

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผักไฮโดรโปนิกในประเทศไทยสามารถปลูกได้เกือบจะตลอดทั้งปีและเป็นผักที่มีราคาค่อนข้างสูง แต่ก็ยังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเนื่องจากเป็นผักที่สะอาด ไม่มีสารพิษตกค้าง สำหรับผู้บริโภคนั้น การเลือกซื้อผักจะคำนึงถึงคุณภาพเป็นหลัก โดยจะพิจารณาสภาพต่างๆ ของผัก เช่น สีของใบผัก ความสดของผัก เป็นต้น โดยธรรมชาติของผักและผลไม้หลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้ว กลไกการหายใจยังคงมีอยู่ตลอดเวลา ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อการหายใจของพืช ได้แก่ อุณหภูมิ สภาวะบรรยากาศในการเก็บรักษา นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์สำหรับเก็บรักษาผักและผลไม้ก็มีผลต่อการยืดอายุในการเก็บรักษาด้วย สำหรับ ผักไฮโดรโปนิกนั้นงานวิจัยที่รายงานข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวยังมีไม่มากนัก ดังนั้น งานวิจัยนี้ต้องการที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผักไฮโดรโปนิกภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วและเพื่อที่จะเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วผักไฮโดรโปนิกจะเก็บรักษาได้นานกว่าผักที่ปลูกในดินทั่วไป โดยจะติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักและความสดของผัก ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกหลายชนิดและที่อุณหภูมิต่างๆ กัน และจะทำการวัดอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักไฮโดรโปนิกตัวอย่างต่างๆ ในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก รวมทั้งศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา อันจะนำไปสู่โอกาสของการปรับปรุงขั้นตอนของการเก็บรักษาผักให้ได้ยาวนานขึ้น และคาดว่าจะเป็นการสร้างโอกาสสำหรับการส่งออกผักของประเทศเราได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงชนิดของถุงพลาสติกและอุณหภูมิต่ออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักตัวอย่าง
2. เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาในถุงพลาสติกต่างๆ และที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเลือกใช้ผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก 2 ชนิด บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชนิด และเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C ตรวจสอบอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักตัวอย่างและตรวจสอบสีของใบผักและคุณภาพของผักตัวอย่างตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การหายใจของผัก

โดยทั่วไป การวัดอัตราการหายใจของพืชสามารถวัดได้ใน 2 รูปแบบ คือ (1) วัดปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (ปริมาตร/มวล เวลา) หรือ (2) วัดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตขึ้นในภาชนะบรรจุ ปัจจัยที่มีต่อการหายใจของพืชที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิที่เก็บรักษาผัก ชนิดและลักษณะของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น อัตราการหายใจของผักและผลไม้มีผลอย่างมากต่อการเก็บรักษา การชะลอการหายใจของพืชนั้น ได้มีการศึกษาไว้มาก เช่น ผลของ MAP (Modify atmosphere packaging) ต่อการเก็บรักษา การนำผักและผลไม้เคลือบด้วยสารพวก sucrose ester เพื่อช่วยชะลอการสูญเสียน้ำจากเซลล์ของผักและผลไม้

การคำนวณอัตราการหายใจใช้สมการของ Kays (1991)

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

R_{O_2} : respiration rate, ml [O₂] /kg⁻¹.h⁻¹

W : mass of vegetables, kg

t : storage time, h

Δt : time difference between two gas measurements, h

G_{O_2} : oxygen concentrate, percent

V_{fr} : free volume of respiration, ml

2.2 ผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

ผักสลัด Butterhead มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Lactuca sativa* L. cv. Butterhead ลักษณะโดยทั่วไปรูปร่างเป็นพุ่มคล้ายดอกกุหลาบ ใบมน เป็นมัน อัดแน่นเป็นใจผัก ทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ดี รสชาติหวานกรอบ ไม่ขม เป็นผักสลัดที่มีรูปร่างสวยงามคล้ายดอกไม้ ประโยชน์ คือ เป็นพืชเศรษฐกิจนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารควบคู่กับน้ำสลัด แซมเบอร์เกอร์ แชนวิช หรือจะนำมาผัดน้ำมันหอย ผัดผักรวมมิตร แกงจืด เมี่ยงคำ และสามารถทานแก้ลมกับยาได้ด้วย นอกจากนี้ในผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกนี้ยังมีสารอาหารต่างๆอีกมากมายที่

ให้ประโยชน์กับร่างกาย เช่น พลังงาน วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินเค โฟเลท ธาตุเหล็ก เป็นต้น รูปร่างและลักษณะทั่วไปของผัก แสดงในภาพที่ 2.1 และคุณค่าทางโภชนาการของผัก Butterhead แสดงในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ภาพผัก Butterhead ที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิก

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
โฟเลท	0.000073
วิตามินซี	0.004
วิตามินเค	0.000024
เหล็ก	0.0012

ที่มา : <http://www.google.co.th>

2.3 ผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิก

ผักสลัด Red Oak มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Lactuca sativa* L. cv. Red Oak ลักษณะโดยทั่วไป เป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นกอ เป็นผักกาดหอม พันธุ์ใบไม่ห่อหัวชนิดหนึ่ง ใบและขอบใบหยัก มีสีเขียวปนแดง รสชาติหวาน กรอบ ไม่ขม นิยมนำมารับประทานเป็นอาหารควบคู่กับน้ำสลัด แซมเบอร์เกอร์ แซนวิช หรือจะนำมาผัดน้ำมันหอย ผัดผักรวมมิตร แกงจืด เมี่ยงคำ และสามารถทานแก้ลมกับยาได้ด้วย นอกจากนี้ในผักสลัดแบบไฮโดรโพนิกส์นี้ยังมีสารอาหารต่างๆอีกมากมายที่ให้ประโยชน์กับร่างกายคล้ายผักกาดหอม เช่น พลังงาน วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินเค โฟเลต ธาตุเหล็ก เป็นต้น รูปร่างและลักษณะทั่วไปของผัก Red Oak แสดงในภาพที่ 2.2 และคุณค่าทางโภชนาการของผัก Red Oak คล้ายกับผัก Butterhead ในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.2 ภาพผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิก

ที่มา : <http://www.google.co.th>

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- วัสดุต้นที่มาจากฟาร์ม บริษัท มงคลชัยพัฒนา จำกัด โครงการสวนพระองค์ ได้แก่ ผัก Butterhead และ ผัก Red Oak ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก

- ถังพลาสติก 2 ชนิด ได้แก่ ถังพลาสติกชนิด FF 3 ได้จากบริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรม ความหนา 0.025 มม. ขนาด 10 x 15 และ 12 x 18 นิ้ว และถังพลาสติกชนิด 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.

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.3 วิธีการทดลอง

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดถังพลาสติกที่มีต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เลือกผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิก อายุที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 40 – 60 วัน หลังปลูก แบบไบโอสตีชีเยวเข้ม ไม่เหี่ยว ไม่เหลือง โดยแบ่งผักตัวอย่างที่จะทำการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ตัดรากและไม่ตัดราก บรรจุผักตัวอย่างในถังพลาสติก 2 ชนิด คือ ถังพลาสติก FF 3 (ถัง 1) ขนาด 10 x 15 นิ้ว และถังพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถัง 2) ขนาด 10 x 15 นิ้ว หลังจากบรรจุแล้วปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึก (Seamer) แต่ถังมีน้ำหนักสม่ำเสมอ 100±5 กรัม ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ นำแต่ละกลุ่มไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส

- ตรวจสอบปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงภายในถังพลาสติกโดยใช้เครื่อง (Checkpoint Handheld Gas Analyser) ทำการวัดโดยใช้หัววัดเสียบเข้าไป

ภายในภาชนะบรรจุแล้วปล่อยให้เครื่องดูดก๊าซ เพื่อทำการวิเคราะห์เป็นเวลา 10 วินาที อ่านค่าที่ได้ในหน่วยร้อยละของปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผัก ที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิค

- ตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนัก
- ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผัก

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

- ตรวจสอบวัดคลอโรฟิลล์ของใบผักที่ทำการทดลองด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter

ทำการตรวจสอบวัดคลอโรฟิลล์ของใบผัก Butterhead ด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter จะวัดจากใจกลางของใบผัก ใบสีเขียวด้านนอก อ่านค่าที่ได้ในหน่วยของ SPAD Value

- ตรวจสอบวัดสีของใบผักด้วยเครื่อง เครื่องวัดสี (Minolta CR-400)

ทำการตรวจสอบวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR-400) ของใบผัก Butterhead จะวัดจากใจกลางของใบผัก ใบสีเขียวด้านนอก อ่านค่าที่ได้ในหน่วย L, a, b

ทำการทดลอง 2 ขั้ว 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

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

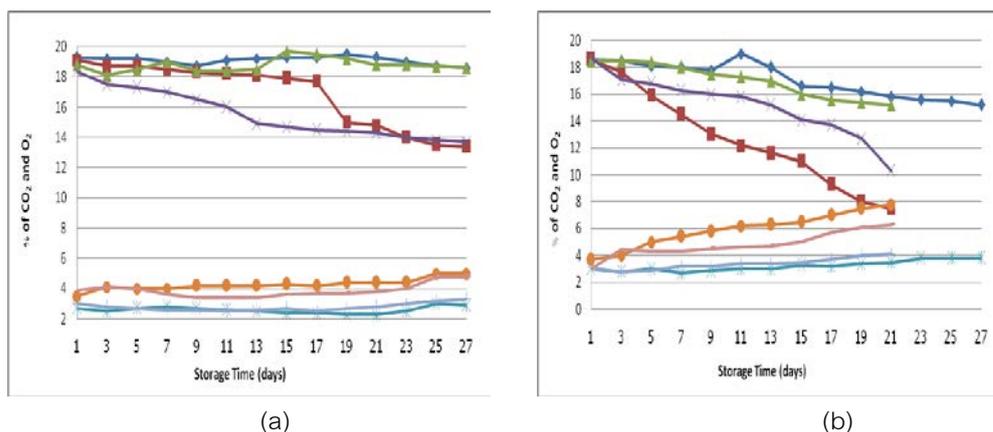
4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักตัวอย่าง

4.1.1 ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)

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

จากภาพที่ 4.1 (a) 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) จะพบว่า มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในช่วงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ในทำนองเดียวกันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) มีปริมาณก๊าซที่ค่อนข้างคงที่และมีค่าต่ำกว่าใน ถุงพลาสติกชนิด 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 4.1 (b) 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 เปอร์เซ็นต์ของผักที่ตัดรากและมีค่า 14.10 - 15.20 เปอร์เซ็นต์ของผักที่ไม่ได้ตัดราก นั่นคือ การเก็บรักษาผักที่ 10 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส ในทุกๆ กรณีศึกษา



ภาพที่ 4.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผัก Butterhead (a) ที่อุณหภูมิ 4 °C
(b) ที่อุณหภูมิ 10 °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 (—)

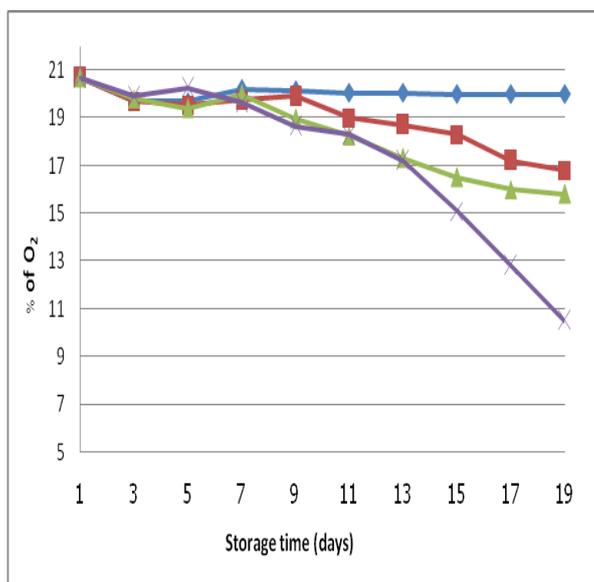
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา Sandhya (2010) พบว่า MAP เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาอาหารสดหรืออาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ซึ่งเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย ภาวะ EMA จะเกิดขึ้นและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นบ่งบอกถึงการหายใจของผักตัวอย่าง ยิ่งผักมีการหายใจที่ต่ำที่สุดก็จะมีอายุในการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าผักที่มีการหายใจสูง

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

เมื่อทำการคำนวณด้วยสมการการหายใจการหายใจของผัก ในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาพบว่าผัก Butterhead ที่เก็บในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ดังนั้นที่ 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)

4.1.2 ผักเร็ดโอ๊ก (Red Oak)

นำผัก Red Oak ที่ตัดรากแล้ว บรรจุในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) เก็บรักษาไว้ที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ผลของการเปลี่ยนแปลงก๊าซออกซิเจน แสดงในภาพที่ 4.2 พบว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจนในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าของก๊าซออกซิเจนที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่เก็บที่ 10 องศาเซลเซียส มีการลดลงของก๊าซออกซิเจนมากที่สุด เช่น ในวันที่ 19 ของการเก็บรักษา ค่าออกซิเจนลดลงจาก 21 เปอร์เซ็นต์ เหลือเป็น 11 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น การเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสูงมากกว่าที่ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่ออัตราการหายใจของพืชที่สูงเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ต่ำจึงช่วยชะลออัตราการหายใจให้ช้าลง ส่งผลให้ผักมีอายุในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ดังการทดลองของ สุชาติ (2552) ที่รายงานการเก็บรักษาผักซีฟรังตัดแต่งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) มีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา และ Del Nobile *et al.*, (2005) พบว่าผักสลัด (lettuce) ที่การเก็บรักษา 5 องศาเซลเซียส เก็บในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน 1 (Polyolefins 1 : PF 1) จะมีการหายใจน้อยที่สุดโดยคุณภาพความสดของผักสลัด (lettuce) จะลดลงน้อยที่สุดหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีน 2 (Polyolefins 2 : PF 2) และ ถุงที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable film : BF)



ภาพที่ 4.2 ปริมาณก๊าซออกซิเจนของผัก Red Oak ที่ตัดราก เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C
4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (✕)

อัตราการหายใจของผัก Red Oak ช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาพบว่าผักที่เก็บในถุงพลาสติก 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 ในสัปดาห์ที่สองผักตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติก 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

4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักตัวอย่าง

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

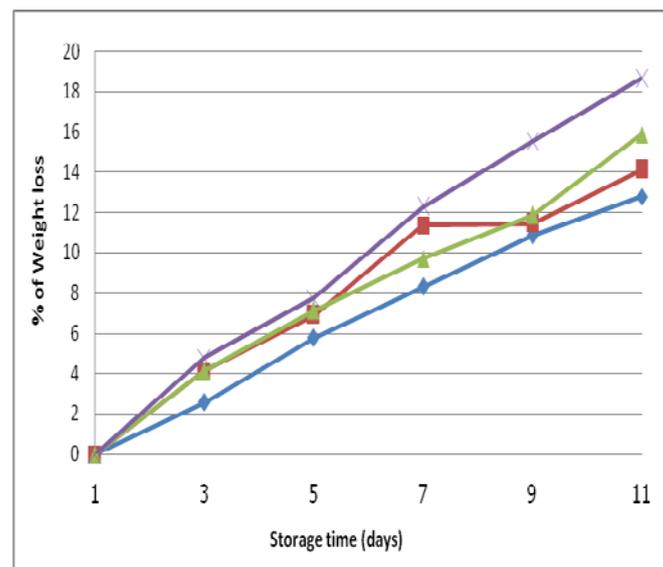
ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)

จากผลการทดลองตอนที่ 1 พบว่าผักที่ตัดรากมีอายุในการเก็บรักษาได้นานกว่าผักที่ไม่ได้ตัดราก เนื่องจากรากของผักไฮโดรโพนิคจุ่มในน้ำที่เป็นสารอาหารตลอดและอยู่ติดกับฟองน้ำซึ่งดูดซับและเก็บกักน้ำไว้ เมื่อนำมาเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทจะเกิดน้ำขังสะสมอยู่ด้านล่างของถุงพลาสติก ทำให้เกิดการเสื่อมเสียง่ายกว่าผักที่ตัดรากแล้ว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ผักที่ตัดรากเป็นตัวอย่างศึกษา โดยบรรจุในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าผัก Butterhead มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น (ภาพที่ 4.3) สอดคล้องกับการทดลองของ เบญจมาศ (2549) ที่พบว่าเมื่อผักคะน้ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาและงานทดลองของ Serrano และคณะ (2006) เก็บรักษาหัวบร็อคโคลี่ที่หุ้มด้วยพลาสติก ในสภาพตัดแปลงบรรยากาศ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหัวบร็อคโคลี่มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ภาพที่ 4.3 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) เก็บใบมะกูดหั่นฝอยที่ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเก็บที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นการเก็บรักษาผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิคที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ สอดคล้องกับการทดลองของโกวิทย์ และมาระตรี (2553) ทดลองเก็บรักษากล้วยหอมทอง

โดยพบว่ามีย่อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุในการเก็บรักษา และ Sankat and Maharaj (1996) เก็บรักษาผักซีฝรั่งที่อุณหภูมิ 10, 17 และ 28 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถูกลาสติกเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากถูกลาสติก FF 3 (ถุง 1) เป็นถุงที่แลกเปลี่ยนก๊าซและระบายไอน้ำได้ดี ภายในถูกลาสติก FF 3 (ถุง 1) จึงมีปริมาณก๊าซที่พอเหมาะช่วยชะลอการหายใจ การเกิดปฏิกิริยาต่างๆและไม่มีไอน้ำเกาะภายในถุง ไม่มีหยดน้ำขังด้านล่างของถูกลาสติก ซึ่งจะต่างกับการเก็บรักษาในถูกลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซและระบายอากาศได้ดี จึงเกิดน้ำขังสะสมอยู่ด้านล่างของถูกลาสติก ทำให้ผักเกิดการเน่าเสียที่เร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Farber (1991) รายงานว่าการบรรจุผักและผลไม้ในสภาพตัดแปลงบรรยากาศ สามารถลดอัตราการหายใจ ชะลอการสุกหอม ชะลอการเน่าของเนื้อสัมผัสได้ การเก็บผัก Butterhead ในถูกลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถูกลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียสนั้น พบว่าการเก็บรักษาในถูกลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเก็บใน 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของการสูญเสียน้ำหนัก ($P \leq 0.05$) โดยทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อจำนวนวันในการเก็บรักษา

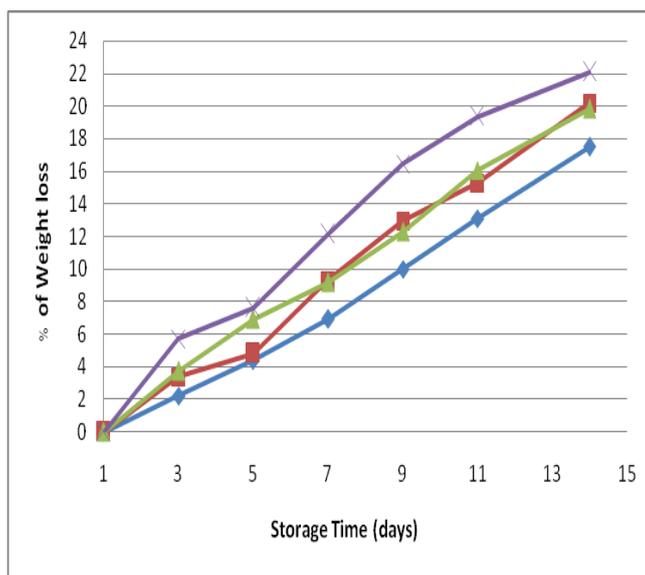


ภาพที่ 4.3 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผัก Butterhead ที่ตัดราก เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C
4°C bag 1 (—◆—), 4°C bag 2 (—■—), 10°C bag 1 (—▲—), 10°C bag 2 (—×—)

ผักเร็ดโอ๊ก (Red Oak)

เลือกใช้ผักที่ทำการตัดรากแล้ว เนื่องจากมีอายุในการเก็บรักษาได้ยาวนานกว่าผักที่ไม่ได้ตัดราก เพราะผักที่มีรากติดอยู่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทจะมีน้ำซึ่งสะสมอยู่ด้านล่างของถุงพลาสติก 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 4.4) สอดคล้องกับการทดลองของ Albanese *et al* (2007) พบว่าอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นหนึ่งสัปดาห์จะมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย

ภาพที่ 4.4 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) มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 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



ภาพที่ 4.4 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของผัก Red Oak ที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C
4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (✕)

การเก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยืดอายุในการเก็บรักษาผักได้ยาวนานที่สุด เพราะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส โดยถุงพลาสติกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เป็นถุงที่แลกเปลี่ยนก๊าซและระบายอากาศได้ดี จึงไม่เกิดไอน้ำสะสมภายใน ช่วยให้เกิดการเก็บรักษาผักได้นานขึ้นและดูน่าซื้อ

เมื่ออยู่ในถุง ต่างกับการเก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ไม่มีการระบายอากาศที่ดีจะมีไอน้ำเกาะที่ถุงมาก เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเกิดกระบวนการเมทาบอลิซึมของผลิตภัณฑ์ผล ดังการทดลองของ Kumer *et al.*, (1999) เก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเก็บรักษาที่ 7 องศาเซลเซียส และงานของ Javanmardi and Kubota (2006) เก็บรักษามะเขือเทศที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิคที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส 7 วัน ดังนั้นการเก็บรักษาผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิคที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Sankat and Maharaj (1996) พบว่าการเก็บรักษาผักฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 17 และ 28 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส จากการทดลองเก็บผัก Red Oak ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียสนั้น พบว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิดมีความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเก็บใน 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างของการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อจำนวนวันในการเก็บรักษา

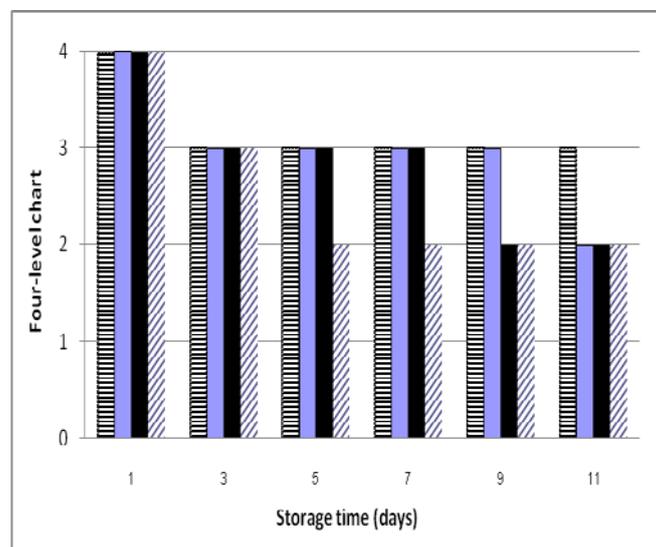
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักในระหว่างการเก็บรักษา

ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกในระหว่างเก็บรักษาของผักจะให้เป็น 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 4 = ผักมีสีเขียวและสดมาก ระดับที่ 3 = ใบผักเหี่ยวบ้างแต่ยังไม่เกิดสีเหลือง ระดับที่ 2 = ใบผักเหี่ยวและเริ่มเหลืองที่บริเวณขอบ ระดับที่ 1 = ใบผักเหี่ยวและเหลืองมากกว่าครึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และ ส่วนภาพที่ 4.6 แสดงระดับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นและจำนวนวันในการเก็บรักษาผัก ในวันแรกของการเก็บรักษาผักยังคงอยู่ในระดับ 4 ในทุกถุงทุกอุณหภูมิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักในทุกถุงเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมาอยู่ในระดับที่ 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 ของการเก็บรักษาเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมาอยู่ที่ระดับ 2 ยกเว้นที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ซึ่งลักษณะทางกายภาพของผักยังคงอยู่ในระดับที่ 3 เนื่องจากผัก Butterhead เป็นพืชในถิ่นหนาว จะเจริญได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 4 องศาเซลเซียส ผักจึงยังคงมีสภาพที่ดีและมีอายุในการเก็บรักษาที่นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งพืชแต่ละชนิดก็จะมีความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ไม่เท่ากัน (Kader, 1980) สอดคล้องกับการเก็บรักษาผักสลัดพันธุ์ Iceberg ตัดแต่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่น้อยกว่าการเก็บที่ 50 องศาเซลเซียส รวมไปถึงช่วยลดปริมาณการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ในถุงที่เก็บรักษาผักอีกด้วย



ภาพที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผัก Butterhead ระหว่างการเก็บรักษา

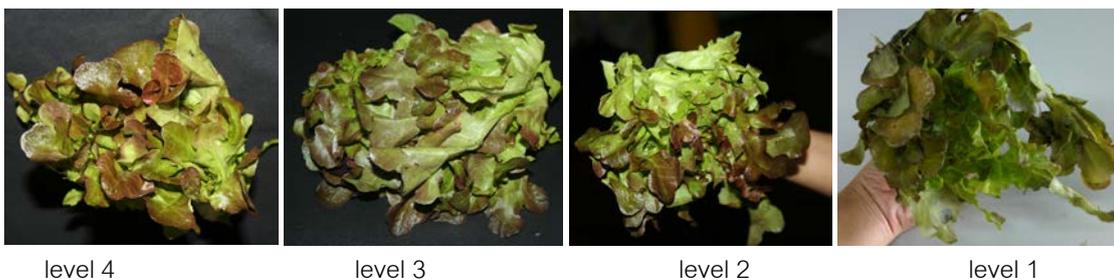


ภาพที่ 4.6 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผัก Butterhead ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C without root 4°C bag 1 (▨), without root 4°C bag 2 (■), without root 10°C bag 1 (■), without root 10°C bag 2 (□)

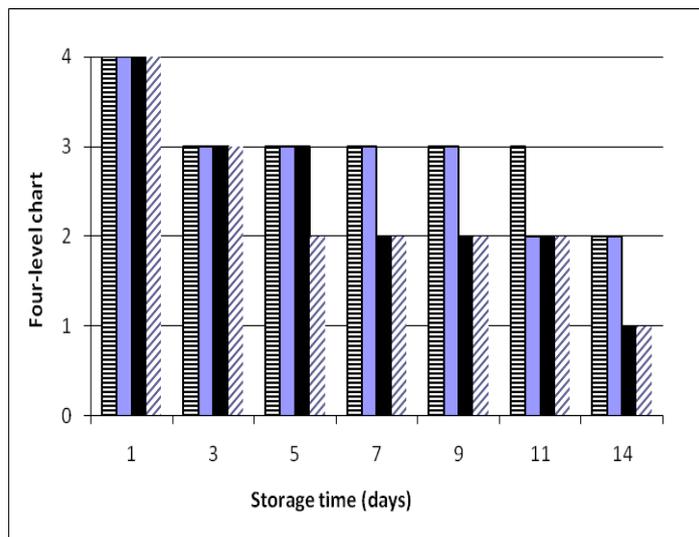
ผักเร้ดโอ๊ก (Red Oak)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกของผัก Red Oak แสดงในภาพที่ 4.7 มี 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 4 = ผักมีสีเขียวอมแดงและสดมาก ระดับที่ 3 = ใบผักเหี่ยวบ้างแต่ยังไม่เกิดสีเหลือง ระดับที่ 2 = ใบผักเหี่ยวและเริ่มเหลืองที่บริเวณขอบ ระดับที่ 1 = ใบผักเหี่ยว เหลืองมากกว่าครึ่งและร่วง ภาพที่ 4.8 แสดงระดับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นและจำนวนวันในการเก็บรักษาผัก ในวันแรกของการเก็บรักษาผักยังคงอยู่ในระดับ 4 ในทุกถุงทุกอุณหภูมิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักในทุกถุงเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมาอยู่ในระดับที่ 3 ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาพบว่าผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 ในวันที่ 7 และ 9 ของการเก็บรักษาพบว่าผักที่ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับมาอยู่ที่ระดับ 2 เท่ากับผักที่

เก็บในถุงพลาสติก 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



ภาพที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพ 4 ระดับ ของผัก Red Oak ระหว่างการเก็บรักษา

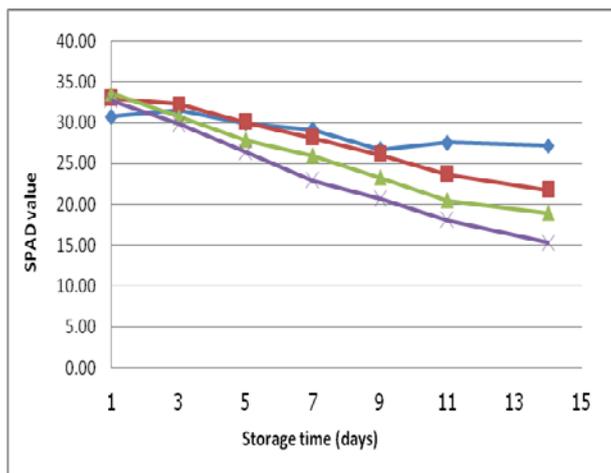


ภาพที่ 4.8 ระดับคะแนน 4 ระดับ ของผัก Red Oak ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10°C without root 4°C bag 1 (▨), without root 4°C bag 2 (■), without root 10°C bag 1 (■), without root 10°C bag 2 (▩)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ของผักแรดโอ๊ก (Red Oak)

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

จากการทดลองเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ในระหว่างเก็บรักษาผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ชนิด 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 4.9 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 ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักในทุกถุงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมีค่า SPAD value 31.56 32.26 33.55 และ 32.70 ตามลำดับ วันที่ 14 ของการเก็บรักษามีการลดลงของคลอโรฟิลล์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากวันแรกที่เก็บรักษา ซึ่งจำนวนวันในการเก็บรักษาที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) วันที่ 9 ค่า SPAD value มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นถุงที่แสงสว่างส่องผ่านได้ง่าย เนื่องจากเป็นถุงที่บางซึ่งแสงสว่างจะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (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 โกวิทท์และมาระตรี (2553) ที่เก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดจาก SPAD meter มีปริมาณลดลงโดยที่อุณหภูมิห้องมีการลดลงรวดเร็วกว่าที่เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส และจะสอดคล้องกับการลดลงของค่าความเป็นสีเขียว a ด้วย



ภาพที่ 4.9 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 (×)

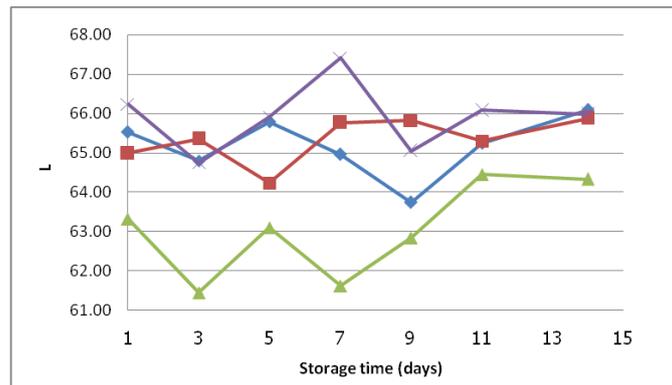
จากการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของผัก Red Oak ที่เปลี่ยนแปลง ปัจจัยถุงพลาสติกที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันทั้ง 2 อุณหภูมิมีความแตกต่างกันของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จำนวนวันในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณการลดลงของคลอโรฟิลล์ก็ลดต่ำลง ซึ่งจำนวนวันก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของผักเร้ดโอ๊ก (Red Oak)

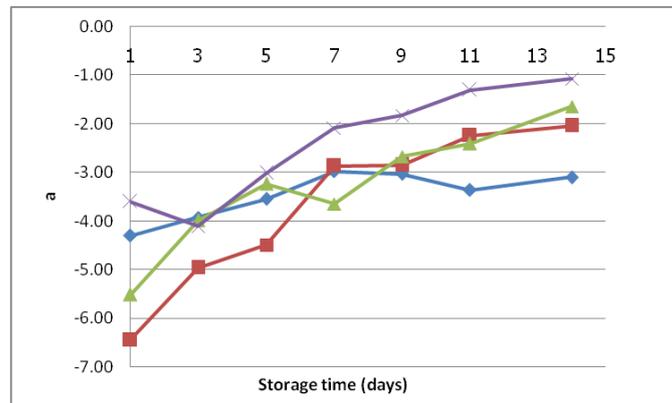
จากการทดลองวัดสีด้วยเครื่องวัดสี โดยรายงานผลเป็น L, a, b ตาม Hunter Scale โดยที่ค่า L บอกถึงความสว่างของใบผักจะเปลี่ยนแปลงค่าจาก 0 ถึง 100 ถ้าค่าเป็น 0 จะเป็นสีคล้ำหรือดำ 100 จะเป็นสีสว่าง, ค่า a บอกถึงสีเขียว - แดง จะเปลี่ยนแปลงจาก -60 ถึง 60 ค่าที่ได้เป็น - เป็นสีเขียว + เป็นสีแดง และค่า b บอกถึงสีน้ำเงิน - เหลือง ความเหลืองบนใบผักที่เพิ่มขึ้นเป็น จาก -60 ถึง 60 ถ้าค่าที่ได้เป็น - เป็นสีน้ำเงิน + เป็นสีเหลือง ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.10 พบว่าค่าความสว่าง L ของผัก Red Oak ในแต่ละถุงตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับการทดลองของ ชานนท์ (2007) ที่พบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมที่ 5 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนทำให้ค่า L และ a มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ชลิตา (2007) ทำการเก็บรักษากล้วยไข่แบบควบคุมบรรยากาศ ร่วมกับการลดอุณหภูมิ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง L ของกล้วยไข่มีการเปลี่ยนแปลงแต่น้อยมาก ภาพที่ 4.10 (a) แสดงค่าความเป็นสีเขียว - สีแดง a จาก -60 ถึง 60 ถ้าค่าที่ได้เป็น - เป็นสีเขียว + เป็นสีแดง โดยพบว่าค่าความเป็นสีเขียว a ที่มีค่าเป็น - มีแนวโน้มของค่าลดลงเข้าใกล้ 0 ซึ่งเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีแดง โดยวันที่ 1 ถึง 5 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจะมีค่าอยู่ในช่วงจาก -4.30 ลดลงเหลือ -3.55 ในถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ที่ 4 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกันโดยช่วงวันแรกจนถึงวันที่ 5 ของการเก็บรักษา มีค่าจาก -6.45 จนเหลือ -4.49 ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 10 องศา

เซลล์คลอโรพลาสต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Del Nobile (2005) ที่ทดลองเก็บรักษาผักกาดหอมที่ 5 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวที่น้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงสีเขียวไปเป็นสีแดงพบว่าการเก็บรักษาผัก Red Oak ใน อุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้น คือ 4 และ 10 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่ 10 องศาเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาและกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์ของผัก เช่น เอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) จะทำลายสารสีเขียว (chlorophyll) ให้ลดลงจนเศษส่วนของแคโรทีนอยด์ซึ่งมีอยู่ในเซลล์พืชแต่ถูกบดบังด้วยคลอโรฟิลล์ออกมา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2549) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของผักที่ลดลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ส่งผลให้ผักมีอายุในการเก็บรักษาที่สั้นลงด้วย เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติก็พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความเขียว a ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ โกวิทช์และมาระตรี (2553) ที่เก็บรักษากล้วยหอมทองที่อุณหภูมิห้องและ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดจาก SPAD meter มีปริมาณลดลงโดยที่อุณหภูมิห้องมีการลดลงรวดเร็วกว่าที่เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส และจะสอดคล้องกับค่าความเป็นสีเขียว a ที่ลดลงของด้วย แต่เมื่อดูอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของถุงพลาสติกและอุณหภูมิ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนแปลงที่เกิดกับผัก Red Oak ที่พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ การป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ทำได้โดยการลดอุณหภูมิของผลผลิตรวมกับการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง และแสงสว่างก็ช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ เห็นได้จากในผักใบที่มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ทดแทน และพบว่าส่วนที่มีสีเขียวจะมีอายุในการเก็บรักษานานกว่าส่วนที่มีสีขาวหรือไม่มีสี Francis *et al.* (1969) ภาพที่ 4.10 (c) แสดงค่าความเป็นสีน้ำเงิน - สีเหลือง b เป็นค่าจาก -60 ถึง 60 ถ้าค่าที่ได้เป็น - เป็นสีน้ำเงิน + เป็นสีเหลือง โดยพบว่าค่าความเป็นสีน้ำเงิน - เหลือง b ที่มีค่าเป็น + มีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากสีเหลืองอ่อนที่ยังปรากฏไม่เด่นชัดค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนสังเกตเห็นชัดเจน ในวันที่แรกถึงวันที่ 11 ของการเก็บรักษาในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) ที่ 4 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะสอดคล้องกับการทดลองของ Del Nobile *et al.* (2005) ที่เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นนั้นค่า b จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะปรากฏสีค่าเพิ่มมากขึ้นบนใบ

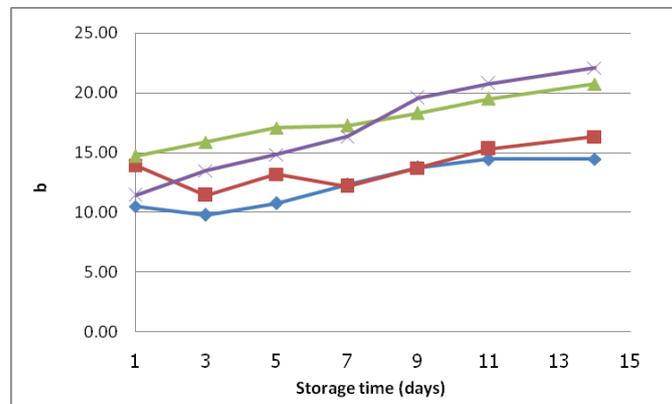
เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ เมื่อนำค่า a และ b จากผลการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับค่าของ SPAD value ที่ทำการตรวจวัดคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.11 จากภาพที่ 4.11 (a) เป็นความสัมพันธ์ของ SPAD value กับค่า a ของผัก Red Oak ที่เก็บในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุงพลาสติก LDPE 2 (ถุง 2) ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าค่า SPAD value มีค่ามากขึ้น ค่าของ a จะลดลง นั่นคือ ความเข้มของสีเขียวมีมากขึ้น 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) จะมีสีเขียวน้อยกว่าผักในถุงที่ 2 ที่เก็บที่อุณหภูมิเดียวกัน จากภาพที่ 4.11 (b) ในทำนองเดียวกันค่า SPAD value เพิ่มขึ้น ค่าของ b ก็ลดลง เนื่องจากผัก Red Oak เป็นผักที่ใบออกสีแดง ดังนั้นภาพที่ 4.11 น่าจะใช้บอกถึงความสัมพันธ์ได้ดี



(a)



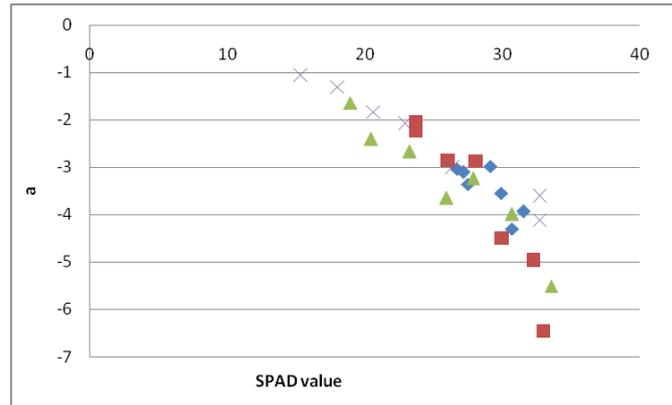
(b)



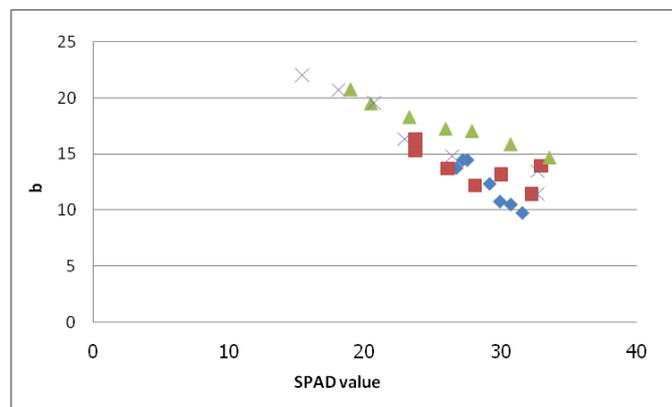
(c)

ภาพที่ 4.10 ค่าความสว่าง L ค่าความเป็นสีเขียว a และค่าความเป็นสีแดง b ของฝัก Red Oak ที่ตัดจาก 4°C

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



(a)



(b)

ภาพที่ 4.11 ค่าความเป็นสีเขียว a เทียบกับค่า SPAD value (a) และ ค่าความเป็นสีแดง b เทียบกับค่า SPAD value (b) ของฝักเร็ดโอ๊ก (Red Oak) ที่ 4 และ 10°C ในถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) และถุง 2 4°C bag 1 (◆), 4°C bag 2 (■), 10°C bag 1 (▲), 10°C bag 2 (×)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียสและชนิดถุงพลาสติกที่มีผลต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead) และผัก ไรต์โอ๊ก (Red Oak) สรุปได้ดังนี้

ผักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าที่ 10 องศาเซลเซียส และผักทั้ง 2 ชนิด มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษา ไม่แตกต่างกันในทั้งสองอุณหภูมิ แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มมากขึ้น

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ทั้ง 2 ชนิดนี้ คือ การเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เก็บรักษาผักได้ประมาณ 11 วัน และที่ 10 องศาเซลเซียส เก็บรักษาผักได้ประมาณ 7 วัน โดยที่ผักยังคงมีระดับคะแนนประมาณ 3

ผลของชนิดถุงพลาสติกต่อคุณภาพของผักในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าถุงพลาสติก FF 3 (ถุง 1) จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักบัตเตอร์เฮด Butterhead และ ผักไรต์โอ๊ก Red Oak ได้ดีกว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE 2 (ถุง 2) ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส โดยที่มีลักษณะปรากฏ เช่น สี ความสด อยู่ในเกณฑ์ที่ดีในทุกกรณี

บรรณานุกรม

- โกวิทย์ กางนอก และมาระตรี เปลี่ยนศิริชัย. 2553. การเปลี่ยนแปลงสี องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพการบริโภคกล้วยหอมทองในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41 : 1 พิเศษ.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 396 น.
- ชลิตา ชินพันธ์. 2550. ผลของภาชนะบรรจุและการลดอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในขณะเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศสมดุลของกล้วยไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชานนท์ สุทธิเวทย์. 2550. การยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมโดยการใช้ภาชนะบรรจุและคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุษบา โกมลณี วิวัฒน์ หวังเจริญ วิจิตรา แดงปรก และธนศ แก้วกำเนิด. 2551. การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุต่ออายุการเก็บรักษาและการสูญเสียน้ำหนักของถั่วงอก ถั่วงอกยาวหั่นและใบมะกูดหั่นฝอย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 (3) พิเศษ.
- สุชาดา ไล่สุวรรณ. 2552. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพตัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 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
- 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.
- Farber, J. M. 1991. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology : a review. Journal of Food Protection. 54 : 58-70
- Francis, F. J. 1969. Pigment content and color in fruits and vegetables. Food Technology. 23 : 32-36
- 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
- Kays, S. J. 1991. Metabolic Processes in harvested products respiration. Post Harvest Physiology of Perishable Plant Products. NY : Van Nostrand Reinhold Publication.
- Kader, A. A. 1980. Prevention of ripening in fruit by use of controlled atmospheres. Food Technology. 34 : 51-54
- 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

- 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
- 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