

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ก

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับสมบูรณ์สำเร็จได้จากการช่วยเหลือหลายฝ่าย ขอขอบคุณ นางสาวสุชาดา ไล่สุวรรณ นางสาวนิตยา เลิศชัยกิติไพศาล นางสาวสุนันทา เสถียรนรเศรษฐ์และนางสาวกุสุมา ธีรศักดิ์วีรกุล ที่ช่วยในการทำวิจัยนี้และเจ้าหน้าที่ของคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกคน

รุจิรา ตาปราบ  
มิถุนายน 2552



IRCH

SB

324.85

๗๖๖๑๗

เลขหมู่.....

115252

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี 22 ก.พ. 2553

b. 122653X  
i. ....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ:** แบบจำลองสำหรับทำนายอัตราการหายใจของผักและผลไม้ในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก

**Model simulation for prediction respiration rate of fruits and vegetables in plastic packaging**

**เงินทุนวิจัย:** ทุนอุดหนุนการวิจัย เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2551 จำนวนเงิน 289,040 บาท

**ระยะเวลาทำการวิจัย** 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2550 ถึง กันยายน 2551

**ชื่อหน่วยงาน:** คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล. โทรศัพท์ 02 326 4091

**ผู้ดำเนินการวิจัย:** นางสาว รุจิรา ตาปราว

### บทคัดย่อ

ผักกระเจตและผักชีฝรั่งเป็นผักตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้โดยใช้ถุงพลาสติก 3 ชนิด (PE1, PE2, PP) ในการเก็บรักษาผักที่ 4 °C, 10 °C, 15 °C และที่อุณหภูมิห้อง วัดก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละถุง จากการทดลองพบว่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนแปรผันตามอุณหภูมิของการเก็บรักษา เมื่อทดสอบทางด้านกายภาพ พบว่า กรณีของผักชีฝรั่งที่เก็บในถุงชนิด PE2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มีอัตราการหายใจอยู่ในช่วงปานกลางแต่เก็บผักได้นานถึง 15 วัน ส่วนผักกระเจตเก็บในถุงชนิด PE1 ที่อุณหภูมิ 4 °C เก็บได้นาน 11 วัน สำหรับอัตราการหายใจของผักที่เก็บในถุงชนิด PE1 มีอัตราการหายใจมากที่สุด รองลงมาคือถุงชนิด PP และ PE2 ตามลำดับ และสมการจำลองอัตราการหายใจของผักตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นแบบโพลิโนเมียล

### Abstract

Two kinds of vegetables, i.e. water mimosa and stink weed, were selected for this study and they were packed in three types of plastic bags (PE1, PE2, PP), then stored at 4 °C, 10 °C, 15 °C and room temperature. The concentration of oxygen consumption and carbon dioxide evolution in the package was measured in each bag. The results show that the rate of consumed oxygen is linearly correlated with the temperature storage. When the visual appearance of vegetable was investigated, stink weed which was packed in PE2, stored at 10 °C had the moderate respiratory but it was last long for 15 days. For water mimosa, it was found that packed in PE2, stored at 4 °C could keep the sample lasted 11 days. The respiration of vegetables in PE1 had the highest rate, followed by packed in PP and PE2. The model of respiration of these vegetables was polynomial equation.

## สารบัญ

## หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
3. วิธีการทดลอง	6
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	7
5. บทสรุปผลการทดลอง	18
บรรณานุกรม	20
ภาคผนวก ก	21
ภาคผนวก ข	23



## สารบัญตาราง

ตารางที่ -	หน้า
4.1 แสดงค่าความชันและค่า $R^2$ ของฟังก์กระแฉด	9
4.2 ค่าคงที่ของสมการของอัตราการหายใจของฟังก์กระแฉด	11
4.3 แสดงค่าความชันและค่า $R^2$ ของฟังก์ชีฝรั่ง	14
4.4 ค่าคงที่ของสมการของอัตราการหายใจของฟังก์ชีฝรั่ง	16



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 กราฟแสดงการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉด	8
4.2 แสดงอัตราการหายใจของผักกระเฉดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	10
4.3 กราฟแสดงคะแนนด้านสีและความสดของผักกระเฉด	12
4.4 กราฟแสดงการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่ง	13
4.5 แสดงอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	15
4.6 กราฟแสดงคะแนนด้านสีและความสดของผักชีฝรั่ง	17



## 1. บทนำ

ผักเป็นผลผลิตทางเกษตรกรรมที่นิยมปลูกกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ผักหลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วจะยังคงมีชีวิตและยังมีการหายใจอยู่ ดังนั้นจึงยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเนื้อเยื่ออยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้ผักมีการเสื่อมคุณภาพลง หากมีวิธีในการเก็บรักษาซึ่งสามารถลดการเปลี่ยนแปลงนี้ได้แล้วจะทำให้ผักมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะหาวิธีการเก็บรักษาผักสดให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยยังคงคุณภาพและลักษณะที่ดีของผักสดไว้ได้ จึงได้ทำการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ และชนิดพลาสติกที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของผักสด เพื่อนำไปใช้ในการหาชนิดของถุงพลาสติกและสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักสดให้มีคุณภาพและลักษณะที่ดี รวมถึงมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด โดยจะมีการตรวจวัดอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางกายภาพของผักสดในถุงพลาสติกที่ต่างชนิดกันที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิระดับต่ำที่แตกต่างกัน รวมถึงหาแบบจำลองของการหายใจของผักเพื่อใช้ทำนายอัตราการหายใจ

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผักตัวอย่าง
2. เพื่อหาสมการจำลองการหายใจของผักตัวอย่าง

## 2. วารสารปริทัศน์

### 2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของพืชหลังการเก็บเกี่ยว

#### 2.1.1 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผักและผลไม้

การคายน้ำ ผลผลิตสดต่างๆ มีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบาย ความร้อนที่เกิดจากการหายใจ และเนื่องจากผลผลิตผักก็มีมากขึ้นสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผลผลิตจึงมีการสูญเสียนอกจากผลผลิตอยู่ตลอดเวลา เพื่อนำเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปสำหรับการหายใจ และระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสูญเสียน้ำจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การสูญเสียน้ำทำให้น้ำหนักของผลผลิตทางพืชสวนที่จะขายลดลง และยังทำให้รสชาติในด้านเนื้อสัมผัส (texture) ลดลง รวมทั้งทำให้ผิวของผลผลิตเหี่ยวแห้งไม่ดึงดูดใจผู้บริโภค

การหายใจ การหายใจเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมอยู่ในรูปของสารประกอบเคมีไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิต และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำออกมา นอกจากนั้นแล้วการหายใจยังให้ความร้อนซึ่งไปช่วยกระตุ้นให้เกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ให้เกิดเร็วขึ้นเป็นผลให้ผลผลิตเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น

การผลิตเอทิลีน ก๊าซเอทิลีนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืช และผลผลิตค่อนข้างมาก เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสร้างก๊าซเอทิลีนได้ โดยปกติ การผลิตจะมีน้อย แต่เมื่อผลผลิตถูกกระทบกระเทือนด้วยอะไรก็ตาม เช่น การเกิดบาดแผล การสัมผัสกับความเย็น จะมีการสร้างก๊าซเป็นอันมากซึ่งก๊าซจะไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ให้เกิดขึ้นได้ เช่น การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และการหลุดร่วงของดอกและใบ เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสลายตัวของสารสี (pigment) การเพิ่มขึ้นของปริมาณลิกนิน (lignin) ในผลผลิตที่มีเส้นใยมาก การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนนำไปสู่การสูญเสยทั้งสิ้น

#### 2.1.2 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของผักและผลไม้

อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเนื่องจากอุณหภูมิมิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆ ทั้งปัจจัยภายในและภายนอก อุณหภูมิสูงจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น ในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิต่ำจะทำให้ผลผลิตสามารถเก็บรักษาไว้ในสภาพเดิมได้นานกว่า แต่ในบางกรณีอุณหภูมิต่ำโดยเฉพาะกับผลผลิตในเขตร้อนอาจเกิดอาการผิดปกติที่เรียกกันว่าอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพคืออยู่ได้นานที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น ปริมาณไอน้ำในอากาศจะเป็นตัวกำหนดอัตราการสูญเสียน้ำของผลผลิต และยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ด้วย เช่น ในสภาพที่มีความชื้นสูงทำให้เชื้อราชนิดต่างๆ สามารถเจริญเติบโตได้ดี ทำให้ผลผลิตเน่าเสียได้ง่าย การเก็บรักษาจึงต้องควบคุมปริมาณความชื้นให้พอเหมาะ ไม่ให้มีการสูญเสียน้ำจากผลผลิตมากเกินไป แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ

องค์ประกอบของบรรยากาศ ในบรรยากาศปกติมีก๊าซออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 21% ซึ่งในการเก็บรักษาถ้ามีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ แต่ถ้าก๊าซออกซิเจนน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน (anaerobic) ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจก็เช่นเดียวกัน หากมีการสะสมในที่เก็บรักษามากเกินไปอาจทำให้เกิดการผิดปกติในการหายใจ และทำให้ผลผลิตเสียหายได้เช่นกัน นอกจากก๊าซทั้งสองแล้ว ก๊าซเอทิลีนก็เป็นก๊าซสำคัญที่เกิดจากการผลิตของผลผลิตเองหรือเกิดจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากเชื้อรา ดังนั้นองค์ประกอบของบรรยากาศในการเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ จึงควรได้รับการปรับแต่งให้พอเหมาะ กับผลผลิตแต่ละอย่าง

## 2.2 การหายใจ (Respiration)

การหายใจเป็นกระบวนการสลายสารอินทรีย์ที่สะสมพลังงานศักย์ไว้มาก ให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีพลังงานสะสมต่ำกว่าพร้อมกับพลังงานซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การหายใจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.2.1 การหายใจแบบใช้ก๊าซออกซิเจน (aerobic) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในสถานะที่มีก๊าซออกซิเจน ได้ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พร้อมกับพลังงาน การหายใจแบบนี้ ถือว่ามีความสำคัญซึ่งเกิดในผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

2.2.2 การหายใจในสถานะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน (anaerobic) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดโมเลกุลปานกลาง เช่น เอทานอล การหายใจแบบนี้จะได้พลังงานน้อย และเกิดขึ้นบางสถานะเท่านั้น เช่น เนื้อเยื่อซึ่งอยู่ในระยะร่วงโรยที่โครงสร้างบางส่วนถูกทำลายไปทำให้การผ่านของก๊าซออกซิเจนเข้าไปภายในเนื้อเยื่อเกิดขึ้นได้น้อยลง

## 2.3 การวัดอัตราการหายใจ

การหายใจเป็นการใช้พลังงานที่มีสะสมอยู่อย่างจำกัดภายในผลผลิตแต่ละชนิด ในขณะเดียวกันก็ปลดปล่อยความร้อนออกมา ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ทำให้อายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้นลง

โดยเฉพาะอย่างหลังต้องกำจัดออกในระหว่างที่เก็บรักษา สามารถหาอัตราการหายใจได้จากทั้ง substrate ที่ถูกใช้ไป และจาก product ดังนี้

2.3.1 วัดการใช้ substrate ทำได้โดยการหาน้ำหนักแห้งที่สูญหายไปเนื่องจากการหายใจ แต่เนื่องจากเป็นวิธีที่ต้องการทำลายผลิตภัณฑ์ในการวัด (destructive method) จึงไม่นิยมกัน โดยทั่วไปจะวัดอัตราการใช้ออกซิเจนมากกว่า

2.3.2 วัด product (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ) การหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่มากกว่า 70% นั้นเป็นไปได้ยาก การวัดอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือการใช้ออกซิเจนจะง่ายกว่ามาก และวิธีวัดทำได้ใน 2 ระบบดังนี้

ระบบปิด ด้วยการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะปิด แล้ววัดปริมาณ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในช่วงเวลาต่างๆ

ระบบเปิด วิธีนี้จะผ่านอากาศไปบนผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ในภาชนะ แล้วดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้ออกมาจากการหายใจ ซึ่งอาจใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารดูดคาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้ หรืออาจใช้วิธีวัดความเข้มข้นของก๊าซทั้งก่อนเข้าไปในภาชนะและออกจากภาชนะ วิธีนี้จะสามารถวัดการหายใจได้โดยละเอียด

สำหรับหน่วยวัดของอัตราการหายใจนิยมใช้เป็นหน่วยน้ำหนักของก๊าซที่ใช้หรือที่ผลิตได้ต่อหน่วยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์และเวลา คือ

$$\text{mgCO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr} \text{ หรือ } \text{mgO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$$

จากอัตราการหายใจที่วัดได้จากการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้คำนวณกลับได้ว่า การหายใจจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักแห้งไปเท่าไร ดังนี้

จากสมการของการหายใจ น้ำตาลจะถูกใช้ไป 180 กรัม (1 กรัม โมเลกุล) ต่อทุกๆ 264 กรัมของคาร์บอน ไดออกไซด์ที่ผลิตออกมา เพราะฉะนั้น

$$\text{อัตราการสูญเสียน้ำหนัก} = \text{อัตราการหายใจ (mgCO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr)} \times \frac{180}{264} \times \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}}$$

## 2.4 ชนิดผักที่ใช้ทดลอง

ผักกระเฉด (water mimosa)

ชื่อไทย : ผักกระเฉด ผักรุ่มอน

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Neptunia oleracea* Lour.

ชื่อวงศ์ : MIMOSACEAE

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ทั่วไป : เป็นพืชล้มลุกอายุหลายฤดู ต้นลอยน้ำหรือเลื้อยแผ่ใกล้ชายฝั่ง ลำต้นเป็นค้ำไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล้อง ต้นแก่จะมีนวมหนาสีขาวที่เรียกว่า "นม" หุ้มปล้องเป็นช่วง ๆ เว้นส่วนที่เป็นข้อ ช่วยพยุงตัวให้ลอยน้ำได้ดี ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก ใบย่อยมีขนาดเล็กไวต่อสิ่งเร้า เมื่อสัมผัสตุ๊กใบจะหุบ ดอกมีสีเหลืองออกเป็นช่อรวมเป็นรูปกระจุกกลมตามซอกใบ ช่อละ 30-50 ดอก มีก้านช่อดอกยาว ผลเป็นฝักแบน มีเมล็ด 4-20 เมล็ด

- ประโยชน์ : เป็นพืชเศรษฐกิจนิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร และมีสรรพคุณทางสมุนไพรรักษาโรค ในผักกระเฉดมีสารเบต้าแคโรทีนที่ร่างกายจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ ช่วยบำรุงสุขภาพตาและผิวหนัง มีสารไนอาซินที่จะช่วยกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย ช่วยทำให้การผลิตไขมันที่จำเป็นทำได้ดีขึ้น มีกากใยอาหารมากช่วยให้การขับถ่ายคล่อง เป็นผักที่ให้รสเย็น ช่วยบรรเทาอุณหภูมิอากาศหน้าร้อนได้ดี

### ผักชีฝรั่ง

ชื่อภาษาอังกฤษ : spiny coriander, stink weed

ชื่ออื่น : หอมป้อมกุลา ผักชีค้อย แมะและเคาะ ผักชี ผักหอมเป ผักหอมห่อ ผักชีใบเลื่อย

ผักหอมเทศ

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eryngium foetidum* Linn.

ชื่อวงศ์ : UMBELLIFERAE

ลักษณะทั่วไป : เป็นพืชล้มลุกสูง 6-35 เซนติเมตร ลำต้นตั้งอยู่ระดับดินและชูใบขึ้นมา ใบยาวรูปไข่ขอบขนานยาวรี ปลายแหลมฐานใบเรียวแหลม ริมใบหยักคล้ายฟันเลื่อยใบยาว 7-15 เซนติเมตร กว้าง 3.5 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้มและแข็งกระด้างออกเป็นกระจุก ออกดอกเป็นช่อมีก้านยาวสีเขียว ดอกมีสีเขียวแต่ละดอกมี 5-7 กลีบ ดอกยาว 1.5-2.5 เซนติเมตร กว้าง 3.5 เซนติเมตร ออกที่ปลายกิ่ง ดอกย่อยเรียงตัวอัดแน่นเป็นรูปกระบอกหรือรูปไข่สีเขียวเข้ม ผลมีขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร สีน้ำตาล ชอบบริเวณที่ดินชุ่มชื้นและที่ชุ่มน้ำ

ลักษณะพิเศษ : ใบผักชีฝรั่ง รสจืด กลิ่นหอม

ประโยชน์ : ผักชีฝรั่งสด อุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีน ถึง 867.12 RE วิตามินซี 38 มิลลิกรัม

แคลเซียม 21 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 22 มิลลิกรัม เมื่อทาน 100 กรัม ร่างกายจะนำเบต้าแคโรทีนที่ได้จากผักชีฝรั่งไปเป็นวิตามินเอ ช่วยในการบำรุงสายตาและสุขภาพ

### 3. วิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบ

ผักกระเฉดและผักชีฝรั่งจากตลาดหัวตะเข้

#### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถูพลาสติก (ขนาด 12×18" สำหรับผักชีฝรั่ง และขนาด 8×12" สำหรับผักกระเฉด)
  - PP ความหนา ๐.๐๖๕ มิลลิเมตร
  - PE1 ความหนา ๐.๑๖๕ มิลลิเมตร
  - PE2 ความหนา ๐.๑๕๕ มิลลิเมตร
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก (seamer)
4. เครื่อง Incubator cooling
5. เทปใส
6. เครื่องวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน-ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
(Checkpoint Handheld Gas Analyser)

#### 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลองการหาอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผัก

1. ผักกระเฉดและผักชีฝรั่งซื้อมาจากท้องตลาดที่ใกล้ที่สุดเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่ยังคงสดอยู่
2. นำผักมาทำความสะอาดและตัดแต่ง
3. แบ่งผักที่จะทำการทดลองเป็น 3 กลุ่ม คือ
  - กลุ่มที่ 1 นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด PP
  - กลุ่มที่ 2 นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด PE 1
  - กลุ่มที่ 3 นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด PE 2
4. ปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก (seamer)
5. วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นภายในถุงที่บรรจุผัก โดยใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซ Checkpoint Handheld Gas Analyser
6. นำตัวอย่างผักทั้ง 3 กลุ่ม ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ อุณหภูมิห้อง, อุณหภูมิ 15°C, อุณหภูมิ 10°C และอุณหภูมิ 4°C
7. ทำการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมทั้งประเมินลักษณะทางกายภาพของผักทุกวัน โดยวิธีการให้คะแนน เมื่อผักที่นำมาทำการทดลองมีลักษณะเหี่ยว ใบเหลือง หรือเริ่มมีการเน่าเสียไม่น่ารับประทาน ให้หยุดทำการทดลอง

## 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

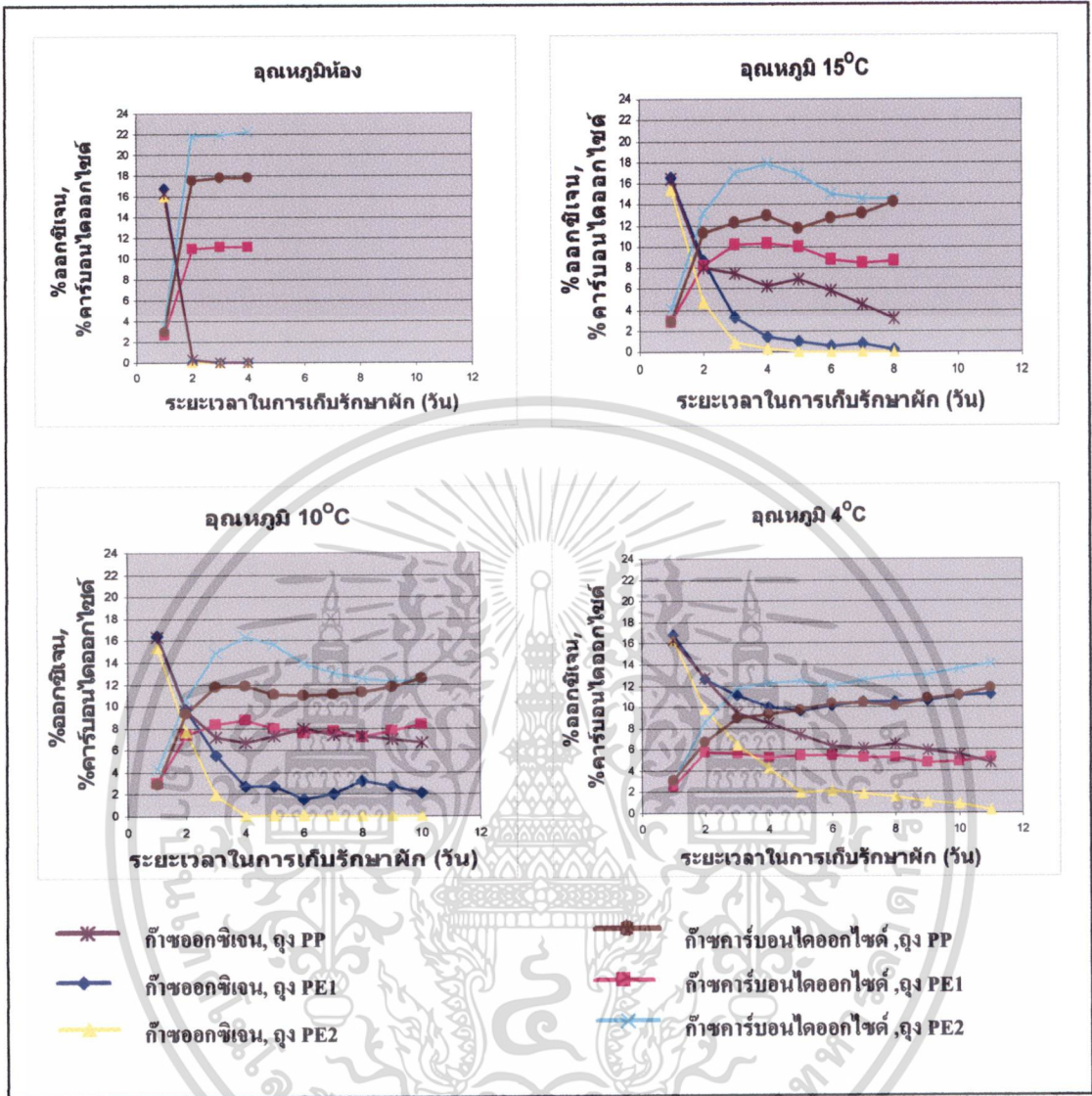
### 4.1 ผลการทดลองของผักกระเฉด

#### 4.1.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉด

จากการทดลองได้นำค่าก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ในแต่ละวันของผักกระเฉดที่บรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิด และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างกันมาพล็อตกราฟเพื่อดูอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผัก 100 กรัม จะได้กราฟออกมา 4 กราฟ คือ กราฟที่อุณหภูมิห้อง,  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  และ  $4^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ โดยให้แกน y. คือ เปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจน เปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแกน x คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษาผัก (วัน) โดยเส้นกราฟที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เส้นกราฟของก๊าซออกซิเจนของถุงพลาสติก PP, PE1, PE2 และเส้นกราฟของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถุงพลาสติก PP, PE1, PE2

จากภาพที่ 4.1 ในทุกๆ อุณหภูมิจะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจนเริ่มต้นจะมีประมาณ 16% และผักจะมีการใช้ก๊าซออกซิเจนปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงไปเรื่อยๆ ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเริ่มต้นจะมีประมาณ 3% และผักจะมีการคายก๊าซออกซิเจนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ โดยที่อุณหภูมิห้องจะสามารถเก็บรักษาผักได้นาน 4 วัน, ที่  $15^{\circ}\text{C}$  เก็บได้นาน 8 วัน, ที่  $10^{\circ}\text{C}$  เก็บได้นาน 10 วัน และที่  $4^{\circ}\text{C}$  จะเก็บได้นาน 11 วัน

แนวโน้มการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจน และการเพิ่มขึ้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงต่างๆ คือ PE1, PE2 และ PP มีแนวโน้มที่เหมือนกัน ส่วนอุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มของการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงมากที่สุด และมีแนวโน้มของการเพิ่มของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงมากที่สุดด้วยเช่นกัน อีกทั้งระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นที่สุดคือ 4 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  มีแนวโน้มการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในถุงน้อยที่สุด และมีระยะเวลาในการเก็บรักษานานที่สุดคือ 11 วัน ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในภาพที่ 4.1 ซึ่งแสดงเปอร์เซ็นต์การใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อหาค่าความชันและค่า  $R^2$  โดยทำการเลือกค่าที่ได้จากการทดลองในช่วง 4 วันแรกมาคำนวณ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด โดยการหาค่าความชันหาได้จากสมการเส้นตรง  $y = mx+c$  โดย  $m$  คือ ค่าความชัน (slope) ส่วนค่า  $R^2$  เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเบี่ยงเบนของเส้นแนวโน้มจากเส้นจริงโดยที่ ถ้าค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 นั่นคือ เส้นแนวโน้มจะมีการเบี่ยงเบนจากเส้นจริงน้อยที่สุด

เมื่อนำค่าความชันและค่า  $R^2$  ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบระหว่างชนิดของอุณหภูมิที่อุณหภูมิเดียวกันเพื่อดูอัตราการหายใจจะเห็นว่า ค่าความชันของก๊าซออกซิเจนที่มีค่าติดลบมาก จะมีการลดลงของเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนอย่างรวดเร็ว และเมื่อดูค่าความชันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่าค่าความชันที่มีค่ามากจะมีการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างรวดเร็วเช่นกัน ดังตารางที่ 4.1

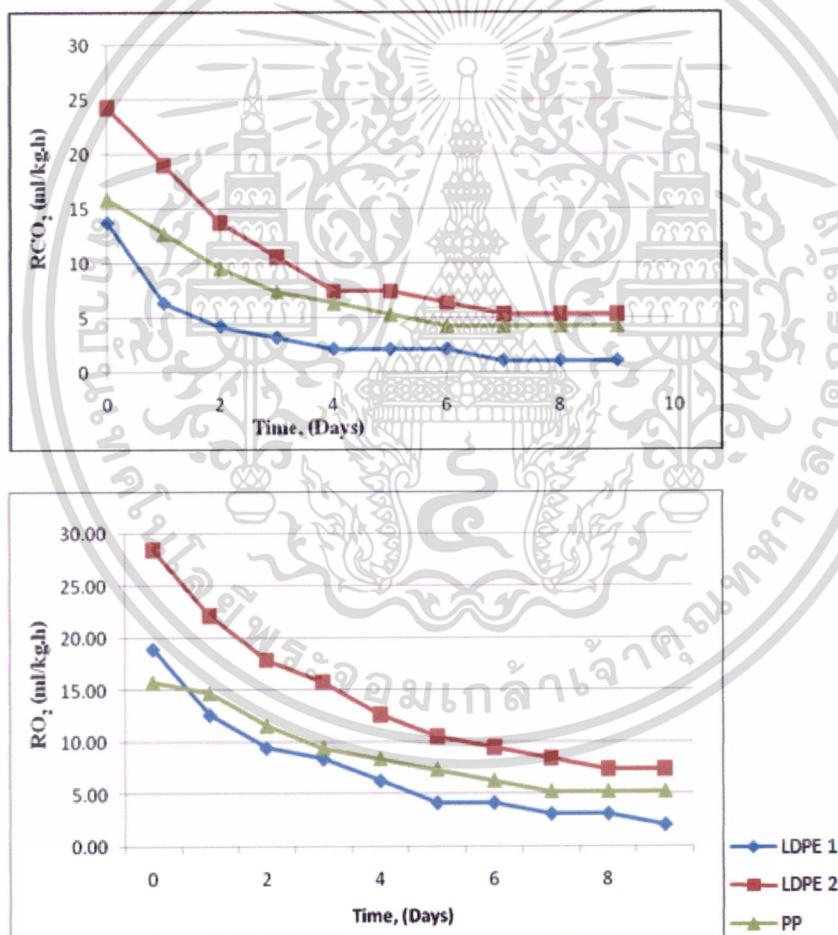
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความชันและค่า  $R^2$  ของผักกระเฉด

ชนิดของก๊าซ	ชนิดถุง	อุณหภูมิในการเก็บรักษาผัก (°C)							
		อุณหภูมิห้อง		15		10		4	
		slope	$R^2$	slope	$R^2$	slope	$R^2$	slope	$R^2$
ก๊าซออกซิเจน	PP	-4.92	0.61	-3.12	0.75	-3.13	0.83	-2.69	0.95
	PE1	-5.04	0.60	-5.06	0.93	-4.54	0.96	-2.20	0.90
	PE2	-4.80	0.60	-4.91	0.82	-5.18	0.94	-3.96	0.94
ก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์	PP	4.47	0.61	3.14	0.73	2.92	0.81	2.08	0.89
	PE1	2.55	0.61	2.42	0.81	1.80	0.79	0.80	0.46
	PE2	4.52	0.86	4.52	0.86	4.05	0.93	3.08	0.88

เมื่อนำข้อมูลจากค่าเปอร์เซ็นต์ของการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาคำนวณหาอัตราการหายใจจากสมการ (4.1)

$$R_{CO_2} = \left[ \frac{(GCO_2)_{t+1} - (GCO_2)_t}{\Delta t} \right] \cdot [V/W] \quad (4.1)$$

โดยที่ G คือค่าเปอร์เซ็นต์ของก๊าซ t คือเวลา V คือ ปริมาตรในถุง และ W คือน้ำหนักผักตัวอย่าง ตัวอย่างเช่นที่อุณหภูมิตั้งที่ 4 องศาเซลเซียสจะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 4.2 และเมื่อทำการหาสมการจำลองโดยการ fit curves ได้สมการเป็นแบบ polynomial ( $y = ax^2 + bx + c$ ) โดยค่าคงที่และค่า  $R^2$  ได้แสดงในตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงอัตราการหายใจของผักกระเฉดที่อุณหภูมิตั้งที่ 4 องศาเซลเซียส (รูปบนเป็นอัตราของ CO<sub>2</sub> และรูปล่างเป็นอัตราของ O<sub>2</sub>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการจำลองของอัตราการหายใจของผักกระเฉด

**Table : Model of Regression**

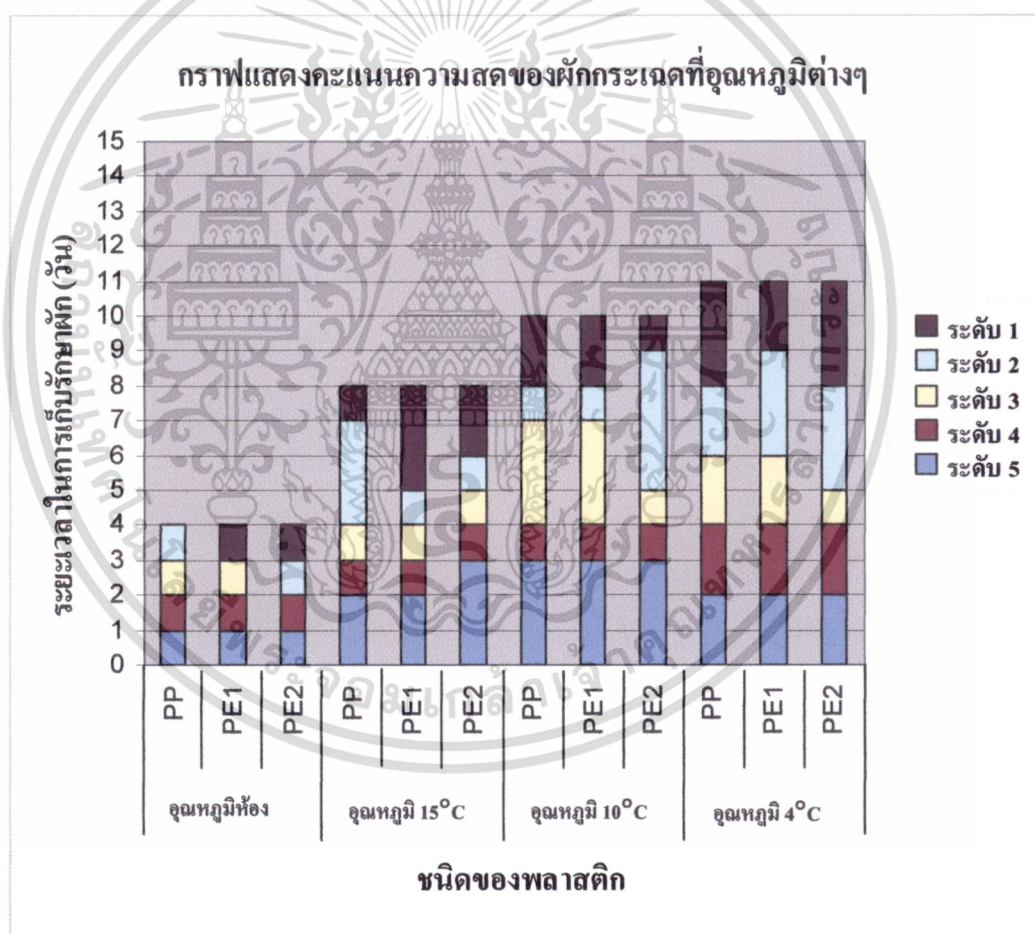
Storage temperature	Types of bags	Respiration rate	Regression coefficient			R <sup>2</sup>
			a	b	c	
4 °C	LDPE1	RCO <sub>2</sub>	0.247	-3.259	11.29	0.878
		RO <sub>2</sub>	0.247	-4.330	21.55	0.969
	LDPE2	RCO <sub>2</sub>	0.367	-5.259	23.63	0.986
		RO <sub>2</sub>	0.299	-5.490	32.68	0.992
	PP	RCO <sub>2</sub>	0.223	-3.228	15.53	0.993
		RO <sub>2</sub>	0.147	-2.860	19.00	0.989
10 °C	LDPE1	RCO <sub>2</sub>	0.405	-5.088	17.61	0.975
		RO <sub>2</sub>	0.372	-6.500	35.71	0.997
	LDPE2	RCO <sub>2</sub>	0.433	-6.495	28.33	0.994
		RO <sub>2</sub>	0.439	-7.719	41.67	0.993
	PP	RCO <sub>2</sub>	0.556	-6.962	25.91	0.971
		RO <sub>2</sub>	0.599	-8.754	36.04	0.977
15 °C	LDPE1	RCO <sub>2</sub>	0.653	-7.083	22.70	0.994
		RO <sub>2</sub>	0.615	-9.105	44.00	0.995
	LDPE2	RCO <sub>2</sub>	1.055	-11.830	39.71	0.999
		RO <sub>2</sub>	1.306	-16.250	60.73	0.986
	PP	RCO <sub>2</sub>	1.356	-12.500	34.96	0.974
		RO <sub>2</sub>	1.331	-14.720	47.77	0.956

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด

จากการทดลองเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด โดยการให้คะแนนผักทุกวันจะแบ่งระดับการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับ (คู่มือการให้คะแนนที่ภาคผนวก ข ) แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ

จากภาพที่ 4.3 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C และอุณหภูมิ 10 °C สามารถเก็บรักษาผักกระเฉดได้นานที่สุดคือ 11 วันและ 10 วัน ตามลำดับ โดยดูจากระยะเวลาที่ผักยังคงมีความสดและเป็นสีเขียวอยู่มีช่วงที่นานกว่าอุณหภูมิอื่น และชนิดของถุงพลาสติกที่สามารถรักษาระดับความสดให้อยู่ได้นานที่สุดคือ ถุงพลาสติก PE1



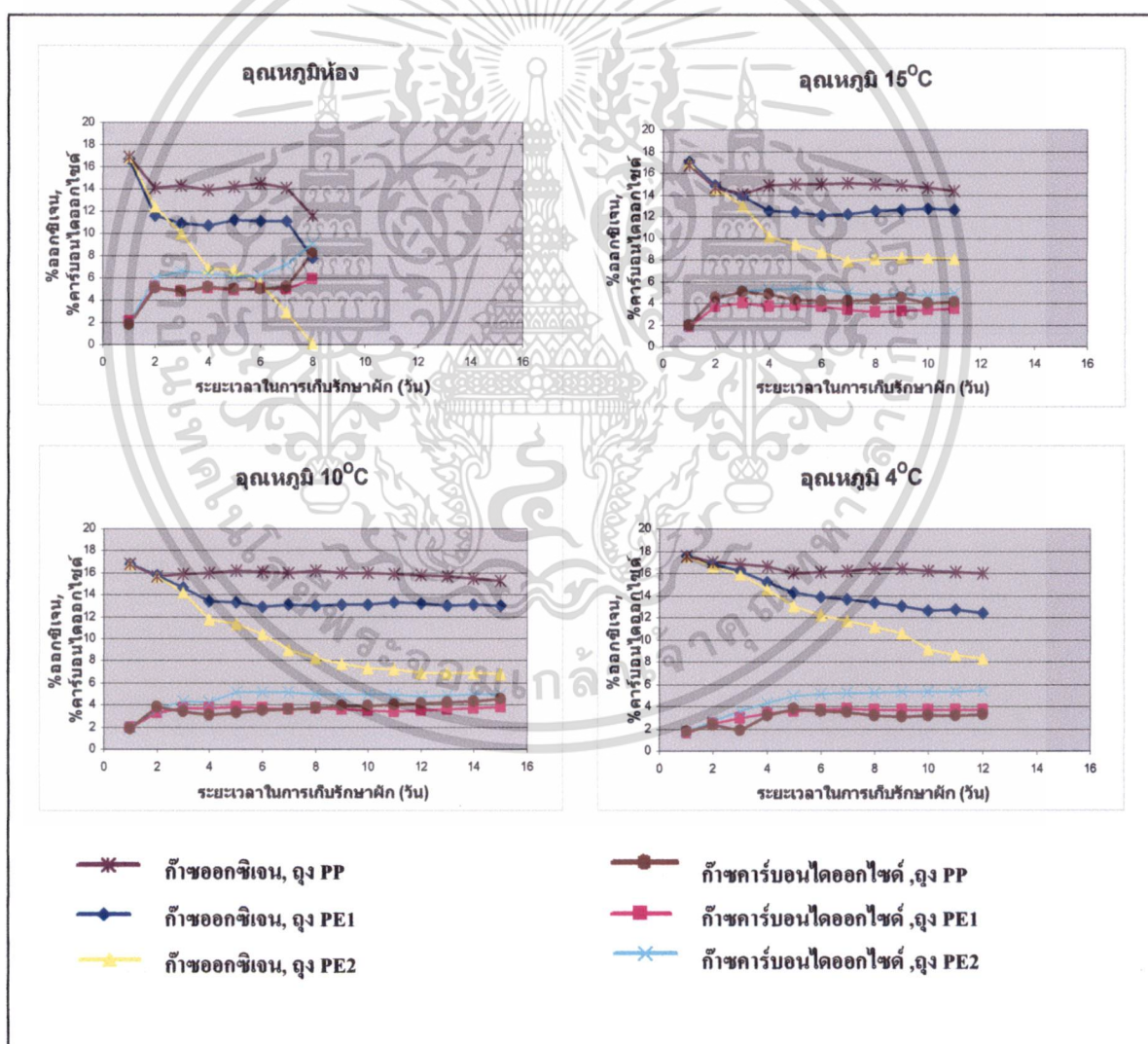
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงคะแนนด้านสีและความสดของผักกระเฉด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดลองของผักชีฝรั่ง

### 4.2.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่ง

จากภาพที่ 4.4 พบว่าที่อุณหภูมิห้องจะมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในถุง PP สูงกว่าในถุง PE1 และ PE2 จึงทำให้ผักที่เก็บในถุง PP ที่อุณหภูมิห้องมีระยะเวลาในการเก็บเพียง 8 วัน ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาผักชีฝรั่งมากที่สุดคือ  $10^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด และมีระยะเวลาในการเก็บรักษานานที่สุดคือ 15 วัน โดยเก็บในถุง PE2 ซึ่งช่วยในการรักษาความสดของผักชีฝรั่งได้นานที่สุด



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่ง

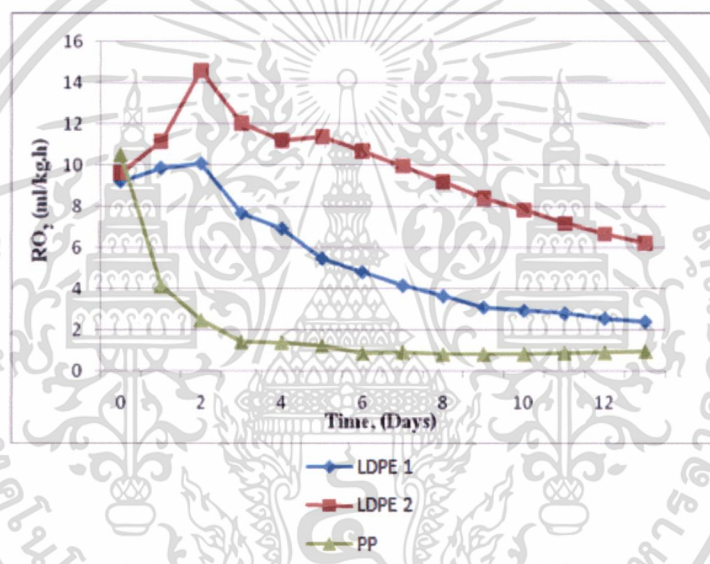
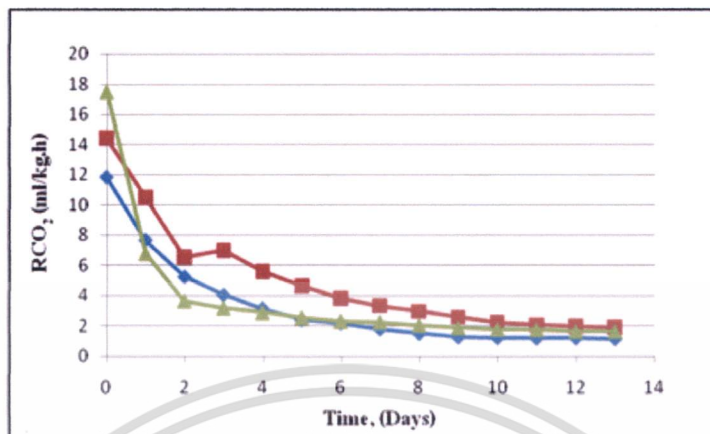
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในภาพที่ 4.4 ซึ่งแสดงเปอร์เซ็นต์การใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักซีฟรังที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อหาค่าความชันและ  $R^2$  ของผักซีฟรังจะทำการเลือกค่าที่ได้จากการทดลองในช่วง 5 วันแรกมาทำการคำนวณ โดยการหาค่าความชันจะหาได้จากสมการเส้นตรง  $y = mx+c$  โดย  $m$  คือค่าความชัน (slope) ส่วนค่า  $R^2$  เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเบี่ยงเบนของเส้นแนวโน้มจากเส้นจริงโดยที่ ถ้าค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 นั่นคือ เส้นแนวโน้มจะมีการเบี่ยงเบนจากเส้นจริงน้อยที่สุด

และเมื่อนำค่าความชันและค่า  $R^2$  ที่ได้มาเปรียบเทียบกับระหว่างชนิดของถุงพลาสติกจะได้ว่า ค่าความชันของก๊าซออกซิเจนที่มีค่าติดลบมากจะมีการลดลงของเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนอย่างรวดเร็ว และเมื่อดูค่าความชันของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์พบว่าค่าความชันที่มีค่ามากจะมีการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์อย่างรวดเร็วเช่นกัน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความชันและค่า  $R^2$  ของผักซีฟรัง

ชนิดของก๊าซ	ชนิดถุง	อุณหภูมิในการเก็บรักษาผัก (°C)							
		อุณหภูมิห้อง		15		10		4	
		slope	$R^2$	slope	$R^2$	slope	$R^2$	slope	$R^2$
ก๊าซออกซิเจน	PP	-0.57	0.52	-0.34	0.29	-0.10	0.11	-0.34	0.95
	PE1	-1.21	0.56	-1.15	0.92	-0.94	0.95	-0.82	0.99
	PE2	-2.60	0.93	-1.93	0.98	-1.49	0.97	-1.10	0.98
ก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์	PP	0.65	0.50	0.51	0.41	0.22	0.21	0.49	0.78
	PE1	0.54	0.43	0.38	0.48	0.42	0.71	0.49	0.95
	PE2	0.89	0.50	0.78	0.72	0.70	0.85	0.80	0.99



ภาพที่ 4.5 แสดงอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (รูปบนเป็นอัตราของก๊าซ CO<sub>2</sub> และรูปล่างเป็นอัตราของก๊าซ O<sub>2</sub>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าคงที่ของสมการจำลองของอัตราการหายใจของผักชีฝรั่ง

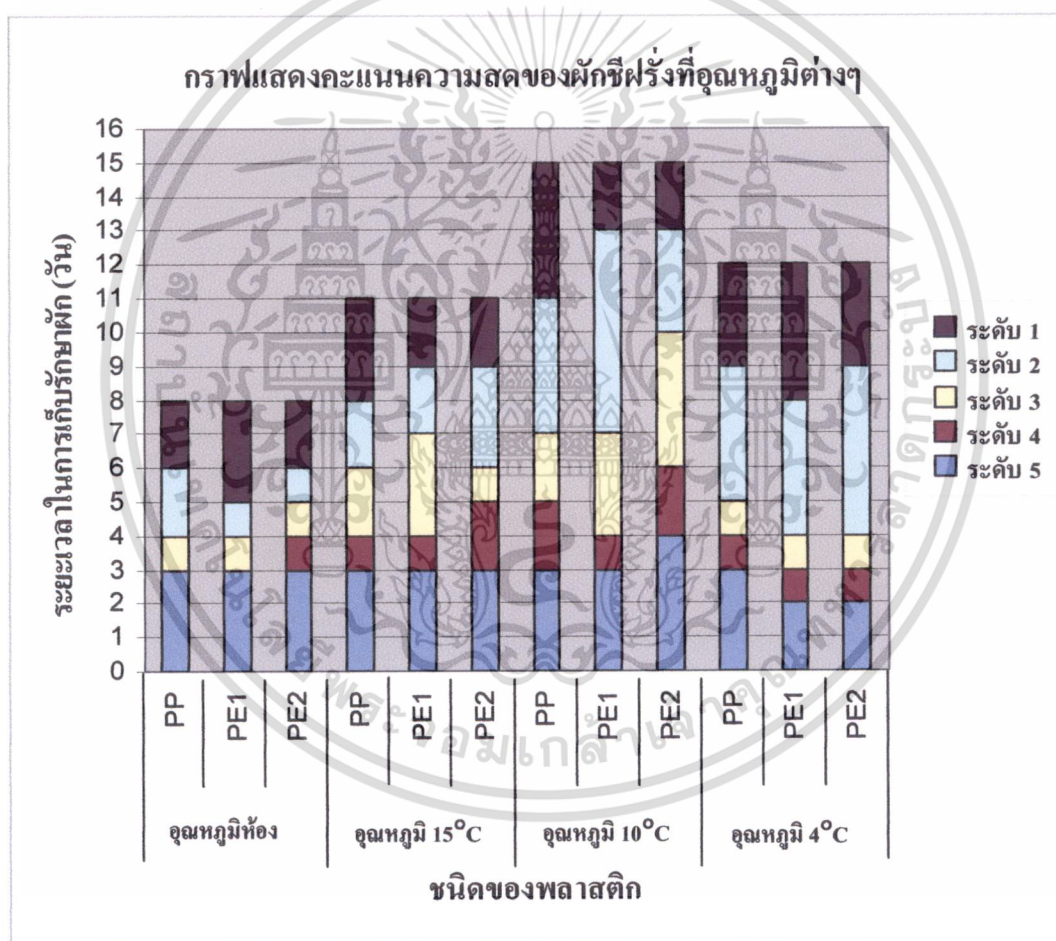
Storage temperature	Types of bags	Respiration rate	Regression coefficient			R <sup>2</sup>
			a	b	c	
4 °C	LDPE1	RCO <sub>2</sub>	0.049	-1.009	6.862	0.997
		RO <sub>2</sub>	0.038	0.206	6.086	0.810
	LDPE2	RCO <sub>2</sub>	0.025	-0.873	8.993	0.990
		RO <sub>2</sub>	0.052	0.561	7.181	0.408
	PP	RCO <sub>2</sub>	0.041	-0.922	6.226	0.978
		RO <sub>2</sub>	0.022	0.543	4.338	0.889
10 °C	LDPE1	RCO <sub>2</sub>	0.104	-1.964	9.957	0.931
		RO <sub>2</sub>	y = 11.93e <sup>-0.12x</sup> (exponential)			0.966
	LDPE2	RCO <sub>2</sub>	0.101	-2.085	12.610	0.942
		RO <sub>2</sub>	y = 13.79e <sup>-0.05x</sup> (exponential)			0.739
	PP	RCO <sub>2</sub>	0.148	-2.582	11.790	0.703
		RO <sub>2</sub>	y = 7.245x <sup>-0.91</sup> (power)			0.898
15 °C	LDPE1	RCO <sub>2</sub>	0.33	-4.276	14.230	0.940
		RO <sub>2</sub>	y = 20.84e <sup>-0.17x</sup> (exponential)			0.989
	LDPE2	RCO <sub>2</sub>	0.343	-4.887	19.740	0.972
		RO <sub>2</sub>	y = 24.20e <sup>-0.11x</sup> (exponential)			0.954
	PP	RCO <sub>2</sub>	0.432	-5.736	20.160	0.939
		RO <sub>2</sub>	y = 18.84x <sup>-1.06</sup> (power)			0.968

จากตารางที่ 4.4 สมการจำลองของอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งที่ใช้ค่าของก๊าซออกซิเจนคำนวณ ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียสในถุง LDPE1, LDPE2 เป็นแบบ exponential ส่วนในถุงชนิด PP เป็นแบบ power

#### 4.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักซีฟรัง

จากการทดลองเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักซีฟรัง โดยการให้คะแนนผักทุกวันจะแบ่งระดับการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับ (ดูวิธีการให้คะแนนที่ภาคผนวก ข) แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ

จากภาพที่ 4.6 พบว่าอุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  สามารถเก็บรักษาผักซีฟรังได้นานที่สุด คือ 15 วัน โดยดูจากระยะเวลาที่ผักยังคงมีความสดและเป็นสีเขียวอยู่มีช่วงที่นานกว่าอุณหภูมิอื่น และชนิดของถุงพลาสติกที่สามารถรักษาระดับความสดให้อยู่ได้นานที่สุด คือ ถุงพลาสติก PE2



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงคะแนนด้านสีและความสดของผักซีฟรัง

## 5. บทสรุปผลการทดลอง

### 5.1 อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อัตราการหายใจของผักกระเฉดจะมีแนวโน้มที่สูงและเร็วโดยดูจากในช่วง 5 วันแรกที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมีการลดลงอย่างรวดเร็วและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ผักกระเฉดที่เก็บที่อุณหภูมิ  $15^{\circ}\text{C}$  ในช่วง 3 วันแรก ปริมาณก๊าซออกซิเจนจะลดลงจาก 16.5% เป็น 3.25% และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจาก 2.9% เป็น 10.15% เมื่อเก็บต่ออีก 2 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจนจะลดลงเหลือประมาณ 1% ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 11% หลังจากนั้นปริมาณก๊าซออกซิเจนก็จะลดลงเรื่อยๆ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนค่าของก๊าซออกซิเจนมีค่าเข้าใกล้ 0%

สำหรับผักชีฝรั่งจะมีอัตราการหายใจเป็นไปอย่างช้าๆ แต่ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ ซึ่งมีแนวโน้มที่เหมือนกับผักกระเฉด ยกตัวอย่างเช่น ทำการเก็บผักชีฝรั่งที่  $15^{\circ}\text{C}$  ในช่วง 3 วันแรก ปริมาณก๊าซออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงจาก 17% เป็น 13.85% และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจาก 1.85% เป็น 3.95% หลังจากนั้นปริมาณก๊าซออกซิเจนก็จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าคงที่ประมาณ 12% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นมีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 3%

### 5.2 ชนิดของพลาสติกที่มีต่อการเก็บรักษาผัก

ชนิดของถุงพลาสติกจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยถุงที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักกระเฉดคือ PE1 เนื่องจากมีการลดลงของก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุดและมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ในช่วง 3 วันแรกผักกระเฉดที่  $4^{\circ}\text{C}$  จะมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในถุง PE1, PP และ PE2 ประมาณ 16%-11%, 16%-9% และ 16%-6% ตามลำดับ เห็นได้ว่าถุงที่มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนน้อยที่สุดจะส่งผลต่อความสดของผักทำให้ผักอยู่ได้นาน ส่วนผักชีฝรั่งถุงที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา คือ PE2 โดยดูจากอัตราการใช้ก๊าซที่อยู่ในช่วงที่น้อยกว่าในทุกๆ ถุง ยกตัวอย่างเช่น ในช่วง 3 วันแรกผักชีฝรั่งที่  $10^{\circ}\text{C}$  ในถุง PP, PE1 และ PE2 จะมีปริมาณการใช้ก๊าซออกซิเจนประมาณ 16%-15%, 16%-14% และ 16%-14% ตามลำดับ

### 5.3 สมการจำลองการหายใจของผัก

ในการหาค่าความชันจากสมการเส้นตรง  $y = mx + c$  สามารถทำได้โดยการเลือกค่าที่ได้จากการทดลองในช่วง 4 วันแรกของผักกระเฉดและ 5 วันแรกของผักชีฝรั่งมาทำการคำนวณ ซึ่งค่าความชันที่ได้สามารถบอกถึงแนวโน้มการลดลงของก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์ โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความชื้นของก๊าซออกซิเจนมีค่าติดลบมากขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนก็จะมีการลดลงที่มากขึ้นด้วย และเมื่อค่าความชื้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่ามากขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย เช่นเดียวกัน เมื่อนำมาทำการเปรียบเทียบระหว่างชนิดของถุงพลาสติกในแต่ละอุณหภูมิแล้วจะพบว่าในแต่ละอุณหภูมิมิมีแนวโน้มที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อหาความสัมพันธ์ของการหายใจของผักในรูปแบบสมการส่วนใหญ่มีสมการเป็นแบบโพลีโนเมียล

#### 5.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเก็บรักษาผัก

การเก็บผักที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผักออกไปได้ ซึ่งผักแต่ละชนิดก็จะมีอุณหภูมิในการเก็บที่ต่างกัน โดยที่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักกระเฉดคือ ที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  และ  $10^{\circ}\text{C}$  ซึ่งสามารถเก็บรักษาผักกระเฉดได้นานประมาณ 11 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ โดยยิ่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาน้อยผักก็จะยังมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (สีและความสด) ช้าจึงคงสภาพความสดได้นานกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ ยกเว้นผักชีฝรั่งที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคือ ที่อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเก็บได้นาน 15 วัน เนื่องจากในการเก็บผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  เป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปและก่อให้เกิดความผิดปกติของกระบวนการเมตาบอลิซึม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดลักษณะผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury)

## บรรณานุกรม

กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. ผักกระเจด. [Online].

Available : <http://www.prc.ac.th/lannagardrn/ground04.html> [25 มกราคม 2551]

กัญญรัตน์ สำเร็จ และลลิตา บุรีรักษ์. 2549. ปัญหาพิเศษ. “ผลของอุณหภูมิและชนิดพลาสติก สำหรับการเก็บรักษาผักไฮโดรโปนิค (Effect of plastic type on Hydroponic vegetable storage). คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. ม.ป.ท. ผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปารณัท ทองดิน, สุชาดา ใสสุวรรณ และสุทธิลักษณ์ พุ่มฉวีสกุล. 2549. ปัญหาพิเศษ. “เรื่อง การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของผัก (Study on rate oxygen consumption of vegetable)”. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภัทรพร บุญญาวานิชย์และธิษณา วงษ์วุฒิพงษ์. 2548. ปัญหาพิเศษ. “เรื่องการศึกษาอิทธิพลของชนิดพลาสติกและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเก็บรักษาผัก (Study on effect of plastic type and temperature for vegetable storage)”. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วุฒิชัย นาครักษา. ม.ป.ท. หลักการบรรจุ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

โรงเรียนอศุลาสานกิจศึกษา. 2551. พันธุ์พืชน้ำแห่งทุ่งบางเคชะ. [Online].

Available : <http://ass.prachinarea.net/webpagetree/mn9.html> [25 มกราคม 2551]

BLOG.212CAFE. 2550. Fit weed ผักชีฝรั่ง. [Online].

Available : <http://watpo.212cafe.com/archive/2007-10-03/fit-weed/> [25 มกราคม 2551]

Homedd. 2551. ผักสวนครัวของเรา. [Online].

Available : [http://www.homedd.com/HomeddWeb/servlet/homedd.A\\_garden.frontweb.FwVegetOurList?hidPage\\_id=1&hID=282&hMode=Our](http://www.homedd.com/HomeddWeb/servlet/homedd.A_garden.frontweb.FwVegetOurList?hidPage_id=1&hID=282&hMode=Our) [25 มกราคม 2551]

Thai Student Community in Tokodai. 2549. กระเจดไฮโซ. [Online].

Available : <http://www.std.ryu.titech.ac.jp/thai/forums/lofiversion/index.php/t513.html>

[25 มกราคม 2551]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผัก

จากการทดลองมีเกณฑ์ในการให้คะแนนผักตามลักษณะทางกายภาพทุกวัน แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังต่อไปนี้

## 1. ผักกระเฉด

เกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังภาพต่อไปนี้

ระดับที่ 5 : ผักมีสีเขียวสดมากที่สุด และไม่มีส่วนใดที่เหี่ยวหรือเน่าเสีย

ระดับที่ 4 : ผักมีสีเขียวสด

ระดับที่ 3 : ผักเริ่มมีสีเหลือง และมีลักษณะที่เหี่ยวเฉา

ระดับที่ 2 : ผักมีสีเหลืองมากกว่าครึ่งหนึ่งของถุง และมีลักษณะเหี่ยวเฉา

ระดับที่ 1 : ผักมีสีเหลืองและมีสีน้ำตาลเกือบทั้งหมด และมีเนื้อสัมผัสนุ่ม



ภาพที่ ก.1 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักกระเฉด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ผักชีฝรั่ง

เกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักชีฝรั่ง แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังภาพต่อไปนี้

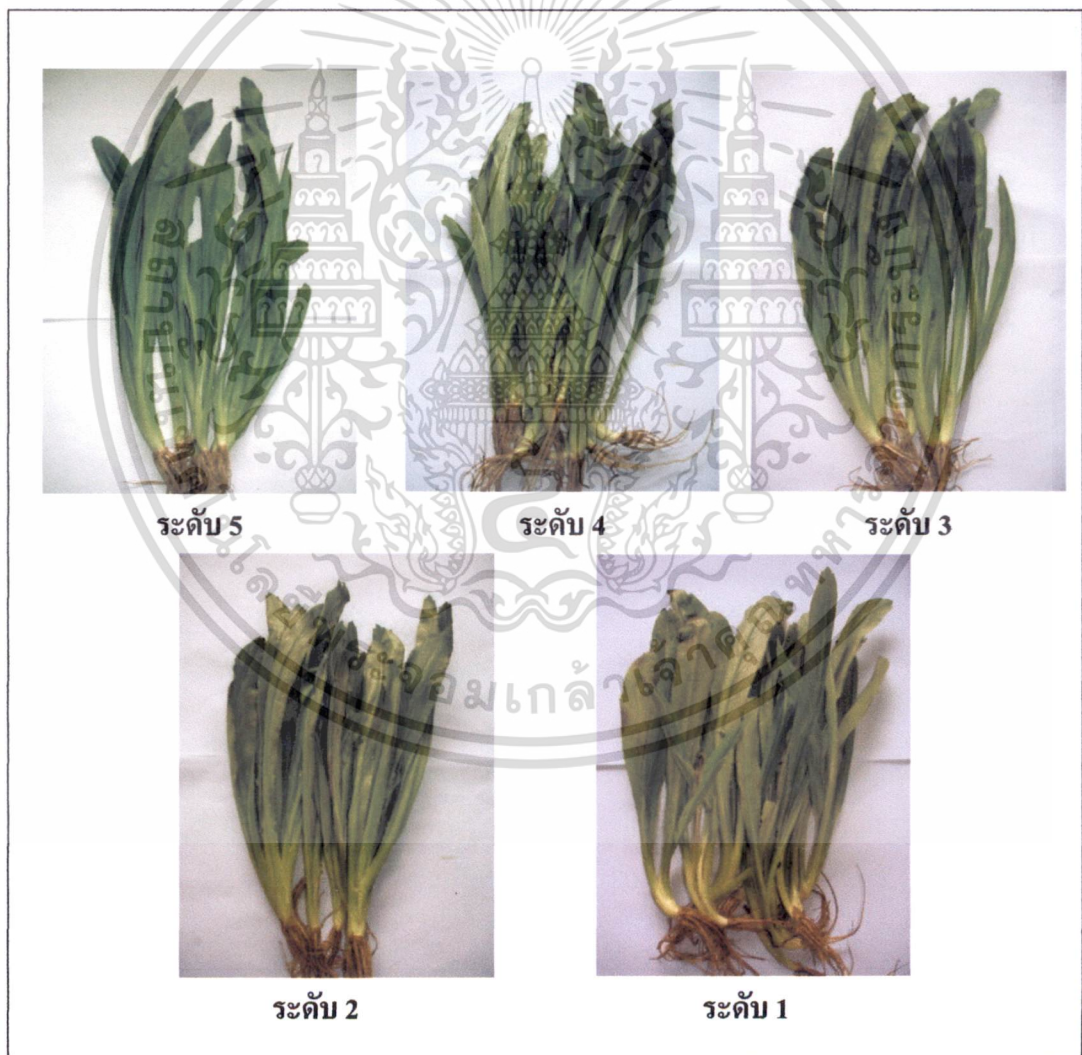
ระดับที่ 5 : ผักมีสีเขียวสดมากที่สุด และไม่มีส่วนใดที่เหี่ยวหรือเน่าเสีย

ระดับที่ 4 : ผักมีสีเขียวสด

ระดับที่ 3 : ผักเริ่มมีสีเหลือง และเริ่มมีลักษณะที่เหี่ยวเฉา

ระดับที่ 2 : ผักมีสีเหลืองครึ่งหนึ่งของถุงและเริ่มมีสีน้ำตาล มีลักษณะเหี่ยวเฉา

ระดับที่ 1 : ผักมีสีเหลืองและมีสีน้ำตาลมากกว่าครึ่งหนึ่งของถุง และมีเนื้อสัมผัสนิ่ม



ภาพที่ ก.2 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและความสดของผักชีฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## ข้อมูลจากการทดลอง

## 1. ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลู่พลาสติก

## 1.1 เปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ของผักกระเฉด

ตารางที่ ข2 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของผักกระเฉดที่อุณหภูมิห้อง

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	16.8	16.8	16.8	2.6	2.7	2.65	16.1	15.9	16.0	3.5	3.7	3.6	16.1	16.5	16.3	3.2	2.8	3.0
2	0	0	0	11.0	10.9	10.95	0	0	0	21.0	22.7	21.85	0.3	0.2	0.25	17.5	17.6	17.55
3	0	0	0	11.2	11.0	11.1	0	0	0	22.1	21.8	21.95	0	0	0	18.0	17.6	17.8
4	0	0	0	11.2	11.0	11.1	0	0	0	23.0	21.4	22.2	0	0	0	18.0	17.6	17.8

ตารางที่ ข3 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของผักกระเฉดที่อุณหภูมิ 15°C

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	16.7	16.3	16.5	2.7	3.1	2.9	15.3	15.5	15.4	4.2	4.0	4.1	16.3	16.5	16.4	2.9	2.7	2.8
2	8.9	8.5	8.7	8.0	8.4	8.2	4.1	5.3	4.7	13.8	12.6	13.2	7.1	8.9	8.0	12.1	10.4	11.25
3	3.4	3.1	3.25	10.2	10.1	10.15	0.8	1.0	0.9	16.9	17.1	17.0	8.1	6.7	7.4	11.9	12.7	12.3
4	1.9	1.0	1.45	10.3	10.3	10.3	0.2	0.4	0.3	17.8	18.0	17.9	6.5	5.9	6.2	12.6	13.2	12.9
5	1.1	0.8	0.95	9.9	10.1	10.0	0	0	0	16.9	16.9	16.9	7.0	6.8	6.9	12.5	11.0	11.75
6	0.5	0.6	0.55	8.6	9.0	8.8	0	0	0	14.9	15.1	15.0	6.4	5.2	5.8	12.9	12.5	12.7
7	0.5	1.0	0.75	7.7	9.7	8.4	0	0	0	14.5	14.7	14.6	4.9	4.1	4.5	13.4	12.8	13.1
8	0	0.5	0.25	7.6	9.8	8.7	0	0	0	14.6	14.6	14.6	3.4	3.0	3.2	12.6	13.9	14.25

ตารางที่ ข4 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ  
ผักกระเฉดที่อุณหภูมิ 10°C

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	16.7	16.2	16.45	2.8	3.3	3.05	15.7	15.0	15.35	3.8	4.7	4.25	16.5	16.1	16.3	2.7	3.2	2.95
2	9.7	9.8	9.75	7.4	7.3	7.35	7.9	7.4	7.65	10.3	10.9	10.6	10.7	8.5	9.6	8.5	10.1	9.3
3	5.9	5.1	5.5	8.3	8.5	8.4	3.3	0.6	1.95	14.1	15.7	14.9	6.6	7.7	7.15	12.1	11.5	11.8
4	3.6	1.9	2.75	8.7	8.7	8.7	0	0	0	16.2	16.4	16.3	6.1	7.3	6.7	13.0	10.7	11.85
5	3.8	1.6	2.7	7.9	8.1	8.0	0.1	0	0.05	15.5	15.7	15.6	6.8	7.8	7.3	11.5	10.7	11.1
6	2.2	0.9	1.55	7.4	7.8	7.6	0.2	0	0.1	14.3	13.5	13.9	7.8	8.2	8.0	11.7	10.3	11.0
7	2.5	1.5	2.0	7.7	7.8	7.75	0	0	0	13.2	12.9	13.05	7.1	7.7	7.4	11.4	10.8	11.1
8	3.5	2.9	3.2	7.1	7.3	7.2	0	0	0	12.7	12.3	12.5	7.0	7.6	7.3	11.9	10.7	11.3
9	2.9	2.6	2.75	7.7	7.8	7.75	0	0	0	12.2	12.2	12.2	6.6	7.4	7.0	12.0	11.6	11.8
10	2.3	1.9	2.1	8.2	8.5	8.35	0	0	0	12.7	12.1	12.4	6.5	6.9	6.7	12.7	12.3	12.5

ตารางที่ ข5 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ  
ผักกระเฉดที่อุณหภูมิ 4°C

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	16.9	16.8	16.85	2.5	2.6	2.55	16.5	16.2	16.35	2.9	3.2	3.05	16.2	16.4	16.3	2.9	3.3	3.1
2	13.1	12.2	12.65	5.5	6.0	5.75	10.4	9.2	9.8	8.2	8.9	8.55	12.0	13.5	12.75	7.2	6.2	6.7
3	10.2	12.0	11.1	5.9	5.3	5.6	7.6	5.2	6.4	11.0	12.5	11.75	8.8	10.0	9.4	9.7	8.1	8.9
4	8.4	11.7	10.05	5.5	5.0	5.25	5.0	3.6	4.3	11.9	12.6	12.25	6.8	10.1	8.45	10.9	7.7	9.3
5	7.2	12.0	9.6	5.9	5.0	5.45	2.1	1.7	1.9	12.0	12.8	12.4	6.4	8.4	7.4	11.4	8.1	9.75
6	8.2	12.0	10.1	5.7	5.1	5.4	2.4	1.8	2.1	11.8	12.2	12.0	6.2	6.4	6.3	12.1	8.5	10.3
7	8.9	12.0	10.45	5.4	5.1	5.25	2.0	1.6	1.8	12.4	12.6	12.5	6.1	6.1	6.1	11.7	9.1	10.4
8	8.9	12.0	10.45	5.5	5.0	5.25	1.6	1.6	1.6	12.7	13.1	12.9	6.3	6.7	6.5	11.2	9.0	10.1
9	9.1	12.1	10.6	5.1	4.4	4.75	1.2	1.0	1.1	12.8	13.2	13.0	5.7	6.1	5.9	11.8	9.8	10.8
10	9.8	12.3	11.05	5.3	4.5	4.9	1.2	0.6	0.9	13.4	13.8	13.6	5.1	5.9	5.5	11.3	10.9	11.1
11	10.0	12.3	11.15	5.4	5.0	5.2	0.5	0.1	0.3	13.9	14.3	14.1	4.6	5.0	4.8	11.75	11.75	11.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เปรอ์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ของผักชีฝรั่ง  
 ตารางที่ ข6 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ  
 ผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิห้อง

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	16.7	16.8	16.75	2.2	2.1	2.15	16.9	16.9	16.9	1.9	1.9	1.9	16.9	16.9	16.9	1.8	1.8	1.8
2	11.5	11.8	11.65	5.2	5.3	5.25	12.2	12.7	12.45	6.2	5.8	6.0	13.6	14.7	14.15	5.5	4.7	5.1
3	11.1	10.7	10.9	4.8	4.9	4.85	9.6	10.5	10.05	6.7	6.5	6.6	13.7	14.9	14.3	5.3	4.4	4.85
4	11.0	10.4	10.7	4.9	5.3	5.1	6.3	7.5	6.9	6.5	6.4	6.45	13.6	14.2	13.9	5.5	4.9	5.2
5	11.8	10.6	11.2	4.8	5.0	4.9	6.1	7.3	6.7	6.2	6.0	6.1	14.0	14.4	14.2	5.2	4.8	5.0
6	11.3	10.9	11.1	4.7	5.5	5.1	5.1	6.0	5.55	6.4	6.0	6.2	14.3	14.7	14.5	5.0	5.0	5.0
7	12.7	9.6	11.15	4.8	5.2	5.0	2.0	3.9	2.95	8.2	6.3	7.25	14.0	14.3	14.15	5.1	5.3	5.2
8	9.0	6.7	7.85	4.5	7.3	5.9	0	0.3	0.15	9.6	8.6	9.1	12.3	11.0	11.65	7.9	8.6	8.25

ตารางที่ ข7 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ  
 ผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 15°C

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	17.0	17.0	17.0	1.9	1.85	1.85	16.9	16.9	16.9	1.9	1.9	1.9	16.7	16.8	16.75	1.9	2.0	1.95
2	15.2	14.6	14.9	3.5	3.9	3.7	14.2	14.9	14.55	4.6	4.1	4.35	14.9	14.4	14.65	4.3	4.8	4.55
3	14.2	13.5	13.85	3.9	4.0	3.95	12.5	13.6	13.05	5.4	4.9	5.15	13.7	14.5	14.1	4.8	5.3	5.05
4	12.9	12.1	12.5	3.7	3.7	3.7	9.4	11.0	10.2	5.3	5.2	5.25	14.7	15.0	14.85	4.6	5.0	4.8
5	12.8	12.1	12.45	3.7	3.8	3.75	8.6	10.3	9.45	5.5	5.2	5.35	15.2	14.7	14.95	4.1	4.6	4.35
6	12.5	11.8	12.15	3.6	3.7	3.65	7.8	9.6	8.7	5.4	5.2	5.3	15.1	14.9	15.0	4.2	4.3	4.25
7	12.3	12.1	12.2	3.4	3.3	3.35	7.1	8.6	7.85	5.0	4.9	4.95	15.1	15.1	15.1	4.2	4.2	4.2
8	12.5	12.5	12.5	3.2	3.2	3.2	7.7	8.5	8.1	4.8	4.6	4.7	15.1	14.9	15.0	4.1	4.5	4.3
9	12.8	12.5	12.65	3.4	3.2	3.3	9.0	7.4	8.2	4.7	5.0	4.85	14.9	14.9	14.9	4.3	4.7	4.5
10	13.0	12.5	12.75	3.4	3.3	3.35	9.2	7.3	8.25	4.5	4.9	4.7	14.8	14.6	14.7	3.8	4.2	4.0
11	12.8	12.4	12.6	3.5	3.45	3.45	9.2	7.0	8.1	4.9	5.0	4.95	14.6	14.2	14.4	4.1	4.2	4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข8 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ  
ผักซีฝรั่งที่อุณหภูมิ 10°C

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	16.8	16.9	16.85	2.0	1.9	1.95	16.8	16.8	16.8	2.0	1.9	1.95	16.8	16.9	16.85	1.9	1.8	1.85
2	15.5	16.1	15.8	3.5	3.1	3.3	15.6	15.8	15.7	3.8	3.4	3.6	15.4	15.9	15.65	4.1	3.6	3.85
3	14.3	14.9	14.6	3.8	3.6	3.7	14.0	14.5	14.25	4.5	4.2	4.35	15.9	15.9	15.9	3.5	3.3	3.4
4	13.0	13.8	13.4	3.8	3.7	3.75	11.6	12.0	11.8	4.3	4.1	4.2	15.9	16.1	16.0	3.1	3.1	3.1
5	12.9	13.8	13.35	3.8	3.8	3.8	11.1	11.5	11.3	5.2	5.1	5.15	16.1	16.3	16.2	3.4	3.2	3.3
6	12.4	13.4	12.9	3.8	3.7	3.75	10.2	10.6	10.4	5.1	5.2	5.15	15.8	16.3	16.05	3.7	3.3	3.5
7	13.0	13.2	13.1	3.5	3.7	3.6	8.8	9.2	9.0	5.1	5.2	5.15	15.9	16.1	16.0	3.7	3.5	3.6
8	13.0	13.0	13.0	3.7	3.7	3.7	8.1	8.4	8.25	4.9	5.1	5.0	16.1	16.2	16.15	3.8	3.6	3.7
9	13.1	13.0	13.05	3.6	3.6	3.6	7.5	7.9	7.7	5.0	5.0	5.0	16.0	16.0	16.0	4.0	3.8	3.9
10	13.1	13.1	13.1	3.4	3.6	3.5	7.2	7.5	7.35	5.0	5.0	5.0	15.9	16.1	16.0	4.0	3.9	3.95
11	13.3	13.3	13.3	3.4	3.4	3.4	7.0	7.4	7.2	4.9	4.9	4.9	15.9	15.9	15.9	4.1	3.9	4.0
12	13.2	13.1	13.15	3.5	3.5	3.5	6.9	7.0	6.95	4.8	4.7	4.75	15.7	15.9	15.8	4.1	4.1	4.1
13	13.0	13.0	13.0	3.5	3.7	3.6	6.7	7.2	6.95	4.8	4.8	4.8	15.6	15.7	15.65	4.3	4.2	4.25
14	13.0	13.1	13.05	3.7	3.8	3.75	6.7	7.1	6.90	5.0	4.8	4.9	15.3	15.7	15.5	4.4	4.2	4.3
15	13.0	13.0	13.0	3.8	3.8	3.8	6.6	7.1	6.85	5.1	4.9	5.0	15.1	15.5	15.3	4.7	4.3	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข9 แสดงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ  
ผักซีฝรั่งที่อุณหภูมิ 4°C

วันที่ ทดลอง	ปริมาณการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%)																	
	PE 1						PE 2						PP					
	O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>			O <sub>2</sub>			CO <sub>2</sub>		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
1	17.5	17.5	17.5	1.7	1.6	1.65	17.5	17.5	17.5	1.7	1.7	1.7	17.5	17.5	17.5	1.7	1.7	1.7
2	16.8	16.8	16.8	2.4	2.5	2.45	16.6	16.6	16.6	2.7	2.7	2.7	17.1	17.0	17.05	2.4	2.4	2.4
3	16.3	16.1	16.2	2.9	3.0	2.95	15.9	15.9	15.9	3.6	3.5	3.55	16.8	16.8	16.8	1.9	1.8	1.85
4	15.4	14.9	15.15	3.3	3.5	3.4	14.6	14.5	14.55	4.4	4.2	4.3	16.3	17.0	16.65	3.6	2.8	3.2
5	14.6	13.9	14.25	3.6	3.6	3.6	13.0	13.1	13.05	5.0	4.8	4.9	15.7	16.3	16.0	4.0	3.5	3.75
6	13.9	13.7	13.8	3.7	3.7	3.7	12.1	12.3	12.2	5.2	5.0	5.1	15.9	16.3	16.1	3.8	3.4	3.6
7	13.7	13.6	13.65	3.8	3.7	3.75	11.6	11.7	11.65	5.4	5.1	5.25	16.2	16.3	16.25	3.6	3.4	3.5
8	13.2	13.5	13.35	3.8	3.6	3.7	11.1	11.2	11.15	5.3	5.1	5.2	16.3	16.5	16.4	3.3	3.1	3.2
9	13.0	13.1	13.05	3.7	3.7	3.7	10.5	10.6	10.55	5.4	5.2	5.3	16.4	16.4	16.4	3.1	3.1	3.1
10	12.6	12.6	12.6	3.6	3.7	3.65	9.0	9.3	9.15	5.5	5.2	5.35	16.1	16.3	16.2	3.1	3.2	3.15
11	12.4	13.1	12.75	3.7	3.6	3.65	8.5	8.8	8.65	5.4	5.2	5.3	16.0	16.2	16.1	3.2	3.2	3.2
12	12.2	12.7	12.45	3.7	3.7	3.7	8.2	8.4	8.3	5.4	5.4	5.4	15.8	16.2	16.0	3.2	3.4	3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้