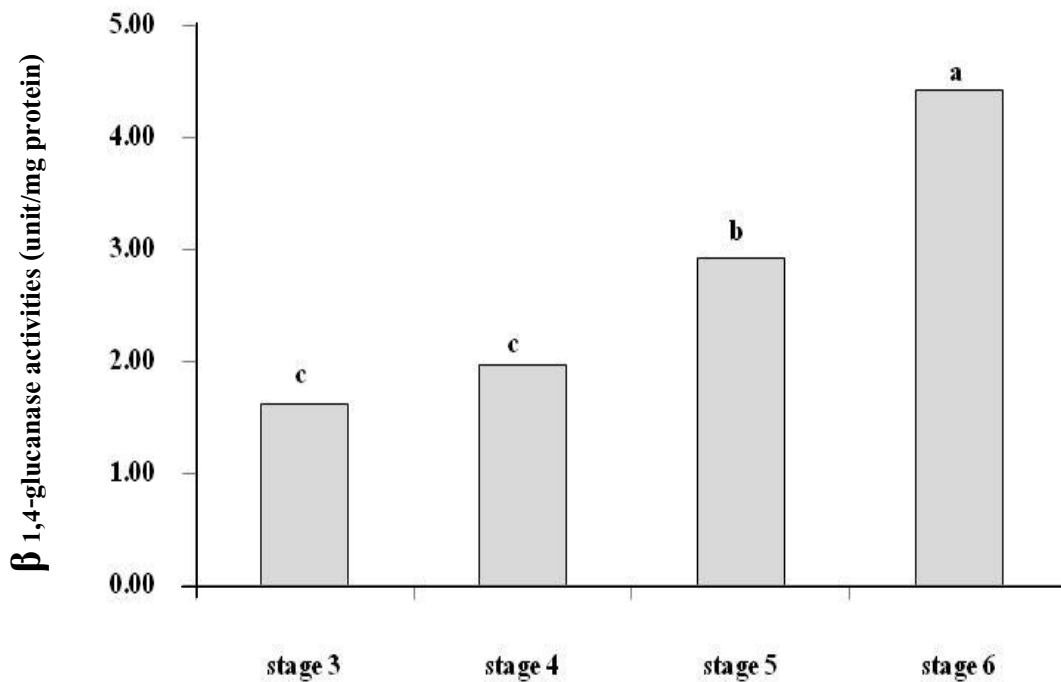
ภาพที่ 3 กิจกรรมเอนไซม์พอลิกลาแลคทูโรเนส ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ stage 3 = mature green, stage 4 = breaker, stage 5 = yellowing

และ stage 6 = over mature

2) กิจกรรมเอนไซม์เบต้ากลูคาเนส (β -1,4-glucanase)

จากผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ β -1,4-glucanase หรือ cellulase มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อฝักมีระยะพัฒนาเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยพบว่าฝักวานิลลา stage 6 ซึ่งเป็นระยะฝักแก่จัด (Overripe) มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด เฉลี่ย 4.42 unit/mg protein (1 unit มีค่าเท่ากับ 1 μ mol glucose/min.mg protein) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเนื้อเยื่อของฝักวานิลลา stage 3 และ 4 มีกิจกรรมเอนไซม์ต่ำสุด เฉลี่ย 1.79 unit/mg protein โดยมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 3)



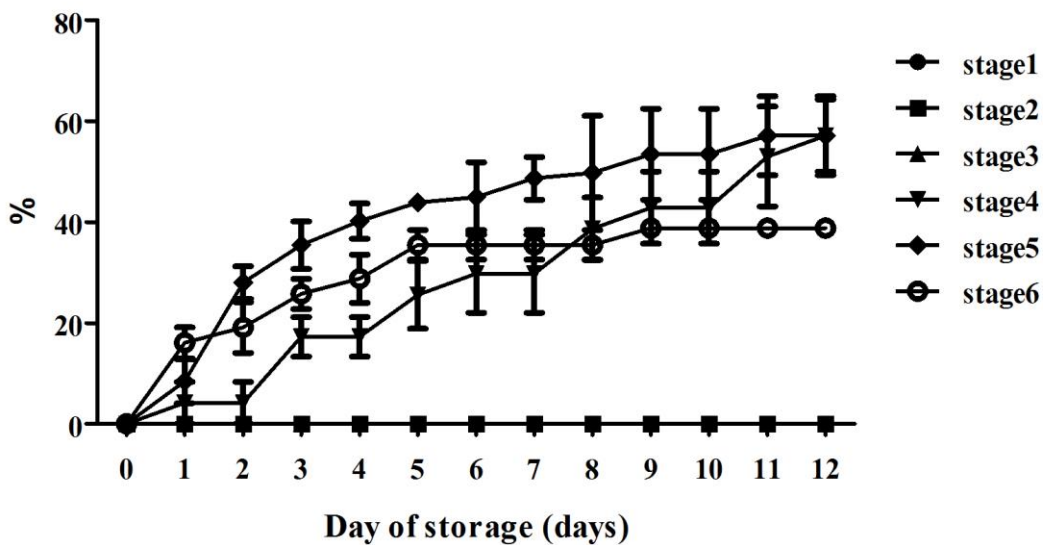
ภาพที่ 4 กิจกรรมเอนไซม์เบต้ากลูคาเนสในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลผลิตเอทิลีนและรูปแบบการหายใจของฝักวานิลลา

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีของฝักวานิลลา

2.1.1 เปอร์เซ็นต์การแตกของฝัก

ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า ในฝักวานิลลาระยะที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีการแตกของฝัก ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ฝักวานิลลาระยะที่ 4, 5 และ 6 พบการแตกของฝักเกิดขึ้น ในวันที่แรกของการเก็บรักษา โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักเท่ากับ 4.167, 8.467 และ 16.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากนั้นการแตกของฝักเพิ่มขึ้นจนวันที่ 12 ของการเก็บรักษา การแตกของฝักระยะที่ 4 5 และ 6 เท่ากับ 57.143, 57.143 และ 38.787 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p > 0.01$) (ภาพที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 4)



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์การแตกของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

หมายเหตุ stage 1 = young bean, stage 2 = green bean, stage 3 = mature green,
stage 4 = breaker, stage 5 = yellowing, stage 6 = over mature

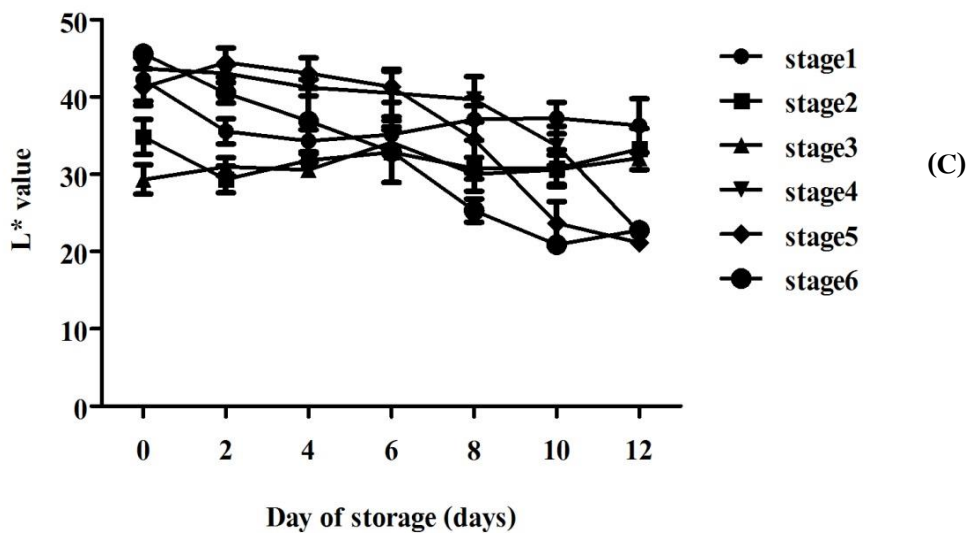
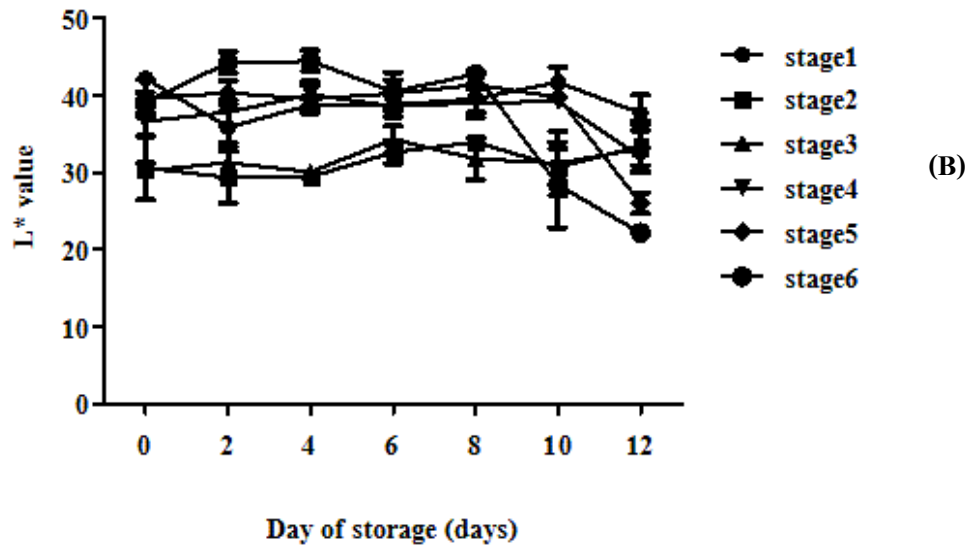
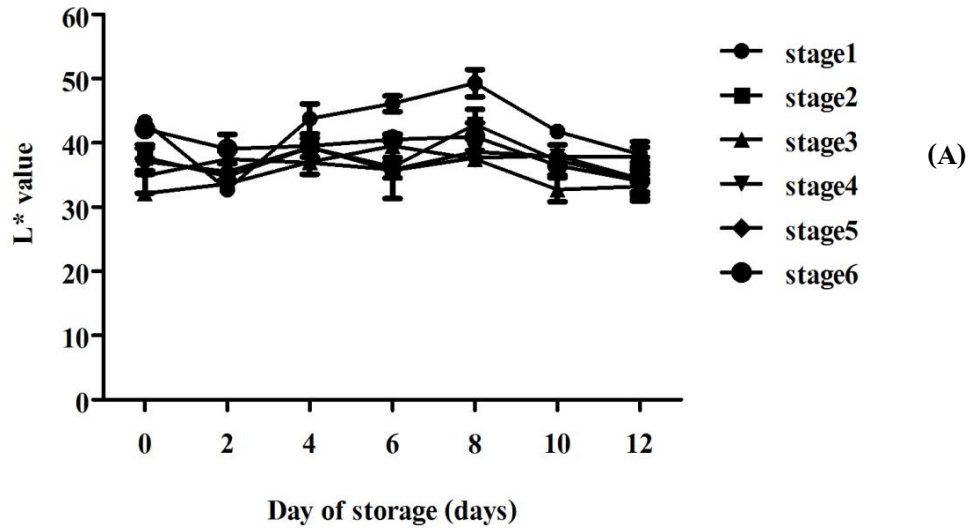
2.1.2 สีเปลือกฝักวานิลลา

ในระยะฝักที่ 1 ถึง 6 โดยแสดงค่าสีในส่วนหัว (A) กลาง (B) และปลายฝัก (C) โดยการวัดด้วย color meter ค่า L^* แสดงถึงความสว่างของฝักวานิลลา ค่าใกล้ 100 แสดงความสว่างสูงสุด ค่าใกล้ 0 แสดงถึงความคล้ำของฝักวานิลลา พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา ฝักวานิลลาระยะ 1, 2 และ 3 บริเวณกลางฝักและท้ายฝัก มีค่า L^* ค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา แต่ ระยะที่ 1 มีค่า L^* ตรงส่วนหัว ลดลงหลังจากเก็บรักษา 2 วัน แล้วมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษา ส่วนฝักวานิลลาระยะอื่นๆ ไม่มีการเพิ่มขึ้นในลักษณะดังกล่าว (ภาพที่ 6 และตารางภาคผนวกที่ 5, 8 และ 11)

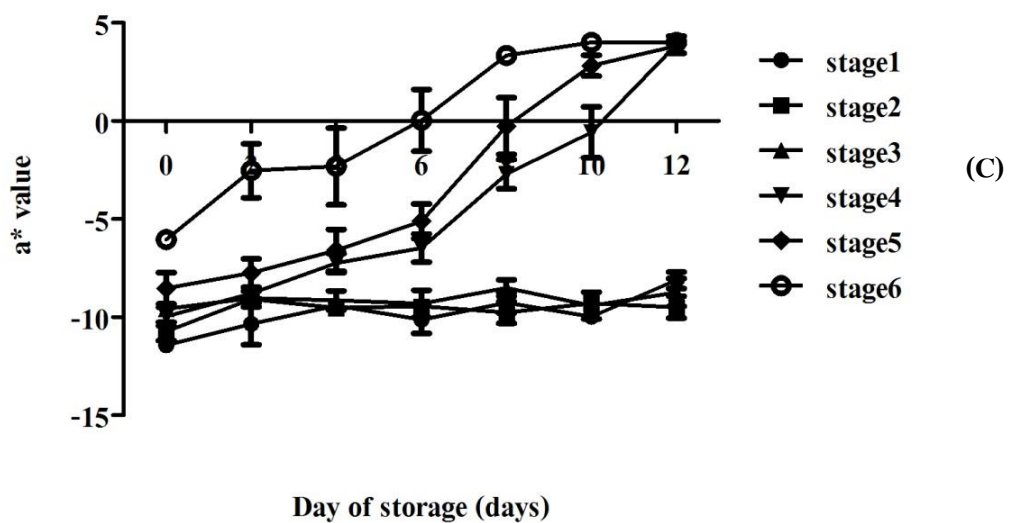
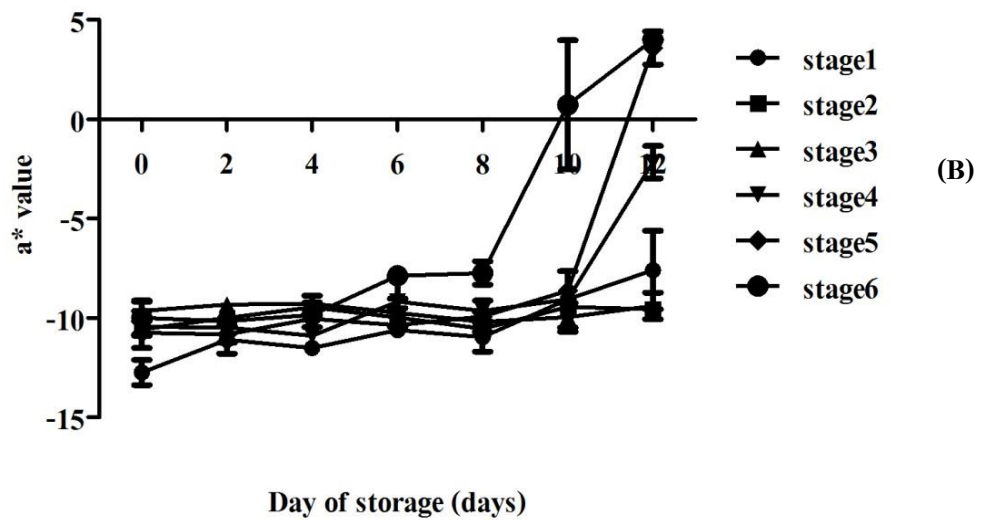
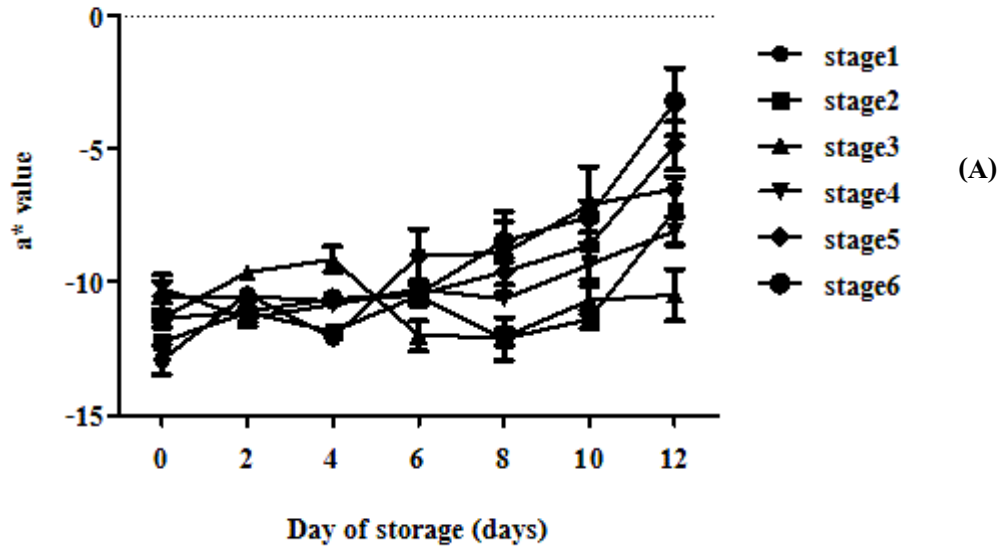
ส่วนค่า a^* แสดงถึงการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง โดยค่าลบ (-) แสดงถึงค่าความเป็นสีเขียว และบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีแดง จากผลการทดลอง พบว่าฝักวานิลลาส่วนหัวติดขั้วหลังการเก็บเกี่ยวระยะที่ 1 ถึง 6 มีค่า a^* ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยหลังจากเก็บรักษานาน 1 - 2 วัน ฝักระยะ 3 มีค่าเป็นค่าบวก ภายหลังจากเก็บรักษานาน 10-12 วัน ในขณะที่ฝักระยะ 1-3 ยังคงมีค่าเป็นลบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

โดยรวมฝักวานิลลาทุกระยะมีค่า a^* เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา หมายถึงฝักมีการลดลงของสีเขียวในระหว่างการสุกแก่ โดยพบว่าฝักระยะที่ 6 มีการลดลงของสีเขียวของฝักมากกว่าฝักระยะอื่น (ภาพที่ 7 และตารางภาคผนวกที่ 6, 9 และ 12)

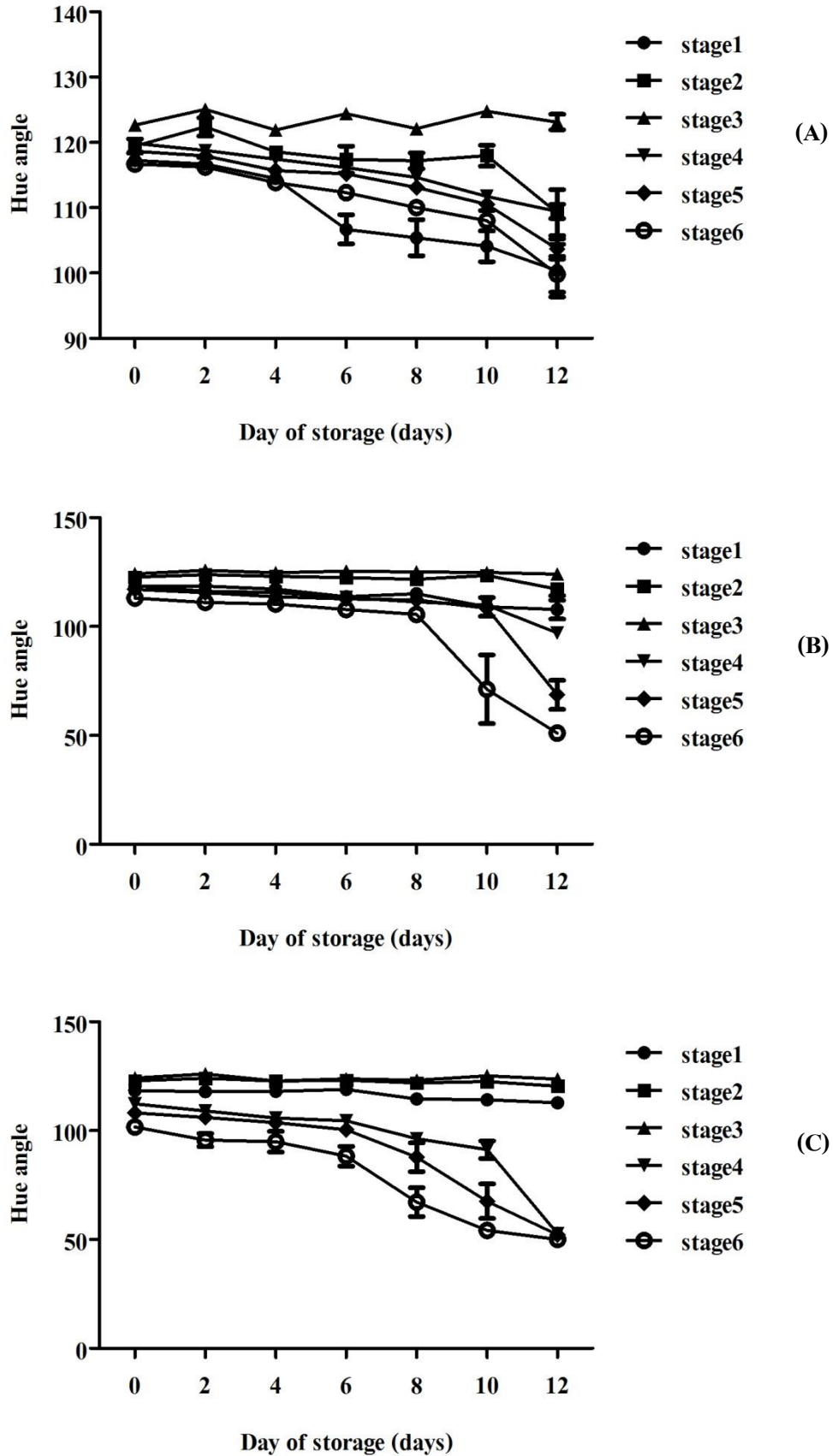
สำหรับค่า Hue ของฝักวานิลลาแสดงถึงความเป็นสีเขียว (+) และสีเหลือง (-) ของฝัก พบว่าฝักวานิลลาระยะ 1 ถึง 6 หลังการเก็บเกี่ยวมีค่า Hue ตรงส่วนหัวติดกับขั้ว มีลักษณะกราฟแตกต่างจากบริเวณกลางและท้ายฝักอย่างชัดเจน โดยค่า Hue ของฝักวานิลลาระยะที่ 3 มีค่า Hue มากที่สุด เนื่องจากเป็นระยะเริ่มแก่เขียว เปลือกฝักมีสีเขียวอมน้ำตาลหรือดำ แต่ยังไม่สีเหลืองปรากฏ มีอายุ 6 เดือนหลังจากวันที่ผสมดอก และฝักวานิลลาระยะที่ 6 มีค่า Hue น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับฝักวานิลลาระยะอื่น ทั้งนี้ ฝักวานิลลาระยะที่ 4, 5 และ 6 มีการลดลงของค่า Hue อย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับวานิลลาระยะ 1, 2 และ 3 ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ค่า Hue ของวานิลลาบริเวณปลายฝักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยฝักระยะ 1 ถึง 3 มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่ฝักระยะ 4, 5 และ 6 มีค่า Hue ลดลงตามลำดับ (ดังภาพที่ 8 และตารางภาคผนวกที่ 7, 10 และ 13)



ภาพที่ 6 ค่าความสว่าง (L^*) ของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน บริเวณส่วนหัว (A) กลาง (B) และปลายฝัก (C) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน



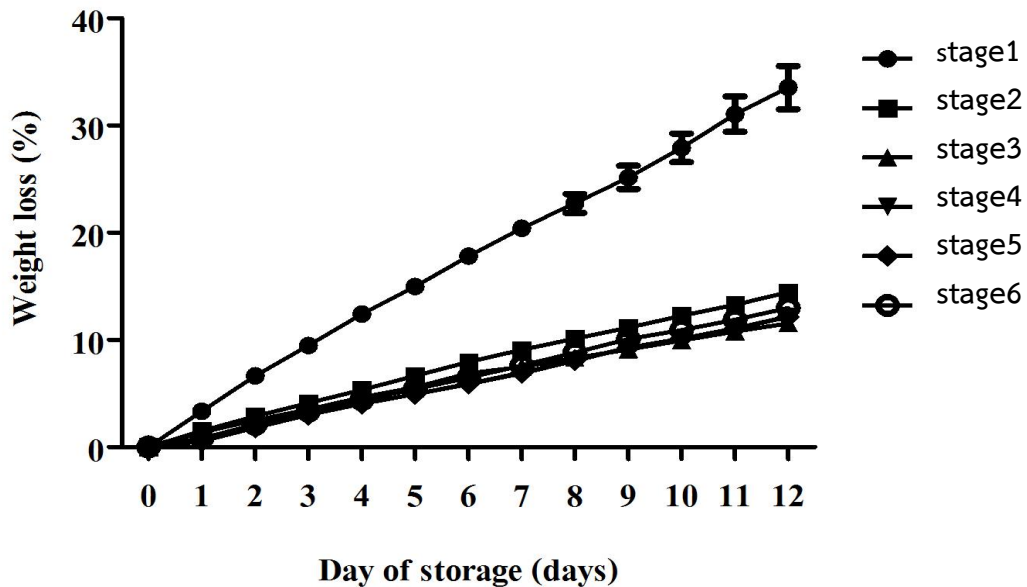
ภาพที่ 7 ค่า a^* ของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน บริเวณส่วนหัว (A) กลาง (B) และปลายฝัก (C) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน



ภาพที่ 8 ค่า Hue angel ของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน บริเวณส่วนหัว (A) กลาง (B) และปลายฝัก (C) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

2.1.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

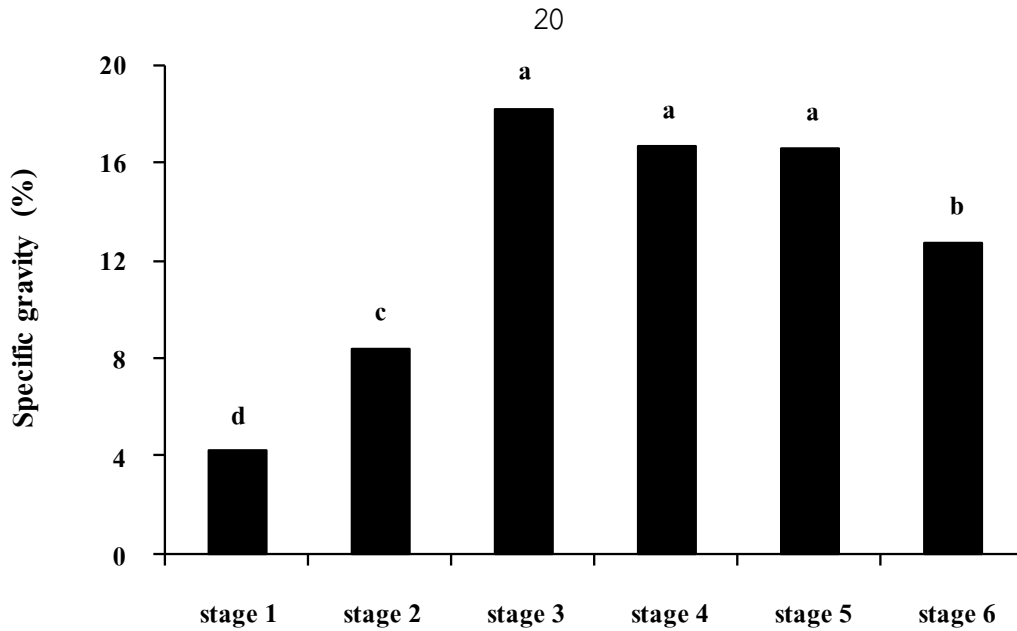
ฝักวานิลลาระยะที่ 1 หรือฝักอ่อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าฝักระยะอื่นๆ มีการสูญเสียน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันโดยมีการสูญเสียน้ำหนักสดเฉลี่ยไม่เกิน 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ดังภาพที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 14)



ภาพที่ 9 การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่ต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

2.1.4 ความถ่วงจำเพาะฝักวานิลลาหลังการเก็บรักษา

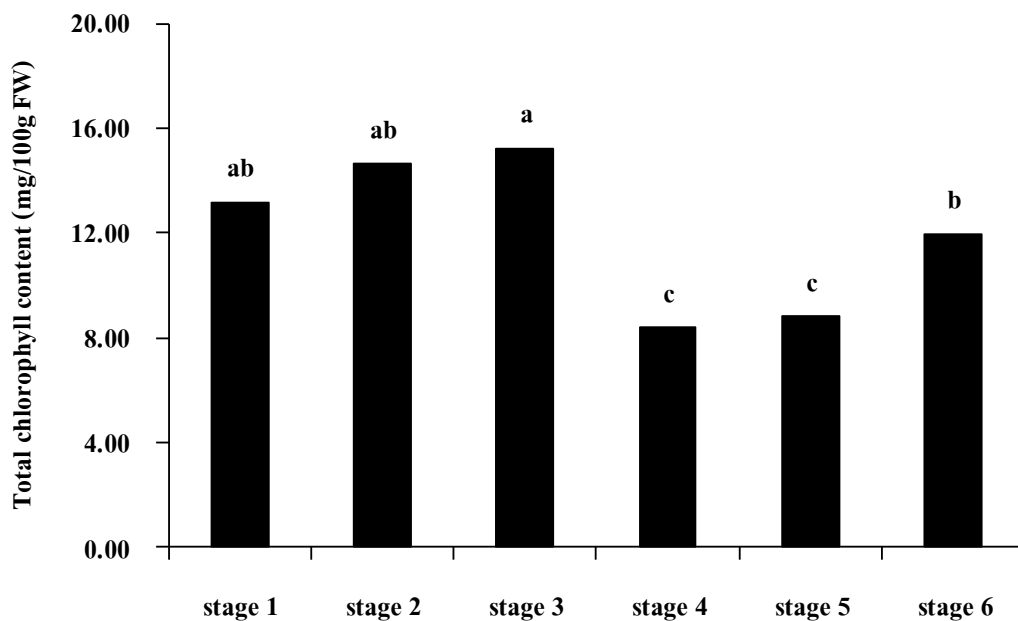
ฝักวานิลลาระยะที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำสุด เฉลี่ย 4.18 และมีค่าเพิ่มขึ้น ในระยะฝักที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดที่ระยะฝักที่ 3 แต่ค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงในฝักวานิลลาระยะที่ 4 และ 5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.15 ในระยะที่ 6 มีค่าถ่วงจำเพาะลดลง เฉลี่ย 12.75 โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p > 0.01$) (ภาพที่ 10 และตารางภาคผนวกที่ 15)



ภาพที่ 10 ค่าความถ่วงจำเพาะของฝักวานิลลาสต 6 ระยะ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของฝักวานิลลาในระยะที่ 1 ถึง 6 พบว่า ฝักวานิลลา ระยะที่ 1-3 มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ $14.50 \text{ mg}/100\text{g FW}$ จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ในระยะที่ 4 และ 5 โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เฉลี่ยเท่ากับ $8.60 \text{ mg}/100\text{g FW}$ และฝักวานิลลาในระยะที่ 6 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ $11.96 \text{ mg}/100\text{g FW}$ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($p>0.01$) (รูปที่ 11 และตารางภาคผนวกที่ 16)

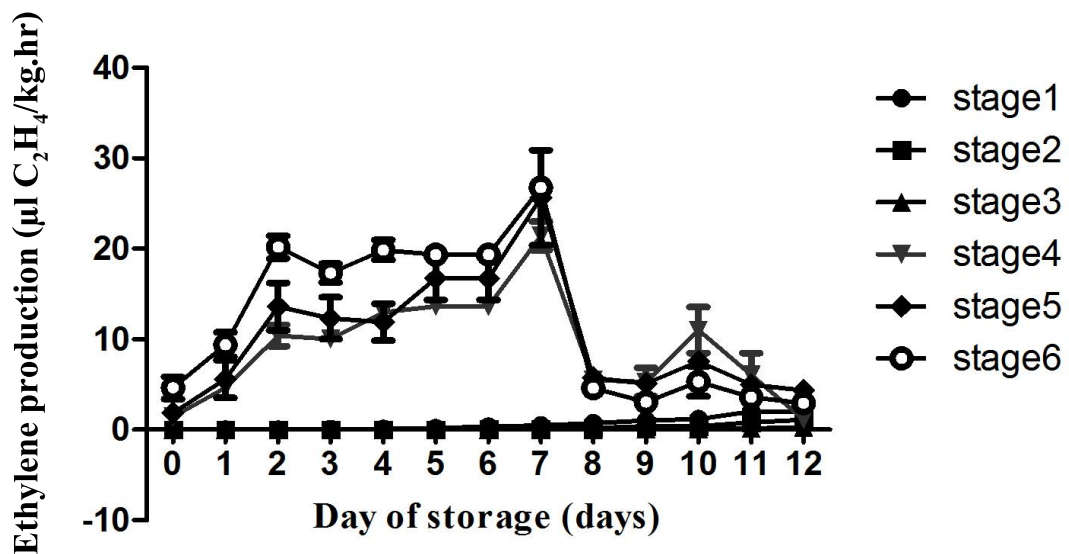


ภาพที่ 11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักวานิลลาสตในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของฝักวานิลลาในระหว่างการเก็บรักษา

2.2.1 อัตราการผลิตเอทิลีน

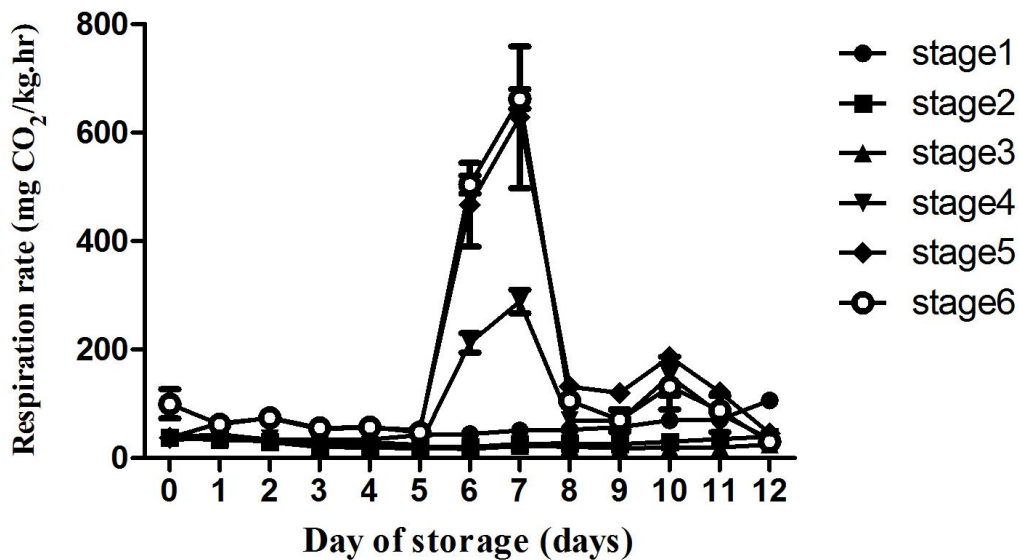
ฝักวานิลลาระยะที่ 1 ถึง 3 ระยะฝักอ่อน มีการผลิตเอทิลีนเล็กน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0533, 0.010 และ 0.003 (หน่วย) $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{hr}$ ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ฝักวานิลลาระยะที่ 1 มีเปลือกฝักสีเขียวอ่อนหรือสีใต้อ่อน มีอายุประมาณ 3-4 เดือนหลังจากวันที่ผสมดอก ระยะที่ 2 เป็นระยะเริ่มแก่ เปลือกสีเขียวเป็นมัน มีอายุ 5 เดือนหลังจากวันที่ผสมดอก และระยะที่ 3 เป็นระยะเริ่มแก่เขียว เปลือกฝักมีสีเขียวอมน้ำตาลหรือดำ แต่ยังไม่มีการผลิตเอทิลีนปรากฏ มีอายุ 6 เดือนหลังจากวันที่ผสมดอก ในขณะที่ฝักวานิลลาระยะที่ 4 ถึง 6 มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน โดยวานิลลาระยะที่ 6 ซึ่งเป็นระยะฝักแก่จัด (overmature) ที่สีเหลืองปรากฏชัดเจนและเปลือกเป็นสีเหลืองตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ผิวฝักรวม มีอายุ 9 เดือนหลังจากวันที่ผสมดอก มีการผลิตเอทิลีนน้อยกว่าฝักวานิลลาในระยะ 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 21.450, 25.643 และ 26.790 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{hr}$ ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษา 7 วัน ฝักวานิลลาในระยะ 4 ถึง 6 มีแนวโน้มการผลิตเอทิลีนลดต่ำลง โดยพบว่าในช่วงหลังของการเก็บรักษาฝักวานิลลาระยะที่ 4 มีการผลิตเอทิลีนสูงกว่าระยะที่ 5 และ 6 ตามลำดับ และมีการผลิตเอทิลีนสูงกว่าฝักวานิลลาระยะที่ 1 ถึง 3 ดังภาพที่ 12 และตารางภาคผนวกที่ 11



ภาพที่ 12 อัตราการผลิตเอทิลีนของฝักวานิลลาระยะระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

2.2.2 อัตราการหายใจ (CO_2) ของฝักวานิลลา

ฝักวานิลลาในระยะที่ 1-3 มีอัตราการหายใจหลังจากเก็บเกี่ยวเฉลี่ย $37.29 \text{ mg CO}_2/\text{kg hr}$ ส่วนฝักวานิลลาในระยะที่ 4-6 มีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ $131.31 \text{ mg CO}_2/\text{kg hr}$ หลังจากเก็บรักษา อัตราการหายใจของฝักวานิลลาทุกระยะมีค่าคงที่ แต่ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ฝักวานิลลาระยะที่ 4 ถึง 6 มีการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (peak) โดยมีอัตราการหายใจสูงสุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาโดยฝักวานิลลาระยะที่ 6 ซึ่งเป็นระยะฝักแก่จัดมีอัตราการหายใจสูงสุด รองลงมาได้แก่ฝักวานิลลาระยะที่ 5 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการหายใจเท่ากับ 662.54 , 628.15 และ $288.82 \text{ mg CO}_2/\text{kg hr}$ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาฝักวานิลลามีอัตราการหายใจลดลง แต่ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ฝักวานิลลาระยะที่ 4 5 และ 6 มีการหายใจเพิ่มสูงขึ้นแล้วลดลง (double peak) มีค่าเท่ากับ 186.42 , 150.95 และ $131.60 \text{ mg CO}_2/\text{kg hr}$ ตามลำดับ โดยไม่พบอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นครั้งที่สอง ในฝักระยะ 1 2 และ ระยะที่ 3 ดังภาพที่ 13 และตารางภาคผนวกที่ 18

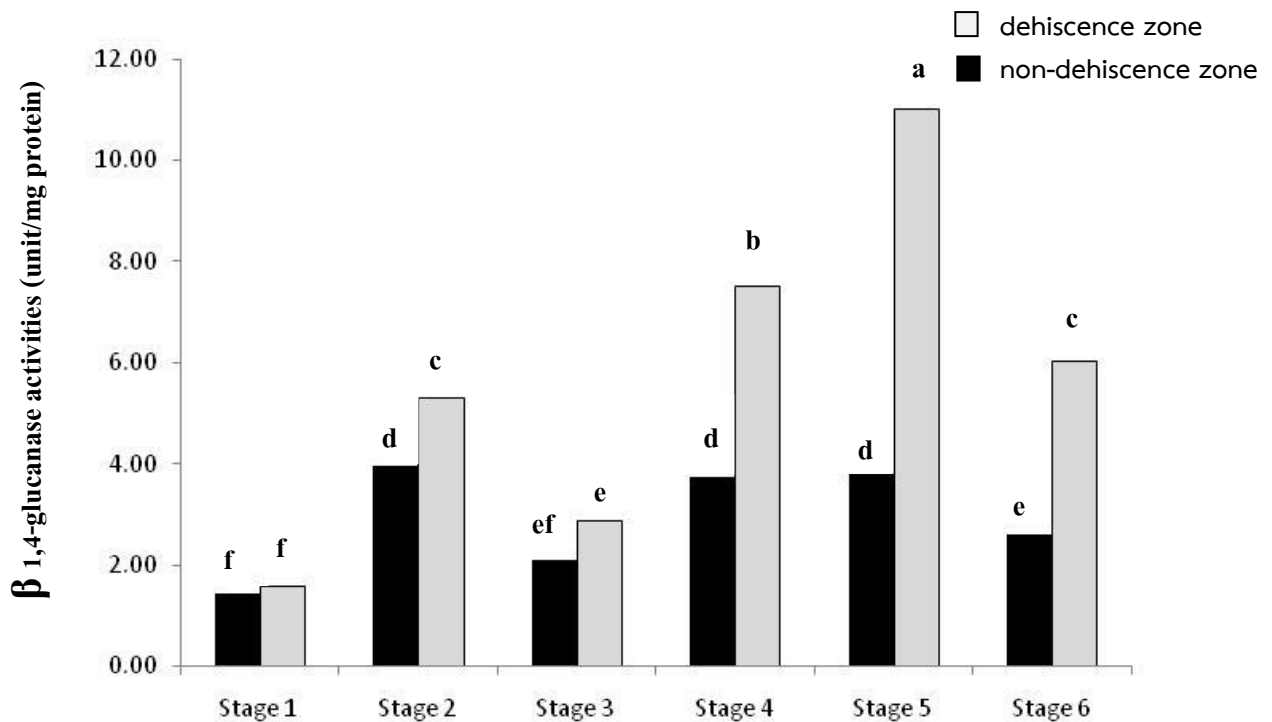


ภาพที่ 13 อัตราการหายใจของฝักวานิลลาระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

2.2.3 กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับย่อยสลายของผนังเซลล์และการแตกของฝักวานิลลา

1) กิจกรรมเอนไซม์เบต้ากลูคาเนส (β -1,4-glucanase)

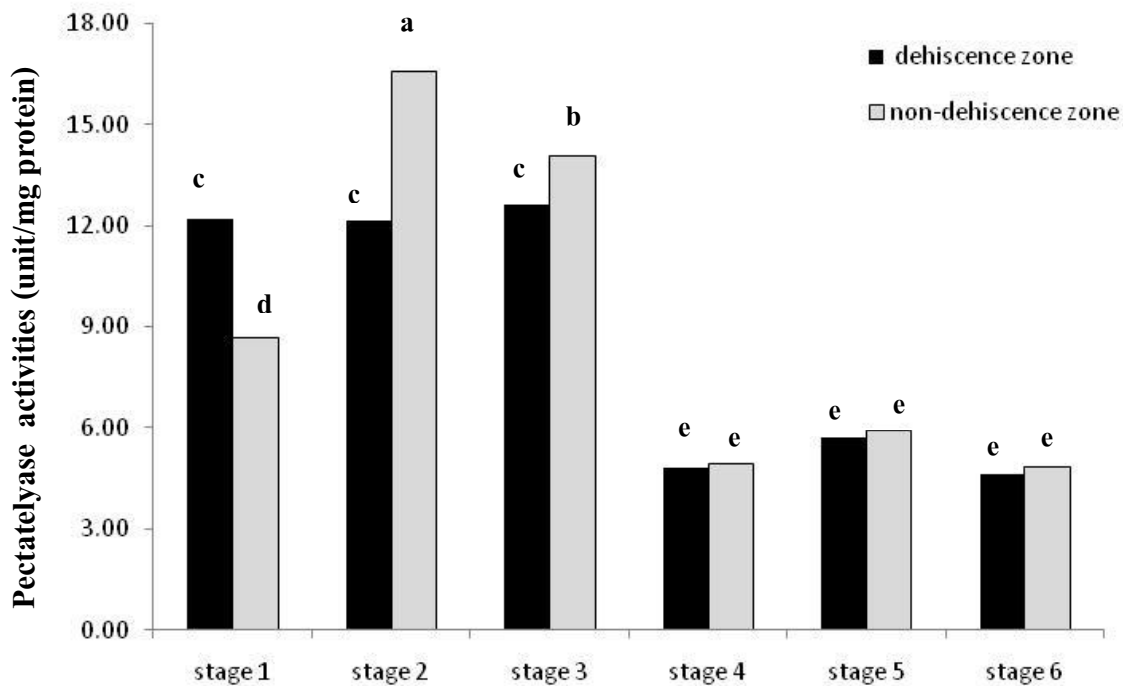
จากผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ β -1,4-glucanase หรือ cellulase เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับระยะการพัฒนาของฝักเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยพบว่าฝักวานิลลาในทุกระยะการพัฒนา มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดรอยแตก (dehiscence zone; DZ) สูงกว่ากิจกรรมเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณนอกรอยแตก (non-dehiscence zone, NDZ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณ DZ ของฝักวานิลลา stage 5 ซึ่งเป็นระยะฝักเหลือง (Yellowing) มีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด เฉลี่ย 11.00 unit/mg protein (1 unit มีค่าเท่ากับ $1 \mu\text{mol glucose}/\text{min.mg protein}$) รองลงมาได้แก่ stage 2 หรือฝักระยะเปลี่ยนสี มีกิจกรรมเอนไซม์เฉลี่ย 7.51 unit/mg protein โดยฝักวานิลลา stage 1 ซึ่งเป็นระยะฝักอ่อน (Young) มีกิจกรรมเอนไซม์ต่ำสุด เฉลี่ย 1.58 และ 1.43 unit/mg protein ในเนื้อเยื่อ DZ และ NDZ ตามลำดับ (ภาพที่ 14 และตารางภาคผนวกที่ 19)



ภาพที่ 14 กิจกรรมเอนไซม์เบต้ากลูคาเนสเปรียบเทียบเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตก (dehiscence zone) และเนื้อเยื่อบริเวณนอกรอยแตก (non-dehiscence zone) ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

2) กิจกรรมเอนไซม์แพคเตสไลเอส (pectate lyase; PL)

จากผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แพคเตสไลเอส ใน stage 1 มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดรอยแตก (dehiscence zone; DZ) สูงกว่ากิจกรรมเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณนอกรอยแตก (non-dehiscence zone; NDZ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพบว่า ในเนื้อเยื่อฝักวานิลลา stage 2 ของ NDZ มีกิจกรรมเอนไซม์ PL สูงสุด เฉลี่ย 16.56 unit/mg protein (1 unit มีค่าเท่ากับ $1 \mu\text{mol}$ unsaturated oligogalacturonides /min.mg protein) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ แต่ฝักวานิลลา stage 3, 4 และ 5 มีกิจกรรมเอนไซม์ทั้งเนื้อเยื่อ DZ และ NDZ ต่ำสุด เฉลี่ย 1.16 unit/mg protein อย่างไรก็ตามกลับพบว่ากิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้น ในฝัก stage 5 และ 6 โดยมีกิจกรรมเอนไซม์ เฉลี่ย 5.15 unit/mg protein มีกิจกรรมไม่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อ DZ และ NDZ (ภาพที่ 15 และตารางภาคผนวกที่ 20)



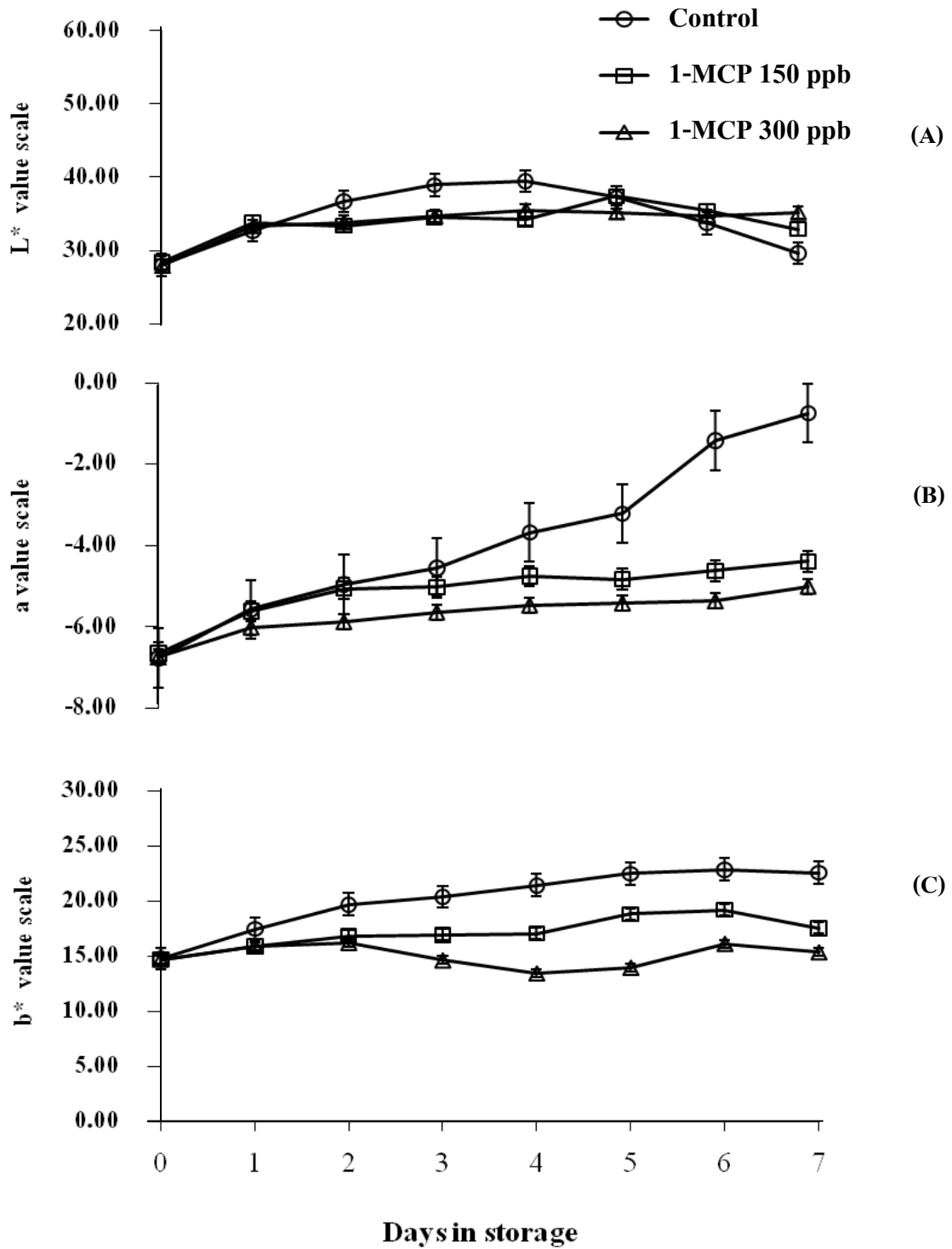
ภาพที่ 15 กิจกรรมเอนไซม์แพคเตสไลเอส เปรียบเทียบเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตก (dehiscence zone) และเนื้อเยื่อบริเวณนอกรอยแตก (non-dehiscence zone) ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารละลายสาร 1-MCP และเอทิฟอนต่อการแตกของฝักวานิลลา

การทดลองที่ 3.1 ผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของฝักวานิลลา

3.1.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกฝัก

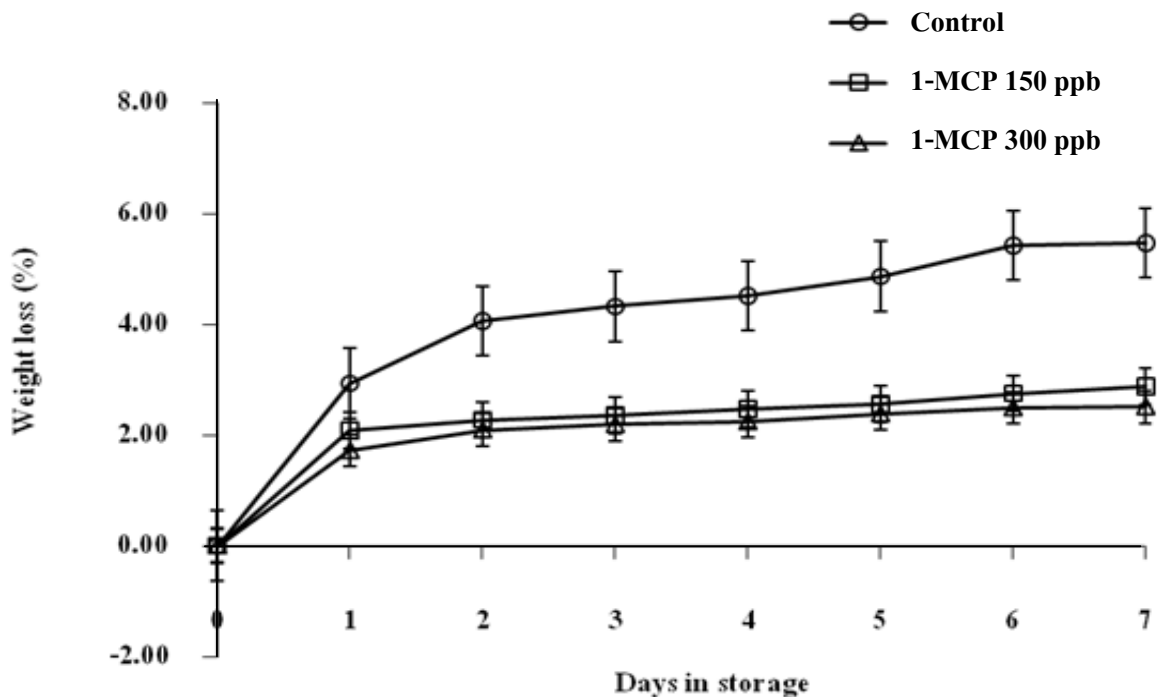
จากการศึกษาพบว่า ค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงหลังของระยะการเก็บรักษา โดยชุดควบคุม มีค่า L^* อยู่ระหว่าง 28.01-39.43 และมีค่า L สูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบกับฝักวานิลลาที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี ในวันที่ 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาต่อในวันที่ 5-7 พบว่าค่า L มีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า a^* พบว่าตลอดระยะการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกทริตเมนต์ โดยชุดควบคุม มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -6.77 ถึง -0.75 สูงกว่าฝักวานิลลาชุดที่รมสาร 1-MCP แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับฝักที่รมด้วย 1-MCP โดยในวันที่ 4-7 ของการเก็บรักษา ฝักวานิลลาชุดที่รม 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -6.65 ถึง -4.39 และชุดที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -6.75 ถึง -5.00 สำหรับค่า b^* ในตลอดระยะการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในทุกทริตเมนต์ โดยชุดควบคุมมีค่า b^* อยู่ระหว่าง 14.78 ถึง 22.57 สูงกว่าชุดที่รมสาร 1-MCP มีค่า b^* อยู่ระหว่าง 13.49 ถึง 19.21 (ภาพที่ 16, ตารางภาคผนวก 21, 22 และ 23)



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงสีผิว (ค่า L* a* และ b*) ของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

3.1.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลา

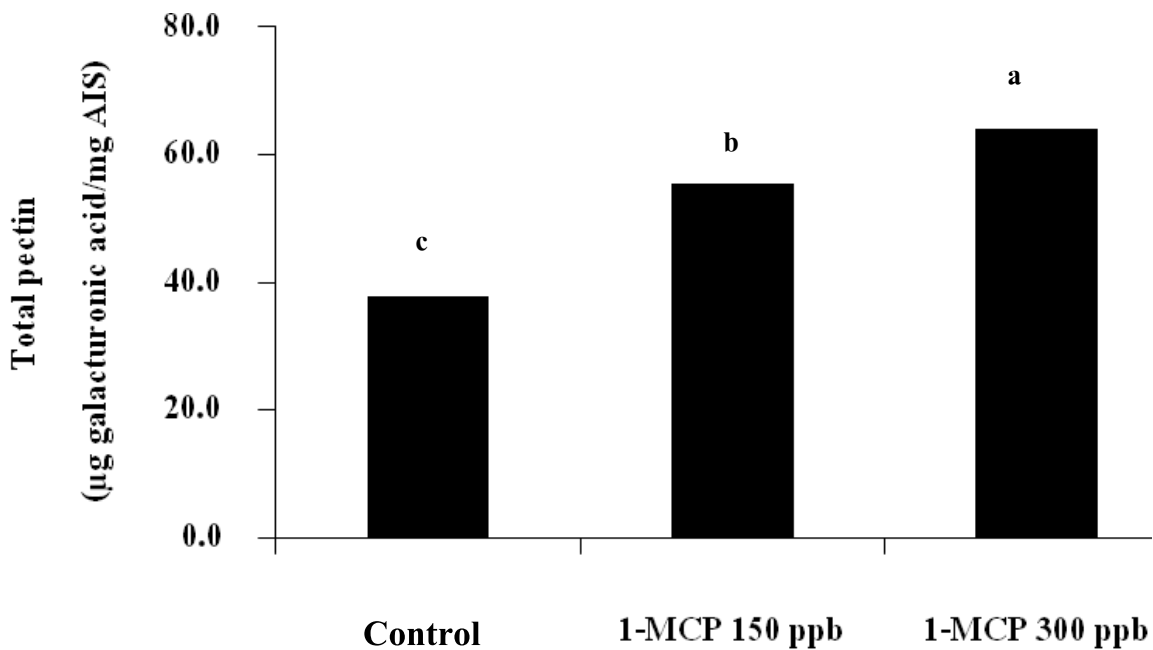
จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลา ฝักวานิลลาที่รมด้วย สาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี และฝักวานิลลาที่ไม่รม 1-MCP ไม่กลุ่มสารละลายเอทิลฟอน (ชุดควบคุม) พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด อยู่ระหว่าง 2.93 - 5.47 สูงกว่าฝักที่รมด้วย 1-MCP แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด อยู่ระหว่าง 2.08 - 2.88 และฝักชุดที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด อยู่ระหว่าง 1.72 - 2.51 (ภาพที่ 17, ตารางภาคผนวกที่ 24)



ภาพที่ 17 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

3.1.3 ปริมาณเพกตินทั้งหมด (total pectin)

หลังจากการเก็บรักษา นำฝักวานิลลามาวិเคราะห์ปริมาณเพกตินทั้งหมด พบว่า ปริมาณเพกตินทั้งหมดของทุกทรีตเมนต์ มีค่าอยู่ระหว่าง 32.13 ถึง 64.00 μg galacturonic acid/mg AIS โดยฝักวานิลลาที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี มีปริมาณเพกตินทั้งหมดสูงที่สุด คือ 64.00 μg galacturonic acid/mg AIS รองลงมา คือ ฝักวานิลลาที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี และชุดควบคุม ซึ่งมีปริมาณเพกตินทั้งหมด 55.56 และ 37.82 μg galacturonic acid/mg AIS ตามลำดับ (ภาพที่ 18, ตารางผนวกที่ 25)

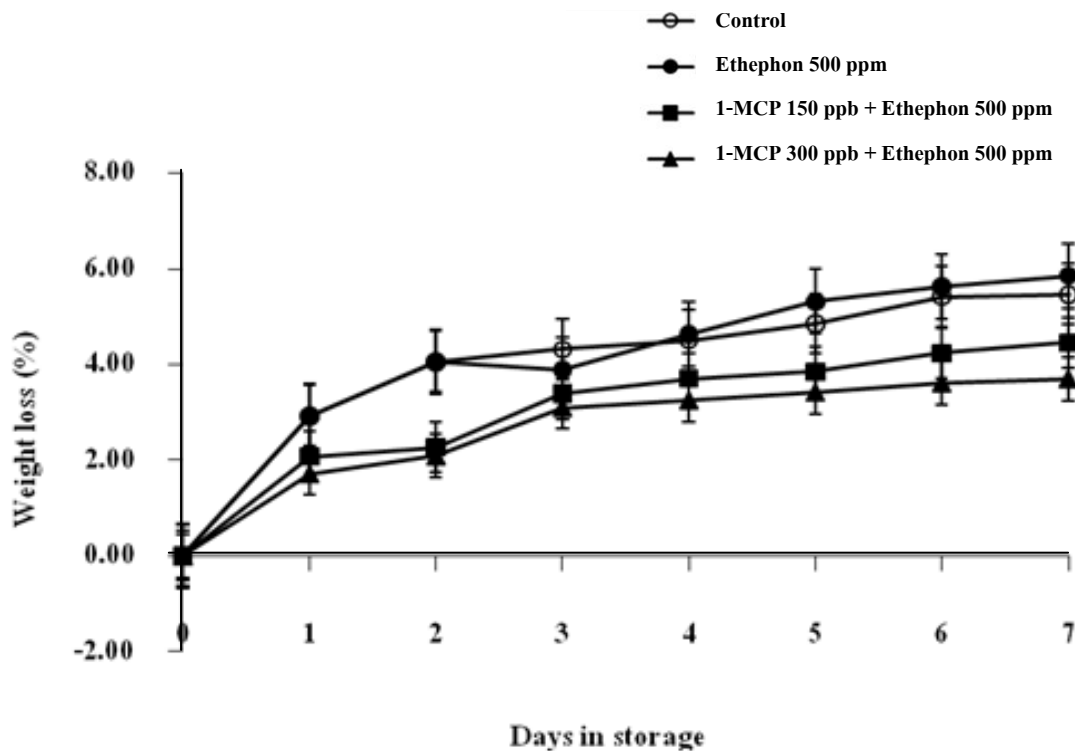


ภาพที่ 18 ปริมาณเพกตินทั้งหมด (total pectin) ในฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

การทดลองที่ 3.2 ผลของ 1-MCP ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของฝักวานิลลา

3.2.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

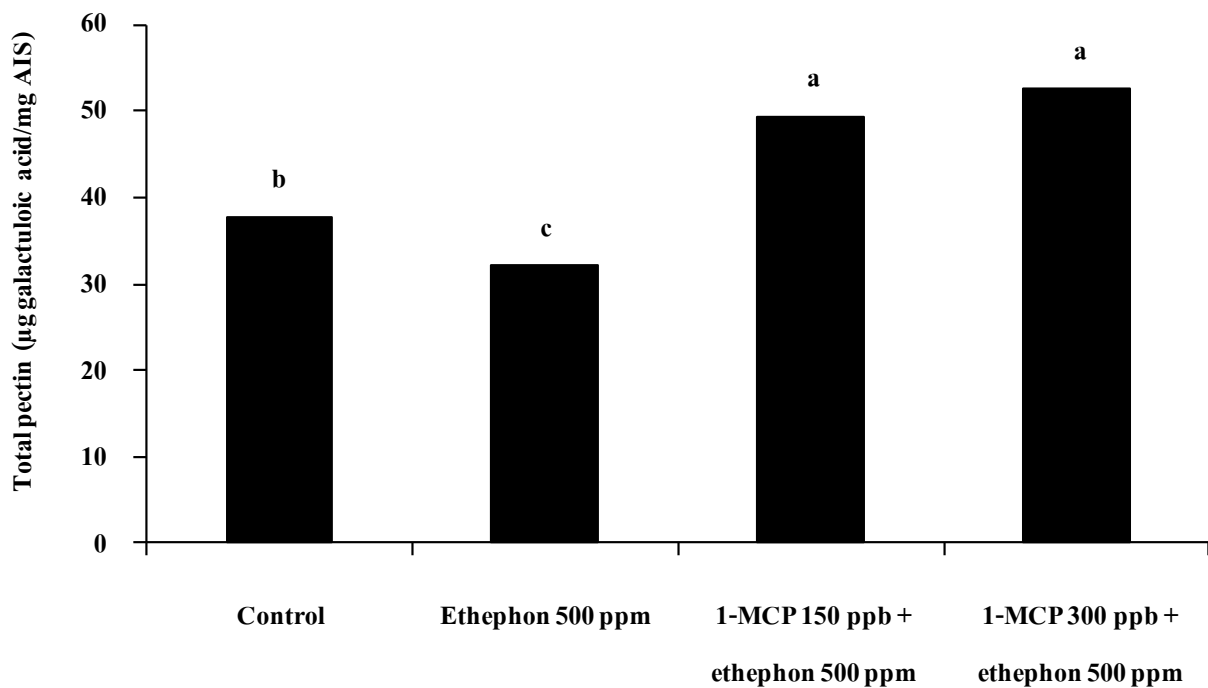
จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลา พบว่า ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด อยู่ระหว่าง 2.93 - 5.47 สูงกว่าชุดที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด อยู่ระหว่าง 2.08 - 2.88 ชุดที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด อยู่ระหว่าง 1.72 - 2.51 (ภาพที่ 19, ตารางผนวกที่ 26)



ภาพที่ 19 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

3.2.2 ปริมาณเพกตินทั้งหมด (total pectin)

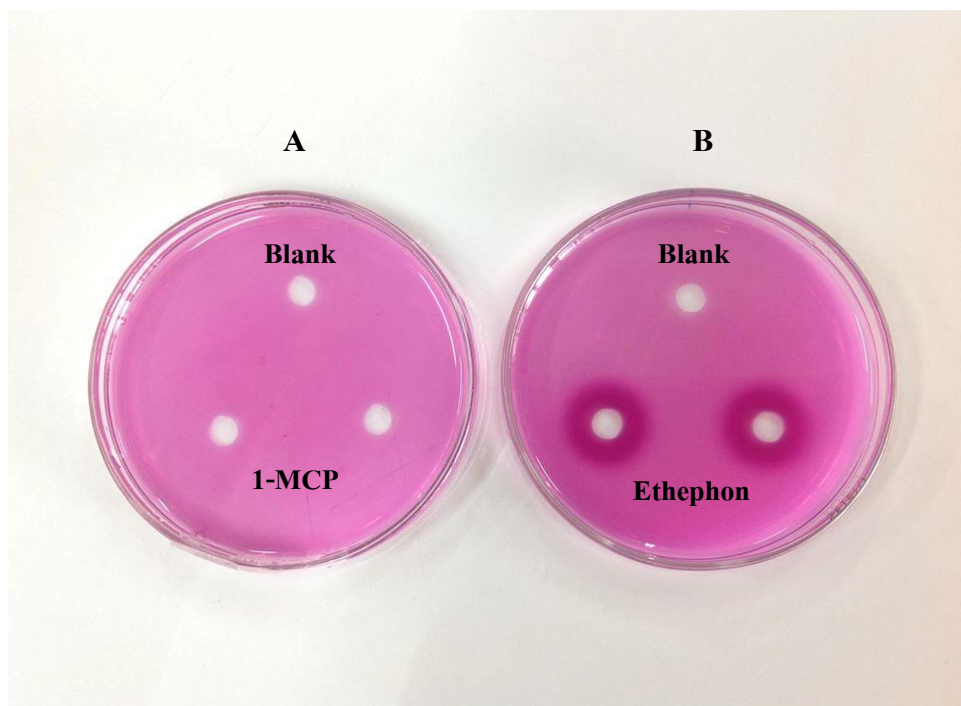
หลังจากการเก็บรักษา นำฝักวานิลลามาศึกษาปริมาณเพกตินทั้งหมด พบว่า ปริมาณเพกตินทั้งหมดของทุกระดับความเข้มข้น 1-MCP มีความเข้มข้น 300 พีพีบี มีปริมาณเพกตินทั้งหมดสูงที่สุด คือ 64.00 μg galacturonic acid/mg AIS รองลงมา คือ ฝักวานิลลาที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 พีพีบี และชุดควบคุม ซึ่งมีปริมาณเพกตินทั้งหมด 55.56 และ 37.82 μg galacturonic acid/mg AIS ตามลำดับ (ภาพที่ 20, ตารางผนวกที่ 27)



ภาพที่ 20 ปริมาณเพกตินทั้งหมด (total pectin) ในฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

3.2.3 กิจกรรมเอนไซม์พอลิกลาแลคทูโรเนสด้วยวิธี gel diffusion assay

สกัดเนื้อเยื่อฝักวานิลลาจากบริเวณรอยแตก (dehiscence zone) ภายหลังจากรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 ppb เปรียบเทียบกับเอนไซม์ที่สกัดจากฝักวานิลลาที่จุ่มด้วยสารละลายเอธิฟอน ความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 5 นาที ก่อนเก็บรักษา 6 วัน ด้วยวิธี gel diffusion assay โดยหลุมบนของแต่ละเพลทคือ blank (Sodium acetate buffer) หรือชุดควบคุม ส่วน 2 หลุมล่าง คือสารสกัดตัวอย่างจากไนทรีตเมนต์ ผลการทดลองพบว่าเอนไซม์ที่สกัดจากฝักวานิลลาที่ได้รับ 1-MCP ไม่มีกิจกรรมของเอนไซม์ PG ไม่เกิด clear zone โดยไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ส่วนฝักที่จุ่มสารละลายเอธิฟอน มีกิจกรรมเอนไซม์ PG ปรากฏ zone สีเข้ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.62 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งไม่มี zone ดังกล่าว (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 กิจกรรมเอนไซม์พอลิกลาแลคทูโรเนส จากเนื้อเยื่อบริเวณรอยแตกของฝักวานิลลาที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง (A) และฝักวานิลลาที่จุ่มด้วยเอธิฟอน ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 5 นาที (B) ก่อนเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

*Blank คือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท (Na Acetate buffer)

อภิปรายและวิจารณ์ผล

1. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการแตกของฝักวานิลลา

ในอดีตการกำหนดความแก่ทางสรีรวิทยาของฝักวานิลลา ส่วนใหญ่นับอายุฝักหลังจากการผสมเกสร โดยส่วนใหญ่ฝักจะแก่พร้อมเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุฝัก ประมาณ 7 เดือนขึ้นไป แต่ฝักที่ปลูกในที่สูงกว่าพื้นเมตรจากระดับน้ำทะเลฝักจะแก่ช้ากว่า อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวจะใช้สายตาพิจารณาสีเปลือกควบคู่ไปกับการนับจำนวนวันหลังการผสมเกสร จากการสังเกตของผู้เชี่ยวชาญการปลูกและดูแลฝักวานิลลาเป็นเวลานาน ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง จ.เชียงใหม่ สังเกตพบว่า สีเปลือกฝักมีการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะๆ รวม 6 ระยะ ตามที่ได้มีการศึกษาครั้งนี้ จากผลการทดลองพบว่าข้อมูลทางเคมี แบ่งฝักวานิลลาออกเป็น 2 กลุ่มคือ ฝักระยะ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีการเจริญเติบโตระยะ elongation อยู่และปริมาณคลอโรฟิลล์และกลูโควานิลลินใกล้เคียงกัน ในขณะที่ฝักระยะ 4, 5 และ 6 ไม่มีการเจริญเติบโตของฝัก มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่า และปริมาณกลูโควานิลลินสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตามกลับพบว่าปริมาณวานิลลินในฝักระยะ 1 และ 2 น้อยกว่าฝักวานิลลา ระยะ 3, 4 และ 5 อย่างชัดเจน จากข้อมูลวิเคราะห์ทางเคมีจึงสนับสนุนข้อสันนิษฐานของผู้เชี่ยวชาญ ว่าฝักวานิลลาที่อายุฝักหลังผสมเกสรเท่ากัน แต่มีสีเปลือกที่แตกต่างกัน อาจจะมีคุณภาพทางเคมีของฝักแตกต่างกัน (ดังผลการทดลองที่ 1.2 ภาพที่ 2) จากผลการทดลองฝักระยะ 1 และ 2 อาจรวมกันเป็นระยะเดียวกัน คือฝักอ่อน แต่ฝักระยะ 3 และ 4 มีความแตกต่างของปริมาณกลูโควานิลลินอย่างเห็นได้ชัด จึงไม่ควรรวมกันเป็นระยะเดียว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์กลูคาเนสและพอลิกลาแลคทูโรเนส พบว่าฝักระยะ 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองน้อยกว่าฝักระยะ 5 และ 6 อย่างมาก การศึกษาชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมของเอนไซม์เบต้ากลูคาเนส และพอลิกลาแลคทูโรเนส เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับระยะการพัฒนาของฝักที่เพิ่มขึ้น และน่าจะเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทต่อการแตกของฝักวานิลลา ซึ่งการแตกของผลมีลักษณะคล้ายการหลุดร่วงของใบที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่กำหนดขึ้นเฉพาะ สัญญาณที่ก่อให้เกิดการสลายตัวของผนังเซลล์ ซึ่งอาจเป็นฮอโมนเอทิลีนและ/หรือออกซิน เช่นเดียวกับการร่วงของใบ (Child et al., 1998; จริงแท้, 2549) van Doorn and Stead (1997) กล่าวว่าเอนไซม์ที่ถูกรายงานว่ามีความเกี่ยวข้องกับการร่วงมากที่สุด ได้แก่ β -1,4-glucanase, cellulase หรือ EGase, Pectin esterase (PE) และ polygalacturonase (PG)

จากข้อมูลเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักวานิลลา พบว่าฝักระยะ 1, 2 และ 3 ไม่มีการแตกของฝักหรือเปอร์เซ็นต์การแตกเท่ากับศูนย์ตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่ฝักระยะ 4, 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์การแตกของฝักเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าวันที่ 3 หลังจากเก็บรักษา ฝักระยะที่ 5 หรือระยะฝักเหลืองมีเปอร์เซ็นต์การแตกสูงกว่า ระยะที่ 4 และ 6 และมีเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ฝักวานิลลา ระยะ 4 ซึ่งเป็นระยะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (breaker) มีเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักเพิ่มขึ้นช้ากว่าระยะฝักเหลือง และมีเปอร์เซ็นต์การแตกสูงสุดในสุดท้ายของการเก็บรักษาโดยไม่แตกต่างกับฝักระยะ 5 ในขณะที่ฝักระยะ 6 หรือฝักแก่จัด กลับมีเปอร์เซ็นต์การแตก เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาช้ากว่าฝักระยะ 5 และ 6 และมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลา กลับพบว่า ฝักระยะ 1 หรือระยะฝักอ่อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักฝักสดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน สูงกว่าฝักระยะอื่นๆ ในขณะที่ฝักระยะอื่นๆ มีการสูญเสียน้ำหนักฝักสดค่อนข้างน้อย เฉลี่ยน้อยกว่า 10% และไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ความชื้นของฝักอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องในการแตกของฝักวานิลลา ในขณะที่ฝักพืชสกุลถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว อธิบายว่าการสูญเสีย น้ำ ก่อให้เกิดแรงดึง แรงดันหรือแรงบิด ให้เปลือกของผลแยกจากกันและเป็นขั้นตอนที่ 3 หรือขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการแตกของผล โดยขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาให้เกิดแนวหรือบริเวณที่จะเกิดรอยแตกขึ้น (dehiscence zone) และขั้นตอนที่สองเป็น

การเปลี่ยนแปลงเซลล์ที่อยู่ในแนวการแตกให้มีแรงยึดเกาะติดน้อยลง โดยการย่อยสลาย middle lamella และผนังเซลล์ ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่างๆ เช่น เอนไซม์เบต้ากลูคาเนส พอลิกลาแลคทูโรเนส เอนไซม์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของผนังเซลล์ที่พบระหว่างการอ่อนนุ่มของผล ได้แก่ เบต้ากลาแลคทูซิเดส เพคตินเมทิลเอสเทอร์เรส และเอ็กแพนซิน เป็นต้น

สำหรับการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและผลิตเอทิลีนของฝักวานิลลา (จริงแท้, 2549) พบว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักวานิลลา โดยฝักระยะ 1, 2 และ 3 ที่ไม่มีการแตกของฝักมีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำและค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับผลผลิต non-climateric เนื่องจากฝักที่ยังไม่เข้าสู่ระยะแก่ทางสรีรวิทยา แต่ในฝักเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (breaker) ฝักเหลือง (yellowing) และฝักแก่จัด (overripe) หรือ ระยะ 4, 5 และ 6 มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตามลำดับ และมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นหลายเท่า (peak) ในช่วงสั้นๆ ของการเก็บรักษา (วันที่ 6 และ 7) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักในระหว่างการเก็บรักษา ก่อนลดระดับลงเท่ากับปกติ ในวันที่ 8 และมีอัตราการหายใจการเพิ่มอีกครั้ง (double peak) ในวันที่ 10 ก่อนลดลงในเวลาต่อมา รูปแบบการหายใจและการผลิตเอทิลีน ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ ผลิตผลประเภท climacteric ซึ่งเกิด climacteric peak ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่พบในผลผลิตประเภท non-climateric (Biale and Young, 1981; Giovannoni, 2007)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์เปรียบเทียบกับเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตกและนอกรอยแตก พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ glucanase ในฝักระยะ 1-3 มีกิจกรรมน้อยกว่า ฝักระยะ 4 - 6 อย่างชัดเจน และกิจกรรมเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตกสูงกว่าเอนไซม์ที่สกัดจากเนื้อเยื่อนอกบริเวณรอยแตกอย่างชัดเจน จากผลการทดลองจะเห็นว่าเอนไซม์เบต้ากลูคาเนสมีความสัมพันธ์กับการแตกของฝักวานิลลา สอดคล้องกับการศึกษาของ Meakin and Roberts (1990) ซึ่งพบว่ากิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส (β 1, 4-glucanase, E.C. 3.1.2.4) ฝักของ oilseed rape มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในเซลล์บริเวณรอยแตก (dehiscence zone) ของฝักก่อนเกิดการแตก แต่อย่างไรก็ตามกิจกรรมของเอนไซม์เพคเตทไลเอสในฝักระยะ 1 และ 2 มีกิจกรรมสูงกว่าฝักแก่ในระยะอื่นๆ นอกจากนั้นยังพบว่าเอนไซม์ในฝักระยะ 3-6 ที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตกและนอกรอยแตกมีกิจกรรมที่ไม่แตกต่างกัน และไม่สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม Marín-Dodríguez et al. (2002) รายงานว่าเอนไซม์ pectin lyases (PL, E.C. 4.2.2.2) มีบทบาทในการเร่งการแตกตัว (cleavage) ของ de-esterified pectin ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ primary cell wall ของพืชชั้นสูงหลายชนิด การ cleavage โดย PL ต้องการแคลเซียมไอออน ในการสร้าง oligosaccharide ที่เป็น unsaturated galacturonosyl residue ที่บริเวณส่วนปลายของโครงสร้าง (non-reducing end)

2. ผลของสารละลายเอทิฟอนและสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวฝัก ปริมาณเพคตินและกิจกรรมของเอนไซม์พอลิกลาแลคทูโรเนสของฝักวานิลลา

การให้สาร 1-MCP มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงของฝักวานิลลา คือ ลดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของฝัก ส่วนใหญ่ที่เห็นเด่นชัดคือการสูญเสียสีเขียว ที่เกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้สีเหลืองปรากฏให้เห็น เป็นลักษณะการเกิดการชราภาพ (senescence) และในการศึกษาของ Opiyo et al. (2005) พบว่าสาร 1-MCP สามารถชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ การสะสมของไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของมะเขือเทศช้าลง การศึกษาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ผลที่รมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* , a^* และ b^* น้อยกว่ามะละกอที่ไม่ได้รมสาร (กันต์ธีร์

และ ลำแพน, 2555) นอกจากนั้นการศึกษาของ อภิรติ และคณะ (2555) ในผลดิบของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ พบว่าผลที่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อน้อยกว่าชุดควบคุมเช่นกัน

สำหรับการจุ่มฝักวานิลลาด้วยสารละลายเอธิฟอน ทำให้เร่งการเปลี่ยนแปลงสีผิวของฝักเป็นสีเหลืองเร็วขึ้น ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับการรมด้วยสาร 1-MCP สอดคล้องกับการศึกษาของ ภัทษร และคณะ (2555) ทำการศึกษาผลของเอธิฟอนในส่วนตัดกลมของใบคะน้า พบว่าเอธิฟอนเข้าไปเร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของใบคะน้ามากกว่าชุดควบคุม ในการสุกของผลปาล์มน้ำมัน ก็พบว่าเอธิลีนเร่งการสุกของผล โดยเร่งการเปลี่ยนแปลงสีผลจากสีดำเป็นสีแดงอมส้มเร็วขึ้น (นฤมล และ ลดาวัลย์, 2555) นอกจากสารละลายเอธิฟอนจะเร่งการเปลี่ยนสีแล้ว ยังเร่งการสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลา เนื่องจากสารละลายเอธิฟอนเป็นสารที่ปลดปล่อยแก๊สเอธิลีน ซึ่งแก๊สเอธิลีนควบคุมกระบวนการเติบโตที่เกี่ยวข้องกับความชรา เมื่อใช้สารปลดปล่อยเอธิลีน เช่น เอธิฟอน นี้ เป็นการเร่งผลิตผลให้เกิดการสุกแก่เร็วขึ้น ผลิตผลจึงสูญเสียน้ำหนักมากและเร็วขึ้น ส่วนการรมด้วยสาร 1-MCP ซึ่งมีผลตรงข้ามกับสารละลายเอธิฟอน จึงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า โดยสาร 1-MCP มีคุณสมบัติเป็นแก๊ส ที่สามารถจับกับตัวรับเอธิลีน ทำให้เอธิลีนไม่มีผลในการกระตุ้นการสุกของผลไม้ ในผลไม้พบว่า 1-MCP ทำให้การหายใจลดลง และทำให้การเพิ่มขึ้นของการหายใจช้าลง เป็นผลมาจากการสังเคราะห์เอธิลีนในผลไม้ลดลง เนื่องจากการสร้างเอนไซม์ทั้ง ACC synthase และ ACC oxidase ลดลง (จริงแท้, 2550) ส่วนการศึกษาของ กนกพร (2550) พบว่าการรม 1-MCP สามารถยับยั้งการร่วงของดอกตูมและดอกบานในกล้วยไม้พันธุ์มีสทินได้อย่างสมบูรณ์ และลดกิจกรรมเอนไซม์ cellulase และ polygalacturonase (PG) ในเนื้อเยื่อบริเวณ abscission zone ของทั้งดอกตูมและดอกบาน แต่การให้เอธิลีนจะไปกระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์ทั้งสองชนิดสอดคล้องกับการร่วงของดอกตูมในช่อดอกกล้วยไม้พันธุ์มีสทินที่ได้รับเอธิลีนที่ระดับความเข้มข้น $0.4 \mu\text{L}^{-1}$ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นสาร 1-MCP และสารละลายเอธิฟอนมีผลต่อฝักวานิลลาหลังการเก็บเกี่ยว ยังมีผลต่อปริมาณเพกทิน ซึ่งเพกทินพบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ ในผลไม้ไม่มีเพกทินเป็นองค์ประกอบสำคัญประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของผนังเซลล์ทั้งหมด รวมตัวอยู่กับเซลลูโลส เพกทินจะทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน (จริงแท้, 2550) เนื่องจากการย่อยสลายของผนังเซลล์ในบริเวณชั้นมิดเดิลเลเมลลา ทำให้เพกทินในเซลล์มีปริมาณลดลง เมื่ออายุของผลิตผลเพิ่มขึ้น จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเพกทินของฝักวานิลลา พบว่าบริเวณที่ไม่เกิดรอยแตกมีปริมาณเพกทินทั้งหมดมากกว่าบริเวณรอยแตกของฝักในทุกระยะของการเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับปริมาณเพกทินที่ละลายได้ในน้ำโดยบริเวณที่ไม่เกิดรอยแตกมีปริมาณน้อยกว่าในบริเวณรอยแตกของฝักในทุกระยะของการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม พบว่าในระยะฝักแก่เพกทินที่ละลายได้ในน้ำมีปริมาณน้อยกว่าในระยะอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณรอยแตกของฝักวานิลลา มีการกระจายตัวโมเลกุลของเพกทินลดลงมากกว่าบริเวณที่ไม่เกิดรอยแตกในทุกระยะของการเก็บเกี่ยว และการกระจายตัวโมเลกุลของเพกทินในระยะฝักแก่ลดลงมากกว่าในระยะฝักเริ่มเปลี่ยนสีและระยะฝักอ่อน แสดงให้เห็นว่าการแตกของฝักวานิลลาเกี่ยวข้องกับ การสลายโมเลกุลของผนังเซลล์ โดยเฉพาะเพกทิน (พรพรรณ และคณะ, 2555) เมื่อจุ่มฝักวานิลลาด้วยสารละลายเอธิฟอน ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยเอธิลีนจะเร่งฝักวานิลลาให้เกิดการสุก ฝักวานิลลาจะมีการเปลี่ยนแปลงของสี และสูญเสียน้ำหนักสดเร็วกว่าปกติ เนื่องจากเพกทินมีการสลายตัวมากขึ้น และสามารถละลายออกมาในตัวทำละลายต่างๆได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณเพกทินทั้งหมดลดลง แต่ฝักวานิลลาที่รมด้วยสาร 1-MCP ช่วยชะลอและลดการสลายตัวของเพกทิน เป็นการลดการย่อยสลายของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์ของฝักวานิลลาไม่เกิดการแตก ปริมาณของเพกทินทั้งหมดในผนังเซลล์จึงยังคงมีปริมาณมากกว่าฝักวานิลลาที่จุ่มด้วยสารละลายเอธิฟอนและฝักวานิลลาชุดควบคุม เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาของ จุฑามาศ และ ลำแพน (2555) พบว่าผลมะละกอพันธุ์

แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย มีปริมาณเพกตินที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนผลมะละกอที่รมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณเพกตินที่ละลายได้ในน้ำน้อยกว่าที่ไม่ได้รมสาร แสดงให้เห็นว่าสาร 1-MCP ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพกตินที่ละลายได้ในน้ำ และในสารละลาย KOH และชะลอการลดลงของปริมาณเพกตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 ซึ่งสาร 1-MCP อาจเกี่ยวข้องกับการชะลอการทำงานของเอทิลีนที่เป็นตัวกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของผนังเซลล์ (จริงแท้, 2550) นอกจากนี้ในการศึกษาผลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่าส่วนของเปลือกเริ่มมีการแตกในวันที่ 8 หลังการเก็บเกี่ยว เมื่อนำมาวิเคราะห์หองค์ประกอบของผนังเซลล์ พบว่าทั้งในส่วนเนื้อ ส่วนแกนกลางผล ส่วนรอยสาแหรก และส่วนเปลือกทั่วไป มีปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ ได้แก่ เอนไซม์ β -galactosidase (β -gal) มีบทบาทเด่นชัดต่อการอ่อนตัวของเนื้อผล สำหรับเอนไซม์ Polygalacturonase จะเข้ามามีส่วนร่วมในตอนท้ายของการเก็บรักษา ส่วนเอนไซม์ pectin methylesterase (PME) และ cellulase มีบทบาทน้อยที่สุด (จริงแท้ และ ลำแพน, 2548)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. อัตราการหายใจของฝักวานิลลาที่มีความแก่ทางสรีรวิทยา ได้แก่ ฝักระยะเริ่มเปลี่ยนสี (breaker) ฝักเหลือง และฝักแก่จัด (overmature) มีรูปแบบการหายใจคล้ายคลึงกับผลิตผล climacteric โดยเกิด climacteric peak ภายหลังจากเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การแตกของฝักวานิลลาที่เพิ่มขึ้น

2. การแตกของฝักวานิลลามีความสัมพันธ์การผลิตเอทิลีนของฝักวานิลลา (Endogenous ethylene) โดยพบว่าฝักระยะที่แก่ทางสรีรวิทยา มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นสูงในระยะเวลานั้นๆ (peak) แต่ไม่พบลักษณะดังกล่าวในฝักวานิลลาระยะฝักอ่อน หรือระยะฝักเขียว โดยมีการผลิตเอทิลีนต่ำและค่อนข้างคงที่และไม่มีการแตกของฝักตลอดการเก็บรักษา

3. การใช้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน 1-MCP ในระดับความเข้มข้น 300 พีพีพี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของฝักวานิลลา คือ ลดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของฝักวานิลลา และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และชะลอการเสื่อมสลายของผนังเซลล์ โดยปริมาณเพกทินทั้งหมดสูงกว่าฝักที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

4. การจุ่มฝักวานิลลาด้วยสารละลายเอทิฟอน เข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ก่อนการเก็บรักษามีผลทำให้ปริมาณเพกทินในฝักวานิลลาลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อทำการรมฝัก 1-MCP ก่อนทำให้จุ่มในสารละลายเอทิฟอน สามารถยับยั้งการลดลงปริมาณเพกทินรวม การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกฝัก ลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด รวมทั้งลดกิจกรรมเอนไซม์ PG เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี plate assay เมื่อเปรียบเทียบกับฝักที่จุ่มด้วยสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว และชุดควบคุม

จากผลการศึกษา ทำให้ทราบว่าฝักวานิลลาจัดเป็นผลผลิตประเภท climacteric ซึ่งการกระบวนการสุกและการแตกของฝักมีความสัมพันธ์กับอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ซึ่งสามารถใช้ผลการทดลองครั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการหลังก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยวฝักวานิลลา เพื่อลดความสูญเสียจากการแตกของฝักวานิลลา เช่น การป้องกันหรือลดปริมาณการผลิตเอทิลีนของผลผลิตเองหรือจากแหล่งภายนอก โดยการรมฝักด้วยสาร 1-MCP ช่วยลดการกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ ช่วยชะลอการแตกของฝักวานิลลา จากนั้นจึงใช้ร่วมกับสารละลายเอทิฟอน เพื่อให้ฝักวานิลลาเกิดการสุก โดยที่ไม่เกิดการแตกของฝัก การศึกษานี้จึงเป็นแนวทางในการนำไปใช้ทางการเกษตร และภาคอุตสาหกรรม เพื่อลดอัตราการแตกของฝักวานิลลา ก่อนการบ่ม ระหว่างการบ่ม และในกระบวนการแปรรูปฝัก ซึ่งมีแนวทางในการทำงานวิจัยต่อเนื่อง โดยศึกษาเพกทินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ และการกระจายตัวโมเลกุลของเพกทิน รวมทั้งปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการแตกของฝักวานิลลา และควรศึกษาต่อยอดระดับยีนและโปรตีนของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับสุกและการแตก จะทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น

การขยายผลงานวิจัย

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ ได้ก่อให้เกิดความรู้พื้นฐาน ซึ่งได้นำเสนอผลงานวิจัยทั้งระดับประเทศและระดับนานาชาติ ดังนี้

1. พรพรรณ นุชโพธิพันธุ์, ลำแพน ขวัญพูล และธิดิมา วงษ์ชีรี. 2555. การเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวโมเลกุลของเพกทินของฝักวานิลลา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 43, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 490-493.
2. จิราภรณ์ มีศิลป์, ธิดิมา วงษ์ชีรี, อภิรดี รัตนอุทัยกิจ, เฉลิมชัย วงษ์อารี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, วาริช ศรีละออง, วัชระ พันธุ์ทอง และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. 2556. รูปแบบการหายใจและการผลิตเอทิลีนในระหว่างกระบวนการสุกและแตกของฝักวานิลลาที่ระยะการพัฒนาของฝักแตกต่างกัน. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 12 ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ. (ภาคบรรยาย)
3. จิราภรณ์ มีศิลป์, ธิดิมา วงษ์ชีรี และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. 2556. ความสัมพันธ์ระหว่างการแตก และการผลิตเอทิลีนในระหว่างการสุกของฝักวานิลลา. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 11 โรงแรมโนโวเทล หัวหิน ชะอำ บีช รีสอร์ท แอนด์ สปา จ.เพชรบุรี. (โปสเตอร์)
4. Wongsheree, T., Wongs-Aree C., Kaewchaem P. and L. Khurnpoon. 2011. "Change on poly galacturonase activities during vanilla bean development." International meeting in Vanilla 2011 New Discoveries and Opportunities in Vanilla Science 9-11 November , Plaza Hotel, New Jersey, USA . (Poster)
5. Wongsheree, T., L. Khurnpoon, Wongs-Aree C., and Jitareerat P. 2011. "Change in cellulase and poly galacturonase activities during vanilla bean shattering." International Horticulture Congress Royalflora 2011, Ratchapuerk, Cheing Mai. (Oral presentation)

บรรณานุกรม

- กนกพร บุญญะอดิชาติ, 2553, การเปลี่ยนแปลงสีใบและการเสื่อมสภาพของใบผักเหียงหลังการเก็บเกี่ยว [Online], Available : <http://www.researchgate.net> [1 มีนาคม 2553].
- กันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ์ และ ลำแพน ขวัญพูล. 2555. ผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวและคุณภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 3 (พิเศษ) 436-439.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช และ ลำแพน ขวัญพูล. 2548. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ระหว่างการแตกของผลและการอ่อนนุ่มของเนื้อทุเรียน. Postharvest Newsletter 4 (2): 5.
- จุฑามาศ แสงสว่าง และ ลำแพน ขวัญพูล. 2555. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ. 2555. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 3 (พิเศษ) 532-535.
- ดุลชาติ มานะคงตรีชีพ วาริช ศรีระออง และอินทรา ลิจันทรพร. 2548. ผลของการรม 1-Methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการหลุดร่วงของลองกอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36: 5-6 (พิเศษ) 485-488.
- นฤมล นวลวิจิตร และ ลดาวัลย์ เลิศเลอวงศ์. 2555. ผลของเอทิลีนและเมทิลไซโคลโพรเพนต่อการสุกและคุณภาพของผลปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 3 (พิเศษ) 452-455.
- เบญจมาศ รัตชินกร และ ดารินทร์ กำแพงเพชร. 2548. ผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36: 5-6 (พิเศษ) 453-456.
- พรพรรณ นุชโพธิ์พันธุ์ ลำแพน ขวัญพูล และ ธิติมา วงษ์ชีรี. 2555. การเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวโมเลกุลของเพคตินของฝักวานิลลา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 3 (พิเศษ) 490-493.
- ภัทษร สำเนียงดี ศิริชัย กัลยามรัตน์ และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. ผลของเอทิลีน 6-เบนซิลอะมิโน พิวรีน เมทิลแจสโมเนท และกรดซาลิไซลิก ต่อเอนไซม์ที่สลายคลอโรฟิลล์ในส่วนตัดกลมของใบคะน้า (*Brassica oleracea* var. alboglabra). 2555. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43: 3 (พิเศษ) 568-571.
- ภาคภูมิ พระประเสริฐ. 2550. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรินต์ติ้ง เฮ้าส์. 192 หน้า.
- อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และสุกัญญา เอี่ยมลออ. 2555. การรมสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2)(พิเศษ): 493-496.
- องอาจ เต็ดดวง และ ธารรัตน์ ศุภศิริ. 2553. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์ กศ.ม. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Abeles, F. B., P. W. Morgan and M. E. Jr. Saltveit. 1992. Ethylene in Plant Biology, 2nd edition, Academic Press, Sa Diego.
- Abu-Goukh, A.A. and H.A Bashir. 2003. Changes in pectic enzymes and cellulose activity during guava fruit ripening. Food Chem. 83: 213-218

- Agrawat, A. P., P. W. Basarkar, P.M. Salimath and S.A. Patil. 2002. Role of cell wall-degrading enzymes in pod-shattering process of soy bean, *Glycine max* (L.) Merrill. *Current Science* 82(1): 58-61.
- Annon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- Arshad, M. and W. T. Jr. Frankenberger. 2002. Ethylene: Agriculture Sources and Applications. Plenum Publishers, New York.
- Bal, J.S., P.S. Kahlon , J. S. Jawada, and S.S. Sandhu. 1992. Effect of pre-harvest spray of growth regulators at turning stage on the maturity of Ber fruits (*Zizyphus nauritiana* Lamk.). *Acta Horticulturae* 321: 318-325.
- Ban, T., M. Kugishima, T. Ogata, S. Shiozaki, S. Horiuchi and H. Ueda. 2007. Effect of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) on the fruit ripening characters of rabbit eye blueberry. *Scientia Horticulturae* 112 : 278-281.
- Bagnato, N., R. Barrett, M. Sedgley and A. Klieber. 2003. The effects on the quality of Cavendish bananas, which have been treated with ethylene, of exposure to 1-methylcyclopropene. *International Journal of Food Science & Technology*. 38: 745-750.
- Biale J.B. and R.P. Young. 1981. Respiration and Ripening in Fruits Retrospect and Prospect, p. 5-275. *In* M.J.C. Rhodes and J. Friend (Eds.), *Recent Advances in Biochemistry of Fruit and Vegetables* Academic Press, London.
- Blankenship, S. 2001. Ethylene effects and the benefits of 1-MCP. *Perishables handling quarterly*. 108: 2-4.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2002. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 28: 1-25.
- Bower, J.H., W.V. Biasi. and E.J. Mitcham. 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*. 28: 417-423.
- Bradford, M. M. 1970. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Biochemistry* 72: 248-254.
- Brett, C., and K. Waldron. 1996. *Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls*, 2nd ed. Chapman and Hall, London. 270 p.
- Brummell, D.A. and J.M. Labavitch. 1997. Effect of antisense suppression of endopolygalacturonase activity on polyuronide molecular weight in ripening tomato fruit and in fruit homogenates. *Plant Physiology*. 115: 717-725.
- Buescher, R.W., C. Burgin. 1992. Diffusion plate assay for measurement of polygalacturonase activity in pickle brines. *Journal Food Biochem*. 16:59-68.
- Collmer, A., J.L. Ried. and M.S. Mount. 1988. Assay methods for pectic enzymes. *Meth. Enzymol*. 161:329-335.

- Child, R. D., N. Chauvaux, K. John, P. Ulvskov and H.A. Van Onckelen. 1998. Ethylene biosynthesis in oilseed rape pods in relation to pod shatter. *Journal of Experimental Botany* 49(322): 829-838.
- DeEll, J.R., D.P. Murr, M.D. Porteous. and H.P.V. Dupasinghe. 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest Biology and Technology*. 24: 349-353.
- Fan, X., S.M. Blankenship. and J.P. Mattheis. 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124(6): 690-695
- Filipe, L., P. Pereira, R. M. Galvão, A.K. Kobayashi, S. M. B. Cação, L. and G. E. Vieira . 2005. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17(3) ISSN 1677-0420. doi: 10.1590/S1677-04202005000300002
- Gerdt, M. and G. Obenauf. 1972. Effect of preharvest applications of ethephon on maturation and quality of Calmayrna figs. *California Agriculture Online*. May 1972, p. 8-9 <http://ucanr.org/repository/CAO/subscribe.cfm>
- Giovannoni, J. J. 2007. Fruit ripening and its manipulation, *In* p. 278-303, G. Susheng (ed.) *Senescence process in plants*, Cornell University Ithaca, New York.
- Golding, J.B., D., Shearer, S.G. Wyllie and W.B, McGlasson. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 14: 87-98.
- Jiang, Y., D.C. Joyce and A.J. Mcnish. 1999. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology*. 16: 187-193.
- Kaynas, K., N. Surmeli and N. Turkes. 1992. Effect of preharvest treatments of Ethrel and postharvest treatments of Ethrel, calcium carbide, and potassium permanganate on ripening of some tomato varieties. [Abstract] http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=wi009
- Khurnpoon L., J. Siripanich, J.M. Labvitch. 2008 . Cell wall metabolism during fruit dehiscence. *Postharvest Biology and Technology* 48: 391-401.
- Klein, J. D. and E. E. Goldschmidt. 2004. Hormonal regulation of ripening and senescence phenomena, pp. 315-331, *In* S. Ben-Yehoshua (ed.) *Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality*, CRC Press, USA.
- Leshem, Y. Y., A. A. Halevy and C. Frenkel. 1986. *Processes and control of Plant Senescence*. Elsevier, Amsterdam. 228 p.
- Luo, Z. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit. *LWT* 40, Issue 2: 285-291.
- Luo, Z., J. Xie, T. Xu and L. Zhang. 2009. Delay ripening of 'Qingnai' plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. *Plant Science*. Volume 177, Issue 6: 705-709.

- Marín-Rodríguez, M. , M.C. Celia, J. Orchard and G.B. Seymour. 2002. Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. *Journal of Experimental Botany* 53 (377): 2115-2119.
- McGarry, R., J.A. Ozga and D.M. Reinecke. 2005. The effect of ethephon on Sakatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruit ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130(1): 12-17.
- Meakin P. J and J. A. Roberts. 1990. Dehiscence of Fruit in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) II. THE ROLE OF CELL WALL DEGRADING ENZYMES AND ETHYLENE. *Journal of Experimental Botany* 41 (8): 1003-1011.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. *Plant Physiology*. Springer-Verlag. Berlin. 629 p.
- Odoux, E., J. Escoute, J.-L. Verdeil, J.M. Brillouet. 2003. Localization of activity and glucovanillin in vanilla bean (*Vanilla planifolia* Andrews). *Annual of botany* 92:437-444.
- Odoux, E. and M. Grisoni. 2010. *Vanilla: Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles*, CRC press, New York, USA.
- Opiyo, A.M. and T.J. Ying. 2005. The effects of 1-methylcyclopropene treatment on the shelf life and quality of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) fruit. *Int. Journal of the Science of Food and Agriculture*. 40: 665-673.
- Patterson, S. E. 2001. Cutting loose. Abscission and dehiscence in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*. 126: 494-500.
- Porter, K.L., G. Collins and A. Klieber. 2005. 1-MCP does not improve the shelf life of Chinese cabbage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 293-296.
- Secor G.A., 1988: An improved diffusion assay for quantifying the polygalacturonase content of erwinia culture filtrates. *Phytopathology*: 1101-1103
- Seemi, L., K.T. Prabodh and N. Pravendra. 2004. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. *Postharvest Biol. Technol.* 31, Issue 2: 119-126.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577-582.
- Sreedhar, R.V., K. Roohie, P. Maya, L. Venkatachalam, M.S. Narayan, N. Bhagyashmi. 2007. Specific pretreatments reduce curing period of vanilla (*Vanilla planifolia*) beans. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55: 2947-2955.
- Sreedhar, R.V., K. Roohie, P. Maya, L. Venkatachalam and N. Bhagyashmi. 2009. Biotic elicitors enhance flavour compounds during accelerated curing of vanilla beans. *Food Biochemistry* 112: 461-468.
- Steward, F.C. 1972. *Plant physiology. Laboratory of Cell Physiology, Growth and Development* Cornell University, New York. 279 p.

- Sun, T.C. and J.H. Donald. 2008. Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 49, 147-154.
- Valero, D., D. Martinez-Romero, J.M. Valverde, F. Guillen, S. Castillo and M. Serrano. 2004. Could the 1-MCP treatment effectiveness in plum be affected by packaging?. *Postharvest Biol. Technol.* 34: 295–303.
- Van Doorn, W.G. and A.D. Stead. 1997. Abscission of flowers and floral parts. *Journal of Experimental Botany.* 48:821-837.
- Verma P. C., D. Chakrabarty, S. N. Jena, D. K. Mishra, P. K. Singh, S. V. Sawant and R. Tuli. 2009. The extent of genetic diversity among Vanilla species: Comparative results for RAPD and ISSR. *Industrial crops and products* 29: 581-589.
- Wills, R.B.H., V.V.V. Ku and M.A. Warton. 2002. Use of 1-methylcyclopropene to extend the postharvest life of lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 82: 1253-1255.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณสาร Glucovanillin และ Vanillin (mg/g dry weight) ในฝักวานิลลาที่ระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

Treatments	Glucovanillin (mg/g dry weight)	Vanillin (mg/g dry weight)
stage 1	7.68 ^c	0.57 ^c
stage 2	12.51 ^b	0.82 ^{bc}
stage 3	14.20 ^b	1.03 ^{ab}
stage 4	24.83 ^a	1.16 ^{ab}
stage 5	23.78 ^a	1.03 ^{ab}
stage 6	24.39 ^a	1.31 ^a
<i>F</i> -test	*	*
CV (%)	18.98	32.80

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase (unit/mg protein⁻¹) ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

Treatments	Polygalacturonase (unit/mg protein ⁻¹)
stage 3	2.33 ^c
stage 4	2.82 ^c
stage 5	3.95 ^b
stage 6	5.34 ^a
<i>F</i> -test	*
CV (%)	42.50

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 3 กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,4-glucanase ($\mu\text{mol glucose}/\text{min.mg protein}$) ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

Treatments	β -1,4-glucanase ($\mu\text{mol glucose}/\text{min.mg protein}$)
stage 3	1.62 ^d
stage 4	1.96 ^c
stage 5	2.92 ^b
stage 6	4.42 ^a
F-test	*
CV (%)	51.59

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 4 เปอร์เซ็นต์การแตกของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

Treatment	Day of storage (day)												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
stage 1	0 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^c
stage 2	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^c
stage 3	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^c
stage 4	0 ^d	4.16 ^b	4.16 ^b	17.26 ^b	17.26 ^c	25.59 ^b	29.76 ^b	29.76 ^b	38.69 ^a	42.85 ^a	42.85 ^a	52.97 ^{ab}	57.14 ^a
stage 5	0 ^e	8.46 ^{ab}	28.04 ^a	35.44 ^a	40.21 ^a	43.91 ^a	44.97 ^a	48.67 ^a	49.73 ^a	53.43 ^a	53.43 ^a	57.14 ^a	57.14 ^a
stage 6	0 ^f	16.06 ^a	19.09 ^a	25.75 ^b	28.78 ^b	35.45 ^a	35.45 ^{ab}	35.45 ^b	35.45 ^a	38.78 ^a	38.78 ^a	38.78 ^b	38.78 ^b
F-tast	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV.(%)	0	99.82	60.08	36.76	34.75	29.64	41.41	34.60	45.32	36.28	36.28	36.14	29.57

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณหัวฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	43.29 ^a	32.73 ^c	43.75 ^a	46.11 ^a	49.30 ^a	41.76 ^a	38.23 ^a
stage 2	37.70 ^{bc}	34.75 ^{bc}	39.29 ^{ab}	36.28 ^b	42.89 ^b	37.30 ^{abc}	34.38 ^a
stage 3	32.12 ^c	33.63 ^{bc}	37.01 ^b	39.54 ^{ab}	37.49 ^b	32.70 ^c	33.23 ^a
stage 4	34.88 ^c	37.49 ^{ab}	36.94 ^b	35.82 ^b	38.62 ^b	37.86 ^{ab}	37.87 ^a
stage 5	37.14 ^{bc}	35.51 ^a	39.28 ^{ab}	35.74 ^b	37.69 ^b	38.01 ^{ab}	34.41 ^a
stage 6	42.16 ^{ab}	39.07 ^a	39.50 ^{ab}	40.50 ^{ab}	40.97 ^a	36.45 ^{bc}	34.08 ^a
<i>F</i> -test	*	*	NS	NS	*	*	NS
CV (%)	7.76	6.24	6.57	10.36	6.98	7.18	11.05

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณหัวฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	-12.90 ^c	-10.44 ^{ab}	-12.11 ^c	-8.99 ^a	-8.90 ^a	-7.09 ^a	-6.50 ^{bc}
stage 2	-12.23 ^{cb}	-11.12 ^b	-11.84 ^c	-10.50 ^{ab}	-12.12 ^b	-11.39 ^c	-7.30 ^{bc}
stage 3	-11.35 ^{ab}	-9.63 ^a	-9.14 ^a	-12.00 ^b	-12.07 ^b	-10.67 ^{cb}	-10.48 ^d
stage 4	-10.25 ^a	-11.34 ^b	-10.85 ^b	-10.25 ^{ab}	-10.62 ^{ab}	-9.33 ^{abc}	-8.07 ^{cd}
stage 5	-10.54 ^{ab}	-10.53 ^{ab}	-10.70 ^b	-10.47 ^{ab}	-9.60 ^{ab}	-8.61 ^{ab}	-4.87 ^{ab}
stage 6	-11.37 ^{ab}	-11.09 ^b	-10.63 ^b	-10.44 ^{ab}	-8.47 ^a	-7.53 ^a	-3.21 ^a
<i>F</i> -test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	-6.66	-4.60	-4.31	-8.95	-13.67	-13.74	-24.22

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณหัวฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	117.21 ^{cd}	116.70 ^c	114.47 ^d	106.69 ^d	105.41 ^d	104.09 ^d	100.37 ^c
stage 2	119.45 ^b	122.38 ^b	118.54 ^b	117.38 ^b	117.19 ^b	117.96 ^b	109.24 ^b
stage 3	122.62 ^a	125.06 ^a	121.88 ^a	124.38 ^a	122.12 ^a	124.78 ^a	123.12 ^a
stage 4	119.84 ^b	118.79 ^c	117.43 ^{bc}	116.14 ^{bc}	114.65 ^b	111.74 ^c	109.43 ^b
stage 5	118.65 ^{cb}	117.92 ^c	115.69 ^{cd}	115.17 ^{bc}	113.08 ^{bc}	110.51 ^c	103.68 ^{bc}
stage 6	116.68 ^d	116.21 ^c	113.85 ^d	112.31 ^c	110.04 ^c	108.03 ^{cd}	99.82 ^c
F-test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	0.79	1.21	0.91	2.00	1.99	2.12	4.21

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณกลางฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	42.20 ^a	35.85 ^{bcd}	38.74 ^b	38.75 ^{ab}	39.54 ^{ab}	41.69 ^a	37.68 ^a
stage 2	30.617 ^b	29.33 ^d	29.42 ^c	32.60 ^c	33.93 ^{bc}	30.74 ^{bc}	33.36 ^a
stage 3	30.20 ^b	31.27 ^{cd}	30.07 ^c	34.28 ^{bc}	31.77 ^c	31.18 ^{bc}	33.09 ^a
stage 4	36.59 ^{ab}	37.81 ^{abc}	40.11 ^b	38.56 ^{ab}	39.03 ^{ab}	39.19 ^{ab}	31.99 ^{ab}
stage 5	39.61 ^a	40.32 ^{ab}	39.50 ^b	40.23 ^a	41.34 ^a	39.77 ^{ab}	25.97 ^{bc}
stage 6	39.08 ^a	44.23 ^a	44.45 ^a	40.48 ^a	42.74 ^a	28.40 ^c	22.16 ^c
F-test	NS	*	*	*	*	*	*
CV (%)	10.62	10.07	5.89	8.19	8.08	15.44	12.41

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณกลางฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	-12.74 ^b	-11.0 ^{9b}	-11.51 ^c	-10.60 ^b	-10.96 ^b	-9.06 ^b	-7.58 ^c
stage 2	-10.57 ^a	-9.99 ^{ab}	-9.46 ^a	-9.96 ^b	-10.54 ^b	-9.44 ^b	-9.55 ^c
stage 3	-9.64 ^a	-9.32 ^a	-9.27 ^a	-9.73 ^{ab}	-10.19 ^b	-9.96 ^b	-9.39 ^c
stage 4	-10.43 ^a	-10.47 ^{ab}	-10.88 ^{bc}	-9.16 ^{ab}	-9.64 ^b	-9.05 ^b	-2.15 ^b
stage 5	-10.74 ^a	-10.82 ^b	-10.03 ^{ab}	-10.36 ^b	-9.92 ^b	-8.62 ^b	-3.59 ^a
stage 6	-9.99 ^a	-10.15 ^{ab}	-9.84 ^{ab}	-7.88 ^a	-7.73 ^a	-0.72 ^a	-4.01 ^a
<i>F</i> -test	NS	NS	*	NS	*	*	*
CV (%)	-10.47	-6.97	-5.54	-10.98	-8.77	-34.05	-48.75

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณกลางฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	118.37 ^b	118.53 ^b	117.22 ^b	110.33 ^c	115.11 ^b	109.03 ^a	107.76 ^{bc}
stage 2	122.63 ^a	123.79 ^a	123.11 ^a	122.48 ^b	121.63 ^a	123.46 ^a	117.15 ^{ab}
stage 3	124.13 ^a	125.78 ^a	124.74 ^a	125.38 ^a	125.08 ^a	124.77 ^a	124.09 ^a
stage 4	118.81 ^b	116.17 ^c	115.67 ^{bc}	113.33 ^c	111.34 ^b	109.76 ^a	97.02 ^c
stage 5	117.02 ^b	115.57 ^c	113.63 ^c	112.74 ^c	112.21 ^b	108.43 ^a	68.63 ^d
stage 6	113.07 ^c	111.05 ^d	110.33 ^d	107.76 ^d	105.57 ^c	71.20 ^b	51.10 ^e
<i>F</i> -test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.09	1.19	1.15	1.37	2.45	10.75	6.70

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของสีเปลือกฝักรวงนิลลาบริเวณปลายฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	42.28 ^a	35.55 ^b	34.32 ^b	35.16 ^{ab}	37.12 ^{ab}	37.26 ^a	36.30 ^a
stage 2	34.84 ^b	29.35 ^c	31.79 ^b	32.86 ^b	30.79 ^{abc}	30.78 ^a	33.28 ^a
stage 3	29.33 ^b	30.97 ^{cb}	30.58 ^b	34.14 ^{ab}	30.00 ^{bc}	30.59 ^a	32.10 ^a
stage 4	43.68 ^a	43.05 ^a	41.22 ^a	40.50 ^{ab}	39.70 ^a	33.70 ^a	22.52 ^b
stage 5	41.26 ^a	44.47 ^a	43.07 ^a	41.33 ^a	34.51 ^{ab}	23.69 ^b	21.16 ^b
stage 6	45.60 ^a	40.53 ^a	36.90 ^{ab}	32.94 ^b	25.31 ^c	20.90 ^b	22.75 ^b
<i>F</i> -test	*	*	*	NS	*	*	*
CV (%)	8.61	6.99	10.03	11.37	14.23	12.68	11.58

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสีเปลือกฝักรวงนิลลาบริเวณปลายฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	-11.42 ^d	-10.34 ^b	-9.41 ^b	-10.13 ^c	-9.26 ^d	-9.98 ^c	-8.11 ^b
stage 2	-10.72 ^{cd}	-9.07 ^b	-9.52 ^b	-9.44 ^c	-9.75 ^d	-9.28 ^c	-9.48 ^b
stage 3	-9.58 ^{bc}	-9.02 ^b	-9.14 ^b	-9.31 ^c	-8.51 ^d	-9.41 ^c	-8.73 ^b
stage 4	-9.96 ^{bcd}	-8.79 ^b	-7.23 ^b	-6.47 ^b	-2.71 ^c	-0.57 ^b	-3.89 ^a
stage 5	-8.52 ^b	-7.74 ^b	-6.59 ^b	-5.11 ^b	-0.25 ^b	-2.82 ^a	-3.83 ^a
stage 6	-6.05 ^a	-2.53 ^b	-2.31 ^a	-0.03	-3.34 ^a	-4.00 ^a	-4.01 ^a
<i>F</i> -test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	-8.68	-17.64	-22.83	-22.85	-29.29	-30.98	-33.17

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของสีเปลือกฝักวานิลลาบริเวณปลายฝัก ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Day of storage (day)						
	0	2	4	6	8	10	12
stage 1	118.43 ^b	117.99 ^b	118.12 ^a	118.94 ^a	114.53 ^a	114.20 ^a	112.86 ^b
stage 2	122.94 ^a	124.04 ^a	122.82 ^a	123.22 ^a	121.90 ^a	122.53 ^a	120.37 ^a
stage 3	124.13 ^a	126.08 ^a	122.82 ^a	123.82 ^a	123.20 ^a	125.14 ^a	123.62 ^a
stage 4	112.29 ^c	109.01 ^c	105.81 ^b	104.59 ^b	96.31 ^b	91.27 ^b	52.74 ^c
stage 5	108.24 ^d	106.03 ^c	103.62 ^b	100.45 ^b	87.78 ^b	67.61 ^c	52.21 ^c
stage 6	101.66 ^e	95.65 ^d	94.93 ^c	88.25 ^c	67.14 ^c	67.61 ^d	50.08 ^c
<i>F</i> -test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	1.32	2.59	3.45	3.26	6.74	6.94	3.41

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Weight loss (%)
stage 1	90.703 ^a
stage 2	89.603 ^a
stage 3	88.511 ^a
stage 4	83.531 ^b
stage 5	82.39 ^b
stage 6	84.157 ^b
<i>F</i> -test	*
CV (%)	2.837

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่าความถ่วงจำเพาะของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Specific gravity
stage 1	4.17 ^d
stage 2	8.41 ^c
stage 3	18.25 ^a
stage 4	16.66 ^a
stage 5	16.56 ^a
stage 6	12.75 ^b
<i>F</i> -test	*
CV (%)	9.09

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 16 ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักวานิลลาสตในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

Treatments	Total chlorophyll content (mg/100g FW)
stage 1	13.18 ^{ab}
stage 2	14.64 ^{ab}
stage 3	15.24 ^a
stage 4	8.38 ^c
stage 5	8.82 ^c
stage 6	11.96 ^b
<i>F</i> -test	*
CV (%)	14.47

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 17 อัตราการผลิตเอทิลีนของฝักวานิลลาระยะระยะพัฒนาฝักที่ต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Ethylene production ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg.hr}$)												
	Day of storage (day)												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
stage 1	0.053 ^c	0.013 ^c	0.02 ^c	0.05 ^c	0.11 ^c	0.18 ^c	0.34 ^c	0.46 ^b	0.71 ^b	1.01 ^{bc}	1.20 ^c	2.03 ^{bcd}	2.02 ^{bc}
stage 2	0.01 ^c	0.01 ^c	0.01 ^c	0.01 ^c	0.02 ^c	0.03 ^c	0.07 ^c	0.12 ^b	0.19 ^b	0.37 ^c	0.40 ^c	0.82 ^{cd}	1.12 ^c
stage 3	0.00 ^c	0.01 ^c	0.04 ^c	0.02 ^c	0.04 ^c	0.00 ^c	0.01 ^c	0.02 ^b	0.02 ^b	0.05 ^c	0.08 ^c	0.14 ^d	0.28 ^c
stage 4	1.44 ^{bc}	4.66 ^b	10.41 ^b	10.01 ^b	12.96 ^b	13.63 ^b	13.63 ^b	21.45 ^a	5.50 ^a	5.29 ^a	11.01 ^a	6.05 ^a	1.13 ^c
stage 5	1.83 ^b	5.59 ^b	13.59 ^b	12.33 ^b	11.90 ^b	16.72 ^{ab}	16.72 ^{ab}	25.64 ^a	5.71 ^a	5.11 ^a	7.57 ^{ab}	4.99 ^{ab}	4.35 ^a
stage 6	4.62 ^a	9.40 ^a	20.19 ^a	17.31 ^a	19.87 ^a	19.33 ^a	19.33 ^a	26.79 ^a	4.62 ^a	3.06 ^{ab}	5.33 ^b	3.61 ^{abc}	2.93 ^{ab}
<i>F</i> -test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	70.05	53.56	30.15	27.02	22.71	22.06	21.98	31.41	25.53	50.96	51.36	60.41	46.18

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 18 อัตราการหายใจของฝักวานิลลาในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน

Treatments	Respiration rate (mg CO ₂ / kg.hr)												
	Day of storage (day)												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
stage 1	38.49 ^b	33.98 ^{bc}	35.66 ^b	34.33 ^b	34.10 ^b	42.12 ^a	44.55 ^c	51.15 ^c	52.37 ^c	57.02 ^{bc}	69.66 ^{bc}	70.99 ^{bc}	106.15 ^a
stage 2	37.50 ^b	29.61 ^c	24.28 ^c	34.33 ^c	20.89 ^c	20.25 ^b	20.29 ^c	26.15 ^c	27.00 ^d	25.64 ^{cd}	30.25 ^c	34.87 ^{cd}	39.63 ^{bc}
stage 3	38.53 ^b	31.77 ^{bc}	24.71 ^c	20.83 ^c	18.81 ^c	18.50 ^b	16.87 ^c	22.60 ^c	20.97 ^d	18.38 ^d	19.32 ^c	19.81 ^d	24.95 ^c
stage 4	33.91 ^b	37.63 ^b	35.66 ^b	25.70 ^c	29.01 ^{bc}	24.38 ^b	212.31 ^b	288.82 ^b	69.66 ^c	68.99 ^b	150.95 ^a	81.44 ^{abc}	34.88 ^{bc}
stage 5	37.80 ^b	64.62 ^a	73.80 ^a	53.71 ^a	56.00 ^a	51.79 ^a	467.10 ^a	628.15 ^a	131.63 ^a	120.30 ^a	186.42 ^a	121.66 ^a	45.74 ^b
stage 6	99.79 ^a	62.55 ^a	74.23 ^a	55.39 ^a	57.19 ^a	47.39 ^a	504.28 ^a	662.54 ^a	105.97 ^b	70.34 ^b	131.60 ^{ab}	87.76 ^{ab}	30.09 ^c
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	43.134	8.866	9.728	12.370	18.436	22.429	27.216	33.865	18.960	33.812	41.605	36.379	16.395

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 19 กิจกรรมเอนไซม์เบต้ากลูคาเนส ($\mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{mg}$ protein) เปรียบเทียบเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตก (dehiscence zone) และเนื้อเยื่อบริเวณนอกรอยแตก (non-dehiscence zone) ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

Treatments	β -1,4-glucanase activity ($\mu\text{mol}/\text{min}\cdot\text{mg}$ protein)		Mean
	dehiscence zone	non- dehiscence zone	
stage 1	1.58 ^{fr}	1.43 ^f	1.50 E
stage 2	5.29 ^c	3.96 ^a	4.62 C
stage 3	2.86 ^e	2.09 ^{ef}	2.47 D
stage 4	7.51 ^b	3.75 ^d	5.90 B
stage 5	11.00 ^a	3.81 ^d	7.40 A
stage 6	6.04 ^c	2.61 ^d	4.32 C
Mean	5.71 A	2.91B	
<i>F</i> -test	**	**	**
CV (%)	13.61		

ตารางภาคผนวกที่ 20 กิจกรรมเอนไซม์แพคเตสไลเอส (unit/mg protein) เปรียบเทียบเนื้อเยื่อบริเวณเกิดรอยแตก (dehiscence zone) และเนื้อเยื่อบริเวณนอกรอยแตก (non- dehiscence zone) ในระยะพัฒนาฝักที่แตกต่างกัน

Treatments	pactatelyase activity (μmol unsaturated oligogalacturonides/min.mg protein)		Mean
	dehiscence zone	non- dehiscence zone	
stage 2	12.13 ^c	16.56 ^a	14.35 A
stage 3	12.61 ^c	14.09 ^b	13.35 A
stage 4	4.83 ^e	4.94 ^e	4.89 D
stage 5	5.70 ^e	5.91 ^e	5.81 C
stage 6	4.64 ^e	4.85 ^e	4.74 C
Mean	8.68	9.67	
<i>F</i> -test		ns	**
CV (%)			

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ย (Mean) = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบแบบ 2 x 6 Factorial in CRD

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสีผิว ค่า L* ของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatments	Days in storage							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Control	28.01 ± 1.7 a	32.70 ± 1.7 a	36.69 ± 1.4 a	38.96 ± 1.9 a	39.43 ± 1.3 a	37.25 ± 1.7 a	33.71 ± 1.5 a	29.61 ± 1.9 b
1-MCP 150 ppb	28.36 ± 1.4 a	33.83 ± 1.3 a	33.35 ± 1.3 b	34.49 ± 1.8 b	34.27 ± 1.1 b	37.41 ± 1.5 a	35.40 ± 1.7 a	32.91 ± 1.5 a
1-MCP 300 ppb	27.91 ± 1.7 a	33.34 ± 1.5 a	33.82 ± 1.4 b	34.67 ± 1.9 b	35.50 ± 2.1 b	35.20 ± 1.9 b	34.73 ± 1.1 a	35.19 ± 1.5 ab
<i>F</i> -test	ns	ns	*	*	*	*	ns	*
% C.V.	10.68	13.96	8.70	10.40	10.11	9.30	12.08	10.61

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 22 การเปลี่ยนแปลงสีผิว ค่า a* ของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatment	Days in storage							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Control	-6.77 ± 0.5 a	-5.57 ± 1.4 a	-4.95 ± 1.3 a	-4.55 ± 1.3 a	-3.68 ± 1.7 a	-3.21 ± 1.0 a	-1.42 ± 2.0 a	-0.75 ± 1.8 a
1-MCP 150 ppb	-6.65 ± 0.4 a	-5.62 ± 0.7 ab	-5.06 ± 0.6 a	-5.03 ± 0.3 b	-4.75 ± 0.3 b	-4.83 ± 0.8 b	-4.62 ± 0.4 b	-4.39 ± 0.5 b
1-MCP 300 ppb	-6.75 ± 0.5 a	-6.01 ± 0.3 b	-5.87 ± 0.4 b	-5.64 ± 0.3 b	-5.47 ± 0.3 b	-5.41 ± 0.5 b	-5.36 ± 0.4 b	-5.00 ± 0.5 b
<i>F</i> -test	ns	*	*	*	*	*	*	*
% C.V.	6.73	16.28	16.21	14.76	19.88	16.29	27.20	40.70

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 23 การเปลี่ยนแปลงสีผิว ค่า b* ของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatments	Days in storage							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Control	14.78 ± 0.6 a	17.48 ± 0.3 a	19.70 ± 0.8 a	20.41 ± 0.4 a	21.43 ± 1.1 a	22.50 ± 1.2 a	22.86 ± 1.1 a	22.57 ± 1.5 a
1-MCP 150 ppb	14.73 ± 0.5 a	15.91 ± 0.5 b	16.85 ± 0.5 b	16.96 ± 0.6 b	17.07 ± 1.4 b	18.84 ± 0.6 b	19.21 ± 1.2 b	17.56 ± 0.6 b
1-MCP 300 ppb	14.72 ± 0.6 a	15.96 ± 0.6 b	16.20 ± 0.5 b	14.65 ± 1.3 c	13.49 ± 1.4 c	14.00 ± 1.3 c	16.11 ± 1.3 c	15.37 ± 0.4 c
<i>F-test</i>	ns	*	*	*	*	*	*	*
% C.V.	3.81	5.30	6.10	14.34	19.34	5.58	10.48	5.07

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 24 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatments	Weight loss (%)							
	Days in storage							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.00 ± 0.0 a	2.93 ± 0.5 a	4.06 ± 0.9 a	4.32 ± 0.8 a	4.51 ± 1.1 a	4.86 ± 1.1 a	5.42 ± 0.3 a	5.47 ± 0.3 a
1-MCP 150 ppb	0.00 ± 0.0 a	2.08 ± 0.5 b	2.27 ± 0.7 b	2.35 ± 0.3 b	2.47 ± 1.0 b	2.56 ± 0.9 b	2.75 ± 0.2 b	2.88 ± 0.6 b
1-MCP 300 ppb	0.00 ± 0.0 a	1.72 ± 0.5 c	2.09 ± 0.4 c	2.19 ± 0.8 c	2.24 ± 0.6 c	2.38 ± 0.2 c	2.49 ± 1.0 c	2.51 ± 1.0 c
<i>F-test</i>	ns	*	*	*	*	*	*	*
% C.V.	0.00	5.63	4.34	4.18	9.78	10.09	9.62	8.88

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 25 ปริมาณเพกทินทั้งหมด (total pectin) ในฝักวานิลลาที่ไม่ได้รมและที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี นาน 6 ชั่วโมง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatments	Total pectin (μg galacturonic acid/mg AIS)
Control	37.82 \pm 3.2 c
1-MCP 150 ppb	55.56 \pm 1.4 b
1-MCP 300 ppb	64.00 \pm 1.1 a
F-test	*
% C.V.	4.13

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 26 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักวานิลลาที่ไม่รมสาร 1-MCP ไม่จุ่มสารละลายเอทิฟอน และที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี ร่วมกับการจุ่มด้วยสารละลายเอทิฟอน เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatments	Weight loss (%)							
	Days in storage							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.00 \pm 0.0	2.93 \pm 0.5	4.06 \pm 0.9	4.32 \pm 0.8	4.51 \pm 1.1	4.86 \pm 1.1	5.42 \pm 0.3	5.47 \pm 0.3
	a	a	a	a	b	b	b	b
Ethephon 500 ppm	0.00 \pm 0.0	2.93 \pm 0.7	4.06 \pm 1.1	3.89 \pm 0.9	4.64 \pm 0.9	5.32 \pm 0.2	5.63 \pm 0.7	5.86 \pm 0.4
	a	a	a	b	a	a	a	a
1-MCP 150 ppb + ethephon 500 ppm	0.00 \pm 0.0	2.08 \pm 0.2	2.27 \pm 0.5	3.39 \pm 0.2	3.71 \pm 1.0	3.85 \pm 1.1	4.24 \pm 0.8	4.46 \pm 0.3
	a	b	b	c	c	c	c	c
1-MCP 300 ppb + ethephon 500 ppm	0.00 \pm 0.0	1.72 \pm 0.2	2.09 \pm 0.9	3.10 \pm 1.0	3.25 \pm 0.6	3.42 \pm 0.5	3.61 \pm 0.3	3.70 \pm 0.6
	a	c	c	d	d	d	d	d
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*
% C.V.	0.00	5.63	4.34	4.18	9.78	10.09	9.62	8.88

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ตารางภาคผนวกที่ 27 ปริมาณเพกตินทั้งหมด (total pectin) ในฝักวานิลลาที่ไม่รมสาร 1-MCP ไม่จุ่มสารละลายเอธิฟอน และที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 150 และ 300 พีพีบี ร่วมกับการจุ่มด้วยสารละลายเอธิฟอน เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

Treatments	Total pectin (μg galacturonic acid/mg AIS)
Control	37.82 \pm 3.2 b
Ethephon 500 ppm	32.13 \pm 1.0 c
1-MCP 150 ppb + ethephon 500 ppm	49.42 \pm 2.0 a
1-MCP 300 ppb + ethephon 500 ppm	52.54 \pm 2.7 a
F-test	*
% C.V.	5.62

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

CV = coefficient of variation

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ –สกุล ดร. ธิติมา วงษ์ชีรี (Dr.Thitima Wongsheeree)
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 4-2201-00001-47-6
3. ตำแหน่ง นักวิจัย ระดับ 7
4. หน่วยงาน/ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม (ศวช.)
สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) ชั้น 7 สำนักงานอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เลขที่ 126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด
เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-9682, 02-4709709 โทรสาร. 0-2470-9680

E-mail: thitima.won@kmutt.ac.th

5. ประวัติการศึกษา/ผลงาน

ปีที่จบ	ระดับการศึกษา	วุฒิการศึกษา/ ประกาศนียบัตร	สาขาเอก	ชื่อสถาบัน
2550	ปริญญาเอก	ปร.ด.	เทคโนโลยีหลังการ เก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเกษตร กำแพงแสน
2538	ปริญญาโท	วท.ม.	วิทยาการหลังการ เก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2534	ปริญญาตรี	วท.บ.	พืชสวน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- a. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน
- b. การถ่ายทอดเทคโนโลยีในระบบอุตสาหกรรมเกษตร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: 1 โครงการ

1. การวิจัยพัฒนากระบวนการบ่มในการปรับปรุงคุณภาพของฝักวานิลลาที่ผลิตในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภค-1ช/52)

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย: 3 โครงการ

1. ผลของความแก่ของฝัก ความชื้นและอุณหภูมิระหว่างการบ่มต่อคุณภาพของฝักวานิลลา (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภค-1ช/52)

2. การศึกษาเทคนิคการตรวจวัดโรคแอนแทรกโนสในผลมะม่วงระยะแก่เขียว (แหล่งทุน ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ งบประมาณปี 2552)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารวานิลลินในระหว่างการบ่มฝักวานิลลา (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ว-1ช/53)

7.3 งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว

1. การศึกษาเทคนิคการตรวจโรคแอนแทรกโนสในผลมะม่วงระยะแก่เขียว (โครงการย่อยที่ 4 ในชุดโครงการวิจัยเรื่อง ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลมะม่วง) [ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว 52]
2. Wongsheeree, T., Ketsa, S. van Doorn, W. G. 2009. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (*Ocimum × citriodourum*) leaves. *Postharvest Biology and Technology* 51: 91-96. (งานวิทยานิพนธ์ปริญญาเอก)
3. การวิจัยรูปแบบการผลิตและการจัดการที่เหมาะสมต่อการผลิตผักปลอดภัยสารพิษ กรณีศึกษา : กลุ่มผู้ผลิตผักปลอดภัยสารพิษ จังหวัดราชบุรี [วช. 46]
4. เครื่องคัดขนาดและน้ำหนักผลมะม่วง [MTEC 45]
5. การพัฒนากลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีระบบสุญญากาศ อ.นาแห้ว จ.เลย [BIOTEC45]

7.4 การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

1. อติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี, วาริช ศรีละออง และวัชระ พันธุ์ทอง, 2552, ผลของความแก่ของผักต่อปริมาณสารให้กลิ่นในฝักวานิลลา, การสัมมนาทางวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7, 19-20 สิงหาคม, โรงแรมอ่าวนางวิลล่ารีสอร์ท, จ.กระบี่, หน้า 115. (โปสเตอร์)
2. อติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี, วาริช ศรีละออง และวัชระ พันธุ์ทอง, 2553, การศึกษาวิธีลดระยะเวลาการบ่มฝักวานิลลาที่ผลิตในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง, การประชุมวิชาการวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ภาคเหนือของประเทศไทย, 7-9 มกราคม, โรงแรมดิเอ็มเพรส, จ.เชียงใหม่, หน้า 104-105. (บรรยาย)
3. Wongsheeree, T., Rittiron R., Jitareerat P., Wongs-Aree C. and Phiasai T. 2010. "Near Infrared Spectroscopic Analysis for Latent Infection of *Colletotrichum gloeosporioides*, a Causal Agent of Anthracnose Disease in Mature-Green Mango Fruit." International Conference for a Sustainable Grater Mekong Subregion. (GSMETC2010) 26-27 August, The Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok Thailand. (Poster)
4. อติมา วงษ์ชีรี, เตชรัฐสิณป์ เพ็ญชัย, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2553. การทำนายการเกิดโรคแอนแทรกโนสของผลมะม่วงระยะแก่เขียวด้วยการประมวลผลภาพ. การสัมมนาทางวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7, 1-3 กันยายน, โรงแรมดิเอ็มเพรส, จ.เชียงใหม่, หน้า 115. (บรรยาย)
5. อติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี, วาริช ศรีละออง และวัชระ พันธุ์ทอง, 2553, การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระหว่างการบ่มฝักวานิลลา, การสัมมนาทางวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7, 1-3 กันยายน, โรงแรมดิเอ็มเพรส, จ.เชียงใหม่, หน้า 115. (โปสเตอร์)
6. อติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี และเตชรัฐสิณป์ เพ็ญชัย, 2553, คุณสมบัติและปริมาณของสารเมลาโนินจากเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของผลมะม่วง, การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 4, 22-23 กันยายน, โรงแรมเอส.ดี.อเวนิว, กรุงเทพฯ, หน้า 129. (โปสเตอร์)
7. สิริพร สีแดง, อติมา วงษ์ชีรี, สุเมธ ทานเจริญ วันเพ็ญ วรวงศ์พงศาและชนะ พรหมทอง, 2553, การผลิต การตลาดและการวิจัยวานิลลาในประเทศไทย, การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 4, 22-23 กันยายน, โรงแรมเอส.ดี.อเวนิว, กรุงเทพฯ, หน้า 129. (โปสเตอร์)

8. สิริพร สีแดง, ธิติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี และวาริช ศรีละออง, 2554, การผลิต การตลาดและการวิจัยวานิลลาในประเทศไทย, ประชุมวิชาการ เรื่องอนาคตชนบทไทย: รากฐานที่มั่นคง เพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน วันที่ 27-29 มกราคม 2554, จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น ณ โรงแรมໄໝະ จ.ขอนแก่น, หน้า 23-27. (บรรยาย)

7.5 ผลงานที่ได้รับรางวัล

1. รางวัลการนำเสนอผลงาน ภาคโปสเตอร์ ระดับดี สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และธิติมา วงษ์ชีรี, 2553, “ผลกระทบของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย”, การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 11-14 พฤษภาคม, โรงแรมกรุงศรีริเวอร์, จ.พระนครศรีอยุธยา, หน้า 218.
2. รางวัลการนำเสนอผลงาน ภาคบรรยาย ระดับดีเด่นสาขานวัตกรรมทางพืชสวนและการแปรรูป ธิติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี, วาริช ศรีละออง และวัชระ พันธุ์ทอง, 2553, "การใช้ตู้อบลมร้อนทดแทนการใช้แสงแดดในระหว่างการบ่มฝักวานิลลา”, การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 11-14 พฤษภาคม, โรงแรมกรุงศรีริเวอร์, จ.พระนครศรีอยุธยา, หน้า 55.

7.6 ผลงานตีพิมพ์

1. ธิติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และเฉลิมชัย วงษ์อารี, 2542, "ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดร่วมกับสารเคลือบผิวที่มีต่อโรคแอนแทรกคโนสและโรคขั้วผลเน่าของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา", วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., ปีที่ 22, ฉบับที่ 3, กันยายน-ธันวาคม, หน้า 77-92.
2. อัจฉรา ฉัตรแก้ว, อภิรดี อุทัย รัตนกิจ, ธิติมา วงษ์ชีรี และผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, 2552, “ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคเน่าของกล้วย”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 40, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 33-36.
3. Wongsheree, T., Rittiron, R., Jitareerat, P., Wongs-Aree, C., and Phiasai, T., 2010, "Near Infrared Spectroscopic Analysis for Latent Infection of *Colletotrichum gloeosporioides*, a Causal Agent of Anthracnose Disease in Mature-Green Mango Fruit", International Conference for a Sustainable Greater Mekong Subregion (GMSTEC 2010), August 26-27, The Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok, Thailand, pp. 341-343. (CDROM)
4. ธิติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี และเตชคุ์ฐสิณปี เพ็ญชัย, 2553, “คุณสมบัติและปริมาณของสารเมลาโนินจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกคโนสของผลมะม่วง”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 41, ฉบับที่ 3/1(พิเศษ), หน้า 481-484.
5. สิริพร สีแดง, ธิติมา วงษ์ชีรี, สุเมธ ท่านเจริญ วันเพ็ญ วรวงศ์พงศา และชนะ พรหมทอง, 2553, การผลิต การตลาดและการวิจัยวานิลลาในประเทศไทย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 41, ฉบับที่ 3/1(พิเศษ), หน้า 469-472.
6. สิริพร สีแดง, ธิติมา วงษ์ชีรี, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, เฉลิมชัย วงษ์อารี และวาริช ศรีละออง, 2554, “การผลิต การตลาดและการวิจัยวานิลลาในประเทศไทย”, เอกสารการประชุมวิชาการ เรื่องอนาคตชนบทไทย: รากฐานที่มั่นคงเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน วันที่ 27-29 มกราคม 2554, จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น ณ โรงแรมໄໝະ จ.ขอนแก่น, หน้า 23-27.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย
(ภาษาอังกฤษ) Ms. Panida BOONYARITTHONGCHAI
2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิจัย
3. หน่วยงานที่สังกัดและที่อยู่ สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน)
ที่อยู่ : 83 ถนนบางขุนเทียน แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์ : 470-7732 โทรสาร : 470-7728

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับการศึกษา	วุฒิการศึกษา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน
2538	ปริญญาตรี	วท.บ.	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
2542	ปริญญาโท	วท.ม.	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี
2548	ปริญญาโท	วท.ม.	Agronomical and Food Chemistry	Kagoshima University
2551	ปริญญาเอก	วท.ม.	Agricultural Sciences and Natural Resources	Kagoshima University

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- การเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว
- การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมและสภาพบรรยากาศดัดแปลง
- การเกิดสีน้ำตาลในผลิตผลสดทางการเกษตร
- Plant programmed cell death

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ**6.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว**

6.2.1 ชื่อเรื่อง ผลของคาร์บอนไดออกไซด์ อลูมิเนียมฟอสไฟด์ ไพริมิฟอสเมทิลและภาชนะบรรจุต่อคุณภาพการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์ ข้าวหอมดอกมะลิ 105

ปีที่พิมพ์ 2541 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัยหลัก

6.2.3 ชื่อเรื่อง ผลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะพันธุ์โรงเรียน

ปีที่พิมพ์ 2542 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัยหลัก

6.2.3 ชื่อเรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และลิวติพอกซิเดสในผักและผลไม้

ปีที่พิมพ์ 2542 Saint Petersburg University ประเทศรัสเซีย

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัยหลัก

6.2.4 ชื่อเรื่อง การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่สูงขึ้นในฤดูใบไม้ผลิและการตายแบบโปรแกรมของใบลิคิลิส

ปีที่พิมพ์ 2547 มหาวิทยาลัยคาโคซิม่า ประเทศญี่ปุ่น

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัยหลัก

6.2.5 ชื่อเรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางชีวเคมีในกระบวนการตายแบบโปรแกรมของใบลิคอริสและเซลล์พืชอะราบิโดปสิสที่ผ่านการให้ความร้อน

ปีที่พิมพ์ 2551 มหาวิทยาลัยคาโคซิม่า ประเทศญี่ปุ่น

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัยหลัก

6.2 ประสบการณ์ฝึกงานในต่างประเทศ

การฝึกอบรมด้านเทคนิคในการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์หลังการเก็บเกี่ยว เรื่อง “Analysis of Enzyme Browning and Lipid Oxidation during Storage of Fruits” ระหว่างวันที่ 25 มิถุนายน – 25 สิงหาคม 2543 ณ. Saint Petersburg University ประเทศรัสเซีย เป็นระยะเวลา 3 เดือน

6.3 งานวิจัยที่ตีพิมพ์

1. Boonyaritthongchai, P. 1995 “A Study about quantities changes of rice, pork, fat and sugar on Physical Biochemical and quality changes in Thai fermented sausage, Special Problem of Graduate School. Department of Food Science and Technology, Rajchat Institute Chandrakasem, Bangkok, 147 p. (In Thai with English summary)

2. Boonyaritthongchai, P. 1998. “Effect of Carbon Dioxide, Aluminium Phosphide, Pirimiphos Methyl and Containers on “Khaohomdokmali 105” Paddy Seed During Storage, Special Problem of Master Degree. King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 30 p. (In Thai with English summary)

3. Boonyaritthongchai, P. 1999. “Effect of Carbon Dioxide on Prolong Storage Life of “Rong-rien” rambutans (*Nephelium lappaceum* Linn.)”. Thesis of Master Degree. King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140, Thailand, 199 p. (In Thai with English summary)

4. Boonyaritthongchai, P., S. Kanlayanarat and V. Yemelyanov and S. Sheparev 2000. “Effect of Low Temperature on Polyphenol oxidase activity, Peroxidase activity and content of TBA-Reactive compounds in Apple and Potato Fruit”. In Gerald of St.Petersburg University Journal, St. Petersburg State University, Russia.

5. Boonyaritthongchai, P. S. Kanlayanarat 2001. “Changes in Polyphenol oxidase and Peroxidase activity in “Rong-rein” Rambutans (*Nephelium lappaceum* Linn.) under Controlled Atmosphere Storage Conditions Submitted to present in 8th International Controlled Atmosphere Research Conference at Rotterdam, The Netherlands, July 8-13, 2001.

6. Boonyaritthongchai, P. and Kanlayanarat, S. 2003. Controlled Atmosphere Storage to Maintain Quality of 'Rong-rein' Rambutan Fruits. Acta Hort. (ISHS) 600:829-832.

7. Boonyaritthongchai, P. and Kanlayanarat, S. 2003. Modified Atmosphere and Carbon Dioxide Shock Treatment for Prolonging Storage Life of 'Rong-rein' Rambutan Fruits. Acta Hort. (ISHS) 600:823-828

8. Boonyaritthongchai, P., Manuwong, S., Kanlayanarat, S., and Matsuo, T., 2008. An Approach to Developing Cultural Techniques for Addition of Thermotolerance in Crops Using a Cell Culture System. Journal of the Japanese Society of Agricultural Technology Management. (In press)

9. Boonyaritthongchai, P., Manuwong, S., Kanlayanarat, S., and Matsuo, T., 2008. Accelerated of Senescence by High Temperature Treatment in Lycoris (*L. traubii* x *L. sanguinea*) Leaf sections. Journal of the Japanese Society of Horticultural Science. 77(4): 431-439.

7.4 การเสนอผลงาน Scientific Presentation

1. Boonyaritthongchai, P. Kanlayanarat S., Nakamura Y., Okamoto, S., and Matsuo, T., 2003, “Does a Temperature Increase in Spring Induce Apoptosis of Leaf Cells in the Lycoris Plants”, Autumn Meeting of Japanese Society for Horticultural Science, Yamaguchi, Japan

2. Boonyaritthongchai, P. Matsuo T., Nakamura Y., Okamoto S., 2006, “Induction of Programmed cell death -like Phenomenon in Lycoris Leaf Segments by Heat Shock”, Autumn Meeting of Japanese Society for Bioscience, Kyoto, Japan

3. Boonyaritthongchai P., Manuwong S., Kanlayanarat S., Nakamura Y., Okamoto S., Matsuo T., 2007, “Biochemical changes induced by mild heat in Arabidopsis suspension culture cells”, Autumn Meeting of Japanese Society for Bioscience, Kagawa, Japan (28-30 September, 2007) Oral presentation

ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวลำแพน ขวัญพูล
(ภาษาอังกฤษ) Miss Lampan KHURNPOON
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5360490016772
- หน่วยงาน หลักสูตรพืชสวน สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทร. 02-3264318 แฟกซ์ 02-3298515
มือถือ 081-8457071 e-mail: kklampan@kmitl.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีพ.ศ.ที่จบ	วุฒิการศึกษา	สาขาที่จบ	สถาบัน
2541	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับสอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2550	ปริญญาเอก	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชสวน)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา):

- สรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสดทางพืชสวน

5. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

ประเภททุน/ปี	ปี พ.ศ.	หลักสูตร / ชื่อโครงการ	สถานที่	แหล่งทุน
ทุนฝึกอบรม	2554	Vegetable production	EICA Cairo, Egypt	รัฐบาลอียิปต์
ทุนวิจัยหลังปริญญาโท-หลังปริญญาเอก	2550	การพัฒนาแผ่นฟิล์มพลาสติกย่อยสลายต่อคุณภาพของผลมะม่วงขณะเติบโต	สวทช.	สวทช.
Visiting Scholarship	2546-2547	Cell Wall Metabolism	University of California, Davis, USA	สกว.

6. ทุนวิจัยที่เคยได้รับ (ย้อนหลัง 5 ปี)

ชื่อโครงการ	ปีพ.ศ.	แหล่งทุน
การสำรวจสายพันธุ์ ระบบการผลิต และการตลาดของมะละกอในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว	2552	สกว.
บทบาทของสารเคอร์คูมินและสาร 1-methylcyclopropene ต่อการเสื่อมสภาพของกุหลาบขาวตัดดอกพันธุ์ไวท์คริสต์มาส	2553	เงินรายได้ สจล.
	2553	
เมตาบอลิซึมของผนังเซลล์ในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ	2552-2554	สกว.
การศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาสีผิวผล การย่อยสลายของคลอโรฟิลล์และกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสในมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ฮอลแลนด์	2554	เงินรายได้ สจล.

การทดสอบระบบการผลิตมะละกออย่างยั่งยืนในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว	2552-2555	สกว.
กิจกรรมการต้านปฏิบัติการออกซิเดชันในเปลือกและเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนก	2555	เงินรายได้ สจล.
ผลของการรมและการสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อแมลงศัตรูผักและไม้ดอก	2555-2557	สวทช.

7. ผลงานทางวิชาการ และอื่นๆ

ระดับ	ผู้แต่ง	ชื่อเรื่อง	ชื่อวารสาร	ปีที่พิมพ์/หน้าที่พิมพ์
ชาติ	นวลอนงค์ ปุเรนเต และลำแพน ขวัญพูล	การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมการต้านปฏิบัติการออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์มหาชนก	เกษตรพระจอมเกล้า	2555/30(2): 68-77
	วัชรชัย พรหมทับ และลำแพน ขวัญพูล	การลดการช้ำและการเกิดสีน้ำตาลในผลมะละกอพันธุ์มะกอกโดยใช้กรดแอสคอบิก	ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)	2555/43 (3): 335-338
	กัณฑ์ธีร์ สิริเวชพันธุ์ และลำแพน ขวัญพูล	ผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวและคุณภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย	ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)	2555/43(3): 436-439
	พรพรรณ นุชโพธิ์พันธุ์ ลำแพน ขวัญพูล และฉติมา วงษ์ ซีรี	การเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวโมเลกุลของเพกตินของฝักวานิลลา	ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)	2555/43(3): 490-493
	จุฑามาศ แสงสว่าง และลำแพน ขวัญพูล	ผลของ 1-methyl cyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายขนาดโมเลกุลของเพกตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ	ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)	2555/43(3): 532-535
	จุฑามาศ แสงสว่าง และลำแพน ขวัญพูล	ผลของระยะเวลาบรูณต่อความรุนแรงของการช้ำในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย	ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)	2555/43(3): 556-563
	นวลอนงค์ ปุเรนเต และลำแพน ขวัญพูล	การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมการต้านปฏิบัติการออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์มหาชนก	เกษตรพระจอมเกล้า	2555/30(2): 68-77.
	ลำแพน ขวัญพูล	กลไกการช้ำในผลไม้	เกษตรพระจอมเกล้า	2555/30(2): 107-116.
	กัณฑ์ธีร์ สิริเวชพันธุ์ และลำแพน ขวัญพูล	การชะลอการสุกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำด้วยสาร 1-methylcyclopropene.	ว. วิทย.กษ. (พิเศษ):	
	จุฑามาศ แสงสว่าง และลำแพน ขวัญพูล	ผลของการห่อผลต่อการพัฒนาสีผิวและคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	ว. วิทย.กษ. (พิเศษ):	2554/42: 1232-235.
	จรงค์ศักดิ์ พุ่มนวล อรุณมา รุ่งน้อย และลำแพน ขวัญพูล.	การทดสอบความชอบในการเข้าทำลายของตัวงวงมันเทศ (<i>Cylas formicarius</i> F.) บนมันเทศพันธุ์ต่างๆ	แก่นเกษตร.	39(2): 59-66.
	ทิพวรรณ จันทร์มณี ลำแพน ขวัญพูล และวชิรญา อัมสบาย	ผลของสาร 1-methylcyclopropene ร่วมกับการใช้สารละลายต่ออายุการปักแจกันของดอกกุหลาบพันธุ์ไวท์คริสต์มาส.	ว. วิทย.กษ. (พิเศษ)	2553/41(1): 71-74.
นานาชาติ	L. Khurnpoon and J. Siriphanich	2012. Changes in cell wall polysaccharides in bruised papaya. Acta Hortic.	Acta Hortic.	2012/945: 381-389

	L. Khurnpoon and O. Rungnoi	The correlation between total phenol and antioxidant in sweet potato (<i>Ipomea batatas</i>) with varying flesh color.	Acta Hortic.	2012/945: 413-419
--	--------------------------------	--	--------------	----------------------

8. การเสนอผลงานวิชาการ

ระดับ	ผู้แต่ง	ชื่อเรื่อง	ชื่องานประชุม	สถานที่/ วัน-เวลา
ชาติ				
นานาชาติ	N. Parintawong, K. Chantasee L. Khurnpoon	The Effect of Salicylic Acid on Growth and Development of Infected and Non-Infected PRSV in 'Khak Dum' Papaya	III International symposium on papaya	Chiang Mai, Thailand/December 19-22, 2011
	L. Khurnpoon, N. Parintawong, P. Khemthong P. Dolokoslem	Methyl jasmonate on induction of systemic resistance against PRSV in 'Khak dam' papaya (<i>Carica papaya</i> Linn.)	V International symposium on tropical and subtropical fruits	Guangzhou, China/ June 18-22, 2012
	L. Khurnpoon, K. Sirivejabandhu P. Sangwanangkul	Changes in pigments and fruit quality in papaya harvested from different growing seasons	V International symposium on tropical and subtropical fruits	Guangzhou, China/ June 18-22, 2012

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-สกุล นางสาวผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ (Miss Pongphen Jitareerat)
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3749900252975
3. ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8
4. หน่วยงาน/ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
เลขที่ 126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด กรุงเทพฯ 10140
โทรศัพท์ 0-2470-7722 โทรสาร 0-2470-7720

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับการศึกษา	วุฒิการศึกษา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน
2535	ปริญญาตรี	วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	โรคพืช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2539	ปริญญาโท	วท.ม. (เกษตรศาสตร์)	โรคพืช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2545	ปริญญาเอก	Ph.D.	โรคพืช	Gifu Univ. (Shizuoka Univ.)

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- Postharvest pathology
- Molecular biology in Plant pathology
- Food safety and Microbiology

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1) การชักนำการแสดงออกของยีน Pathogenesis-Related (PR) Proteins และ Systemic Acquired Resistance (SAR) โดย Biotic และ Abiotic elicitors ในพริก

แหล่งทุน - สภาวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2551

สถานภาพ - ได้ทำงานไปแล้วร้อยละ 12

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

PROCEEDING/CONFERENCES

1. Chookhongkha, N., Jitareerat, P., Kanlayanarat, S., and Niyomlao, W. (2004). Effect of Hot Water Treatment (HWT) on the Quality and storage Life of Netted Melon. Agricultural Sci. J. 35 5-6 (Suppl) : 89-92.
2. Jitareerat, P., Uthairatanakij, A., Photchanachai, S., Srilaong, V. and Chookhongka, N. (2004). Effect of coating materials on mangosteen fruit quality. pp 173-177. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.

3. Buntong, B., **Jitareerat, P.**, Wongs-Aree, C. and Kanlayanarat, S. (2004). Microbial assessment of fresh-cut papaya from supermarkets and decontamination using sodium hypochlorite. pp. 279-282. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC symposium on quality management in Postharvest systems, Bangkok, Thailand.
4. Sukewijaya, I.M., **Jitareerat, P.**, Uthiratanakij, A. and Kanlayanarat, S. (2004). Microbial Assessment and De-contamination of Fresh-cut Pummelo (*Citrus maxima*) by Sodium Hypochlorite. Pp. 283-286. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
5. Benitez, M.M., **Jitareerat, P.**, Kanlayanarat, S. and Acedo, Jr. A.L. (2004). Assessment of Microbial Contamination of Retail Fresh-cut Watermelon and Effects of Sodium Hypochlorite Treatment. pp 301-304. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
6. Jansri, S., **Jitareerat, P.**, and Kanlayanarat, S. (2004). Maintaining the Quality of Red Ginger Cut-Flower by 1-methylcyclopropane. pp 405-407. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
7. Na-rungsri, B., **Jitareerat, P.**, Phochanachai, S., and Kanlayanarat, S. (2004). Effects of Thiourea Pulsing on the vase Life of Torch Ginger Flower (*Elettaria elatior* Smith). pp 383-387. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
8. Boonchoo, T., **Jitareerat, P.**, and Photchanachai, S. (2004). Inhibition of *Aspergillus flavus* in Brown rice with gamma irradiation. Pp. 431-432. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
9. Yong, B., Wong-Aree, C., **Jitareerat, P.** and Kanlayanarat, S. (2004). Postharvest attributes of 'Trad Seethong' pineapple under superatmospheric oxygen. pp. 267-271. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). APEC symposium on quality management in Postharvest systems, Bangkok, Thailand.
10. Srilaoang, V., Uthiratanakij, A., **Jitareerat, P.**, and Kanlayanarat, S. (2004). Effect of plastic Tray packaging on quality of "Rong-rien" rambutan. Pp.195-199. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
11. Paumchai, S., **Jitareerat, P.**, Kanlayanarat, S., and Sangchote. S. (2005). Effect of chitosan on controlling of anthracnose disease in mango cv. Nam Dok Mai. Faculty of Science, National University of Singapore, Singapore, 2nd Asian Conference on Plant Pathology 25-28 June 2005.
12. **Jitareerat, P.**, Sangchote. S. and Wongs-Aree, C. (2005). Detection of latent infection of *Colletotrichum gloeosporioides*, causal anthracnose disease of raw mango fruit by Polymerase Chain Reaction. Faculty of Science, National University of Singapore, Singapore, 2nd Asian Conference on Plant Pathology 25-28 June 2005.

13. Kriratikron, W., **Jitareerat P.**, Uthiratanakij, A., Photchanachai, S. (2005). Effect of Irradiation on Fungal Severity on Postharvest Diseases on Banana cv. Kluai Kai. International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products. 22-23 September 2005. Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
14. Waehamo, C., **Jitareerat P.**, Uthiratanakij, A., Photchanachai, S. (2005). Effect of Irradiation on Fungal Severity on Postharvest Diseases on Manges cv. Num Dok Mai. International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products. 22-23 September 2005. Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
15. Jansri, S., Uthiratanakij, A., Kanlayanarat, S. and **Jitareerat P.** (2005). Effect of irradiation on flower dropping of 'Walter Oumae' orchid inflorescence after spraying calcium. International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products. 22-23 September 2005. Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
16. Uthairatanakij, A., Jansri, S., **Jitareerat, P.**, Kanlayanarat, S. (2005) Effect of preharvest calciums spraying on gamma irradiate inflorescences of 'Walter Oumae 4N' *Dendrobium*. International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products. 22-23 September 2005. Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
17. Sritananan, S., Uthairatanakij, A., **Jitareerat, P.**, Photchanachai, S. and Vongcheeree, S. (2005). Effects of irradiation and chitosan coating on physiological changes of mangosteen fruit stored at room temperature. International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products. 22-23 September 2005. Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
18. Kyu Kyu Win, N., **Jitareerat, P.** and Kanlayanarat, S. (2006). Preharvest Chitosan Spraying on Leaf Spot Disease and Growth of Orchid (*Dendrobium missteen*). Pp.457-461. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
19. Kyu Kyu Win, N., **Jitareerat, P.** and Kanlayanarat, S. (2006). Antifungal Activity of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Extract on Banana Crown Rotting Fungi. Pp.477. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
20. **Jitareerat, P.**, Pradabsri, D., Kasinkaseampong, Y. and Chanthanumaut, P. (2006). Effect of chitosan for pre- and post-harvest diseases control of rambutan cv. Rong Rean. Pp. 463-472. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
21. **Jitareerat, P.**, Simonne, A. and Hsu, W. (2006). Survival of seeded *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on selected fresh herbs. pp 363. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
22. Keawpet, N., **Jitareerat, P.** and Kanlayanarat, S. (2006). Inhibition of fiber formation and lignification of asparagus by 1-methycyclopropene. Pp. 247-250. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.

23. Keawpet, N., **Jitareerat, P.** and Kanlayanarat, S. (2006). Effects of ethylene and 1-methycyclopropene on fiber and lignin content of Asparagus. Pp. 251-254. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
24. Aiamlar-Or, S., Manakongtreecheep, D., Uthairatanakij, A., and **Jitareerat, P.** (2006). Effect of 1-methycyclopropene fumigation and holding solution on quality of Dendrobium Sonia 'No 17'. Pp. 393-397. In S. Kanlayanarat and W.B. McGlasson (eds.). Proceedings of the APEC Symposium on Postharvest Handling Systems, Bangkok, Thailand.
25. Simonne, A. H., Hsu, W-Y., **Jitareerat, P.** and Marshall, M. R. (2006). Low-dose Irradiation Extend the Shelf-Life of Fresh Mint (*Mentha Piperita* L.) while improving Hygienic Quality. International Society of Horticultural Sciences--MQUIC. Bangkok, Thailand.
26. Hsu, W-Y., Simonne, A.H. and **Jitareerat, P.** (2006). Effects of Low-dose irradiation on survival of *E. coli* O157:H7, *Salmonella* and MS2 bacteriophage on Fresh mint (*Mentha piperita* L.). International Association for Food Protection Annual Meeting. (Accepted)
27. Hsu, W., Simonne, A. H., **Jitareerat, P.**, Evans, K.M. and Marshall, M.R. (2006). Effect of low-dose irradiation on quality characteristics of fresh mint (*Mentha piperita* L.). Institute of Food Technology (IFT) National Meeting, Orlando, FL.
28. Jansri, S., **Jitareerat, P.**, Niyomlao, W., Kanlayanarat, S. (2007) Maintaining the quality of red ginger cut flower using 1-Methycyclopropene. (Abstract) P. 88, 5th National Conference on Postharvest Technology , At Miracle Grand Hotel, Bangkok, 28-29 July 2007.
29. **Jitareerat, P.** and Sa-ngunpuag, K. (2007) Effect of organic acids on browning and quality of fresh cut cauliflower. (Abstract) P. 93, 5th National Conference on Postharvest Technology , At Miracle Grand Hotel, Bangkok, 28-29 July 2007.
30. **Jitareerat, P.** and Uthairatanaki, A. (2007) A study on the combined effects of slow release sulphur dioxide and various plastic bags for controlling fruit rot diseases of "Daw" longan during storage. (Abstract) P. 131, 5th National Conference on Postharvest Technology , At Miracle Grand Hotel, Bangkok, 28-29 July 2007.

JOURNALS

1. Benitez, M.M., Acedo J.A.L., **Jitareerat, P.**, and Kanlayanarat, S. (2006). Induction of disease resistance in mango fruit by postharvest heat treatment. Acta Horticulturae 712:785-792.
2. Benitez, M.M., Acedo J.A.L., **Jitareerat, P.**, and Kanlayanarat, S. (2006). Mango fruit softening response to postharvest heat treatment. Acta Horticulturae 712 :811-816.
3. Uthairatanakij, A., **Jitareerat, P.**, and Kanlayanarat, S. (2006). Effects of irradiation on quality attributes of two cultivars of mango. Acta Horticulturae 712 :885-891.
4. Phokum,C., **Jitareerat, P.**, Phochanachai, S., and Cheevadhanarak, S. (2006). Detection and classification of soft rot Eriwinia of vegetables in Thailand by DNA Polymerase Chain Reaction. Acta Horticulturae 712:917-925.

5. **Jitareerat, P.**, Wong-Aree, C., and Sangchote, S. (2006). Detection of quiescent infection of *Colletotrichum gloeosporioides* on green mango fruit by Polymerase Chain Reaction. *Acta Horticulturae* 712:927-935.
6. Hsu, W-Y., Simonne, A. H. and **Jitareerat, P.** (2006) Fates of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on selected fresh culinary herbs during storage. *J. Food Protection* 69 (8) :1997-2001.
7. Manuwong, S., Uthairatanakij, A. **Jitareerat, P.** (2007) Effects of hot water and sodium hypochlorite treatments on survival of *Salmonella* spp. and qualities of fresh-cut pineapple. *ACTA Horticulturae* 746: 401-408.
8. Worakeeratikul, W. Srilaong, V., Uthairatanakij, A. and **Jitareerat, P.** (2007) Effects of hydrocooling and chitosan coating on browning and physiological changes in fresh-cut rose apple. *ACTA Horticulturae* 746: 427-434.
9. Worakeeratikul, W. Srilaong, V., Uthairatanakij, A. and **Jitareerat, P.** (2007) Effect of Whey protein concentrate on qualities and biochemical changes in fresh-cut rose apple. *ACTA Horticulturae* 746: 435-442.
10. Thommohaway, C., Kanlayanarat, S., Uthairatanakij, A., and **Jitareerat, P.** (2007) Quality of fresh cut Gauva (*Psidium guajava* L.) as affected by chitosan treatment. *ACTA Horticulturae* 746: 449-454.
11. Thommohaway, C., Uthairatanakij, A., and **Jitareerat, P.** (2007) Effects of sucrose fatty acid ester on the quality of fresh cut Gauva (*Psidium guajava* L.). *ACTA Horticulturae* 746: 455-460.
12. **Jitareerat, P.**, Tanapaisankit, T., Srilaong, V., and Photchanachai, S. (2007). Chitosan Treatment for Controlling of Fruit Rot Disease Caused by *Lasiodiplodia theobromea* on Rambutan cv. Rong-Rien. *ACTA Horticulturae* xxx: xxx-xxx.. (Nov)2007
13. **Jitareerat, P.**, Ruenroengklin, N., Uthairatanakij, A. and Wongs-Aree, C. (2007) Use of Herbal Extracts for Inhibiting Microbial growth in Holding Solution of Cut-Rose. *ACTA Horticulturae* xxx: xxx-xxx. (Nov)2007
14. **Jitareerat, P.** and Sa-ngunpuag, K. (2007) Effect of organic acids on browning and quality of fresh cut cauliflower. *Agricultural Science Journal*, Vol 38(5): 82-86.
15. **Jitareerat, P.** and Uthairatanaki, A. (2007) A study on the combined effects of slow release sulphur dioxide and various plastic bags for controlling fruit rot diseases of "Daw" longan during storage. *Agricultural Science Journal*, Vol 38(5): 209-212.
16. **Jitareerat, P.**, Paumchai, S., Kanlayanarat, S. and Sangchote, S. (2007) Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity and disease development of mango fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 211-218.
17. Win, N.K.K., **Jitareerat, P.**, Kanlayanarat, S. and Sangchote, S. (2007) Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana. *Postharvest Biological and Technology* 45:333-340.
18. Wongs-Aree, C., **Jitareerat, P.**, Ketsa, S. 2007. Characteristics of ripe papaya stored at low temperature. *ISHS Acta Horticulturae* 738: (in press)

19. Komnueng, S., **Jitarerat**, P., Uthairatanakij' A., Wongs-Aree, C. and Aoki, S. 2008. Effects of Antagonistic Bacteria and Salicylic Acid on Crown Rot of Banana 'Kluai Hom Thong'. *Agricultural Science Journal*, vol. xx: xx-xx. *In press*.
20. Chatkeaw, A., **Jitareerat**, P., and Uthairatanakij, A. 2008. Combined effects of crude extracts from *Cassia siamea* leaves and packaging for controlling anthracnose disease of banana fruits cv. Klai Hom Thong during storage. *Agricultural Science Journal*, vol. xx: xx-xx. *In press*.
21. Srepong, K., **Jitarerat**, P., Srelaong, V. and Aoki, S. 2008. Selection of Chitinase Producing Bacteria from Soil in Shrimp Farms for Using as Antagonistic Bacterium Against Crown Rot Pathogens of Banana cv. Kuai Hom Thong. *Agricultural Science Journal*, vol. xx: xx-xx. *In press*.

ผู้ร่วมวิจัย

1. นายเฉลิมชัย วงษ์อารี

Mr Chalermchai WONGS-AREE

2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3100901850601

3. ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

4. หน่วยงาน ที่อยู่ติดต่อได้

หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

83 หมู่ 8, แขวงท่าข้าม, เขตบางขุนเทียน, กทม. 10150

โทร 0 2470 7725

โทรสาร 0 2470 7725

Email: chalermchai.won@kmutt.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาบัตร	สถาบัน	ปีที่สำเร็จ
5.1 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชสวน)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	2535
5.2 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2538
5.3 ดุษฎีบัณฑิต (Plant Molecular and Cell Biology)	The University of Nottingham (UK)	2546

6. สาขาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา:

- Colour and flavour analysis of fresh produce
- Postharvest Biochemistry of Physiological Disorders

7. ชื่อข้อเสนองานวิจัย ปีที่พิมพ์ และการเผยแพร่ย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2550 – 2556)

มานะบุตร ศรีรงค์, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2553. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและ oleoresin ของพริกไทยสดที่เก็บในบรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 (1): 149-152.

สุภารัตน์ ขุนเมือง, มณฑนา บัวหนอง, ณ นพชัย ชาญศิลป์, ภูรินทร์ อัครกุลธร และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2551. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานินในดอกบัวบางสายพันธุ์ในกลุ่มอุบลชาติ. การพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติ ครั้งที่ 6, 36-42.

Changprasert, S., S. Noichinda, K. Bodhipadma and C. Wongs-Aree. 2011. Physico-chemical properties of harvested young Thai fragrant coconut (*Cocos nucifera* L.) fruit: An appropriate data for packing design. The Journal of Applied Science 10(1). 1-6.

Chunprasert A., A. Uthairatanakij and C. Wongs-Aree. 2006. Storage quality of 'Neang' sugar apple treated with chitosan coating and MAP. Acta Horticulturae 712: 857-863.

Fuggate, P., C.Wongs-Aree, S. Noichinda and S. Kanlayanarat. 2010. Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk Mai Lie' papaya during fruit ripening. Scientia Horticulturae 126: 120-129.

Jamjumroon, S., C. Wongs-Aree, W.B. McGlasson, V. Srilaong, P. Chalermklin and S. Kanlayanarat. 2012. Extending the shelf-life of straw mushroom with high carbon dioxide treatment. International Journal of Food, Agriculture & Environment 10 (1): 78-84.

Jamjumroon, S., C. Wongs-Aree, W.B. McGlasson, V. Srilaong, P. Chalermklin and S. Kanlayanarat. 2013. Alleviation of cap browning of 1-MCP /High CO₂- treated straw mushroom buttons under MAP. International Food Research Journal 20(2): 581-585.

- Jitareerat P., **C. Wongs-Aree** and S. Sangchote. 2006. Detection of quiescent infection of *Collectotrichum gloeosporioides* on green mango fruit by polymerase chain reaction. *Acta Horticulturae* 712: 927-935.
- Junka, N., S. Kanlayanarat, M. Buanong, S. Wongchaochant and **C. Wongs-Aree**. 2011. Analysis of anthocyanins and the expression patterns of genes involved in biosynthesis in two *Vanda* hybrids. *International Journal of Agriculture and Biology* 13: 873–880.
- Junka, N., S. Kanlayanarat, M. Buanong, S. Wongchaochant and **C. Wongs-Aree**. 2012. Characterisation of floral anthocyanins and their antioxidant activity in *Vanda* hybrid (*V. teres* x *V. hookeriana*). *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.10 (2): 221-226.
- Junka, N., **C. Wongs-Aree**, S. Kanlayanarat and K. Thanomchit. 2007. Predominance of cyanidin found in flower from two species of *Aerides* orchids. *Acta Horticulturae* 755: 549-556.
- Kramchote, S., C. Jirapong and C. Wongs-Aree. 2008. Effects of 1-MCP and controlled atmosphere storage on fruit quality and volatile emission of ‘Nam Dok Mai’ mango. *Acta Horticulturae* 804: 485-492.
- Kramchote, S., V. Srilaong, **C. Wongs-Aree** and S. Kanlayanarat. 2012. Low temperature storage maintains postharvest quality of cabbage (*Brassica oleraceae* var. capitata L.) in supply chain. *International Food Research Journal* 19(2): 759-763.
- Krongyut, W., V. Srilaong, A. Uthairatanakij, **C. Wongs-Aree**, E.B. Esguerra and S. Kanlayanarat. 2011. Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. ‘Kaek Dum’ and ‘Red Maradol’ treated with 1- methylcyclopropene. *International Food Research Journal* 18 (4): 1251-1259.
- Lichanporn, I., V. Srilaong, **C. Wongs-Aree** and S. Kanlayanarat. 2009. Postharvest physiology and browning of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) fruit under ambient conditions. *Postharvest Biology and Technology* 52: 294-299.
- Maninang, J.S., **C. Wongs-Aree**, S.Kanlayanarat, S. Sugaya and H. Gemma. 2011. Influence of maturity and postharvest treatment on the volatile profile and physiological properties of the durian (*Durio zibethinus* Murray) fruit. *International Food Research Journal* 18(3): 1067-1075.
- Pongprasert, N., **C. Wongs-Aree**, V. Srilaong, S. Kanlayanarat. 2007. Alleviation of browning and lignification in minimally processed sweet bamboo (*Dendrocalamus asper*) shoots by packaging. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 253-257.
- Noichinda, S., K. Bodhipadma, **C. Wongs-Aree** and R. Komkhuntod. 2009. Influence of 1-methylcyclopropene on the delayed respiration rate and softening process of hybrid sugar apple (*Annona cherimoya* x *Annona squamosa*) fruit cv. Pet-Pakchong. *The Journal of Applied Science* 8(2): 1-5.
- Vangnai, T., **C. Wongs-Aree**, H. Nimitkeatkai and S. Kanlayanarat. 2006. Quality maintaining of ‘Daw’ longan using chitosan coating. *Acta Horticulturae*. 712: 599-604.
- Wongs-Aree, C.**, P. Jitareerat and S. Ketsa. 2007. Characteristics of ripe papaya stored at low temperature. *Acta Horticulturae*. 738: 183-188.
- Wongs-Aree, C.**, M.M. Giusti and S.J. Schwartz. 2006. Anthocyanins derived only from delphinidin in the blue petals of *Clitoria ternatea*. *Acta Horticulturae*. 712: 437-442.

- Wongs-Aree, C.** and S. Noichinda. 2011. Sugar apple (*Annona squamosa* L.) and atemoya (*A. cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.). pp. 399-426. In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits, Vol 4: Mangosteen to white sapote, E. M. Yahia (Ed.). Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Wongs-Aree, C.** and V. Srilaong. 2006. CaCl₂ infiltration on 'Klom Sali' guava quality at low temperature storage. *Acta Horticulturae* 712: 851-856.
- Wongsheree, T., R. Rittiron, P. Jitareerat, **C. Wongs-Aree** and T. Phiasai. 2010. Near Infrared Spectroscopic Analysis for Latent Infection of *Colletrotrichum gloeosporioides*, a Causal Agent of Anthracnose Disease in Mature-Green Mango Fruit. pp 341-343. In: Proceeding of International Conference for a Sustainable Greater Mekong: GMSTEC 2010, Bangkok.
- Youryon, P., **C. Wongs-Aree**, W.B. McGlasson, S. Glahan and S. Kanlayanarat. 2008. Internal browning occurrences of 'Queen' pineapple under various low temperatures. *Acta Horticulturae*. 804: 555-560.
- Youryon, P., **C. Wongs-Aree**, W.B. McGlasson, S. Glahan and S. Kanlayanarat. 2011. Development of internal browning during low temperature storage of fruit of pineapple cv 'Trad-Srithong' harvested at different times of the day. *Journal of Applied Horticulture* 13(2): 122-126.
- Youryon, P., **C. Wongs-Aree**, W.B. McGlasson, S. Glahan and S. Kanlayanarat. 2013. Alleviation of internal browning in pineapple fruit by peduncle infiltration with solutions of calcium chloride or strontium chloride under mild chilling storage. *International Food Research Journal* 20 (1): 239-246.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-สกุล นางสาว พจนา แก้วแจ่ม (Miss. Photchanar Kaewchaem)
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1-1020-00809-77-1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยนักวิจัย
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม (ศวช.) สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สวท.)
ชั้น 7 สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เลขที่ 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-9682, 02-4709709 โทรสาร. 0-2470-9680

E-mail : nippy_ag66@windowslive.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับการศึกษา	วุฒิการศึกษา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน
2552	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	โรคพืช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Plant pathology

7. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : (ผู้ร่วมโครงการ)

7.1 บทบาทของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มคุณภาพของฝักและแนวทางการลดระยะเวลาในการ
บ่มฝักวานิลลา (แหล่งทุน มูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2555)

ผู้ร่วมวิจัย

8. ชื่อ-สกุล นายวัชระ พันธุ์ทอง (Mr. Vatchara Punthong)

9. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-5301-00912-59-1

10. ตำแหน่งปัจจุบัน นักเกษตร (ไม้ดอก)

11. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง บ้านขุนวาง

หมู่ 12 ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ 50360

โทรศัพท์ 0-5322-9645

12. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับการศึกษา	วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน
2542	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

13. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การผลิตและแปรรูปวานิลลา

ไม้ดอกเมืองหนาว

14. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : (ผู้ร่วมโครงการ)

7.1. การวิจัยพัฒนากระบวนการบ่มในการปรับปรุงคุณภาพของฝักวานิลลาที่ผลิตในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภค-1ช/52)

7.2. ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารวานิลลินในระหว่างการบ่มฝักวานิลลา (แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ว-1ช/53)