การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ

QUALITY CHANGES OF MINIMALLY PROCESSED WATER MIMOSA AND STINK WEED DURING STORAGE IN MODIFIED ATMOSPHERE AT LOW TEMPERATURE

สุชาดา ไล้สุวรรณ

SUCHADA LAISUWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-045

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ

QUALITY CHANGES OF MINIMALLY PROCESSED WATER MIMOSA AND STINK WEED DURING STORAGE IN MODIFIED ATMOSPHERE AT LOW TEMPERATURE



สุชาดา ไล้สุวรรณ

SUCHADA LAISUWAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105092
วัน,เดือน,ปี.....16 พ.ย. 2552

b.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-045

QUALITY CHANGES OF MINIMALLY PROCESSED WATER MIMOSA AND STINK WEED DURING STORAGE IN MODIFIED ATMOSPHERE AT LOW TEMPERATURE

SUCHADA LAISUWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL-2009-AI-M-053-045

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF AGRO INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TEACHOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ

Quality Changes of Minimally Processed Water Mimosa and Stink Weed During Storage in Modified Atmosphere at Low Temperature

ชื่อนักศึกษา นางสาวสุชาดา ไล้สุวรรณ

รหัสประจำตัว 50068507

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
ดร.ยุพร พืชกมุทร	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
ผศ.ดร.สุภาณี ด่านวิริยะกุล	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 21 พฤษภาคม 2552 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รศ.ดร.ระติพร หนรือนกิจ)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 25 **เดือน** ..... **พ.ศ** 52

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ
นักศึกษา	สุชาดา ไล้สุวรรณ
รหัสประจำตัว	50068507
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผักชีฝรั่งและผักกระเฉดตัดแต่ง บรรจุผักแต่ละชนิดในถุงพลาสติก LDPE 1 (8 μm) LDPE 2 (20 μm) และ PP (8 μm) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 15°C และ 29°C (อุณหภูมิห้อง) ทำการวัดปริมาณก๊าซในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิด สำหรับผักชีฝรั่งพบว่าที่ 10 °C ในถุง LDPE 2 ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษามีปริมาณก๊าซ O_2 ที่ร้อยละ 6.85 มีก๊าซ CO_2 ร้อยละ 5 และผักยังคงมีลักษณะสด เมื่อนำผักชีฝรั่งตัดแต่งล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และ10°C ในถุงพลาสติก LDPE 2 พบว่าที่ 4°C มีการสูญเสียน้ำหนักและการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C แต่จะพบว่าใบผักมีสีน้ำตาลอมแดงเนื่องจากเกิดอาการสะท้านหนาวที่อุณหภูมิ 4°C จากการทดลองสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งคือบรรจุในถุงพลาสติก LDPE 2 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C

สำหรับผักกระเฉดตัดแต่งพบว่าการบรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดนั้น มีไอน้ำภายในถุงในปริมาณค่อนมากซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ในขั้นตอนต่อมาจึงได้บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและกรดเปอร์ออกซิอะซิติกในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC แทนการใช้ถุงพลาสติก พบว่าผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บที่ 4°C มีคุณภาพดีที่สุด ทั้งทางด้านสี เนื้อสัมผัสและการสูญเสียน้ำหนัก โดยผักเก็บได้นาน 7 วัน เมื่อวัดค่าแรงเฉือนส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนล่างของลำต้นของผักกระเฉดตัดแต่ง ที่เก็บที่ 4°C และ 10 °C พบว่าค่าแรงเฉือนของผักที่เก็บที่ 4°C มีค่าลดลงน้อยกว่าที่ 10 °C

Thesis Title	Quality changes of minimally processed water mimosa and stink weed during storage in modified atmosphere at low temperature
Student	Ms. Suchada Laisuwan
Student ID.	50068507
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2009
Thesis Advisor	Associate Professor. Dr. Ruchira Taprap

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effect of temperatures and modified atmosphere packaging on the quality of fresh cut stink weed and water mimosa by packing in three types of plastic bags ; LDPE 1 (8 μm), LDPE 2 (20 μm) and PP (8 μm) to be stored at 4°C 10°C 15°C and 29°C (room temperature). The gas composition of O_2 and CO_2 in those plastic bags were measured. For the fresh cut stink weed, it revealed that by keeping at 10°C in LPDE 2 at the 14th day storage has the O_2 composition 6.85% and CO_2 5% while the vegetable was fresh. To examine the shelf life of fresh cut stink weed, two conditions of cleaning, i.e. with water and with peroxyacetic acid were applied and kept at 4°C and 10°C in LDPE 2. The data showed that by keeping the vegetable at 4°C gave a better result than keeping at 10°C for the total chlorophyll degradation and weight loss, but at 4°C the red brown color appeared on the leaf which caused by chilling injury. In conclusion, the suitable condition for storage of fresh cut stink weed was at 10°C and packed in LDPE 2 .

In case of the water mimosa, by keeping vegetable in plastic bags, some drop of water was observed which was unwanted condition. The condition of cleaning of the water mimosa was the same as stink weed but it was packed in the foam trays and then wrapped with PVC film and kept at 4°C and 10°C. The results showed that by keeping at 4°C have the best qualities in color, texture and weight loss and the vegetable was last long for 7 days. The shear forces of the tip, the middle and the bottom of fresh cut water mimosa were also measured. It revealed that the value of shear force measured at 4°C was decreased less than at 10°C.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา รวมทั้งให้แนวความคิด ในระหว่างการดำเนินงานและตรวจแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนความช่วยเหลือในด้านอื่นๆมาโดยตลอด ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร อ.ดร.ระจิตร สุวพานิช อ.ดร. ยุพร พืชกมุทร และ ผศ.ดร.สุภาณี ด่านวิริยะกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณธงชัย พุฒทองศิริ รวมทั้งเพื่อนและพี่นักศึกษาปริญญาเอกและปริญญาโททุกๆคนที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดจนเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการห้องวิทยาศาสตร์ ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ปู่ บิดา อาและผู้มีพระคุณที่ยังมิได้เอ่ยนามทุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้านตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินปี 2550 และขอขอบคุณบริษัท Ecolab® Thailand ที่ให้การสนับสนุนสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุชาดา ไล้สุวรรณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... XI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 ความหมายของผัก..... 2

2.1.1 ผักชีฝรั่ง..... 2

2.1.2 ผักกระเฉด..... 2

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว..... 3

2.2.1 การสูญเสียน้ำ..... 4

2.2.2 การหายใจและอัตราการหายใจ..... 4

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงของสี..... 8

2.2.4 การเน่าเสีย (Pathological Breakdown)..... 11

2.2.5 การนิ่ม 12

2.3 ผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (Minimally Process Fruit and Vegetables)... 12

2.4 การยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น..... 13

2.4.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ..... 13

2.4.2 การบรรจุในภาชนะ..... 13

2.4.3 การเก็บรักษาภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ 14

2.4.4 การใช้สารเคมี..... 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน..... 18

3.1 วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง..... 18

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 18

3.3 สถานที่ทำการทดลอง..... 18

3.4 วิธีการทดลอง..... 19

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 23

4.1 ผลการศึกษาการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซ..... 23
คาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

4.2 ลักษณะทางกายภาพและอายุการเก็บรักษาของผักชีฝรั่งตัดแต่ง..... 33

4.3 ผลการศึกษาการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซ..... 40
คาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง

4.4 ลักษณะทางกายภาพและอายุการเก็บรักษาของผักกระเฉดตัดแต่ง..... 49

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 57

บรรณานุกรม..... 58

ภาคผนวก ก 66

ภาคผนวก ข ข้อมูลจากการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ..... 71

ประวัติผู้เขียน..... 107

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 คุณค่าทางอาหารของผักชีฝรั่งส่วนที่กินได้ 100 กรัม..... 3

2.2 อัตราการหายใจของผักและผลไม้บางชนิด..... 8

2.3 การเก็บรักษาในสภาพในบรรยากาศดัดแปลงหรือบรรยากาศควบคุมสำหรับ..... 16
ผักและผลไม้บางชนิด ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 -95%

4.1 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซออกซิเจนของผักชีฝรั่งตัดแต่ง..... 32

4.2 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง... 32

4.3 อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 38
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.4 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉดตัดแต่ง..... 47

4.5 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง.. 48

4.6 คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่า.. 56
และล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ข1.ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก ... 71
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ข2.ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก.... 72
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ข3.ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก... 73
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ข4.ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก... 74
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ข5.อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่อุณหภูมิ 75
4 องศาเซลเซียส และ10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

ข6.อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่อุณหภูมิ..... 76
15 องศาเซลเซียสและ อุณหภูมิห้อง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

ข7 อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก... 77
ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข8 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง..... 78
ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ข9 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง..... 79
ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ข10 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง..... 80
ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ข11ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง..... 80
ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ข12 อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักกระเฉดตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4 และ 10 81
องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

ข13 อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักกระเฉดตัดแต่งที่อุณหภูมิ 15..... 82
องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

ข14 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (mg/100 g F.W.) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้าง..... 83
ด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10
องศาเซลเซียส

ข15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (mg/100 g F.W.) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้าง..... 84
ด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10
องศาเซลเซียส

ข16 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100 g F.W.) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วย..... 85
น้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10
องศาเซลเซียส

ข17 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและ..... 86
ล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ข18 คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วย..... 87
น้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10
องศาเซลเซียส

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข19 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่า..... 88
และล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ข20 ค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 89
กรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ข21 คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สี และ กลิ่น ของผักกระเฉด..... 90
ตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10
องศาเซลเซียส

ข22 คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน เนื้อสัมผัสและ 91
การยอมรับ ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ข 23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 92
ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4
องศาเซลเซียส

ข 24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 92
ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10
องศาเซลเซียส

ข 25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 93
ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15
องศาเซลเซียส

ข 26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 93
ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ข 27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 94
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ข 28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 94
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข 29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก 94
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ข 30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 95
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ข 31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 95
ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4
องศาเซลเซียส

ข 32 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 96
ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10
องศาเซลเซียส

ข 33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 96
ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15
องศาเซลเซียส

ข 34 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 97
ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ข 35 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 97
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ข 36 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 98
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ข 37 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 98
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ข 38 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 98
LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ข 39 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการสูญเสียน้ำหนักของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 99
LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ข 40 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 99
LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข 41 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก..... 100
LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 42 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักชีฝรั่งตัดแต่งใน..... 100
ถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 43 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งใน..... 101
ถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 44 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของผักชีฝรั่ง..... 101
ตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 45 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาด..... 102
โฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 46 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงเฉือนส่วนยอดของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุ..... 102
ในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 47 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงเฉือนส่วนกลางของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุ..... 103
ในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 48 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงเฉือนส่วนล่างของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุ..... 103
ในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
ข 49 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่..... 104
บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส วันที่ 1
ข 50 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่..... 105
บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส วันที่ 5

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การหายใจที่แบบไม่ใช้ออกซิเจน..... 6

2.2 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์..... 9

2.3 กระบวนการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์รูปแบบต่างๆ..... 10

2.4 ปฏิกิริยาการเกิดสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก..... 17

4.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 24
และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส

4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 25
และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส

4.3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 25
และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส

4.4 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 26
และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 27
ต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.6 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 28
ต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

4.7 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 28
ต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

4.8 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 29
ต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T..... 30

4.10 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซออกซิเจนตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส..... 31

4.11 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส... 32

4.12 การสูญเสียน้ำหนักของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 34
กรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสในถุงพลาสติก
LDPE 2 เป็นเวลา 18 วัน

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.13 ปริมาณ คลอโรฟีลล์ เอ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 35
กรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.14 ปริมาณ คลอโรฟีลล์ บี ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 36
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.15 ปริมาณ total chlorophylls ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 37
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.16 แสดงระดับคะแนนของผักชีฝรั่งตัดแต่งขณะเก็บรักษา..... 39

4.17 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 41
และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส

4.18 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2. ... 41
และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส

4.19 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 42
และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส

4.20 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 42
และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.21 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 44
ต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.22 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 44
ต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

4.23 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 45
ต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

4.24 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจ..... 45
ต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.25 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซออกซิเจนตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส..... 47

4.26 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส..... 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.27 การสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉดตัดแต่ง ที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 50
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสในถาดโฟมหุ้ม
ด้วยฟิล์มยืด PVC เป็นเวลา 9 วัน

4.28 ค่าแรงเฉือนบริเวณส่วนยอดของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 52
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.29 ค่าแรงเฉือนบริเวณส่วนกลางของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 52
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.30 ค่าแรงเฉือนบริเวณส่วนล่างของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย..... 53
กรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.31 ค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่า ในวันที่ 0..... 54
และ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.32 ค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่า ในวันที่ 0..... 54
และ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการผักและผลไม้สดตัดแต่งมีปริมาณเพิ่มสูง เนื่องของผู้บริโภคให้หันมาให้ความใส่ใจในสุขภาพกันมากขึ้น โดยที่ผักและผลไม้สดตัดแต่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความนิยม เนื่องจากสะดวกรวดเร็วและลดระยะเวลาในการเตรียมเพื่อนำไปใช้ประกอบอาหาร

ผักชีฝรั่งเป็นผักเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการตกแต่งเพื่อเพิ่มกลิ่นรสและสีสันในอาหารที่มีรสจัด เช่น ต้มยำ ลาบ น้ำตก รวมทั้งบริโภคสดควบคู่กับอาหารหลายชนิด เช่น แหนมเนือง และก๋วยเตี๋ยวลุยสวน เป็นต้น ส่วนผักกระเฉดเป็นผักพื้นบ้านที่นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารหลายชนิด เช่น นำไปผัด ใส่ในแกงส้ม หรือยำชนิดต่างๆ แต่จะสังเกตเห็นว่าขั้นตอนในการทำความสะอาดและเตรียมผักกระเฉดมีความยุ่งยากทำให้ไม่ได้รับความนิยมในการซื้อมาปรุงรับประทานเอง โดยผักชีฝรั่งและผักกระเฉด นอกจากจะปลูกบริโภคภายในประเทศแล้วยังมีการส่งออกไปยังประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป และอาเซียน เป็นต้น

ผักชีฝรั่งและผักกระเฉด หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติและไม่ได้บรรจุในภาชนะที่เหมาะสม พบว่าจะเหี่ยวเฉาการสูญเสียน้ำและใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น ซึ่งการยืดอายุเก็บรักษาผักและผลไม้สดให้คงคุณภาพดีได้เป็นเวลานานนั้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเก็บรักษา ซึ่งอาจร่วมกับการล้างผักด้วยสารทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อนทำการเก็บรักษา หรือการเก็บในสภาพดัดแปลงบรรยากาศในบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกรวมทั้งการล้างทำความสะอาดด้วยสารเคมีที่มีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักชีฝรั่งและผักกระเฉดตัดแต่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก 3 ชนิดที่อุณหภูมิต่างๆ

2. เพื่อศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพและอายุการเก็บรักษาของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของผัก

ผัก หมายถึง เนื้อเยื่อส่วนใดของพืชที่มีลักษณะอ่อนสามารถนำมาบริโภคได้ เช่น ลำต้น ใบ ก้าน ยอด หน่อ ดอก เมล็ดและราก เป็นต้น เป็นแหล่งอาหารที่มีองค์ประกอบจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ได้แก่วิตามินและเกลือแร่ รวมถึงแป้งและน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของร่างกายเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ช่วยให้ระบบกลไกต่างๆของร่างกายดำเนินเป็นปกติ และทำให้ร่างกายมีความต้านทานต่อโรคภัยต่างๆ ซึ่งลักษณะการบริโภคผักอาจมีความแตกต่างกันออกไปตามความต้องการของแต่ละบุคคล (ดวงกมล สระน้ำ, 2549)

2.1.1 ผักชีฝรั่ง (Stink weed)

ผักชีฝรั่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Eryngium foetidum* Linn. ชื่อวงศ์ UMBELLIFERAE หรือเรียกว่า spiny coriander หรือ stinking sharewor (Martin, 2004) ชื่ออื่นทางภาคเหนือเรียกว่า ผักชีฝรั่ง ผักชีดอย หอมป้อมกุลา ภาคกลางเรียกว่า ผักชีฝรั่ง กระเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอนเรียกว่า แมะและเด๊าะ เชียงใหม่เรียกว่า ผักจี ส่วนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า หอมเป ถิ่นกำเนิด ผักชีฝรั่งเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์โดยทั่วไปเป็นพืชล้มลุกสูงประมาณ 15-51 เซนติเมตร ลำต้นสั้นอยู่ระดับดิน ใบยาวรูปไข่ขอบขนานยาวรี ใบเรียวแหลม ริมใบหยักคล้ายใบเรื่อย ใบมีสีเขียวเข้มและแข็งกระด้างเป็นกระจุก ออกดอกเป็นช่อ ก้านใบมีสีเขียว ฤดูกาลปลูกผักชีฝรั่งจะเจริญงอกงามได้ดีในฤดูฝน ใบของผักชีฝรั่งนั้นจะมีรสจืด กลิ่นหอม ผักชีฝรั่งมีบทบาทสำคัญในอาหารหลายประเภททั้งอาหารไทยและอาหารเวียดนาม ที่สำคัญคือในอาหารที่มีรสจัด เช่น ต้มยำ ลาบ ก้อย มีสรรพคุณทางยาคือ ใบ ใช้ตำแล้วทาเป็นยาแก้แผลเรื้อรัง แก้บวม และเคี้ยวเพื่อดับกลิ่นปาก ส่วนลำต้น ใช้แก้แมลงสัตว์กัดต่อย ส่วนในทางการแพทย์สามารถใช้เป็นยาขับปัสสาวะได้

2.1.2 ผักกระเฉด (Water mimosa)

ผักกระเฉด มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Neptunia oleracea* Lour. ชื่อวงศ์ MOMOSACEAE ชื่ออื่นที่เรียกกันคือ ผักรู้นอน ผักหนอง ผักฉีด และผักหละหนอง เป็นต้น ลักษณะโดยทั่วไป เป็นพืชล้มลุกต้นลอยน้ำหรือเลื้อยบริเวณชายฝั่ง ลำต้นเป็นปล้อง ต้นแก่จะมีนวมหนาสีขาวที่เรียกว่า " นม " ห่อหุ้มอยู่เป็นปล้องๆเว้นส่วนที่เป็นข้อ ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก ดอกมีสีเหลือง ฤดูกาลปลูกผักกระเฉดสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และพบทั่วทุกภาคของประเทศไทย ประโยชน์ คือ เป็นพืชเศรษฐกิจนิยมนำมาปรุงเพื่อรับประทานเป็นอาหาร เช่น ยำผักกระเฉด ผัดผักกระเฉด และ

รับประทานสดคู่กับน้ำพริก นอกจากนั้นผักกระเฉดยังมีสรรพคุณเป็นสมุนไพรรักษาโรค ในผักกระเฉดมีสารเบต้าแคโรทีนที่ร่างกายจะเปลี่ยนไปเป็นวิตามินเอ ช่วยในการบำรุงสายตาและผิวหนัง มีสารไนอะซิน ที่จะช่วยกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย ช่วยทำให้การผลิตไขมันที่จำเป็นทำได้ดีขึ้น มีกากใยอาหารมากช่วยให้การขับถ่ายคล่อง

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของผักชีฝรั่งและผักกระเฉดส่วนที่กินได้ 100 กรัม

คุณค่าอาหาร	ผักชีฝรั่ง	ผักกระเฉด
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	32	29
เส้นใย (กรัม)	1.7	5.30
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	21	387
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.9	5.3
เบต้าแคโรทีน (RE*)	876.12	472.08
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.31	0.12
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.21	0.14
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.7	3.2
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	38	22

RE ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล

ที่มา : มหัศจรรย์ผัก 108 (2541)

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางพืชสวนยังคงมีชีวิต ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีววิทยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ยังคงดำเนินต่อไปเช่นเดียวกับพืชก่อนการเก็บเกี่ยว ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตผลจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา สรีระวิทยา และชีวเคมีภายในผลิตผลนั้นๆ เช่น ผลิตผลเกิดการเหี่ยว ขนาดและน้ำหนักลดลง การหายใจลดลง การผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดสามารถทราบด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือการนิ่มตัวของผลิตผล ซึ่งสามารถทราบจากการใช้มือกดหรือบีบ แต่การเปลี่ยนแปลงบางชนิดเป็นการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการ ต้องอาศัยวิธีวิเคราะห์ทางเคมีจึงจะทำให้ทราบได้ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้บางครั้งก็เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคบางครั้งก็ไม่ต้องการขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตผลแต่ละชนิด

2.2.1 การสูญเสียน้ำ

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สดยังคงมีการหายใจและการคายน้ำ ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล โดยปกติเนื้อเยื่อพืชมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 99.00 – 99.50 การลดลงของความชื้นในอากาศหรือการลดลงของความดันไอน้ำมีผลทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดการสูญเสียน้ำ รวมทั้งความหนาและองค์ประกอบทางเคมีของชั้นคิวติเคิลในพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์ และระดับความสุกแก่ของผลิตผลทำให้ผลิตผลแต่ละชนิดมีอัตราการสูญเสียน้ำที่แตกต่างกัน สำหรับผักผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งนั้นรอยแผลที่เกิดขึ้นเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้มีการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้อัตราการคายน้ำยังขึ้นกับปัจจัยภายนอก หลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลม และความดันของบรรยากาศ เป็นต้น การคายน้ำเป็นขบวนการทางกายภาพที่สามารถควบคุมได้หลายวิธีทั้งวิธีที่ทำกับผลิตผลโดยตรง เช่น การเคลือบผิวผลิตผลด้วยสารเคลือบผิว หรือการหุ้มผลิตผลด้วยฟิล์มพลาสติกและและวิธีปรับสภาพแวดล้อม เช่น การปรับสภาพความชื้นรอบๆ ผลิตผลให้อยู่ในระดับสูง หรือการควบคุมการถ่ายเทของความชื้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อและชนิดของพืช ซึ่งการสูญเสียน้ำของผักและผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค ทำให้คุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคลดลง ดังนั้นการสูญเสียน้ำจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้ตัดแต่ง ภายหลังจากการตัดแต่งควรมีการเก็บรักษาในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงหรือสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้แต่ในสภาพที่มีความชื้นสูงมากเกินไปก็จะทำให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (นงลักษณ์ พูลทอง, 2542)

2.2.2 การหายใจและอัตราการหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตอยู่ของสิ่งมีชีวิตเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตเอาไว้ และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา ทำให้คุณค่าทางอาหารของผลิตผลต่อผู้บริโภคลดลงเรื่อย ๆ และทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นด้วย โดยพืชแต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจแตกต่างกัน ผักหรือส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโตจะมีอัตราการหายใจสูงทำให้มีการสูญเสียมากและอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผักที่มีอัตราการหายใจต่ำและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก การหายใจของผลิตผลพืชแบ่งได้ 2 ชนิดคือ การหายใจที่ใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) และการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) มีรายละเอียดดังนี้

1) การหายใจที่ใช้ออกซิเจน

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชันและรีดักชันของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้ำและพลังงานโดยมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เอนไซม์ และโคเอนไซม์ต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง การออกซิเดชันของน้ำตาลที่สมบรูณ์สรุปได้ดังสมการ 2.1 (Lee *et al.,* 1991)

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{พลังงาน}.....2.1$$

ซึ่งคาร์โบไฮเดรตในรูปแป้งที่พืชสะสมไว้จะถูกสลายให้เป็นน้ำตาลก่อน โดยอาศัยเอนไซม์อะมัยเลส (amylase) และมอลเตส (maltase) ส่วนพืชบางชนิดที่สะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของน้ำตาลซูโครส จะถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสโดยเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) น้ำตาลกลูโคสจะเข้าสู่วงจรเมตาโบลิซึมโดยผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส(glycolysis) และวัฏจักรเครบส์ (Krebs'cycle) ดังนี้

ก. กระบวนการไกลโคไลซิส เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสหรือฟรุคโตสเป็น กรดไพรูวิค (pyruvic acid) กระบวนการนี้เกิดในไซโตพลาสซึมของเซลล์ซึ่งเป็นกระบวนการที่ยังไม่ต้องการออกซิเจน ผลที่ได้รับคือพลังงานในรูปของ ATP และ NADH

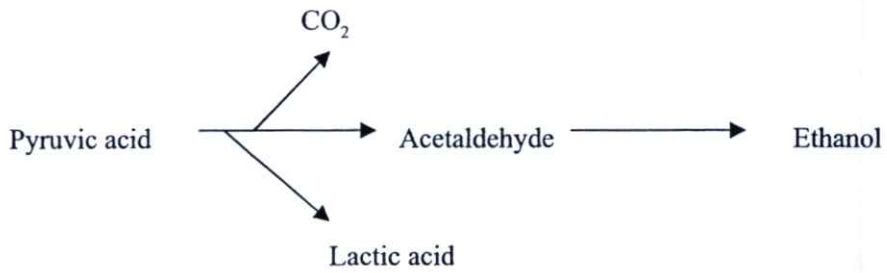
ข. วัฏจักรเครบส์ เป็นการเปลี่ยนกรดไพรูวิคให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน โดยพลังงานบางส่วนและน้ำ เกิดจากปฏิกิริยาของ NADH และ $FADH_2$ ผ่านเข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเลคตรอนหรือ (oxidative phosphorylation) ซึ่งปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เกิดขึ้น ในไมโตคอนเดรียของเซลล์และเป็นกระบวนการที่ต้องการออกซิเจน พลังงานที่เก็บอยู่ในรูป ATP เมื่อสลายตัวจะให้พลังงานออกมาจำนวนหนึ่งซึ่งพลังงานนี้ส่วนหนึ่งจะใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารต่างๆ ภายในเซลล์ของพืช และอีกส่วนหนึ่งจะคายออกสู่ภายนอกในรูปของพลังงานความร้อนที่เรียกว่า vital heat ซึ่ง มีความสำคัญมากและสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณความต้องการความเย็น และการระบายอากาศของห้องเย็น

2) การหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน

การหายใจแบบนี้อาจเรียกว่ากระบวนการหมัก (fermentation) เป็นการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้ในปริมาณจำกัดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นการสลายน้ำตาลกลูโคสผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส เช่น เดียวกันแต่กรดไพรูวิคจะถูกเปลี่ยนต่อเป็นกรดแลคติคหรือ สารประกอบอนินทรีย์อื่นๆ เช่น เอทธิลแอลกอฮอล์ อะซิทัลดีไฮด์ เป็นต้น ดังภาพที่ 1.1

การหายใจแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะให้พลังงานน้อยกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน โดยเมื่อเก็บรักษาในสภาวะที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศไม่เพียงพอ หรือถูกห่อหุ้ม หรือมีการเคลือบผิว จนทำให้ก๊าซออกซิเจนที่ผ่านเข้าออกไม่เพียงพอต่อการหายใจแบบปกติ ซึ่งจะทำให้ผักผลไม้จะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นและทำให้มีกลิ่นหมักเกิดขึ้น ความเข้มข้นต่ำสุดของ

ออกซิเจนที่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนนั้นจะผันแปรไปตามชนิดของเนื้อเยื่อ พันธุ์ ความอ่อนแก่ และอุณหภูมิ เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 การหายใจแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน

3) อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจของผักผลไม้ หมายถึงน้ำหนักหรือปริมาตรของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมาต่อหน่วยน้ำหนักของผักผลไม้ต่อเวลา หรืออาจเป็นหน่วยของความร้อนที่คายออกมาต่อหน่วยน้ำหนักของผักผลไม้ต่อเวลา การวัดอัตราการหายใจของผักสามารถวัดได้โดย

1) อาหารสะสมที่สูญเสียไป

2) ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไป

3) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคายออกมา

4) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

วิธีวัดอัตราการหายใจที่นิยมที่สุดคือการวัดก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไปและวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคายออกมา ส่วนการวัดอาหารสะสมที่สูญเสียไปนั้นมีหลายอย่างเช่น ไขมัน น้ำตาลกลูโคส โปรตีน เป็นต้น โดยมีสมการในการวัดอัตราการหายใจโดยวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไปและวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคายออกมาดังสมการ 2.2

$$\text{Respiratory Quotient (RQ)} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคายออกมา}}{\text{ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้}} \quad \text{.....2.2}$$

ดังนั้น Respiratory Quotient (RQ) เป็นค่าอัตราส่วนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจต่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ (สมชาย กล้าหาญ, 2546)

1) การหายใจโดยใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นสารเริ่มต้น ค่า RQ จะเท่ากับ 1

2) การหายใจโดยใช้โปรตีนและไขมันเป็นสารเริ่มต้น จะมีค่า RQ ต่ำกว่า 1

ดังสมการ2.3

$$C_{18}H_{34}0_2 + 25.5\ O_2 \longrightarrow 18\ CO_2 + 17\ H_2O \quad \text{.....2.3}$$

$$\text{R.Q.} = \frac{18}{25.5} = 0.7$$

3) การหายใจที่ใช้กรดอินทรีย์เป็นสารเริ่มต้น ค่า RQ จะมากกว่า 1 (ดนัย บุณยเกียรติ, 2540) โดยทั่วไปแล้วค่า RQ ของผลิตผลสดทั่วไปจะมีค่าอยู่ประมาณ 0.7 ถึง 1.3 (Fonseca *et al.*, 2002) แต่ถ้ามีค่า RQ สูงมากๆแสดงว่าจะมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Saltveit, 2004)

ผักและผลไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจต่างกัน พบว่าอัตราการหายใจมีความสัมพันธ์กับลักษณะโครงสร้างทางพืชสวนของผลิตผล กล่าวคือผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่ออ่อนได้แก่ ยอดอ่อน ดอก เมล็ดอ่อน และพืชที่ยังไม่เจริญเต็มที่ ส่วนผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำจะมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหารได้แก่ ราก ลำต้นใต้ดิน หัว และผลิตผลที่แก่จัดเป็นต้น

อัตราการเสื่อมสลายของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการหายใจ นั่นคือผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงจะเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว และผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำก็จะเสื่อมคุณภาพช้าและสามารถเก็บในสภาพสดได้นานกว่า (Deshpande *et al.*, 2002) และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นอัตราการหายใจของผักและผลไม้สามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาหรือการวางตลาดของผักและผลไม้ชนิดนั้นๆได้

4) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการหายใจ

1) อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิที่เก็บรักษาผักและผลไม้เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นด้วย ส่วนการลดอุณหภูมิที่เก็บรักษานอกจากจะลดอัตราการหายใจของผลิตผลแล้วยังช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการหายใจด้วย โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 2-3 เท่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส เรียกการเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ว่า Temperature Quotient หรือ Q10 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบอัตราของปฏิกิริยาเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป 10 องศาเซลเซียส ค่า Q10 สำหรับการหายใจในช่วง 0 -20 องศาเซลเซียส จะมีค่าประมาณ 2 - 3 ส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่านั้นเช่น ที่ 30 -35 องศาเซลเซียส แม้ว่าอัตราการหายใจจะสูงขึ้นแต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการหายใจก็เพิ่มไม่มากนักทำให้ค่า Q10 ลดลง ค่า Q10 ทำให้เราสามารถคาดคะเนอัตราการเสื่อมสภาพของผลิตผลได้คร่าวๆ เช่นการทดลองของ Martinez-Sanchez และคณะ (2008) ที่ทำการทดลองกับผักตระกูลกระหล่ำโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 4 8 และ 12 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น จะพบว่าผักตระกูลกระหล่ำจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

2) ความบอบช้ำ พืชผลที่ได้รับความบอบช้ำจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น

3) การงอก เนื้อเยื่อที่กำลังมีการงอกหรือกำลังเริ่มเจริญเติบโตจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น

4) ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศปกติประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.3 การลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของบรรยากาศที่เก็บทำให้อัตราการหายใจของผักและผลไม้ลดลงได้ แต่อย่างไรก็ตามการปรับความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองต้องเหมาะสมจึงจะสามารถควบคุมอัตราการหายใจของผักและผลไม้ได้ เช่นในการทดลองของ Fonseca และคณะ (2005) ศึกษาการเก็บรักษาผัก Galega kale ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศซึ่งมีก๊าซออกซิเจนต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษา Galega kale ในสภาพดังกล่าวสามารถชะลออัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก ยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาในสภาพปกติ

5) เอทธิลีน เป็นก๊าซที่ผลิตออกมาจากเนื้อเยื่อพืชระหว่างสุก เอทธิลีน มีผลต่ออัตราการหายใจ โดยในผลไม้ที่มีช่วง climateric เอทธิลีน จะช่วยเร่งให้เกิด climateric เร็วขึ้น (เร่งการสุก) แต่ไม่ได้ทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้นสำหรับผักผลไม้ที่ไม่มีช่วง climateric เอทธิลีนสามารถทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นได้แต่ต้องใช้เอทธิลีนในปริมาณมาก

ตารางที่ 2.2 อัตราการหายใจของผักและผลไม้บางชนิด

ประเภทของอัตราการหายใจ	อัตราการหายใจสูงที่สุดที่ 25 °C ($mgCO_2/kg.hr$)	ชนิดของผลิตผล
ต่ำมาก	< 5	เมล็ดมะม่วงหิมพานต์
ต่ำ	5 -20	ส้ม กะหล่ำปลี หอมหัวใหญ่
ปานกลาง	20 - 100	มังคุด มะละกอ ผักกาดขาวปลี มะเขือยาว
สูง	100 -200	น้อยหน่า ผักบุ้งจีน ผักคะน้า หน่อไม้ฝรั่ง
สูงมาก	> 200	ทุเรียน ข้าวโพดฝักอ่อน ถั่วฝักยาว เห็ด

ที่มา : ดัดแปลงจาก จริงแท้ ศิริพานิช (2541)

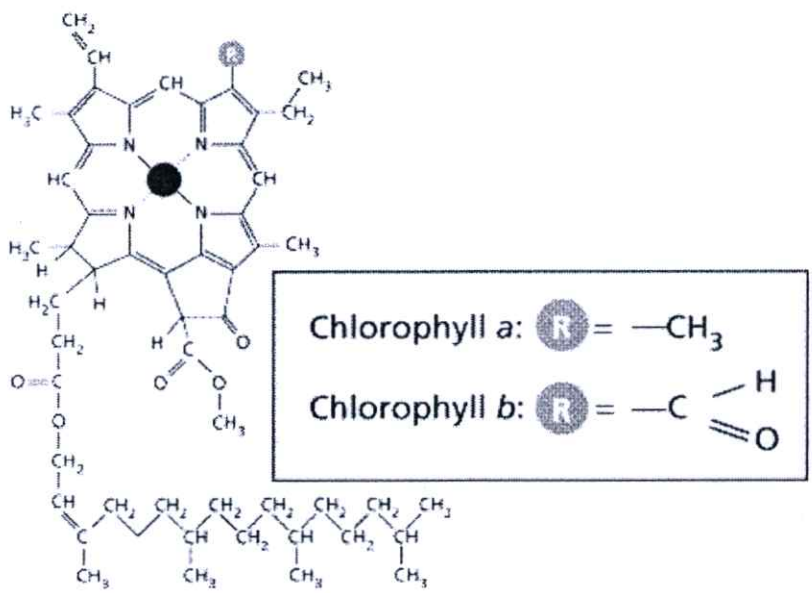
2.2.3 การเปลี่ยนแปลงของสี

การสูญเสียสีเขียวและเกิดสีเหลืองของใบและส่วนต่างๆ ของผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมานั้นจะบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของผลิตผลซึ่งจะต้องป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผักสดชนิดต่างๆ เนื่องจากเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) ซึ่งการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของผักใบเป็นลักษณะการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่สังเกตเห็นได้ง่ายที่สุด ซึ่งเป็นผล

จากการสลายของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ ทำให้เห็นรงควัตถุแคโรทีนอยด์ได้ชัดเจนจึงเห็นมีสีเหลืองเกิดขึ้น

1) รงควัตถุคลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) คลอโรฟิลล์มีหลายชนิดได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี ซึ่งคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดมีโครงสร้างและคุณสมบัติแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดูดแสงช่วงคลื่นต่างๆ ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดต่างกันด้วย ในพืชชั้นสูง จะพบคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี โดยทั่วไปพบในอัตราส่วน 3:1 คลอโรฟิลล์จะไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลาย เช่น แอลกอฮอล์ อะซีโตน และอีเธอร์ เป็นต้น โครงสร้างทางโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ประกอบด้วย ส่วนหัวที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสง ส่วนนี้มีโครงสร้างเป็นไพโรลแบบวงแหวน 4 วง (tetrapyrole rings) แต่ละวงมีไนโตรเจนเป็นหลัก เกาะล้อมรอบแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เกิดสีและมีส่วนหาง (phytol chain) ที่เป็นไฮโดรคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาว (ภูวนาท ฟักเกตุ, 2545)



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของคลอโรฟิลล์

ที่มา : Salibury และ Ross (1992)

2) การสลายตัวของคลอโรฟิลล์และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ถูกสร้างและย่อยสลายตัวอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะในระหว่างการเสื่อมสภาพ (senescence) โดยการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะเกิดขึ้นมากกว่าจึงทำให้คลอโรฟิลล์หมดไป ซึ่งกลไกการสลายตัวนี้ยังไม่ทราบแน่ชัดแต่อาจจะเกิดจากสภาพที่เป็นกรดทำให้อะตอมของแมกนีเซียมหลุดออกไปจากส่วนหัวของโมเลกุลได้สารฟีโอไฟติน(pheophytin) ซึ่งยังคงมีสี

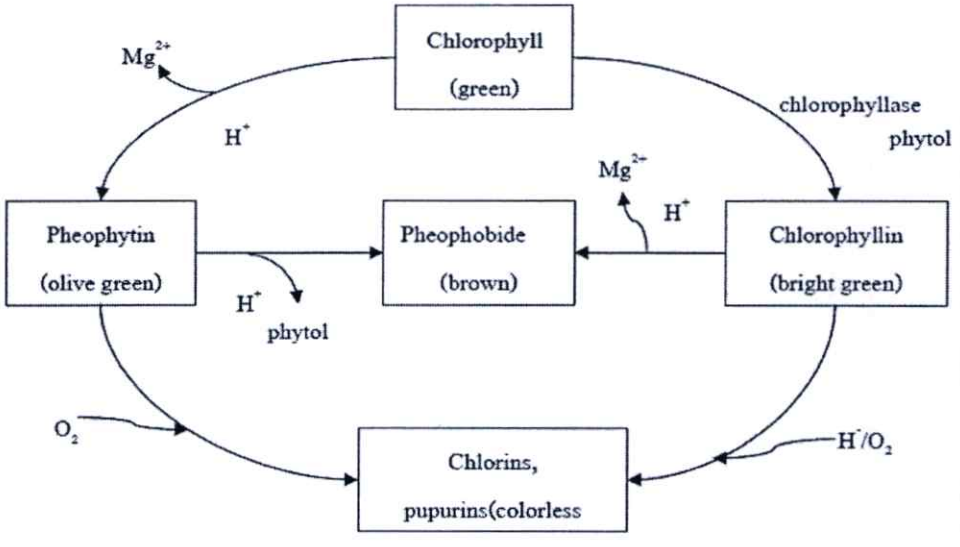
เขียวอยู่ และการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้จะแยกส่วนหัวและส่วนหาง ของโมเลกุลออกจากกันแต่ผลที่ได้ยังคงมีสีเขียวอยู่ โดยสีเขียวของคลอโรฟิลล์จะหมดไปก็ต่อเมื่อ พันธะคู่ในวงแหวนพอไฟริน(porphyrin)ถูกทำลาย ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นโดยการออกซิไดซ์ด้วย ออกซิเจน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) กลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์อาจเกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ดังต่อไปนี้ เพียงปฏิกิริยาเดียวหรือร่วมกันคือ

1. การแทนที่ของไฮโดรเจนอะตอม ตรงแมกนีเซียมอะตอมเกิดโมเลกุลของฟีโอไฟติน

2. การทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส โดยการแยกส่วนหัวและส่วนหางของโมเลกุลออก จากกัน (ดังสมการ 2.4) จากนั้นไฮโดรเจนอะตอมจะเข้าไปแทนที่แมกนีเซียมอะตอมเกิดเป็น โมเลกุลของฟีโอไฟติน

$$\text{chlorophyll} + H_2O \xrightarrow{\text{chlorophyllase}} \text{chlorophyllide} + \text{phytol} \quad \ldots\ldots 2.4$$

3. เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ทำให้ได้ สารประกอบที่ปราศจากสี กระบวนการเสื่อมสลายคลอโรฟิลล์รูปแบบต่างๆ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กระบวนการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์รูปแบบต่างๆ

ที่มา : Wills *et al.* (1998)

การป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ทำได้โดยการลดอุณหภูมิผลผลิตลง และการเก็บรักษา ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำจะสามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ด้วย นอกจากนั้นแสงสว่างช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์โดยเฉพาะในผักใบเขียวเพราะยังคงมีการ

สังเคราะห์คลอโรฟิลล์ทดแทน ในผักผลไม้มักจะมีแคโรทีนอยด์และแซนโทฟิลล์ เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยแต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ แต่เมื่อผักและผลไม้เข้าสู่การเสื่อมสภาพ (senescence) คลอโรฟิลล์สลายตัวไป สีของแคโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) เช่นในการทดลองของ Ferrante และ Maggiore (2007) ทำการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ Valeriana ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีการลดลงของคลอโรฟิลล์ เอ และ บีมากกว่า ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3) รงควัตถุแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) ประกอบด้วย หน่วยไอโซปรีน (isoprene units) 5 หน่วย ประกอบกันด้วยพันธะคู่ (conjugated double bonds) ซึ่งจะต่างกันเป็นเป็นสายโพลีอีน (polyenes) แคโรทีนอยด์ละลายในไขมัน และสารละลายไขมัน เช่น อะซีโตน แอลกอฮอล์ หรือไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์ จะอยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ในคลอโรพลาสต์ แต่ในเซลล์ดอก ผล และหัวแครอทจะพบอยู่ในเม็ดสีโครโมพลาสต์ (chromoplast) ซึ่งเป็นพลาสติดที่บรรจุเฉพาะ แคโรทีนอยด์เท่านั้นให้สีเหลือง ส้ม แดง และน้ำตาล แคโรทีนอยด์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. แคโรทีน เป็นสายไฮโดรคาร์บอน ($C_{40}H_{56}$) มีหลายชนิด เช่น แอลฟาแคโรทีน (α-carotenes) เบต้าแคโรทีน (β-carotenes) และไลโคปีน (lycopene) เป็นต้น

2. แซนโทฟิลล์ เป็นอนุพันธ์ของแคโรทีนอยด์ โดยมีหมู่ไฮดรอกซีอยู่ที่ส่วนปลายของวงแหวน เช่น ลูทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) และไวโอลาแซนทีน (violaxanthin) เป็นต้น

ปริมาณแคโรทีนอยด์ในผักและผลจะไม้ค่อนข้างคงที่ แม้ว่าแคโรทีนอยด์จะเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว แต่แคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติค่อนข้างเสถียรในเซลล์ของผลิตผลภายใต้สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538)

2.2.4 การเน่าเสีย (Pathological Breakdown)

อาการเสียหายเด่นชัดและพบเสมอคือ การเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์และเชื้อรา การเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่มักเข้าทางบาดแผล เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อที่ไม่มีความรุนแรงมากนัก ดังนั้นจึงสามารถเข้าทำลายภายหลังจากที่ผลิตผลเกิดความเสียหายทางกายภาพหรือเกิดบาดแผล ผลิตผลโดยทั่วไปมักมีความต้านทานต่อเชื้อเหล่านี้อยู่ตลอดช่วงของอายุ แต่สำหรับพืชบางชนิด หรือบางพันธุ์ เมื่อถึงระยะสุกจะมีผลทำให้ความต้านทานที่มีอยู่ลดน้อยลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขององค์ประกอบทางเคมีหลายชนิดในระยะนี้ นอกจากนี้ความผิดปกติทางสรีรวิทยาและความเสียหายทางกายภาพก็มีผลทำให้ความต้านทานที่มีต่อโรคลดลงเช่นกัน

2.2.5 การนิ่ม

การนิ่มของผลิตผลเกิดจากการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ โดยเกิดเมื่อผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลง ผนังเซลล์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ตัวเชื่อมผนังระหว่างเซลล์ (middle lamella) ผนังเซลล์ชั้นที่ 1 (primary cell wall) และผนังเซลล์ชั้นที่ 2 (secondary cell wall) โดยมีตัวเชื่อมระหว่างผนังเซลล์ คือ สารเพคติน (pectin) ในระหว่างการสุก สารเพคตินจะถูกเปลี่ยนรูปจากรูปที่ไม่ละลายน้ำ เป็นรูปละลายน้ำได้ โดยการทำงานของเอนไซม์ เพคตินเมธิลเอสเทอเรส และโพลีกาแลคตูโรเนส (Sila *et al.*, 2008) ทำให้ผนังเซลล์เริ่มเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ และหลุดออกจากกัน เป็นผลให้เนื้อเยื่ออ่อนตัวและผลิตผลนิ่ม (เชน รอดศิริ และ ต่อวุฒิ จำมั่น, มปป.) เช่นในการทดลองของ Rizzo และ Muratore (2008) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคื่นช่ายมีแนวโน้มการอ่อนตัวลงของเนื้อสัมผัส

2.3 ผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (Minimally processed fruits and vegetables)

ผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น หมายถึงผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การล้างทำความสะอาด การตัดแต่ง หรือการหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เป็นต้น จากนั้นจึงนำไปบรรจุในภาชนะและเก็บรักษาไว้ในอุณหูมิต่ำ โดยยังคงอยู่ในสภาพสด พร้อมบริโภคหรือปรุงอาหาร ซึ่งการแปรรูปในลักษณะนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและการเน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ ซึ่งจะตรงข้ามกับการแปรรูปโดยทั่วไป (เจนจิรา เจริญยิ่ง, 2544) นอกจากนั้นผักและผลไม้ตัดแต่งยังเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ยังคงกิจกรรมการมีชีวิตหรือมีปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์เหมือนกับผักและผลไม้สดทั่วไป เช่น มีการหายใจอยู่ตลอดเวลา จึงยังคงมีกระบวนการสุกตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของเนื้อเยื่อในทางเสื่อมคุณภาพ เช่น การนิ่มขึ้นของเนื้อผลไม้ สีของผักที่เปลี่ยนแปลงไปหรือเนื้อผลไม้ที่ซีดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ เป็นต้น อย่างไรก็ตามขั้นตอนในกระบวนการตัดแต่ง เช่น การปอกเปลือก การเจาะแกนตัดแต่งและการหั่นเป็นชิ้น มีผลทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความเสียหาย ซึ่งจะไปเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ของเซลล์ส่งผลให้เนื้อผลไม้ตัดแต่งเน่าเสียเร็วขึ้น นอกจากนี้อัตราการหายใจที่สูงขึ้นของเนื้อเยื่อที่ได้รับความเสียหายจะไปเร่งการสูญเสียน้ำของเนื้อเยื่อซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียความกรอบอันเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญอันหนึ่งของผักและผลไม้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการไม่ยอมรับในผลิตผลของผู้บริโภค

2.4 การยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

2.4.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะช่วยให้กระบวนการต่าง ๆ ทางชีวภาพช้าลงและยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะไปยับยั้งการหายใจและกระบวนการแมตาบอลิซึมที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพ สามารถลดอัตราการหายใจ ชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส และลดการสูญเสียวิตามินซี (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) ตลอดจนลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกด้วย ซึ่งผลิตผลแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาต่างกัน ผักและผลไม้เขตร้อนมักมีอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงกว่าผักและผลไม้ในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาวตามลำดับซึ่ง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำ ให้ลดกิจกรรมและชะลอปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ โดยอัตราการหายใจของผักและผลไม้นั้นสามารถใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้แล้วการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยังสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากในสภาพอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งกิจกรรมต่างๆ ของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นอุณหภูมิต่ำจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคและคุณภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวได้ (สมพร สายกลิ่น, 2545) ซึ่งการที่ผลิตผลได้รับอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมนั้น จะส่งผลให้มีลักษณะที่ผิดปกติทางสรีระวิทยาได้หลายแบบ เช่น

1) Freezing injury เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตผลนั้น อาการจะแสดงเมื่อนำผลิตผลนั้นกลับมาสู่อุณหภูมิปกติ ลักษณะที่พบคือ ฉ่ำน้ำ สีไม่สดใส เป็นต้น

2) Chilling injury หรืออาการสะท้านหนาว มักเกิดกับผลิตผลเมืองร้อนที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ (แต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง) โดยทั่วไปพบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 –15 องศาเซลเซียสแล้วแต่ชนิดของพืชผล อาการที่พบคือ สีที่เปลือกนอกและภายในเปลี่ยนแปลง เนื้อภายในบริเวณนั้นเกิดเป็นสีน้ำตาลดำ มีลักษณะฉ่ำน้ำ บ่มไม่สุก รสชาติผิดปกติ อ่อนแอจากการทำลายของจุลินทรีย์ อาจมีการหายใจและการสร้างก๊าซเอทธิลีนเพิ่มขึ้นด้วย อาการผิดปกติเหล่านี้แสดงออกเมื่อนำผลิตผลออกจากห้องเย็นและปล่อยให้กลับสู่อุณหภูมิปกติ สันนิษฐานว่าสาเหตุเนื่องมาจากองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือเยื่อหุ้ม ออแกเนลล์บางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ภายในเซลล์ ส่งผลใหเซลล์ตายได้ในที่สุด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

3) Heat injury การได้รับแสงอาทิตย์ที่แรงเกินไปหรืออุณหภูมิที่สูงมาก จะทำให้ผิวมีสีซีด ผิวเกิดรอยไหม้ หรือลวก สุกไม่สม่ำเสมอ อ่อนนิ่ม ผิวแห้ง เป็นต้น

2.4.2 การบรรจุในภาชนะ

ผลิตผลที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นมักจะบรรจุลงในภาชนะ เนื่องจาการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมจะช่วยรักษาคุณภาพของผลผลิตให้คงอยู่ได้นานขึ้นเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ดีนั้นจะมีหน้าที่ช่วยป้องกันผักและผลไม้จากการปนเปื้อนจากภายนอกทั้งจากจุลินทรีย์และสิ่งสกปรก ช่วย

ให้การขนส่งทำได้อย่างสะดวก (Gorden, 1993) รวมทั้งป้องกันการสูญเสียน้ำ เนื่องจากผลิตผลที่อยู่ในภาชนะบรรจุจะมีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าที่ไม่ได้อยู่ในภาชนะบรรจุจึงทำให้คงความสดได้นานกว่า และช่วยป้องกันการเกิดรอยแผลจากการเสียดสี อีกทั้งช่วยดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค (นิธิยา และดนัย, 2548) ซึ่งฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดจะมีค่าการซึมผ่านของก๊าซแตกต่างกัน ฟิล์มบางชนิดเท่านั้นที่จะทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสม (Jacobsson *et al,* 2004) การเลือกชนิดของพลาสติกสำหรับการบรรจุผลิตผลแปรรูปเบื้องต้นจึงนับว่ามีความสำคัญมาก ซึ่งวัสดุที่ใช้ควรยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆมากพอที่จะทำให้การหายใจแบบใช้ออกซิเจนอยู่ในระดับต่ำสุดโดยไม่เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น ภาชนะบรรจุที่นิยมใช้บรรจุ เช่น ถาดโฟมห่อด้วยฟิล์มพลาสติกใส PVC หรือถุงพลาสติกใสที่ทำมาจากโพลิเอธิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene หรือ LDPE) พลาสติกชนิดนี้จะมีความนิ่มและยืดหยุ่นสูงดูดซึมน้ำได้ต่ำมากและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีและมีราคาถูก (เบญจมาศ กรส่งแก้ว, 2549) อีกชนิดที่นิยมใช้คือ ถุงพลาสติกที่ทำมาจากโพลิโพพิลีน (PP) ซึ่งจะมีความใสและยอมให้อากาศและน้ำผ่านได้ดีกว่า (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

2.4.3 การเก็บรักษาภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ

การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศเป็นวิธีการเก็บรักษาในสภาพที่มีความความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนต่ำและ/หรือมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ ทำให้ชะลออัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอธิลีน ตลอดจนยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี กระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพ (Deshpande *et al.,* 2002) นอกจากนี้ยังลดความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาว และลดการเสื่อมสลายของเนื้อสัมผัสของผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (Ragaert *et al.,* 2007) รวมทั้งช่วยลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ (Jayas and Jeyamkondan, 2002) ในการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศนี้ ปริมาณก๊าซชนิดต่างๆไม่สามารถควบคุมให้คงอยู่ได้ เพราะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆภายในผลิตผล สภาพดัดแปลงบรรยากาศสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การห่อด้วยฟิล์มพลาสติก การเก็บในถุงพลาสติก เป็นต้น สำหรับฟิล์มที่ใช้มีหลายชนิด ได้แก่ low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE) และ polyvinyl chloride (PVC) เป็นต้น ซึ่งฟิล์มแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การเลือกใช้ควรคำนึงถึง การหดตัว การยืดตัว การปิดผนึก ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้พลาสติกชนิดต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดสภาพดัดแปลงหรือเป็นการปรับสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษากับผักและผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้เก็บได้นานขึ้น เช่น Jacobsson และคณะ (2004) พบว่าการเก็บรักษาบร็อคโคลี่ในถุงพลาสติก low-density polyethylene (LDPE) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอธิลีนในสภาพปรับแต่งบรรยากาศนั้นช่วยให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของบร็อคโคลี่หลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ดีกว่าการใช้พลาสติก

polyvinyl chloride (PVC) และ Oriented polypropylene (OPP) และการทดลองของ Lu (2007) พบว่าการเก็บรักษาผักกวางตุ้งไต้หวันแปรรูปพร้อมบริโภคในถุงพลาสติก polyethylene (PE) ที่ปรับสภาพบรรยากาศ โดยเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับแบบที่ไม่ปรับสภาพบรรยากาศ พบว่าการเก็บรักษาในถุง PE ทั้งที่ปรับสภาพบรรยากาศและไม่ปรับสภาพนั้นมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาในถุง perforated oriented polypropylene (POPP)

การเก็บรักษาภายใต้สภาพดัดแปลงบรรยากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) Active modified atmosphere packaging

เป็นการดูดอากาศออกจากภาชนะบรรจุให้เป็นสุญญากาศและไล่หรือแทนที่บรรยากาศในภาชนะบรรจุกลับเข้าไปด้วยก๊าซผสมที่ต้องการ ข้อดีคือได้ปริมาณก๊าซผสมที่ต้องการรวดเร็ว โดยภายในภาชนะบรรจุอาจใส่สารดูดซับและดูดซึมเพื่อลดปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เอทิลีน และความชื้น โดยการเพิ่มตัวดูดซับเอทิลีนเพื่อชะลอการกระตุ้นการหายใจในผลไม้บางชนิด ส่วนตัวดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไปจนอาจถึงระดับที่ก่อให้เกิดอันตราย หรือเป็นการสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการสำหรับผักและผลไม้สด อาจได้จากการพ่นก๊าซที่ต้องการตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้เข้าไปในห้องเย็นหรือภาชนะบรรจุ หรืออาจได้จากการใช้สารเคมีที่ให้ก๊าซที่ต้องการหรือดูดซับก๊าซที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์

2) Passive modified atmosphere packaging

สภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบนี้จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปภายในภาชนะบรรจุที่ปิดผนึกจนถึงสมดุลเป็นความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการหายใจของผลิตผลที่มีความเหมาะสมกับการซึมผ่านก๊าซของฟิล์มที่เป็นภาชนะบรรจุโดยมีการใช้ก๊าซออกซิเจนและมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของผลิตผล (Gorris and Tauscher, 1999) นอกจากนี้สภาพบรรยากาศที่ต้องการให้เกิดขึ้นนั้นต้องไม่เกิดอันตรายหรืออาการผิดปกติเนื่องจากการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป (มากกว่าร้อยละ 20) หรือจากการได้รับก๊าซออกซิเจนน้อยเกินไป (น้อยกว่าร้อยละ1) ซึ่งอาจก่อให้เกิดความผิดปกติทางสรีระวิทยาได้เช่นกัน หรือเป็นการสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการภายในภาชนะบรรจุ โดยการเลือกฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหมาะสมกับอัตราการหายใจของพืช ณ อุณหภูมิที่เก็บรักษาโดยพืชจะใช้ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะทำให้ความเข้มข้นลดลง จึงเกิดแรงขับดันให้ก๊าซออกซิเจนภายนอกซึมผ่านฟิล์มเข้าไปในภาชนะบรรจุ ขณะเดียวกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจของพืชจะเกิดการสะสมภายในภาชนะบรรจุ ณ สมดุลความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองนี้จะคงที่และถูกกำหนดโดยค่าอัตราการซึมผ่านฟิล์มของก๊าซทั้งสองและอัตราการหายใจของพืช ซึ่งฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2537; สมพร สายกลิ่น, 2545)

ซึ่งการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงก็มีโทษเช่นกัน โดยการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงนั้นส่วนมากได้รับการทดสอบแล้วว่าปลอดภัยต่อผลิตผล สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่สำหรับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ไม่ได้ควบคุมให้มีองค์ประกอบต่างๆคงที่นั้น บางครั้งจะมีปริมาณก๊าซต่างๆสูงหรือต่ำจนเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดอาการผิดปกติ คือ ผิวของผลิตผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ายถูกน้ำร้อนลวก มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติไป และนอกจากนั้นผลิตผลแต่ละชนิดยังทนต่อสภาพบรรยากาศดัดแปลง ไม่ว่าจะเป็นปริมาณ ก๊าซออกซิเจนที่ต่ำเกินไปหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไปได้ไม่เท่ากัน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

ตารางที่ 2.3 การเก็บรักษาในสภาพในบรรยากาศดัดแปลงหรือบรรยากาศควบคุมสำหรับผักและผลไม้บางชนิด ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 -95%

ชนิดผลิตผล	อุณหภูมิ (°C)	สภาพบรรยากาศ	
		O_2(%)	CO_2(%)
กระเจี๊ยบเขียว	8 -12	3 -5	0
กะหล่ำดอก	0 - 5	2 -3	3 -5
บร๊อคโคลี่	0 - 5	1 -12	5 -10
ผักกาดหอมห่อ	0 - 5	1 -3	0
มะม่วง	10 - 15	3 -5	5 -10
มะละกอ	10 - 15	3 -5	5 -10
สับปะรด	8 - 13	2 -5	5 -10

ที่มา : ดัดแปลงจาก จริงแท้ ศิริพานิช (2541)

2.4.4 การใช้สารเคมี

ผักและผลไม้สดตัดแต่งหรือแปรรูปเบื้องต้นนั้นมีโอกาสที่จะปนเปื้อนจุลินทรีย์สูง ซึ่งการควบคุมเพียงแค่สภาวะแวดล้อมเท่านั้นยังคงไม่เพียงพอต่อการยืดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการเน่าเสียจากการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ยังเกิดขึ้นอยู่ ดังนั้นจึงได้มีการใช้สารเคมีในการล้างทำความสะอาดเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิดก่อนทำการเก็บรักษา (Vanderkinderen *et al.*, 2008) เช่น การใช้สารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก หรือกรดเปอร์อะซิติก (Peroxyacetic acid หรือ peracetic acid) ล้างทำความสะอาด ซึ่งสารชนิดนี้เป็นสารละลายผสมร่วมกันระหว่างกรดอะซิติก (CH_3COOH) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในน้ำ (Wang *et al.*, 2007) ดังภาพที่ 2.4

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีลักษณะเป็นสารละลายใส มีกลิ่นเหมือนกรดอะซิติก เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อ สามารถใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ 0 – 40 องศาเซลเซียส และที่พีเอช 3.0 – 7.5 โดยสามารถใช้ในระบบการล้างแบบ CIP และ สามารถใช้กับน้ำกระด้างได้ ซึ่งองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้ยอมรับให้ใช้เป็นสารทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ โดยความเข้มข้นในน้ำที่จะใช้ในการทำความสะอาดไม่มากกว่า 80 ppm นอกจากนั้น Martinez-Sanchez และคณะ (2006) พบว่าการใช้กรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่ความเข้มข้น 300 mg/L ล้างร็อกเก็ตสลัด มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้แทนการล้างด้วยคลอรีนได้โดยคงคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดี รวมทั้งสามารถลดจำนวนและควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกโคลิฟอร์มได้ดี และโดยมีความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น



ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาการเกิดสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก

ที่มา: www.en.wikipedia.org

105092

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

- ผักชีฝรั่ง จากตลาดสดหัวตะเข้ ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- ผักกระเฉด จากตลาดสดหัวตะเข้ ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ความหนา 0.08 mm.
- ถุงพลาสติกชนิด Low Density Polyethylene (LDPE 1) ความหนา 0.08 mm.
- ถุงพลาสติกชนิด Low Density Polyethylene (LDPE 2) ความหนา 0.20 mm.

  ถุงพลาสติก PP LDPE 1 และ LDPE 2 ขนาด 18 x 12 นิ้ว
- ฟิลม์ถนอมอาหารชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride) ความหนา 12 μm
- ตะกร้าพลาสติก
- สก็อตเทปใส
- ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ (Incubator)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง Mettler Toledo
- เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ

  ก๊าซออกซิเจน (Checkpoint Handheld Gas Analyser) PBI-Dansensor America Inc.
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) TX-XT2i, England
- UV-VIS สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ SHIMADZU UV-1601, Japan

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- สารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก (POAA : peroxyacetic acid) Tsunami® 100

  Ecolab®, Thailand

- Acetone 99.5% RCI Labscan Ltd.

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.4. วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.4.1.1 เลือกผักชีฝรั่งที่มีลักษณะสดใบสีเขียวเข้มไม่เหี่ยวไม่มีรอยแมลงกัดกินและยังคงมีรากติดอยู่ส่วน ส่วนใบที่เสีย เหลือง เหี่ยวหรือฉีกขาดทำการตัดทิ้งด้วยกรรไกร จากนั้นนำมาล้างเศษดินและสิ่งสกปรกตามรากและใบออกให้หมด ตัดส่วนรากออกเล็กน้อย ล้างทำความสะอาดก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลอง

3.4.1.2 เลือกผักกระเฉดที่มีลักษณะสดใบสีเขียวเข้ม ไม่มีใบเหลือง และไม่มีรอยช้ำบริเวณก้านจากนั้นนำส่วนที่เป็นฟองน้ำสีขาวออก ทำการเลือกเฉพาะส่วนที่บริโภคโดยการวัดจากส่วนยอดลงมาประมาณ 2 ฟุต ส่วนเหนียวด้านปลายไม่นำมาใช้ จากนั้นตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2.5 นิ้ว นำผักกระเฉดที่เตรียมแล้วมาล้างทำความสะอาดก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลอง

3.4.2 ศึกษาชนิดของถุงพลาสติกและอุณหภูมิต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

นำตัวอย่างผักชีฝรั่งที่ได้จากข้อ 3.4.1.1 แบ่งผักที่จะทำการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 100 ± 5 กรัม นำไปสะเด็ดน้ำโดยทิ้งไว้ให้แห้งนานประมาณ 10 นาที ก่อนบรรจุถุงแล้วจึงปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึก (Seamer)

กลุ่มที่ 1 นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด PP

กลุ่มที่ 2 นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1

กลุ่มที่ 3 นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2

แต่ละกลุ่มนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติก โดยวัดผลทุกวันของการเก็บรักษา โดยใช้เครื่อง (Checkpoint Handheld Gas Analyser) ทำการวัดโดยใช้หัววัดเสียบเข้าไปภายในภาชนะบรรจุแล้วปล่อยให้เครื่องดูดก๊าซเพื่อทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 30 วินาที อ่านค่าที่ได้ในหน่วยร้อยละของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการทดลอง 2 ซ้ำวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบค่าและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.4.3 ศึกษาการใช้สารเคมีต่อลักษณะทางกายภาพของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

นำผักชีฝรั่งที่ได้จากการเตรียมตามข้อ 3.4.1.1 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ100 ± 5 กรัม

กลุ่มที่ 1 ล้างน้ำสะอาดใช้เป็นชุดควบคุม

กลุ่มที่ 2 แช่สารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นาน 1 นาที

หลังจากนั้นนำไปสะเด็ดน้ำโดยทิ้งไว้ให้แห้งนานประมาณ 10 นาที

บรรจุผักชีฝรั่งทั้ง 2 กลุ่มลงในถุงพลาสติก LDPE 2 ถุงละ 100 ± 5 กรัม ปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึก นำผักชีฝรั่งทั้ง 2 กลุ่มไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

สุ่มตัวอย่างตรวจและบันทึกผลการทดลองดังนี้

1. ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด

แยกผักชีฝรั่งออกมา 1 ชุด เพื่อใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการเก็บรักษา หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 3 วัน นำค่าที่บันทึกได้ตลอดการทดลองมาคำนวณดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผักชีฝรั่ง ดัดแปลงจาก (เบญจมาศ กรส่งแก้ว. 2549) ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพของผักโดยวิธีการให้ระดับคะแนน 5 ระดับ เมื่อผักที่นำมาทำการทดลองมีลักษณะเหี่ยวและใบเหลือง หรือเริ่มมีการเน่าเสีย ให้หยุดทำการทดลอง

3. วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ใช้วิธี ดัดแปลงจาก (Whitham *et.al.*, 1971)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in completely randomized design (CRD) ขนาด 2x2 โดยที่ปัจจัยที่ 1 คืออุณหภูมิ 2 ระดับ ที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 คือการล้าง 2 แบบ ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เปรียบเทียบค่าและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตรวจวัดผลการทดลองในวันที่ 0, 1, 5, 9, 12, 15 และ 18 ของการเก็บรักษา

3.4.4 ศึกษาชนิดของถุงพลาสติกและอุณหภูมิต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง

นำตัวอย่างผักกระเฉดที่ได้จากข้อ 3.4.1.2 แบ่งผักที่จะทำการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 100 ± 5 กรัม นำไปสะเด็ดน้ำโดยทิ้งไว้ให้แห้งนานประมาณ 10 นาที ก่อนบรรจุถุงแล้วจึงปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึก (Seamer)

กลุ่มที่ 1 นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด PP

กลุ่มที่ 2 นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE 1

กลุ่มที่ 3 นำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2

ในแต่ละกลุ่มนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ โดยวัดผลทุกวันของการเก็บรักษา ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน

และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงภายในถุง พลาสติกโดยใช้เครื่อง (Checkpoint Handheld Gas Analyser) ทำการวัดโดยใช้หัววัดเสียบเข้าไปภายในภาชนะบรรจุแล้วปล่อยให้เครื่องดูดก๊าซเพื่อทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 30 วินาที อ่านค่าที่ได้ในหน่วยร้อยละของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.4.5 ศึกษาการใช้สารเคมีต่อลักษณะทางกายภาพของผักกระเฉดตัดแต่ง

นำตัวอย่างผักกระเฉดที่ได้จากการเตรียมในข้อ 3.4.1 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ100 ± 5 กรัม

กลุ่มที่ 1 ล้างน้ำสะอาดใช้เป็นชุดควบคุม

กลุ่มที่ 2 แช่สารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นาน 1 นาที

นำไปสะเด็ดน้ำโดยทิ้งไว้ให้แห้งนานประมาณ 10 นาที ก่อนทำการบรรจุลงในถาดโฟมโดยใน 1 ถาดแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนยอด ส่วนกลางและส่วนปลาย หลังจากนั้นปิดด้วยฟิล์มยืด PVC นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

สุ่มตัวอย่างตรวจและบันทึกผลการทดลองดังนี้

1. ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด

แยกผักกระเฉดออกมา 1 ชุด เพื่อใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการเก็บรักษา หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุก 3 วัน นำค่าที่บันทึกได้ตลอดการทดลองมาคำนวณดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา} \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

2. ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผักกระเฉด

ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน โดยการให้ระดับคะแนน 5 ระดับ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ก 5

3. ตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

นำผักกระเฉดส่วนก้าน วัดค่าแรงเฉือนโดยใช้เครื่อง Texture analyzer TA-XT2i ใบหัววัดใบมีดแบบหน้าตัดเรียบ (HDP/WBR) ความเร็วในการตัด 5 มม. /วินาที บันทึกค่าสูงสุดของกราฟค่าแรงเฉือนที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in completely randomized design (CRD) ขนาด 2x2 โดยที่ปัจจัยที่ 1 คืออุณหภูมิ 2 ระดับ ที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 คือ การล้าง 2 แบบ การล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เปรียบเทียบค่าและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตรวจวัดผลการทดลองในวันที่ 0, 1, 2, 4, 7 และ 9 ของการเก็บรักษา

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

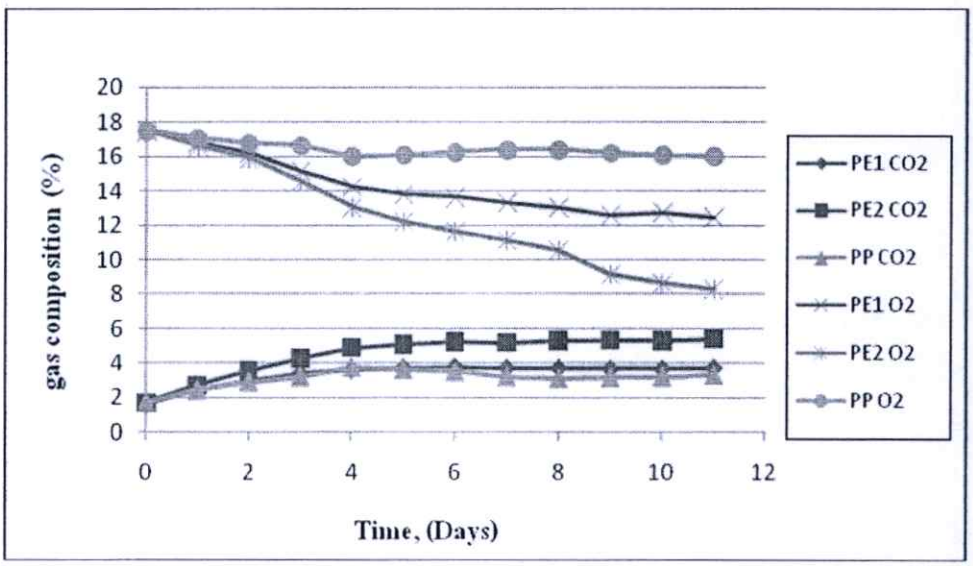
4.1.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

การทดลองเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดได้แก่ LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการเก็บรักษาดังนี้ พบว่าในทุกอุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงวันแรกจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เป็นผลจากการถูกนำไปใช้ในการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่ง โดยปริมาณของก๊าซออกซิเจนของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าในวันแรกที่ทำการเก็บรักษา จะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 16.75 - 17.50 ภายหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องลดลงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 12.20 - 16.10 ,10.40 - 16.05 ,8.70 – 15.00 และ 5.55 -14.50 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1 ถึง 4.4 และ ภาคผนวกที่ ข 1 ถึง ข 4) พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการลดลงของก๊าซออกซิเจนในถุงทั้ง 3 ชนิดน้อยที่สุด เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์ของผักสดยิ่งสูงมากขึ้น จะมีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนโดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Deshpande และคณะ (2002) ที่ทดลองเก็บรักษาอัลฟัลฟา (alfalfa) ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศในถุงพลาสติกโพลิเอธิลีน ที่อุณหภูมิ 8 และ 23 องศาเซลเซียส นงลักษณ์ พูลทอง (2542) ที่ทำการทดลองเก็บรักษาผักสดพร้อมบริโภคในถุงพลาสติก PVC และ LLDPE ที่อุณหภูมิต่างๆ และ วิษณุ นิยมเหลา (2542) ที่ทดลองเก็บรักษาข้าวโพดหวานในถุงพลาสติก PP และ PE ที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งพบว่าจะมีการใช้ก๊าซออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น สำหรับกรณีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงแรกของการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการที่ผักชีฝรั่งหายใจแล้วผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา สอดคล้องกับการทดลองของ Charles และคณะ (2008) ที่พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษา endives ในถุงพลาสติก OPP และ LDPE ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกเพิ่มขึ้นในช่วง 3-4 วันแรกของการเก็บรักษา (ดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.4) โดยที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งมีความแตกต่างของปริมาณก๊าซ

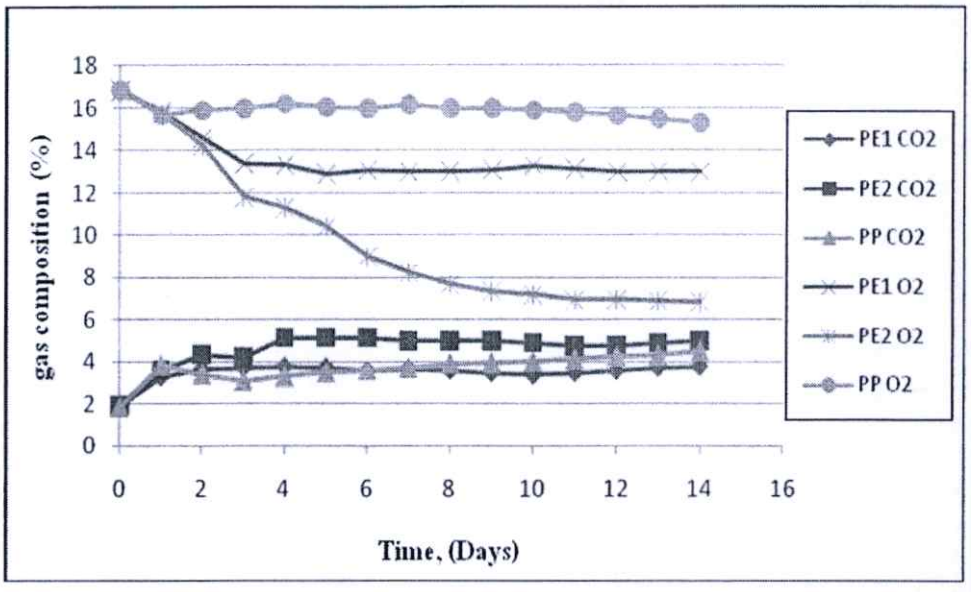
คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงในภาคผนวกที่ ข 23 ถึง ข 26

ในวันแรกของการเก็บรักษาปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 16.75 – 17.50 , 16.80 - 17.50 และ16.75 – 17.50 ตามลำดับ หลังจากทำการเก็บรักษา 6 วัน พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP จะลดลงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 11.15 -13.65 , 2.95 - 11.65 และ 14.15 - 16.25 ตามลำดับ

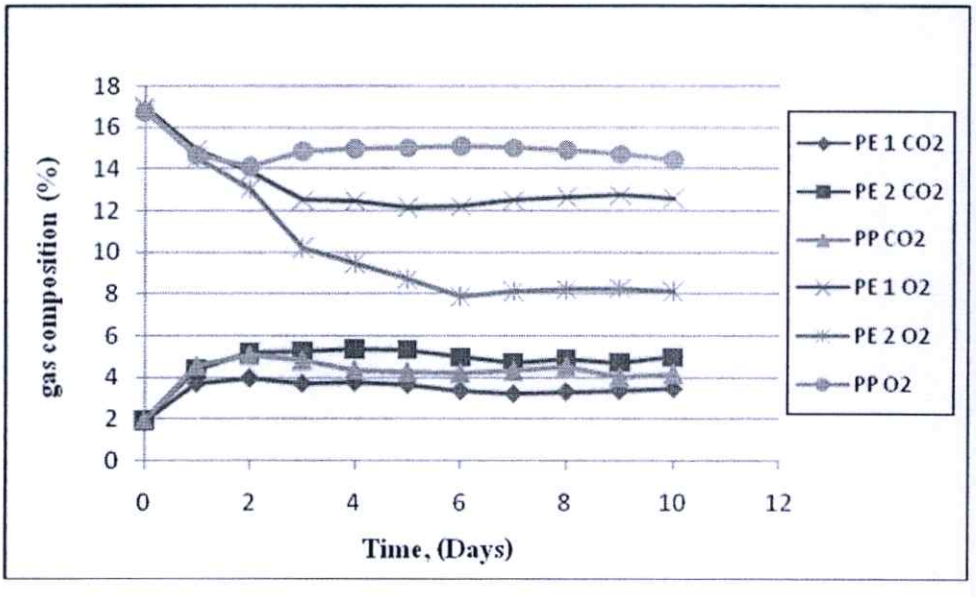
ผักชีฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE 2 จะมีการลดลงของก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เนื่องจากถุงพลาสติก LDPE 2 มีความหนามากที่สุด ทำให้ทำให้มีการเข้าออกของก๊าซทั้งสองชนิดต่ำ ทำให้เกิดสัดส่วนของก๊าซที่เหมาะสมภายในถุง โดยจะพบว่าการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุง LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีปริมาณก๊าซออกซิเจนร้อยละ 6.85 มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 โดยพบว่าเป็นสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสม เนื่องจากช่วยให้ผักมีอัตราการหายใจที่ต่ำลงและพบว่าผักยังคงมีลักษณะสดคงอยู่ได้นาน แต่การเก็บในถุงพลาสติก PP และ LDPE 1 จะมีการซึมผ่านของก๊าซมากเกินไปทำให้ปริมาณก๊าซในถุงไม่เหมาะสมในการเป็นสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่เหมาะสมกับผักชีฝรั่งตัดแต่ง สอดคล้องกับการทดลองของ Ballantyne และคณะ (1986) ที่พบว่าสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสลัดผักคือมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 – 6



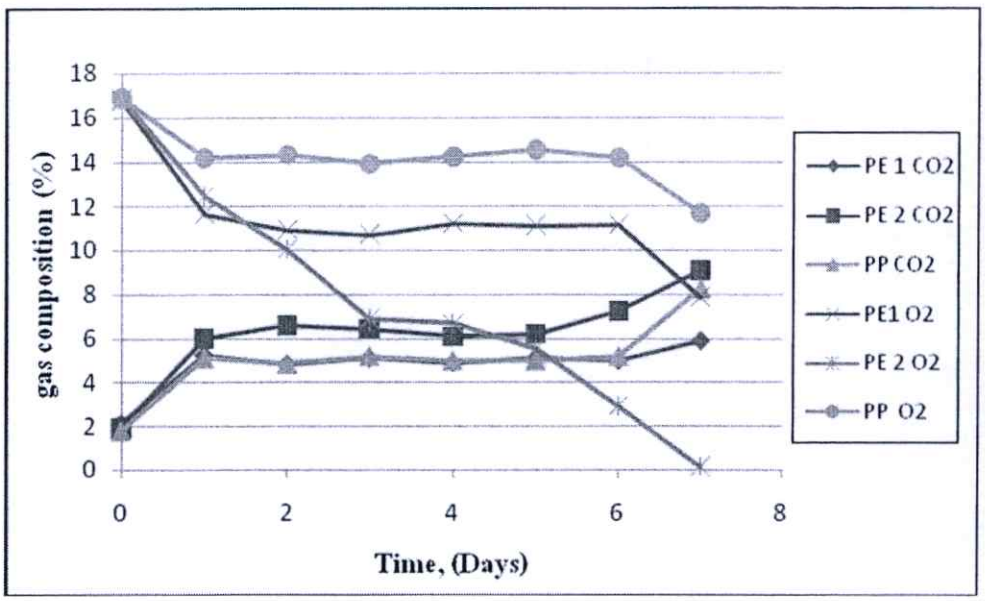
ภาพที่ 4.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.3 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.4 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE และ PP ที่บรรจุผักชีฝรั่งตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

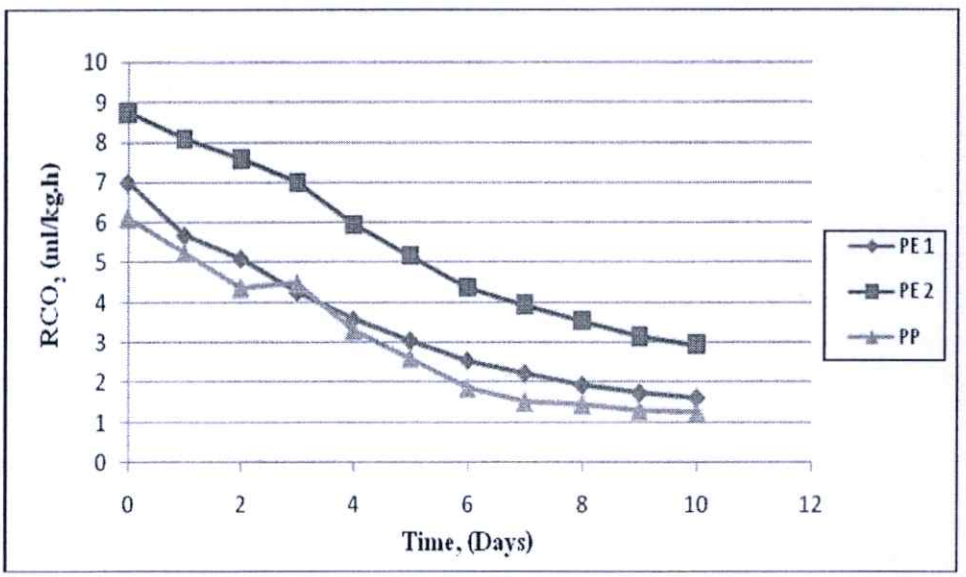
4.1.2 อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

จากการทดลองเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิระดับต่างๆ พบว่าอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ทุกการทดลองมีอัตราการหายใจลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา เนื่องจากผักชีฝรั่งตัดแต่งสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้ จนกระทั่งสามารถลดอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ผักชีฝรั่งตัดแต่งมีอัตราการหายใจลดลง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) พบว่าอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 7.00 8.75 และ 6.12 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับ (ภาพที่ 4.5 และภาคผนวกที่ ข 5) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 11.81 14.44 และ 17.50 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับ (ภาพที่ 4.6 และภาคผนวกที่ ข 5) ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 16.19 21.44 และ 22.75 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับ (ภาพที่ 4.7 และภาคผนวกที่ ข 6) และที่อุณหภูมิห้อง มีค่าเท่ากับ 27.12 35.87 และ 28.87 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8 และภาคผนวกที่ ข 6) จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งจะเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Bhande และคณะ (2008) ทำการทดลองโดยเก็บรักษากล้วยในสภาวะที่มีการหายใจแบบใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 10 15 20 25 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กล้วยจะมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด และการทดลองของ การทดลองของ ภูวนาท ฟักเกตุ (2545) พบว่าคะน้าฮ่องกงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำกว่า

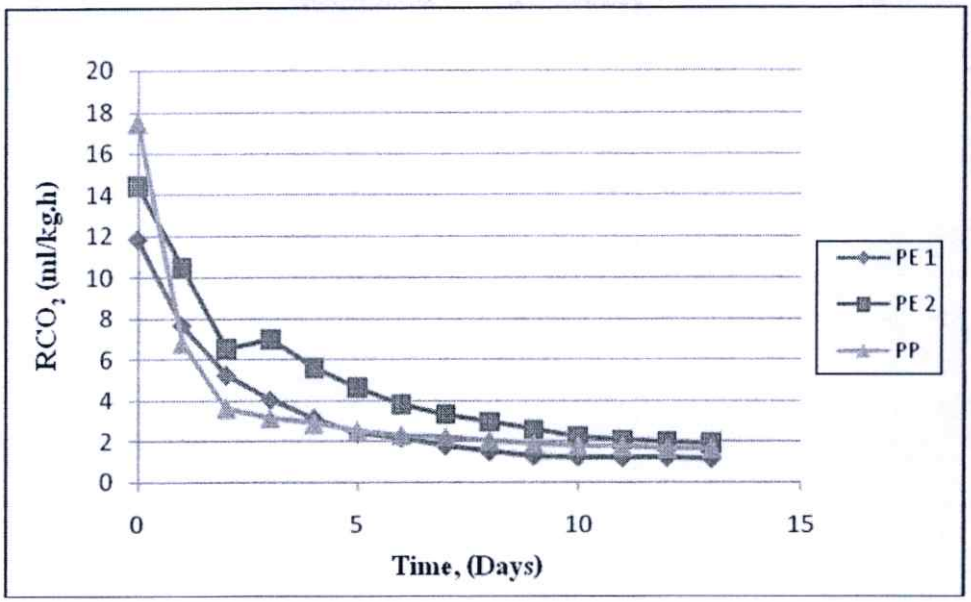
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และการทดลองของ ของ Ravindra และ Goswami (2008) พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาลดลงทำให้อัตราการหายใจของมะม่วงลดลง

จากการจะสังเกตจะพบว่าหลังจากวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งในถุงพลาสติก LDPE 2 จะมีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และลักษณะของผักยังคงความสดได้ดีที่สุด ซึ่งอัตราการหายใจนั้นมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับอายุการเก็บรักษาของผักสด เนื่องจากผักที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีการสูญเสียอาหารที่สะสมรวดเร็วและมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผักที่มีอัตราการหายใจต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่งนั้นมีความแตกต่างของอัตราการหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนที่อุณหภูมิ 10 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่งไม่มีความแตกต่างของอัตราการหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภาคผนวกที่ ข 27 ถึง ข 30

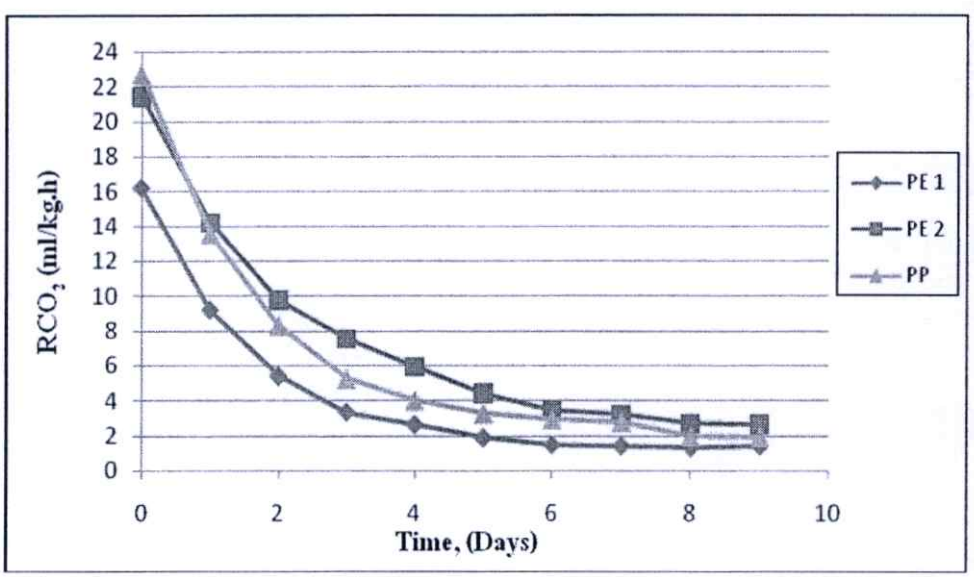
โดยทั่วไปการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพดัดแปลงบรรยากาศจะสามารถชะลออัตราการหายใจของผลิตผลได้ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการลดกิจกรรมของเอนไซม์ succinic dehydrogenase จึงทำให้การหายใจถูกยับยั้งในขั้นตอนไกลโคไลซิสและวัฏจักรเครบส์ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจต่ำลงอย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นและก๊าซออกซิเจนที่ลดลงไม่ควรสูงหรือต่ำเกินไป จนทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น เพราะจะทำให้เกิดกลิ่นและลักษณะที่ผิดปกติไป (สายชล เกตุษา, 2528)



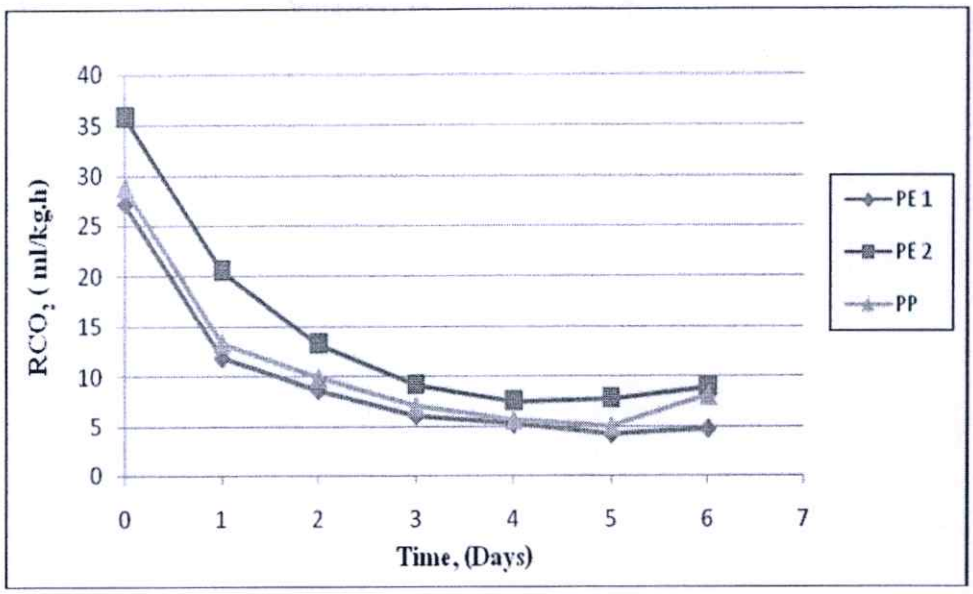
ภาพที่ 4.5 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.7 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.8 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.1.4 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

ในการทดลองสามารถหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่อปริมาณการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ทำการเก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP โดยจะใช้ผลการทดลองตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยใช้สมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius) เป็นสมการที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ ดังสมการที่ (4.1)

$$k = A*e^{-Ea/RT} \quad \text{.....(4.1)}$$

A: ค่าคงที่ (หน่วยเหมือน k)

E_a: พลังงาน ($J\ mol^{-1}$)

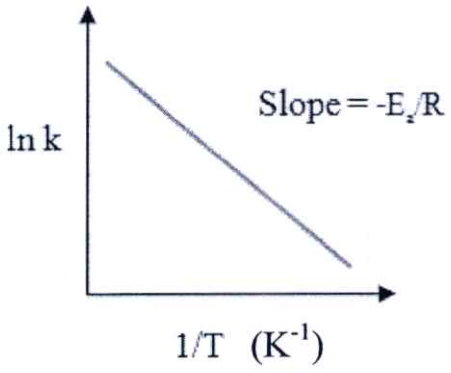
R: ค่าคงที่ของแก๊ส ($8.314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$)

T: อุณหภูมิ (K)

เขียนสมการให้อยู่ในรูปลอกกาลิทึมธรรมชาติ จะได้ดังสมการที่ (4.2)

$$\ln k = \ln A - E_a/RT \quad \text{.....(4.2)}$$

เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T จะได้กราฟเป็นเส้นตรง และมีค่าความชันเท่ากับ $-E_a/R$ และมีจุดตัดแกน ln y ที่จุด ln k = ln A



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T (K^{-1})

โดยเมื่อนำสมการมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งได้ดังสมการที่ (4.3)

$$RR = RR_o * e^{-Ea/RT} \quad \text{.....(4.3)}$$

เขียนสมการให้อยู่ในรูปลอกกาลิทึมธรรมชาติ จะได้ดังสมการที่ (4.4)

$$\ln RR = \ln RR_o - E_a/RT \quad \text{.....(4.4)}$$

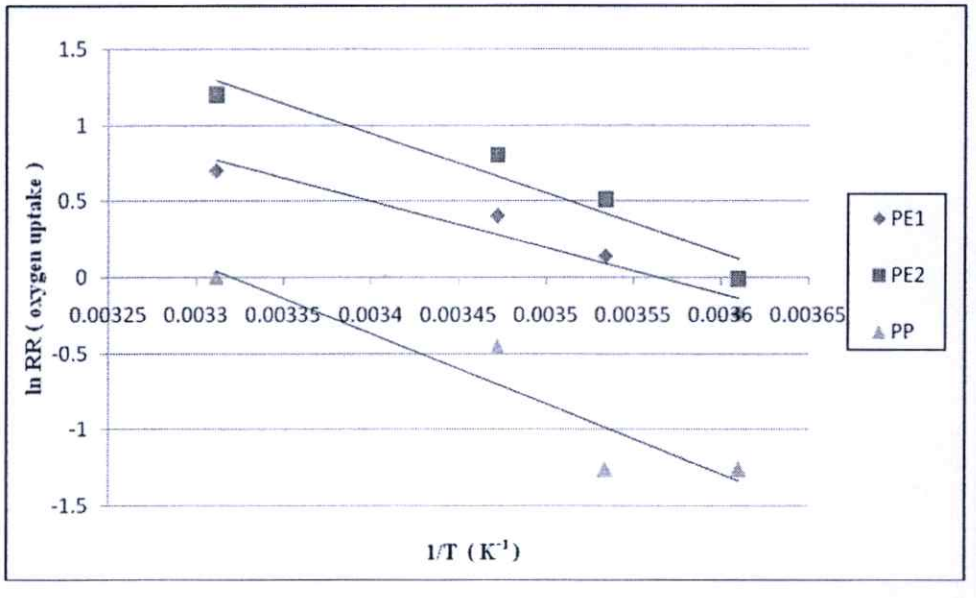
โดยถ้าเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln RR กับ 1/T (K^{-1}) จะได้กราฟเป็นเส้นตรง และมีค่าความชันเท่ากับ $-E_a/R$ และมีจุดตัดแกนที่จุด ln RR_o ซึ่งค่า ln RR_o เป็นค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนหรืออัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

จากการหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส โดยใช้ค่าจากการทดลองในวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP มีค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในรูปลอกกาลิทึมธรรมชาติเท่ากับ -2.44 -0.01 และ -1.26 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 0.14 0.52 และ -1.26 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส 0.45 0.80 และ - 0.46

ตามลำดับ และที่อุณหภูมิห้อง 0.70 1.20 และ 0.00 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.10 จะเห็นว่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่นำไปเก็บรักษาสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Guevara และคณะ (2006) ที่ทำการทดลองเก็บ prickly pear cactus ที่อุณหภูมิ 5 14 20 และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนมากที่สุด

พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก PP จะมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด โดยดูได้จากค่าความชัน (slope) มีค่าติดลบมากที่สุดเท่ากับ -4608 และ – 3211 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้นั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับของก๊าซออกซิเจน คือเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นผักชีฝรั่งตัดแต่งจะมีการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน

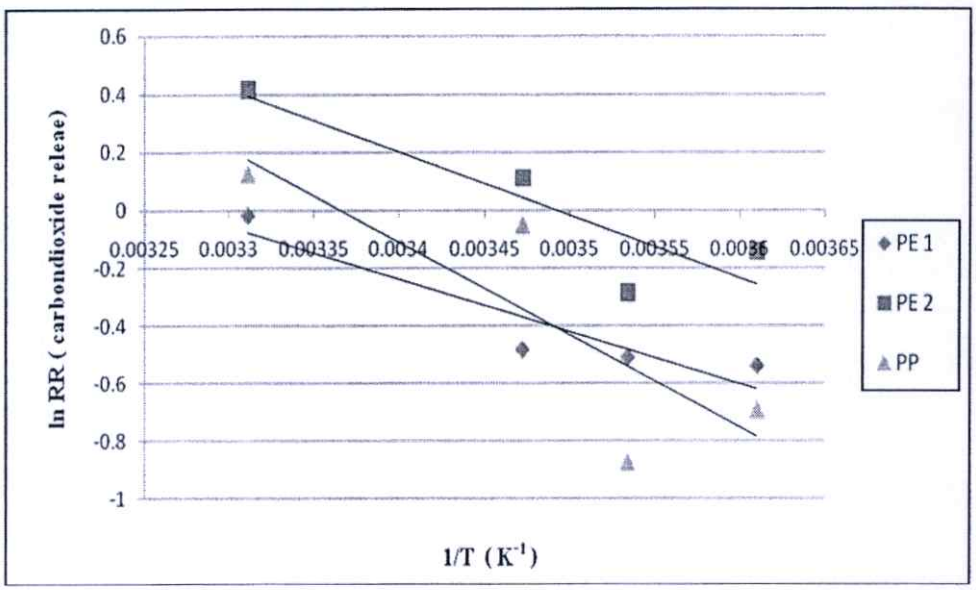
นอกจากนั้นการใช้สมการของอาร์เรเนียส สามารถใช้ทำนายแนวโน้มการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิต่างๆนอกจากที่ทำการทดลองได้ โดยถ้ามีความสัมพันธ์กันสูงจะมีค่า r^2 เท่ากับ 1หรือเกือนเท่ากับ 1 โดยถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 และ PP มีค่าแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงของการลดลงของก๊าซออกซิเจนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับ 0.93 0.93 และ 0.88 ตามลำดับ และการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.87 0.80 และ 0.71 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซออกซิเจนตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซออกซิเจนของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

Type of plastic	Arrhenius constants			
bags	Slope	Intercept	Ea (kJ/mole)	r^2
LDPE 1	-3050	10.87	25.36	0.93
LDPE 2	-3900	14.20	32.42	0.93
PP	-4608	15.30	38.31	0.88



ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

Type of plastic	Arrhenius constants			
bags	Slope	Intercept	Ea (kJ/mole)	r^2
LDPE 1	-1821	5.96	15.14	0.87
LDPE 2	-2180	7.616	18.12	0.80
PP	-3211	10.80	26.70	0.71

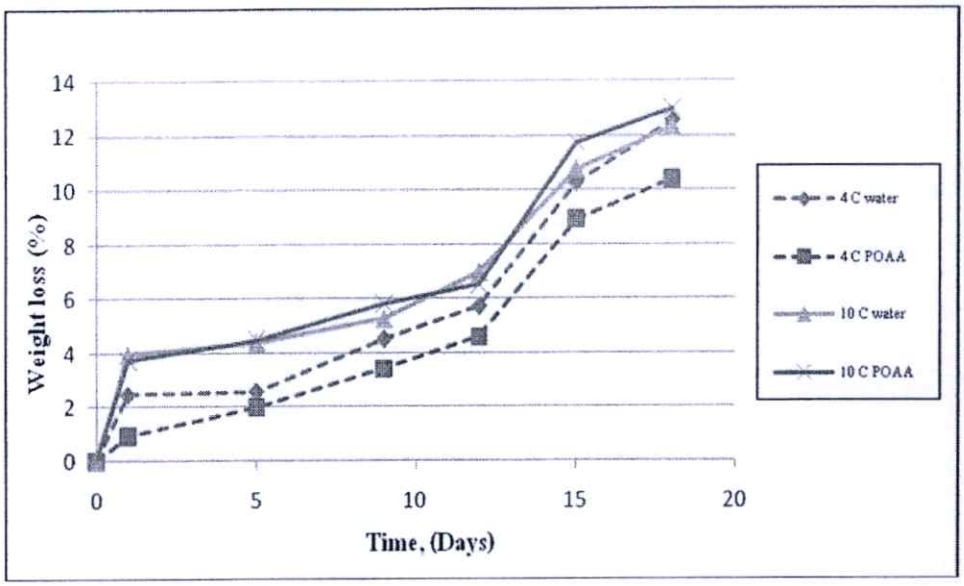
4.2 ลักษณะทางกายภาพและอายุการเก็บรักษาของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนักของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าผักชีฝรั่งตัดแต่งมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 4.12 และภาคผนวก ข 17) เนื่องจากผักชีฝรั่งเป็นผลิตผลสดต้องมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจ สอดคล้องกับการทดลองของภูวนาท ฟักเกตุ (2545) พบว่าคะน้าฮ่องกงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่าในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 5.73 และ 4.60 ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับร้อยละ 6.99 และ 6.56 ตามลำดับ ดังในภาพที่ 4.12 จะเห็นว่าผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทั้งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลเนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลิตผล (Maynard and Hochmuth, 1997) โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดเร็วขึ้นประมาณ 1 เท่า (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) ดังนั้นการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งที่อุณหภูมิต่ำจึงสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ สอดคล้องกับงานทดลองของ บุษบา และคณะ (2551) พบว่าใบมะกรูดหั่นฝอยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และการทดลองของ Sankat และ Maharaj (1996) พบว่าผักชีฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 17 และ 28 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าการสูญเสียน้ำหนักจะสัมพันธ์กับอัตราการหายใจของผักชีฝรั่ง เนื่องจากในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงผลิตผลจะมีอัตราการหายใจที่สูงทำให้มีการสูญเสียอาหารสะสม (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538)

ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาและการล้างด้วยน้ำเปล่าและการล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ถึงแม้จะมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภาคผนวกที่ ข 39 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ ชานนท์ และคณะ (2551) ซึ่งพบว่าการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ล้างด้วยน้ำเปล่ากับที่ล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกไม่มีความแตกต่างกันของการสูญเสียน้ำหนัก



ภาพที่ 4.12 การสูญเสียน้ำหนักของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 เป็นเวลา 18 วัน

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักชีฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงสีของผักชีฝรั่งตัดแต่งสามารถวัดได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบของผักชีฝรั่ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี

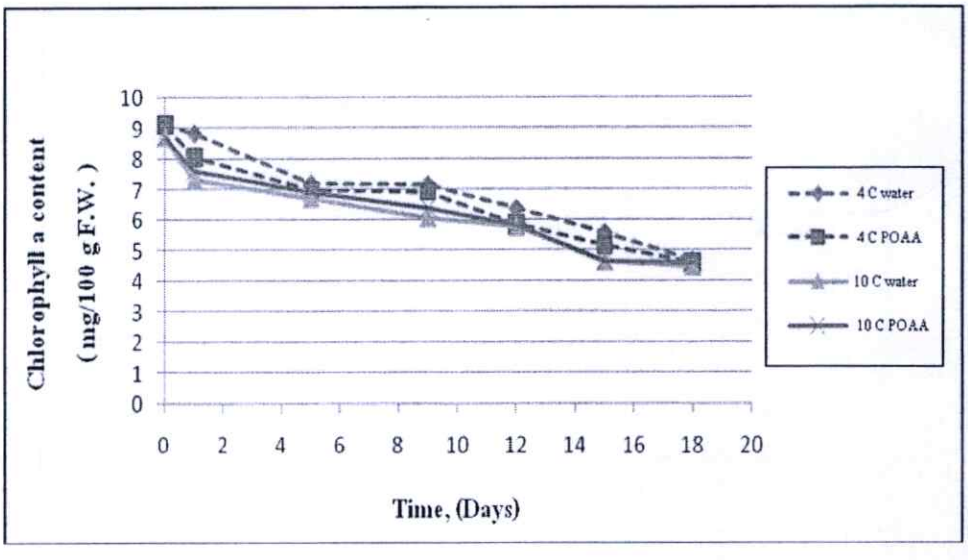
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี ในผักชีฝรั่งตัดแต่ง พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ทั้งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีแนวโน้มการสูญเสียคลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.13 และภาพที่ 4.14 ภาคผนวก ข 14 และ ข 15)

ในวันแรกของการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 9.13 และ 8.73 mg/100 g F.W. ตามลำดับ และในวันที่ 9 ของการเก็บรักษามีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีค่าเท่ากับ 7.16 และ 6.94 mg/100 g F.W. ตามลำดับ ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับ 6.08 และ 6.42 mg/100 g F.W. ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.13 พบว่าการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ เอ ดีกว่าที่อุณหภูมิ

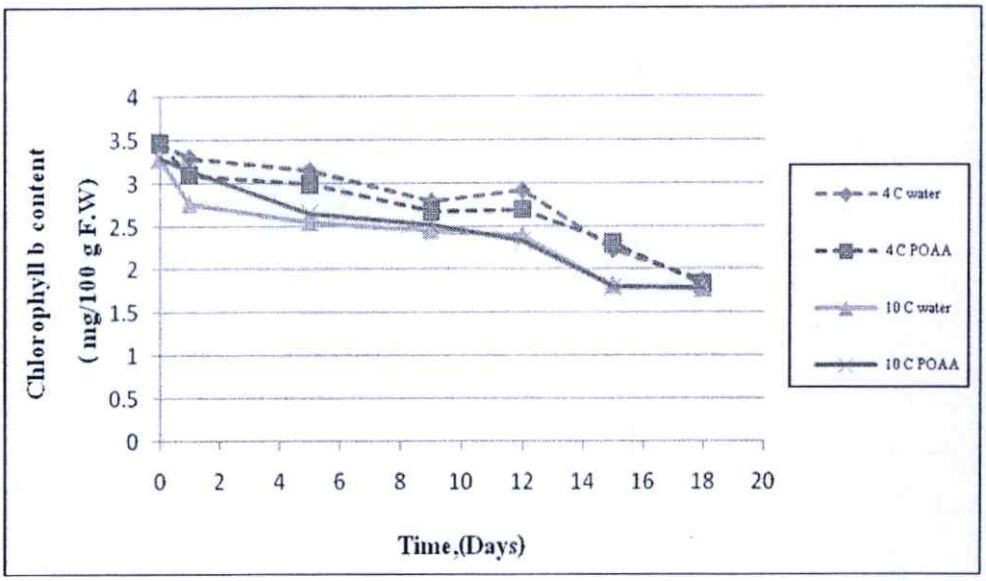
10 องศาเซลเซียส ซึ่งการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ นั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวกที่ ข 40

การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 3.47 และ 3.30 mg/100 g F.W. ตามลำดับ ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เท่ากับ 2.79 และ 2.68 mg/100 g F.W. ตามลำดับ ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บีเท่ากับ 2.46 และ 2.52 mg/100 g F.W. ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี นั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวกที่ ข 41 สอดคล้องกับการทดลองของ Ferrante และ Maggiore (2007) ที่ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ Valeriana ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีการลดลงของคลอโรฟิลล์ เอ และ บี มากกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ส่วนการล้างด้วยน้ำเปล่าและการล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก นั้นถึงแม้จะมีแนวโน้มในการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Martinez-Sanchez และคณะ (2006) ซึ่งพบว่าผัก Rocket leaves ที่ล้างด้วยน้ำเปล่า กับล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี เพียงเล็กน้อยเท่านั้น



ภาพที่ 4.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส



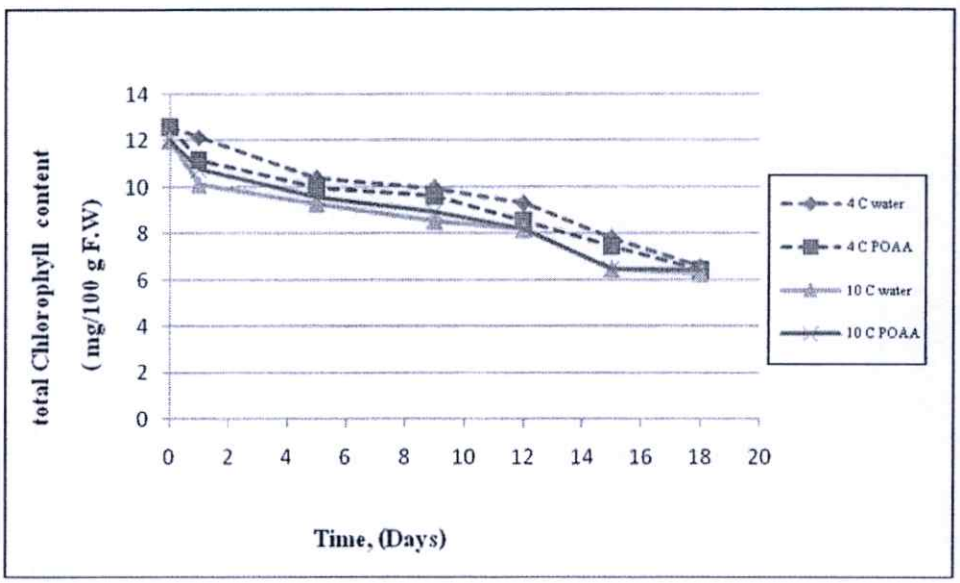
ภาพที่ 4.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ในผักชีฝรั่งตัดแต่งทุกการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ An *et al.,* (2006) ที่เก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งสีเขียวในถุงพลาสติก LDPE ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และ Albanese *et al.,* (2007) ที่เก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งสีเขียวใน semi-permeable film ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส พบว่าหน่อไม้ฝรั่งสีเขียวมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 12.60 และ 12.03 mg/100 g F.W. ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 9.95 และ9.62 mg/100 g F.W. ส่วนที่ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับ 8.54 และ 8.94 mg/100 g F.W. ดังในภาพที่ 4.15 และภาคผนวกที่ ข16 พบว่าผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีการลดลงของปริมาณ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการล้างผักชีฝรั่งตัดแต่งด้วยน้ำสะอาดและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวกที่ ข 42 สอดคล้องกับการทดลองของ Koukounaras และคณะ (2007) ที่พบว่า Rocket leaves ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีการลดลงของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศา

เซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาต่างๆให้เกิดเร็วขึ้นส่งผลให้เอนไซม์คลอโรฟิลเลสซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ (ภูวนาท ฟักเกตุ, 2545) มีกิจกรรมสูงขึ้น (สายชล เกตุษา, 2528) ทำให้ผักเปลี่ยนเป็นสีเหลองได้เร็ว ซึ่งผักที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์อยู่สูง ผักจะยังคงมีสีเขียวอยู่มากกว่าผักที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์อยู่น้อยกว่า

ผักชีฝรั่งตัดแต่งในทุกสภาวะการเก็บรักษาจะมีปริมาณคลอโรฟีลล์ ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง (pH) ในแวคิวโอล(vacuole) จากขบวนการออกซิเดชัน หรือโดยเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (Will *et al.*, 1981) โดยเมื่อคลอโรฟีลล์มีปริมาณลดลงจะทำให้รงควัตถุอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์ที่ถูกคลอโรฟิลล์บดบังไว้แสดงออกมาทำให้ใบผักชีฝรั่งเกิดสีเหลือง สอดคล้องกับการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อ ยงยุทธ ข้ามสี่ (2535) ที่อุณหภูมิต่ำทำ ให้ผลิตผลมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ชัยรักษ์ เลิศฤทธิพงษ์ (2525) รายงานว่าในการเก็บรักษาปวยเหล็งที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง



ภาพที่ 4.15 ปริมาณ total chlorophylls ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

4.2.3 อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

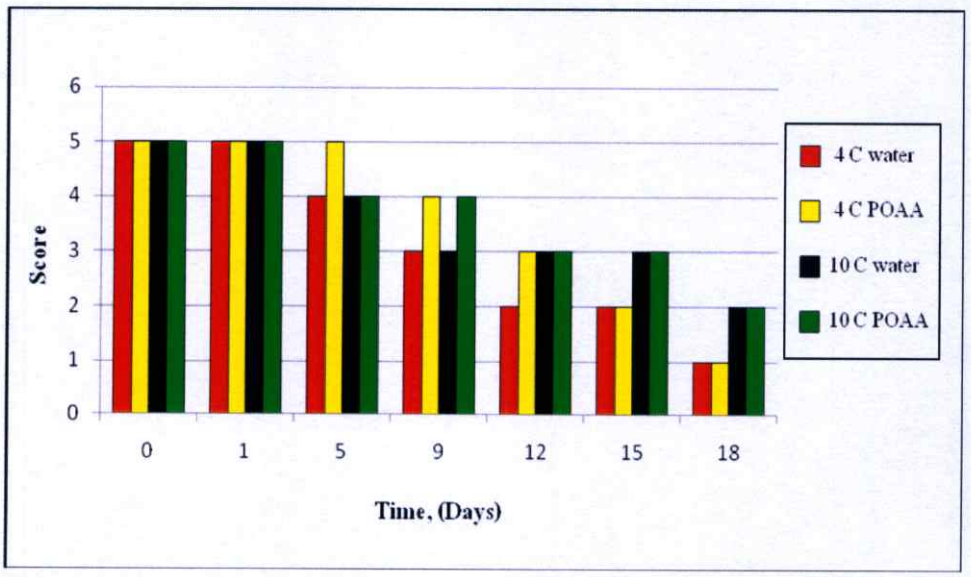
จากการทดลองพบว่าผักชีฝรั่งที่ล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มอัตราการหายใจที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาคผนวกที่ ข7 ซึ่งการล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ไม่มีความแตกต่างของอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวกที่ ข 43 สอดคล้องกับการทดลองของ Vanderkinderen และคณะ (2008) ที่พบว่าต้นกระเทียมและผักกาดขาว ที่ล้างทำความสะอาดด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำกว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า เนื่องจากกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเป็นสารที่ใช้ทำความสะอาดผักและผลไม้ที่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์หลายชนิดรวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผักจึงทำให้ผักมีอัตราการหายใจที่ต่ำกว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า การทดลองของ Martınez-Sanchez และคณะ (2008) ที่พบว่าผัก rocket salad ที่ผ่านการล้างด้วยโอโซนและแสงยูวีจะมีอัตราการหายใจลดต่ำลงเมื่อวันที่เก็บรักษาเพิ่มขึ้นและอัตราการหายใจมีความแตกต่างจากการล้างด้วยน้ำเปล่า

ตารางที่ 4.3 อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr)			
	เก็บที่ 4 °C		เก็บที่ 10 °C	
	น้ำเปล่า	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	น้ำเปล่า	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก
0	10.07	7.88	16.19	14.44
1	8.53	6.78	11.60	10.72
2	6.28	6.28	9.33	8.90
3	5.69	5.69	7.44	7.11
4	5.52	5.26	6.22	6.39
5	4.74	4.53	5.32	4.74
6	4.32	4.32	4.38	4.38
7	3.83	4.16	3.72	3.28
8	3.75	3.01	3.45	3.55
9	3.37	2.71	3.11	3.20
10	2.55	3.22	2.87	2.71

4.2.4 ลักษณะทางกายภาพของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

จากการทดลอง สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมในระหว่างการเก็บรักษาโดยการให้ระดับคะแนน 5 ระดับ (ภาคผนวกที่ ก 7) พบว่าในช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษา ผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ที่ล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีคะแนนสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบว่าผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีระดับคะแนนเท่ากับ 3 และ 3 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีระดับคะแนนเท่ากับ 2 และ 2 คะแนน ซึ่งต่ำกว่า ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.16 และภาคผนวกที่ ข18) แม้ว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสก็ตาม ทั้งนี้เนื่องมาจากผักชีฝรั่งเป็นผักที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน เมื่อนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเช่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการสะท้านหนาวหรือ chilling injury ทำให้ใบของผักชีฝรั่งมีสีเขียวเข้มแบบฉ่ำน้ำ และบริเวณใบจะเกิดเป็นสีส้มอมแดงคล้ายเกิดการไหม้ของใบ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผิดปกติของเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นอาการผิดปกติทางสรีระวิทยา (physiological disorder) ที่พืชแต่ละชนิดจะมีความสามารถทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่เท่ากัน (Kader, 1980) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Sankat และ Maharaj (1996) พบว่าผักชีฝรั่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการสะท้านหนาวที่ใบ ส่วนการล้างผักชีฝรั่งตัดแต่งด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก พบว่าในช่วงแรกของการเก็บรักษาจะเกิดสีเหลืองของใบช้ากว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียบางส่วนถูกกำจัดไป ทำให้ผักไม่ถูกเร่งจากการทำลายของจุลินทรีย์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีของใบช้ากว่าผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่า



ภาพที่ 4.16 แสดงระดับคะแนนของผักชีฝรั่งตัดแต่งขณะเก็บรักษา

4.3 ผลการศึกษาการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง

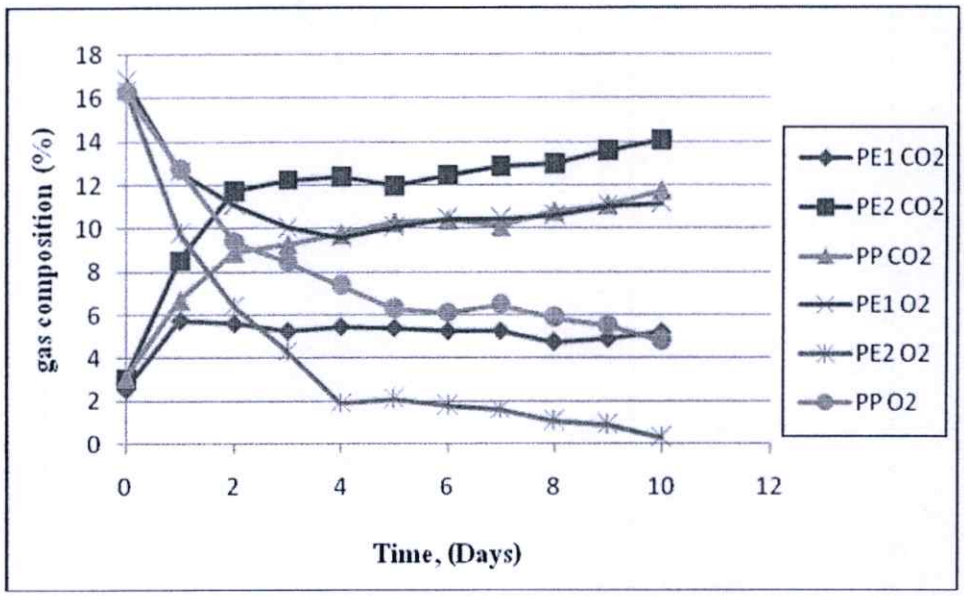
4.3.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง

จากการทดลองเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดได้แก่ LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการเก็บรักษาดังนี้ พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิต่างๆ มีการลดลงอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉดตัดแต่ง ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าในวันแรกที่ทำการเก็บรักษา จะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 15.35 - 16.80 ซึ่งภายหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ปริมาณก๊าซออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องลดลงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.05 – 4.30, 6.70 – 0.00, 6.20 – 0.30 และ 0.00 -0.00 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.17 ถึง 4.20 และภาคผนวกที่ ข 8 ถึง ข 11) พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการลดลงของก๊าซออกซิเจนในถุงทั้ง 3 ชนิดน้อยที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิห้องมีการลดลงของก๊าซออกซิเจนมากที่สุด

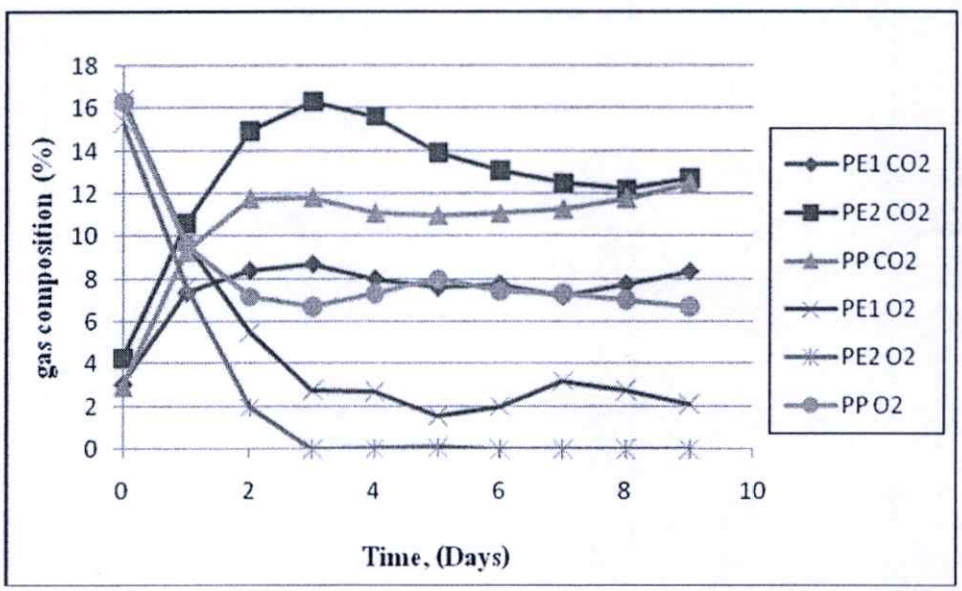
สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน โดยปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษา มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.55 – 4.25 ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 5.25– 12.25, 8.70 – 16.30 , 6.20 – 17.90 และ 11.10 – 22.20 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.17 ถึง 4.20) ที่อุณหภูมิห้องจะมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด จะเห็นว่าการลดลงของก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่งจะสูงกว่าของผักชีฝรั่งตัดแต่ง เนื่องจากสรีรวิทยาของผักกระเฉดมีลักษณะเป็นผักยอดอ่อนจึงมีการหายใจสูงกว่าผักชีฝรั่งซึ่งเป็นผักที่เจริญเต็มที่แล้วทำให้มีการใช้ก๊าซออกซิเจนและคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าผักชีฝรั่ง

ในวันแรกของการเก็บรักษาปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 16.45 – 16.80 , 15.35 - 16.35 และ16.30 – 16.40 ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษาผ่านไป 3 วัน พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจน ลดลงมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.00 -10.05, 0.00 – 4.30 และ 0.00 – 8.45 ตามลำดับ โดยผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE 2 จะมีการลดลงของก๊าซออกซิเจนและเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด เนื่องจากถุงพลาสติกชนิดนี้มีความหนามากกว่าที่สุด ทำให้มีการเข้าออกของก๊าซทั้งสองชนิดต่ำกว่า โดยที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ชนิดของถุงพลาสติกที่ใช้ในการ

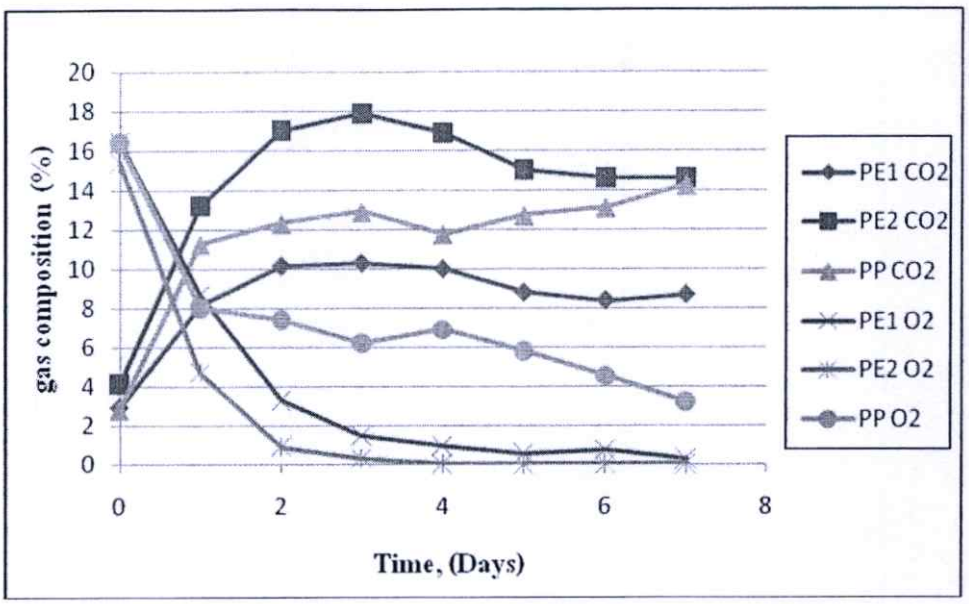
เก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่งนั้นมีความแตกต่างของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 31 ถึง ข 34



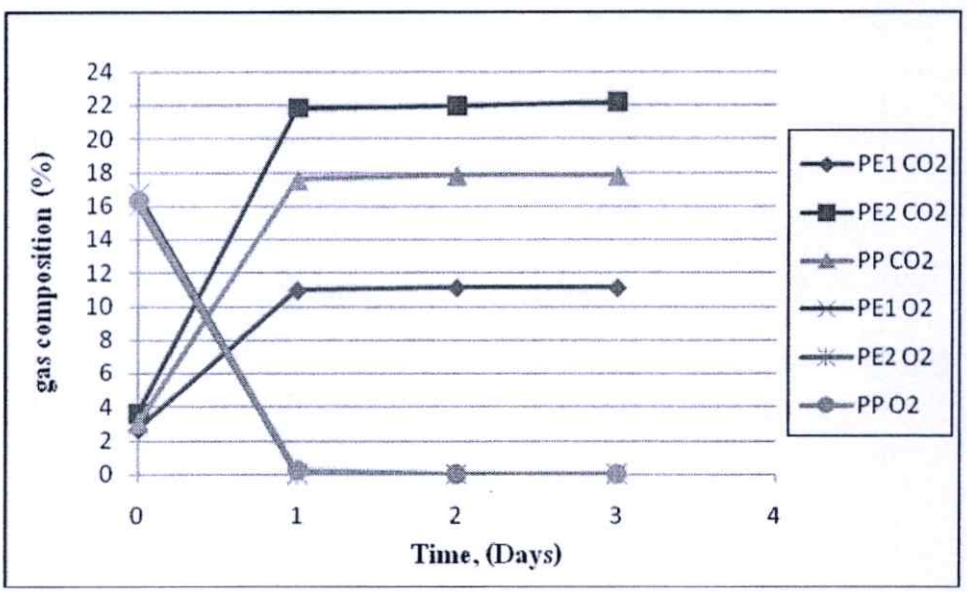
ภาพที่ 4.17 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.18 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.19 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส

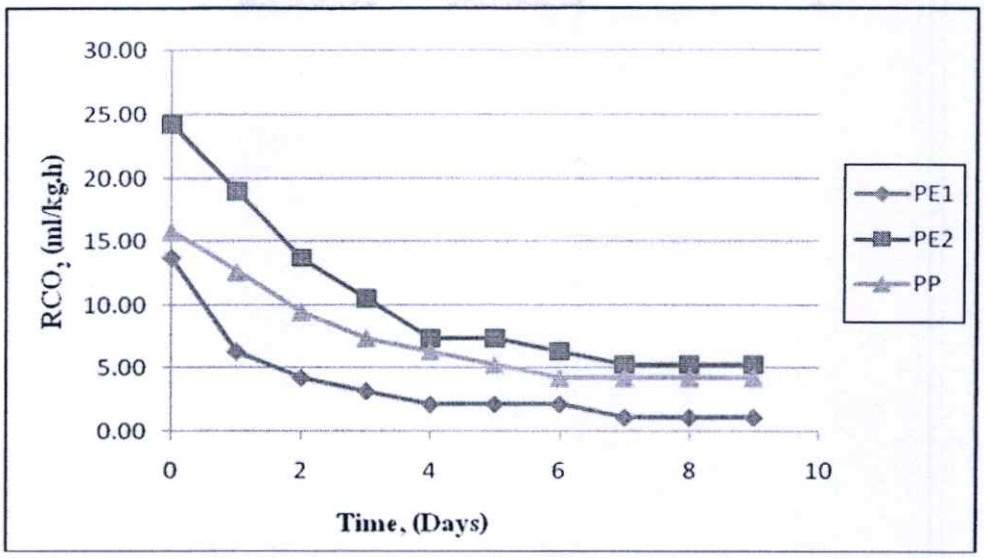


ภาพที่ 4.20 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE1 LDPE 2 และ PP ที่บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

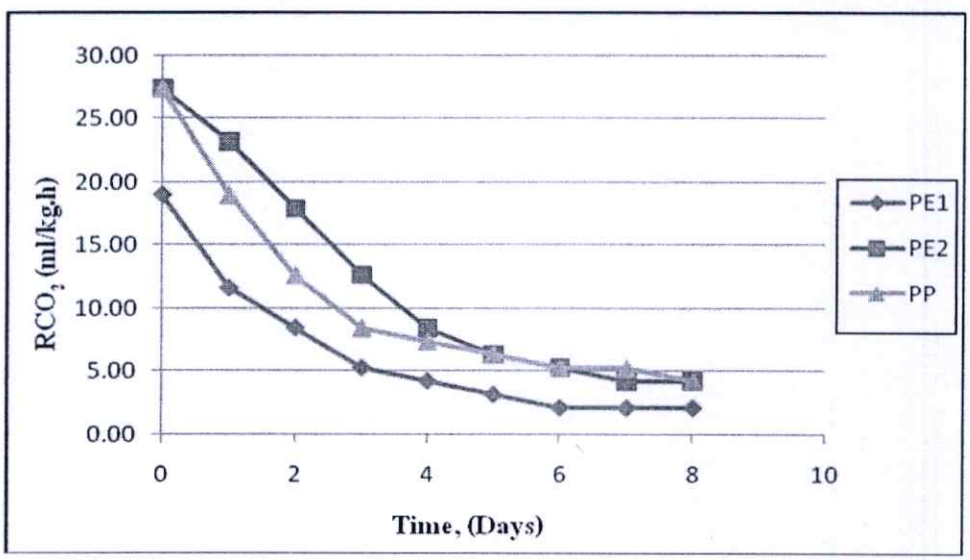
4.3.2 อัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่ง

จากการทดลองเก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง พบว่าอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งทุกการทดลองมีอัตราการหายใจลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ Sexena และคณะ (2008) ที่เก็บรักษาขนุนในสภาพดัดแปลงบรรยากาศในถุงพลาสติก polyethylene terephthalate (PET) และ PE พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาของขนุนเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มอัตราการหายใจลดลง และ Gomez และ Artes (2004) พบว่าเซเลอรีสีเขียวที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศมีแนวโน้มอัตราการหายใจลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 14.07 24.18 และ 15.83 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับดังภาพที่ 4.21 และภาคผนวกที่ ข 12 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ 18.90 27.91 และ 27.91 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.22 และภาคผนวกที่ ข 12 ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ 23.30 40.00 และ 37.14 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.23 และภาคผนวกที่ ข 13 และที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 36.49 80.22 และ 63.96 ml CO_2/kg.hr ตามลำดับดังภาพที่ 4.24 และภาคผนวกที่ ข 13 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผักกระเฉดตัดแต่งจะมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด และผักยังคงมีลักษณะที่สดและอยู่ในสภาพดี สอดคล้องกับการทดลองของ Conesa และคณะ (2007) พบว่าพริกหวานตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 7 องศาเซลเซียส และการทดลองของ Fonseca (2002) พบว่าเก็บรักษา Galega kale ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 1 5 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจจะลดลงเมื่อเวลาที่เก็บรักษาและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น รวมทั้งเมื่อความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาลดลง แต่ปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการหายใจคืออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

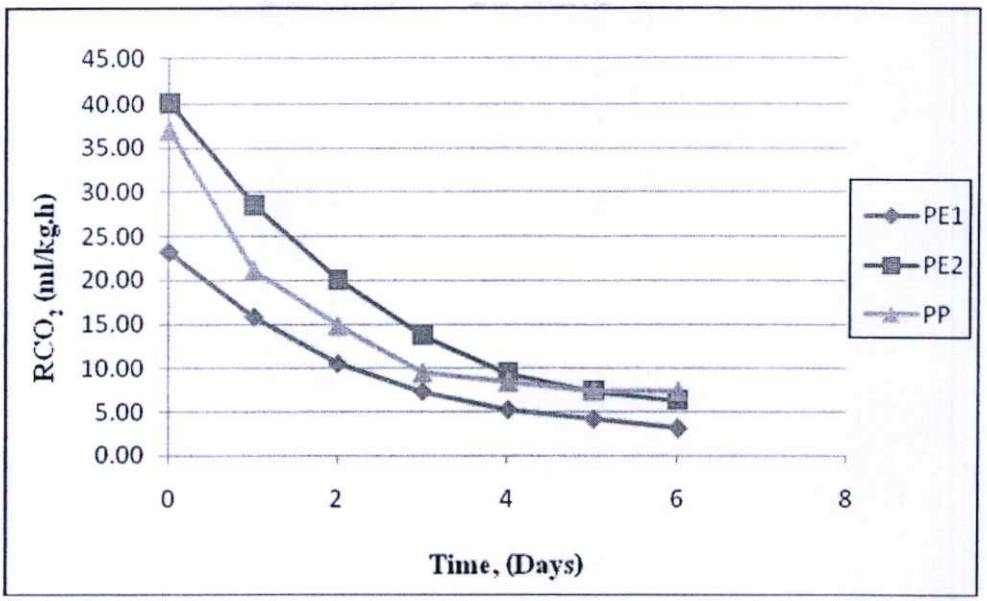
โดยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่งนั้นมีความแตกต่างของอัตราการหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 35 ส่วนที่อุณหภูมิ 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่งไม่มีความแตกต่างของอัตราการหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 36 ถึง ข 38



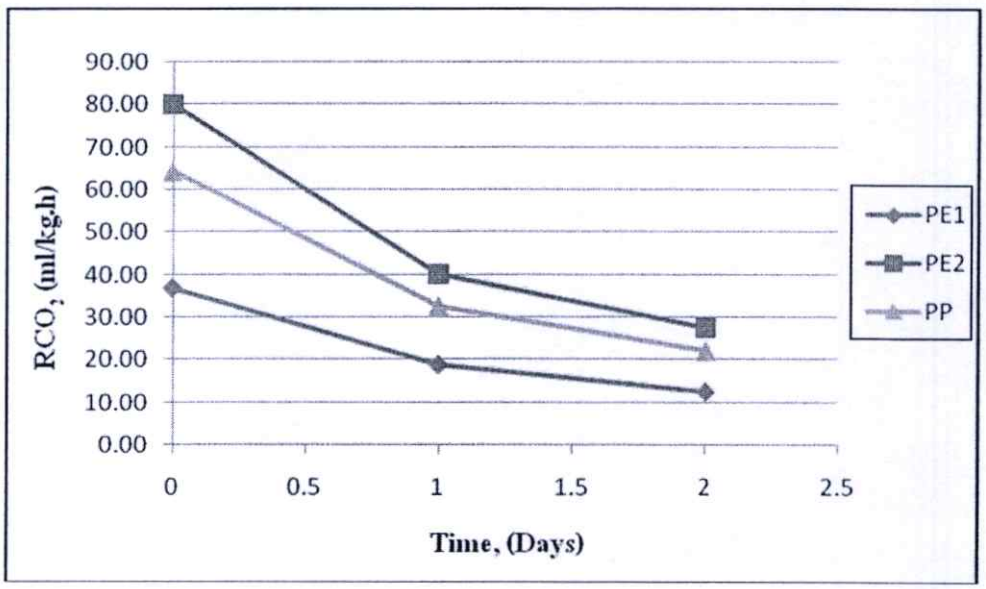
ภาพที่ 4.21 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.22 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.23 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

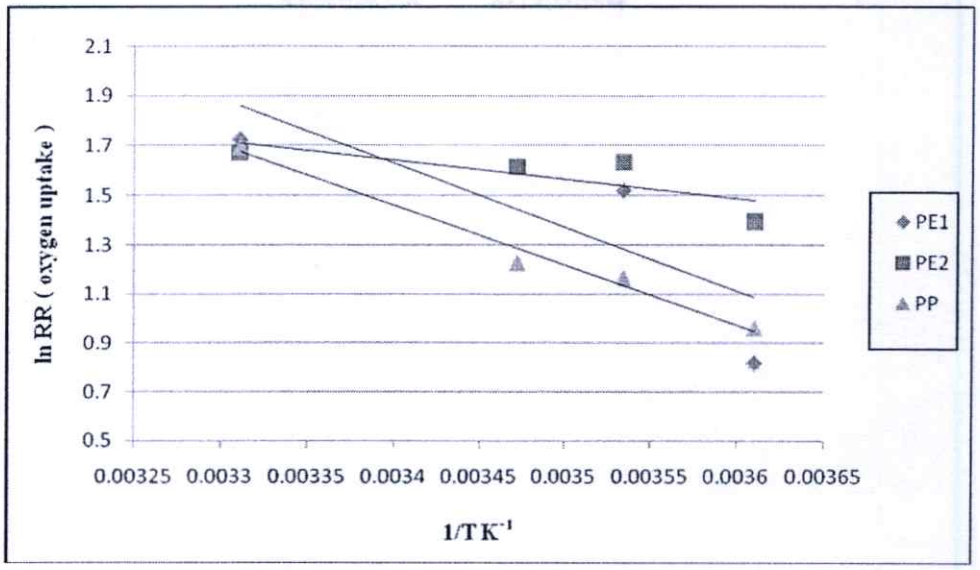


ภาพที่ 4.24 อัตราการหายใจที่วิเคราะห์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้จากการหายใจต่อเวลาของผักกระเฉดตัดแต่งที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.3.4 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง

ในการทดลองสามารถหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่อปริมาณการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ทำการเก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP โดยจะใช้ผลการทดลองตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ใช้สมการของอาร์เรเนียส (Arrhenius) เป็นสมการที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผักกระเฉดตัดแต่งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP มีค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในรูปลอกกาลิทึมธรรมชาติเท่ากับ 0.82 1.39 และ 0.96 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส 1.52 1.63 และ 1.16 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส 1.61 1.62 และ 1.22 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิห้อง 1.72 1.67 และ 1.70 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.25 จะเห็นว่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่เก็บรักษาสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Guevara และคณะ (2006) ที่ทำการทดลองกับ prickly pear cactus โดยเก็บที่อุณหภูมิ 5 14 20 และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนมากที่สุด

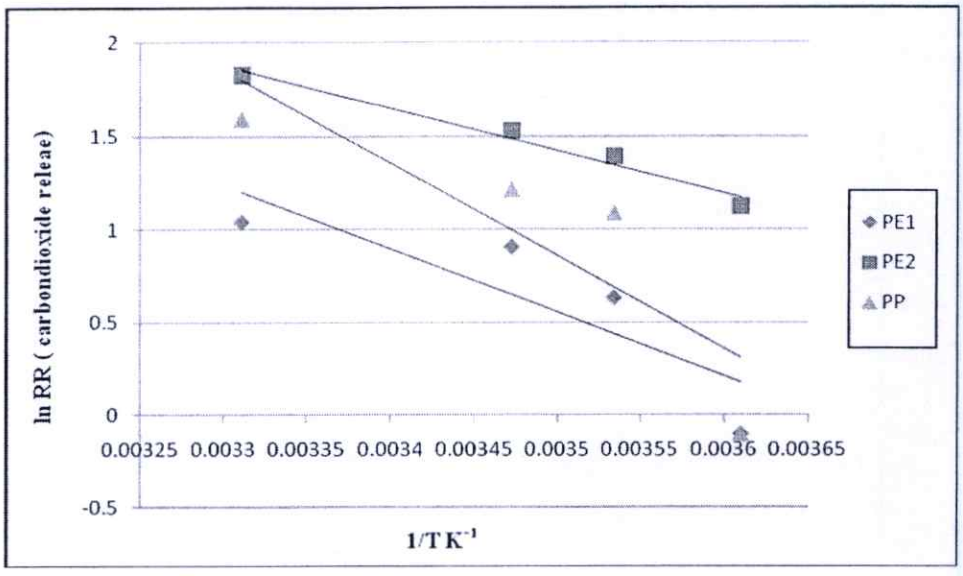
ถุงพลาสติก LDPE 2 มีการใช้ก๊าซออกซิเจนมากที่สุดคือ และถุงที่มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ก๊าซออกซิเจนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามากที่สุด คือ ถุงพลาสติกชนิด LDPE 1 สามารถดูได้จากค่าความชัน (slope) มีค่าติดลบมากที่สุดเท่ากับ -2588 ดังในตารางที่ 4.4 ซึ่งผลของอุณหภูมิต่ออัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้นั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับของก๊าซออกซิเจน คือเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเพิ่มมากขึ้น พบว่าถุงพลาสติกชนิด PP จะมีค่าความชันติดลบมากที่สุด คือเท่ากับ – 4974 ดังตารางที่ 4.5 นอกจากนั้นการใช้สมการของอาร์เรเนียสนี้ยังสามารถใช้ในการทำนายแนวโน้มการใช้ก๊าซออกซิเจนและการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิต่างๆในการเก็บรักษาได้ โดยจะมีแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงของการลดลงของก๊าซออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัดในถุงพลาสติก PP มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.98 ส่วนในถุงพลาสติก LDPE 1 และ LDPE 2 มีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ชัดเจนโดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.65 และ 0.61 ตามลำดับ ส่วนการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.97 0.73 และ 0.74 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซออกซิเจนตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียสของผักกระเฉดตัดแต่ง

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซออกซิเจนของผักกระเฉดตัดแต่ง

Type of plastic bags	Arrhenius constants			
	Slope	Intercept	Ea (kJ/mole)	r^2
LDPE 1	-2588	10.43	21.52	0.65
LDPE 2	-778.60	4.29	6.47	0.61
PP	-2419	9.68	20.11	0.98



ภาพที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส ของผักกระเฉดตัดแต่ง

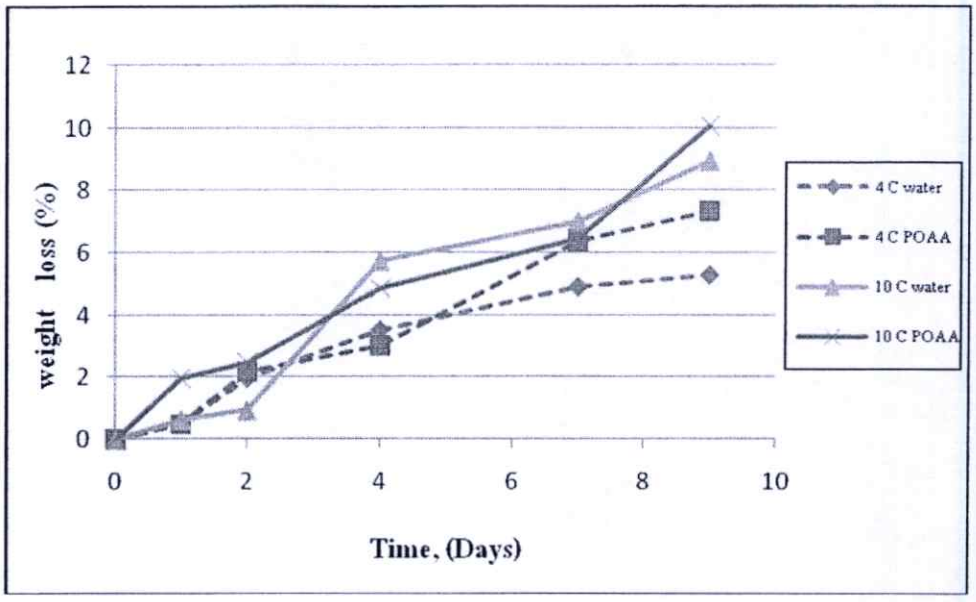
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคงที่ของสมการอาร์เรเนียสของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง

Type of plastic	Arrhenius constants			
bags	Slope	Intercept	Ea (kJ/mole)	r^2
LDPE 1	-3435	12.57	28.56	0.97
LDPE 2	-2268	9.36	18.56	0.73
PP	-4974	18.26	41.35	0.74

4.4 ลักษณะทางกายภาพและอายุการเก็บรักษาของผักกระเฉดตัดแต่ง

4.4.1 การสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉดตัดแต่ง

จากตอนที่ 4.3 พบว่าการบรรจุผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP จะเกิดไอน้ำภายในถุงในปริมาณที่ค่อนข้างมากทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการรวมทั้งการที่มีไอน้ำจำนวนมากนั้นจะทำให้ผักกระเฉดตัดแต่งเกิดการเน่าเสียได้รวดเร็ว ในการทดลองนี้จึงได้บรรจุผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC แทนการใช้ถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นผักกระเฉดตัดแต่งมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 4.27 ภาคผนวกที่ ข 19) สอดคล้องกับการทดลองของ Albanese และคณะ (2007) ซึ่งพบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหน่อไม้ฝรั่งสีเขียวมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และงานทดลองของ Serrano และคณะ (2006) ที่ทำการเก็บรักษาส่วนหัวของบร็อคโคลี่ด้วยการหุ้มด้วยพลาสติก PP ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหัวบร็อคโคลี่มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน จากการทดลองพบว่าผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 4 มีการสูญเสียของน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 3.51 และ 3.03 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับร้อยละ 5.73 และ 4.85 ตามลำดับ ดังในภาพที่ 4.27 จะเห็นว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทั้งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก สอดคล้องกับการทดลองของ Tano และคณะ (2007) ที่ทำการเก็บรักษามะเขือเทศ เห็ด และบร็อคโคลี่ ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 3 – 23 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผักทั้ง 3 ชนิดมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าการอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาและการล้างด้วยน้ำเปล่าและการล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ไม่มีความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 45



ภาพที่ 4.27 การสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC เป็นเวลา 9 วัน

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่ง

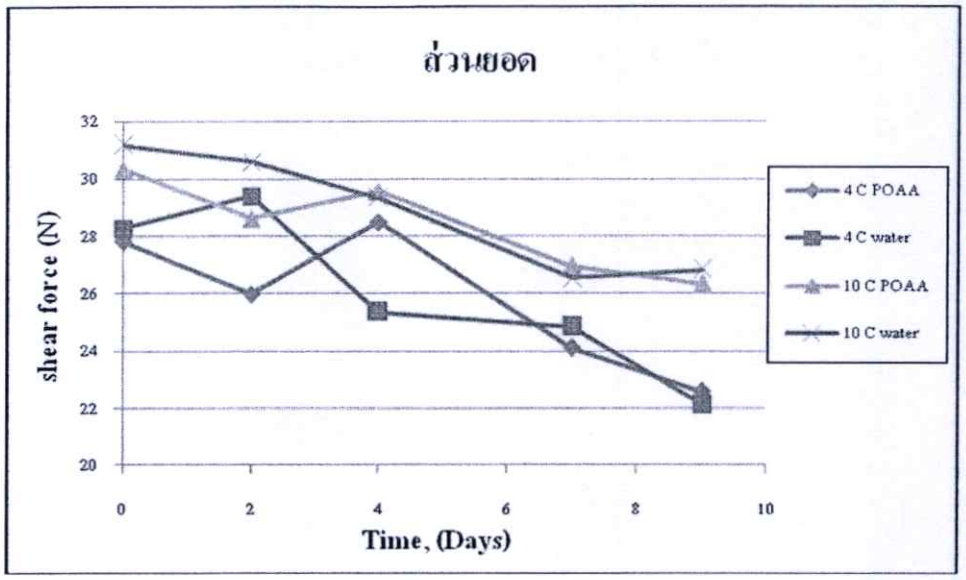
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าผักกระเฉดตัดแต่ง ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนล่าง มีแนวโน้มค่าแรงเฉือนลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.28 ถึง 4.30 และภาคผนวกที่ ข 20) สอดคล้องกับการทดลองของ Serrano และคณะ (2006) ที่ทำการเก็บรักษาส่วนหัวของบร็อคโคลี่ด้วยการหุ้มด้วยพลาสติกชนิดต่างๆซึ่งอยู่ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น หัวบร็อคโคลี่ที่อยู่ในพลาสติกมีแนวโน้มค่าแรงเฉือนลดลง และการทดลองของ Saxena และคณะ (2008) ที่ทำการเก็บรักษาขนุนในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นขนุนมีแนวโน้มค่าแรงเฉือนลดลง พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผักกระเฉดตัดแต่งส่วนยอดที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกมีค่าแรงเฉือนเริ่มต้นเท่ากับ 28.28 และ 27.81 นิวตัน (N) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 31.19 และ 30.35 นิวตัน (N) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 22.13 และ 22.60 นิวตัน (N) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 26.82 และ 26.36 นิวตัน (N) ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าแรงเฉือนส่วนยอด

ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 46

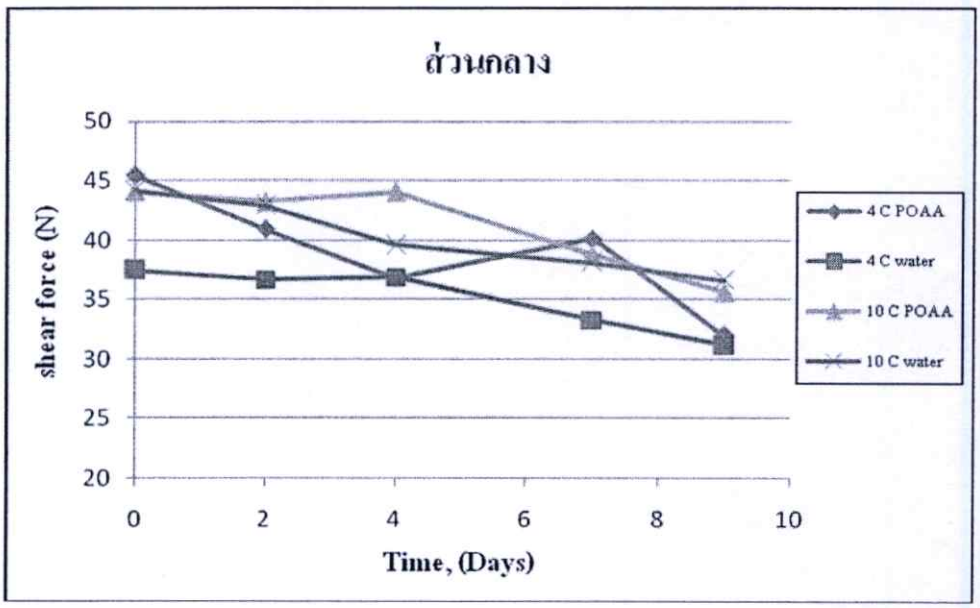
การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งส่วนกลางที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีค่าแรงเฉือนเริ่มต้นเท่ากับ 37.45 และ 45.45 นิวตัน (N) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีค่าแรงเฉือนเริ่มต้นเท่ากับ 44.15 และ 44.06 นิวตัน (N) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วย กรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 31.19 และ 32.00 นิวตัน (N) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 36.60 และ 35.59 นิวตัน (N) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.29 จากการทดลองพบว่าค่าแรงเฉือนส่วนกลางของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 47

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งส่วนล่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีค่าแรงเฉือนเริ่มต้นเท่ากับ 55.80 และ 54.21 นิวตัน (N) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าแรงเฉือนเริ่มต้นเท่ากับ 57.23 และ 60.49 นิวตัน (N) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 44.24 และ 46.15 นิวตัน (N) ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 50.67 และ 49.20 นิวตัน (N) ซึ่งจะเห็นว่าผักกระเฉดตัดแต่ง ดังภาพที่ 4.30 จากการทดลองพบว่าค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาคผนวก ข 48 ซึ่งทั้ง ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนล่าง อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

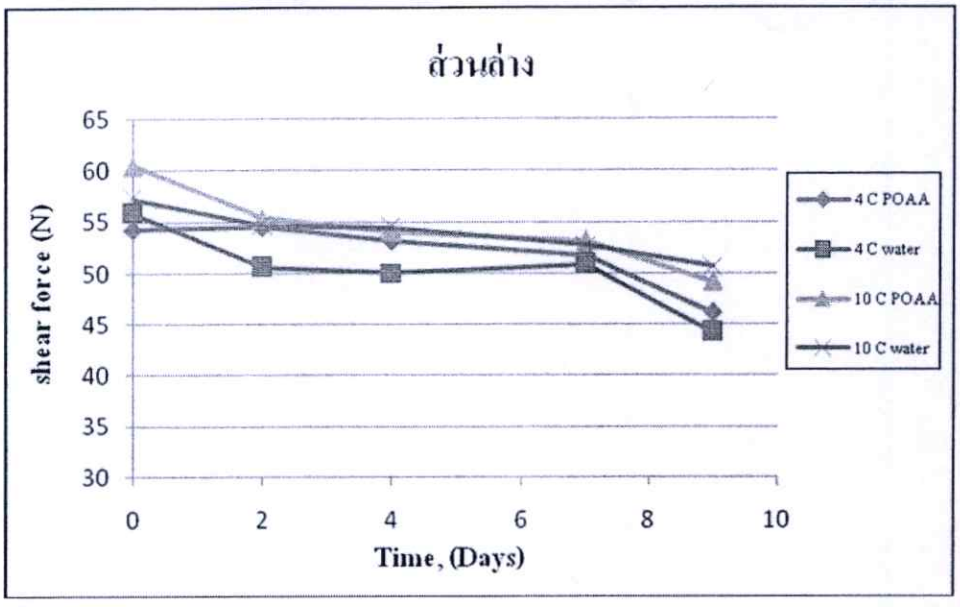
ค่าแรงเฉือนเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความกรอบของผักกระเฉด การลดลงของค่าแรงเฉือนทำให้ผักกระเฉดตัดแต่งมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มลง สาเหตุเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำมากขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา และเกิดการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อโครงสร้างได้รับความเสียหาย (Shewfelt, 1990) เช่น เซลลูโลส(cellulose), กลูโคซิเดส (glucosidase) เป็นต้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นหลุดแยกออกจากกัน และนอกจากนั้นจุลินทรีย์บางชนิดก็ยังผลิตเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคทิน เช่น เอนไซม์เพคติโนไลติก (pectinolytic) ออกมาทำให้เกิดการอ่อนตัวลงของเนื้อเยื่อพืชโดยจะไปทำให้เนื้อเยื่อในส่วนลาเมลลาชั้นกลางและผนังเซลล์ชั้นนอกเกิดการเสื่อมสลายทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนิ่มลง (Juven *et al.*, 1985 ; Membre and Burlot, 1994; Membre *et al.*, 1995 ; Liao *et al.*, 1997)



ภาพที่ 4.28 ค่าแรงเฉือนบริเวณส่วนยอดของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

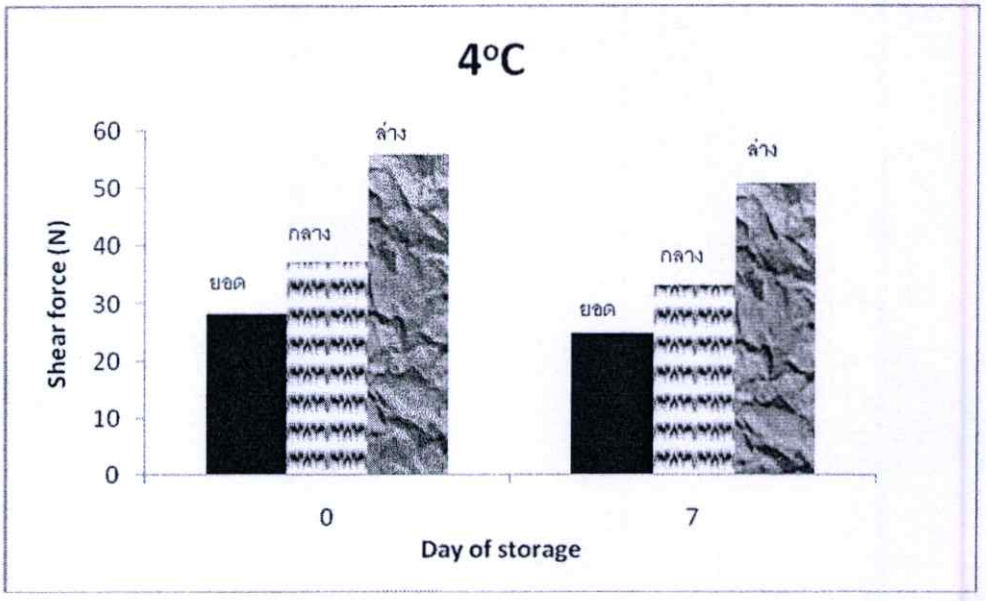


ภาพที่ 4.29 ค่าแรงเฉือนบริเวณส่วนกลางของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

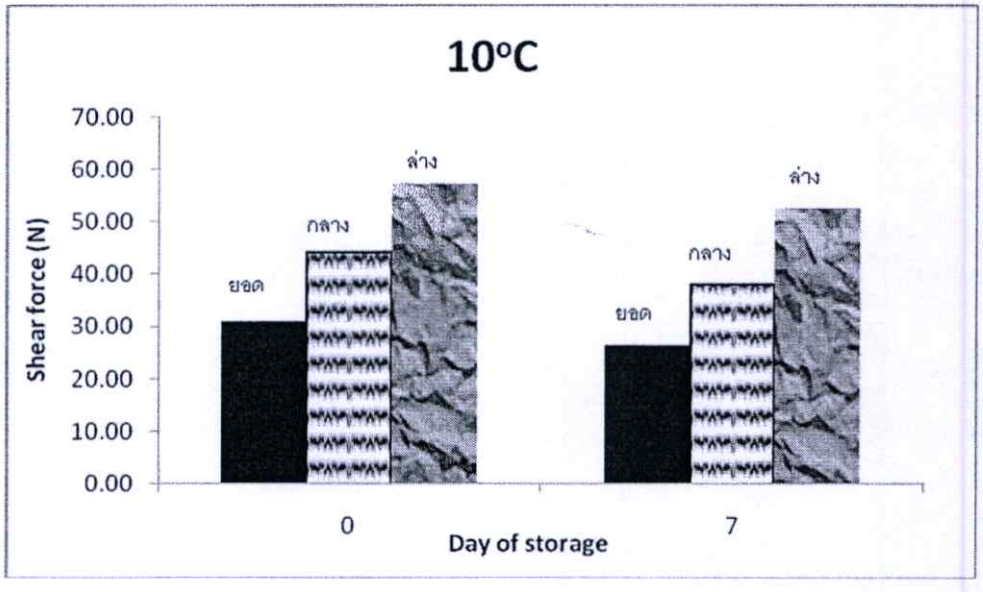


ภาพที่ 4.30 ค่าแรงเฉือนบริเวณส่วนล่างของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ล้างด้วยน้ำเปล่า ในวันที่ 0 และ วันที่ 7 มีค่าการลดลงของแรงเฉือนส่วนยอดคิดเป็นร้อยละ12.16 ส่วนกลางของลำต้น คิดเป็นร้อยละ 11.13 ส่วนล่างของลำต้นร้อยละ 8.87 ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าการลดลงของแรงเฉือนส่วนยอดคิดเป็นร้อยละ 14.88 ส่วนกลางของลำต้นร้อยละ 13.79 ส่วนล่างของลำต้นร้อยละ 7.86 ดังภาพที่ 4.31 และ 4.32 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีการลดลงของค่าแรงเฉือนในส่วนยอด และส่วนกลาง น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และพบว่าแรงเฉือนส่วนยอดของผักกระเฉดตัดแต่งจะลดลงมากที่สุดรองลงมาคือส่วนกลาง และลดน้อยที่สุดคือส่วนล่างของลำต้น เนื่องมาจากส่วนยอดเป็นส่วนที่อ่อนที่สุดและเป็นส่วนที่กำลังมีการเจริญเติบโตทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและมีอัตราการหายใจสูงมากกว่าส่วนกลางและส่วนล่างของลำต้น จึงทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่า



ภาพที่ 4.31 ค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าในวันที่ 0 และ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.32 ค่าแรงเฉือนของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าในวันที่ 0 และ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

4.4.3 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่ง

จากการทดลองประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก บรรจุในถาดโฟมที่หุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งในด้านต่างๆมีแนวโน้มลดลง ในวันแรกของการเก็บรักษาของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านทุกด้านเท่ากับ 5 ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน แสดงในตารางที่ 4.6 และภาคผนวกที่ ข 21 และ ข 22 พบว่ามีค่าดังนี้

สีของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.67 และ 4.13 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ 3.53 และ 3.87 ตามลำดับ คะแนนทางด้านสีที่ลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเขียวอมเหลืองซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

กลิ่นของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.60 และ 3.60 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.53 และ 3.53 ตามลำดับ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผักกระเฉดจะเริ่มมีกลิ่นคล้ายกลิ่นหมักเกิดขึ้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมเสีย

เนื้อสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.40 และ 3.93 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.40 และ 3.60 ตามลำดับ เนื้อสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะเริ่มนิ่มมากขึ้นและมีเมือกเหนียวเกิดขึ้นเล็กน้อย โดยสังเกตได้ว่าผักกระเฉดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะเกิดเมือกได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน นอกจากนั้นผักกระเฉดที่ล้างด้วยล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกจะมีการเกิดเมือกช้ากว่าการล้างด้วยน้ำเปล่าด้วยเช่นกัน

การยอมรับของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.33 และ 3.80 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.53 และ 3.87 ตามลำดับ พบว่าการล้างด้วยล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกจะมีคะแนนมากกว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า

จะเห็นว่าในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีและเนื้อสัมผัสสูงที่สุดและพบว่าผักยังคงมีสภาพที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของผู้บริโภค ซึ่งในวันที่ 9 จะเห็นว่าคะแนนด้านเนื้อสัมผัสมีค่า เท่ากับ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับไม่ได้

ตารางที่ 4.6 คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

ลักษณะ	อุณหภูมิ °C	การล้าง	ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)			
			0	1	7	9
สี	4	น้ำเปล่า	5.0	4.40	3.67	2.73
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	4.47	4.13	3.87
	10	น้ำเปล่า	5.0	4.33	3.53	2.67
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	4.33	3.87	3.47
กลิ่น	4	น้ำเปล่า	5.0	4.13	3.60	3.13
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	4.33	3.60	3.07
	10	น้ำเปล่า	5.0	4.27	3.53	3.00
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	3.93	3.53	3.20
เนื้อสัมผัส	4	น้ำเปล่า	5.0	4.00	3.40	3.00
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	4.27	3.93	3.00
	10	น้ำเปล่า	5.0	4.20	3.40	2.80
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	4.07	3.60	3.30
การยอมรับ	4	น้ำเปล่า	5.0	3.93	3.33	3.53
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	4.20	3.80	3.60
	10	น้ำเปล่า	5.0	4.27	3.53	2.67
		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.0	3.87	3.87	3.60

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองของผักชีฝรั่งตัดแต่ง

จากการทดลองเก็บรักษาผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิระดับต่างๆ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติก PP มากที่สุด ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะช่วยชะลออัตราการหายใจ ของผักชีฝรั่งได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 15 องศาเซลเซียส รวมทั้งที่อุณหภูมิห้อง

ผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE 2 พบว่าการล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกมีผลต่ออัตราการหายใจของผักชีฝรั่ง การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ การสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเล็กน้อย ส่วนการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ดีกว่าการที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่จะส่งผลให้ใบผักชีฝรั่งเป็นสีน้ำตาลอมแดงเนื่องจากอาการสะท้านหนาวมากที่สุด พบว่าถุงพลาสติก LDPE 2 มีความเหมาะสมในการเก็บรักษาและอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 10 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 15 วัน

5.2 ผลการทดลองของผักกระเฉดตัดแต่ง

จากการทดลองเก็บรักษาผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิระดับต่างๆ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก LDPE 1 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติก PP มากที่สุด โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยชะลออัตราการหายใจ ของผักกระเฉดตัดแต่งได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส รวมทั้งที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บในถุงเกิดไอน้ำจำนวนมาก

ผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกที่บรรจุในถาดโฟมแล้วปิดด้วยฟิล์มยืด PVC พบว่าผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก จะเกิดเป็นเมือกลื่นช้ากว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า และมีคะแนนการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าการบรรจุในถาดโฟมแล้วปิดด้วยฟิล์มยืด PVC มีความเหมาะสมในการเก็บรักษาและอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 4 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 7 วัน

บรรณานุกรม

กานดา หวังชัย ชานนท์ เพาะเจาะ และ จำนงค์ อุทัยบุตร. 2550. **ประสิทธิภาพของน้ำยาฆ่าเชื้อกลุ่ม active oxygen ในการควบคุมโรค anthracnose ของมะม่วงน้ำดอกไม้** .วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38 (5) พิเศษ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. **ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.**สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เจนจิรา เจริญยิ่ง. 2544. **ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผักซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. **สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 222 หน้า.

ดวงกมล สระน้ำ. 2549. **ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารละลายโอโซนต่อปริมาณจุลินทรีย์และอายุการวางจำหน่ายมะเขือเทศและหอมหัวใหญ่แปรรูปเบื้องต้น.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยรักษ์ เลิศฤทธิพงษ์. 2525. **การเก็บเกี่ยวการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวผลกระทบของอุณหภูมิและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง และอายุการเก็บรักษาของปวยเหล็ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 87 หน้า.

ชานนท์ เพาะเจาะ กานดา หวังชัย และ จำนงค์ อุทัยบุตร.2551.**ผลยับยั้งของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดเปอร์ออกซีแอซีติกต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38 (5) พิเศษ.

เชน รอดศิริ และ ต่อวุฒิ จำมั่น. มปป. **หลักพืชสวน.** สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

ตรีชฎา ด่านวัฒนานุสรณ์ ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ นิติ ชูเชิด. 2549. " **ประสิทธิภาพของเพอร์อะซิติกแอซิดเพื่อฆ่าเชื้อ Taura syndrome virus (TSV)ในน้ำความเค็มแตกต่างกัน 3 ระดับ.** "

หน้า 246-254. เรื่องเต็ม การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 กรุงเทพฯ: สาขาประมง.

นงลักษณ์ พูลทอง. 2542. **ผลของอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษาและอายุการ วางจำหน่ายของผักพร้อมบริโภค.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุญเกียรติ. 2548. **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและ ผลไม้.**พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

บุษบา โกมลมณี วิวัฒน์ หวังเจริญ วิจิตรา แดงปรก และ ธเนศ แก้วกำเนิด. 2551. **การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาและการสูญเสีย น้ำหนัก ของถั่วงอก ถั่วฝักยาวหั่น และใบ มะกรูดหั่นฝอย.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 (3) พิเศษ.

เบญจมาศ กรส่งแก้ว. 2549. **ผลของการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น และบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผักคะน้าแปรรูปพร้อมบริโภค.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เบญจมาส รัตนชินกร สมพร พรหมศักดิ์ อุมาภรณ์ สุจริต ทวีสุข และ ดารินทร์ กำแพงเพชร. 2549. **การเก็บรักษากะหล่ำปลีหั่นฝอยพร้อมบริโภค.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 37 ฉบับที่ 2

มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทย. **มหัศจรรย์ผัก 108.** 2541. พิมพ์ครั้งที่ 2 สมุทรปราการ.

ภูวนาท ฟักเกตุ. 2545. **ผลของการทำ Hydrocooling อุณหภูมิ และฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพการเก็บรักษา และอายุการวางจำ หน่ายของคะน้าฮ่องกง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ยงยุทธ ข้ามสี่. 2535. **ผลของการลดอุณหภูมิหลังเก็บเกี่ยว และสภาพการเก็บรักษาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกาดหอมห่อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 97 หน้า.

วิษณุ นิยมเหลา. 2542. **ผลของการทำ Hydrocooling และสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายของข้าวโพดหวาน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมชาย กล้าหาญ. 2546. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของผัก.** ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมพร สายกลิ่น. 2545. **ผลของอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษาของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สายชล เกตุษา. 2528. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 364 หน้า.

เข้าถึงได้จากเวบไซต์ www.en.wikipedia.org

Albanese, D., Russo, L., Cinquanta, L., Brasiello, A. and Matteo, M.D. 2007. Physical and chemical changes in minimally processed green asparagus during cold-storage. **Food Chemistry.** 101 : 274-280.

An, J., Zhang, M., Lu, Q. and Zhang, Z. 2006. Effect of a prestorage treatment with 6 – benzylaminopurine and modified atmosphere packaging storage on the respiration and quality of green asparagus spears. **Journal of Food Engineering**. 77 : 951–957.

Ballantyne, A. 1986. Modified **atmosphere packaging of selected prepared vegetables**. Technical Memorandum No. 436, Campden Food Prevervation Research Association, Chipping Campden, U.K.

Bhande, S.D., Ravindra, M.R. and Goswami, T.K. 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. **Journal of Food Engineering**. 87 : 116–123

Charles, F., Guillaume, C. and Gontard, N. 2008. Effect of passive and active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives. **Postharvest Biology and Technology.** 48 : 22–29.

Conesa, A., Verlinden, B.E., Artes-Hernandez, F., Nicolaı, B. and Artes, F. 2007. Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertamospheric and low oxygen with or without high carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**. 45 : 81–88.

Deshpande, S. D., Sokhansanj, S. and Irudayaraj, J. 2002. Effect of moisture content and storage temperature on rate of respiration of alfalfa. **Biosystems Engineering**. 82 : 79 – 86.

Ferrante, A., and Maggiore, T. 2007. Chlorophyll *a* fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of *Valeriana* leafy vegetables. **Postharvest Biology and Technology.** 45 : 73–80.

Fonseca, S. C., Oliveira, F. A .R. and Brecht J. K. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, 52: 99–119.

Fonseca, S.C., Oliveira, F. A.R., Frias , J.M., Brecht, J.K. and Chau, K.V. 2002. Modelling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere

packaging. **Journal of Food Engineering** . 54 : 299–307.

Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Brecth, J.K. and Chau K.V. 2005. Influence of low oxygen and high carbondioxide on shredded Galega kale quality for development of modified atmosphere packages. **Postharvest Biology and Technology**. 35, : 279 – 292.

Gómez, P.A. and Artés, F. 2004. Controlled atmospheres enhance postharvest green celery quality. **Postharvest Biology and Technology**. 34 : 203–209.

Gorris, L. and Tauscher, B. 1999. **Quality and safety aspects of novel minimal processing technology**. USA : CRC Press.

Gorden L. Robertson. 1993. **Food Packaging : Principles and Practice**. New York : Marcel Dekker.

Guevara, J.C., Yahia, E.M., Beaudry, R.M. and Cedeño, L. 2006. Modeling the influence of temperature and relative humidity on respiration rate of prickly pear cactus cladodes. **Postharvest Biology and Technology**. 41 : 260-265.

Jacobsson, A., Nielsen, T., Sjoholm, I. and Wendin, K .2004. Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli. **Food Quality and Preference**, 15: 301– 310.

Jayas, D.S. and Jeyamkondan, S. 2002. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. **Biosystems Engineering**. 82 :235–251.

Juven, B.J., Lindner, P. and Weisslowicz, H. 1985. Pectin degradation in plantmaterialby Leuconostoc mesenteroides. **Journal of Applied Bacteriology**. 58 : 533–538

Kader, A.A. 1980. Prevention of ripening in fruit by use of controlled atmospheres. **Food Technology**. 34: 51-54.

Kader, A.A. 1987. **Respiration and gas exchange of vegetables**. In: Weichmann, J.(Ed.), Postharvest Physiology of Vegetables. New York : Marcel Dekker. pp. 25–43.

Kays, S.J. 1991. **Metabolic Processes in harvested products respiration**. Post Harvest Physiology of Perishable Plant Products. NY : Van Nostrand Reinhold Publication.

Kaynas, K. and Sivritepe, H.O. 1995. Effect of pre-cooling treatments on storage quality of mature green tomatoes. **Acta Horticulturae**. 412 : 200-208.

Koukounaras, A., Siomos, A.S. and Sfakiotakis, E. 2007. Postharvest CO_2 and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. **Postharvest Biology and Technology.** 46 : 167–173.

Lee, D.S., Haggar, P.E., Lee, J. and Yam, K.L. 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmosphere based on principles of enzyme kinetics. **Journal of Food Science**. 56 :1580 – 1585.

Liao, C.H., Sullivan, J., Grady, J. and Wong, L.J.C. 1997. Biochemical characterization of pectate lyases produced by fluorescent pseudomonads associated with spoilage of fresh fruits and vegetables. **Journal of Applied Microbiology**. 83 : 10–16.

Lu, S. 2007. Effect of packaging on shelf-life of minimally processed Bok Choy (Brassica chinensis L.). **LWT.** 40 : 460–464

Martin, K.P. 2004. In vitro propagation of the herbal spice *Eryngium foetidum* L. on sucrose – added and sucrose-freemedium without growth regulators and CO_2 enrichment. **Scientica Horticulturae**. 102 : 277–282.

Martinez-Sanchez, A., Allende, A., Bennett, R .N., Ferreres, F. and Gil, M.I. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. **Postharvest Biology and Technology.** 42: 86–97.

Martinez-Sanchez, A., Allende, A., Cortes-Galera, Y. and Gil, M.I. 2008. Respiration rate response of four baby leaf *Brassica* species to cutting at harvest and fresh-cut washing. **Postharvest Biology and Technology.** 47 : 382–388.

Maynard, D.N. and Hochmuth, G.J. 1997. **Knott's Handbook for Vegetable Growers**. New York : John Wiley and Sons. 387-391.

Membre, J.M. and Burlot, P.M. 1994. Effects of temperature, pH, and NaCl on growth and pectinolytic activity of Pseudomonas marginalis. **Applied Environmental Microbiology**. 60 : 2017–2022.

Membre, J.M., Goubet, D. and Kubaczka, M. 1995. Influence of salad constituents on growth of Pseudomonas marginalis a predictive microbiology approach. **Journal Applied Bacteriology**. 79 : 603–608.

Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Harris, L.J., Garret, E.H., Farber,J.N. and Busta, F.F. 2003. **Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce**. In: IFT/FDA, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. (Chapter V).

Ragaert, P.,Devlieghere, F. and Dewulf, J. 2007 . Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. **Postharvest Biology and Technology.** 44 : 185–194.

Ravindra, M.R and Goswami T.K.. 2008. Modelling the respiration rate of green mature mango under aerobic conditions. **Biosystems Engineering.** 99 : 239-248

Rizzo, V. and Muratore, G. 2009. Effects of packaging on shelf life of fresh celery. **Journal of Food Engineering**. 90 : 124-128.

Robert L. Shewfelt, and Bernhard, B. 2000. **Fruit and vegetable quality : an integrated view.** Lancaster,PA : Technomic.

Ruiz-Cruz, S., Acedo-Felix, E., Daz-Cinco , M., Islas-Osuna, M.A. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2007. Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella spp.* and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrot . **Food Control**. 18 : 1383–1390.

Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. **Plant Physiology**. Belmont : Wadworth Publishing Company. 682 p.

Saltveit, M. E. 2004. **Respiratory metabolism**. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook Number 66, USDA.

Sankat, C.K. and Maharaj, V. 1996. Shelf life of the green herb `shado beni' (Eryngium foetidum L.) stored under refrigerated conditions. **Postharvest Biology and Technology**. 7: 109-118.

Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S. and Valero, D. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**. 39 : 61-68.

Saxena, A., Bawa, A.S. and Raju, S.P. 2008. Use of modified atmosphere packaging to extend shelf-life of minimally processed jackfruit (Artocarpus heterophyllus L.) bulbs. **Journal of food engineering.** 87 : 455-466 .

Shewfelt, R.L. 1990. **Quality of fruits and vegetables**. Food Technol. 44 : 99–106.

Sila, D.N., Duvetter,T., Roeck, A.D., Verlent, I., Smout, C, Moates, G.K., Hills, B.P., Waldron, K.K., Hendrickx, M. and Loey, A.Van. 2008. Texture changes of processed fruits and vegetables : potential use of high-pressure processing. **Trends in Food Science & Technology**. 19 : 309 – 319.

Tano, K., Oul, M.K., Doyon, G, Lencki, R.W. and Arul, J. 2007. Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**. 46 : 212–221.

Vandekinderen, I., Devlieghere, F., Meulenaer, B.De., Veramme, K., Ragaert, P. and Camp, V.J.

2008. Impact of decontamination agents and a packaging delay on the respiration rate of fresh -cut produce. **Postharvest Biology and Technology.** 49 : 277-282.

Wang, H., Feng, H. and Luo, Y. 2007. Control of Browning and Microbial Growth on Fresh-Cut Apples by Sequential Treatment of Sanitizers and Calcium Ascorbate. **Journal of Food Science.** 72 : 001.

Wills, R.H.B., McGlasson, B., Graham, D. and Joyce, D. 1998. **Postharvest : An Introduction to the Physiology Handling of Fruit , Vegetables and Ornamentals.** 4th ed., Adelaide : UNSW Press, 262 p.

Witham, F.H., Blaydes, D.F., and Devlin, R.M. 1971. **Experiments in plant physiology.** Van Nostrand Reinhold Co., New York, pp.55-58.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก. 1 การสูญเสียน้ำหนัก

แยกผักชีฝรั่งออกมา 1 ชุด เพื่อใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการเก็บรักษา หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักผลทุกวันที่ทำการวัดผล นำค่าที่บันทึกได้ มาคำนวนดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น-น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

ก. 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, บี และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Whitham และคณะ, 1971)

นำใบของผักชีฝรั่งมา 1 กรัม บดด้วยเครื่องปั่นจนละเอียดแล้วเติมอะซีโตน (acetone) ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาณ 20 มิลลิลิตรเป็นตัวทำ ละลายคลอโรฟิลล์หลังจากนั้นนำ ไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และค่อยๆ เติมอะซีโตนลงไปจนไม่มีสีเขียวติดอยู่ที่กระดาษกรอง ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร นำ สารละลายที่สกัดได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสง(absorbance) ด้วยเครื่อง สเปกโตโฟรโตมิเตอร์เทียบกับตัวเปรียบเทียบ (blank) ที่เป็น acetone ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 645 และ 663 นาโนเมตร นำ ค่าที่ได้มาคำ นวณหาปริมาณ chlorophyll จากสมการ

C_a (μl /mg of plant extract) = $12.7A_{663} - 2.69A_{645}$

C_b (μl /mg of plant extract) = $22.9A_{645} - 4.68A_{663}$

$C_a + C_b$ (μl /mg of plant extract) = ปริมาณ total chlorophylls

กำหนดให้

A คือ ค่าดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)

C_a คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

C_b คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี

ก. 3 การหาปริมาณก๊าซภายในภาชนะบรรจุ

หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุโดยใช้เครื่อง โดยใช้เครื่อง (Checkpoint Handheld Gas Analyser) ทำการวัดโดยใช้หัววัดเสียบเข้าไปภายในภาชนะ

บรรจุแล้วปล่อยให้เครื่องดูดก๊าซเพื่อทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 30 วินาที อ่านค่าที่ได้ในหน่วยร้อยละของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก. 4 การหาอัตราการหายใจ

คำนวณอัตราการหายใจตามสมการของ (Kays., 1991)

$$R_{CO2} = \left(\frac{(G_{CO2})_{t+1} - (G_{CO2})_t}{\Delta t} \right) \frac{V_{fr}}{W}$$

R_{CO2} = respiration rate, ml $[CO_2]$ kg^{-1} h^{-1}

W = mass of vegetables, kg

T = storage time, h

Δt = time difference between two gas measurements, h

G_{CO2} = carbon dioxide concentration, percent

V_{fr} = free volume of the respiration, ml

t = storage time, h

หมายเหตุ ในการหาอัตราการหายใจของผักไม่คิดอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ของถุงพลาสติกรวมในสมการ

การหาปริมาตร (free volume : V_{fr}) ของถุงพลาสติก

ใช้หลักการแทนที่น้ำ ทำได้โดยนำผักปริมาณ100 ± 5 กรัม บรรจุในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP จากนั้นปิดผนึกถุงเช่นเดียวกับที่ทำการทดลองนำไปจุ่มลงในภาชนะที่มีน้ำเต็ม จากนั้นนน้ำที่ล้นออกมาไปตวงวัดปริมาณ และทำการหาปริมาตรผักโดยการแทนที่น้ำเช่นเดียวกัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ สามารถคำนวนได้จาก

V_f = V (ถุงพลาสติกที่บรรจุผักและปิดผนึก) - V (ผักปริมาณ100 ± 5)

เวลาที่ใช้คำนวน t คือวันแรกของการเก็บรักษาเป็นเวลาตั้งต้น และ t+1 คือ วันที่ทำการวัดผลการทดลอง

ก. 5 ตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัสค่าแรงเฉือน (shear force)

นำผักกระเฉดส่วนก้าน วัดค่าแรงเฉือนโดยใช้เครื่อง Texture analyzer TA-XT2i ใบหัววัดใบมีดแบบหน้าตัดเรียบ (HDP/WBR) ความเร็วในการตัด 5 มม./วินาที โดยตัดตามแนวขวางของก้านบันทึกค่าสูงสุดของกราฟค่าแรงเฉือนที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

ก.6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งพร้อมบริโภค

ทดสอบปัจจัยคุณภาพทางด้านกายภาพโดยรวม ด้วยแบบทดสอบ คุณภาพทางด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ ระดับคะแนน 1-5

สี

คะแนน 5 = ผักมีสีเขียวสดมากที่สุด ไม่มีส่วนที่เสียหรือมีสีเหลือง

คะแนน 4 = ผักยังคงมีสีเขียว เริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อย

คะแนน 3 = ผักเริ่มมีสีเหลืองประมาณร้อยละ 10 – 15 ของผักทั้งหมด

คะแนน 2 = ผักมีสีเหลืองร้อยละ 50 ของผักทั้งหมด

คะแนน 1 = ผักมีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งหมด

กลิ่น

คะแนน 5 = กลิ่นดีมาก เช่นเดียวกับผักกระเฉดสด

คะแนน 4 = กลิ่นดี ใกล้เคียงกับผักกระเฉดสด

คะแนน 3 = กลิ่นปานกลาง มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย

คะแนน 2 = กลิ่นผิดปกติค่อนข้างมาก

คะแนน 1 = กลิ่นไม่ดี ไม่เหมาะต่อการบริโภค กลิ่นผิดปกติรุนแรงมาก

เนื้อสัมผัส

คะแนน 5 = เนื้อสัมผัสดีมาก เช่นเดียวกับผักกระเฉดสด

คะแนน 4 = เนื้อสัมผัสดี ใกล้เคียงกับผักกระเฉดสด

คะแนน 3 = เนื้อสัมผัสปานกลาง ค่อนข้างเป็นเมือกลื่นเล็กน้อย

คะแนน 2 = เนื้อสัมผัสเป็นเมือกลื่นมาก

คะแนน 1 = เนื้อสัมผัสนิ่มและไม่เหมาะต่อการบริโภค

การยอมรับ

คะแนน 5 = ยอมรับได้มากที่สุด

คะแนน 4 = ยอมรับได้มาก

คะแนน 3 = ยอมรับได้ปานกลาง

คะแนน 2 = ยอมรับได้น้อย

คะแนน 1 = ยอมรับได้น้อยที่สุด

ก.7 แสดงระดับคะแนนทางด้านกายภาพของผักชีฝรั่งตัดแต่ง 5 ระดับ

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักชีฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษาคะแนน 5 ระดับ



ระดับคะแนน = 5 ระดับคะแนน = 4 ระดับคะแนน = 3



ระดับคะแนน = 2 ระดับคะแนน = 1

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ใบสีเขียวสด เป็นมัน

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ใบมีสีเขียว

ระดับคะแนน 3หมายถึง เริ่มเหลืองร้อยละ 10 – 15

ระดับคะแนน 2 หมายถึง เหลืองน้อยกว่าร้อยละ 50 แต่มากกว่าร้อยละ 10 – 15

ระดับคะแนน 1 หมายถึง เหลืองมากกว่าร้อยละ 50

ภาคผนวก ข

ข้อมูลจากการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ข1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน(ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	1.65±0.07	1.70±0.00	1.70±0.00	17.50±0.00	17.05±0.00	17.50±0.00
1	2.45±0.07	2.70±0.00	2.40±0.00	16.80±0.00	16.60±0.00	17.05±0.07
2	2.95±0.07	3.55±0.07	2.90±0.00	16.20±0.14	15.90±0.00	16.80±0.00
3	3.40±0.14	4.30±0.14	3.20±0.56	15.15±0.35	14.55±0.07	16.65±0.49
4	3.60±0.00	4.90±0.14	3.75±0.35	14.25±0.49	13.05±0.07	16.00±0.42
5	3.70±0.00	5.10±0.14	3.60±0.28	13.80±0.14	12.20±0.14	16.10±0.28
6	3.75±0.07	5.25±0.21	3.50±0.14	13.65±0.07	11.65±0.07	16.25±0.07
7	3.70±0.14	5.20±0.14	3.20±0.14	13.35±0.21	11.15±0.07	16.40±0.14
8	3.70±0.00	5.30±0.14	3.10±0.00	13.05±0.07	10.55±0.07	16.40±0.00
9	3.65±0.07	5.35±0.21	3.15±0.07	12.60±0.00	9.15±0.21	16.20±0.14
10	3.65±0.07	5.30±0.14	3.20±0.00	12.75±0.49	8.65±0.21	16.10±0.14
11	3.70±0.00	5.40±0.00	3.30±0.14	12.45±0.35	8.30±0.14	16.00±0.28

ตารางที่ ข2 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน (ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	1.95±0.07	1.95±0.07	1.85±0.07	16.85±0.07	16.80±0.00	16.85±0.07
1	3.30±0.28	3.60±0.28	3.85±0.35	15.80±0.42	15.70±0.14	15.65±0.35
2	3.70±0.14	4.35±0.21	3.40±0.14	14.60±0.42	14.25±0.35	15.90±0.00
3	3.75±0.07	4.20±0.14	3.10±0.00	13.40±0.56	11.80±0.28	16.00±0.14
4	3.80±0.00	5.15±0.07	3.30±0.14	13.35±0.64	11.30±0.28	16.20±0.14
5	3.75±0.07	5.15±0.07	3.50±0.28	12.90±0.70	10.40±0.28	16.05±0.35
6	3.60±0.14	5.15±0.07	3.60±0.14	13.10±0.14	9.00±0.28	16.00±0.14
7	3.70±0.00	5.00±0.14	3.70±0.14	13.00±0.00	8.25±0.21	16.15±0.07
8	3.60±0.00	5.00±0.00	3.90±0.14	13.05±0.07	7.70±0.28	16.00±0.00
9	3.50±0.14	5.00±0.00	3.95±0.07	13.10±0.00	7.35±0.21	16.00±0.14
10	3.40±0.00	4.90±0.00	4.00±0.14	13.30±0.00	7.20±0.28	15.90±0.00
11	3.50±0.00	4.75±0.07	4.10±0.00	13.15±0.07	6.95±0.07	15.80±0.14
12	3.60±0.14	4.80±0.00	4.25±0.07	13.00±0.00	6.95±0.35	15.65±0.07
13	3.75±0.07	4.90±0.14	4.30±0.14	13.00±0.07	6.90±0.28	15.50±0.28
14	3.80±0.00	5.00±0.14	4.50±0.28	13.00±0.00	6.85±0.35	15.30±0.28

ตารางที่ ข3 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	1.85±0.03	1.90±0.00	1.95±0.07	17.00±0.00	16.90±0.00	16.75±0.07
1	3.70±0.28	4.35±0.35	4.55±0.35	14.90±0.42	14.55±0.49	14.65±0.35
2	3.95±0.07	5.15±0.35	5.05±0.35	13.85±0.49	13.05±0.77	14.10±0.56
3	3.70±0.00	5.25±0.07	4.80±0.28	12.50±0.56	10.20±1.13	14.85±0.21
4	3.75±0.07	5.35±0.21	4.35±0.35	12.45±0.49	9.45±1.20	14.95±0.35
5	3.65±0.07	5.30±0.14	4.25±0.07	12.15±0.49	8.70±1.27	15.00±0.14
6	3.35±0.07	4.95±0.07	4.20±0.00	12.20±0.14	7.85±1.06	15.10±0.00
7	3.20±0.00	4.70±0.14	4.30±0.28	12.50±0.00	8.10±0.56	15.00±0.14
8	3.30±0.14	4.85±0.21	4.50±0.28	12.65±0.21	8.20±1.13	14.90±0.00
9	3.35±0.07	4.70±0.28	4.00±0.28	12.75±0.35	8.25±1.34	14.70±0.14
10	3.45±0.03	4.95±0.07	4.15±0.07	12.60±0.28	8.10±1.55	14.40±0.28

ตารางที่ ข5 อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

วันที่เก็บรักษา	อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr)					
	4 องศาเซลเซียส			10 องศาเซลเซียส		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	7.00±1.24	8.75±0.00	6.12±0.00	11.81±1.86	14.44±1.86	17.50± 2.47
1	5.69±0.62	8.09±0.31	5.25±0.00	7.66±0.31	10.50±0.62	6.78±0.31
2	5.10±0.62	7.58±0.41	4.37±1.65	5.25±0.00	6.56±0.21	3.64±0.21
3	4.26±0.15	7.00±0.31	4.48±0.77	4.05±0.15	7.00±0.00	3.17±0.15
4	3.59±0.12	5.95±0.25	3.32±0.00	3.15±0.00	5.60±0.25	2.89±0.37
5	3.06±0.00	5.18±0.31	2.62±0.21	2.41±0.31	4.67±0.21	2.55±0.10
6	2.56±0.09	4.37±0.18	1.87±0.18	2.19±0.09	3.81±0.26	2.31±0.09
7	2.24±0.08	3.94±0.15	1.53±0.00	1.80±0.08	3.33±0.08	2.24±0.08
8	1.94±0.14	3.55±0.21	1.46±0.07	1.51±0.21	2.96±0.07	2.04±0.00
9	1.75±0.00	3.15±0.12	1.31±0.00	1.27±0.06	2.58±0.06	1.88±0.06
10	1.63±0.39	2.94±0.00	1.27±0.11	1.23±0.06	2.23±0.00	1.79±0.06
11	-	-	-	1.20±0.15	2.08±0.05	1.75±0.00
12	-	-	-	1.21±0.09	1.98±0.054	1.65±0.05
13	-	-	-	1.16±0.04	1.91±0.04	1.66±0.13

หมายเหตุ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข 1 และ ที่ 10 องศาเซลเซียส ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข2 จากนั้นนำไปคำนวนตามภาคผนวกที่ ก 4

ตารางที่ ข6 อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

วันที่เก็บรักษา	อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr)					
	15 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิห้อง		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	16.19±2.78	21.44±3.09	22.75±2.47	27.12±1.24	35.87±2.47	28.87±4.95
1	9.08±0.46	14.22±1.55	13.56±1.24	11.81±0.62	20.56±0.62	13.34±2.78
2	5.32±0.10	9.77±0.21	8.31±0.62	8.60±1.03	13.27±0.21	9.92±1.24
3	4.10±0.23	7.55±0.46	5.25±0.62	6.01±0.46	9.19±0.31	7.00±0.62
4	3.10±0.18	6.67±0.77	4.53±0.71	5.91±2.16	8.42±0.77	6.30±0.99
5	2.15±0.05	4.45±0.10	3.28±0.10	4.16±0.51	7.80±1.96	4.96±0.21
6	1.65±0.04	3.50±0.18	2.94±0.26	4.69±2.56	9.00±0.88	8.06±0.62
7	1.55±0.11	3.23±0.23	2.79±0.23	-	-	-
8	1.43±0.03	2.72±0.27	1.99±0.21	-	-	-
9	1.40±0.00	2.67±0.06	1.92±0.00	-	-	-

หมายเหตุ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข 3 และ ที่อุณหภูมิห้องใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข 4 จากนั้นนำไปคำนวนตามภาคผนวกที่ ก 4

ตารางที่ ข7 อัตราการหายใจของผักชีฝรั่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr)			
	เก็บที่ 4 °C		เก็บที่ 10 °C	
	น้ำเปล่า	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	น้ำเปล่า	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก
0	10.07±0.62	7.88±1.24	16.19±0.62	14.44±0.62
1	8.53±0.31	6.78±0.31	11.60±0.30	10.72±0.31
2	6.28±0.21	6.28±0.21	9.33±0.00	8.90±0.21
3	5.69±0.31	5.69±0.62	7.44±0.00	7.11±0.16
4	5.52±0.12	5.26±0.25	6.22±0.12	6.39±0.13
5	4.74±0.31	4.53±0.21	5.32±0.31	4.74±0.31
6	4.32±0.26	4.32±0.09	4.38±0.18	4.38±0.18
7	3.83±0.31	4.16±0.00	3.72±0.31	3.28±0.00
8	3.75±0.21	3.01±0.00	3.45±0.07	3.55±0.07
9	3.37±0.18	2.71±0.00	3.11±0.06	3.20±0.06
10	2.55±0.45	3.22±0.06	2.87±0.33	2.71±0.33

ตารางที่ ข8 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	2.55±0.07	3.05±0.21	3.10±0.28	16.75±0.07	16.35±0.21	16.30±0.14
1	5.75±0.35	8.55±0.49	6.70±0.71	12.65±0.64	9.80±0.85	12.75±1.06
2	5.60±0.42	11.75±1.06	8.90±1.13	11.10±1.27	6.40±1.70	9.40±0.85
3	5.25±0.35	12.25±0.49	9.30±2.26	10.05±2.33	4.30±0.99	8.45±2.33
4	5.45±0.64	12.40±0.57	9.75±2.33	9.60±3.39	1.90±0.28	7.40±1.41
5	5.40±0.42	12.00±0.28	10.30±2.55	10.10±2.69	2.10±0.42	6.30±0.14
6	5.25±0.21	12.50±0.14	10.40±1.83	10.45±2.19	1.80±0.28	6.10±0.00
7	5.25±0.35	12.90±0.28	10.10±1.56	10.45±2.19	1.60±0.00	6.50±0.28
8	4.75±0.49	13.00±0.28	10.80±1.41	10.60±2.12	1.10±0.14	5.90±0.28
9	4.90±0.57	13.60±0.28	11.10±0.28	11.05±1.77	0.90±0.42	5.50±0.56
10	5.20±0.28	14.10±0.28	11.75±0.07	11.15±1.63	0.30±0.28	4.80±0.28

ตารางที่ ข9 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	3.05±0.35	4.25±0.64	2.95±0.35	16.45±0.35	15.35±0.49	16.30±0.28
1	7.35±0.07	10.60±0.42	9.30±1.13	9.75±0.07	7.65±0.35	9.60±1.55
2	8.40±0.14	14.90±1.13	11.80±0.42	5.50±0.56	1.95±1.91	7.15±0.77
3	8.70±0.00	16.30±0.14	11.85±1.63	2.75±1.20	0.00±0.00	6.70±0.85
4	8.00±0.14	15.60±0.14	11.10±0.57	2.70±1.55	0.05±0.07	7.30±0.07
5	7.60±0.28	13.90±0.57	11.00±0.99	1.55±0.92	0.10±0.07	8.00±0.28
6	7.75±0.07	13.05±0.21	11.10±0.42	2.00±0.71	0.00±0.00	7.40±0.42
7	7.20±0.14	12.50±0.28	11.30±0.85	3.20±0.41	0.00±0.00	7.30±0.42
8	7.75±0.07	12.20±0.00	11.80±0.28	2.75±0.21	0.00±0.00	7.00±0.56
9	8.35±0.21	12.70±0.42	12.50±0.28	2.10±0.28	0.00±0.00	6.70±0.28

ตารางที่ ข10 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	2.90±0.28	4.10±0.14	2.80±0.14	16.50±0.28	15.40±0.14	16.40±0.14
1	8.20±0.28	13.20±0.85	11.25±1.20	8.70±0.28	4.70±0.85	8.00±1.27
2	10.15±0.07	17.00±0.14	12.30±0.56	3.25±0.21	0.90±0.14	7.40±0.99
3	10.30±0.00	17.90±0.14	12.90±0.42	1.45±0.64	0.30±0.14	6.20±0.42
4	10.00±0.14	16.90±0.00	11.75±1.06	0.95±0.21	0.00±0.00	6.90±0.14
5	8.80±0.28	15.00±0.14	12.70±0.28	0.55±0.07	0.00±0.00	5.80±0.85
6	8.40±1.41	14.60±0.14	13.10±0.42	0.75±0.35	0.00±0.00	4.50±0.56
7	8.70±1.55	14.60±0.00	13.25±0.92	0.25±0.35	0.00±0.00	3.20±0.28

ตารางที่ ข11 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(ร้อยละ)					
	CO_2			O_2		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	2.65±0.71	3.60±0.14	3.00±0.28	16.80±0.00	16.00±0.14	16.30±0.28
1	10.95±0.07	21.85±1.20	17.55±0.07	0.00±0.00	0.00±0.00	0.25±0.07
2	11.10±0.14	21.95±0.21	17.80±0.28	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
3	11.10±0.14	22.20±1.13	17.80±0.28	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

ตารางที่ ข12 อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักกระเฉดตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

วันที่เก็บรักษา	อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr)					
	4 องศาเซลเซียส			10 องศาเซลเซียส		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	14.07±1.24	24.18±1.24	15.83±4.35	18.90±1.87	27.91±0.93	27.91±3.42
1	6.70±1.09	19.12±1.87	12.75±3.11	11.76±0.47	23.41±1.09	19.45±1.71
2	3.96±0.62	13.48±0.41	9.08±3.73	8.28±0.52	17.66±0.73	13.04±2.90
3	3.19±0.78	10.28±0.39	7.31±2.87	5.44±0.23	12.47±0.54	8.96±1.01
4	2.51±0.43	7.87±0.06	6.33±2.49	4.00±0.06	8.48±1.05	7.08±1.18
5	1.98±0.21	6.92±0.05	5.35±1.56	3.44±0.21	6.45±0.62	5.97±0.57
6	1.70±0.26	6.19±0.05	4.40±1.15	2.61±0.13	5.18±0.58	5.24±0.76
7	1.21±0.31	5.47±0.04	4.23±0.93	2.58±0.16	4.37±0.35	4.86±0.35
8	1.15±0.31	5.15±0.04	3.91±0.16	2.59±0.07	3.98±0.52	4.66±0.31
9	1.16±0.15	4.86±0.03	3.80±0.02	-	-	-

หมายเหตุ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข 8 และ ที่ 10 องศาเซลเซียสใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข 9 จากนั้นนำไปคำนวนตามภาคผนวกที่ ก 4

ตารางที่ ข13 อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr) ของผักกระเฉดตัดแต่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP

วันที่เก็บรักษา	อัตราการหายใจ (ml CO_2/kg.hr)					
	15 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิห้อง		
	LDPE 1	LDPE 2	PP	LDPE 1	LDPE 2	PP
0	23.30±0.00	40.00±3.11	37.14±4.66	36.49±0.62	80.22±4.66	63.96±1.56
1	15.93±0.77	28.35±0.62	20.88±1.55	18.57±0.47	40.33±0.78	32.53±0.00
2	10.84±0.42	20.22±0.41	14.80±0.83	12.38±0.31	27.25±1.86	21.69±0.00
3	7.80±0.15	14.07±0.15	9.84±1.01	-	-	-
4	5.19±0.00	9.58±0.25	8.70±0.12	-	-	-
5	4.25±0.83	7.69±0.21	7.55±0.21	-	-	-
6	3.64±0.80	6.59±0.09	6.56±0.66	-	-	-

หมายเหตุ อัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ข 10 และ ที่อุณหภูมิห้องใช้ ข้อมูลจากตารางที่ ข 11 จากนั้นนำไปคำนวนตามภาคผนวกที่ ก 4

ตารางที่ ข14 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (mg/100 g F.W.) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา						
		0	1	5	9	12	15	18
4 °C	น้ำเปล่า	9.13 ±0.06	8.83±0.71	7.21 ±0.19	7.16 ±0.26	6.38 ± 0.61	5.58 ±0.29	4.68 ±0.19
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	9.13±0.06	8.05±0.11	6.99 ±0.54	6.94±0.22	5.85 ±0.37	5.16 ±0.41	4.59 ±0.21
10 °C	น้ำเปล่า	8.73 ±0.00	7.36 ±0.15	6.74 ±0.39	6.08 ±0.14	5.78 ±0.37	4.66 ±0.17	4.48 ±0.20
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	8.73 ±0.00	7.62 ±0.38	6.92 ±0.39	6.42 ±0.31	5.85 ±0.07	4.66 ±0.19	4.62± 0.11

ตารางที่ ข15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (mg/100 g F.W.) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา						
		0	1	5	9	12	15	18
4 °C	น้ำเปล่า	3.47±0.01	3.30±0.24	3.15±0.12	2.79±0.09	2.92±0.24	2.23±0.18	1.87±0.08
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	3.47±0.01	3.10±0.02	2.99±0.22	2.68±0.07	2.70±0.29	2.31±0.21	1.83±0.05
10 °C	น้ำเปล่า	3.30±0.00	2.77±0.35	2.56±0.27	2.46±0.03	2.40±0.17	1.82±0.05	1.78±0.09
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	3.30±0.00	3.16±0.18	2.66± 0.16	2.52± 0.11	2.34±0.11	1.80±0.13	1.79±0.01

ตารางที่ ข16 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100 g F.W.) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา						
		0	1	5	9	12	15	18
4 °C	น้ำเปล่า	12.60±0.07	12.13±0.94	10.37±0.10	9.95±0.34	9.31±0.39	7.81±0.13	6.56±0.27
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	12.60±0.07	11.15±0.09	9.98±0.76	9.62±0.29	8.55±0.61	7.47±0.62	6.42±0.25
10 °C	น้ำเปล่า	12.03±0.01	10.12±0.43	9.30±0.60	8.54±0.15	8.18±0.54	6.48±0.21	6.26±0.28
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	12.03±0.01	10.78±0.54	9.58±0.54	8.94±0.40	8.20±0.04	6.46±0.32	6.42±0.10

ตารางที่ ข17 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา						
		0	1	5	9	12	15	18
4 °C	น้ำเปล่า	0.00±0.00	2.50±0.43	2.61±0.52	4.53±0.83	5.73±2.68	10.27±0.67	12.56±0.91
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	0.00±0.00	0.94±0.52	2.03±0.87	3.43±1.24	4.60±0.24	8.93±2.76	10.4±0.82
10 °C	น้ำเปล่า	0.00±0.00	3.98±0.86	4.39±0.31	5.27±0.71	6.99±0.24	10.77±0.57	12.32±0.40
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	0.00±0.00	3.78±0.24	4.48±1.36	5.85±2.35	6.56±1.00	11.77±1.10	13.02±0.39

ตารางที่ ข18 คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา						
		0	1	5	9	12	15	18
4 °C	น้ำเปล่า	5±0.00	5±0.00	4±0.00	3±0.58	2±0.58	2±0.58	1±0.58
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5±0.00	5±0.00	5±0.58	4±0.00	3±0.58	2±0.58	1±0.58
10 °C	น้ำเปล่า	5±0.00	5±0.00	4±0.58	4±0.00	3±1.00	3±0.58	2±0.58
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5± 0.00	5±0.00	3±0.58	4±0.58	3±0.58	3±0.58	2±0.00

ตารางที่ ข19 การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา					
		0	1	2	4	7	9
4 °C	น้ำเปล่า	0.00±0.00	0.52±0.22	1.97±0.44	3.51±0.85	4.89±0.59	5.27±0.58
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	0.00±0.00	0.49±0.07	2.17±0.34	3.03±0.31	6.35±1.27	7.33±1.07
10 °C	น้ำเปล่า	0.00±0.00	0.64±0.12	0.95±0.75	5.73±1.51	7.03±0.86	8.94±0.25
	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	0.00±0.00	1.98±0.47	2.49±0.50	4.85±0.31	6.47±1.29	10.07±1.02

ตารางที่ ข20 ค่าแรงเฉือนของผักระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ส่วนที่วัด	การล้าง	วันที่เก็บรักษา				
			0	2	4	7	9
4 °C	ยอด	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	27.81±1.66	25.99±0.91	28.49±7.10	24.10±0.67	22.60±1.94
		น้ำเปล่า	28.28±2.88	29.40±2.37	25.36±0.92	24.84±1.89	22.13±1.07
10 °C		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	30.35±1.00	28.61±2.83	29.58±2.49	26.95±2.33	26.36±3.14
		น้ำเปล่า	31.19±1.83	30.61±5.33	29.34±3.07	26.55±1.30	26.82±1.94
4 °C	กลาง	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	45.45±1.73	40.90±3.23	36.83±2.20	40.12±4.51	32.00±3.81
		น้ำเปล่า	37.45±3.45	36.65±3.64	36.86±7.53	33.28±2.43	31.19±0.47
10 °C		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	44.06±0.65	43.25±3.06	44.08±5.78	38.75±3.00	35.59±2.78
		น้ำเปล่า	44.15±1.53	42.90±2.73	39.57±2.58	38.06±0.18	36.60±3.34
4 °C	ล่าง	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	54.21±1.68	54.49±5.11	53.16±2.40	51.77±1.94	46.15±3.08
		น้ำเปล่า	55.80±6.37	50.61±0.77	50.02±6.36	50.85±3.42	44.24±1.00
10 °C		กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	60.49±5.47	55.37±2.37	54.06±0.97	53.15±0.52	49.20±3.43
		น้ำเปล่า	57.23±4.28	54.67±1.59	54.40±4.04	52.73±3.02	50.67±2.22

ตารางที่ ข21 คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สี และ กลิ่น ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ลักษณะ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา					
			0	1	2	4	7	9
4 °C	สี	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	4.47±0.83	4.27±0.70	4.33±0.62	4.13±0.52	3.87±0.83
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.40±0.74	3.80±1.15	4.13±0.64	3.67±0.72	2.73±1.33
10 °C	สี	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	4.33±0.82	4.13±0.52	3.87±1.19	3.87±0.74	3.47±1.00
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.33±0.62	3.67±0.72	3.60±1.18	3.53±1.55	2.67±1.05
4 °C	กลิ่น	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	4.33±0.72	3.73±1.03	3.80±0.77	3.60±0.83	3.07±1.44
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.13±0.74	3.93±0.79	3.87±0.52	3.60±0.63	3.13±0.74
10 °C	กลิ่น	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	3.93±0.70	3.60±0.63	3.80±0.77	3.53±1.41	3.20±0.86
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.27±0.70	3.60±0.83	3.80±1.01	3.53±1.30	3.00±1.00

ตารางที่ ข22 คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน เนื้อสัมผัส และ การยอมรับ ของผักกระเฉดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำเปล่าและล้างด้วยกรดเปอร์ออกซิอะซิติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ลักษณะ	การล้าง	วันที่เก็บรักษา					
			0	1	2	4	7	9
4 °C	เนื้อสัมผัส	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	4.27±0.80	4.07±0.70	3.80±0.68	3.93±0.80	3.00±1.25
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.00±1.13	3.80±0.77	3.60±1.30	3.40±0.83	3.00±1.00
10 °C	เนื้อสัมผัส	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	4.07±0.70	3.40±0.63	3.73±0.70	3.60±0.63	3.30±0.90
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.20±0.68	3.40±0.63	3.60±0.74	3.40±0.63	2.80±0.86
4 °C	การยอมรับ	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	4.20±1.01	4.27±0.59	4.00±0.65	3.80±1.01	3.60±0.98
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	3.93±0.96	3.47±0.91	3.80±0.68	3.33±0.90	3.53±0.91
10 °C	การยอมรับ	กรดเปอร์ออกซิอะซิติก	5.00±0.00	3.87±1.00	3.87 ±0.64	3.80±0.68	3.87±0.64	3.60±0.98
		น้ำเปล่า	5.00±0.00	4.27±0.70	3.53±0.74	3.67±1.23	3.53±0.74	2.67±0.62

ตารางที่ ข 23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	193.963	2	96.982	23.262	.000
Within Groups	287.665	69	4.169		
Total	481.629	71			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27.741	2	13.870	19.153	.000
Within Groups	49.968	69	.724		
Total	77.709	71			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	570.465	2	285.232	66.497	.000
Within Groups	373.175	87	4.289		
Total	943.640	89			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.185	2	10.092	22.933	.000
Within Groups	38.288	87	.440		
Total	58.473	89			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	242.319	2	121.160	29.204	.000
Within Groups	261.372	63	4.149		
Total	503.691	65			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.563	2	9.281	14.966	.000
Within Groups	39.070	63	.620		
Total	57.633	65			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	341.461	2	170.731	14.638	.000
Within Groups	524.851	45	11.663		
Total	866.313	47			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.174	2	9.087	3.301	.046
Within Groups	123.864	45	2.753		
Total	142.038	47			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	76.077	2	38.038	10.794	.000
Within Groups	222.017	63	3.524		
Total	298.094	65			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	43.674	2	21.837	1.651	.198
Within Groups	1071.234	81	13.225		
Total	1114.908	83			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	97.972	2	48.986	1.475	.237
Within Groups	1893.217	57	33.214		
Total	1991.189	59			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	194.681	2	97.341	1.293	.286
Within Groups	2935.452	39	75.268		
Total	3130.134	41			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	546.702	2	273.351	19.782	.000
Within Groups	870.559	63	13.818		
Total	1417.261	65			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	471.012	2	235.506	40.952	.000
Within Groups	362.297	63	5.751		
Total	833.309	65			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 32 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	345.089	2	172.545	9.435	.000
Within Groups	1042.416	57	18.288		
Total	1387.506	59			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	268.780	2	134.390	19.059	.000
Within Groups	401.929	57	7.051		
Total	670.710	59			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	181.302	2	90.651	3.715	.032
Within Groups	1098.097	45	24.402		
Total	1279.399	47			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	259.388	2	129.694	11.119	.000
Within Groups	524.911	45	11.665		
Total	784.299	47			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 34 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักกระเฉดตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ANOVA

O2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.168	2	.084	.001	.999
Within Groups	1202.019	21	57.239		
Total	1202.186	23			

ANOVA

CO2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	289.577	2	144.789	3.228	.060
Within Groups	941.879	21	44.851		
Total	1231.456	23			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 35 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	434.930	2	217.465	8.535	.001
Within Groups	1452.264	57	25.478		
Total	1887.194	59			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 36 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	304.132	2	152.066	2.751	.073
Within Groups	2818.696	51	55.269		
Total	3122.829	53			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 37 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	449.456	2	224.728	2.224	.122
Within Groups	3940.361	39	101.035		
Total	4389.817	41			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 38 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักกระเฉดตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 1 LDPE 2 และ PP ที่อุณหภูมิห้อง

ANOVA

Respiration

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2202.627	2	1101.313	2.934	.084
Within Groups	5629.716	15	375.314		
Total	7832.343	17			

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 39 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการสูญเสียน้ำหนักของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: w

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	59.685[a]	3	19.895	1.134	.341
Intercept	2664.432	1	2664.432	151.811	.000
wash	4.064	1	4.064	.232	.632
temp	45.750	1	45.750	2.607	.110
wash * temp	9.872	1	9.872	.562	.455
Error	1404.082	80	17.551		
Total	4128.199	84			
Corrected Total	1463.767	83			

a. R Squared = .041 (Adjusted R Squared = .005)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 40 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: chla

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.966[a]	3	2.322	1.012	.392
Intercept	3629.768	1	3629.768	1581.586	.000
wash	.267	1	.267	.116	.734
temp	5.742	1	5.742	2.502	.118
wash * temp	.957	1	.957	.417	.520
Error	183.601	80	2.295		
Total	3820.336	84			
Corrected Total	190.567	83			

a. R Squared = .037 (Adjusted R Squared = .000)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 41 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: chlb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.967[a]	3	.656	2.180	.097
Intercept	578.498	1	578.498	1923.483	.000
wash	.003	1	.003	.008	.927
temp	1.819	1	1.819	6.047	.016
wash * temp	.146	1	.146	.485	.488
Error	24.060	80	.301		
Total	604.525	84			
Corrected Total	26.027	83			

a. R Squared = .076 (Adjusted R Squared = .041)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 42 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: totalchl

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.186[a]	3	5.395	1.296	.281
Intercept	7106.632	1	7106.632	1707.641	.000
wash	.321	1	.321	.077	.782
temp	14.014	1	14.014	3.367	.070
wash * temp	1.851	1	1.851	.445	.507
Error	332.933	80	4.162		
Total	7455.752	84			
Corrected Total	349.119	83			

a. R Squared = .046 (Adjusted R Squared = .011)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 43 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอัตราการหายใจของผักชีฝรั่งตัดแต่งในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: respiration

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	46.185[a]	3	15.395	1.633	.188
Intercept	2965.891	1	2965.891	314.659	.000
wash	3.690	1	3.690	.391	.533
temp	42.478	1	42.478	4.507	.037
wash * temp	.016	1	.016	.002	.967
Error	791.762	84	9.426		
Total	3803.838	88			
Corrected Total	837.947	87			

a. R Squared = .055 (Adjusted R Squared = .021)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 44 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของผักชีฝรั่งตัดแต่ง ในถุงพลาสติก LDPE 2 ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: score

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.560[a]	3	.520	.307	.820
Intercept	1050.107	1	1050.107	620.753	.000
wash	.964	1	.964	.570	.452
temp	.583	1	.583	.345	.559
wash * temp	.012	1	.012	.007	.933
Error	135.333	80	1.692		
Total	1187.000	84			
Corrected Total	136.893	83			

a. R Squared = .011 (Adjusted R Squared = -.026)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 45 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการสูญเสียน้ำหนักของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: weight

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	27.370[a]	3	9.123	.955	.419
Intercept	896.288	1	896.288	93.797	.000
temp	23.173	1	23.173	2.425	.124
wash	4.144	1	4.144	.434	.512
temp * wash	.053	1	.053	.006	.941
Error	649.780	68	9.556		
Total	1573.438	72			
Corrected Total	677.150	71			

a. R Squared = .040 (Adjusted R Squared = -.002)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 46 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงเฉือนส่วนยอดของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: texT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	117.804[a]	3	39.268	3.796	.015
Intercept	44555.385	1	44555.385	4306.906	.000
temp	115.121	1	115.121	11.128	.002
wash	2.428	1	2.428	.235	.630
temp * wash	.255	1	.255	.025	.876
Error	579.326	56	10.345		
Total	45252.515	60			
Corrected Total	697.130	59			

a. R Squared = .169 (Adjusted R Squared = .124)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 47 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงเฉือนส่วนกลางของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: texM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	321.881[a]	3	107.294	5.259	.003
Intercept	90735.037	1	90735.037	4447.563	.000
temp	197.508	1	197.508	9.681	.003
wash	88.768	1	88.768	4.351	.042
temp * wash	35.605	1	35.605	1.745	.192
Error	1142.460	56	20.401		
Total	92199.378	60			
Corrected Total	1464.341	59			

a. R Squared = .220 (Adjusted R Squared = .178)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 48 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าแรงเฉือนส่วนล่างของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: texE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	175.329[a]	3	58.443	3.017	.037
Intercept	166514.105	1	166514.105	8595.657	.000
temp	144.429	1	144.429	7.456	.008
wash	30.090	1	30.090	1.553	.218
temp * wash	.810	1	.810	.042	.839
Error	1084.826	56	19.372		
Total	167774.259	60			
Corrected Total	1260.154	59			

a. R Squared = .139 (Adjusted R Squared = .093)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 49 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส วันที่ 1

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Color

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.617[a]	17	.625	1.216	.294
Intercept	1152.817	1	1152.817	2245.053	.000
Treat	.183	3	.061	.119	.948
Panel	10.433	14	.745	1.451	.173
Error	21.567	42	.513		
Total	1185.000	60			
Corrected Total	32.183	59			

a. R Squared = .330 (Adjusted R Squared = .059)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Odour

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14.733[a]	17	.867	2.333	.013
Intercept	1041.667	1	1041.667	2804.487	.000
Treat	1.400	3	.467	1.256	.302
Panel	13.333	14	.952	2.564	.009
Error	15.600	42	.371		
Total	1072.000	60			
Corrected Total	30.333	59			

a. R Squared = .486 (Adjusted R Squared = .278)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.100[a]	17	1.241	2.628	.006
Intercept	1025.067	1	1025.067	2170.729	.000
Treat	.667	3	.222	.471	.704
Panel	20.433	14	1.460	3.091	.002
Error	19.833	42	.472		
Total	1066.000	60			
Corrected Total	40.933	59			

a. R Squared = .515 (Adjusted R Squared = .319)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Acceptance

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	15.467[a]	17	.910	1.115	.372
Intercept	992.267	1	992.267	1216.202	.000
Treat	1.733	3	.578	.708	.553
Panel	13.733	14	.981	1.202	.309
Error	34.267	42	.816		
Total	1042.000	60			
Corrected Total	49.733	59			

a. R Squared = .311 (Adjusted R Squared = .032)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ข 50 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกระเฉดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์มยืด PVC ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส วันที่ 5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Colour

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	35.483[a]	17	2.087	2.015	.033
Intercept	608.017	1	608.017	587.051	.000
Treat	15.250	3	5.083	4.908	.005
Panel	20.233	14	1.445	1.395	.198
Error	43.500	42	1.036		
Total	687.000	60			
Corrected Total	78.983	59			

a. R Squared = .449 (Adjusted R Squared = .226)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Odour

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26.233[a]	17	1.543	1.843	.054
Intercept	576.600	1	576.600	688.641	.000
Treat	.333	3	.111	.133	.940
Panel	25.900	14	1.850	2.209	.024
Error	35.167	42	.837		
Total	638.000	60			
Corrected Total	61.400	59			

a. R Squared = .427 (Adjusted R Squared = .195)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.633[a]	17	1.273	1.395	.187
Intercept	552.067	1	552.067	605.399	.000
Treat	2.200	3	.733	.804	.499
Panel	19.433	14	1.388	1.522	.145
Error	38.300	42	.912		
Total	612.000	60			
Corrected Total	59.933	59			

a. R Squared = .361 (Adjusted R Squared = .102)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Acceptance

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.283[a]	17	1.252	1.625	.101
Intercept	673.350	1	673.350	873.760	.000
Treat	9.383	3	3.128	4.059	.013
Panel	11.900	14	.850	1.103	.383
Error	32.367	42	.771		
Total	727.000	60			
Corrected Total	53.650	59			

a. R Squared = .397 (Adjusted R Squared = .153)

หมายเหตุ Sig < 0.05 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุชาดา ไล้สุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดสมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550 จากนั้นศึกษาต่อระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2552 ขณะเรียนได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินปี 2550