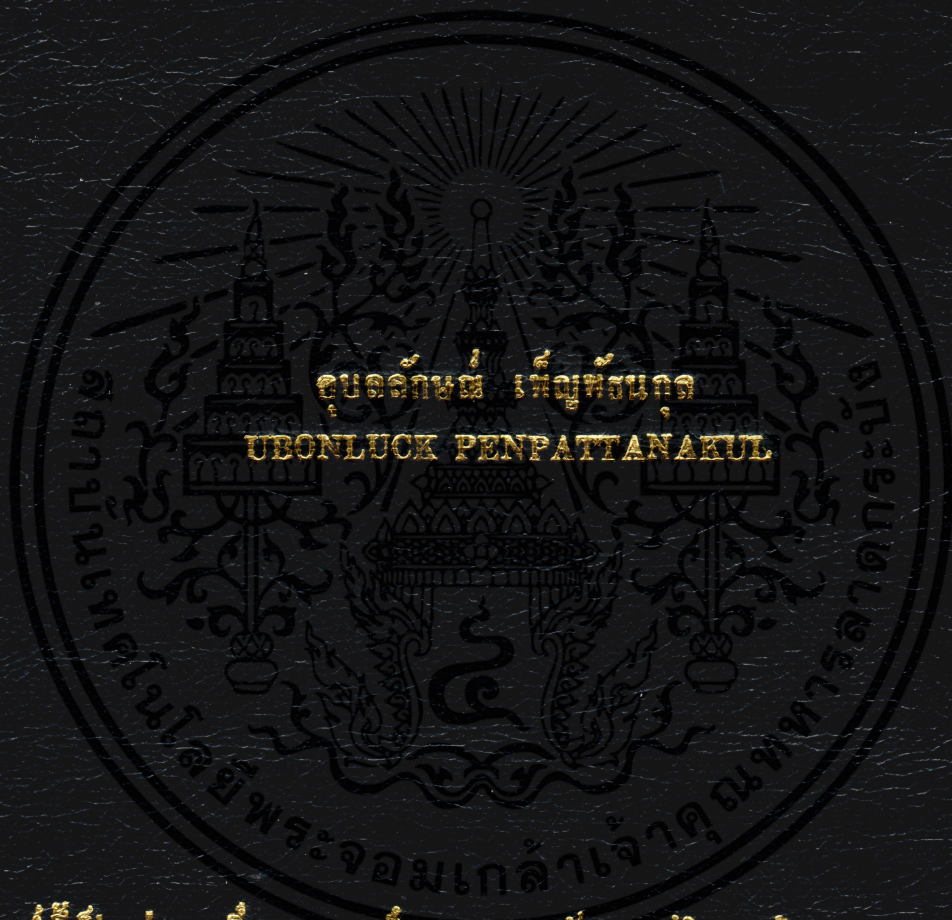


ผลของอุณหภูมิและชนิดของพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ
ของผักไฮโดรโปนิก

Effect of Temperatures and Plastic Types on Quality Changes
of Hydroponic Vegetables



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

KMITL-2011-AI-M-083-111

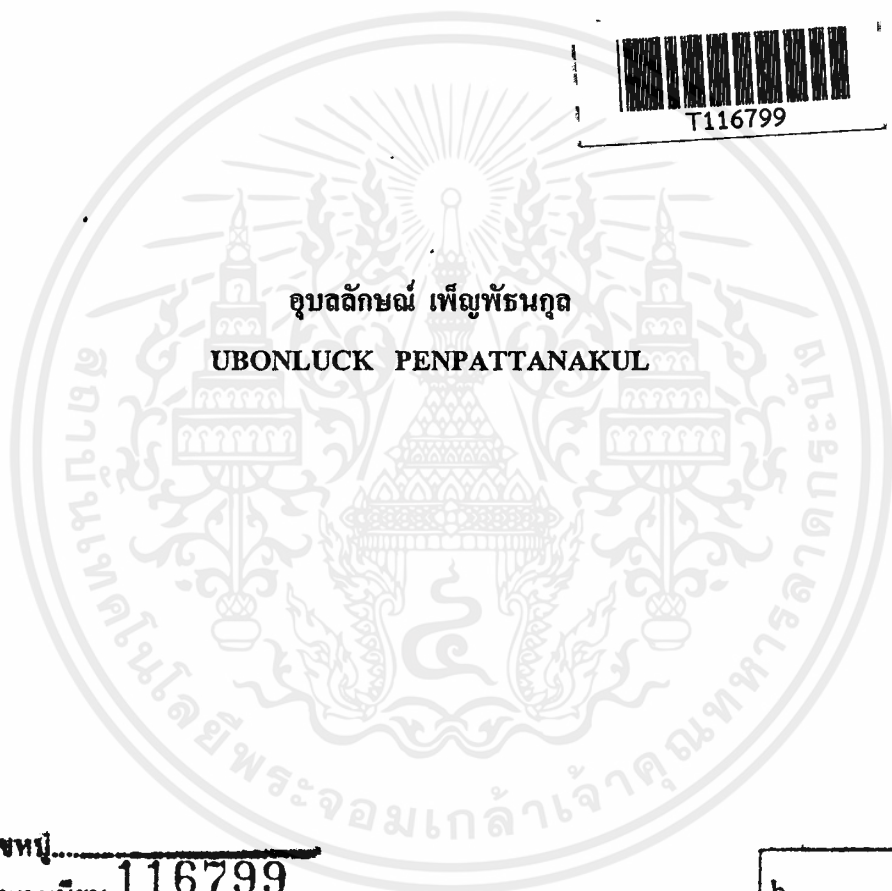
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**ผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ
ของผักไฮโดรโปนิก**

**Effect of Temperatures and Plastic Types on Quality Changes
of Hydroponic Vegetables**



T116799



อุบลลักษณ์ เพ็ญพัชรกุล

UBONLUCK PENPATTANAKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **116799**
วันเดือนปี **15 ส.ย. 2554**

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2554

KMITL-2011-AI-M-053-111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

**Effect of Temperatures and Plastic Types on Quality Changes
of Hydroponic Vegetables**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE**

FACULTY OF AGRO - INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2011

KMITL-2011-AI-M-053-111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามนำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACULTY OF AGRO - INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักไฮโดรโปนิก
นักศึกษา	นางสาวอุบลลักษณ์ เพ็ญพัทธกุล
รหัสประจำตัว	51068507
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

ผักไฮโดรโปนิกที่เลือกใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่ ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ผักเร้ดโอ๊ก (Red Oak) และผักโขม (Spinach) บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผัก เช่น สี ลักษณะปรากฏ ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ พบว่าที่ 4°C ผักที่บรรจุในถุง 1 และถุง 2 มีอัตราการหายใจในสัปดาห์แรก ผัก Butterhead เท่ากับ 81.44 และ 160.26 ml [O₂] / kg.h ผัก Red Oak เท่ากับ 121.08 และ 222.67 ml [O₂] / kg.h และผักโขม 143.55 และ 222.75 ml [O₂] / kg.h ตามลำดับ อัตราการหายใจของผักตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดที่ 10°C สูงกว่าที่ 4°C

ตรวจสอบคุณภาพของผักตัวอย่างพบว่าผัก Butterhead มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักจากวันแรกถึงวันที่ 11 บรรจุในถุง 1 ที่ 4 และ 10°C มีค่าเป็น 12.80 และ 15.87 ตามลำดับ ขณะที่บรรจุในถุง 2 มีค่า 14.13 และ 18.64 ตามลำดับ ผัก Red Oak ที่ 4°C ในถุง 1 และ 2 มีค่า 17.48 และ 19.84 ตามลำดับ ที่ 10°C ค่าที่ได้สูงกว่าที่ 4°C และผลการทดลองของผักโขมแสดงผลในทิศทางเดียวกันเมื่อติดตามปริมาณคลอโรฟิลล์โดยการวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ในหน่วยของ SPAD-value ของผัก Red Oak และผักโขมที่เก็บที่ 4 และ 10°C พบว่าผัก Red Oak ที่บรรจุในถุง 1 วันที่ 11 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 30.70 - 27.18 และช่วง 33.55 - 18.94 สำหรับผักโขมมีค่าระหว่าง 25.69 - 19.56 และ 26.89 - 10.10 ตามลำดับ ผักที่เก็บในถุง 2 จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงมากกว่าในถุง 1 ทั้งที่ 4 และ 10°C ผลการทดลองสรุปได้ว่าผักตัวอย่างทั้งสามชนิดเก็บที่ 4°C เหมาะสมกว่าเก็บที่ 10°C โดยผักที่เก็บในถุง 1 รักษาความสดได้ดีกว่าถุง 2 และมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผักที่เก็บในถุง 2 ทุกกรณีศึกษา

Thesis Title	Effect of Temperatures and Plastic Types on Quality Changes of Hydroponic Vegetables
Student	Miss Ubonluck Penpattanakul
Student ID.	51068507
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2010
Thesis advisor	Assoc. Prof. Ruchira Taprap

ABSTRACT

Three kinds of hydroponic vegetables (Butterhead, Red Oak and Spinach) were selected in this study. Two types of plastic bags, i.e., FF3 (bag 1) and LDPE 2 (bag 2), and two conditions of temperature (4 and 10°C) were used during storage. Measure the amount of oxygen and carbondioxide in those packages and examine the quality changes such as color, appearance, weight loss and chlorophyll of those vegetables. Samples in bag 1 and 2 at 4°C, respiration rates of Butterhead were 81.44 and 160.26 ml [O₂] /kg.h. Red Oak were 121.08 and 222.67 ml [O₂] /kg.h. Spinach were 143.55 and 222.75 ml [O₂] /kg.h. The respiration rates of those vegetables at 10°C were found to be higher than at 4°C.

To examine the quality changes of vegetables, the weight loss of Butterhead kept at 4 and 10°C in bag 1 had 12.80 and 15.87 % in the first week of storage. For Red Oak, it was 17.48 and 19.84 %. The result revealed that vegetables kept at 10°C having a higher weight loss as compared at 4°C. Similar result was observed in Spinach as well. When chlorophyll content was measured with Chlorophyll Meter in SPAD-value, the values of Red Oak kept at 4 and 10°C in bag 1 at the 11th of storage were 30.70 – 27.18, 33.55 – 18.94, respectively. For Spinach, the SPAD-value were 25.69 – 19.56 and 26.89 – 10.10, respectively. Samples in bag 2, at 4 and 10°C, have chlorophyll content lower than bag 1. The results showed that the quality of samples kept at 4°C were better than kept at 10°C. Moreover, bag 1 can prolong the freshness of vegetables and can retard the percentage of weight loss in every condition as compared in bag 2.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ความรู้ แนวความคิดและคำแนะนำอันมีค่า และเป็นประโยชน์ ในระหว่างการดำเนินงานและตรวจแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างดี ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ระจิตร สุวพานิช และ ดร. ชงชัย พุฒทองศิริ และ รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้เพิ่มเติมและแนวคิดด้านต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่การทำให้วิทยานิพนธ์ ให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการห้องวิทยาศาสตร์ รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ปริญาโทและปริญาเอกทุกๆคน ที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณพี่ๆ ที่ส่วนงานสารนิเทศและประชาสัมพันธ์ สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณพี่สุชัญญา ไชยชมภูและพี่ที่บริษัททานตะวันอุตสาหกรรม เป็นอย่างมาก ที่ได้อนุเคราะห์ถุงพลาสติกที่ใช้ในการทดลองและคำแนะนำต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา นายวิศว สว่างอารมณ์และผู้มีพระคุณที่มีได้เอ่ยนามทุกท่านที่เป็นกำลังใจที่ดีและให้การสนับสนุนรวมทั้งให้การช่วยเหลือ ในทุกด้านตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ให้กับข้าพเจ้าตลอดมาทำให้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อุบลลักษณ์ เพ็ญพรรณกุล
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VIII
สารบัญตาราง.....	X

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ผักไฮโดร โพนิก.....	3
2.1.1 ผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิก.....	5
2.1.2 ผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิก.....	8
2.1.3 ผักโคมที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิก.....	8
2.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผัก.....	10
2.2.1 การหายใจ.....	10
2.2.2 อัตราการหายใจ.....	13
2.2.3 การคายน้ำ.....	14
2.2.4 การเปลี่ยนแปลงสี.....	16
2.2.5 ปริมาณวิตามินซีที่เปลี่ยนแปลงไป.....	19
2.2.6 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์.....	19
2.2.7 การเสื่อมเสียทางชีวเคมี.....	20
2.3 การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้.....	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม.....	23
2.3.2 การเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม.....	24
2.3.3 การเก็บรักษาภายใต้สภาพคัดแปลงบรรยากาศ.....	25
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน.....	28
3.1 วัตถุประสงค์และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	28
3.1.1 วัตถุประสงค์.....	28
3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง.....	28
3.2 สถานที่ทำการทดลอง.....	29
3.3 วิธีการทดลอง.....	29
3.3.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกที่มีต่อปริมาณ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ทางกายภาพของผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิก.....	29
3.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกที่มีต่อปริมาณ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ทางกายภาพของผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิก.....	30
3.3.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกที่มีต่อปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซ คาร์บอน ไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ทางกายภาพของผัก โขมที่ปลูกแบบไฮโดร โพนิก.....	31
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	33
4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผักตัวอย่าง	33
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผัก บัตเตอร์เฮด (Butterhead).....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนของผักรีด โอ๊ก (Red Oak).....	36
4.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนของผักโขม.....	37
4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด.....	39
4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก.....	39
4.2.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead).....	39
4.2.1.2 การสูญเสียน้ำหนักของผักรีด โอ๊ก (Red Oak).....	41
4.2.1.3 การสูญเสียน้ำหนักของผักโขม.....	42
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักในระหว่างการเก็บรักษา.....	44
4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)....	44
4.2.2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักรีด โอ๊ก (Red Oak).....	45
4.2.2.3 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักโขม.....	47
4.2.3 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักในระหว่างเก็บรักษา.....	48
4.2.3.1 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักรีด โอ๊ก (Red Oak).....	49
4.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักโขม.....	50
4.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของผักในระหว่างเก็บรักษา.....	52
4.2.4.1 การเปลี่ยนแปลงสีของผักรีด โอ๊ก (Red Oak).....	52
4.2.4.2 การเปลี่ยนแปลงสีของผักโขม.....	56
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	59
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก ก. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	68
ภาคผนวก ข ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้เขียน..... 85

Data Sheet เครื่อง Checkpoint Handheld Gas Analyser

Data Sheet เครื่อง Chlorophyll Meter

Data Sheet เครื่อง Minolta CR-400



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ป้ายรับรองอาหารปลอดภัยที่สำคัญในประเทศไทย.....	6
2.2 ภาพผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก.....	7
2.3 ภาพผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก.....	8
2.4 ภาพผักโคมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก.....	9
2.5 กลไกการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration).....	12
2.6 สูตรโครงสร้างคลอโรฟิลล์เอ และ บี.....	17
2.7 การสลายตัวของคลอโรฟิลล์.....	18
2.8 ภาพแสดงปฏิกิริยา Hydroxylation.....	20
2.9 ภาพแสดงปฏิกิริยา Dehydrogenation.....	20
2.10 ภาพแสดงการกลไกของโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase)บน โมโนฟีนอล (monophenols) และ ไดฟีนอล (diphenols).....	21
2.11 ภาพแสดงขอบเขตภายในและภายนอกของสารประกอบฟีนอลิก(phenolic compounds) และ เอนไซม์ฟีนอลิกออกซิเดส (polyphenol oxidase and peroxidase).....	22
2.12 ภาพแสดงลักษณะเฉพาะของถุงพลาสติก ff 3 (ถุง 1).....	27
4.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผัก Butterhead ที่อุณหภูมิ 4°C.....	34
4.2 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผัก Butterhead ที่อุณหภูมิ 10°C.....	35
4.3 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผัก Red Oak ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	37
4.4 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของผักโคม ที่อุณหภูมิที่ 4 และ 10°C.....	38
4.5 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผัก Butterhead ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	40
4.6 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผัก Red Oak ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	41
4.7 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผักโคมที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	43

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผัก Butterhead ระหว่างการเก็บรักษา....	45
4.9 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผัก Butterhead ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	45
4.10 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผัก Red Oak ระหว่างการเก็บรักษา.....	46
4.11 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผัก Red Oak ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	46
4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผัก โขมระหว่างการเก็บรักษา.....	48
4.13 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผัก โขม ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	48
4.14 ค่า SPAD value ของผัก Red Oak ที่ตัดราก ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	50
4.15 ค่า SPAD value ของผัก โขมที่ตัดราก ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C.....	52
4.16 ค่าความสว่าง L ค่าความเป็นสีเขียว a และค่าความเป็นสีแดง b ของผัก Red Oak ที่ตัดราก....	55
4.17 ค่าความเป็นสีเขียว a เทียบกับค่า SPAD value (a) และ ค่าความเป็นสีเขียว b เทียบกับค่า SPAD value (b) ของผักเร้ด โอ๊ก (Red Oak) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2).....	56
4.18 ค่าความสว่าง L ค่าความเป็นสีเขียว a และค่าความเป็นสีแดง b ของผัก โขมที่ อุณหภูมิ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2).....	57
4.19 ค่าความเป็นสีเขียว a เทียบกับค่า SPAD value (a) และ ค่าความเป็นสีเขียว b เทียบกับค่า SPAD value (b) ของผักเร้ด โอ๊ก (Red Oak) ที่ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2).....	58
ก 1 แสดงรูปถ่ายเครื่องวัดก๊าซที่เปลี่ยนแปลง และตำแหน่งที่วัด.....	68
ก.2 แสดงรูปถ่ายเครื่อง Chlorophyll Meter เครื่องวัดสี Minolta CR-400 และแผนผังแสดงสี....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางอาหารของผักสลัด Butterhead ในน้ำหนัก 100 กรัม.....	7
2.2 คุณค่าทางอาหารของผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก ในน้ำหนัก 100 กรัม.....	9
2.3 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศตัดแปลงหรือบรรยากาศควบคุมสำหรับผักและผลไม้ ที่ ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 – 95 %.....	26
ข1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	72
ข2 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดไม่ตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	73
ข3 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	74
ข4 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดไม่ตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส.....	75
ข5 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผัก Red Oak ชนิดตัดรากในถุง พลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	76
ข6 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักโขมชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	77
ข7 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของผัก Butterhead ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข8 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของฝัก Red Oak ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	79
ข9 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของฝักโคม ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	80
ข10 ปริมาณคลอโรฟิลล์หน่วยของค่า SPAD Value ของฝัก Red Oak ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	81
ข11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่วยของค่า SPAD Value ของฝักโคม ชนิดตัดราก ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	82
ข12 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ค่า L, a, b ของฝัก Red Oak ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	83
ข13 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ค่า L, a, b ของฝักโคมในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันความต้องการผักสดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก (hydroponic vegetables) มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคได้หันมาใส่ใจด้านสุขภาพกันมาก ผักสดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก (hydroponic vegetables) เป็นผักที่สะอาด ไม่มียาฆ่าแมลง ไม่มีการปนเปื้อนกับสารเคมีจากดิน ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นการปลูกแบบฟาร์มระบบปิด มีการควบคุมอุณหภูมิในการปลูก ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนและมั่นใจว่าดีต่อสุขภาพ อีกทั้งยังสะดวกในการหาซื้อและลดระยะเวลาในการเตรียมเพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาหาร (Roitner-Schobesberger *et al.*, 2007) ดังนั้นความสดของผักจากฟาร์มถึงผู้บริโภคนั้นจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตและการขาย (Penau *et al.*, 2006) โดยธรรมชาติของผักหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วยังคงมีการหายใจและมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเกิดขึ้น เช่น การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพ จึงเก็บรักษาได้ไม่นาน การเก็บรักษาผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้นนั้นอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเก็บรักษาผักและผลไม้ให้คงคุณภาพดีได้อย่างสม่ำเสมอเป็นเวลานาน โดยทั่วไปแล้วจะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากจะช่วยชะลออัตราการหายใจ และปฏิกิริยาเคมีต่างๆของกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ยาวนานมากขึ้น โดยปัจจุบันนิยมเก็บรักษาผักและผลไม้แปรรูปเบื้องต้นที่อุณหภูมิต่ำควบคู่กับการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ (พรทิพย์ วิสารทนนท์, 2550)

ผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก (hydroponic vegetables) หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติและไม่ได้บรรจุในภาชนะที่เหมาะสม พบว่าจะมีการเหี่ยวเฉา ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็ว และแห้งกรอบในที่สุด ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น ดังนั้นการเลือกภาชนะบรรจุที่ใช้ในการเก็บรักษาผักก็มีส่วนช่วยในการยืดอายุและรักษาคุณภาพของผักให้คงความสดไว้ได้นานขึ้น ภาชนะบรรจุที่นิยมใช้ในการบรรจุเพื่อการขนส่งและจำหน่ายแก่ผู้บริโภคคือ ถุงพลาสติก และการใช้ฟิล์มพลาสติกห่อหุ้ม ซึ่งถุงพลาสติก และฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดมีความหนาและอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับอัตราการหายใจและการคายน้ำของผัก การใช้ถุงพลาสติกหรือฟิล์มพลาสติก เพื่อทำให้เกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศในการเก็บรักษา จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ถุงพลาสติกและฟิล์มพลาสติกเหล่านี้จะทำให้อาหารดูน่ารับประทานมากยิ่งขึ้นและยังจะช่วยป้องกันการปนเปื้อน

ต่างๆ ทั้งจากจุลินทรีย์ แมลงและจากสิ่งแวดล้อมที่จะปลอมปนติดมากับอาหารในขณะที่เก็บรักษาได้อีกด้วย (Vainionpaa., 2004)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดของพลาสติกที่มีผลต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกของผักไฮโดรโปนิคตัวอย่าง
2. เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักสดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค (hydroponic vegetables) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันและบรรจุในถุงพลาสติกที่ต่างชนิดกัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาชนิดของถุงพลาสติกและอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผักสดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค (hydroponic vegetables) รวมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักตัวอย่าง โดยมีการตรวจวัดสี การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงค่าคลอโรฟิลล์ ในระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักไฮโดรโปนิค (Hydroponic vegetables)

ผัก หมายถึง เนื้อเยื่อส่วนใดๆของพืชที่มีลักษณะอ่อนสามารถนำมาบริโภคได้ เช่น ลำต้น ใบ ก้าน ยอด หน่อ ดอก เมล็ดและราก เป็นต้น โดยเป็นอาหารที่มีองค์ประกอบที่จำเป็นต่อชีวิตมนุษย์ คือ วิตามินและเกลือแร่ รวมถึงแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานแก่ร่างกายนำไปใช้ในด้านต่างๆ และทำให้ร่างกายมีความต้านทานต่อโรคภัยต่างๆ ซึ่งลักษณะการบริโภคผักอาจแตกต่างกันไปตามความต้องการแต่ละบุคคล (ดวงกมล, 2549)

ผักไฮโดรโปนิค (hydroponic vegetables) คือ การปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน แต่ปลูกลงบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ซึ่งมีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น การปลูกพืชไร้ดิน การปลูกพืชในน้ำที่มีธาตุอาหารพืช การปลูกพืชในสารอาหารพืช การปลูกพืชในวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดินที่มีธาตุอาหารพืช การปลูกพืชโดยไม่ให้รากพืชสัมผัสสารอาหาร โดยตรงที่ไม่มีดินเป็นเครื่องปลูก เป็นต้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ 2 ลักษณะ ตามระบบหรือวิธีการปลูกและความหมายของคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษ 2 คำ คือคำว่า Soilless Culture และ Hydroponic เป็นวิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุในการปลูก ซึ่งวัสดุปลูกแทนดินนี้มีหลายชนิด คือ วัสดุนินทรีย์สาร (inorganic) เช่น

- 1 วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทราย กรวด หิน เกล็ด หินภูเขาไฟ หินซิลท์
 - 2 วัสดุที่ผ่านขบวนการ โดยใช้ความร้อน เช่น ดินเผา เม็ดดินเผา โยหินหรือร็อควูล เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลต์
 - 3 วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษอิฐจากการทำอิฐมอญ เศษดินเผาจากโรงงานเครื่องปั้นดินเผา
- วัสดุอินทรีย์สาร (organic) เช่น

- 1 วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว แกลบและขี้เถ้าเปลือกถั่ว
 - 2 วัสดุที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ขานอ้อย กากตะกอนจากโรงงานน้ำตาล
- วัสดุเหลือใช้จากโรงงานกระดาษ

วัสดุสังเคราะห์ เช่น เมล็ดโฟม แผ่นฟองน้ำ และ สารดูดความชื้น เส้นใยพลาสติก จะเรียกวัสดุที่ใช้ปลูกพืชนี้ว่า ซับสเตรท (Substrate) โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกจากการได้รับธาตุอาหารที่มีน้ำผสมกับปุ๋ยที่มีธาตุต่างๆ ที่พืชต้องการ (Nutrient Solution)

ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากคำว่า ไฮโดรโปนิก (Hydroponic) เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (non substrate หรือ water culture) คือ จะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง (water culture) เนื่องจากคำว่า Hydroponic มาจากการรวมคำในภาษากรีกสองคำ คือ Hydro หมายถึง น้ำ และ Ponos หมายถึง งาน เมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกัน ความหมายคือ Water-working หมายถึง การทำงานของน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืช การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากคำว่า ไฮโดรโปนิก (Hydroponic) จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชให้ดี

ประโยชน์ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน คือ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นวิทยาการทางวิทยาศาสตร์ผสมกับศิลปะโดยสามารถปลูกได้ในทุกสถานที่ ไม่ว่าจะเป็นการปลูกจำนวนน้อยเพื่อบริโภคในครัวเรือน การผลิตเชิงธุรกิจหรือในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เพราะใช้น้ำลดลงถึง 10 เท่าของการปลูกแบบธรรมดา เป็นวิธีที่เหมาะสมกับความต้องการสำหรับผู้ปลูกที่มีพื้นที่ปลูกน้อย เช่น แฟลต อพาร์ทเมนต์ จึงสามารถปลูกได้ในเมืองหลวงของเมืองที่แออัดด้วยผู้คน เช่น ในประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน ฮองกง เกาหลี เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ เบลเยียม เป็นการปลูกแบบขนาดเล็กๆ เพื่อปลูกไว้ดูเล่น และมีอาหารจากการปลูกเพื่อบริโภคในครอบครัวจะไม่มี ความยุ่งยากในการปลูก และดูแลรักษาเปรียบเหมือนกับการทำสวนตามปกติที่ให้ความเพลิดเพลิน ค่าใช้จ่ายค่าประหยัดเวลาและแรงงานในการเตรียมดินและกำจัดแมลง ให้ผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกสูง สามารถผลิตได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง แต่ถ้าเป็นการปลูกในเชิงการค้าจะต้องมีการใช้หลักการ เทคนิคต่างๆ ในการควบคุมการผลิตมากยิ่งขึ้น ที่สำคัญ คือ ผักไฮโดรโปนิก (hydroponic vegetables) เป็นผักที่ผู้บริโภคจำนวนมากตระหนักถึงว่าเป็นผักที่มีคุณภาพ ไม่มีสารตกค้าง ไม่มีปัญหาศัตรูพืชจากดิน และยาฆ่าแมลงใดๆปนเปื้อนมากับผัก จึงปลอดภัยและนิยมนำมาบริโภค (Zhang, 2005) แรงจูงใจของการเลือกซื้อผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก (hydroponic vegetables) มี 3 ปัจจัยหลัก คือ

1. ขอมรับว่าดีต่อสุขภาพ เพราะมีปริมาณของสารตกค้างในปริมาณที่น้อย
2. เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันในการเลือกบริโภคผักชนิดนี้
3. เป็นอาหารที่รสชาติที่ดีและเมื่อทานจะดูมีรสนิ่มและต้องมีแหล่งในการหาซื้อ เนื่องจากมีราคาที่ค่อนข้างแพงกว่าผักที่ปลูกบนดินและต้องหาซื้อในห้างสรรพสินค้าเท่านั้น (Fillion and Arazi., 2002 และ McEachern and McClean., 2002)







ความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชบนดินตามธรรมชาติกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ปกติพืชจะเจริญเติบโตได้ดีจะต้องมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสม คือ สภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ ธาตุอาหารพืชที่มาจากดิน น้ำ และอากาศ (ออกซิเจน ไฮโดรเจน และ

คาร์บอนไดออกไซด์) รากส่วนเหนือดิน การที่พืชจะนำธาตุอาหารไปใช้นั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของดิน การปลูกพืชบนดินทั่วไปจะมีธาตุอาหารและอากาศเป็นปัจจัยที่พืชต้องการ ก็มีข้อเสีย คือ ดินจะไม่มีควมอุดมสมบูรณ์ตามที่พืชต้องการ ดินจะมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ เช่น โครงสร้างของดิน ปริมาณธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ค่า pH ไม่เหมาะสม ยากต่อการปรับปรุง และเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาเหล่านี้จึงทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน ส่วนการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นพืชจะได้รับสารละลายที่มีธาตุอาหารประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะมีการปรับค่า pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อพืชอยู่ตลอดเวลา

ผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค (hydroponic vegetables) นี้ถือเป็นผักที่มีความปลอดภัย โดยในการวางจำหน่ายนั้นจะต้องมีตรา ป้ายรับรองและเครื่องหมายแสดงอยู่ด้วย ภาพที่ 2.1 เป็นตัวอย่างป้ายรับรองอาหารปลอดภัยที่สำคัญของไทย

2.1.1 ผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค

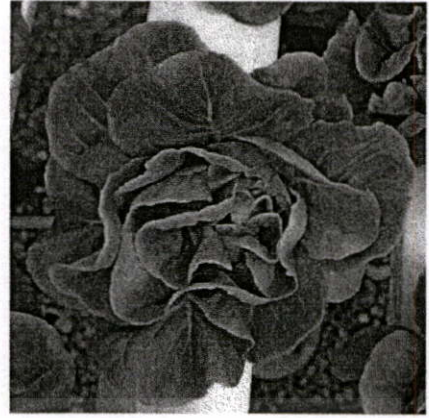
ผักสลัด Butterhead มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Lactuca sativa* L. cv. Butterhead ลักษณะโดยทั่วไป รูปร่างเป็นพุ่มคล้ายดอกกุหลาบ ใบมน เป็นมัน อัดแน่นเป็นใจผัก ทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ดี รสชาติหวาน กรอบ ไม่ขม เป็นผักสลัดที่มีรูปร่างสวยงามคล้ายดอกไม้ ประโยชน์ คือ เป็นพืชเศรษฐกิจนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารควบคู่กับน้ำสลัด แซมเบอร์เกอร์ แซนวิช หรือจะนำมาผัดน้ำมันหอย ผัดผักรวมมิตร แกงจืด เมี่ยงคำ และสามารถทานแก้มกับยาได้ด้วย นอกจากนี้ในผักสลัดแบบไฮโดรโปนิคนี้ยังมีสารอาหารต่างๆอีกมากมายที่ให้ประโยชน์กับร่างกาย เช่น พลังงาน วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินเค โฟเลต ธาตุเหล็ก เป็นต้น รูปร่างและลักษณะทั่วไปของผัก Butterhead แสดงในภาพที่ 2.2 และคุณค่าทางโภชนาการของผัก Butterhead แสดงในตารางที่ 2.1

Label	Title of the label (including the translation of the Thai text on the label)	Origin and description
	Hygienic food Pilot project for hygienic fresh vegetables and fruits - Hygienic fresh vegetables and fruits - Department of Agriculture	The label was originally used on produce originating from the "Hygienic fresh fruit and vegetable production pilot project" that was initiated in 1991 by the Dept. of Agriculture (Ministry of Agriculture and Cooperatives). In the project, the use of synthetic chemicals is regulated and controlled. The label is meant to be replaced by the new 'Food quality and safety' label (below)
	Food quality and safety Ministry of Agriculture and Cooperatives - "Safe Food"	This quality and safety certification label is given to agricultural commodities and food products that conform to the standards established by the National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (Ministry of Agriculture and Cooperatives)
	Pesticide-safe vegetables Quality certification for toxic substances control - Department of Medical Science - Ministry of Public Health	The Ministry of Public Health assigns the label to retailers who conduct tests for toxic substances before selling the products. The label is used on fresh food products that meet the safety requirements of the Ministry of Public Health
	Organic Thailand Organic Products	The official organic label by the Department of Agriculture. It indicates that the product has been produced according to the organic farming standards set by the Department of Agriculture
	Organic Agriculture Certification Thailand (ACT)	These products are certified organic by Organic Agriculture Certification Thailand (ACT), a private certification body accredited with IFOAM since 2001
	IFOAM	Label of the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). Although IFOAM does not certify organic farms itself, the label can be used by certifying bodies accredited by IFOAM

ภาพที่ 2.1 ป้ายรับรองอาหารปลอดภัยที่สำคัญในประเทศไทย

ที่มา : IPM-DANIDA, 2003 และ Eischen *et al.*, 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ภาพผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

ที่มา : <http://www.google.co.th>

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของผักสลัด Butterhead ในน้ำหนัก 100 กรัม

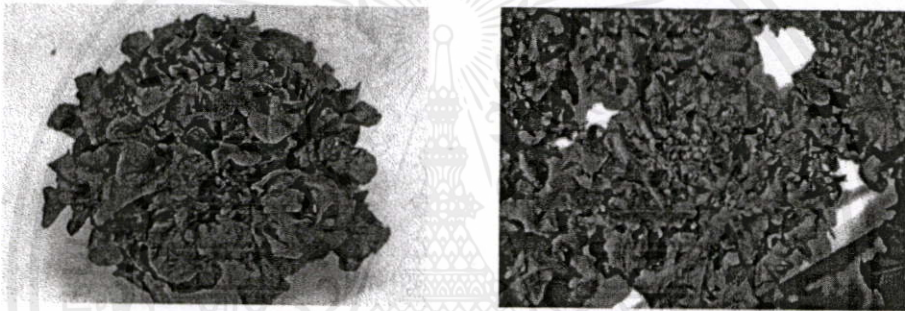
คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณสารอาหาร (กรัม)
พลังงาน	55 กิโลจูล (13 กิโลแคลอรี)
คาร์โบไฮเดรต	2.2
เส้นใย	1.1
ไขมัน	0.2
โปรตีน	1.4
น้ำ	96
วิตามินเอ	0.000166
โฟเลต	0.000073
วิตามินซี	0.004
วิตามินเค	0.000024
เหล็ก	0.0012

ที่มา : <http://www.google.co.th>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

ผักสลัด Red Oak มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Lactuca sativa* L. cv. Red Oak ลักษณะโดยทั่วไป เป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นกอ เป็นผักกาดหอม พันธุ์ใบไม่ห่อหัวชนิดหนึ่ง ใบและขอบใบหยัก มีสีเขียวปนแดง รสชาติหวาน กรอบ ใบฉ่ำ นิยมนำมารับประทานเป็นอาหารควบคู่กับน้ำสลัด แซมเบอร์เกอร์ แซนวิช หรือจะนำมาผัดน้ำมันหอย ผัดผักรวมมิตร แกงจืด เมี่ยงคำ และสามารถทานแก้ลมกับยาได้ด้วย นอกจากนี้ในผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกนี้ยังมีสารอาหารต่างๆอีกมากมายที่ให้ประโยชน์กับร่างกายคล้ายผักกาดหอม เช่น พลังงาน วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินเค โฟเลต ธาตุเหล็ก เป็นต้น รูปร่างและลักษณะทั่วไปของผัก Red Oak แสดงในภาพที่ 2.3 และคุณค่าทางโภชนาการของผัก Red Oak คล้ายกับผัก Butterhead ในตารางที่ 2.1



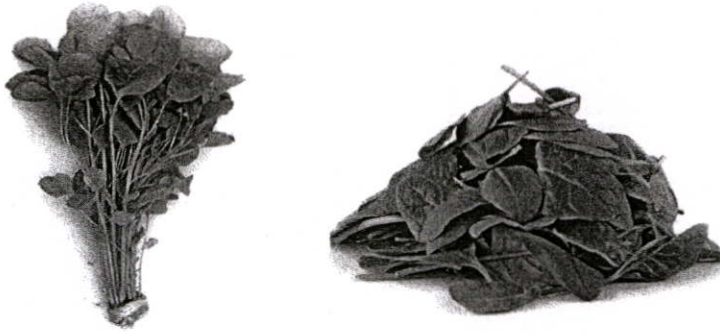
ภาพที่ 2.3 ภาพผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

ที่มา : <http://www.google.co.th>

2.1.3 ผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

ผักโขมที่ปลูกแบบแบบไฮโดรโปนิกที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Spinachia oleracea* ลักษณะโดยทั่วไป จะคล้ายๆผักกระสัง แต่ใบจะมีขนาดใหญ่กว่ามาก ขาวประมาณ 2-30 เซนติเมตร กว้าง 1-15 เซนติเมตร นิยมรับประทานกับชีส สไตล์ฝรั่งเศส เช่น ผักโขมอบชีส ชูปรีมผักโขม พาย เป็นต้น สารอาหารต่างๆในผักโขม เช่น พลังงาน ธาตุเหล็ก แคลเซียม วิตามินเอ วิตามินซี เป็นต้น รูปร่างและลักษณะทั่วไปของผักโขม แสดงในภาพที่ 2.4 และคุณค่าทางโภชนาการของผักโขม แสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 รูปภาพผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค

ที่มา : <http://www.google.co.th>

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค ใน 100 กรัม

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณสารอาหาร (กรัม)
พลังงาน	97 กิโลจูล (23 กิโลแคลอรี)
คาร์โบไฮเดรต	3.6
น้ำตาล	0.4
เส้นใย	2.2
ไขมัน	0.4
โปรตีน	2.2
วิตามินเอ	9400 IU *
-เบต้า แคโรทีน	0.005626
-ลูทีน และ ซีแซนโทน	0.012198
โฟเลต	0.000194
วิตามินซี	0.028
วิตามินอี	0.002
วิตามินเค	0.000483
แคลเซียม	0.099
เหล็ก	0.0027

* 1 IU = retinol 0.3 mg, beta carotene 0.6 mg. เอกสารที่ 1 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม : <http://www.google.co.th> แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผัก

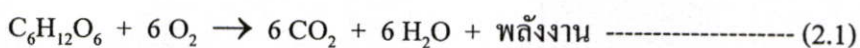
ผักและผลไม้หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วยังคงมีชีวิตอยู่ จึงมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีเกิดขึ้นภายในเซลล์อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นอายุในการเก็บรักษาของผลิตผลจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีภายในผลิตผลนั้นๆ เช่น การเหี่ยว ขนาด และน้ำหนักลดลง การหายใจลดลง การผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ทราบได้จากลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ความสด สี ความนุ่มซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือจากการใช้มือบีบ กด แต่การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการต้องอาศัยวิธีวิเคราะห์ทางเคมีจึงจะทราบได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตผลแต่ละชนิด เพราะพืชผักแต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจที่แตกต่างกันออกไป ตามลักษณะของผลิตผล

2.2.1 การหายใจ (Respiration)

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต นำพลังงานที่สะสมไปใช้ในการเจริญเติบโต และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการทำให้คุณค่าทางอาหารของผลิตผลลดลงเรื่อยๆ เพราะการหายใจเป็นการดึงอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา ส่งผลให้เสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นด้วย โดยพืชผักแต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจที่แตกต่างกัน ส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโตจะมีอัตราการหายใจที่สูงทำให้เกิดการสูญเสียและมีอายุในการเก็บรักษาที่สั้นกว่าส่วนของพืชที่มีอัตราการหายใจต่ำ โดยการหายใจของพืชแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) และการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

1. การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration)

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชันและรีดักชันของน้ำตาล โมเลกุลเดี่ยวให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ดังสมการ 2.1 (Lee *et al.*, 1991)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งคาร์โบไฮเดรตในรูปแป้งที่สะสมไว้จะถูกสลายให้เป็นน้ำตาลก่อน โดยอาศัยเอนไซม์อะไมเลส (amylase) และมอลเตส (maltase) พืชบางชนิดที่สะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose) และฟรุคโตส (fructose) โดยเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) โดยน้ำตาลกลูโคส (glucose) จะเข้าสู่วงจรเมตาบอลิซึมโดยผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) ดังนี้

- กระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส (glucose) หรือฟรุคโตส (fructose) เป็นกรดไพรูวิก (pyruvic acid) กระบวนการนี้จะเกิดในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ต้องการออกซิเจน ผลที่ได้คือ พลังงานในรูปของ ATP และ NADH

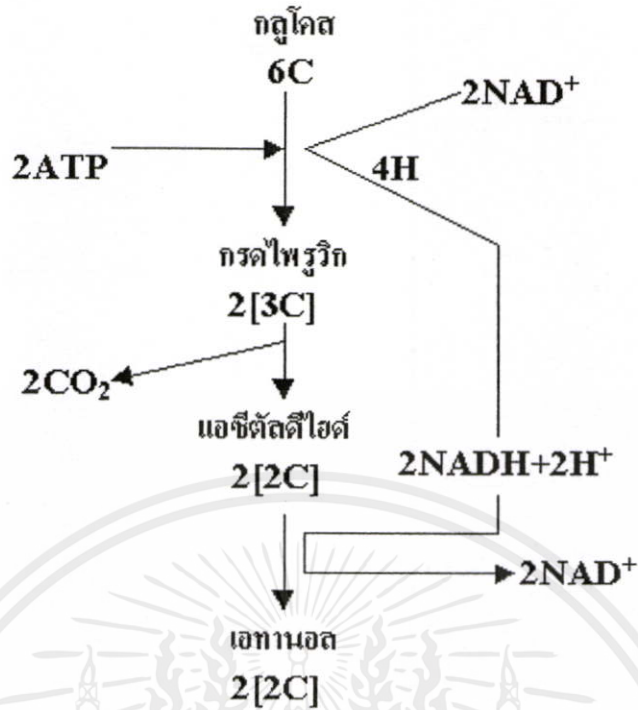
- วัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) เป็นการเปลี่ยนกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน โดยพลังงานบางส่วนและน้ำ เกิดจากปฏิกิริยาของ NADH และ $FADH_2$ ผ่านเข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (oxidative phosphorylation) ซึ่งปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ของเซลล์ และเป็นกระบวนการที่ต้องการออกซิเจน พลังงานที่เก็บในรูป ATP เมื่อสลายตัวจะให้พลังงานออกมาจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะนำมาใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารต่างๆภายในเซลล์ของพืช และอีกส่วนหนึ่งจะคายออกสู่ภายนอกในรูปพลังงานความร้อน เรียกว่า vital heat ซึ่งมีความสำคัญมากและสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณความต้องการความชื้นและการระบายอากาศของห้องเย็น

2. การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

การหายใจแบบนี้อาจเรียกได้ว่า กระบวนการหมัก (fermentation) ซึ่งเป็นการหายใจที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) หรือใช้ออกซิเจนในปริมาณที่จำกัด โดยปฏิกิริยาที่เกิดจะเป็นการสลายน้ำตาลกลูโคสผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) เช่นเดียวกับการหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) แต่กรดไพรูวิก (pyruvic acid) จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (lactic) หรือสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ (ethylalcohol) แอซีตัลดีไฮด์ (acetyldehyde) เป็นต้น ตามรูปที่ 2.5

การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) จะให้พลังงานน้อยกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน เมื่อเก็บรักษาที่ในสภาวะที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศไม่เพียงพอ การเคลือบผิวหรือการถูกห่อหุ้ม จนทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ผ่านเข้าออกไม่เพียงพอต่อการหายใจ จะทำให้ผักที่เก็บรักษาเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นและทำให้เกิดกลิ่นหมักขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 กลไกการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration)

ที่มา : <http://www.thaigoodview.com>

ปัจจัยที่มีผลต่อการหายใจแบ่งได้เป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

1. ปัจจัยภายใน

ปัจจัยภายใน เช่น อายุของผัก การงอก สารที่เคลือบผิวผัก ชนิดของพืช ขนาด และการผลิตก๊าซเอทิลีน ซึ่งเป็นก๊าซที่ผลิตจากเนื้อเยื่อพืชระหว่างสุก เอทิลีนจะมีผลต่อการหายใจ ผลไม้ที่อยู่ในช่วง climacteric คือ ตัวผลไม้ไม่สามารถพัฒนากระบวนการสุกต่อไปได้หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว เช่น มะม่วง สับปะรด และเอทิลีนจะช่วยเร่งให้เกิดการสุก climacteric เร็วขึ้น แต่ไม่ได้ทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น สำหรับผลไม้ที่ไม่มีช่วง climacteric เอทิลีนสามารถเพิ่มอัตราการหายใจได้แต่ต้องใช้ในปริมาณที่มากหรือในผักแปรรูปเบื้องต้นจะมีการปอกเปลือกหรือถูกหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับอากาศ จึงมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักสดที่ไม่ผ่านการแปรรูป ดังนั้นผักที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นจึงเน่าเสียง่ายกว่า นอกจากนี้อัตราการหายใจและการผลิต เอทิลีนของผักแปรรูปเบื้องต้นยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ลักษณะการหั่นและตัด สภาพบรรยากาศและอุณหภูมิที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเก็บรักษา บั๊จยนี้เป็นบั๊จยที่ควบคุมได้ยาก เนื่องจากเป็นบั๊จยที่เกิดจากตัวฝักเอง ดังนั้นสิ่ง
ที่ต้้งควบคุมคือบั๊จยภายนอก

2. บั๊จยภายนอก

อุณหภูมิเป็นบั๊จยภายนอกที่สำคัญ ถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอัตราการหายใจ
ของฝักก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการลดอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะเป็นการลดอัตราการหายใจของ
ผลิตผลและช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการหายใจด้วย (Deshpande *et al.*, 2002) เช่น การทดลอง
ของ Martinez-Sanchez *et al.*, (2007) ทำการทดลองเก็บรักษาฝักตระกูลกะหล่ำที่อุณหภูมิ 1 4 8
และ 12 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น ฝักกะหล่ำจะมีอัตราการ
หายใจที่สูงขึ้น ไปด้วย ทำให้ฝักเกิดการเสื่อมเสียเร็ว การเกิดบาดแผล ฟิชที่ได้รับความบอบช้ำจะมี
อัตราการหายใจที่สูงขึ้น ทำให้ฝักเกิดการเสื่อมเสียเร็ว ปริมาณของก๊าซออกซิเจนและ
คาร์บอนไดออกไซด์ อากาศปกติประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 และปริมาณก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 3 การลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ
บรรยากาศที่ทำการเก็บรักษาฝักทำให้อัตราการหายใจของฝักและผลไม้ลดลงได้ (จริงแท้, 2538)
โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส เรียก
การเกิดปฏิกิริยานี้ว่า Temperature Quotient (Q10) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบอัตราของปฏิกิริยาเมื่อ
อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 10 องศาเซลเซียส ค่า Q10 ในการหายใจในช่วง 0-20 องศาเซลเซียส จะมี
ค่าประมาณ 2-3 ค่า Q10 เป็นค่าที่ทำให้สามารถคาดคะเนอัตราการเสื่อมสภาพของผลิตผลได้คร่าวๆ
Kader (1986) ได้รายงานอัตราการหายใจของฝักผลไม้ที่เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส เช่น อัตราการ
หายใจขององุ่น แอปเปิ้ล มันฝรั่ง คือ 5-6 (mg CO₂/kg/h) อัตราการหายใจของบร็อคโคลี่ เห็ด ถั่ว ฝัก
โงม คือ มากกว่า 60-70 (mg CO₂/kg/h) ในการทดลองของ Fonseca *et al.*, (2005) ได้ศึกษาการเก็บ
รักษาฝัก Galega kale ในสภาพคัดแปลงบรรยากาศซึ่งมีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ต่ำ เก็บรักษาที่
อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาในสภาพดังกล่าวสามารถชะลออัตราการหายใจ การ
เปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก ยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส
และอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บรักษาในสภาพปกติ

2.2.2 อัตราการหายใจ (Respiration Rate)

อัตราการหายใจของฝักและผลไม้ หมายถึง น้ำหนักหรือปริมาตรของก๊าซออกซิเจนที่ใช้
หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมาต่อหน่วยน้ำหนักของฝักผลไม้ต่อเวลา การวัดอัตราการ
หายใจของฝัก สามารถวัดได้หลายแบบ เช่น

1. วัดจากอาหารสะสมที่สูญเสียไป
2. วัดจากปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไป
3. วัดจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมา
4. วัดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

วิธีการวัดอัตราการหายใจที่นิยมกันมา คือ การวัดก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไปและวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมา สมการที่ใช้ในการวัดก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไปและวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออกมามีสมการ (2.2)

$$\text{Respiration Quotient (RQ)} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคายออกมา}}{\text{ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้}} \quad \text{--- (2.2)}$$

ดังนั้น Respiration Quotient (RQ) เป็นค่าอัตราส่วนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจต่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ (สมชาย, 2546)

โดยการหายใจนั้นจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ คือ ปัจจัยภายใน เช่น ชนิดของพืช ขนาดของพืช สารเคลือบผิวตามธรรมชาติ หน้าที่ของส่วนนั้นของพืช และปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ก๊าซเอทิลีน ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ก๊าซออกซิเจนจำเป็นสำหรับการหายใจของผัก เพราะเนื้อเยื่อของพืชจะใช้ก๊าซออกซิเจนและได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซทั้ง 2 จะมีผลต่ออัตราการหายใจของพืช อากาศปกติประกอบไปด้วยออกซิเจน 21 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 0.3 % การลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของบรรยากาศที่เก็บเท่ากับเป็นการลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นและเพิ่มความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถลดอัตราเร็วของการหายใจได้ Kader, (1986) ได้รายงานอัตราการหายใจของผักผลไม้ที่ 5 องศาเซลเซียส เช่น อัตราการหายใจขององุ่น แอปเปิ้ล มันฝรั่ง คือ 5-6 (mg CO₂/kg.h) อัตราการหายใจของบร็อคโคลี่ เห็ด ถั่ว ผักโขม คือ มากกว่า 60-70 (mg CO₂/kg.h)

2.2.3 การคายน้ำ (Transpiration)

ผักและผลไม้หลังจากการเก็บเกี่ยวจะเกิดการหายใจและการคายน้ำซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิต โดยปกติเนื้อเยื่อพืชจะมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 99.00 – 99.50 การลดลงของความชื้นในอากาศหรือการลดลงของความดันไอน้ำมีผลทำให้เนื้อเยื่อของพืชเกิดการสูญเสียน้ำ โดยจะเกิดขึ้นที่ผิวของผักและผลไม้ ผักใบจะมีอัตราการสูญเสียน้ำที่สูง ผักและผลไม้

ช่องเปิดที่ยอมให้น้ำและอากาศผ่านออกได้ เช่น ปากใบ ความหนา ช่องอากาศ องค์ประกอบทางเคมีในพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์ และระดับความสูงแก่ของผลผลิตแต่ละชนิด รวมทั้งขนาดผลต่างๆ จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้น้ำหนักและคุณภาพลดลง โดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส คือ ทำให้ผักและผลไม้ไม่กรอบ และผิวเหี่ยวยุ่น ถ้าเป็นผลผลิตที่มีพื้นที่ผิวมาก เช่น ผักประดับทานใบ จะเห็นอาการเหี่ยวได้ในเวลาอันสั้น จึงต้องป้องกันการสูญเสียน้ำให้มากที่สุด สำหรับผักและผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งมาแล้ว รอยแผลที่เกิดขึ้นก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นด้วย การคายน้ำเป็นกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สามารถควบคุมได้หลายวิธีโดยทั้งทำกับผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น การเคลือบผลผลิตด้วยสารเคลือบ หรือการห่อหุ้มผลผลิตด้วยฟิล์มพลาสติกและวิธีการปรับสภาพบรรยากาศแวดล้อม เช่น การปรับสภาพความชื้นรอบๆผลผลิตให้อยู่ในระดับสูงหรือการควบคุมการถ่ายเทของความชื้น ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและเนื้อเยื่อของพืชแต่ละชนิด การสูญเสียน้ำจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพของผัก

สารที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำ

มีสารหลายชนิดที่นิยมใช้เคลือบผิวของผักและผลไม้เพื่อลดการคายน้ำของผลผลิต ได้แก่

- เซลแลค (Shellac) เป็นครั้งทีนำมาจากครั่งดิบและครั่งเม็ด เป็นสารประเภทไขมัน นิยมนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตสารเคลือบสัมนในสหรัฐอเมริกา แคนาดา เนื่องจากสามารถเพิ่มความมันเงาให้กับผิวสัมผัสดี ด้านทานการซึมผ่านไอน้ำได้ดี และเป็นสารธรรมชาติ ซึ่งลดการสูญเสียน้ำหนักจากการคายน้ำ ลดการหายใจของผลไม้ และยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

- ไคตินหรือไคโตซาน (chitin or chitosan) เป็นสารที่มาจากธรรมชาติ เป็นวัสดุทางชีวภาพ (Biomaterials) ที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) อีกทั้งสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (biodegradable) ดังนั้นจึงปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ และไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์จากไคตินหรือไคโตซาน (chitin or chitosan) สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ทางวัสดุการแพทย์ ทางอาหารและยา ทางการเกษตร เช่น การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อช่วยในการยับยั้งเชื้อราปกป้องพืช โดยจะมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยตรง และกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืชให้เกิดภูมิต้านทานเชื้อรา เป็นสารปกป้องต้นไม้ สารเพิ่มแร่ธาตุในดิน นอกจากนี้ไคโตซาน (chitosan) ยังถูกพบว่าเป็นสารเคลือบป้องกันการดูดซึด หลุดร่อนของสารเคมี (incrustating agent) เนื่องจากมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่น แข็งแรง ยึดเกาะบนพื้นผิวได้ดี จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ได้รับความเสียหายก็จะน้อยลง ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยรูปแบบแผ่นฟิล์มขึ้นอยู่กับชนิดของไคโตซาน (chitosan) และจุดประสงค์ของการใช้งานซึ่งมีทั้งแบบสามารถละลายน้ำได้ ละลายน้ำได้บางส่วน และไม่ละลายน้ำ คือ เป็นสารอู๋มน้ำนี้ได้จากการละลายไคตินหรือไคโตซาน (chitin or chitosan) และเกลือเพื่อเร่งการเกิดเจล สารอู๋มน้ำที่ไม่แพงนี้สามารถให้น้ำหรือสารอาหารในปริมาณที่เหมาะสมต่อพืช อีกทั้งง่ายต่อการขนย้าย (Patent abstracts of Japan, 1998) และยังช่วยการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล (enzymatic browning) เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส polyphenol oxidase (PPO) กับสารประกอบพวกฟีนอล (phenol) เป็นผลให้เกิดสีเข้มของ O-quinones

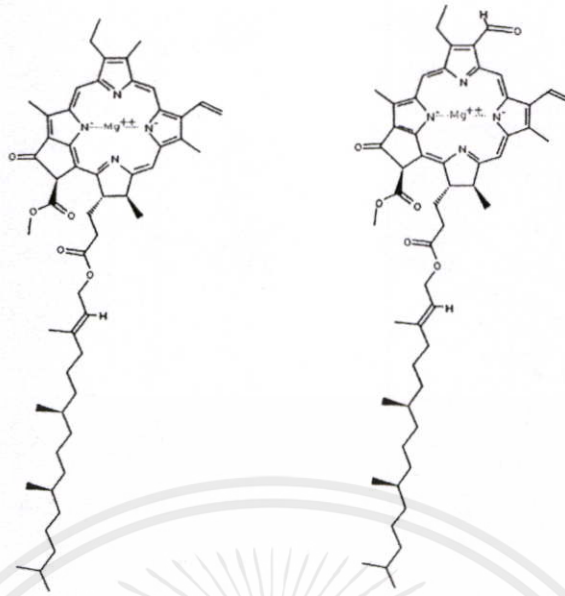
2.2.4 การเปลี่ยนแปลงสี

ผักส่วนมากมีสีเขียวจากรงควัตถุคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) สีส้มจากรงควัตถุแคโรทีนอยด์ (carotenoid) สีม่วงจากรงควัตถุแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ดังนั้นการสูญเสียสีของผลิตภัณฑ์จะเป็นการบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นเลยหรือเกิดขึ้นช้าที่สุด เนื่องจากเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค (จริงแท้, 2538) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะที่สามารถสังเกตเห็นง่ายที่สุดเป็นผลจากการสลายตัวของรงควัตถุต่างๆ

1. รงควัตถุคลอโรฟิลล์ (chlorophyll pigment)

คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เป็นรงควัตถุที่พบในคลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ บี ซี และอี ซึ่งแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดูดกลืนช่วงคลื่นต่างกัน ในพืชทั่วไปจะพบคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งเป็นสารให้สีที่ออกไปทางสีเขียวอมเหลืองและคลอโรฟิลล์บี ให้สีเขียวอมเหลือง สูตรโครงสร้างคลอโรฟิลล์เอ และ บี แสดงในภาพที่ 2.6 ในอัตราส่วน 3 : 1 คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) จะละลายได้ดีในตัวทำละลาย เช่น แอลกอฮอล์ (alcohol) อะซิโตน (acetone) และอีเธอร์ (ether) เป็นต้น โครงสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) จะประกอบไปด้วย ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ทำหน้าที่ในการดูดพลังงานแสงทำให้เกิดสี ซึ่งมีโครงสร้างเป็นไพโรลแบบวงแหวน 4 วง (tetrapyrrole rings) แต่ละวงมีไนโตรเจน (N) เป็นตัวหลัก ล้อมรอบแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) และส่วนหาง (phytol chain) ที่เป็นไฮโดรคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาว (ภูวนาท, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



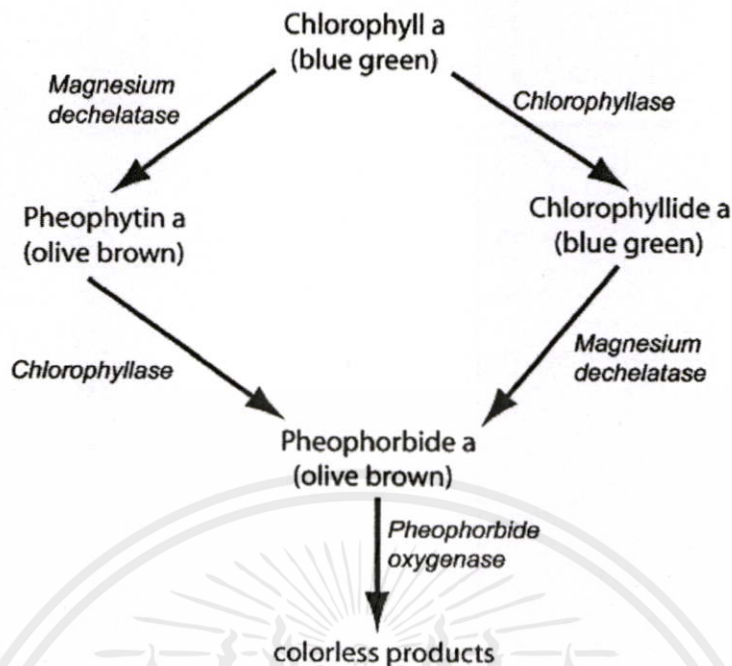
ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างคลอโรฟิลล์เอ และ บี

ที่มา : <http://th.wikipedia.org>

2. การสลายตัวของคลอโรฟิลล์

การสลายตัวของคลอโรฟิลล์นี้จะเกิดการย่อยสลายตัวอยู่ตลอดเวลาโดยจะเสื่อมสลายมาก ระหว่างการเสื่อมสภาพ (senescence) และมีการถูกสร้างอยู่ตลอดเช่นกันแต่จะถูกสร้างน้อยกว่าการสลายตัวจึงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์หมดไป เกิดในสภาพที่เป็นกรดทำให้อะตอมของแมกนีเซียม (Mg) หลุดไปจากส่วนหัวของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ได้สารฟีโอฟิติน (pheophytin) ยังคงมีสีเขียวอยู่ (olive brown) และสีเขียวของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) จะถูกเปลี่ยนและหมดไปเมื่อพันธะคู่ในวงแหวนพอไพริน (porphyrin) ถูกทำลายโดยเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (Chlorophyllase) เกิดการออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน (O_2) ได้สารที่ไม่มีสี (จริงแท้, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 การสลายตัวของคลอโรฟิลล์

ที่มา : Peter and David (2008)

การป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ทำโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิลดต่ำลง และการเก็บภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำจะสามารถชะลอการหายใจส่งผลให้เกิดการชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ได้ด้วย

3. รงควัตถุแคโรทีนอยด์ (carotenoid pigment)

แคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) ประกอบด้วย หน่วยไอโซพรีน (isoprene unit) 5 หน่วย ประกอบกันด้วยพันธะคู่ (conjugated double bonds) ซึ่งต่างเป็นสายโพลีอิน (polyenes) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ละลายได้ในสารละลาย เช่น อะซีโตน (acetone) แอลกอฮอล์ (alcohol) และไดเอทิลอีเธอร์ (diethylether) เป็นต้น โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์จะอยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) แต่ในพืชบางชนิด เช่น ในเซลล์ดอก ผล และหัวแครอทจะพบแคโรทีนอยด์ (carotenoid) อยู่ในเม็ดสีโครโมพลาสต์ (chromoplast) ซึ่งเป็นพลาสต์ที่บรรจุเฉพาะแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่ให้สีเหลือง ส้ม แดง และน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ฟรีสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคโรทีนอยด์ (carotenoid) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. แคโรทีน (carotene) ที่เป็นสายไฮโดรคาร์บอน ($C_{40}H_{56}$) มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น แอลฟาแคโรทีน (α -carotene) เบต้าแคโรทีน (β -carotene) และไลโคปีน (lycopene) เป็นต้น
2. แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) เป็นอนุพันธ์ของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ที่ส่วนปลายของวงแหวน เช่น ลูทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) และไวโอลาแซนทีน (violaxanthin)

2.2.5 ปริมาณวิตามินซีที่เปลี่ยนแปลงไป

ผักและผลไม้เป็นแหล่งของวิตามินที่สำคัญ โดยเฉพาะวิตามินเอและซี วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก ascorbic acid ในผักและผลไม้มี 3 รูป คือ reduces ascorbic acid อาจถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูปที่ 2 คือ monohydroascorbic acid ซึ่งไม่เสถียร และถูกเปลี่ยนเป็นรูปที่ 3 คือ dehydroascorbic acid (DHA) ซึ่งอาจถูกออกซิไดซ์เป็น 2,3 deketogulonic acid ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี ส่วนใหญ่วิตามินซีอยู่ในรูปของ reduces ascorbic acid 90 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณของวิตามินซีในรูปต่างๆจะขึ้นกับอายุของผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมากกว่าวิตามินชนิดอื่นๆ ผักที่รับประทานใบและช่อดอกมักมีการสูญเสียวิตามินซีค่อนข้างสูง วิตามินซีสามารถสูญเสียไปจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase polyphenol oxidase และ peroxidase ที่มีอยู่ในผลผลิต สภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษามีอิทธิพลมากต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก

2.2.6 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

อาการเสียหายที่เด่นชัดที่พบเสมอ คือ การเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์และเชื้อรา การเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์มักจะเข้าทางบาดแผล เชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นเชื้อที่ไม่มีความรุนแรงมาก ดังนั้นจึงสามารถเข้าทำลายหลังจากที่ผลผลิตเกิดความเสียหายทางกายภาพหรือการเกิดบาดแผลได้ ผลผลิตทั่วไปมักมีความต้านทานต่อเชื้อเหล่านี้อยู่ตลอดช่วงอายุ แต่สำหรับพืชบางชนิดเมื่อถึงระยะสุกจะทำให้ความต้านทานที่มีอยู่ลดน้อยลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขององค์ประกอบทางเคมี ความผิดปกติทางสรีรวิทยาและความเสียหายทางกายภาพก็มีส่วนให้ความต้านทานโรคลดลงเช่นกัน โดยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดความเสียหายในผัก เช่น พวกรา *Mucor piriformis* และ *Byssochlamys spp.* ซึ่งจุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ที่ทำลายเพคติน ทำให้เซลล์ผักมีเนื้ออ่อนนุ่มลง

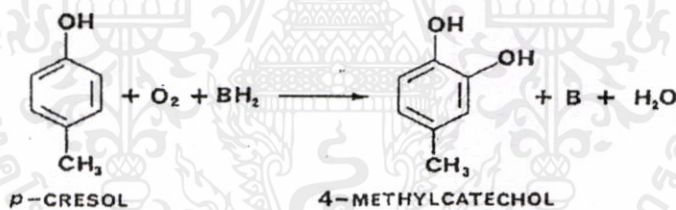
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 การเสื่อมเสียทางชีวเคมี

เกิดจากเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของพืชและสัตว์ที่เกิดขึ้น เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย เช่น เพอร์ร็อกซิเดส (peroxidase) ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) คลอโรฟิลล์เลส (chlorophyllase) คะตะเลส (catalase) เอนไซม์พวก เพคตินาเอสเทอเรซ (pectinaesterase) และ โพลีกาแลคทูโรเนส (polygalacturonase) จะย่อยเพคตินในผักและผลไม้ทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มลงด้วย แต่ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในผัก คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (enzymatic browning) ของผักที่ถูกตัดหรือหั่นแล้วปล่อยให้สัมผัสกับอากาศ

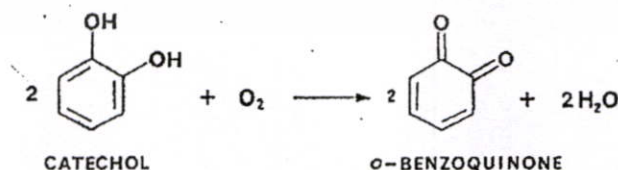
การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (enzymatic browning) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมากในผัก โดยมักจะเกิดจากการเร่งด้วยกลุ่มของเอนไซม์ เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) โดยเอนไซม์นี้จะไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ที่มีอยู่ในพืช ส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อพืชที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูง โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) จะเร่งปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยา

1. Hydroxylation เป็นการเติมหมู่ไฮดรอกซิลให้กับ monophenols เช่น p-Cresol เป็น O-diphenols ยังไม่มีสี ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ภาพแสดงปฏิกิริยา Hydroxylation

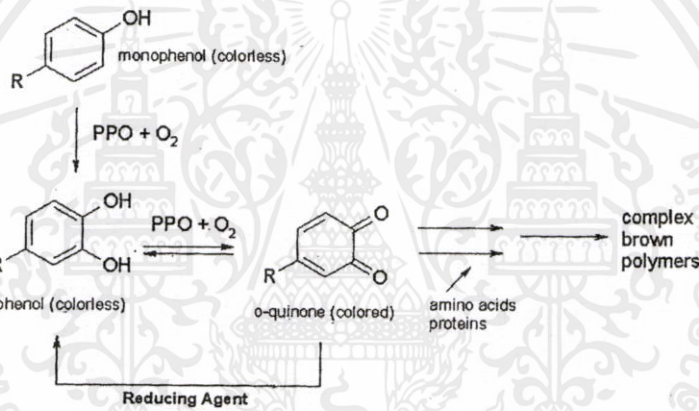
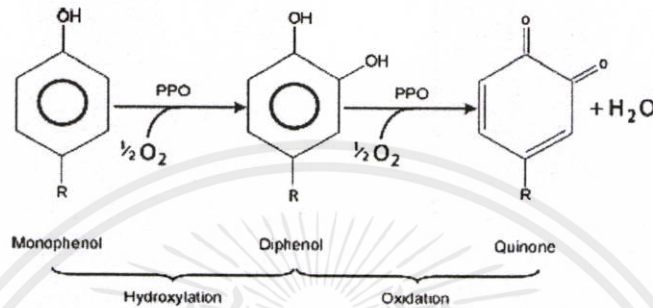
2. Dehydrogenation เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของ diphenols (catecholase/diphenolase activity) เป็น O-quinones ดังแสดงในภาพ 2.9



ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงปฏิกิริยา Dehydrogenation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในหน่วยงานเท่านั้น ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดสารประกอบสีขึ้น ควิโนน (quinones) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโน โปรตีน เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลือง แดง น้ำตาล หรือดำ (melanin) หากต้องการที่จะยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาล (enzymatic browning) ต้องกำจัดออกซิเจนจากระบบหรือการเติม ascorbic acid ลงไป ดังแสดงในภาพ 2.10

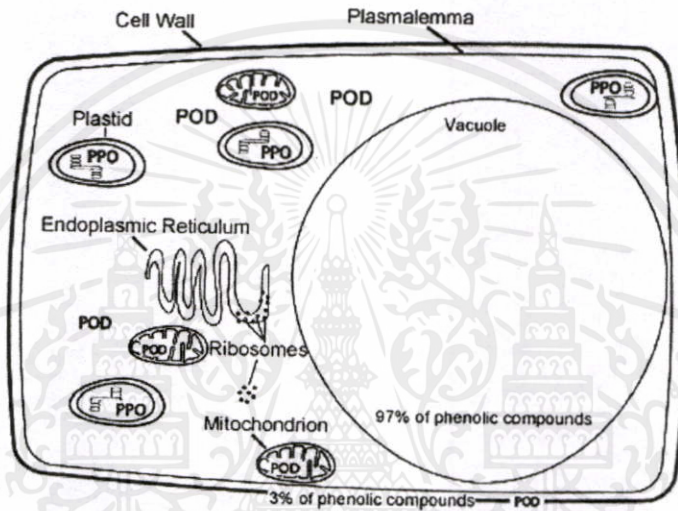


ภาพที่ 2.10 ภาพแสดงกลไกการเกิดโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) บนโมโนฟีนอล (monophenols) และไดฟีนอล (diphenols)

ที่มา : Peter and David (2008)

แหล่งที่พบเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) พบได้ในเนื้อเยื่อของพืชชนิดต่างๆ จุลินทรีย์บางชนิด เช่น รา *Neurospora crassa*, *Streptomyces antibioticus* และในสัตว์ชั้นสูงบางชนิด รวมถึงแมลง กุ้ง ปูและมนุษย์ ในเนื้อเยื่อพืชโดยทั่วไปจะพบโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) อยู่ในพลาสติด (plastid) และคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ของเซลล์พืช ขณะที่ phenolic substrate จะอยู่ในส่วนของ vacuoles นอกจากนี้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 ซึ่งยังสามารถช่วยป้องกันพืชจากการถูกทำลายโดย

แมลงหรือจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) จะเร่งการผลิตควิโนน (quinones) ซึ่งสามารถเกิด polymerization ให้เป็นเมลานิน (melanin) ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งและต่อต้านจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถช่วยป้องกันพืชจากการถูกทำลายหรือป้องกันการแพร่ติดโรคในเนื้อเยื่อของพืชและประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอาหาร คือ ช่วยปรับปรุงสี กลิ่น รสชาติในกระบวนการผลิตชา กาแฟ ใบยาสูบและโกโก้ รวมถึงช่วยให้เกิดสีน้ำตาลในผลไม้แห้งบางชนิด เช่น ลูกเกด ลูกพรุน ถั่ววอลนัท อินทผลัม และสามารถช่วยในการพัฒนาสีน้ำตาลในระหว่างการบ่มหรือหมักชาดำ (black tea) ของสารประกอบฟีนอลในใบชา



ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงขอบเขตภายในและภายนอกของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และเอนไซม์ฟีนอลิกออกซิเดส (polyphenol oxidase and peroxidase)

ที่มา : Peter and David (2008)

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้โดยตรง คือ

1. ยับยั้งที่ตัวจับสเตรต เช่น ออกซิเจน โพลีฟีนอล โดยสร้างสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความจำเพาะกับสารบางกลุ่ม เช่น การใช้ cyclodextrin ในน้ำผลไม้เพื่อจับกับสารในกลุ่มฟีนอลิก (phenolic)
2. ยับยั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) แอสคอเบต (ascorbate) เกลือแคลเซียม สารประกอบไฮดรอล ซัลไฟด์ ทำให้เกิดการรีดิวซ์ของ O-quinones ไปเป็น O-diphenols
3. ตัวยับยั้งที่มีผลต่อเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) มี 2 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มที่สามารถจับกับไอออนของโลหะ เช่น โซยาไนต์ คาร์บอนมอนอกไซด์ 2. กลุ่มอนุพันธ์ของกรดเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับกรณีสืบหาเพื่อการเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซอิกและกรดซึนามิก เนื่องจากมีโครงสร้างเป็น aromatic ลักษณะคล้ายกับฟีนอลและซึบสเตรด ซึ่งสามารถจะควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้

เอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (chlorophyllase) จะทำปฏิกิริยาโดยตรงกับคลอโรฟิลล์และส่งผลต่อคลอโรฟิลล์ไลด์ (chlorophyllide) ซึ่งถูกทำให้เปลี่ยนเป็นสารฟีโอฟโอบิด (pheophorbide) โดยแมกนีเซียม ดีเคเลเตส (magnesium dechelatae) (Heaton and Marangoni, 1996)

2.3 การยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้

การยืดอายุผักและผลไม้เป็นวิธีการที่มีผู้ทำการทดลองด้านนี้มากมาย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้เกิดความเน่าเสียได้ง่าย และเป็นอาหารหลักที่ส่งออกไปขายต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีผู้สนใจทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาวิธีการต่างๆมาใช้ในการช่วยยืดอายุในการเก็บรักษา โดยที่ผักยังคงคุณภาพและความสดให้ไต่ยาวนานที่สุด วิธีที่น่าสนใจ ได้แก่

2.3.1 การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

ผลผลิตที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นแล้ว มักนิยมบรรจุลงในภาชนะ เนื่องจากการเลือกใช้ภาชนะในการบรรจุที่เหมาะสมจะช่วยรักษาคุณภาพของผลผลิตให้คงอยู่ซึ่งยังคงคุณภาพและความสดได้นานขึ้น เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ดีนั้นจะมีหน้าที่ที่ช่วยป้องกันผักและผลไม้จากการปนเปื้อนจากภายนอกทั้งเชื้อจุลินทรีย์และสิ่งสกปรกต่างๆ และยังช่วยในการขนส่งให้การขนส่งทำได้อย่างสะดวกขึ้นด้วย (Gorden, 1993) นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดรอยแผลจากการเสียดสีและยังช่วยดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค (นิธิยาและคณัย, 2548) เช่น ถาด โฟม การห่อด้วยฟิล์มพลาสติก การเก็บในถุงพลาสติก ฟิล์มที่ใช้ ได้แก่ ถุงพลาสติก low density polyethylene (LDPE) high density polyethylene (HDPE) และชนิด polyvinyl chloride (PVC) เป็นต้น ซึ่งฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดจะมีค่าการซึมผ่านของก๊าซที่ต่างกัน ฟิล์มบางชนิดเท่านั้นที่จะทำให้เกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่เหมาะสม (Jacobsson *et al.*, 2004) Tay and Perera (2004) ประเมินผลการใช้ฟิล์มที่ห่อผัก lettuce พบว่ามีผลต่อการสูญเสีย น้ำ ซ้ำลงโดยผลิตภัณฑ์จะยังคงความกรอบ การเลือกชนิดของพลาสติกสำหรับการบรรจุผลผลิตที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นมีความสำคัญมาก วัสดุที่ใช้ควรยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆ ได้พอที่จะทำให้เกิดการหายใจแบบใช้ออกซิเจนในระดับที่ต่ำสุดโดยไม่เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น และพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ low density polyethylene (LDPE) เป็นชนิดที่มีความนิ่มและยืดหยุ่นสูง ดูดซึมน้ำได้ต่ำมากและป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีและมีราคาที่ถูก (เบญจมาศ, 2549) ปริมาณน้ำบางส่วนในผลิตภัณฑ์การสูญเสียไประหว่างการเก็บรักษาซึ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดลง อัตราการหายใจก็เพิ่มขึ้น เกิด

การสูญเสียน้ำหนัก และความกรอบลดลง ซึ่งทำให้คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การตัดแปลงสภาพบรรยากาศ สามารถลดการสูญเสียน้ำได้โดยการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะ ให้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลผลิต ซึ่งโดยทั่วไปมีค่าประมาณร้อยละ 80 - 95 ทั้งนี้ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการตัดแปลงสภาพบรรยากาศมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำไม่สูงมาก ไอน้ำที่พืชคายออกมาช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะบรรจุ แต่ถ้าเพิ่มมากเกินไปจนถึงจุดอิ่มตัว ไอน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำเหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และส่งผลให้พืชเน่าเสียได้ง่ายขึ้น ดังนั้นฟิล์มที่เลือกใช้กับผลิตภัณฑ์ที่คายน้ำมาก ควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติบางประการ เช่น การเจาะรูเล็กๆ (Perforations) เพื่อช่วยระบายไอน้ำบางส่วนออกจากแผ่นฟิล์ม เป็นต้น (Kader *et al.*, 1987 และ งามทิพย์, 2538)

2.3.2 การเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม

การเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการที่จะช่วยให้กระบวนการทางชีวภาพเกิดช้าลงและยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ เพราะจะไปยับยั้งการหายใจและกระบวนการเมตาโบลิซึมที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพ ซึ่งสามารถลดอัตราการหายใจชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและการสูญเสียต่างๆ (จริงแท้, 2549) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยังช่วยลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เพราะในสภาพที่อุณหภูมิต่ำนั้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการยับยั้งกิจกรรมต่างๆของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคและคุณภาพของผักหลังการเก็บเกี่ยวได้ (สมพร, 2545) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยังส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางกายภาพได้ด้วย ส่วนมากจะเกิดกับพวกพืช ผักเขตร้อนที่ต้องการอุณหภูมิประมาณ 18-35 องศาเซลเซียส เช่น

1. Freezing injury เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง โดยจะแสดงอาการเมื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นกลับมาสู่อุณหภูมิปกติ คือ น้ำน้ำและสีไม่สดใส เป็นต้น

2. Chilling injury คือ อาการสะท้านหนาว มักเกิดกับพืชเมืองร้อนที่ได้รับอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส อาการจะขึ้นพืชแต่ละชนิด เช่น สีสี่ที่เปลือกนอกและด้านในเปลี่ยนแปลงไป เนื้อภายในมีสีลักษณะน้ำและป็นสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง

การเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับยืดระยะเวลา (shelf-life) ของอาหารสดหรืออาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้วให้มีเวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น เป็นวิธีการเก็บรักษาให้อยู่ในสภาพที่มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ และอัตราส่วนนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างการเก็บรักษา โดยขึ้นกับชนิดของผลผลิตที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่ม วัสดุบรรจุที่ใช้ และสภาวะการเก็บผลผลิตนั้นๆ ทำให้ชะลออัตราการหายใจ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี อัตราการผลิตเอทิลีนของผลผลิต ชะลอการอ่อนนุ่มและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสุกและการเสื่อมสภาพ (Kader, 1986) ชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในอาหารที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล รวมถึงชะลอการสูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางอาหาร ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมคุณภาพของผลผลิต การใช้ระดับก๊าซสูงหรือต่ำเกินไป อาจทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้ โดยระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่าร้อยละ 20 อาจทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหายจากสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในผลผลิตสูงเกินไปและความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำกว่าร้อยละ 2 อาจทำให้เกิดกระบวนการหมักขึ้นได้ (Jacxsens *et al.*, 2003) และการเสื่อมสภาพ (Desphande *et al.*, 2002) เช่น การลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้อัตราการหายใจของผักลดลงและชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน ดังเช่น การทดลองของ Fonseca และคณะ (2005) ศึกษาการเก็บผัก Gelega kale ในสภาพที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าในสภาพดังกล่าวสามารถชะลออัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษานานกว่าเก็บในสภาพปกติ นอกจากนี้ยังลดความรุนแรงจากการเกิดอาการสะท้านหนาว และลดการเสื่อมสภาพของเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (Ragaert *et al.*, 2007) รวมไปถึงช่วยลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ (Jayas and Jeyamkondan, 2002) ตารางที่ 2.3 เป็นข้อมูลของการเก็บรักษาผักและผลไม้บางชนิด ในอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศดัดแปลง และภาพที่ 2.12 แสดงค่าเฉพาะต่างๆ ของถุงพลาสติก ff 3 (ถุง 1) ที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของถุงที่ทำให้แตกต่างจากถุงแตกต่างจากชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สภาพบรรยากาศดัดแปลงหรือบรรยากาศควบคุมสำหรับผักและผลไม้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 – 95 %

ชนิดผลผลิต	อุณหภูมิ (°C)	สภาพบรรยากาศ	
		O ₂ (%)	CO ₂ (%)
กะหล่ำดอก	0-5	2-3	2-5
กะหล่ำปลี	0-5	2-3	3-6
บร็อคโคลี่	0-5	1-12	5-10
ผักกาดหอมห่อ	0-5	1-3	0
เห็ด	0-5	อากาศ	10-15
กล้วยหอม	12-15	2-5	2-5
มะม่วง	10-15	3-5	5-10
มะละกอ	10-15	3-5	5-10
สตรอเบอรี่	0-5	5-10	15-20
แอปเปิ้ล	0-5	1-3	1-5

ที่มา : ดัดแปลงจาก จริงแท้ สิริพานิช (2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



THANTAWAN INDUSTRY PUBLIC COMPANY LIMITED

143-144 Soi Kangval 2 Petkasem Rd., Omyai, Sampran, Nakomprathom 73160

Tel : (02) 617-6871 Fax : (02) 273-8282 E-mail : ma-pack@thantawan.com



Fresh & Fresh Specification

Model	: M2
Application	: Suitable for fresh produces having very high respiration rate
Plastic Type	: Polyethylene
Thickness	: 25 Microns/side
Oxygen Transmission Rate (OTR)*	: 12,000-14,000 cc/m ² day
Test of Plastic Material contacting with food**	

	Result	Limitation
Lead (mg/kg)	<0.05	≤100
Cadmium (mg/kg)	<0.05	≤100
Heavy Metal (Calculated as metal) (mg/l)	<1	≤1
Potassium Permanganate used for making reaction (mg/l)	1.03	≤10
Residues from volatile substance in water (mg/l)	2.3	≤10
Residues from volatile substance in 4% Acetic Acid (mg/l)	2	≤30
Residues from volatile substance in 20% alcohol (mg/l)	<1	≤30
Residues from volatile substance in normal n-heptane (mg/l)	2	≤150

Bag Strength :

	TD	MD
Tensile (N/mm ²)	≥ 10	≥ 15
Elongation (%)	≥ 200	≥ 100
Bottom seal strength (N)	≥ 70% Tensile strength (MD) 10.5 N	

Remark * Test method followed by American Society for Testing and Materials (ASTM) D 3985

** The reference of test method : Thai Industrial Standard (TIS) No.656-2529

ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะเฉพาะของถุงพลาสติก ff 3 (ถุง 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน

3.1 วัสดุและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุ

ซื้อจากฟาร์ม บริษัท มงคลชัยพัฒนา จำกัด โครงการส่วนพระองค์ ได้แก่

3.1.1 ผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

3.1.2 ผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

3.1.3 ผักโคมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

ถุงพลาสติก 2 ชนิด ได้แก่

- ถุงพลาสติกชนิด FF 3 ได้จากบริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรม ความหนา 0.025 มม.

ขนาด 10 x 15 และ 12 x 18 นิ้ว

- ถุงพลาสติกชนิด Low Density Polyethylene (LDPE 2) ความหนา 0.40 มม.

ขนาด 10 x 15 และ 12 x 18 นิ้ว

- ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ (Incubator)

- เครื่องปิดผนึกถุง (Seamer)

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง Mettler Toledo

- เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน (Checkpoint Handheld

Gas Analyser) PBI Dansensor America Inc.

- เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll Meter) รุ่น SPAD-502 KONICA MINOLTA

SENSING, INC.

- เครื่องวัดสี (Minolta CR-400) KONICA MINOLTA SENSING, INC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อการค้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกที่มีต่อปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

เลือกผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก อายุที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 40 – 60 วัน หลังปลูกแบบไบโอสตีชีวเข้ม ไม่เหี่ยว ไม่เหลือง โดยแบ่งผักตัวอย่างที่จะทำการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ตัครากและไม่ตัคราก บรรจุผักตัวอย่างในถุงพลาสติก 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ขนาด 10 x 15 นิ้ว และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ขนาด 10 x 15 นิ้ว หลังจากบรรจุแล้วปิดผนึกถุงด้วยเครื่องปิดผนึก (Seamer) แต่ละถุงมีน้ำหนักสม่ำเสมอ 100±5 กรัม ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ นำแต่ละกลุ่มไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

3.3.1.1 ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติก โดยใช้เครื่อง (Checkpoint Handheld Gas Analyser) ทำการวัดโดยใช้หัววัดเสียบเข้าไปภายในภาชนะบรรจุแล้วปล่อยให้เครื่องคูดก๊าซ เพื่อทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 10 วินาที อ่านค่าที่ได้ในหน่วยร้อยละของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ก. 1

3.3.1.2 นำตัวอย่างผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก เลือกแบบที่ตัครากแล้วมาใช้ติดตามดูผลการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 3 วัน

สุ่มตัวอย่างตรวจและบันทึกผลการทดลองดังนี้

1. ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสด

ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก = $(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา})$

$\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผัก

การประเมินลักษณะทางกายภาพของผักโดยวิธีการให้คะแนน 4 ระดับ คัดแปลงจาก (เบญจมาศ, 2549) เมื่อผักที่นำมาทำการทดลองมีลักษณะเหี่ยวและใบเหลือง เกินร้อยละ 50 จะหยุดทำการทดลอง

3. ตรวจวัดคลอโรฟิลล์ของใบผักที่ทำการทดลองด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter

ทำการตรวจวัดคลอโรฟิลล์ของใบผัก Butterhead ด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter จะวัดจากใจกลางของใบผัก, ใบสีเขียวด้านนอก อ่านค่าที่ได้ในหน่วยของ SPAD Value ดังแสดงในภาคผนวกที่ ก.2

4. ตรวจวัดสีของใบผักด้วยเครื่อง เครื่องวัดสี (Minolta CR-400)

ทำการตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR-400) ของใบผัก Butterhead จะวัดจากใจกลางของใบผัก, ใบสีเขียวด้านนอก อ่านค่าสีที่ได้ในหน่วย L, a, b ดังแสดงในภาคผนวกที่ ก.2

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial ในแผนการทดลองแบบกลุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบบ 3 ปัจจัย 2 ระดับ โดยจะศึกษา 3 ปัจจัย คือ

- ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 4 และ 10°C
- ปัจจัยที่ 2 ชนิดถุงพลาสติก คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2)
- ปัจจัยที่ 3 การตัดแต่งผัก คือ ตัดราก และไม่ตัดราก

นำมาเปรียบเทียบค่าและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกที่มีต่อปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

เลือกผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก อายุที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 40 – 60 วัน หลังปลูก ใบสดสีแดงเข้ม ไม่เหี่ยว โดยการทดลองเช่นเดียวกับผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

3.3.2.1 ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติก เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1.1

3.3.2.2 นำตัวอย่างผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก เลือกแบบที่ตัดรากแล้วมาใช้ ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 2 วัน วิธีวัดผลการทดลองเช่นเดียวกับผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก การทดลองที่ 3.1.1.2

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบบ 3 ปัจจัย 2 ระดับ โดยจะศึกษา 3 ปัจจัย คือ

- ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 4 และ 10°C
- ปัจจัยที่ 2 ชนิดถุงพลาสติก คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2)
- ปัจจัยที่ 3 การตัดแต่งผัก คือ ตัดราก และไม่ตัดราก

นำมาเปรียบเทียบค่าและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกที่มีต่อปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

เลือกผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก อายุที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 20 – 22 วัน หลังปลูก ใบสดสีเขียวเข้มไม่เหี่ยว ไม่มีใบเหลือง การทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ตัดรากและไม่ตัดราก บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ขนาด 12 x 18 นิ้วและถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ขนาด 12 x 18 นิ้ว หลังจากบรรจุแล้วปิดผนึกถุง แต่ละถุงมีน้ำหนักสม่ำเสมอ 100±5 กรัม ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ นำแต่ละกลุ่มไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

3.3.3.1 ตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติก เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1.1

3.3.3.2 นำตัวอย่างผักโขมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก เลือกแบบที่ตัดรากแล้วมาใช้ ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 3 วัน

สุ่มตัวอย่างตรวจและบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1.1.2 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบบ 2

ปัจจัย 2 ระดับ โดยจะศึกษา 2 ปัจจัย คือ

- ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 4 และ 10°C
- ปัจจัยที่ 2 ชนิดถุงพลาสติก คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2)

นำมาเปรียบเทียบค่าและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย
วิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักตัวอย่าง

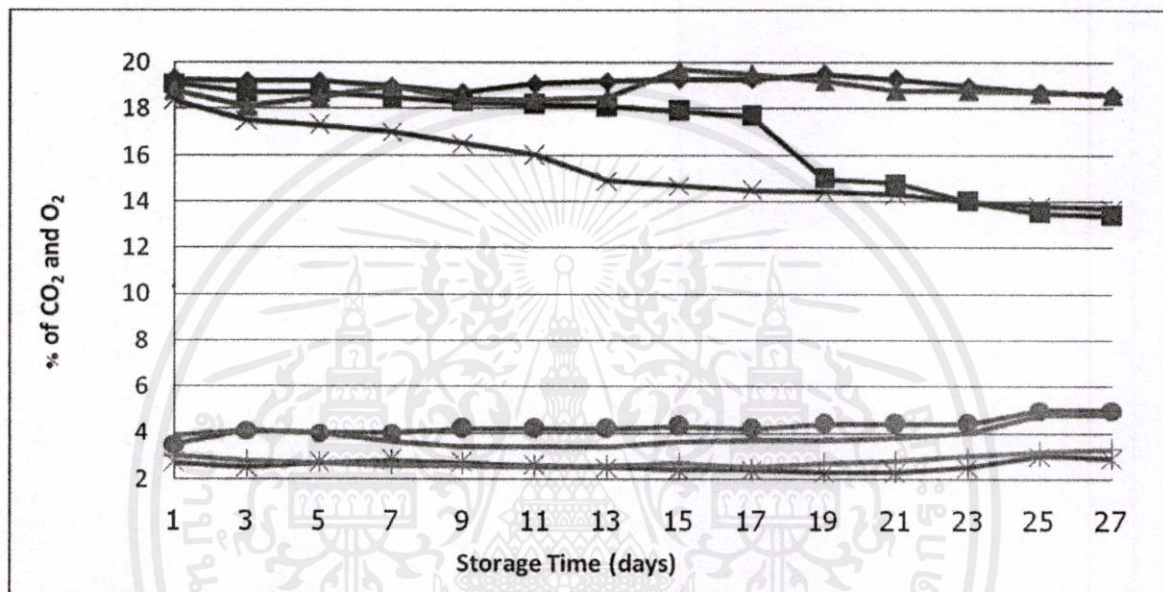
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)

จากการทดลองเก็บรักษาผักสลัด Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก ในถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ได้ทำการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงบรรจุผักตัวอย่าง โดยผักได้มีการตัดรากและไม่ตัดราก ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

จากภาพที่ 4.1 เป็นปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณของก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ คือ อยู่ในช่วง 18 - 19 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาผักและพบว่าผักที่ตัดรากและไม่ตัดรากมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ไม่แตกต่างกัน ผักที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) จะพบว่ามีปริมาณก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในช่วงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ในทำนองเดียวกันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีปริมาณก๊าซที่ค่อนข้างคงที่และมีค่าต่ำกว่าในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีความหนาที่น้อยกว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) และมีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูงกว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) จึงทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปน้อย จากผลการทดลองทำให้สามารถบอกได้ว่าถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ช่วยปรับสภาพบรรยากาศภายในถุงให้เกิดสมดุลได้ดีกว่าในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2)

ภาพที่ 4.2 เป็นปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ของผักที่ตัดรากและไม่ตัดราก จะมีค่าเปลี่ยนแปลงมากกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็มีการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าของผลการทดลองที่เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส

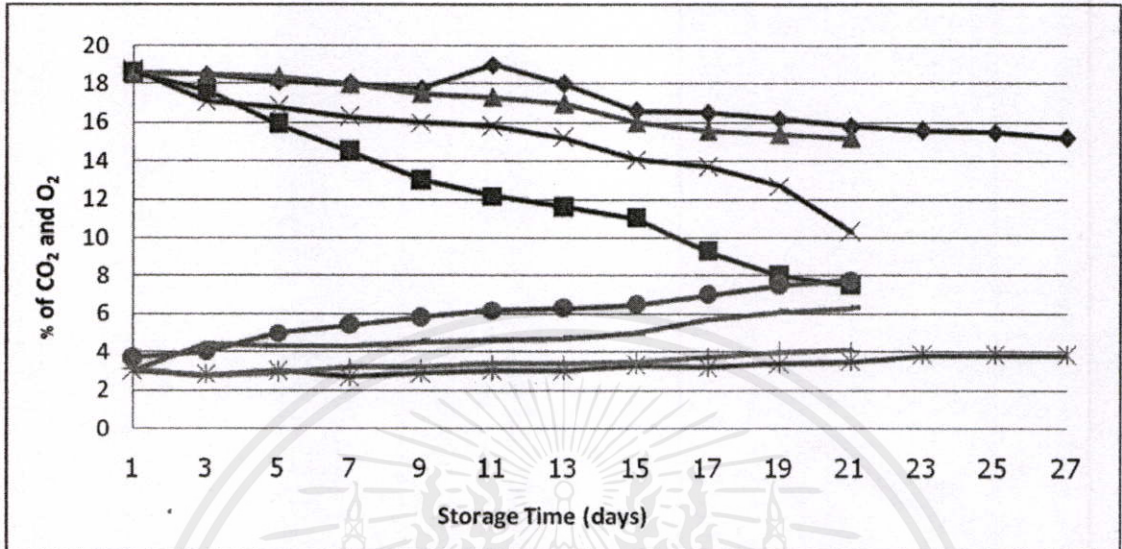
เช่น วันที่ 14 ของการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) วัดได้ประมาณ 16 - 17 เปอร์เซ็นต์ ของผักที่ตัดรากและไม่ตัดราก แต่ในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ค่าก๊าซออกซิเจนที่วัดได้ประมาณ 11 - 11.60 เปอร์เซ็นต์ของผักที่ตัดราก และมีค่า 14.10 - 15.20 เปอร์เซ็นต์ของผักที่ไม่ได้ตัดราก นั่นคือ การเก็บรักษาผักที่ 10 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส ในทุกๆ กรณีศึกษา



ภาพที่ 4.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผัก Butterhead ที่อุณหภูมิ 4°C O₂ without root 4°C bag 1 (◆), O₂ without root 4°C bag 2 (■), O₂ with root 4°C bag 1 (▲), O₂ with root 4°C bag 2 (×), CO₂ without root 4°C bag 1 (✱), CO₂ without root 4°C bag 2 (●), CO₂ with root 4°C bag 1 (⊕), CO₂ with root 4°C bag 1 (—)

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา เป็นผลมาจากการที่ผัก Butterhead หายใจแล้วผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา สอดคล้องกับการทดลองของ Charles *et al.*, (2008) ที่พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาผักสลัด endives ในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกเพิ่มขึ้นในช่วง 3 - 4 สอดคล้องกับรายงานผลของ Sandhya (2010) พบว่า MAP เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาอาหารสดหรืออาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ซึ่งเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย ภาวะ EMA จะเกิดขึ้นและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

ปริมาณก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นการบ่งบอกถึงการหายใจของผักตัวอย่าง ยิ่งผักมีการหายใจที่ต่ำที่สุดก็จะมีอายุในการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าผักที่มีการหายใจสูง



ภาพที่ 4.2 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผัก Butterhead ที่อุณหภูมิ 10°C O₂ without root 10°C bag 1 (◆), O₂ without root 10°C bag 2 (■), O₂ with root 10°C bag 1 (▲), O₂ with root 10°C bag 2 (×), CO₂ without root 10°C bag 1 (*), CO₂ without root 10°C bag 2 (●), CO₂ with root 10°C bag 1 (+), CO₂ with root 10°C bag 1 (—)

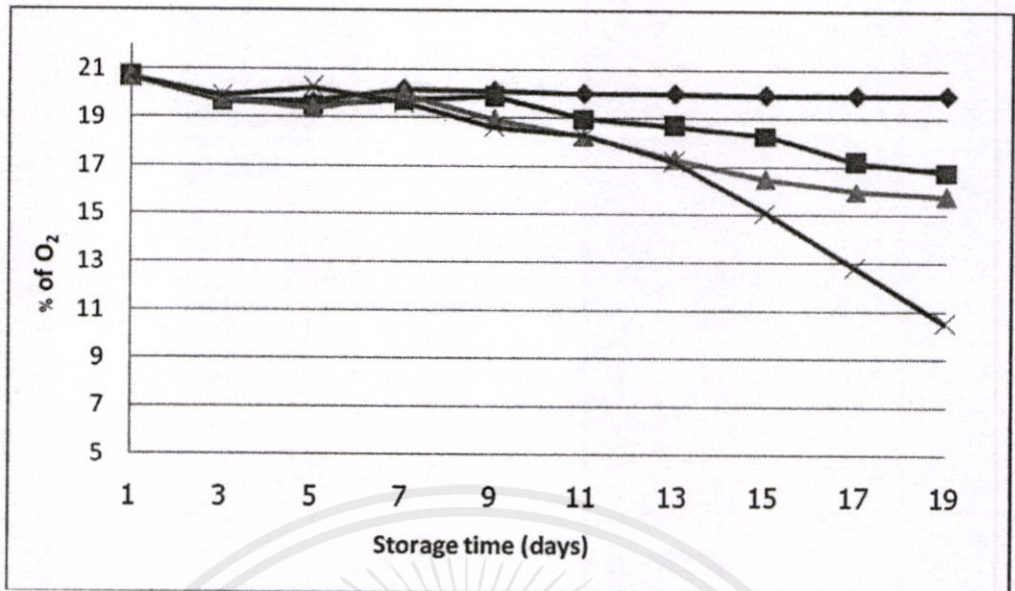
ผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยเก็บได้ประมาณ 27 วัน ในขณะที่ 10 องศาเซลเซียส เก็บได้ 21 วัน สำหรับชนิดถุงพลาสติกพบว่า ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เก็บรักษาผัก Butterhead ได้ดีกว่าการเก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ผักสลัดที่ตัดรากและไม่ได้ตัดรากปริมาณการเปลี่ยนแปลงก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงไปศึกษาดูจากลักษณะทางกายภาพต่อ พบว่าผักที่ตัดรากจะมีลักษณะทางกายภาพดีกว่าผักที่ไม่ได้ตัดราก

เมื่อทำการคำนวณด้วยสมการการหายใจการหายใจของผัก (ภาคผนวก ก.3) ในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาพบว่าผัก Butterhead ที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ดังนี้ที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 158.99 และ 80.79 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ และที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 1167.80 และ 28.17 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่สองผักตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) และถุงพลาสติก FF 3

(ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจ 132.49 และ 13.47 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ที่ 10 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจมีค่าเป็น 996.90 และ 84.51 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ พบว่าอัตราการหายใจในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) จะสูงกว่าในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) วิธีการคำนวณอัตราการหายใจดังแสดงในภาคผนวก ก.3

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนของผักเร็ดโอ๊ค (Red Oak)

นำผัก Red Oak ที่ตัดรากแล้ว บรรจุในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) เก็บรักษาไว้ที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ผลของการเปลี่ยนแปลงก๊าซออกซิเจนแสดงในภาพที่ 4.3 พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าของก๊าซออกซิเจนที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่เก็บที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าการลดลงของก๊าซออกซิเจนมากที่สุด เช่น ที่วันที่ 19 ของการเก็บรักษาค่าออกซิเจนลดลงจาก 21 เปอร์เซ็นต์ เหลือเป็น 11 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น การเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสูงมากกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่ออัตราการหายใจของพืชที่สูงเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำจึงช่วยชะลออัตราการหายใจให้ช้าลง ส่งผลให้ผักมีอายุในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ดังการทดลองของ สุชาดา (2552) ที่รายงานการเก็บรักษาผักซีฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) มีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา และ Del Nobile *et al.*, (2005) พบว่าผักสลัด (lettuce) ที่การเก็บรักษา 5 องศาเซลเซียส เก็บในถุงพลาสติกโพลีโอลิฟิน 1 (Polyolefins 1 : PF 1) จะมีการหายใจน้อยที่สุด โดยคุณภาพความสดของผักสลัด (lettuce) จะลดลงน้อยที่สุดหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในถุงโพลีโอลิฟิน 2 (Polyolefins 2 : PF 2) และ ถุงที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable film : BF)



ภาพที่ 4.3 ปริมาณก๊าซออกซิเจนของฝัก Red Oak ที่ตัดราก เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C
4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

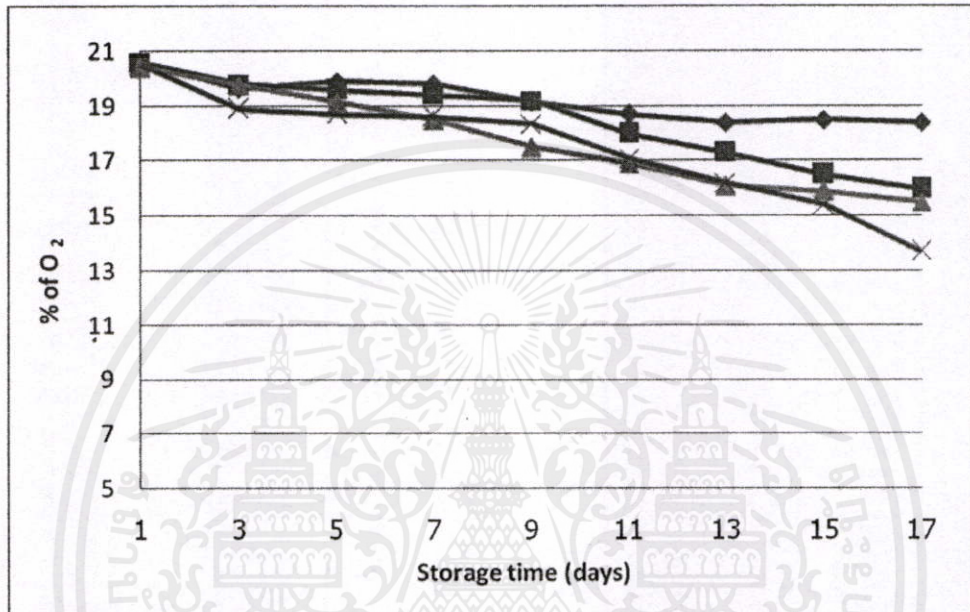
อัตราการหายใจของฝัก Red Oak ช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาพบว่าฝักที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 222.58 และ 120.12 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 235.60 และ 164.73 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่สองฝักตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจ 13.47 และ 132.49 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ที่ 10 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจมีค่าเป็น 84.51 และ 996.90 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ พบว่าอัตราการหายใจในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) จะสูงกว่าในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ในทุกตัวอย่างที่ทำการทดลอง วิธีการคำนวณหาอัตราการหายใจแสดงในภาคผนวก ก.3

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนของฝักโคม

สำหรับโคม เลือกใช้ฝักที่ตัดรากแล้วเนื่องจากการทดลองกับฝัก Butterhead ผลการทดลองจากภาพที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของก๊าซออกซิเจนทั้งในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ของฝักที่เก็บที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากฝักโคมเป็นฝักใบเล็ก การหายใจจะเกิดขึ้นแตกต่างกับฝักใบใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผักได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส สำหรับชนิดถุงพลาสติกพบว่า ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) สามารถเก็บรักษาผักโคมได้ดีกว่าการเก็บในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) และสามารถสังเกตปริมาณก๊าซที่เปลี่ยนแปลงได้พบว่าการเปลี่ยนแปลงของผักโคมจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าในผักหัวเพราะเป็นผักใบ ซึ่งมีอัตราการหายใจที่สูงมากกว่าพืชหัวหรือพืชที่มีลำต้นใต้ดิน (จริงแท้, 2551)



ภาพที่ 4.4 ปริมาณก๊าซออกซิเจนของผักโคมที่ตัดราก เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

การหาอัตราการหายใจของผัก ในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาพบว่าผักโคมที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 222.75 และ 142.41 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ และที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 356.51 และ 218.77 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่สองอัตราการหายใจของผักตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) และถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจ 306.28 และ 195.81 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ ที่ 10 องศาเซลเซียสมีค่าเป็น 437.99 และ 376.29 ml [O₂] /kg.h ตามลำดับ วิธีการคำนวณอัตราการหายใจดังแสดงในภาคผนวก ก.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักตัวอย่าง

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

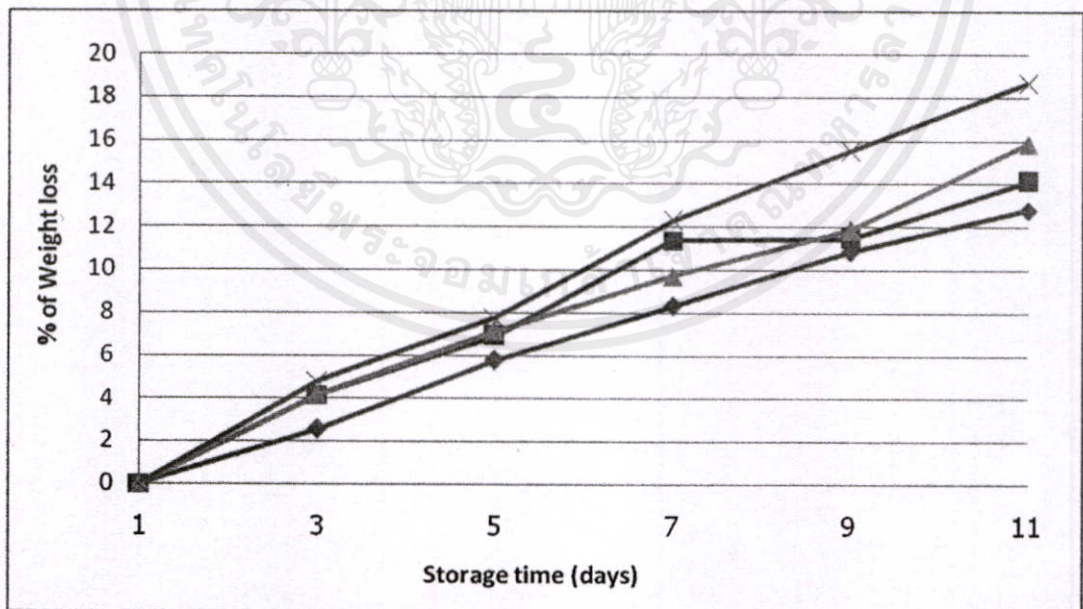
4.2.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)

จากผลการทดลองตอนที่ 1 พบว่าผักที่ตัดรากมีอายุในการเก็บรักษาได้นานกว่าผักที่ไม่ได้ตัดราก เนื่องจากรากของผักไฮโดรโพนิคจุ่มในน้ำที่เป็นสารอาหารตลอดและอยู่ติดกับฟองน้ำซึ่งดูดซับและเก็บกักน้ำไว้ เมื่อนำมาเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทจะเกิดน้ำขังสะสมอยู่ด้านล่างของถุงพลาสติก ทำให้เกิดการเสื่อมเสียเร็วกว่าผักที่ตัดรากแล้ว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ผักที่ตัดรากเป็นตัวอย่างศึกษา โดยบรรจุในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าผัก Butterhead มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น (ภาพที่ 4.5) สอดคล้องกับการทดลองของ เบญจมาศ (2549) ที่พบว่าเมื่อผักคะน้ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาและงานทดลองของ Serrano และคณะ (2006) เก็บรักษาหัวบร็อกโคลี่ที่หุ้มด้วยพลาสติก ในสภาพัดแปลงบรรยากาศ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหัวบร็อกโคลี่มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ภาพที่ 4.5 แสดงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเทียบกับจำนวนวันในการเก็บรักษา พบว่าผักที่ตัดราก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาเท่ากับร้อยละ 2.57 ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 3 เท่ากับร้อยละ 4.13 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 4.13 ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 3 เท่ากับร้อยละ 4.78 ผักที่ตัดราก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเป็น 12.80 ที่ 4 องศาเซลเซียสในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 14.13 15.87 และ 18.64 ตามลำดับ

ผลที่ได้คือการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอกระบวนการเมตาบอลิซึมของผลผลิต เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดเร็วขึ้น 1 เท่า (จริงแท้, 2549) ดังการทดลองของบุษบา และคณะ (2551) เก็บใบมะกรูดหั่นฝอยที่ 5 10

และ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเก็บที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นการเก็บรักษา ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิคที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ สอดคล้องกับการ ทดลองของโกวิทช์ และมาระตรี (2553) ทดลองเก็บรักษากล้วยหอมทองโดยพบว่ามีย่อยละการ สูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุในการเก็บรักษา และ Sankat and Maharaj (1996) เก็บรักษาผักชีฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 10, 17 และ 28 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส ถูงพลาสติกเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากถูงพลาสติก FF 3 (ถูง 1) เป็นถูงที่แลกเปลี่ยนก๊าซและระบายไอน้ำได้ดี ภายใน ถูงพลาสติก FF 3 (ถูง 1) จึงมีปริมาณก๊าซที่พอเหมาะช่วยชะลอการหายใจ การเกิดปฏิกิริยาต่างๆ และไม่มีไอน้ำเกาะภายในถูง ไม่มีหยดน้ำขังด้านล่างของถูงพลาสติก ซึ่งจะต่างกับการเก็บรักษาใน ถูงพลาสติก LDPE 2 (ถูง 2) ที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซและระบายอากาศได้ดี จึงเกิดน้ำขังสะสม อยู่ด้านล่างของถูงพลาสติก ทำให้ผักเกิดการเน่าเสียที่เร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Farber (1991) รายงานว่าการบรรจุผักและผลไม้ในสภาพตัดแปลงบรรยากาศ สามารถลดอัตราการหายใจ ชะลอการสุกงอม ชะลอการนึ่มลงของเนื้อสัมผัสได้ การเก็บผัก Butterhead ในถูงพลาสติก FF 3 (ถูง 1) และถูงพลาสติก LDPE 2 (ถูง 2) ที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียสนั้น พบว่าการเก็บรักษาใน ถูงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเก็บใน 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของการสูญเสียน้ำหนัก ($P \leq 0.05$) โดยทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อจำนวนวันในการเก็บรักษา

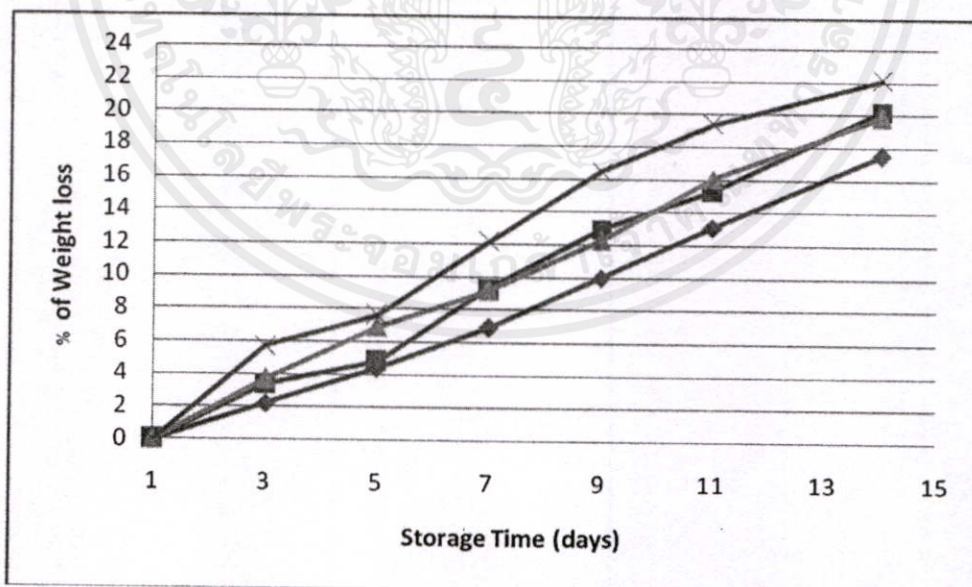


ภาพที่ 4.5 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผัก Butterhead ที่ตัดราก เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

4.2.1.2 การสูญเสียน้ำหนักของผักรีดโอ๊ค (Red Oak)

เลือกใช้ผักที่ทำการตัดรากแล้ว เนื่องจากมีอายุในการเก็บรักษาได้ยาวนานกว่าผักที่ไม่ได้ตัดราก เพราะผักที่มีรากติดอยู่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทจะมีน้ำข้างสะสมอยู่ด้านล่างของถุงพลาสติก ทำให้เสื่อมเสียง่ายกว่าผักที่ตัดราก โดยบรรจุผัก Red Oak ที่ตัดรากแล้วในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าผัก Red Oak มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.6) สอดคล้องกับการทดลองของ Albanese *et al* (2007) พบว่าอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหน่อไม้ฝรั่งมีการสูญเสีย น้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย

ภาพที่ 4.6 แสดงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักและจำนวนวันในการเก็บรักษาของผัก Red Oak พบว่าผักที่ตัดราก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาเท่ากับร้อยละ 2.20 ผักในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 3.37 ผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุง 1 มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 3.72 ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 3 เท่ากับร้อยละ 5.70 ในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ผักเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 17.48 ขณะที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียส ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละ 20.19 19.84 และ 22.07 ตามลำดับ



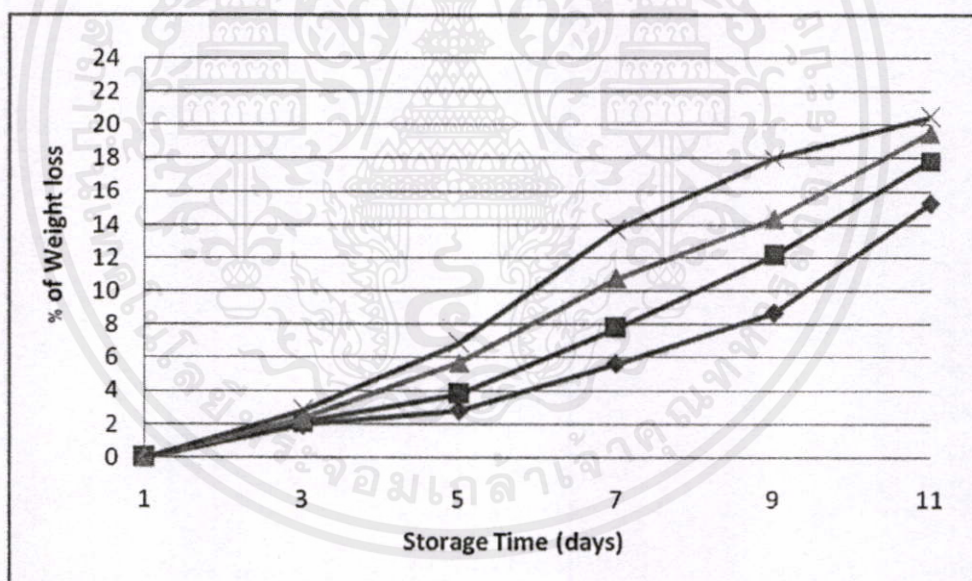
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.6 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผักรีดโอ๊ค ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C โดยขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×) นำไปใช้

การเก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยืดอายุในการเก็บรักษาผักได้ยาวนานที่สุด เพราะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส โดยถุงพลาสติกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เป็นถุงที่แลกเปลี่ยนก๊าซและระบายน้ำได้ดี จึงไม่เกิดไอน้ำสะสมภายใน ช่วยให้เก็บรักษาผักได้นานขึ้นและดูน่าซื้อเมื่ออยู่ในถุง ต่างกับการเก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ไม่มีกระบวนการระบายอากาศที่ดีจะมีไอน้ำเกาะที่ถุงมาก เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมของผลิตภัณฑ์ ดังการทดลองของ Kumer *et al.*, (1999) เก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเก็บรักษาที่ 7 องศาเซลเซียส และงานของ Javanmardi and Kubota (2006) เก็บรักษามะเขือเทศที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส 7 วัน ดังนั้นการเก็บรักษาผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้สอดคล้องกับการทดลองของ Sankat and Maharaj (1996) พบว่าการเก็บรักษาผักซีฟรังที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 17 และ 28 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส จากการทดลองเก็บผัก Red Oak ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 และ องศาเซลเซียสนั้น พบว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิดมีความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเก็บใน 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อจำนวนวันในการเก็บรักษา

4.2.1.3 การสูญเสียน้ำหนักของผักโขม

บรรจุผักที่ตัดรากแล้วในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าผักโขมมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ดังภาพที่ 4.7 แสดงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักและจำนวนวันในการเก็บรักษา พบว่าผักที่ตัดราก เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 3 เท่ากับร้อยละ 2.57 ผักในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 4.13 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุง 1 มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในเท่ากับร้อยละ 4.13 ในถุง 2 มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 4.78 ผักตัดรากเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา การเก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ยืดอายุในการเก็บรักษาผักได้ยาวนานที่สุดและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บ

รักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4.7 เพราะการสูญเสียน้ำหนักที่เร็ว ทำให้ผักเสื่อมเสียเร็วด้วย อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Tano *et al.*, (2007) ที่เก็บรักษามะเขือเทศ เห็ด และบร็อกโคลี่ ในสภาพคัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิ 3 – 23 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผักทั้ง 3 ชนิด มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น และ Javarnmardi and Kubota (2006) ทดลองเก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิห้องและที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิห้องนั้นจะมีอายุในการเก็บรักษาแค่ 7 วันและมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเก็บที่ 5 องศาเซลเซียสและเก็บที่ 5 องศาเซลเซียสสามารถเก็บได้ถึง 14 วัน ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยลดการสูญเสียร้อยละของน้ำหนักได้ โดยทั้ง 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและจำนวนวันในการเก็บรักษา การเก็บใน 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ ถุงพลาสติกเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักโขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ เบญจมาศ (2549) ที่พบว่าเมื่อผักคะน้ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 4.7 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผักโขมที่ตัดราก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

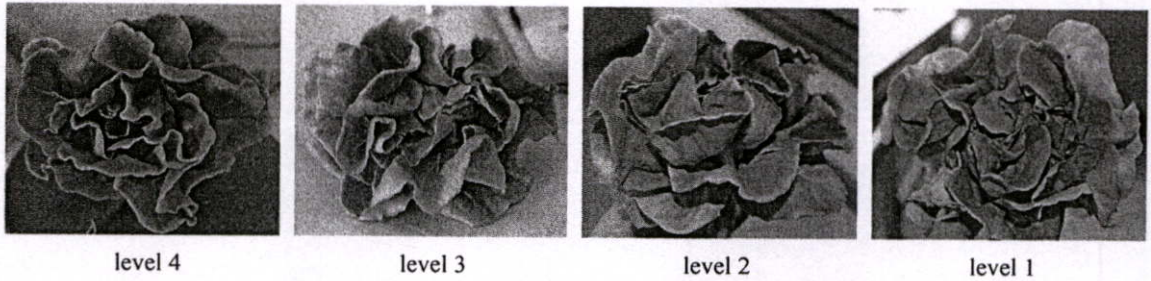
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักในระหว่างการเก็บรักษา

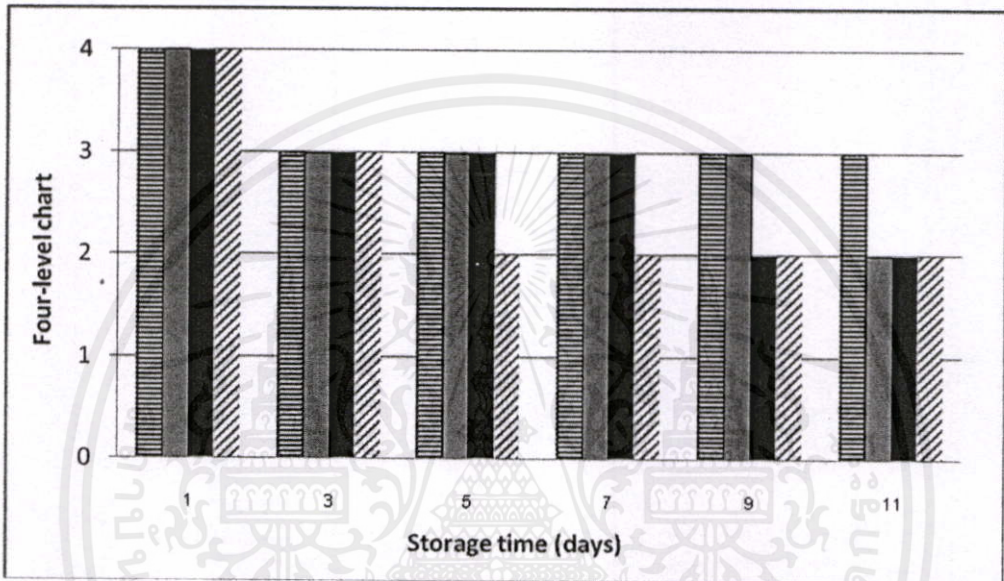
4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกโดยรวมในระหว่างเก็บรักษาของผักเป็น 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 4 = ผักมีสีเขียวและสดมาก ระดับที่ 3 = ใบผักเหี่ยวบ้างแต่ยังไม่เกิดสีเหลือง ระดับที่ 2 = ใบผักเหี่ยวและเริ่มเหลืองที่บริเวณขอบ ระดับที่ 1 = ใบผักเหี่ยวและเหลืองมากกว่าครึ่ง ภาพที่ 4.8 และ 4.9 แสดงระดับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นและจำนวนวันในการเก็บรักษาผัก ในวันแรกของการเก็บรักษาผักยังคงอยู่ในระดับ 4 ในทุกถุงทุกอุณหภูมิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผัก ในทุกถุงเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมาอยู่ในระดับที่ 3 ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบว่าผักที่ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาพบว่าผักที่ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 เท่ากับผักที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) และในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมาอยู่ที่ระดับ 2 ยกเว้นที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ซึ่งลักษณะทางกายภาพของผักยังคงอยู่ในระดับที่ 3 เนื่องจากผัก Butterhead เป็นพืชในดินหนาว จะเจริญได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 4 องศาเซลเซียส ผักจึงยังคงมีสภาพที่ดีและมีอายุในการเก็บรักษาที่นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งพืชแต่ละชนิดก็จะมีความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่เท่ากัน (Kader, 1980) สอดคล้องกับการเก็บรักษาผักสลัดพันธุ์ Iceberg ตัดแต่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่น้อยกว่าการเก็บที่ 50 องศาเซลเซียส รวมไปถึงช่วยลดปริมาณการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ในถุงที่เก็บรักษาผักอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของฝัก Butterhead ระหว่างการเก็บรักษา

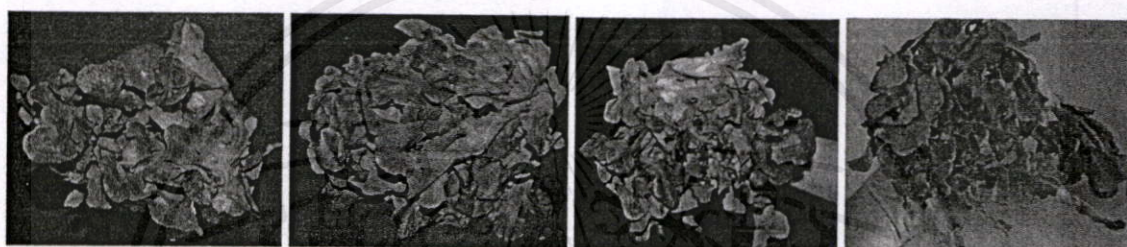


ภาพที่ 4.9 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของฝัก Butterhead ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C without root 4°C bag 1 (▨), without root 4°C bag 2 (■), without root 10°C bag 1 (■), without root 10°C bag 2 (▧)

4.2.2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของฝักเร็ดโอ๊ค (Red Oak)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกของฝัก Red Oak แสดงในภาพที่ 4.10 มี 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 4 = ฝักมีสีเขียวอมแดงและสดมาก ระดับที่ 3 = ใบฝักเขียวบ้างแต่ยังไม่เกิดสีเหลือง ระดับที่ 2 = ใบฝักเขียวและเริ่มเหลืองที่บริเวณขอบ ระดับที่ 1 = ใบฝักเขียว เหลืองมากกว่าครึ่งและร่วง ภาพที่ 4.11 แสดงระดับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นและจำนวนวันในการเก็บรักษา ฝักในวันแรกของการเก็บรักษาฝักยังคงอยู่ในระดับ 4 ในทุกถุงทุกอุณหภูมิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาฝักในทุกถุงเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมาอยู่ในระดับที่ 3 ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา

พบว่าผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 ในวันที่ 7 และ 9 ของการเก็บรักษาพบว่าผักที่ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 เท่ากับผักที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมาอยู่ที่ระดับ 2 ยกเว้นที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ซึ่งลักษณะทางกายภาพของผักยังคงอยู่ในระดับที่ 3 และในวันที่ 14 ของการเก็บรักษาผักที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เปลี่ยนแปลงลงมาอยู่ในระดับที่ 2 และการเก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 10 องศาเซลเซียส เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมาอยู่ที่ระดับ 1



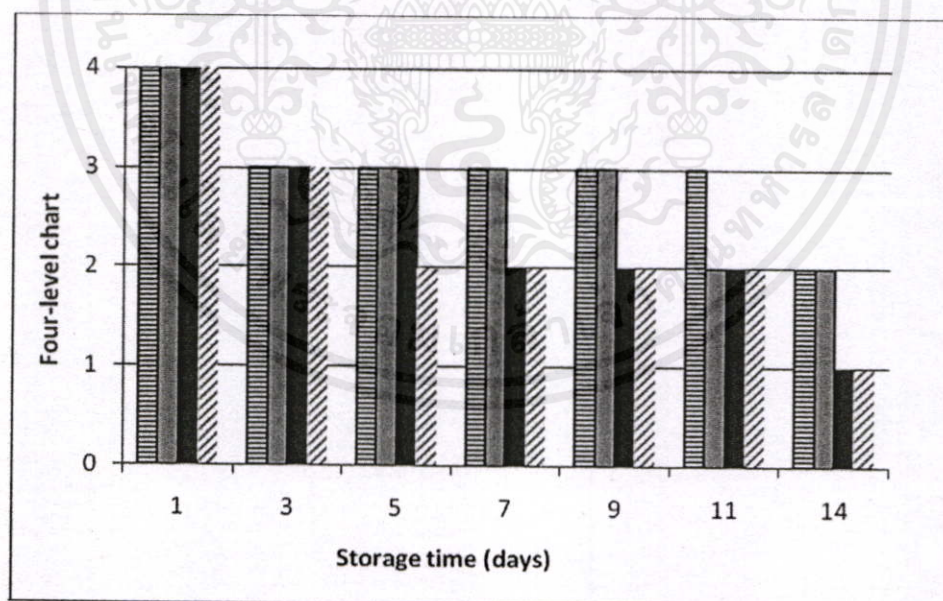
level 4

level 3

level 2

level 1

ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผัก Red Oak ระหว่างการเก็บรักษา

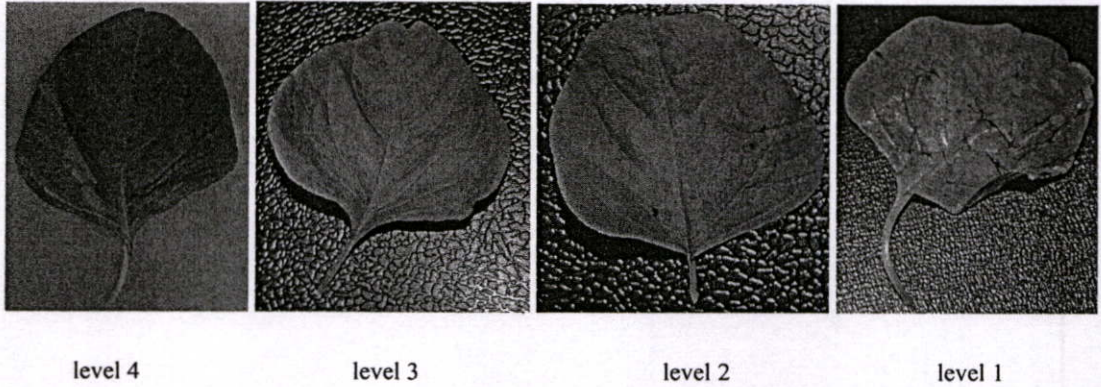


ภาพที่ 4.11 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผัก Red Oak ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C

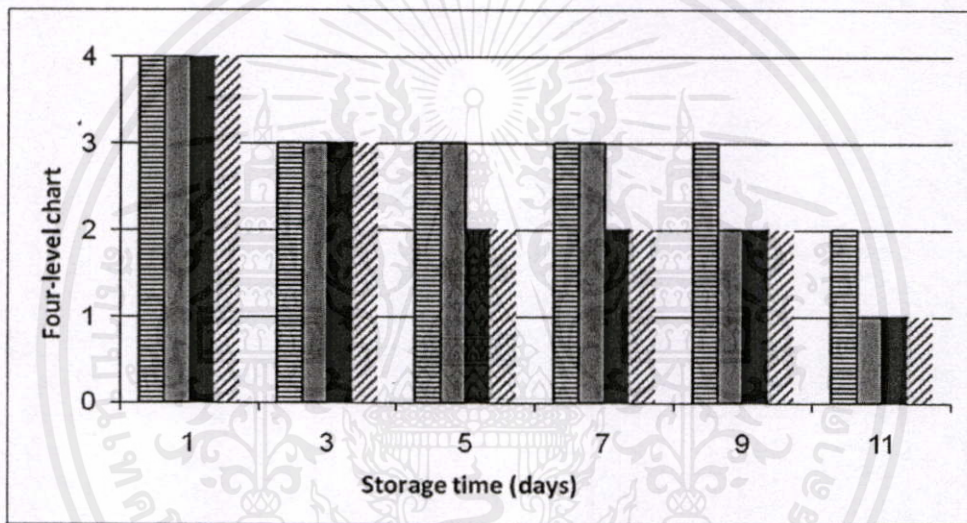
without root 4°C bag 1 (▨), without root 4°C bag 2 (■), without root 10°C bag 1 (■), without root 10°C bag 2 (◊) จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักโขม

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกของผักโขม ดังแสดงในภาพที่ 4.12 มี 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 4 = ผักมีสีเขียวและสดมาก ระดับที่ 3 = ใบผักเหี่ยวบ้างแต่ยังไม่เกิดสีเหลือง ระดับที่ 2 = ใบผักเหี่ยวและเริ่มเหลืองที่บริเวณขอบ ระดับที่ 1 = ใบผักเหี่ยวและเหลืองมากกว่าครึ่ง ภาพที่ 4.13 แสดงระดับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นและจำนวนวันในการเก็บรักษาผัก ในวันแรกของการเก็บรักษาผักยังคงอยู่ในระดับ 4 ในทุกถุงทุกอุณหภูมิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักในทุกถุงเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมาอยู่ในระดับที่ 3 ในวันที่ 5 และ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าผักที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาพบว่าผักที่ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เกิดการเปลี่ยนแปลงมาอยู่ในระดับที่ 2 และในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมาอยู่ที่ระดับ 1 ยกเว้นที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ซึ่งลักษณะทางกายภาพของผักยังคงอยู่ในระดับที่ 2 เนื่องจากผักโขมเป็นพืชในถิ่นหนาว จะเจริญได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 4 องศาเซลเซียส ผักจึงยังคงมีสภาพที่ดีและมีอายุในการเก็บรักษาที่นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งพืชแต่ละชนิดก็จะมีความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่เท่ากัน (Kader, 1980) และผักโขมเป็นผักที่มีใบเยอะ ทุกใบผักที่เก็บรักษาในถุง 100 กรัม เกิดการหายใจทุกใบ จึงเกิดการเสื่อมเสียง่ายกว่าผักหัว สอดคล้องกับการทดลองของ Conte *et al.*, (2008) ศึกษาการเก็บรักษาผักโขมตัดแต่งที่ 5 องศาเซลเซียสเปรียบเทียบกับเก็บรักษาผักกาดหอมพบว่าการเก็บรักษาผักโขมจะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าในผักกาดหอมซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักโขมที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งทำให้ผักโขมเสียได้เร็วกว่าผักกาดหอมด้วย (Del Nobile *et al.*, 2008)



ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผักโขม ระหว่างการเก็บรักษา



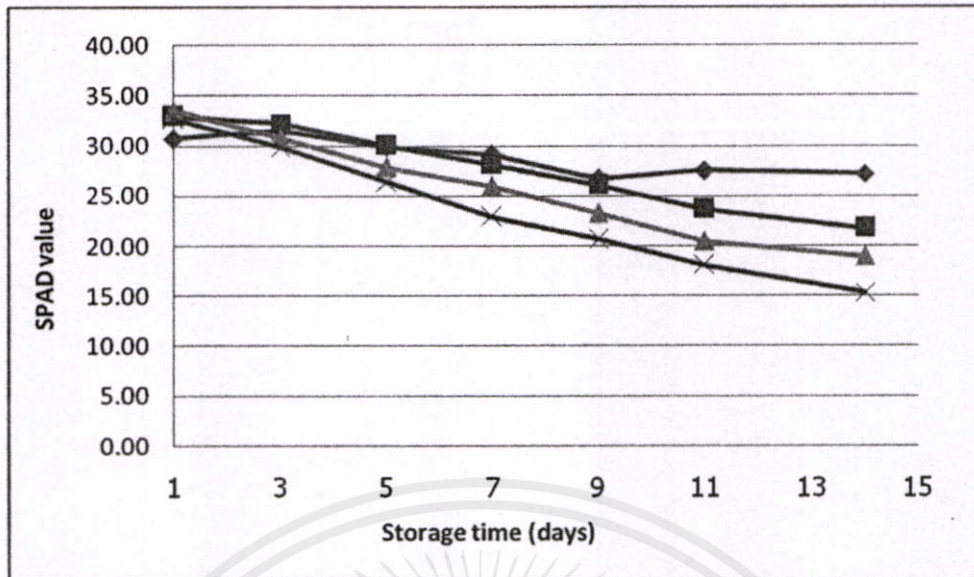
ภาพที่ 4.13 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผักโขม ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C without root 4°C bag 1 (▨), without root 4°C bag 2 (■), without root 10°C bag 1 (▣), without root 10°C bag 2 (↙)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงสีของผักระหว่างเก็บรักษา สามารถวัดได้จากเครื่อง SPAD meter ซึ่งจะรายงานค่าผลที่วัดได้ เป็นปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในใบผัก ซึ่งไนโตรเจนจะเป็นองค์ประกอบที่อยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ถ้าปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นส่งผลถึงปริมาณคลอโรฟิลล์จะเพิ่มขึ้น ถ้าไนโตรเจนมีปริมาณที่ลดลง คลอโรฟิลล์ก็จะลดลงตามไปด้วย ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์หรือความเขียวของใบไม้จะมีผลโดยตรงต่อปริมาณไนโตรเจนของพืช (Netto *et al.*, 2004)

4.2.3.1 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักแรดโอ๊ค (Red Oak)

จากการทดลองเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ในระหว่างเก็บรักษาผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกชนิด Red Oak ในถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าคลอโรฟิลล์ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มลดลง ซึ่งต้องป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นหรือเกิดน้อยที่สุด เพราะการสูญเสียคลอโรฟิลล์หรือสีเขียวนั้นบ่งบอกถึงความเก่าและเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ (จริงแท้, 2549) ผลการทดลองจากภาพที่ 4.14 พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียส และถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่า SPAD value เท่ากับ 30.70 32.96 33.55 และ 32.70 ตามลำดับ (ภาคผนวก ข 12) ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักในทุกถุงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมีค่า SPAD value 31.56 32.26 33.55 และ 32.70 ตามลำดับ วันที่ 14 ของการเก็บรักษามีการลดลงของคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากวันแรกที่เก็บรักษา ซึ่งจำนวนวันในการเก็บรักษาที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) วันที่ 9 ค่า SPAD value มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นถุงที่แสงสว่างส่องผ่านได้ง่ายเนื่องจากเป็นถุงที่บางซึ่งแสงสว่างจะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2551) จะเห็นได้ว่าค่า SPAD value ของผักในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในถุงอื่น การลดอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลงก็จะสามารถป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้และการเก็บภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง ดังเช่นในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เป็นการช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในผักได้อีกด้วย โดยผักที่มีสีเขียวจะมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าผักที่มีสีเทาหรือไม่มีสี (จริงแท้, 2549) พบว่าชนิดของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและจำนวนวันในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผัก Red Oak แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สอดคล้องกับการทดลองของ โกวิทย์และมาระตรี (2553) ที่เก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดจาก SPAD meter มีปริมาณลดลงโดยที่อุณหภูมิห้องมีการลดลงรวดเร็วกว่าที่เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส และจะสอดคล้องกับการลดลงของค่าความเป็นสีเขียว a ด้วย



ภาพที่ 4.14 ค่า SPAD value ของผัก Red Oak ที่ตัดราก ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C
4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

จากการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของผัก Red Oak ที่เปลี่ยนแปลง ปัจจัยถุงพลาสติกที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันทั้ง 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างกันของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จำนวนวันในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณการลดลงของคลอโรฟิลล์ก็ลดต่ำลง ซึ่งจำนวนวันก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้จากภาพที่ 4.14 ในวันที่ 13 สามารถแบ่งข้อมูลได้เป็น 2 ชุด คือ ผัก Red Oak ที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียสทั้งถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าในเก็บที่ 10 องศาเซลเซียสทั้งถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)

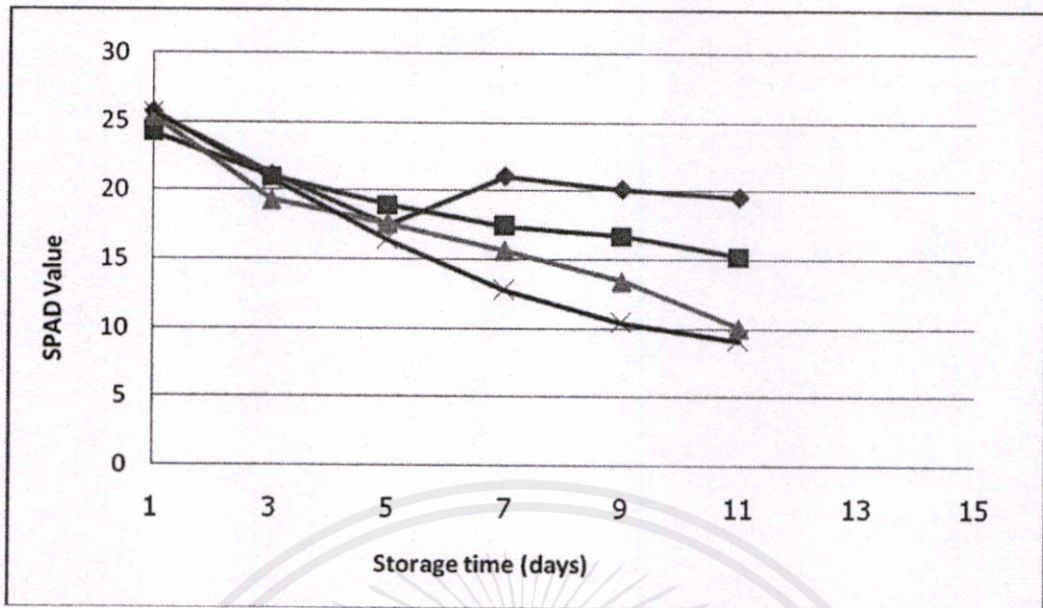
4.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักโขม

ติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในระหว่างเก็บรักษาผักโขม ในถุงพลาสติก 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าคลอโรฟิลล์ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มลดลง ซึ่งต้องป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นหรือเกิดน้อยที่สุด เพราะการสูญเสียคลอโรฟิลล์หรือสีเขียวนั้นบ่งบอกถึงความเก่าและเสียสภาพของผลิตภัณฑ์ (จริงแท้, 2549) ผลการทดลองจากภาพที่ 4.15 พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียส และถุงพลาสติก

FF 3 (ถุง 1) ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่า SPAD value เท่ากับ 25.69 24.23 26.89 และ 25.74 ตามลำดับ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักในทุกถุงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมีค่า SPAD value 21.94 20.52 19.31 และ 20.83 ตามลำดับ และในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบว่าผักมีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้จากภาพที่ 4.12 ได้อย่างชัดเจน โดยในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียส และถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 10 องศาเซลเซียส มีค่า SPAD value เท่ากับ 21.03 17.44 15.67 และ 12.78 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการลดลงของคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังภาพที่ 4.15 (ภาคผนวก ข 13) ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) วันที่ 7 ค่า SPAD value มีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 5 เนื่องจากเป็นถุงที่บางแสงสว่างส่องผ่านได้ง่ายซึ่งแสงสว่างจะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2551) ดังการทดลองของ Ell D. *et al.*, (1999) ทดลองเอาแผ่นสีดำนมาปิดทับบนใบไม้ที่ทดสอบพบว่าใบผักจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและหลังจากทดลองเป็นเวลา 10 วันได้เอาแผ่นสีดำที่ทับไว้ออกพบว่าใบผักเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเขียวเมื่อได้รับแสง ค่า SPAD value ของผักที่ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในถุงอื่น เนื่องจากการลดอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลงจะสามารถป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ และการเก็บภายใต้สภาพบรรยากาศดีดัดแปลง เช่น ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เป็นการช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในผักได้อีกด้วย โดยผักที่มีสีเขียวจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักที่มีสีเทาหรือไม่มีสี (จริงแท้, 2549) สอดคล้องกับการทดลองของ Ferrante and Maggiore (2007) ที่ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ Valeriana ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการลดลงของคลอโรฟิลล์มากกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติ ของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงในผักโขม พบว่าถุงพลาสติกที่แตกต่างกันทั้ง 2 ชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และอุณหภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($P \leq 0.05$) ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงจำนวนวันในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นปริมาณการลดลงของคลอโรฟิลล์ก็ลดต่ำลง ซึ่งทำให้จำนวนวันในการเก็บรักษาก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากภาพที่ 4.15 ในวันที่ 11 สามารถแบ่งข้อมูลได้เป็น 2 ชุด คือ ผัก Red Oak ที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียสทั้งถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าในเก็บที่ 10 องศาเซลเซียสทั้งถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) และเก็บที่ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ก็มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเมื่อเทียบกับในตัวอย่างอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4:15 ค่า SPAD value ของผักโขมที่ตัดราก ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของผักในระหว่างการเก็บรักษา

4.2.4.1 การเปลี่ยนแปลงสีของผักเร็ดโอ๊ค (Red Oak)

จากการทดลองวัดสีด้วยเครื่อง Chroma Meter โดยรายงานผลเป็น L, a, b ตาม Hunter Scale โดยที่ค่า L บอกลถึงความสว่างของใบผักจะเปลี่ยนแปลงค่าจาก 0 ถึง 100 ถ้าค่าเป็น 0 จะเป็นสีคล้ำหรือดำ 100 จะเป็นสีสว่าง, ค่า a บอกลถึงสีเขียว - แดง จะเปลี่ยนแปลงจาก -60 ถึง 60 ค่าที่ได้เป็น - เป็นสีเขียว + เป็นสีแดง และค่า b บอกลถึงสีน้ำเงิน - เหลือง ความเหลืองบนใบผักที่เพิ่มขึ้นเป็น จาก -60 ถึง 60 ถ้าค่าที่ได้เป็น - เป็นสีน้ำเงิน + เป็นสีเหลือง ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.16 และภาคผนวก ข12 พบว่าค่าความสว่าง L ของผัก Red Oak ในแต่ละถุงตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับการทดลองของ ชานนท์ (2007) ที่พบว่าการเก็บรักษาผักกาดหอมที่ 5 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนทำให้ค่า L และ a มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ชลิตา (2007) ทำการเก็บรักษากล้วยไข่แบบควบคุมบรรยากาศ ร่วมกับการลดอุณหภูมิ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง L ของกล้วยไข่มีการเปลี่ยนแปลงแต่น้อยมาก ภาพที่ 4.16 (a) แสดงค่าความเป็นสีเขียว - สีแดง a จาก -60 ถึง 60 ถ้าค่าที่ได้เป็น - เป็นสีเขียว + เป็นสีแดง โดยพบว่าค่าความเป็นสีเขียว a ที่มีค่าเป็น - มีแนวโน้มของค่าลดลงเข้าใกล้ 0 ซึ่งเปลี่ยนแปลงจากสี

ไม่ว่าการฉีไคทางสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

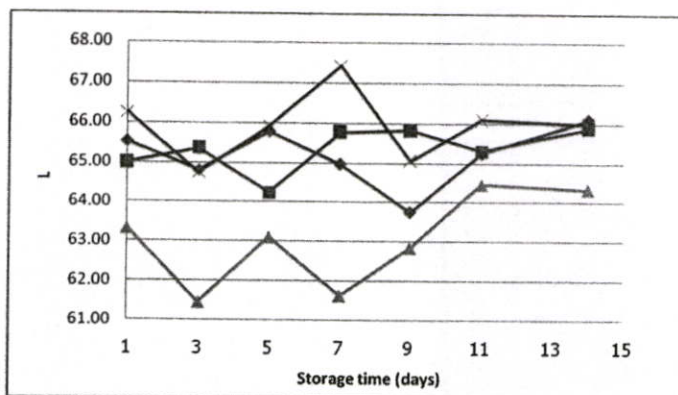
เขียวเป็นสีแดง โดยวันที่ 1 ถึง 5 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจะมีค่าอยู่ในช่วงจาก -4.30 ลดลงเหลือ -3.55 ในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียสมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน โดยช่วงวันแรกจนถึงวันที่ 5 ของการเก็บรักษามีค่าจาก -6.45 จนเหลือ -4.49 ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 10 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับการทดลองของ Del Nobile (2005) ที่ทดลองเก็บรักษาผักกาดหอมที่ 5 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวที่น้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงสีเขียวไปเป็นสีแดงพบว่าการเก็บรักษาผัก Red Oak ในอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้น คือ 4 และ 10 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่ 10 องศาเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาและกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์ของผัก เช่น เอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) จะทำลายสารสีเขียว (chlorophyll) ให้ลดลงจนเศษส่วนของแคโรทีนอยด์ซึ่งมีอยู่ในเซลล์พืชแต่ถูกบดบังด้วยคลอโรฟิลล์ออกมา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2549) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของผักที่ลดลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ส่งผลให้ผักมีอายุในการเก็บรักษาที่สั้นลงด้วย เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติก็พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความเขียว a ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ โกวิทช์และมาระตรี (2553) ที่เก็บรักษาด้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้อง และ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดจาก SPAD meter มีปริมาณลดลงโดยที่อุณหภูมิห้องมีการลดลงเร็วกว่าที่เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส และจะสอดคล้องกับค่าความเป็นสีเขียว a ที่ลดลงของด้วย แต่เมื่อคูอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของถุงพลาสติกและอุณหภูมิ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงที่เกิดกับผัก Red Oak ที่พบว่าอุณหภูมิมิผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ การป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ทำได้โดยการลดอุณหภูมิของผลผลิตร่วมกับการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดีดัดแปลง และแสงสว่างก็ช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ เห็นได้จากในผักใบที่มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ทดแทน และพบว่าส่วนที่มีสีเขียวจะมีอายุในการเก็บรักษานานกว่าส่วนที่มีสีชาหรือไม่มีสี Francis *et al.*, (1969) ภาพที่ 4.16 (c) แสดงค่าความเป็นสีน้ำเงิน - สีเหลือง b เป็นค่าจาก -60 ถึง 60 ถ้าค่าที่ได้เป็น - เป็นสีน้ำเงิน + เป็นสีเหลือง โดยพบว่าค่าความเป็นสีน้ำเงิน - เหลือง b ที่มีค่าเป็น + มีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากสีเขียวอ่อนที่ยังปรากฏไม่เด่นชัดค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนสังเกตได้ชัดเจน ในวันที่แรกถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

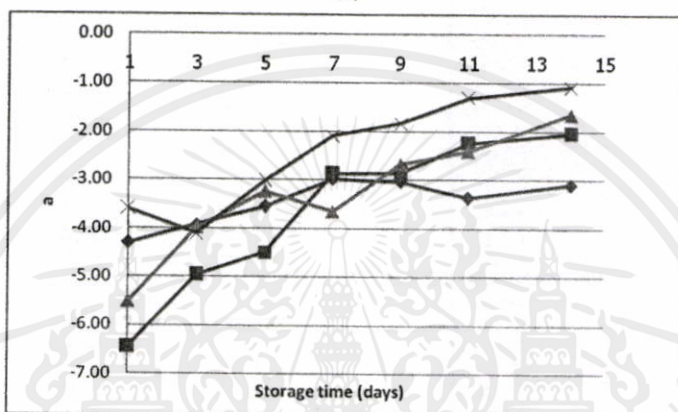
สอดคล้องกับการทดลองของ Del Nobile *et al.*, (2005) ที่เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า b จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะปรากฏสีค่าเพิ่มมากขึ้นบนใบ

เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ เมื่อนำค่า a และ b จากผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับค่าของ SPAD value ที่ทำการตรวจวัดคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.17 จากภาพที่ 4.17 (a) เป็นความสัมพันธ์ของ SPAD value กับค่า a ของผัก Red Oak ที่เก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าค่า SPAD value มีค่ามากขึ้น ค่าของ a จะลดลง นั่นคือความเข้มของสีเขียวมีมากขึ้น ค่าของ a มีค่าเพิ่มขึ้นในทิศทางของสีเขียว เช่น ค่า SPAD value ประมาณ 30 ค่าของ a จะมีค่าประมาณ -4.5 ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส ในขณะที่ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส จะอ่านค่า a เป็น -3 นั่นคือ ผักที่เก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) จะมีสีเขียวอ่อนกว่าผักในถุงที่ 2 ที่เก็บที่อุณหภูมิเดียวกัน จากภาพที่ 4.17 (b) ในทำนองเดียวกันค่า SPAD value เพิ่มขึ้น ค่าของ b ก็จะลดลง เนื่องจากผัก Red Oak เป็นผักที่ใบออกสีแดง ดังนั้นภาพที่ 4.17 (a) น่าจะใช้บอกถึงความสัมพันธ์ได้ดี

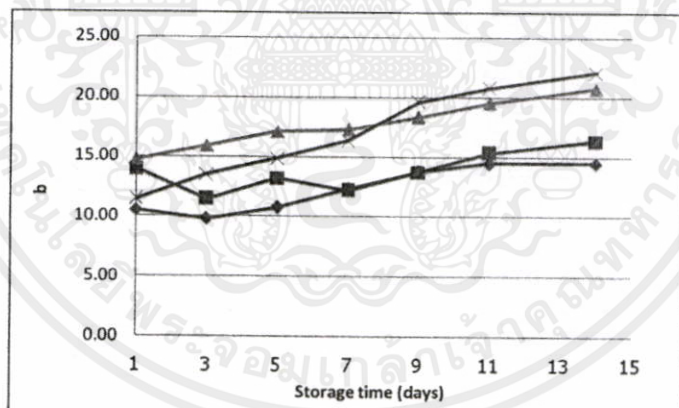
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



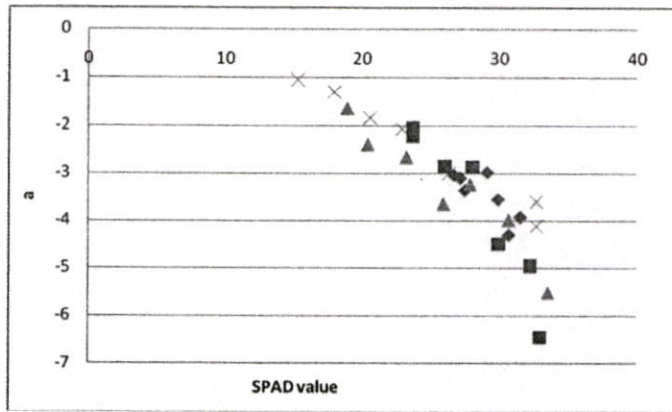
(b)



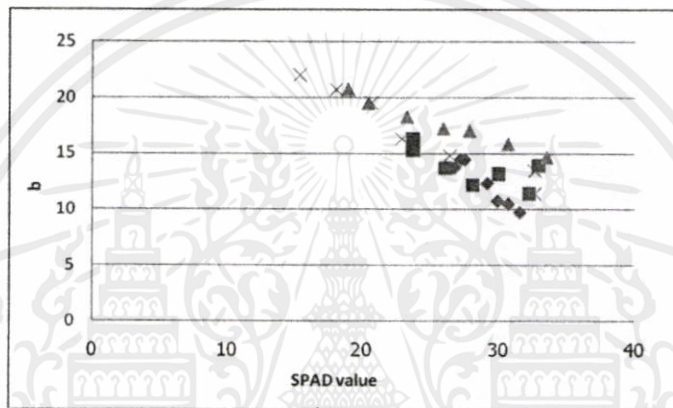
(c)

ภาพที่ 4.16 ค่าความสว่าง L ค่าความเป็นสีเขียว a และความเป็นสีแดง b ของผัก Red Oak ที่ตัดราก
4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

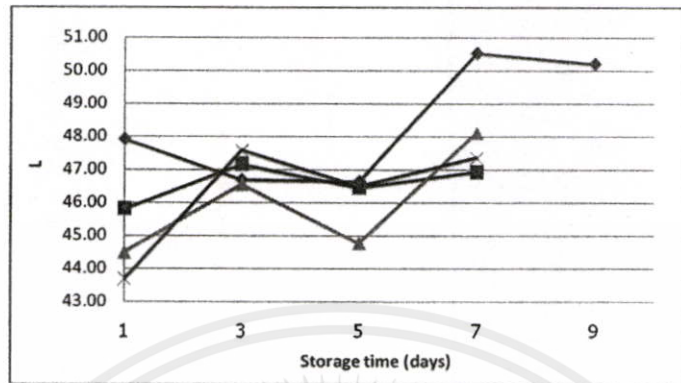
ภาพที่ 4.17 ค่าความเป็นสีเขียว a เทียบกับค่า SPAD value (a) และ ค่าความเป็นสีเขียว b เทียบกับค่า SPAD value (b) ของผักเร็ด โอ๊ก (Red Oak) ที่ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ 2 ชนิด 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

4.2.4.2 การเปลี่ยนแปลงสีของผักโขม

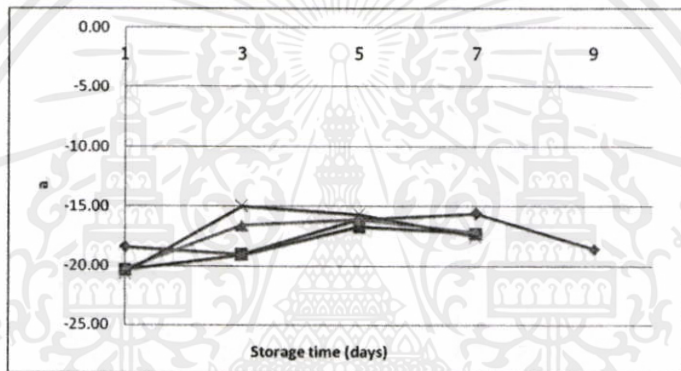
ภาพที่ 4.18 แสดงค่า L, a, b ของผักโขมที่เก็บรักษาที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เช่นเดียวกับผัก Red Oak พบว่าค่าความสว่าง L มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ทำให้ใบผักสว่างขึ้น จากสีเขียวค่อยๆ ปรากฏสีเหลืองออกมา ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาสามารถวัดค่าได้ที่ 4 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เท่านั้น มีค่าความสว่าง L เท่ากับ 50.20 เพราะผักในถุงอื่นไม่สามารถนำมาวัดได้ เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพที่ไม่ดีและเริ่มเน่าเสีย เมื่อดูความสัมพันธ์ของ SPAD

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

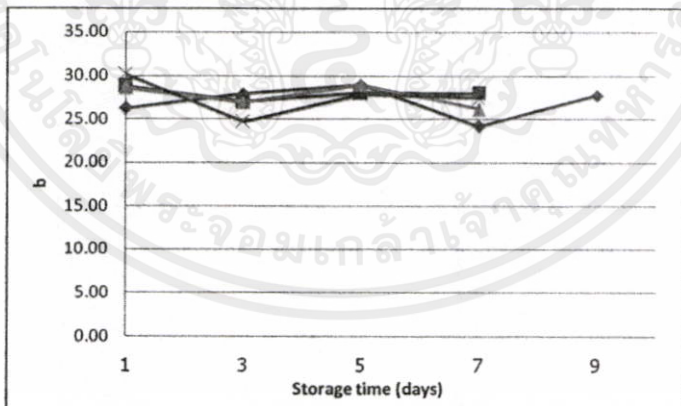
value กับค่า a และ b ในภาพที่ 4.19 พบว่าการกระจายของค่า SPAD value กับค่า a และ b จะไม่เห็นความสัมพันธ์มากนัก นั่นคือความหลากหลายของผักโขมมีน้อยกว่ากรณีของผัก Red Oak



(a)



(b)

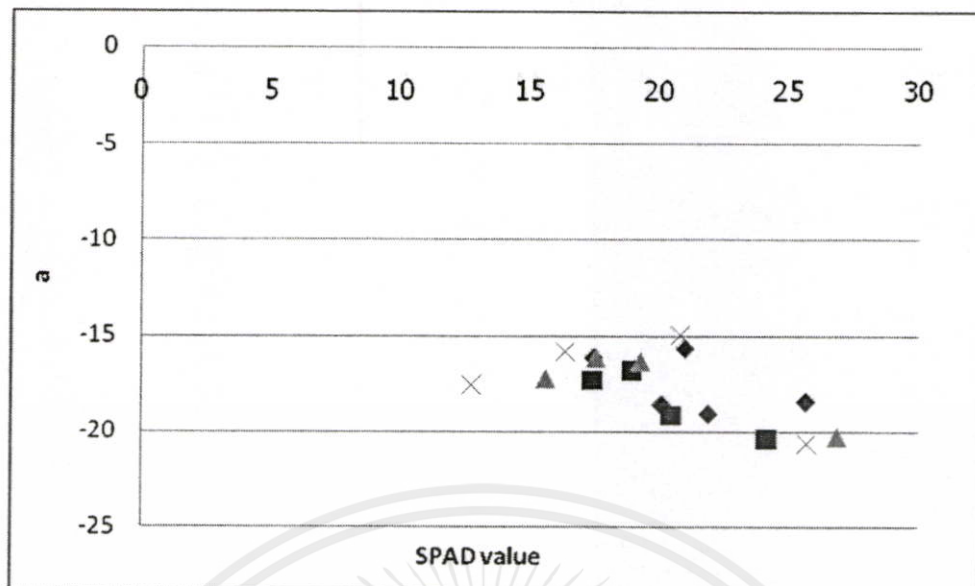


(c)

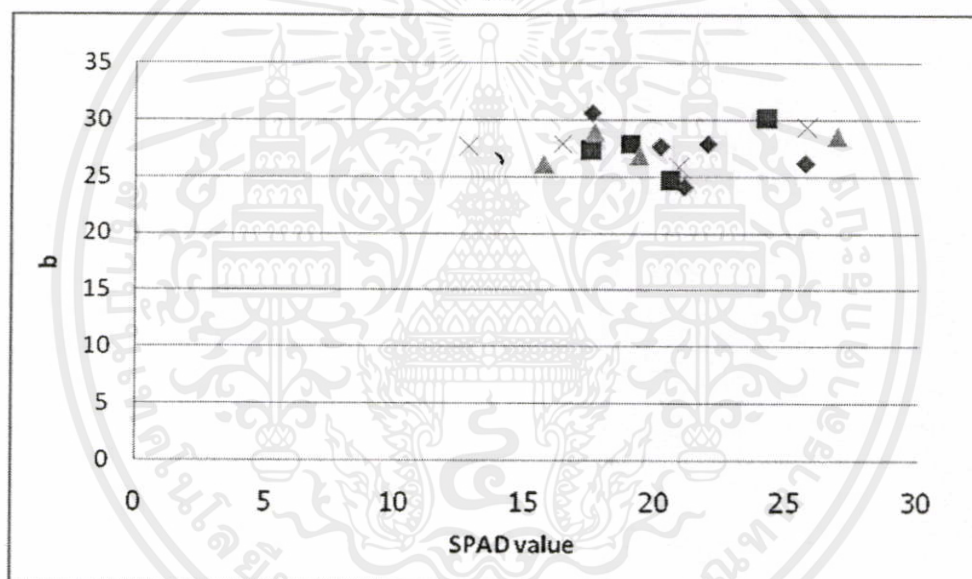
ภาพที่ 4.18 ค่าความสว่าง L ค่าความเป็นสีเขียว a และค่าความเป็นสีแดง b ของผักโขมที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)

4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

ภาพที่ 4.19 ค่าความเป็นสีเขียว a เทียบกับค่า SPAD value (a) และ ค่าความเป็นสีเขียว b เทียบกับค่า SPAD value (b) ของผักเร็ด โอ๊ก (Red Oak) ที่ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ ถุง 2 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียสและชนิดถุงพลาสติกที่มีผลต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) เร็ด โอ๊ก (Red Oak) และผักโขม (Spinach) สามารถสรุปได้ว่าผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส และผักทั้ง 3 ชนิด มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันในทั้งสองอุณหภูมิ แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มมากขึ้น โดยที่ไม่มี ความแตกต่างมากนักในทั้งสองอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ทั้ง 3 ชนิดนี้ คือ การเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเก็บได้ประมาณ 11 วัน และเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ประมาณ 7 วัน โดยที่ผักยังคงมีระดับคะแนนประมาณ 3 สำหรับผลของชนิดถุงพลาสติกต่อคุณภาพของผักในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผัก Butterhead, Red Oak และ ผักโขม ได้ดีกว่าในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส โดยที่มีลักษณะปรากฏ เช่น สี ความสด อยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าในทุกกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัญญรัตน์ สำเร็จ และลลิตา บุรีรักษ์. 2549. ผลของอุณหภูมิและชนิดถุงพลาสติกสำหรับการเก็บรักษาผักไฮโดรโปนิก. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

โกวิทย์ กางนอก และมาระตรี เปลี่ยนศิริชัย. 2553. การเปลี่ยนแปลงสี องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพการบริโภคกล้วยหอมทองในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41 : 1 พิเศษ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน. 396 น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 396 น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2551. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 437 น.

เจนจิรา เจริญยิ่ง. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผักซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชลิตา ชินพันธ์. 2550. ผลของภาชนะบรรจุและการลดอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศสมดุลของกล้วยไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชานนท์ สุทธิเวชย์. 2550. การยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอม โดยการใช้ภาชนะบรรจุและการ์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดวงกลม สระน้ำ. 2549. ผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารละลายไอโซนต่อปริมาณจุลินทรีย์และอายุการวางจำหน่ายมะเขือเทศและหอมหัวใหญ่แปรรูปเบื้องต้น.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พิพัฒน์ พรหมทอง. 2540. การยืดอายุการเก็บรักษามะนาว โดยบรรจุในฟิล์มพลาสติก. สัมมนา คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นงลักษณ์ พูลทอง. 2542. ผลของอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศตัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษา
และอายุในการวางจำหน่ายผักพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- นิธิยา รัตนานนท์ และคณะ บุญเกียรติ. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์
ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร
- บุษบา โกมลณี วิวัฒน์ หวังเจริญ วิจิตรา แดงปรก และชนเสก แก้วกำเนิด. 2551. การศึกษาอิทธิพล
ของอุณหภูมิและภาวะบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาและการสูญเสียน้ำหนักของถั่วงอก
ถั่วงอกยาวหั่นและใบมะกรูดหั่นฝอย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 (3) พิเศษ.
- เบญจมาศ กรส่งแก้ว. 2549. ผลของการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น และบรรจุภัณฑ์บรรยากาศตัดแปลง
ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผักคะน้าแปรรูปพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.
- ปิยนันท์ มิตรอุดม. 2549. การยืดอายุการเก็บรักษาแตงร้านผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นโดยการใช้
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และไอโซน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
สุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ภูวนาท พักเกตุ. 2545. ผลของการทำ Hydrocooling อุณหภูมิ และฟิล์มพลาสติกต่อคุณภาพการเก็บ
รักษา และอายุการวางจำหน่ายของคะน้าฮ่องกง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
- ยงยุทธ ชำมสี. 2535. ผลของการลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยว และสภาพการเก็บรักษาที่มีผลต่อการ
เปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกาดหอมห่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 97 น.
- สมชาย กล้าหาญ. 2546. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของผัก Postharvest technology of vegetables.
ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร
- สมพร สายกลิ่น. 2545. ผลของอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศตัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษาของ
ชมพูทับทิมจันทร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เกี่ยวกับมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุชาดา ไส้สุวรรณ. 2552. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพตัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อธิสรนทร นันทกิจ. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาคปฏิพิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร

ACNielsen. 2005. "Functional food and organic. A global ACNielsen Online Survey on Consumer Behaviour and Attitudes." [Online]. Available : http://www.2.acnielsen.com/reports/documents/2005_cc_functional_organics.pdf.

Allende, A and F. Artes. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 36 : 779-786

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

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

Baur, S., R. Klaibera., H. Weib., W. P. Hammesb and R. Carle. 2005. Effect of temperature and chlorination of pre-washing water on shelf-life and physiological properties of ready-to-use iceberg lettuce. *Innovative Food Science & Emerging Technologies.* 6 : 171-182

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

Chen, Z., C. Zhu., Y. Zhang., D. Niu and J. Du. 2010. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.) *Postharvest Biology and Technology.* 58 : 232-238

Conte, A., G. Conversa., C. Scrocco., I. Brescia., J. Laversea., A. Elia and M.A. Del Nobile. 2008. Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce. *Postharvest Biology and Technology.* 50

: 190-196

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Costa, C., A. Lucera., A. Conte., M. Mastromatteo., B. Speranza., A. Antonacci and M.A. Del Nobile. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering* 102 : 115–121
- Del Nobile, M. A., A. Baiano., A. Benedetto., and L. Massignan. 2005. Respiration rate of minimally processed lettuce as affected by packaging. *Journal of Food Engineering* 54: 299-307.
- Deshpande, S. D., S. Sokhansanj and J. Irudayaraj. 2002. Effect of moisture content and storage temperature on rate of respiration of alfalfa. *Biosystems Engineering*. 82 : 79-86
- Eischen, E., P. Prasertsri., S. Sirikeratikul., 2006. Thailand's organic outlook. Global Agricultural Service. [Online]. Available : <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200009/30678084.pdf>.
- Farber, J. M. 1991. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology : a review. *Journal of Food Protection*. 54 : 58-70
- Fillion, L. and Arazi, S. 2002. Does organic food taste better? A claim substantiation approach. *Nutrition & Food Science*. 32 : 153-157
- Fonseca, S. C., F. A. R. Oliveira and J. K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere package : a review. *Journal of Food Engineering*. 52 : 99-119
- Fonseca, S. C., F. A. R. Oliveira., J. K. Brecht. and K. V. Chau. 2002. Modelling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*. 54 : 299-307
- Fonseca, S. C., F. A. R. Oliveira., J. K. Brecht. and K. V. Chau. 2005. Influence of low oxygen and high carbon dioxide on shredded Galega kale quality for development of modified atmosphere packages. *Postharvest Biology and Technology*. 35 : 279-292
- Francis, F. J. 1969. Pigment content and color in fruits and vegetables. *Food Technology*. 23 : 32-36
- Gorden, L. R. 1993. *Food Packaging : Principles and Practice*. New York : Marcel Dekker.
- Heaton, J. W. and Marangoni, A. G. 1996. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends in Food Science & Technology*. 71 : 1-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IPM-DANIDA, 2003. Did you take your poison today? A Report by the IPM DANIDA Project :
 “Strengthening Farmers’ IPM in Pesticide Intensive Area”. [Online]. Available :
<http://www.ipmthailand.org/en/>

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

Jacxsens, L., F. Devlieghere., P. Ragaert., E. Vanneste and J. Debevere. 2003. Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. *International Journal of Food Microbiology* 83 : 263– 280

Javanmardi, J. and C. Kubota. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharv. Biol. Technol.* 41 : 151-155

Jayas, D. S. and S. Jeyamkondan. 2002. Postharvest Technology: Modified Atmosphere Storage of Grains Meats Fruits and Vegetables. *Biosystems Engineering*. 82 : 235-251

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

Kader, A. A. 1986. Biochemical and physiology basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*. 40 : 99-104

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

Kader, A. A., D. Zagory., E. L. Kerbel. And C. Y. Wang. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetable. *Critical Review of Food Science Nutrition*. 28 : 1-30

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

Koukounaras, A., A. S. Siomos and E. Sfakiotakis. 2007. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 46 : 161-173

Kumer, A., B. S. Ghuman and A. K. Gupta. 1999. Non-refrigerated storage of tomatoes-effect of HDPE film rapping. *J. Food Science Technology* 36 : 438-440

- Lee, D. S., Hagggar, 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
- Netto, A. T., E. Campostrini., J. G. de Oliveira and R. E. Bressan-Smith. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*. 104 : 199-209
- MacDougall, D. B. 2002. Colour in food (Improving quality). *Lebensm.-Wiss. U.-Technol*. 36 : 375-376
- Mahajan, P. V., F. A. R. Oliveira., J. C. Montanez and J. Frias. 2007. Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8 : 84-92
- Marnard, D.N: and G.J. Hochmuth.1997. *Knott's Handbook for Vegetable Growers*. New York : John Wiley and Sons pp. 387-392
- McEachern, M. G. and P. McClean. 2002. Organic purchasing motivations and attitudes: are they ethical?. *International Journal of Consumer Studies*. 26 : 85-92
- Melendez-Martinez, A. J., I. M. Vicario and F. J. Heredia. 2005. Correlation between visual and instrumental colour measurements of orange juice dilutions: effect of the background. *Food Quality and Preference*. 16 : 471-478
- Martinez-Sanchez, A., A. Allende., R. N. Bennett., and M. I. Gil. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology*. 42: 86-97.
- Martinez-Sanchez, A., A. Allende., Y. Cortes-Galera and M. I. Gil. 2007. Respiration rate response of four baby leaf *Brassica species* to cutting at harvest and fresh-cut washing. *Postharvest Biology and Technology*. 47 : 382-388
- Netto, A. T., E. Campostrini., J. G. de Oliveria and R. E. Bressan-Smith. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophylla fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*. 104 : 199-209
- Penau, S., E. Hoehn., H. R. Roth., F. Escher and J. Nuessli. 2005. Importance and consumer perception of freshness of apples. *Food Quality and Preference*. 17 : 9 – 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ragaert, P., F. Devlieghere and J. Dewulf. 2007. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 44 : 185-194
- Ricoa, D., A. B. Martín-Diana., J. M. Barat and C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 18 : 373-386
- Rizzo, V. and G. Muratore. 2009. Effects of packaging on shelf life of fresh celery. *Journal of Food Engineering*. 90 : 124-128
- Roitner-Schobesberger, B., I. Darnhofer., S. Somsok and C. R. Vogl. 2007. Consumer perceptions of organic foods in Bangkok, Thailand. *Food Policy* 33: 112-121.
- Sankat, C.K. and V. Mahajak. 1996. Shelf-life of green herb 'shado beni' (*Eryngium foetidum L.*) stored under refrigerated conditions. *Postharvest Biology and Technology*. 7: 109-118.
- Serrano, M., D. Martinez-Romero., F. Guillén., S. Castillo and D. Valero. 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., A. S. Bawa and P. S. Raju. 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
- Sila, D. N., T. Duvetter., A. D. Roecka., I. Verlenta., C. Smouta., G. K. Moates., B. P. Hills., K. K. Waldron., M. Hendrickxa and A. V. Loey. 2008. Texture changes of processed fruits and vegetable : potential use of high-pressure processing. *Trends in Food Science & Technology*. 19 : 309-319
- Tano, K., M. K. Oule., G. Doyon., R. W. Lencki and J. Arul. 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
- Tay, S. L. and C. O. Perera. 2004. Effect of 1-methylcyclopropene treatment and edible coatings on the quality of minimally processed lettuce. *Journal of Food Science*. 69 : 131-135
- Toivonen, P. M. A. and D. A. Brummell. 2007. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 48 : 1-14

- Vainionpää, J., M. Smolander., H. Alakomi., T. Ritvanen., T. Rajamäki, M. Rokka. and R. Ahvenainen. 2004. Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis. *Journal of Food Engineering*. 65 : 273-280
- Vandekinderen, I., F. Devlieghere., B. D. Meulenaer., K. Veramme., P. Ragaert and J. V. Camp. 2008. Impact of decontamination agents and a packaging delay on the respiration rate of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*. 49: 277-282.
- Watada, A.E and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15 : 201-205
- Xing, Y., X. Li., Q. Xu., Y. Jiang., J. Yun and W. Li. 2010. Effects of chitosan-based coating and modified atmosphere packaging (MAP) on browning and shelf life of fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaerth). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11 : 684-689
- Zhang, X., 2005. Chinese consumers' concerns about food safety : case of Tianjin. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*. 17 : 57-69

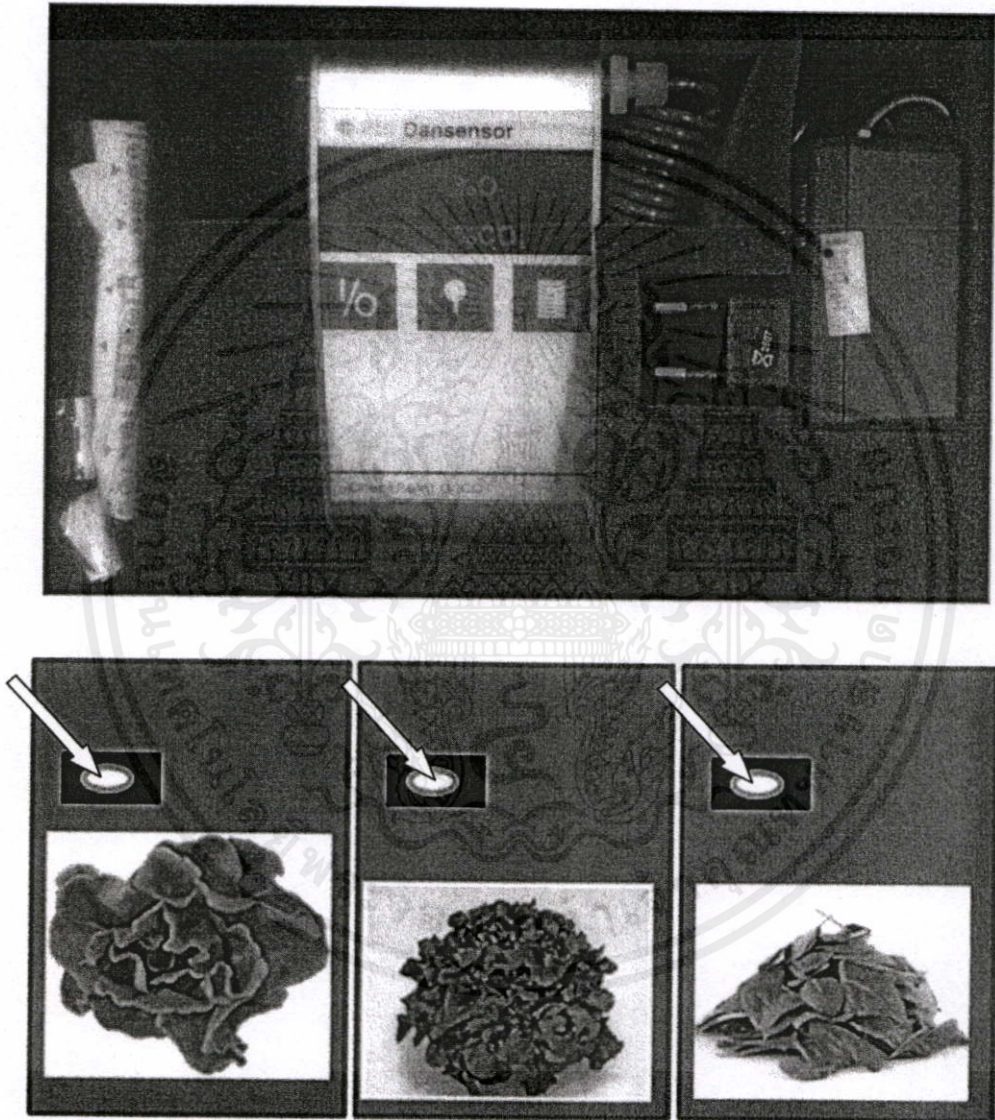


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

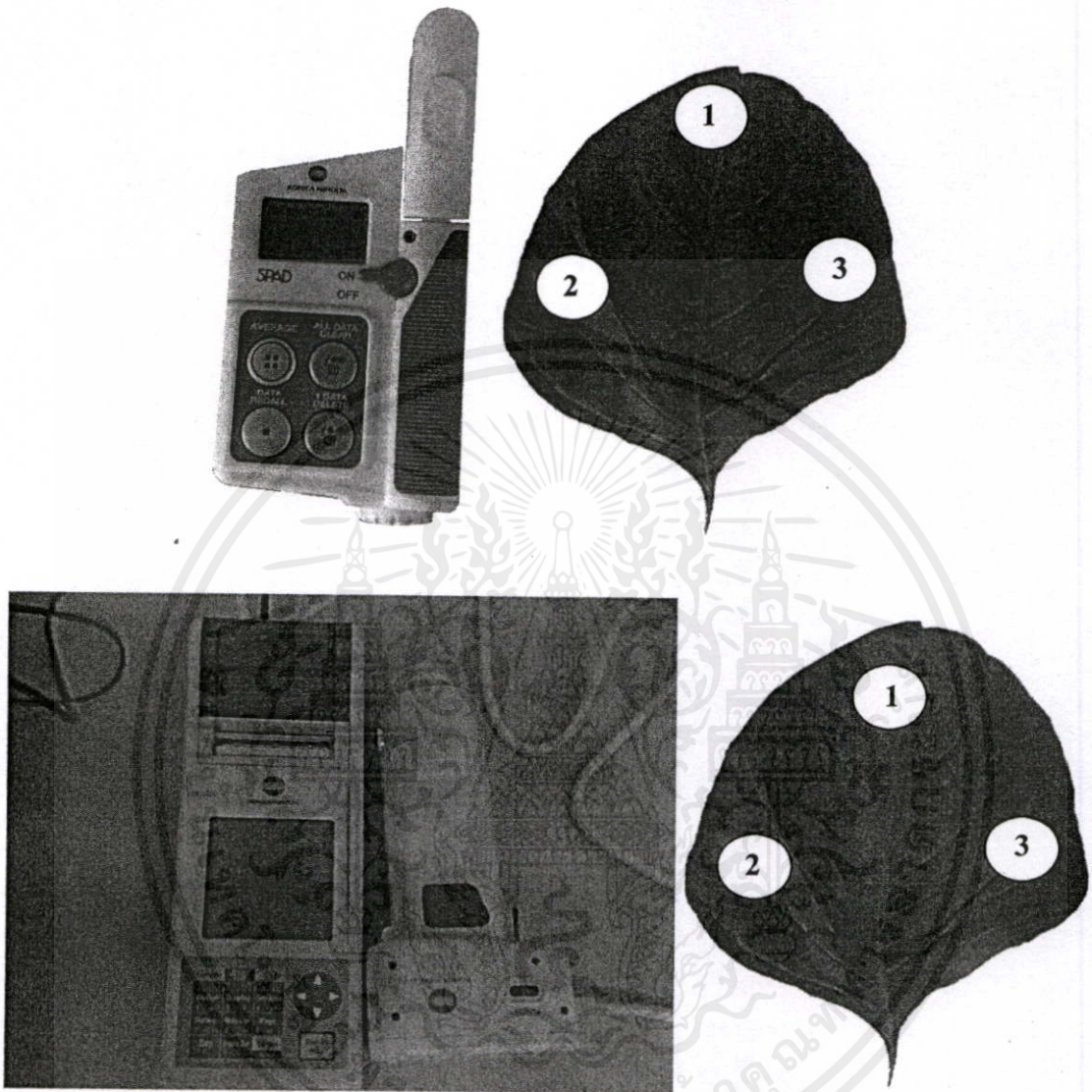
ก.1 เครื่องวัดปริมาณก๊าซที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติก



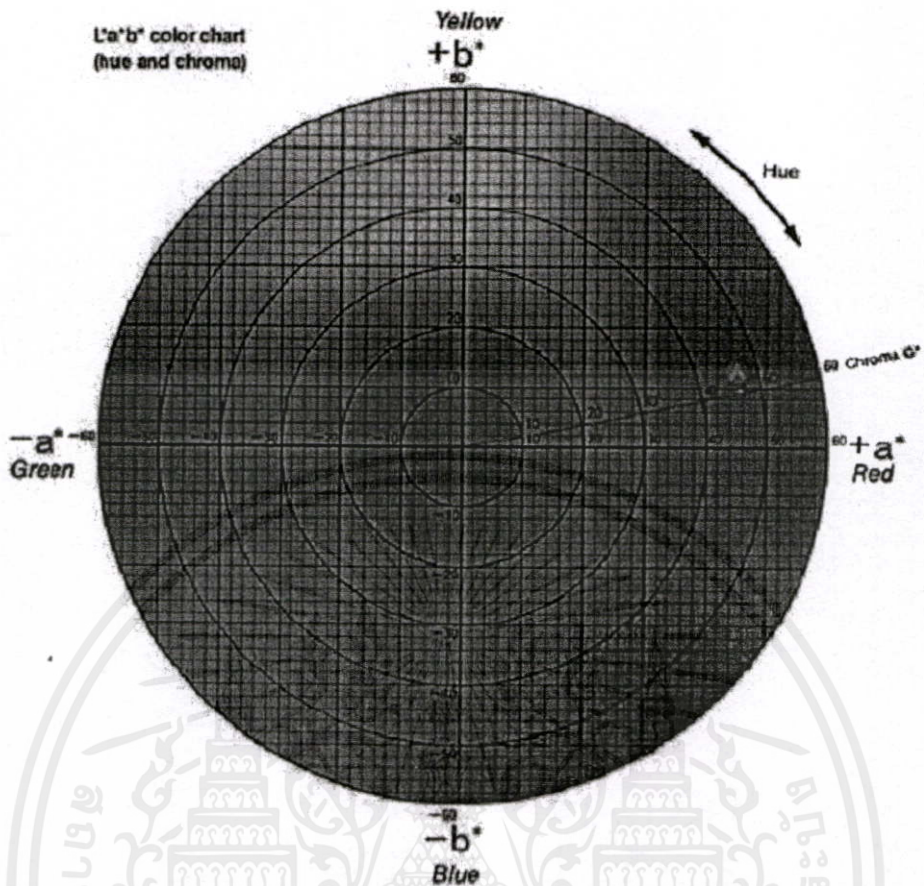
ภาพที่ ก.1 แสดงรูปถ่ายเครื่องวัดก๊าซที่เปลี่ยนแปลง และตำแหน่งที่วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 เครื่องตรวจวัดคลอโรฟิลล์ และเครื่องตรวจวัดสีที่ใบผัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.2 แสดงรูปถ่ายเครื่อง Chlorophyll Meter เครื่องวัดสี Minolta CR-400 และแผนผังแสดงสี

ก.3 การหาอัตราการหายใจ

คำนวณอัตราการหายใจตามสมการของ (Kays., 1991 และ Bhande., 2007)

$$R_{O_2} = \left(\frac{(G_{O_2})_t - (G_{O_2})_{t+1}}{\Delta t} \right) \frac{V_{fr}}{W}$$

R_{O_2} = respiration rate, ml $[O_2]$ /kg-1.h-1

W = mass of vegetables, kg

t = storage time, h

Δt = time difference between two gas measurements, h

เอกสาร G_{O_2} เป็น oxygen concentration, percent ซึ่งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่า V_{fr} free volume of respiration, ml เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ในการหาอัตราการหายใจของผักไม่คิดอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของถุงพลาสติกรวมในสมการ

การหาปริมาตร(free volume : V_f) ของถุงพลาสติก

ใช้หลักการแทนที่น้ำ ทำได้โดยนำผักปริมาณ 100 ± 5 กรัม บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชนิด จากนั้นปิดผนึกถุง นำไปจุ่มลงในภาชนะที่มีน้ำเต็มจนน้ำล้นออกมานำไปตวงวัดปริมาตร และทำการหาปริมาตรผักโดยการแทนที่น้ำเช่นเดียวกัน คำนวณได้จาก

$$V_f = V(\text{ถุงพลาสติกที่บรรจุผักและปิดผนึกแล้ว}) - V(\text{ผักปริมาณ } 100 \pm 5 \text{ กรัม})$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ข1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดคัตราทในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บ รักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)			
	O ₂		CO ₂	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	19.30±0.14 ^a	19.10±0.14 ^b	2.70±0.14 ^b	3.50±0.00 ^a
3	19.20±0.28 ^a	18.70±0.00 ^b	2.50±0.00 ^b	4.10±0.14 ^a
5	19.20±0.00 ^a	18.70±0.14 ^b	2.70±0.00 ^b	4.00±0.00 ^a
7	19.00±0.00 ^a	18.50±0.00 ^b	2.80±0.14 ^b	4.00±0.00 ^a
9	18.70±0.28 ^a	18.30±0.42 ^b	2.70±0.28 ^b	4.20±0.14 ^a
11	19.10±0.14 ^a	18.20±0.14 ^b	2.60±0.00 ^b	4.20±0.00 ^a
13	19.20±0.14 ^a	18.10±0.00 ^b	2.50±0.00 ^b	4.20±0.00 ^a
15	19.30±0.00 ^a	17.90±0.00 ^b	2.40±0.14 ^b	4.30±0.14 ^a
17	19.30±0.28 ^a	17.7±0.28 ^b	2.40±0.14 ^b	4.20±0.28 ^a
19	19.50±0.82 ^a	15.00±0.00 ^b	2.30±0.00 ^b	4.40±0.00 ^a
21	19.30±0.00 ^a	14.80±0.28 ^b	2.30±0.00 ^b	4.40±0.00 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดไม้ตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก ชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บ รักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)			
	O ₂		CO ₂	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	18.80±0.42 ^a	18.80±0.42 ^b	3.00±0.14 ^b	3.90±0.14 ^a
3	18.10±0.14 ^a	17.50±0.28 ^b	2.80±0.14 ^b	4.10±0.14 ^a
5	18.50±0.00 ^a	17.30±0.00 ^b	2.70±0.00 ^b	4.00±0.00 ^a
7	19.00±0.14 ^a	17.00±0.14 ^b	2.60±0.14 ^b	3.60±0.57 ^a
9	18.55±0.70 ^a	16.50±0.00 ^b	2.60±0.14 ^b	3.40±0.14 ^a
11	18.40±0.00 ^a	16.00±0.00 ^b	2.50±0.00 ^b	3.40±0.00 ^a
13	18.50±0.00 ^a	14.65±0.21 ^b	2.60±0.00 ^b	3.40±0.00 ^a
15	19.70±0.14 ^a	14.70±0.28 ^b	2.70±0.00 ^b	3.60±0.14 ^a
17	19.50±0.14 ^a	14.50±0.00 ^b	2.50±0.14 ^b	3.70±0.14 ^a
19	19.20±0.00 ^a	14.40±0.14 ^b	2.70±0.00 ^b	3.70±0.00 ^a
21	18.80±0.14 ^a	14.10±0.14 ^b	2.80±0.14 ^b	3.80±0.14 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข3 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บ รักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)			
	O ₂		CO ₂	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	18.60±0.00 ^a	18.60±0.14 ^b	3.00±0.14 ^b	3.50±0.00 ^a
3	18.50±0.14 ^a	17.70±0.85 ^b	2.80±0.00 ^b	4.10±0.14 ^a
5	18.10±0.14 ^a	15.90±0.28 ^b	3.00±0.28 ^b	4.00±0.00 ^a
7	18.50±0.85 ^a	14.50±0.71 ^b	2.70±0.28 ^b	4.00±0.00 ^a
9	17.80±0.00 ^a	13.00±0.71 ^b	2.90±0.00 ^b	4.20±0.14 ^a
11	19.00±2.12 ^a	12.20±0.28 ^b	3.00±0.14 ^b	4.20±0.00 ^a
13	18.00±0.00 ^a	11.60±0.28 ^b	3.00±0.00 ^b	4.20±0.00 ^a
15	16.60±0.85 ^a	11.00±0.14 ^b	3.30±0.14 ^b	4.30±0.14 ^a
17	16.50±0.71 ^a	9.30±2.12 ^b	3.20±0.14 ^b	4.20±0.28 ^a
19	16.20±0.42 ^a	8.00±0.57 ^b	3.40±0.28 ^b	4.40±0.00 ^a
21	15.80±0.14 ^a	7.50±0.42 ^b	3.50±0.14 ^b	4.40±0.00 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข4 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) ชนิดไม่ตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก ชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บ รักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ)			
	O ₂		CO ₂	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	18.50±0.00 ^a	18.70±0.00 ^b	3.10±0.00 ^b	3.90±0.14 ^a
3	18.50±0.14 ^a	17.10±1.27 ^b	2.80±0.00 ^b	4.10±0.14 ^a
5	18.40±0.00 ^a	16.80±0.57 ^b	2.90±0.00 ^b	4.00±0.00 ^a
7	18.00±0.57 ^a	16.30±0.42 ^b	3.20±0.28 ^b	3.60±0.57 ^a
9	17.50±0.00 ^a	16.00±0.00 ^b	3.20±0.00 ^b	3.40±0.14 ^a
11	17.30±0.14 ^a	15.80±0.28 ^b	3.40±0.14 ^b	3.40±0.00 ^a
13	17.00±0.14 ^a	15.20±0.85 ^b	3.40±0.00 ^b	3.40±0.00 ^a
15	16.00±0.14 ^a	14.10±0.28 ^b	3.50±0.00 ^b	3.60±0.14 ^a
17	15.60±0.14 ^a	13.70±0.14 ^b	3.70±0.00 ^b	3.70±0.14 ^a
19	15.40±0.00 ^a	12.70±0.71 ^b	4.00±0.00 ^b	3.70±0.00 ^a
21	15.20±0.00 ^a	10.30±1.13 ^b	4.10±0.14 ^b	3.80±0.14 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข5 ปริมาณก๊าซออกซิเจนของผัก Red Oak ชนิดคัตตราในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจน (ร้อยละ) ที่ 4°C	
	O ₂	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	20.70±0.28	20.70±0.14
3	19.70±0.00	19.70±0.85
5	19.70±0.00	19.55±0.92
7	20.20±0.28	19.75±0.35
9	20.15±0.07	19.90±0.14
11	20.05±0.21	19.00±0.71
13	20.05±0.07	18.70±0.42
15	20.00±0.00	18.30±0.28
17	20.00±0.28	17.20±0.28
19	20.00±0.00	16.80±0.42

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจน (ร้อยละ) ที่ 10°C	
	O ₂	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	20.70±0.00	20.65±0.07
3	19.80±0.57	19.90±0.28
5	19.40±0.99	20.25±0.07
7	20.00±0.14	19.65±0.92
9	18.95±0.21	19.85±0.35
11	18.25±0.07	18.30±0.57
13	17.30±0.14	17.20±0.28
15	16.50±0.57	15.10±1.56
17	16.00±0.14	12.80±0.85
19	15.80±0.14	10.50±1.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีให้นำไปใช้

ตารางที่ ข6 ปริมาณก๊าซออกซิเจนของผักโขม ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจน O ₂ (ร้อยละ) ที่ 4°C	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	20.60±0.14	20.60±0.00
3	19.65±0.21	19.80±0.28
5	19.90±0.71	19.60±0.42
7	19.80±0.28	19.40±0.42
9	19.15±0.35	19.20±0.71
11	18.70±0.28	18.00±0.71
13	18.40±0.14	17.30±0.42
15	18.50±0.00	16.50±0.71
17	18.40±0.14	16.00±0.99

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณก๊าซออกซิเจน O ₂ (ร้อยละ) ที่ 10°C	
	FF 3 (ถุง 1)	LDPE 2 (ถุง 2)
1	20.40±0.00	20.50±0.14
3	19.75±0.35	18.90±0.28
5	19.65±0.49	18.70±0.00
7	19.15±1.20	18.75±0.07
9	19.70±0.28	18.35±0.07
11	16.90±0.71	17.10±1.56
13	16.10±0.57	16.20±0.57
15	15.90±0.28	15.40±0.28
17	15.70±0.00	13.70±0.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของผัก Butterhead ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	วันที่เก็บรักษา										
	1	3	5	7	9	11					
4°C	ชนิดถุงพลาสติก										
	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	0.00±0.00	2.57±0.10	5.78±0.11	8.31±0.10	10.86±0.57	12.80±0.37				
10°C	ชนิดถุงพลาสติก										
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	0.00±0.00	4.13±0.01	6.98±0.25	11.38±0.20	11.46±0.08	14.13±0.20				
10°C	ชนิดถุงพลาสติก										
	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	0.00±0.00	4.13±0.11	7.13±0.04	9.70±0.85	11.88±0.21	15.87±1.24				
10°C	ชนิดถุงพลาสติก										
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	0.00±0.00	4.78±0.13	7.75±0.10	12.29±0.21	15.50±0.33	18.64±0.34				

ตารางที่ ๗8 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของผัก Red Oak ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)

ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	วันที่เก็บรักษา							
	1	3	5	7	9	11	14	
4°C	ชนิดถุงพลาสติก							
	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	0.00±0.00	2.20±0.28	4.40±0.14	6.91±0.20	9.98±1.53	13.11±0.66	17.48±0.38
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	0.00±0.00	3.37±0.27	4.81±0.10	9.28±0.44	12.96±1.16	15.28±0.83	20.19±0.31
10°C	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	0.00±0.00	3.72±0.42	6.90±0.74	9.16±0.21	12.27±0.34	16.05±0.89	19.84±0.89
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	0.00±0.00	5.70±0.65	7.60±0.03	12.14±0.41	16.45±0.96	19.36±0.55	22.07±0.6

ตารางที่ ๗9 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของผักโขม ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)

ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	วันที่เก็บรักษา										
	1	3	5	7	9	11					
4°C	ชนิดถุงพลาสติก										
	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	0.00±0.00	1.93±0.08	2.81±0.11	5.63±0.11	8.71±1.56	15.26±0.40				
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	0.00±0.00	2.09±0.07	3.81±0.35	7.78±0.24	12.15±0.16	17.84±0.25				
10°C	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	0.00±0.00	2.34±0.11	5.69±0.57	10.75±0.89	14.35±0.11	19.52±0.07				
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	0.00±0.00	2.81±0.04	6.85±0.06	13.69±0.40	18.00±0.89	20.47±0.78				

ตารางที่ 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์หน่วยของค่า SPAD Value ของผัก Red Oak ชนิดตัดรากในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	วันที่เก็บรักษา													
	1	3	5	7	9	11	14							
4°C	ชนิดถุงพลาสติก													
	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	30.70±0.64	31.56±3.99	29.91±1.05	29.15±0.50	26.71±0.71	27.51±3.03	27.18±2.92						
10°C	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	32.96±0.91	32.26±1.14	30.00±2.12	28.09±1.34	26.08±0.47	23.68±0.63	21.73±0.78						
	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	33.55±0.92	30.70±0.19	27.86±0.52	25.93±1.16	23.26±1.22	20.44±1.33	18.94±0.33						
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	32.70±1.13	32.70±1.13	26.40±0.13	22.89±0.47	20.64±0.11	18.03±0.27	15.34±0.21						

ตารางที่ ข11 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่วยของค่า SPAD Value ของผักโขม ชนิดตัดราก ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และ

ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ชนิดถุงพลาสติก	วันที่เก็บรักษา								
		1	3	5	7	9	11			
4°C	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	25.69±4.65	21.94±1.04	17.49±0.83	21.03±2.44	20.13±2.27	19.56±1.13			
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	24.23±2.76	20.52±0.74	18.97±0.85	17.44±0.35	16.74±0.55	15.23±0.17			
10°C	ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1)	26.89±1.20	19.31±0.28	17.60±0.81	15.67±0.62	13.45±0.58	10.10±0.45			
	ถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2)	25.74±0.86	20.83±0.99	16.38±0.57	12.78±0.46	10.43±0.96	9.12±0.33			

ตารางที่ ข12 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ค่า L, a, b ของผัก Red Oak ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา	จำนวนวันในการเก็บรักษา	ชนิดถุงพลาสติก	L	a	b
4°C	1	ถุง 1	65.53	-4.30	10.50
		ถุง 2	64.99	-6.45	13.94
	3	ถุง 1	65.89	-3.93	9.75
		ถุง 2	65.36	-4.97	11.41
	5	ถุง 1	65.80	-3.55	10.76
		ถุง 2	64.23	-4.49	13.20
	7	ถุง 1	64.97	-2.98	12.33
		ถุง 2	65.77	-2.87	12.18
	9	ถุง 1	63.74	-3.04	13.73
		ถุง 2	65.82	-2.85	13.70
	11	ถุง 1	65.25	-3.36	14.44
		ถุง 2	65.30	-2.24	15.31
	14	ถุง 1	66.10	-3.10	14.45
		ถุง 2	65.88	-2.04	16.32
10°C	1	ถุง 1	63.32	-5.51	14.71
		ถุง 2	66.24	-3.61	11.42
	3	ถุง 1	61.45	-3.99	15.88
		ถุง 2	64.75	-4.11	13.48
	5	ถุง 1	63.10	-3.24	17.06
		ถุง 2	65.92	-3.01	14.82
	7	ถุง 1	61.62	-3.65	17.27
		ถุง 2	67.41	-2.08	16.33
	9	ถุง 1	62.84	-2.67	18.30
		ถุง 2	62.05	-1.83	19.57
	11	ถุง 1	64.45	-2.41	19.51
		ถุง 2	66.08	-1.30	20.75
	14	ถุง 1	64.34	-1.64	20.75
		ถุง 2	65.99	-1.07	22.07

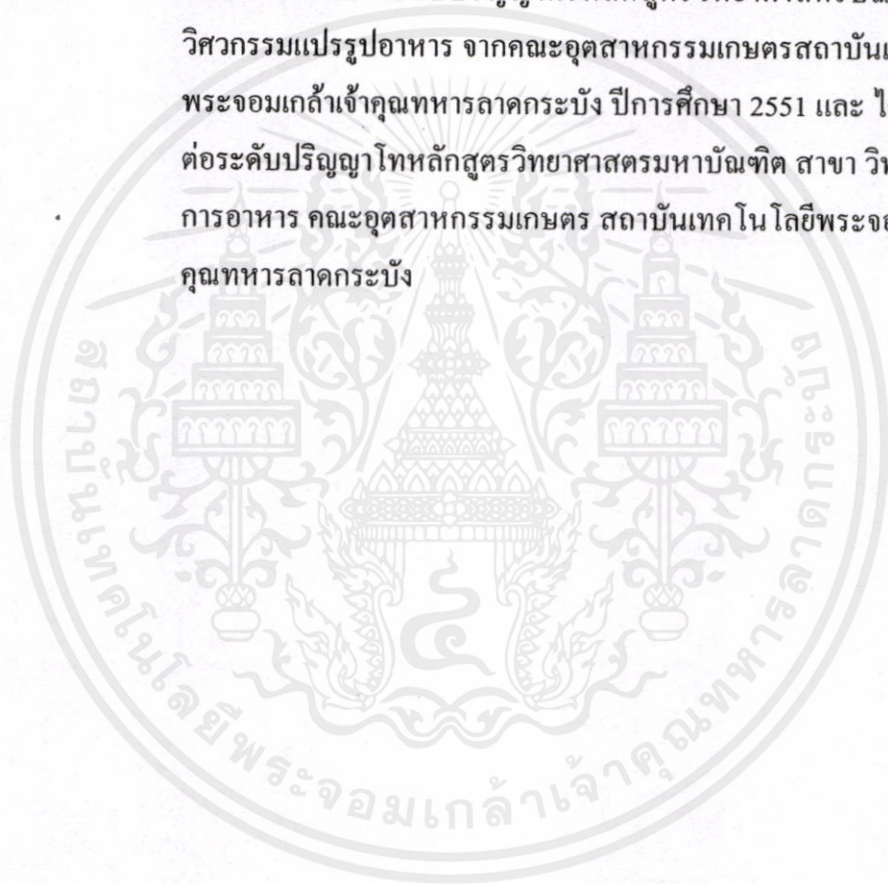
ตารางที่ ข13 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ค่า L, a, b ของผักโขมในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา	จำนวนวันในการเก็บรักษา	ชนิดถุงพลาสติก	L	a	b	
4°C	1	ถุง 1	47.90	-4.30	10.50	
		ถุง 2	45.80	-6.45	13.94	
	3	ถุง 1	46.68	-3.93	9.75	
		ถุง 2	47.14	-4.97	11.41	
	5	ถุง 1	44.31	-3.55	10.76	
		ถุง 2	46.44	-4.49	13.20	
	7	ถุง 1	50.52	-2.98	12.33	
		ถุง 2	46.91	-2.87	12.18	
	9	ถุง 1	50.20	-3.04	13.73	
		ถุง 2	0	-2.85	13.70	
	10°C	1	ถุง 1	44.49	-20.25	28.57
			ถุง 2	32.24	-20.65	29.44
3		ถุง 1	46.55	-16.32	26.87	
		ถุง 2	47.57	-15.00	25.81	
5		ถุง 1	44.77	-16.11	28.92	
		ถุง 2	46.49	-15.84	27.92	
7		ถุง 1	48.11	-17.23	26.12	
		ถุง 2	47.35	-17.56	27.76	
9		ถุง 1	0	0	0	
		ถุง 2	0	0	0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอุบลลักษณ์ เพ็ญพรรณกุล
วัน-เดือน-ปีเกิด	วันพฤหัสบดีที่ 31 กรกฎาคม 2529 กรุงเทพฯ
ที่อยู่	170/199 หมู่บ้านเกษรา ถนน เสร้ไทย เขต คันนายาว กรุงเทพฯ 10230 โทร. 02-919-9643, 081-915-2002
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร จากคณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2551 และ ได้เข้าศึกษา ต่อระดับปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์ การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data sheet

CheckPoint

Hand-held gas analyser for spot testing

- O₂ or O₂/CO₂ version with memory function



Features

- Small compact hand-held gas analyser
- High measuring accuracy due to state-of-the-art technology
- Battery power for min. 2500 measurements for the O₂ and CO₂ version.
- Memory function
- Measures O₂ or O₂/CO₂ combined
- Short measuring time
- Ergonomic design
- Low sample gas volume
- Easy hot key calibration
- Robust and sturdy design
- Rugged carrier case
- Needle protection in the housing

Introduction to the CheckPoint

CheckPoint is a hand-held gas analyser for the testing of MAP products within different industries e.g. the pharmaceutical, and the food & beverage industry. The analyser is small, robust, practical and ergonomically designed. CheckPoint is able to test oxygen and carbon dioxide using a syringe needle for gas sampling. The CheckPoint is ideal for machine and product setups.

CheckPoint is battery operated and can be powered by rechargeable or ordinary batteries. The O₂ version is equipped with an electrochemical sensor and the O₂/CO₂ version is equipped with an electrochemical and an infrared sensor. CheckPoint remembers up to 10 measurements. The large and easy readable LED based display gives you the result in a few seconds.

CheckPoint is available in two versions:

- CheckPoint O₂ for oxygen only
- CheckPoint O₂/CO₂ for combined measuring of oxygen & carbon dioxide

Calibrated and ready to use

CheckPoint comes with a certificate of calibration and should be re-calibrated with six month interval. The operator never needs to worry about compensation for air pressure or flow verification because this is all taken care of automatically.

If you wish to re-calibrate the unit, this is a very simple process. You simply use the automatic hot key calibration routine available in the menu.

Fast, sensitive and accurate

This product is especially designed for those who need the advantages of a very portable unit, which can offer a good accuracy. Especially the accuracy of the CO₂ sensor in hand-held devices is one of the best on the market. Due to new state-of-the-art technology, PBI-Dansensor can now offer a very satisfactory solution to this point.

Carrier case included

The new rugged carrier case protects the CheckPoint gas analyser during transport and when not in use. Accessories can be stored in the carrier case as well.



PBI Dansensor

BEST CHOICE FOR GAS AND PERMEABILITY INSTRUMENTATION

Principle of operation

Oxygen

The CheckPoint O₂ is based on an electrochemical sensor. The sensor operates like a kind of battery producing a current corresponding to the concentration of the gas passing the sensor. The value of the current is converted into a concentration value and shown in the display. The sensor is remarkably sturdy and stable, the readings are highly repeatable and the sensor is very fast. The sensor will not saturate in high oxygen concentrations, which means that the CheckPoint O₂ can be used across a broad range of applications with a measuring range from 0-100% with a high resolution - still with high speed and accuracy.

Carbon dioxide

The CO₂ sensor is a self-contained, non-dispersive IR sensor with IR source and single wavelength filter. There are no moving parts and the sensor is very sturdy. The CO₂ sensor range is 0-100%. The sensor only needs calibration every 6 months and the reading is not influenced by humidity, ambient air pressure or temperature.

Common specifications

General	
Auto power off after 1 minute	
Memory function for 10 measurements (also after battery replacement)	
Display hold function (also after power off)	
Charging time for NiMH-batteries: 3 hours (auto off)	
Cabinet	
Dimensions:	74 x 63 x 135 mm (HxWxD)
Weight:	0.5 kg
Cabinet:	IP53 & anodized aluminium
Others	
Operational temperature:	0 - 40 °C
Humidity:	< 95% RH (non-condensing)
Power supply:	90-260 VAC, 50-60 Hz, max. 12 W
Options:	External power supply Rechargeable NiMH battery pack
User interface	
Display:	3 digit LED for each gas 3 function buttons: on/off, start measuring and memory
Sample probe	Adjustable for right or left hand users

Sensor system

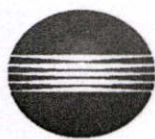
O ₂ version	
Sensor type:	Electrochemical
Range:	0 - 100%
Resolution:	0.1%
Accuracy:	0.25% abs. + 2% rel. @ CO ₂ < 25% 0.9% abs. + 2% rel. @ CO ₂ >= 25%
Temperature compensation:	< 2% rel. (0 - 40 °C)
Response time (T ₉₅):	< 10 seconds
Lifetime:	> 1 year (approx. 2 years in 20.9% O ₂)
O ₂ /CO ₂ version	
Sensor type (CO ₂):	Non-dispersive infrared (NDIR), temperature compensated
Range:	0 - 100%
Resolution:	0.1%
Accuracy:	2% abs. in the range of 0 - 20%, 3% abs. in the range of 20 - 100% CO ₂
Lifetime:	> 3 years
Sensor type (O ₂):	Electrochemical
Range:	0 - 100%
Resolution:	0.1%
Accuracy:	0.25% abs. + 2% rel. @ CO ₂ < 25%, 0.5% abs. + 2% rel. @ CO ₂ >= 25%
Temperature compensation:	< 2% rel. (0 - 40 °C)
Response time (T ₉₅):	<= 10 seconds
Lifetime:	> 1 year (approx. 2 years in 20.9% O ₂)
Measuring system - common for O ₂ and O ₂ /CO ₂	
Measuring time:	10 seconds
Pump:	Built-in pump, max -200 mbar vacuum, expected lifetime > 500 hours (180,000 measurements)
Sample volume:	Approx. 15 ml
Calibration:	Air (20.9% O ₂), 0% CO ₂ and 100% CO ₂

Distributor:

PBI Dansensor

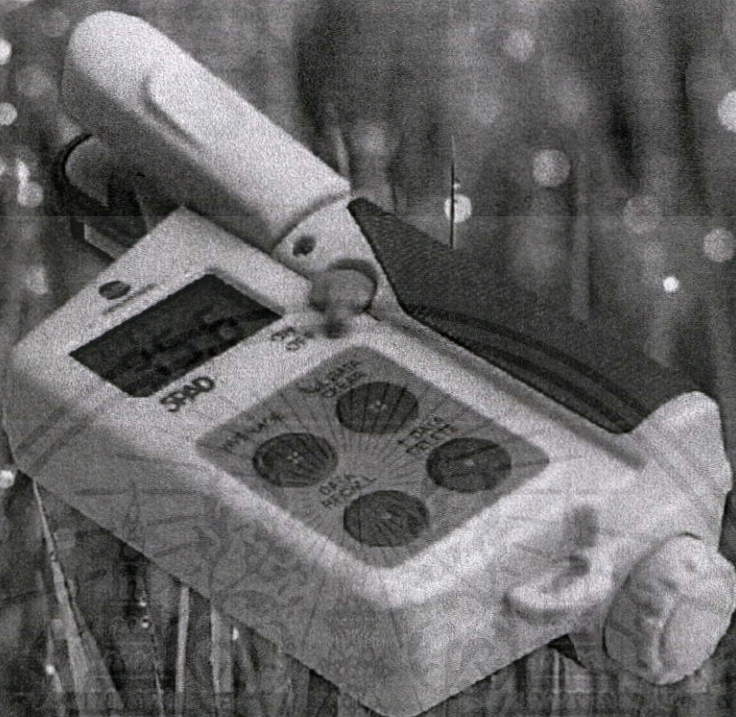
PBI-Dansensor America Inc.
139 Harristown Road
Glen Rock, NJ 07452 . USA
Tel.: (+1) 201 251 6490
Fax: (+1) 201 251 6491
e-mail: sales@pbi-dansensor.us
Website: www.pbi-dansensor.us

Headquarters: PBI-Dansensor A/S
DK - 4100 Ringsted
Denmark
Tel.: (+45) 57 66 00 88
Fax: (+45) 57 66 00 99
e-mail: info@pbi-dansensor.com
Website: www.pbi-dansensor.com



KONICA MINOLTA

CHLOROPHYLL METER SPAD-502



A lightweight handheld meter for measuring the chlorophyll content of leaves without causing damage to plants.

The SPAD-502 is a compact meter designed to help users improve crop quality and increase crop yield by providing an indication of the amount of chlorophyll present in plant leaves. The chlorophyll content of plant leaves is related to the

condition of the plant, and thus can be used to determine when additional fertilizer is necessary. By optimizing nutrient conditions, healthier plants can be grown, resulting in a larger crop yield of higher quality.

Features

Compact and lightweight for portability

The SPAD-502 is small enough to fit in a pocket and is extremely lightweight (only 225g) so it can be easily taken anywhere.

Quick, easy measurements

Measurements are taken by simply inserting a leaf and closing the measuring head. It is not necessary to cut the leaf, so the same leaf can be measured throughout the growing process.

Water-resistant

The SPAD-502 is water-resistant, so it can be used outside even in the rain.

*It is not immersible, and should not be cleaned with water.

Low power consumption

The SPAD-502 uses LED light sources, resulting in extremely low power consumption. One set of two AA-size alkaline-manganese batteries can provide approximately 20,000 measurements.

Small measuring area

The measuring area is only 2 × 3mm, allowing measurements of even small leaves. A sliding depth stop is included for accurate positioning of sample leaves.

High accuracy

High measuring accuracy (± 1.0 SPAD unit for rice-plant leaves) allows close examination of growing conditions.

Data memory

The SPAD-502 has memory space for 30 measurements. Data in memory can be recalled or deleted at a later time, and the average value of all data in memory can be automatically calculated.

Reading checker

A reading checker enables users to check that the SPAD-502 is functioning correctly and providing accurate readings.

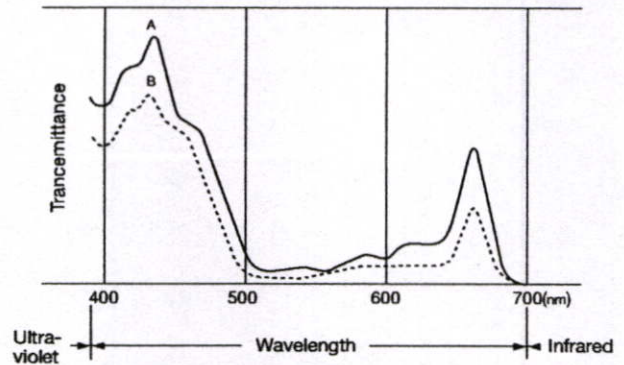
The essentials of imaging

Theory

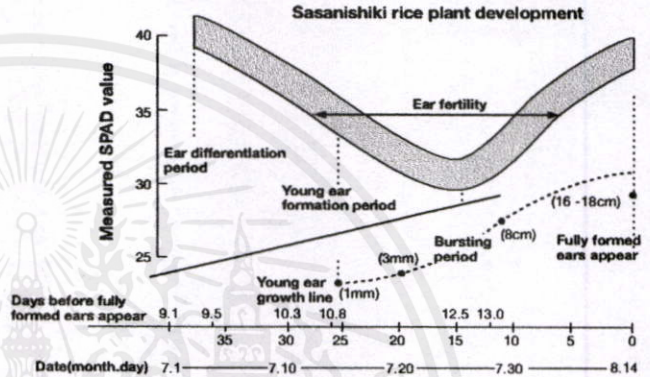
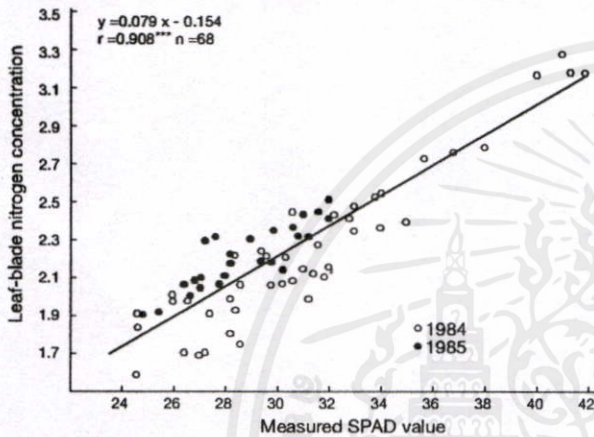
The SPAD-502 determines the relative amount of chlorophyll present by measuring the absorbance of the leaf in two wavelength regions.

The graph at right shows the spectral absorbance of chlorophyll extracted from two leaf samples using 80% acetone. From the diagram, it can be seen that chlorophyll has absorbance peaks in the blue (400-500nm) and red (600-700nm) regions, with no transmittance in the near-infrared region.

To take advantage of this characteristic of chlorophyll, the SPAD-502 measures the absorbances of the leaf in the red and near-infrared regions. Using these two transmittances, the meter calculates a numerical SPAD value which is proportional to the amount of chlorophyll present in the leaf.



Applications



Checking the nutritional condition of plants

The chlorophyll present in the plant leaves is closely related to the nutritional condition of the plant. As can be seen from the graph below, the chlorophyll content (represented by the measured SPAD value) will increase in proportion to the amount of nitrogen (an important plant nutrient) present in the leaf. For a particular plant species, a higher SPAD value indicates a healthier plant.

Determining when additional fertilizer is necessary

A decrease in the SPAD value indicates a decrease in the chlorophyll content and nitrogen concentration. This decrease may be due to a lack of nitrogen available in the soil. This problem can be solved by adding fertilizer to the soil.

For example, it was determined from past experience that for Sasanishiki rice plants a SPAD value of 35 or above was desirable to produce a target yield of 600kg/10a. During the differentiation and formation of ears, a period of rapid plant development, the SPAD value fell to between 29 and 32, indicating that additional fertilizer was necessary.

SPECIFICATIONS

Type: Handheld meter for measuring chlorophyll using optical density difference at two wavelengths

Measurement sample: Crop leaves

Measurement system: Optical density difference at two wavelengths

Measurement area: 2 x 3 mm

Light source: 2 LEDs (light-emitting diodes)

Receptor: 1 SPD (silicon photodiode)

Display: Measurement data: 3-digit LCD with decimal point

Data number: 2-digit LCD

Data memory: Space for 30 data sets

Controls: Power switch, AVERAGE key, ALL DATA DELETE key,

ONE DATA DELETE key, and DATA RECALL key

Power source: 2 AA-size alkaline-manganese (1.5V) batteries

Battery line: More than 20,000 measurements

Minimum interval between measurements: Less than 2 seconds

Accuracy: Within ± 1.0 SPAD unit (at room conditions, SPAD value between 0 and 50)

Repeatability: Within ± 0.3 SPAD units (SPAD value between 0 and 50)

Reproducibility: Within ± 0.5 SPAD units (SPAD value between 0 and 50)

Temperature drift: Less than ± 0.4 SPAD units/ $^{\circ}$ C

Temperature range: Operation: 0 to 50 $^{\circ}$ C; Storage: -20 to +55 $^{\circ}$ C

Dimensions: 164 x 78 x 49mm (6-7/16 x 3-1/16 x 1-15/16 in.)

Weight: 225g (7-15/16 oz.) (not including batteries)

Other: Warning buzzer; User calibration function

Specification subject to change without notice

KONICA MINOLTA SENSING, INC.

Konica Minolta Sensing Americas, Inc

Konica Minolta Sensing Europe B.V.

Osaka, Japan

New Jersey, U.S.A.

European Headquarter / BENELUX

German Office (International)

German Office (Germany)

French Office

UK Office

Italian Office

Swiss Office

Nordic Office

Austrian Office

Polish Office

Konica Minolta (CHINA) Investment Ltd.

SE Sales Division

SE Beijing Office

SE Guangzhou Office

Konica Minolta Sensing Singapore Pte Ltd.

KONICA MINOLTA SENSING, INC.

Seoul Office

Phone: 888-473-2656 (In USA), 201-236-4300 (outside USA)

Nieuwegein, Netherland

Langenhagen, Germany

München, Germany

Roissy CDG, France

Milton Keynes, United Kingdom

Milan, Italy

Dietikon, Switzerland

Västra Frölunda, Sweden

Wien, Austria

Warszawa, Poland

Shanghai, China

Beijing, China

Guangzhou, China

Singapore

Seoul, Korea

Phone: +31(0)30 248-1200

Phone: +49(0)511 7404-862

Phone: +49(0)89 630267-20

Phone: +33(0)1 493-82519

Phone: +44(0)1908 540-622

Phone: +39(0)23 90111

Phone: +41(0)43 322-9800

Phone: +46(0)31 7099464

Phone: +43(0)1 87882-430

Phone: +48(0)22 56033-00

Phone: +86-021-5489 0202

Phone: +86-010-8522 1551

Phone: +86-020-3826 4220

Phone: +65 65663-5533

Phone: 02-523-9726

Fax: 201-785-2480

Fax: +31(0)30 248-1211

Fax: +49(0)511 7404-807

Fax: +49(0)89 630267-67

Fax: +33(0)1 493-84771

Fax: +44(0)1908 540-629

Fax: +39(0)23 9011219

Fax: +41(0)43 322-9809

Fax: +46(0)31 474945

Fax: +43(0)1 87882-431

Fax: +48(0)22 56033-01

Fax: +86-021-5489 0005

Fax: +86-010-8522 1241

Fax: +86-020-3826 4223

Fax: +65 6560-8721

Fax: 02-523-9729

Addresses and telephone/fax numbers are subject to change without notice. For the latest contact information, please refer to the KONICA MINOLTA SENSING Worldwide Offices web page (link below).

©2003 KONICA MINOLTA SENSING, INC.

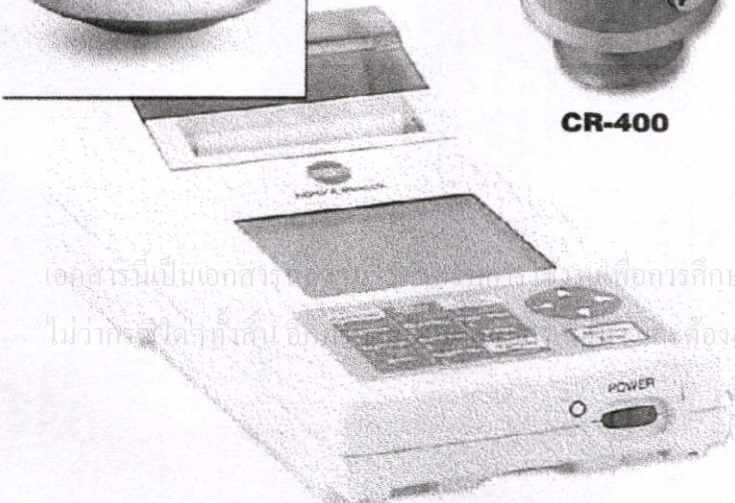
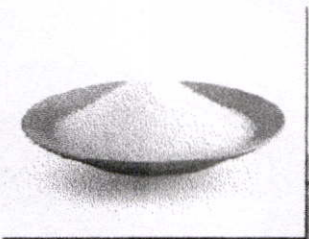
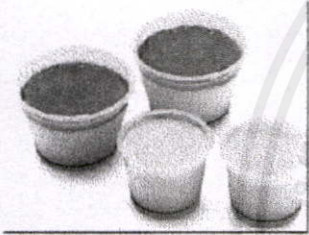
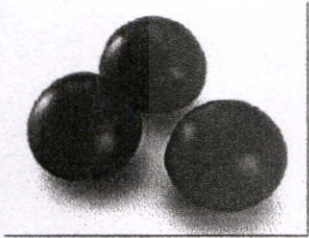
<http://konicaminolta.com/about/se/contact.html>

9242-4817-41 AGMDPK® Printed in Japan



KONICA MINOLTA

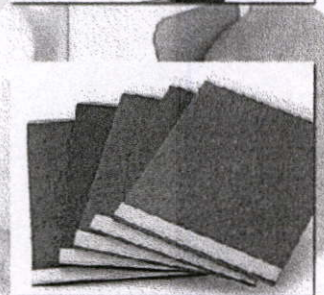
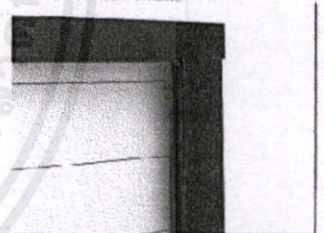
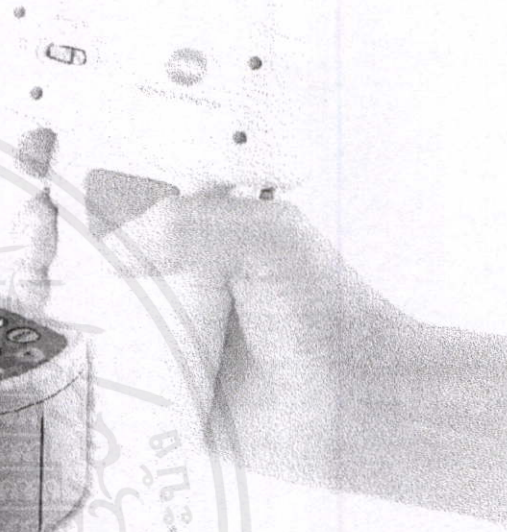
CHROMA METER CR-400/410



CR-400



CR-410



เอคสตาร์เป็นเอกสารถ่ายภาพเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์
ไม่ว่าการพิมพ์ซ้ำหรือการดัดแปลงโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ผลิต ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอคสตาร์

The essentials of imaging

Introducing the successor to the Konica Minolta CR-300/310, our best-selling colorimeter globally accepted as the standard in a wide range of industries.

CR-400

Measurement area \varnothing 8mm

CR-410

Measurement area \varnothing 50mm



The measuring head can perform measurement alone.

The measuring head is detachable from the data processor. Now, you can take measurements directly with the head alone. What's more, you can connect the measuring head directly to a PC. Simply install our optional software, and your PC can function as the data processor.

User-defined evaluation formulas freely set up.

The CR-400 Series features a User Index function that allows you to configure the evaluation formula and color-calculation formula as desired. This feature is intended to meet the needs of color-control applications in which industry-specific or customized evaluation formulas are used instead of the versatile color system and standard evaluation formula such as $L^*a^*b^*$.

(Settings can be configured via a PC with optional software installed.)

Abundant accessories applicable to various materials.

A varied selection of accessories is available to accommodate various types of targets including powder, paste and opaque liquids.

Compact data processor incorporates a high-speed printer.

The compact, lightweight data processor is battery-operated* and features a built-in high-speed printer. Its size and weight are approximately one-half those of the conventional DP-300 Series. In addition, the CR-400 Series is designed with a detachable shoulder strap for easier portability. *An AC adapter is included as a standard accessory.

Full data compatibility with the CR-300/310 series

To ensure data compatibility, the CR-400 Series utilizes the same illumination-viewing optical system as the conventional CR-300/310 Series. As a result, those upgrading from the preceding model can make full use of their existing data.

Easy-to-understand the name on the buttons, ensure smooth measurement and setting operations.

Achieves exceptional accuracy
 Inter-instrument agreement : CR-400: ΔE^*ab within 0.6
 CR-410: ΔE^*ab within 0.8
 Repeatability : within ΔE^*ab 0.07

User calibration function ensures higher accuracy.
 (Settings can be configured with the data processor or via a PC with optional software installed.)

Color difference tolerance can be set to perform PASS/WARN/FAIL
 (Settings can be configured with the data processor or via a PC with optional software installed.)

Offers a wider range of color systems than the CR-300/310 Series.

The measuring head alone can store up to 1,000 measurements. When the data processor is connected, up to 2,000 measurements can be stored.(The measuring head can store up to 100 color-difference target colors with or without the data processor connected.)

Capable of displaying color-difference graphs that provide a visual representation of the color difference.
 (When connected to data processor)

A simple, cellular-phone-type text entry system is provided for entering the names of color-difference target colors and calibration channels.
 (When connected to data processor)

Features a large, easy-to-see LCD with a built-in backlight.

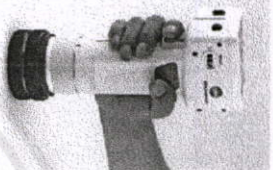
The LCD offers six user-selectable languages for the display mode, including English and Japanese.
 (When connected to data processor)

Can be powered with rechargeable batteries for reduced operating costs.

● Denotes a new feature not available with the previous CR-300/310 Series.

The CR-400/410 Series really shows its abilities in these applications.

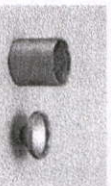
When measuring powders or pastes



With the varied accessories, you can measure targets with diverse profiles.



Granular-Metallic Attachment CR-A50



Glass Light-Projection Tube CR-A31 (For CR-400) CR-A33e (For CR-410)

When color control is performed with a customized evaluation formula, instead of the versatile color system



User-defined evaluation formulas can be entered as desired. Now, you can control color with customized evaluation formulas.

User index function

-Example- Evaluation of tomato ripeness= $a^*/b^*+0.3a^*/L^*$



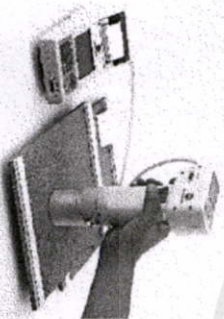
Note: The evaluation formula and grade indicated above are hypothetical examples used only to demonstrate the user index function.

When a compact colorimeter is needed in the field



The measuring head can be used independently of the data processor. This is advantageous when portability is required or limited space is available.

When measurements need to be printed on-site for labeling of samples

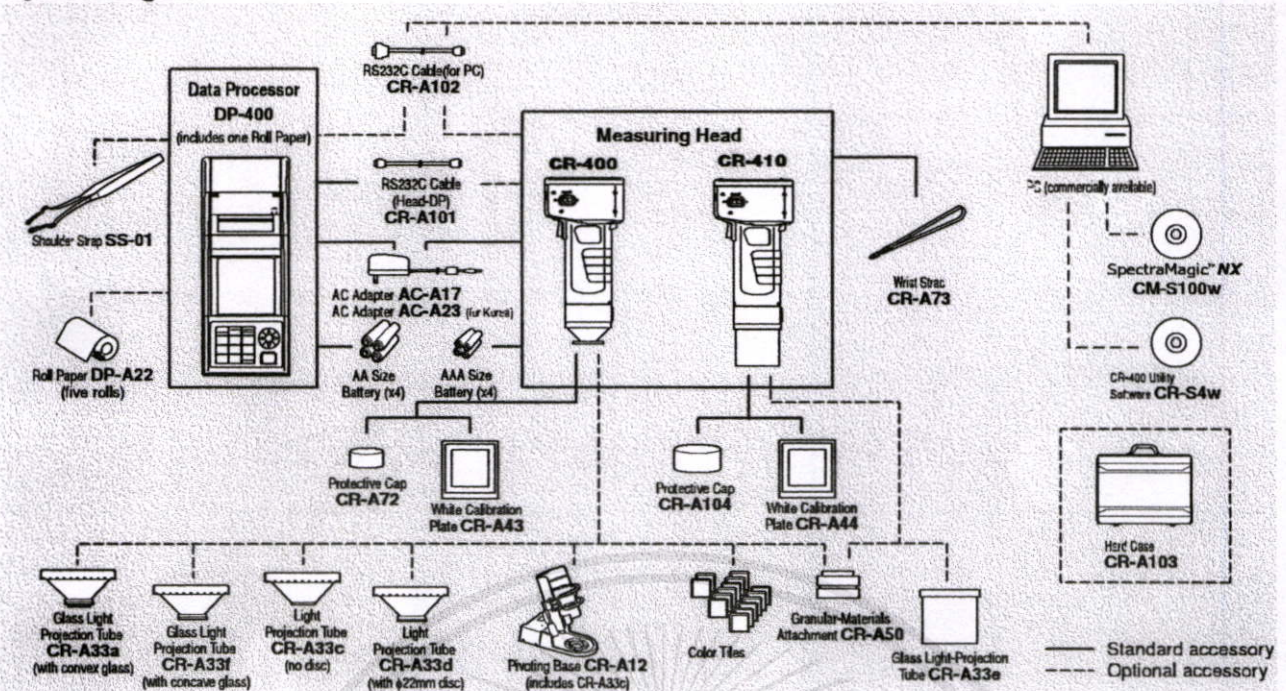


The compact data processor features a built-in printer for superior mobility.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไปอย่างอื่นโดยเด็ดขาด อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกานำไปใช้

System Diagram

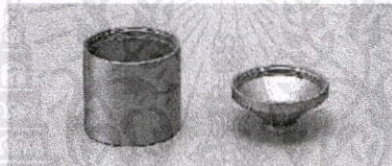


Optional Accessories



Granular-Materials Attachment **CR-A50**

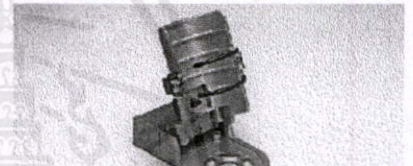
With the Granular-Materials Attachment CR-A50, the color of powders, pastes, grains, and other granular substances can be easily and accurately measured.



Glass Light-Projection Tube

CR-A33f (For CR-400) and **CR-A33e** (For CR-410)

Glass Light-Projection Tube CR-A33f and CR-A33e have a glass plate at the tip and can be used for measuring wet surfaces or for ensuring that materials such as textiles are flat during measurements.



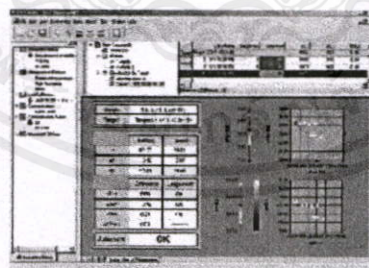
Pivoting Base **CR-A12** (For CR-400)

Attaching the Pivoting Base CR-A12 to the Measuring head of the CR-400 ensures greater stability and accuracy in measurements. Light-Projection Tube CR-A33c is also included.

SpectraMagic™ NX (optional)

Supports Windows® 2000/XP

SpectraMagic™ NX enables you to perform comprehensive color inspection and analysis of incoming raw materials, in process production, and outbound color critical goods and materials in virtually any industry. With SpectraMagic™ NX you can insert digital images with measured data. Measure samples in any of 8 universally accepted color spaces. Select from 15 illuminants, and up to 40 indices to determine specific color and appearance properties, such as brightness, haze, yellowness, opacity and strength. You can even configure up to 3 customized color equations. Reports range from simple Pass/Fail to trend charts, histograms, color plots, and spectral graphs. SpectraMagic™ NX comes with predefined templates using skin technology, or you can create your own templates. For illustrations and explanations to understanding color and color measurement technology, there is a link to Konica Minolta's well known and respected "Precise Color Communication".

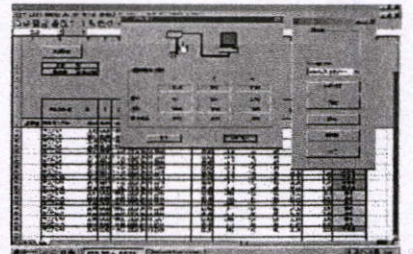


Specifications

Color space	L*a*b*, L*C*h, Labas, LChsa, XYZ, Hunter Lab, Yxy, L*u*v*, L*u'v', Munsell and their color differences (excluding Munsell)
Index	WI (CIE 1982, ASTM E313-73, Hunter, Berger, Taubs, Stensby, Ganz), Tint(Ganz), YI (ASTM D1925-70, ASTM E313-73, ASTM E313-96, DIN6167) WB (B ASTM E313-73), Standard Depth (ISO 105.A06), FrtYrZr, Gray scale (ISO 105.A05)
Color difference equation	ΔE^*_{ab} (CIE 1976), ΔE^*_{94} (CIE 1994), ΔE_{cmc} (CIE 2000), ΔE_{98} (DIN99), ΔE (Hunter) CMC (l:c) FMC-2, NBS 100, NBS 200
Observer	2 degree
Illuminants	C, D65
Graph display	L*a*b* absolute value, $\Delta L^*a^*b^*$ (color difference distribution), Hunter Lab absolute value, Hunter ΔLab (color difference distribution), Trend chart and histogram of each color space and color difference equation, Pseudo Color display

CR-400 Utility Software **CR-S4w**

- To take measurements or change the measurement parameters of the CR-400/410 Series, you can control the unit with a PC.
- Measurement data can be transferred directly to a Microsoft Excel® file by means of the OLE function. (Excel® 97/2000/2002 is required to use the Excel® transfer function.)
- Calibration data and color-difference reference color data can be uploaded or modified.



System requirements

OS Windows® 2000 Professional SP4, Windows® XP Professional SP2
 CPU Pentium® III 600 MHz or higher
 Memory 128 MB (256 MB recommended)
 Hard disk 450 MB of available disk space
 Display Graphic card capable of displaying 1624 x 768/High Color (16-bit)
 Other CD-ROM drive (required for installation)
 One free USB port or printer port (for protection key)
 One free serial port (for instrument)
 Internet Explorer Ver. 5.01 or later

System requirements

OS Windows® 98/2000/XP
 CPU Pentium® 166MHz or higher
 Memory 32MB or higher
 Hard disk 100MB or more free space
 Display resolution VGA (640x 480) or higher

Specifications

Name	Chroma Meter Measuring Head	
Model	CR-400 Head	CR-410 Head
Illuminating/viewing system	d/0 (Diffuse illumination/0° viewing angle) (Specular component included)	Wide-area illumination/0° viewing angle (Specular component included)
Detector	Silicone photo cells (6)	
Display range	Y: 0.01 to 160.00% (reflectance)	
Light source	Pulsed xenon lamp	
Measurement time	1 seconds.	
Minimum measurement interval	3 seconds.	
Battery performance	Approx. 800 measurements (when using batteries under company testing Konica Minolta's conditions)	
Measurement/illumination area	ø8/ø11	ø50/ø53
Repeatability	Within ΔE*ab: 0.07 standard deviation (when the white calibration plate is measured 30 times at intervals of 10 seconds)	
Inter instrument agreement	ΔE*ab: within 0.6	ΔE*ab: within 0.8
Observer	2 degrees. Closely matches CIE 1931 Standard Observers: (x̄, ȳ, z̄)	
Illuminant *1	C, D ₆₅	
Display *1	Chroma values, color difference values, PASS/WARN/FAIL display	
Tolerance judgment *1	Color difference tolerance (box tolerance and elliptical tolerance)	
Color space/ colorimetric data	XYZ, Yxy, L*a*b*, Hunter Lab, L*C*h, Munsell (only illuminant C), CMC (l:c), CIE1994, Lab99, LCh99, CIE2000, CIE W-Tw (only illuminant D ₆₅), WI ASTM E313 (only illuminant C), YI ASTM D1925 (only illuminant C), YI ASTM E313 (only illuminant C), User index (up to six can be registered from computer)	
Languages	Operating keys : English LCD : English (default) (LCD : German, French, Italian, Spanish, Japanese) *1	
Storable data sets	1000 (measuring head and data processor save different data)	
Color difference target colors	100	
Calibration channels *1	20 channels (ch00 : white calibration, ch01 to ch19 : user calibration)	
Display	Dot-matrix LCD with back light (15 chars x 9 lines + 1 line for icon display)	
Interface	RS-232C compliant (for data processor/PC) * Baud rate : 4800, 9600, 19200 (bps) set at 9600 bps when shipped from factory	
Power source	4 AAA size alkaline or Ni-MH batteries, AC adapter (AC-A17) AC120V ~ 50-60Hz 0.4A (for N.America and Japan) AC230V ~ 50-60Hz 0.4A (for worldwide except N.America)	
Size	102(W) x 217(H) x 63(D)mm	102(W) x 244(H) x 63(D)mm
Weight	Approx. 550g	Approx. 570g
Operating temperature/humidity range	0 to 40°C, relative humidity 85% or less (at 35°C) with no condensation * Operating temperature/humidity range of products for North America : 5 to 40°C, relative humidity 80% or less (at 31°C) with no condensation	
Storage temperature/humidity range	-20 to 40°C, relative humidity 85% or less (at 35°C) with no condensation	
Other	LCD back light ON/OFF function (when ON, back light stays ON for 30 seconds after last key or measurement operation)	

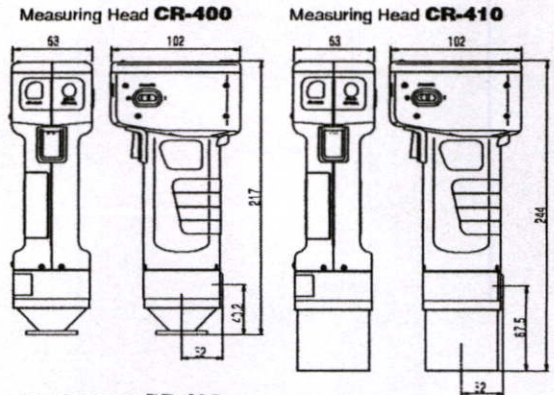
*1 indicates when connected to the Data Processor or when not set using the Data Processor or the optional software, that some of the function are not available when the measuring head is not connected.

Name	Data Processor	
Model	DP-400	
Display range	Y: 0.01 to 160.00% (reflectance)	
Measurement time *2	1 Seconds.	
Minimum measurement interval *2	3 Seconds.	
Battery performance	Approx. 800 measurements (when using batteries under company testing Konica Minolta's conditions)	
Illuminants	C, D ₆₅	
Display	Chroma values, color difference values, color difference graphs, PASS/WARN/FAIL display	
Tolerance judgment *2	Color difference tolerance (box tolerance and elliptical tolerance) Only for the display function	
Color space/ colorimetric data	XYZ, Yxy, L*a*b*, Hunter Lab, L*C*h, Munsell (only illuminant C), CMC (l:c), CIE1994, Lab99, LCh99, CIE2000, CIE W-Tw (only illuminant D ₆₅), WI ASTM E313 (only illuminant C), YI ASTM D1925 (only illuminant C), YI ASTM E313 (only illuminant C), User index (up to six registered in the Measuring Head can be used)	
Languages	Operating keys : English, LCD : English (default), German, French, Italian, Spanish, Japanese	
Storable data sets	Max. 2000 pieces of data (divisible into 100 pages) Deletion and Undoing selected stored data (one piece of data or all data) are possible	
Color difference target colors *2	Only for the operating function (100 pieces of data when the measuring head is connected; input of measurement values or numeric) (independent of page function)	
Calibration channels *2	Only for the operating function (20 channels when the measuring head is connected) (ch00 : white calibration, ch01 to ch19 : user calibration)	
Page function	100 pages	
Display	Dot-matrix LCD with back light (16 chars x 9 lines + 1 line for icon display) Contrast adjustment	
Printer	384 dot line thermal printer (can also print graphs) Automatically prints out all measurement results (can be set not to print)	
Statistical function	Maximum, minimum, average, and standard deviation	
Automatic measurement *2	Date and time display: year, month, day, hour, minute Timer: 3 seconds, to 99 minutes. (Some measurement modes require more than 3 seconds.)	
Interface	RS-232C compliant Baud rate (bps) : 19200 fixed (when connected to PC) When measuring head is connected baud rate is automatically set to that of the measurement head	
Power source	4 AA size alkaline or Ni-MH batteries, AC adapter (AC-A17) AC120V ~ 50-60Hz 0.4A (for N.America and Japan) AC230V ~ 50-60Hz 0.4A (for worldwide except N.America)	
Size	100(W) x 73(H) x 255(D)mm	
Weight	Approx. 600g (not including batteries and paper)	
Operating temperature/humidity range	0 to 40°C, relative humidity 85% or less (at 35°C) with no condensation * Operating temperature/humidity range of products for North America : 5 to 40°C, relative humidity 80% or less (at 31°C) with no condensation	
Storage temperature/humidity range	-20 to 40°C, relative humidity 85% or less (at 35°C) with no condensation	
Other	User calibration function (multi-calibration/manual calibration) *2. Measurements for automatic average function, Print ON/OFF function, CR-400 measurement data import function *2. All color space print ON/OFF function, Data protection ON/OFF function, Back light ON/OFF function, Buzzer ON/OFF function, Display color limit function, Remote mode (stored data output), Character input function (alphanumeric)	

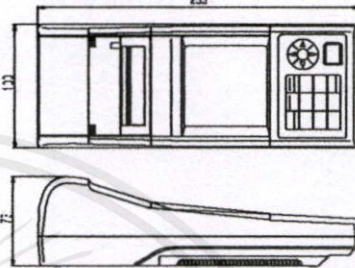
*2 indicates that part of or all functions are not available when the measurement head is not connected.

Dimensions

Units : mm



Data Processor DP-400



Standard Optional accessories

	Measuring Head CR-400	Measuring Head CR-410	Data Processor DP-400
Color Data Software CM-S1000	○	○	○
SpectraMagic™ NX	○	○	○
CR-400 Utility Software	○	○	○
CR-S4w	○	○	○
White Calibration Plate CR-A43	●	●	●
White Calibration Plate CR-A44	●	●	●
Protective Cap CR-A72	○	○	○
Protective Cap CR-A104	○	○	○
RS-232C Cable CR-A101 (Head-DP)	○	○	○
HS-232C Cable CR-A102 (for PC)	○	○	○
AC Adapter AC-A17	●	●	●
AC Adapter AC-A23 (for Korea)	●	●	●
Wrist Strap CR-A73	○	○	○
Shoulder Strap SS-01	○	○	○
Hard Case CR-A103	○	○	○
Roll Paper (one roll)	○	○	○
Roll Paper DP-A22 (five rolls)	○	○	○
4 AA Size Batteries	●	●	●
4 AAA Size Batteries	○	○	○
Glass Light-Projection Tube CR-A33a/f	○	○	○
Light-Projection Tube CR-A33c/d	○	○	○
Glass Light-Projection tube CR-A33e	○	○	○
Granular-Materials Attachment CR-A50	○	○	○
Pwetting Filter CR-A12	○	○	○
Color Tint	○	○	○

● Standard accessory
○ Optional accessory

Specifications are subject to change without notice.



SAFETY PRECAUTIONS

For correct use and for your safety, be sure to read the instruction manual before using the instrument.

- Always connect the instrument to the specified power supply voltage. Improper connection may cause a fire or electric shock.
- Be sure to use the specified batteries. Using improper batteries may cause a fire or electric shock.

KONICA MINOLTA SENSING, INC.
Konica Minolta Sensing Americas, Inc
Konica Minolta Sensing Europe B.V.

Osaka, Japan
New Jersey, U.S.A.
European Headquarter / BENELUX
German Office (International)
German Office (Germany)
French Office
UK Office
Italian Office
Swiss Office
Nordic Office
Austrian Office
Polish Office

Phone : 888-473-2656 (in USA), 201-236-4300 (outside USA)
Nieuwegein, Netherlands Phone : +31(0)30 248-1200
Langenhagen, Germany Phone : +49(0)511 7404-862
München, Germany Phone : +49(0)89 630267-20
Roissy CDG, France Phone : +33(0)1 493-82519
Millon Keynes, United Kingdom Phone : +44(0)1908 540-622
Milan, Italy Phone : +39(0)23 90111
Dietikon, Switzerland Phone : +41(0)43 322-9800
Västra Frölunda, Sweden Phone : +46(0)31 7099464
Wien, Austria Phone : +43(0)1 87882-430
Warszawa, Poland Phone : +48(0)22 56033-00
Shanghai, China Phone : +86-021-5489 0202
Beijing, China Phone : +86-010-8522 1551
Guangzhou, China Phone : +86-020-3826 4220
Singapore Phone : +65 6563-5533
Seoul, Korea Phone : 02-523-9726

Fax : 201-785-2480
Fax : +31(0)30 248-1211
Fax : +49(0)511 7404-807
Fax : +49(0)89 630267-67
Fax : +33(0)1 493-84771
Fax : +44(0)1908 540-629
Fax : +39(0)23 9011219
Fax : +41(0)43 322-9809
Fax : +46(0)31 474945
Fax : +43(0)1 87882-431
Fax : +48(0)22 56033-01
Fax : +86-021-5489 0005
Fax : +86-010-8522 1241
Fax : +86-020-3826 4223
Fax : +65 6560-9721
Fax : 02-523-9729

Konica Minolta (CHINA) Investment Ltd. SE Sales Division
SE Beijing Office
SE Guangzhou Office

Konica Minolta Sensing Singapore Pte Ltd.
KONICA MINOLTA SENSING, INC. Seoul Office

Addresses and telephone/fax numbers are subject to change without notice. For the latest contact information, please refer to the KONICA MINOLTA SENSING Worldwide Offices web page (link below).

<http://konicaminolta.com/about/se/contact.html>