ผลของอุณหภูมิ ภาชนะบรรจุ และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพผักชีเพื่อการส่งออก

Effect of Temperature, Packaging and Storage Condition on the Quality of Coriander for Export

สุทธาสินี บุญคง

Suttasinee Boonkong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Food Science and Technology
Prince of Songkla University

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลของอุณหภูมิ ภาชนะบรรจุ และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพผักชีเพื่อการส่งออก

Effect of Temperature, Packaging and Storage Condition on the Quality of Coriander for Export

สุทธาสินี บุญคง

Suttasinee Boonkong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Food Science and Technology
Prince of Songkla University
2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของอุณหภูมิ ภาชนะบรรจุ และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพผักชีเพื่อการส่งออก

ผู้เขียน นางสาวสุทธาสินี บุญคง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
.....	.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุทิตา มีนุ่น)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ศิริโชติ)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุทิตา มีนุ่น)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี มนูรักษ์ชินากร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ……..
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุทิตา มีนุ่น)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ……..
(นางสาวสุทธาสินี บุญคง)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวสุทธาสินี บุญคง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของอุณหภูมิ ภาชนะบรรจุ และสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพผักชีเพื่อการส่งออก

ผู้เขียน นางสาวสุทธาสินี บุญคง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ผักชีเป็นพืชที่เน่าเสียง่ายและมีอายุการวางจำหน่ายสั้น งานวิจัยนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี และการทดลองเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักชี งานวิจัยนี้ทำร่วมกับบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ โดยทางบริษัทฯ จะรับผักชีสดมาจากกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี และพื้นที่ใกล้เคียง ใช้ระยะเวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งขนส่งมาถึงบริษัทฯ ไม่เกิน 4 ชั่วโมง โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาผักชีจากลักษณะดังต่อไปนี้ ใบผักชีจะต้องมีสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอด 25-30 เซนติเมตร ผักชีที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกนำมาผ่านกระบวนการล้าง โดยเปิดน้ำประปาไหลผ่าน แล้วล้างดินที่ติดมากับรากออกและขัดจนเห็นรากผักชีเป็นสีขาว คัดเลือกใบแก่ ใบเหลือง ใบเน่า และใบช้ำออก สะเด็ดน้ำ จากนั้นจะนำผักชีมาบรรจุเพื่อจำหน่ายใน 2 ลักษณะ คือ การบรรจุเพื่อขายส่งและขายปลีก การบรรจุแบบขายส่งจะบรรจุผักชีในกล่องโฟม น้ำหนัก 12 กิโลกรัม/กล่องโฟม ส่วนการบรรจุแบบขายปลีกจะบรรจุผักชีในถุงพลาสติกเจาะรูชนิดโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High density polyethylene; HDPE) น้ำหนัก 50 กรัม/ถุง จากนั้นบรรจุในกล่องโฟม กล่องละ 160 ถุง (8 กิโลกรัม/กล่องโฟม) ก่อนส่งขายตลาดต่างประเทศ เช่น สาธารณรัฐสิงคโปร์และสหพันธรัฐมาเลเซีย

การศึกษาผลของอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผักชี เพื่อประเมินอายุการวางจำหน่าย โดยนำผักชีติดรากที่มีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดประมาณ 25-30 เซนติเมตร มาล้างทำความสะอาด คัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชีน้ำหนัก 50 กรัม ในถุงพลาสติกเจาะรูชนิดโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาด 15×38 เซนติเมตร ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก และมีการตรวจติดตามคุณภาพผักชีใน 2 ลักษณะ คือ (1) ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูชนิดโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) และเก็บรักษาในกล่องโฟม โดยนำผักชี 50 กรัม/ถุง จำนวน 160 ถุง รวมน้ำหนักผักชี 8 กิโลกรัม/กล่องโฟม ปิดฝากล่องโฟมให้สนิทด้วยสก๊อตเทป แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส และ (2) ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกเจาะรูชนิดโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) โดยนำผักชี 50 กรัม/ถุง ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก เก็บผักชีรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูชนิด

โพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) และเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายนาน 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ส่วนผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกเจาะรูชนิดโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส จะมีอายุการวางจำหน่าย นาน 14, 10 และ 6 วัน ตามลำดับ ผักชีมีการสูญเสียน้ำหนัก มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้น ระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้มีใบเหลืองเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชีลดลง ($p<0.05$) การเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุเก็บรักษาผักชีได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่จะต้องไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และมีปริมาณใบเหลืองไม่เกินร้อยละ 25 โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูชนิดโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) และเก็บรักษาในกล่องโฟม มีการสูญเสียน้ำหนักและมีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับร้อยละ 6.47 และ 3.612 µl/kg.h FW ตามลำดับ ในขณะที่ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE มีการสูญเสียน้ำหนักและมีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับร้อยละ 7.05 และ 4.518 µl/kg.h FW ตามลำดับ

นอกจากนี้เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผักชีให้นานขึ้นจึงมีการทดลองใช้ถุงพลาสติก 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี แล้วเก็บรักษาผักชีทั้ง 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) ผักชีที่เก็บรักษาผักชีในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ (2) ผักชีที่เก็บรักษาในถุงเดี่ยวที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เป็นสภาวะการเก็บรักษาที่ดีที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 20 และ 18 วัน ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณใบเหลืองและการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 15.50 และ 5.34 ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับ 0.127 ppm ในขณะที่ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณใบเหลืองและการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 15.55 และ 5.49 ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับ 0.218 ppm ซึ่งปริมาณก๊าซเอทิลีนที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน

Thesis Title	Effect of Temperature, Packaging and Storage Condition on the Quality of Coriander for Export
Author	Miss. Suttasinee Boonkong
Major Program	Food Science and Technology
Academic Year	2015

ABSTRACT

Fresh coriander is highly perishable vegetable with a short shelf life. This research was investigated for the postharvest management and postharvest practice for extending fresh coriander shelf-life. This research was conducted under collaboration with S. T. V. factory whom provided the raw material, logistics and postharvest treatment facility. Fresh coriander was harvested by farmers in Ratchaburi province and nearby areas then transported to the S. T. V. factory within 4 hours. The raw material specifications were set based on appearance criteria such as colour (green), defects (no yellow or decay leaf) and trunk length (25-30 cm.). Then the coriander within defined specification was firstly rinsed with tap water, then soil from the root was washed manually and thoroughly while yellow leaf and decay leaf were removed. The cleaned coriander was left to drain prior packing. The coriander was usually packed for exportation into 2 types; namely wholesale and retail coriander. The wholesale coriander was packed in a foam box approximately 12 kg/box. The retail coriander was packed in a perforated high density polyethylene bag (HDPE) 50 g/bag, then the coriander 160 bags was packed in a foam box (8 kg/box) before transported to Republic of Singapore and Federation of Malaysia.

The shelf life of coriander under different storage temperatures was assessed. Fresh coriander with root (approximately 25-30 cm. in length) was washed with tap water, removed soil from root and trimmed unwanted part. Then, it was packed in a perforated HDPE bag; size 15×38 cm, approximately 50 g/bag and covered with tape sealed. Coriander was monitored into 2 types; namely (1) Coriander was packed in individual perforated HDPE bag 50g/bag, 160 bag were put in a foam box (8 kg/box), The box was sealed with adhesive tape and stored at 5 and 7^{o}C, (2) Coriander was packed in similar individual perforated HDPE bag but without secondary container and stored in the same warehouse at 5, 7 and 10^{o}C. The shelf life of coriander packed in a

perforated HDPE bag during storage in a foam box at 5 and 7°C was 16 and 14 days, respectively. While, the shelf life of coriander that was packed in a perforated HDPE bag at 5, 7 and 10°C was 14, 10 and 6 days, respectively. Weight loss, carbon dioxide content, ethylene content and yellow leaf of coriander in all treatments had significantly increased during storage ($p<0.05$). These changes were in agreement with a decrease in chlorophyll content, oxygen content and sensory evaluation score ($p<0.05$). Under both packing conditions, the storage temperature at 5°C was the best condition for shelf life extension, as indicated by the sensory evaluation score not less than 3 marks and yellow leaf less than 25%. At the end of storage, weight loss and ethylene content of coriander packed in a perforated HDPE bag in a foam box were 6.47% and 3.612 µl/kg.h FW, respectively. While, weight loss and ethylene content of coriander packed in a perforated HDPE bag were 7.05% and 4.518 µl/kg.h FW, respectively.

In addition, in order to extend the shelf life of coriander, the experiments either coriander packed in a PE bag during storage in a foam box or coriander packed in a PE bag during storage at 5°C were done by using 2 types of PE bag (LDPE bag and HDPE bag) in combination with ethylene absorber at various concentrations (0%, 1.5% and 3% by coriander weight). Coriander was monitored into 2 types; namely (1) Coriander was packed in in a foam box at 5°C and (2) Coriander was packed in individual PE bag but without secondary container and stored at 5°C. Under both conditions, the coriander that was packed in a HDPE bag with 3% ethylene absorber is the best condition for shelf life extension. The shelf life of coriander during storage in a foam box at 5°C and coriander packed in individual bag but without secondary container and stored at 5°C were 20 and 18 days, respectively. The yellow leaf, weight loss and ethylene content of coriander during storage in a foam box were 15.50%, 5.34% and 0.127 ppm, respectively at the end of storage. While, yellow leaf, weight loss and ethylene content of coriander that was packed in individual bag without secondary container during storage were 15.55%, 5.49% and 0.218 ppm, respectively. In all storage conditions with adding ethylene absorber had lower ethylene content than the ones without ethylene absorber.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุทิตา มีนุ่น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ทั้งยังสละเวลาในการตรวจทานและแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ศิริโชติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี มนูรักษ์ชินากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบุคลากรและเพื่อนๆ นักศึกษาในคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง และบุคคลากรในสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่คอยช่วยเหลือ แนะนำและให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

ขอขอบคุณบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด คุณจารุพัฒน์ สันติวรคุณ และพี่ๆ พนักงานทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และวัตถุดิบที่ใช้ในการทำวิจัย ตลอดจนคอยช่วยเหลือ แนะนำและให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท ไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด ที่สนับสนุนสารดูดซับเอทิลีนเพื่อใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณโครงการทุนทักษะนักอุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ที่ให้ทุนอุดหนุนในการค้นคว้าวิจัย

สุทธาสินี บุญคง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
List of Tables	(11)
List of Figures	(12)
List of Appendex Tables	(17)
List of Appendex Figures	(18)
บทที่	
1 บทนำ	
- บทนำต้นเรื่อง	1
- การตรวจเอกสาร	3
- วัตถุประสงค์	31
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	
- วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย	33
- สารเคมี	33
- อุปกรณ์และเครื่องมือ	34
- วิธีการทดลอง	34
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	40
4 สรุปผลการทดลอง	123
เอกสารอ้างอิง	125
ภาคผนวก	134
ประวัติผู้เขียน	159

LIST OF TABLES

Table		Page
1	Nutritional value of 100 grams fresh leaves of coriander	4
2	Maximum residue limit for pesticide in coriander	7
3	Water vapour transmission and gas permeability of plastic films	21
4	Data collection related to postharvest management coriander from farmers and workers in the factory	40
5	Sensory evaluation score of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	51
6	Sensory evaluation score of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	67
7	Sensory evaluation score on color of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	83
8	Sensory evaluation score on appearance of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	84
9	Sensory evaluation score on overall quality of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	85
10	Sensory evaluation score on color of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C	106
11	Sensory evaluation score on appearance of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C	107
12	Sensory evaluation score on overall quality of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C	108

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	Chlorophyll structures	10
2	Pathway of chlorophyll degradation	12
3	Carotenoid synthesis	14
4	Mechanism of ethylene	15
5	Ethylene synthesis	16
6	Fresh coriander after harvest	45
7	Fresh coriander and the preparation steps before storage under 7^{o}C	46
8	Washing steps of coriander	46
9	Preparation steps for the wholesale packed-coriander	47
10	Preparation steps for the retail packed-coriander	48
11	Coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	52
12	Weight loss in coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	53
13	Percentage of decay leaf and yellow leaf of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	54
14	Lightness, greenness and yellowness of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	56
15	Hue angle and chroma value of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	57
16	Carbondioxide and oxygen content of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	58

LIST OF FIGURES (Continued)

Figure		Page
17	Ethylene production of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	59
18	Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	61
19	Carotenoid content of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	62
20	Chlorophyllase, Mg-dechelatase and pheophytinase activity of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures	64
21	Weight loss in coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	66
22	Coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperature	68
23	Percentage of decay leaf and yellow leaf of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	70
24	Lightness, greenness and yellowness of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	72
25	Hue angle and chroma value of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	73
26	Carbon dioxide and oxygen content of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	74
27	Ethylene production of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	75
28	Carotenoid content of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	76

LIST OF FIGURES (Continued)

Figure		Page
29	Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	77
30	Chlorophyllase, Mg-dechelatase and pheophytinase activity of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures	80
31	Coriander packed in a low density polyethylene bag (LDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box under 5^{o}C	86
32	Coriander packed in a high density polyethylene bag (HDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box under 5^{o}C	87
33	Weight loss in coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	89
34	Percentage of decay leaf and yellow leaf of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	91
35	Lightness, greenness and yellowness of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	93
36	Hue angle and chroma value of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	94
37	Carbon dioxide and oxygen of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C	96

LIST OF FIGURES (Continued)

Figure		Page
39	Ethylene concentration of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C	97
39	Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C	98
40	Carotenoid content of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C	99
41	Chlorophyllase, Mg-dechelatase and pheophytinase activity of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C	102
42	Coriander packed in a low density polyethylene bag (LDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage under 5°C	109
43	Coriander packed in a high density polyethylene bag (HDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage under 5°C	110
44	Weight loss in coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	111
45	Percentage of decay leaf and yellow leaf of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	111
46	Lightness, greenness and yellowness of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	113

LIST OF FIGURES (Continued)

Figure		Page
47	Hue angle and chroma value of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	114
48	Carbon dioxide and oxygen of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	115
49	Ethylene concentration of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	116
50	Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	118
51	Carotenoid content of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	119
52	Chlorophyllase, Mg-dechelatase and pheophytinase activity of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C	121

LIST OF APPENDIX TABLES

Table		Page
1	Data collection related to postharvest management coriander from farmers and workers in the factory	134
2	Temperature monitoring within a foam box at different positions during storage coriander under different temperatures	157
3	Temperature and relative humidity in a foam box during storage coriander under different temperatures	157
4	Temperature and relative humidity in a warehouse during storage coriander under different temperatures	158
5	Temperature and relative humidity in a warehouse during storage coriander under different temperatures	158

LIST OF APPENDIX FIGURES

Figure		Page
1	Color evaluation of coriander leaf	141
2	Hue angle	142
3	Standard curve of protein bovin serum albumin	150
4	Guildline chart for sensory evaluation score (Likert scale) of coriander	154
5	Temperature monitoring within a foam box at different positions during storage coriander	156
6	Coriander in a foam box with ice on top during storage at 5^{o}C	156

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ผักชี (Coriander) เป็นเครื่องเทศที่ใช้แพร่หลายในหลายประเทศ เช่น จีน ไทย และประเทศแถบยุโรป ทุกส่วนของผักชี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่ส่วนของใบ ก้านและราก นิยมบริโภคเป็นผักสดและใช้เป็นส่วนประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ใช้กินแกล้มกับอาหารเพื่อช่วยให้รสชาติดีขึ้น แต่งสีอาหารให้น่ารับประทาน ช่วยทำให้อาหารมีกลิ่นหอม ช่วยรักษาอาการปวดท้อง และช่วยย่อยอาหาร นอกจากนี้ผักชียังอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารและองค์ประกอบต่างๆ (ฐานเกษตรกรรม, 2548) ผักชีสามารถปลูกได้กับดินแทบทุกชนิด เช่น ดินเหนียว ดินร่วน และดินร่วนปนทราย แต่จะชอบดินร่วนมากกว่า หรือดินที่มีการระบายน้ำดี ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปลูกได้ตลอดปี ช่วงที่เหมาะที่สุด คือฤดูหนาว ซึ่งในช่วงฤดูหนาวและฤดูฝนจะมีปริมาณผักชีมาก ทำให้ราคาถูกกว่าฤดูร้อนซึ่งมีปริมาณน้อย (ตลาดสี่มุมเมือง, 2557) จากข้อมูล 3 ปีย้อนหลัง ในปี 2555-2557 พบว่า ผักชีมีมูลค่าการส่งออกรวมประมาณ 1.5 พันล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557)

โดยทั่วไปการบรรจุผักชีเพื่อจำหน่ายจะบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene; LDPE) ซึ่งมีราคาถูก หาได้ง่าย มีความใส สมารถมองเห็นลักษณะของผลิตผลภายในได้ และมีอัตราการซึมผ่านก๊าซและไอน้ำสูง โดยมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 7,100-7,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 42,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ เท่ากับ 16-24 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) ทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามามากเพียงพอให้ผลิตผลใช้หายใจ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่ได้จากกระบวนการหายใจก็สามารถซึมออกได้มากเช่นกัน ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจมากขึ้น ซึ่งการหายใจของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทำให้ผักชีเหี่ยว และมีการผลิตเอทิลีนมากขึ้น ซึ่งเอทิลีนจะไปเร่งให้มีอัตราการหายใจมากขึ้น มีการเกิดเมทาบอลิซึมของผลิตผลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเร่งให้เกิดการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เช่น Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Pheophytinase ซึ่งทำให้ผักชีเปลี่ยนแปลงสีใบจากสีเขียวเป็นสีเหลือง และเร่งให้เกิดการชราภาพของผลิตผลให้เร็วขึ้น (Aiamla-or *et al*., 2012) ทำให้ผักชีมีอายุการเก็บรักษาและ

การวางจำหน่ายสั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High density polyethylene; HDPE) ซึ่งมีความแข็งแรง เหนียว และทนต่อการซึมผ่านได้ดีกว่าถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำที่ใช้ทั่วไป โดยมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2,100-2,900 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 7,600 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ เท่ากับ 7-10 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน ของบริษัททานตะวัน กรุงเทพฯ ซึ่งจะจำกัดปริมาณก๊าซออกซิเจนให้ซึมผ่านเข้ามาได้น้อย ก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่จำกัดในภาชนะบรรจุ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นสามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผลลงได้ แต่อย่างไรก็ตาม ผักชียังมีการหายใจและผลิตเอทิลีนอยู่ การใช้สารดูดซับเอทิลีนเพื่อดูดซับเอทิลีนที่มีอยู่ภายในภาชนะบรรจุจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผักชีได้

งานวิจัยนี้ทำร่วมกับบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด ซึ่งเป็นผู้ส่งออกผักชีไปยังประเทศสิงคโปร์และมาเลเซียอันดับต้นๆ ของประเทศไทย โดยในปี 2557 ทางบริษัทฯ ส่งออกผักชีประมาณ 46,000 กิโลกรัม/ปี ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 4,600,000 บาท/ปี การบรรจุผักชีเพื่อจำหน่ายของทางบริษัทฯ จะมี 2 ลักษณะ คือ การบรรจุผักชีเพื่อขายส่ง โดยบรรจุผักชีในกล่องโฟม และการบรรจุผักชีเพื่อขายปลีกโดยจะบรรจุในถุงพลาสติก HDPE ซึ่งการส่งขายผักชีให้กับลูกค้าของทางบริษัทฯ จะขนส่งโดยการบรรจุในกล่องโฟมที่ปิดทับด้วยน้ำแข็ง และขนส่งในห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นนำไปเก็บรักษาในคลังสินค้า เพื่อรอจำหน่าย แต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาผักชีเพื่อรอจำหน่าย งานวิจัยนี้จึงศึกษาการจำลองสภาวะการเก็บรักษาผักชีเพื่อรอจำหน่าย โดยจำลองสภาวะการขนส่งและการเก็บรักษาผักชีเพื่อรอจำหน่ายตามลักษณะการทำงานจริงของบริษัทฯ คือ (1) การบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนแล้วเก็บรักษาในกล่องโฟม ที่มีการเติมน้ำแข็งในกล่องโฟมเฉพาะวันแรก และไม่มีการเปลี่ยนน้ำแข็งตลอดการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ และ (2) จำลองการวางจำหน่ายผักชีของทางบริษัทฯ โดยการบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำโจทย์วิจัยจากบริษัทฯ มาทดลองเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักชี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี และศึกษาผลของอุณหภูมิ ชนิดถุงพลาสติกร่วมกับความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน และสภาวะการเก็บรักษาผักชีต่อคุณภาพของผักชีระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ซึ่งผลงานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการส่งออกผักชีต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. ผักชี

ผักชี (Coriander) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coriandrum sativum* L. จัดอยู่ในวงศ์ Umbelliferae มีชื่อพื้นบ้านว่า ผักชีไทย ผักชีลี ผักชีลา ผักหอม ผักชีไร่ ผักหอมน้อย ผักชีมีชื่อเรียกหลายชนิด แตกต่างกันไปตามพื้นที่ปลูก เช่น ภาคเหนือ เรียกว่า ผักหอมป้อม และผักหอมผอม ภาคอีสาน เรียกว่า ผักหอมน้อย ผักชีเป็นพืชล้มลุก มีอายุสั้นประมาณ 40-60 วัน โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผักชี คือ 30-45 วันหลังจากการปลูก ลักษณะผักชีที่ดี คือ มีลำต้นตั้งตรง ภายในกลวง มีกิ่งก้านเล็ก รากแก้วสั้น ลำต้นมีสีเขียว แต่ถ้าแก่จะมีสีเขียวอมน้ำตาล สูงประมาณ 20-40 เซนติเมตร ใบมีสีเขียว และมีลักษณะการออกของใบเรียงคล้ายขนนก แต่อยู่ในรูปทรงพัด ซึ่งใบที่โคนต้นนั้นจะมีขนาดใหญ่กว่าที่ปลายต้น เพราะส่วนมากที่ปลายต้นใบจะเป็นเส้นฝอย มีสีเขียวสด ดอก ออกเป็นช่อ ตรงส่วนยอดของต้น ดอกนั้นมีขนาดเล็ก มีอยู่ 5 กลีบ มีสีขาวหรือชมพูอ่อนๆ ผลจะติดผลในฤดูหนาว ลักษณะของผลเป็นรูปทรงกลมโตประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ตรงปลายผลจะแยกออกเป็น 2 แฉก ผิวจะมีเส้นคลื่นอยู่ 10 เส้น (ฐานเกษตรกรรม, 2548) ผักชีสามารถปลูกได้กับดินแทบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นดินเหนียว ดินร่วน ดินร่วนปนทราย แต่จะชอบดินร่วนมากกว่า หรือดินที่มีการระบายน้ำดี ปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปลูกได้ตลอดปี ช่วงที่เหมาะที่สุด คือ ฤดูหนาว ซึ่งในช่วงฤดูหนาวและฤดูฝนจะมีปริมาณผักชีมาก ทำให้ราคาถูกกว่าฤดูร้อนซึ่งมีปริมาณน้อย โดยสถิติราคาขายส่งผักชี ณ ตลาดสี่มุมเมือง ในปี 2555 มีราคาสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 115 บาท/กิโลกรัม และมีราคาต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 14 บาท/กิโลกรัม ส่วนในปี 2556 มีราคาสูงสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 150 บาท/กิโลกรัม และมีราคาต่ำสุดในเดือนมกราคม คือ 26 บาท/กิโลกรัม และในปี 2557 มีราคาสูงสุดในเดือนมิถุนายน คือ 122 บาท/กิโลกรัม และมีราคาต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ โดยเท่ากับ 34 บาท/กิโลกรัม (ตลาดสี่มุมเมือง, 2556) ระหว่างปี 2555-2557 ผักชีมีมูลค่าการส่งออกรวมประมาณ 1.5 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557) ผักชีที่ปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ พันธุ์พื้นเมือง ซึ่งมีลักษณะใบบาง ต้นเล็ก เมล็ดเล็ก ออกดอกเร็ว อายุสั้น มีกลิ่นหอมมากจนฉุน และพันธุ์อาฟริกา ซึ่งมีลักษณะใบใหญ่หนา ต้นใหญ่ กลิ่นหอมเล็กน้อย (วสันต์ กฤษฎารักษ์, 2544) ทุกส่วนของผักชี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่ส่วนของ ใบ ก้าน และราก ผักชีนิยมบริโภคสด และใช้เป็นส่วนประกอบอาหารได้หลายชนิด ใช้กินแกล้มกับอาหารเพื่อช่วยให้รสดีขึ้น และแต่งสีอาหารให้น่ารับประทาน และยังช่วยทำให้อาหารมีกลิ่นหอม เป็นเครื่องเทศที่ใช้แพร่หลายในหลายประเทศ เช่น จีน ไทย และประเทศแถบยุโรป ช่วยรักษาอาการปวดท้อง และช่วยย่อยอาหาร (ฐานเกษตรกรรม,

2548) นอกจากนี้ผักชียังอุดมไปด้วย คุณค่าทางอาหารและองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ (Hongwiwat and Hongwiwat, 2009; Peter, 2004; Bureau of Nutrition, 2001; Junprayoun, 1998; Thanakom, 1975) ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Nutritional value of 100 grams fresh leaves of coriander

Composition	Value* (%)	Value** (%)	Value*** (%)	Value**** (%)	Value***** (%)
Protein	2.6	2.0	2.0	3.3	2.7
Fat	0.1	0.3	-	0.6	0.6
Carbohydrate	7.3	5.8	4.0	6.5	8.1
Mineral	-	-	-	1.7	-
Calcium	-	0.047	0.091	-	0.167
Phosphorus	0.080	0.033	-	-	0.122
Iron	0.0045	0.0073	-	-	0.0032
Sodium	-	-	0.045	-	-
Potassium	-	-	0.037	-	-
Vitamin A	-	-	-	-	6800 UI
Vitamin B1	0.00011	0.00005	-	-	0.00012
Vitamin B2	0.00015	0.00009	-	-	0.00032
Vitamin B3	0.0013	-	-	-	0.00016
Vitamin C	0.058	0.052	-	-	0.193
Fiber	-	1.1	3.0	-	1.1
Moisture	-	91.1	-	87.9	86.8
Energy	37 Kcal	34 Kcal	32 Kcal	-	40 Kcal

Source: * Junprayoun (1998)

** Bureau of Nutrition (2001)

*** Hongwiwat and Hongwiwat (2009)

**** Peter (2004)

***** Thanakom (1975)

2. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี

ประเทศไทยอยู่ในเขตอากาศร้อน ทำให้ผักชีเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสูญเสียของผลิตผลทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ดังนั้นเพื่อได้ผลิตผลที่มีคุณภาพดีถึงมือผู้บริโภค จึงต้องมีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวอย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

2.1 การเก็บเกี่ยว

ผักชีจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 30-45 วัน หลังจากการปลูก ก่อนถอนควรรดน้ำบนแปลงให้ดินชุ่มชื้นเสียก่อน เพื่อสะดวกในการถอน ควรเก็บเกี่ยวโดยการถอนด้วยมือ เพื่อที่จะได้ติดทั้งต้นและราก ผลผลิตผักชีที่ดีต้องมีใบสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่เป็นโรคใบลายและใบไหม้ มีรากยาวไม่ขาด (วสันต์ กฤษฎารักษ์, 2544)

2.2 การล้างทำความสะอาด

การทำความสะอาด เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากผักชีสามารถบริโภคได้ทุกส่วน ควรล้างผลิตผลก่อนนำส่งตลาด เพราะเป็นการกำจัดสิ่งต่าง ๆ เช่น ดิน ฝุ่น และเชื้อโรคที่ติดมากับผลิตผล โดยน้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่มาจากน้ำ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) การล้างทำความสะอาดทำได้ 3 วิธี ได้แก่ การแช่ การแกว่ง และการฉีดพ่นด้วยน้ำ (ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2533)

2.3 การตัดแต่ง

การตัดแต่งผักชีทำได้โดยเด็ดใบที่มีตำหนิ ได้แก่ ใบเหลืองและใบเสียทิ้ง เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพและลักษณะปรากฏที่ดี อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดเพิ่มขึ้นจากส่วนที่เน่าเสียที่มีอยู่เดิมก่อนขนส่ง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553; สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2542)

2.4 การคัดขนาดและคุณภาพ

การคัดขนาด การแบ่งเกรดและการคัดคุณภาพผักชีจะแบ่งตามข้อกำหนดของลูกค้า ดังนั้นจึงควรคัดคุณภาพก่อนการบรรจุหีบห่อ โดยแบ่งตามชั้นคุณภาพที่ได้ตกลงกันไว้ เพื่อให้สะดวกต่อการจัดส่งและการรับผลิตผล (สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช, 2554; สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2542)

การตรวจคุณภาพด้านความปลอดภัยของผักชีที่จะบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออก จะต้องตรวจคุณภาพด้านความปลอดภัยในเรื่องสารพิษตกค้าง และความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ โดยจะต้องตรวจปริมาณสารพิษตกค้างที่เกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งมีข้อกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบจะต้องไม่เกินค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum residue limit for pesticide; MRL) ที่กำหนดโดยคณะกรรมาธิการของโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission ซึ่งในประเทศไทยการออกใบรับรองผลการตรวจสินค้าเกษตรจะรับผิดชอบโดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หรือเป็นไปตามข้อกำหนดโดยประเทศคู่ค้า นอกจากนี้การส่งออกสินค้าเกษตรเข้าไปขายยังประเทศสิงคโปร์ ผู้ส่งออกจะต้องปฏิบัติตามกฎ/ระเบียบการนำเข้าของสิงคโปร์ภายใต้ The Food Regulations ซึ่งมีหน่วยงานที่ตรวจสอบ คือ Agri-Food Veterinary Authority (AVA) และ Food Control Department (FCD) (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ สิงคโปร์, 2551) ส่วนการนำเข้าสินค้าเกษตรไปยังประเทศมาเลเซียจะต้องผ่านการตรวจสอบของ Federal Agricaltural Marketing Authority (FAMA) ภายใต้กระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรม ของประเทศมาเลเซีย (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์, 2551) โดยกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ตรวจพบในผักชี แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งมีข้อกำหนดสอดคล้องกับมาตรฐานสินค้าเกษตร ในเรื่องปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ของประเทศไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) ส่วนข้อกำหนดความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ในสินค้าเกษตรที่จะส่งออกของประเทศไทยจะต้องตรวจและรับรองความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์โดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งกำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผักผลไม้สด จะต้องไม่เกิน 1×10^{6} CFU/กรัมตัวอย่าง ปริมาณ Coliforms น้อยกว่า 500 MPN/กรัมตัวอย่าง *Escherichia coli* น้อยกว่า 10 MPN/กรัมตัวอย่าง *Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 100 MPN/กรัมตัวอย่าง และต้องตรวจไม่พบ *Salmonella* ซึ่งข้อกำหนดนี้สอดคล้องกับข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารพร้อมบริโภค ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย (กรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2536) และสอดคล้องกับข้อกำหนดการนำเข้าสินค้าเกษตรของประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ สิงคโปร์, 2551; สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์, 2551)

Table 2 Maximum residue limit for pesticide in coriander

Pesticide	Maximum residue limit for pesticide; MRL (mg/kg)
2, 4-D	0.05
Carbemdazim / benomyl	3
Deltamethrin	0.5
Dithiocarbamates	10
Profenofos	0.05
Phosalone	0.5
Malathion	3

ที่มา: สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์ (2551); สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ สิงคโปร์ (2551); กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (2536)

2.5 การบรรจุ

ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุผักผลไม้ ขึ้นอยู่กับชนิดของผักผลไม้และการตลาด โดยทั่วไปการบรรจุผักชีนิยมใช้เข่งหรือตะกร้าแบบต่างๆ เนื่องจากสะดวก สามารถหาได้ง่าย และมีราคาถูก แต่จะมีข้อเสียคือทำให้ผักชีบอบช้ำและเน่าเสียได้ง่าย การบรรจุผักชีนั้นควรบรรจุให้เต็มพอดี ไม่แน่นเกินไปหรือน้อยเกินไป ภาชนะบรรจุต้องมีรูเล็กๆ เพื่อให้มีการระบายอากาศป้องกันไม่ให้มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อน ที่เกิดจากการหายใจของผลิตผล (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2542)

2.6 การขนย้าย

การขนย้ายผักสด ควรทำอย่างถูกต้องและเหมาะสม ต้องทำด้วยความระมัดระวังทุกขั้นตอน ตั้งแต่ขนย้ายจากแปลงปลูกจนกระทั่งส่งขายสู่ตลาด เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตผลไว้ให้ดีที่สุด และป้องกันการเกิดบาดแผล รอยช้ำ และรอยฉีกขาด เนื่องจากบาดแผล รอยช้ำและรอยฉีกขาด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมเสียและส่งผลให้เชื้อโรคสามารถเข้าทำลายผลิตผลได้ง่าย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) การขนย้ายและการเก็บรักษาควรทำในที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ห้องเย็น แต่เนื่องจากต้นทุนสูง จึงควรพิจารณาตามความเหมาะสมของผักแต่ละชนิด (สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช, 2553; สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2542)

3. การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวผักชี

นับตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงผู้บริโภค ผลิตผลพืชสวนเกิดความเสียหายหรือสูญเสียได้ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงเป็นส่วนของพืชที่มีชีวิต การหายใจและกิจกรรมทางชีวเคมียังคงดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง จึงมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอยู่ตลอดเวลา ผลิตผลซึ่งได้รับการเก็บเกี่ยวมาแล้วจะไม่มีการเพิ่มปริมาณหรือคุณภาพขึ้นได้อีกเลย เพราะผ่านขั้นตอนการผลิตมาแล้ว จะมีก็แต่การป้องกันและรักษาให้คุณภาพและปริมาณให้ใกล้เคียงของเดิมมากที่สุดเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การสูญเสียน้ำ การหายใจ การเปลี่ยนแปลงสี และการผลิตเอทิลีน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2556; จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

3.1 การสูญเสียน้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ในเนื้อเยื่อของผักและผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 80-90 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำที่ตรวจพบในผักชี (Peter, 2004; Bureau of Nutrition, 2001) ผลิตผลสดมีการคายน้ำตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหายใจ ดังนั้นการสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำหนัก และมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป ยิ่งสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น รูปร่างและความยืดหยุ่นของผลิตผลจะยิ่งลดลงจนอ่อนนิ่มและเหี่ยวแห้งไป โดยทั่วไปถ้าผลิตผลมีการสูญเสียน้ำเพียงร้อยละ 5 จะทำให้ผลิตผลเหี่ยว มีคุณภาพลดลง และมีรสชาติเปลี่ยนไป และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ดนัย บุญยเกียรติ, 2540)

3.2 การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่มีความสำคัญในสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนอาหารสะสมให้อยู่ในรูปพลังงานที่สามารถนำไปใช้สำหรับกิจกรรมต่างๆ ได้ เช่น การเจริญเติบโต สำหรับผลิตผลที่ถูกเก็บเกี่ยวมาแล้ว อาหารสะสมจะมีอยู่อย่างจำกัด ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ เมื่ออาหารในผลิตผลถูกใช้หมดไป ความมีชีวิตของผลิตผลนั้นก็จะจบสิ้นลง ดังนั้นอัตราการหายใจสามารถบอกถึงอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตผล ผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำ โดยทั่วไปผลิตผลประเภท Non-climacteric จะมีอัตราการหายใจสูงในขณะกำลังเจริญเติบโต ซึ่งเป็นช่วงที่มีการแบ่งเซลล์ หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะสุกแก่ แต่ในผลิตผลประเภท Climacteric จะมีอัตราการหายใจสูงขึ้นอย่างชัดเจนในขณะที่สุก ซึ่งอัตราการหายใจของผลิตผลจะมีทิศทางที่สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล นอกจากนี้ ปัจจัยภายนอกก็มีผลต่ออัตราการหายใจ

ของผลิตผล เช่น อุณหภูมิ เอทิลีน และองค์ประกอบของบรรยากาศ ดังนี้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549; ดนัย บุญยเกียรติ, 2540)

- อุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นจะกระตุ้นให้อัตราการเกิดเมทาบอลิซึมของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากอุณหภูมินี้มักอธิบายโดยใช้ค่า Q_{10} ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราของปฏิกิริยาหนึ่งที่อุณหภูมิหนึ่ง หารด้วยอัตราของปฏิกิริยานั้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าอยู่ 10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจจะเกิดเร็วขึ้น ประมาณ 2-2.5 เท่า ในช่วงของอุณหภูมิ 5-25 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิสูงกว่านั้น เช่นที่ 30-35 องศาเซลเซียส แม้ว่าอัตราการหายใจจะเพิ่มสูงขึ้นแต่จะเพิ่มไม่มากนักจึงมีค่า Q_{10} ต่ำลง (Wills *et al*., 1998; Kays, 1991)

- เอทิลีนสามารถกระตุ้นให้มีอัตราการเกิดเมทาบอลิซึมของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวสูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจสูงขึ้น นำไปสู่การเสื่อมสภาพของผลิตผลได้ (Yang and Hoffman, 1984)

- องค์ประกอบของบรรยากาศ การลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ว่าจะโดยการดัดแปลงบรรยากาศ (Modified atmosphere storage) การควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศ (Controlled atmosphere storage) หรือแม้แต่การจำกัดการไหลเวียนของอากาศภายในตู้สินค้าหรือในรถขนส่งสินค้าก็ตาม สามารถชะลอหรือกระตุ้นการหายใจและการเสื่อมสภาพของผลิตผลได้ (Kader, 1995)

3.3 การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีเป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผักผลไม้ ซึ่งสารสีต่างๆ ที่สำคัญในผักผลไม้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) สารสีเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ผลิตผลมีสีเปลี่ยนแปลงไป ผักใบเขียวทุกชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองภายหลังเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จากสารที่มีสีเขียวไปเป็นไม่มีสี ทำให้สีเหลืองของแคโรทีนอยด์ที่เคยถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ปรากฏออกมาให้เห็น (สมโภชน์ น้อยจินดา, 2540)

3.3.1 คลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบอยู่ในคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) โดยพบมากที่ใบ นอกจากนี้ยังพบได้ที่ลำต้น ดอก ผล และรากที่มีสีเขียว คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสง และนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมีโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต คลอโรฟิลล์อยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า เยื่อหุ้มไทลาคอยล์ (Thylakoid membrane) ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มที่อยู่ภายในคลอโรพลาสต์ สามารถละลายได้ดีในอะซิโตนและแอลกอฮอล์ (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) โครงสร้างของคลอโรฟิลล์อาจแบ่งได้เป็นสองส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนวงแหวน (Tetrapyrrole) และส่วนหาง (Phytol) โดยที่ส่วนวงแหวนของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นวงแหวนไพรอล (Pyrole ring) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 วง และมีธาตุแมกนีเซียม (Mg^{2+}) อยู่ตรงกลางโดยเกิดพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) กับไนโตรเจน ส่วนหางของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 20 อะตอม คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีที่ช่วงคลื่นของแสงสีฟ้าและสีแดง แต่ดูดกลืนช่วงแสงสีเหลืองและเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสงจะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ดูดกลืนจึงสะท้อนออกมา ทำให้เห็นคลอโรฟิลล์มีสีเขียว ในธรรมชาติมีคลอโรฟิลล์อยู่หลายชนิดด้วยกัน โครงสร้างหลักของคลอโรฟิลล์ที่เหมือนกัน คือ วงแหวนไพรอล 4 วง แต่โซ่ข้าง (Side chain) ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีลักษณะที่ต่างกันออกไป เช่น คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b) มีโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกันเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น นั่นคือโซ่ข้างของวงแหวนไพรอลวงที่สอง โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่เมททิล ($-CH_3$) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) การมีโครงสร้างที่ต่างกันนี้ทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างกัน รวมทั้งคุณสมบัติการดูดกลืนแสงและมีเฉดสีต่างกันเล็กน้อย โดยที่คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน (Kaewsuksang, 2011) (ภาพที่ 1)

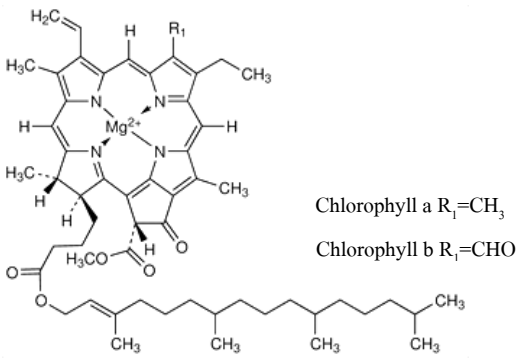


Figure 1 Chlorophyll structures

Source: Clydesdale และ Francis (1976)

การเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์มี 2 แบบ คือ

1. การสูญเสียแมกนีเซียม ไฟทอล และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยเฉพาะโซ่ข้าง ของวงแหวนไอโซไซคลิก (Isocyclic ring) ของคลอโรฟิลล์ โดยเอนไซม์ต่างๆ (Takamiya *et al*., 2000; Matile *et al.,* 1996) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 Chlorophyllase เป็นเอนไซม์ซึ่งอยู่ใน Thylakoid membrane เอนไซม์นี้จะ Hydrolyse ตรงตำแหน่ง 7-propionic acid ของวงแหวนไอโซไซคลิกกับหมู่ไฟทอลของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ทำให้ส่วนไฟทอลหลุดออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ได้เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ชื่อคลอโรฟิลล์ไลด์ (Chlorophyllide) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของผักใบเขียวหลังการเก็บเกี่ยวจะมีผลมาจากเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (Chlorophyllase) ทำให้ผักเปลี่ยนเป็นสีเขียวสว่าง (Amir-Shapira *et al*., 1987; Shimokawa *et al*., 1987)

1.2 Mg-dechelatase เป็นเอนไซม์ที่ย้ายอะตอมของ Mg^{2+} จากคลอโรฟิลล์ไลด์ แล้วแทนที่ด้วย $2H^{+}$ ทำให้ได้ ฟีโอฟอร์ไบด์ (Pheophorbide) ซึ่งการเกิดอนุพันธ์ของฟีโอฟอร์ไบด์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลในผักใบเขียวระหว่างการเก็บรักษา ถือเป็นตำหนิของผัก และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาด้วยเช่นกัน (Kaewsuksaeng *et al*., 2007; Langmeier *et al*., 1993) การตรวจพบเอนไซม์ Mg-dechelatase จะพบตั้งแต่ในช่วงก่อนที่ใบจะเริ่มเข้าสู่ระยะของการเสื่อมสภาพ แต่เอนไซม์ที่ตรวจพบนี้ยังอยู่สภาวะที่ไม่พร้อมทำงาน ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลกระตุ้นให้เอนไซม์ Mg-dechelatase ทำงาน คือ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ เมื่อเซลล์เหี่ยว (Langmeier *et al*., 1993)

1.3 Pheophytinase เป็นเอนไซม์ที่ดึงทั้งหมู่ไฟทอล และอะตอมของ Mg^{2+} จากคลอโรฟิลล์ ได้เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ชื่อ ฟีโอฟอร์ไบด์ ซึ่งมีสีน้ำตาลเช่นเดียวกันกับเอนไซม์ Mg-dechelatase (Schelbert *et al*., 2009)

1.4 Pheophorbide oxygenase เป็นเอนไซม์ที่มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้น คือ ฟีโอฟอร์ไบด์ โดยทำให้เกิดรอยแยกของวงแหวนฟอร์ไฟริน (Porphyrin ring) ของฟีโอฟอร์ไบด์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้เปิดวงแหวนฟอร์ไฟรินของฟีโอฟอร์ไบด์ออก ได้สารที่สูญเสียคุณสมบัติของสีเขียวไป แต่ยังคงสามารถเรืองแสงได้ เรียกสารนี้ว่า Fluorescent chlorophyll catabolite (Ginsburg and Matile, 1993) ขั้นตอนนี้เป็นระยะที่ใบพืชซึ่งเข้าสู่ระยะของการเสื่อมสภาพเริ่มปรากกฏอาการใบเหลืองให้เห็น (Matile *et al*., 1996) และสามารถตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์นี้เฉพาะในใบที่อยู่ใน ระยะของการเสื่อมสภาพเท่านั้น และสุดท้ายได้เป็นสารไม่เรืองแสง (Non-fluorescent chlorophyll catabolite) (Hortensteiner, 2006)

1.5 Chlorophyll degrading peroxidase เป็นเอนไซม์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของคลอโรฟิลล์ ทำงานร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบฟีนอลิกในการเปิดวงของวงแหวนฟอร์ไฟรินของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ทำให้ได้สารประกอบไม่มีสี ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก (Colorless low molecular weight compounds) (Hortensteiner, 2006)

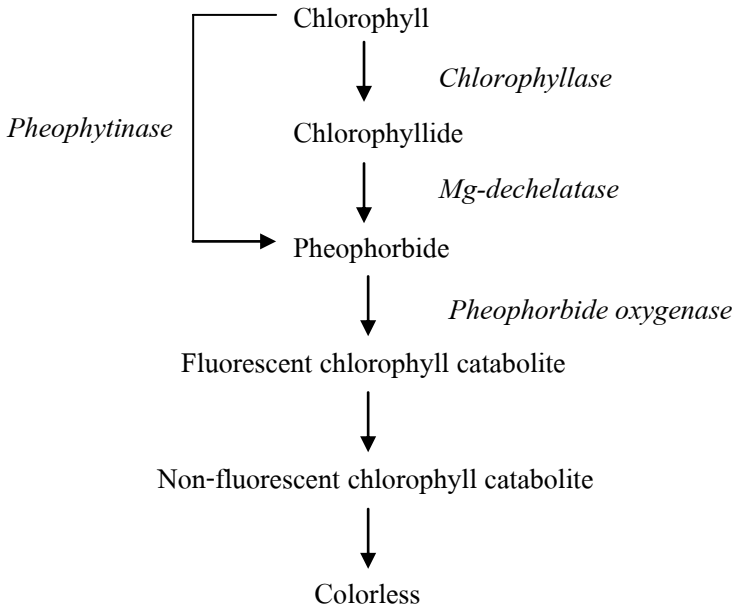


Figure 2 Pathway of chlorophyll degradation

Sourse: Adapted from Aiamla-or *et al* (2012)

2. ปฏิกิริยาการฟอกสี (Bleaching) โดยมีแสงและออกซิเจนเข้ามาเกี่ยวข้องกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ อาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ เอทิลีน การเปลี่ยนแปลงพีเอชที่เกิดจากการรั่วไหลของกรดอินทรีย์จากแวคิวโอล การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรืออาจเกิดจากเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส โดยการสลายตัวของคลอโรฟิลล์อาจเกิดจากปัจจัยเดียว หรือเกิดจากหลายๆ ปัจจัยร่วมกัน (Funamoto *et al.,* 2003)

3.3.2 แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว มีคาร์บอน 40 อะตอม เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในไขมัน และตัวทำละลาย เช่น อะซิโตน แอลกอฮอล์ หรือไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น แคโรทีนอยด์โดยทั่วไปจะมีสีเหลือง ส้ม และอาจมีสีแดงในพืชบางชนิด ได้แก่ แคโรทีน แซนโทฟิลล์ และไลโคปีน เป็นต้น แคโรทีนจัดว่าเป็นโปรวิตามิน เอ ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นวิตามิน เอได้ ในร่างกายของคนและสัตว์ ส่วนไลโคปีนและแซนโทฟิลล์นั้นไม่มีคุณสมบัติดังกล่าว (Gross, 1987) ในผักผลไม้มักจะมีแคโรทีนและแซนโทฟิลล์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย แต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ เมื่อผักผลไม้เข้าสู่ระยะชราภาพ คลอโรฟิลล์สลายตัวไป สีของแคโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ มีขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 3 โดยมีสารตั้งต้น คือ Acetyl CoA 3 โมเลกุล อยู่ในรูปของ Mevalonic acid หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยา Decarboxylate และ Dehydrate ได้ Isopentenyl pyrophosphate (IPP) และไอโซเมอร์ คือ Dimethyl pyrophosphate ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม ต่อจากนั้นจะเกิดการจับกันระหว่างไอโซเมอร์ได้สารโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น คือ Geranyl pyrophosphate ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 10 อะตอม และ Isopentenyl pyrophosphate สุดท้ายจะได้ Geranyl geranyl pyrophosphate (GGPP, C_{20}) หลังจากนั้นจะเกิดการจับกันของ GGPP 2 โมเลกุล ได้ Phytoene (C_{40}) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นไลโคปีน และแคโรทีนอยด์ ชนิดอื่นๆ ต่อไป (Gross, 1987)

3.4 การผลิตเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย จัดเป็นสารอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน มีสูตรทางเคมีคือ CH_2=CH_2 สามารถแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้ง่าย ทำให้มีอิทธิพลค่อนข้างมากต่อการพัฒนาของพืช โดยทั่วไปเอทิลีนจะไปเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของพืชหรือส่วนของพืช เนื่องจากเอทิลีนสามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อทุกชนิดให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นได้ ในใบพืชเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้เกิดการหลุดร่วงของใบ และกระตุ้นให้เกิดการสุกได้เร็วขึ้น อัตราการผลิตเอทิลีนในผลิตผลแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิ องค์ประกอบของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และสภาวะความเครียดของผลิตผล เป็นต้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549; ดนัย บุณยเกียรติ, 2540; Yang and Hoffman, 1984)

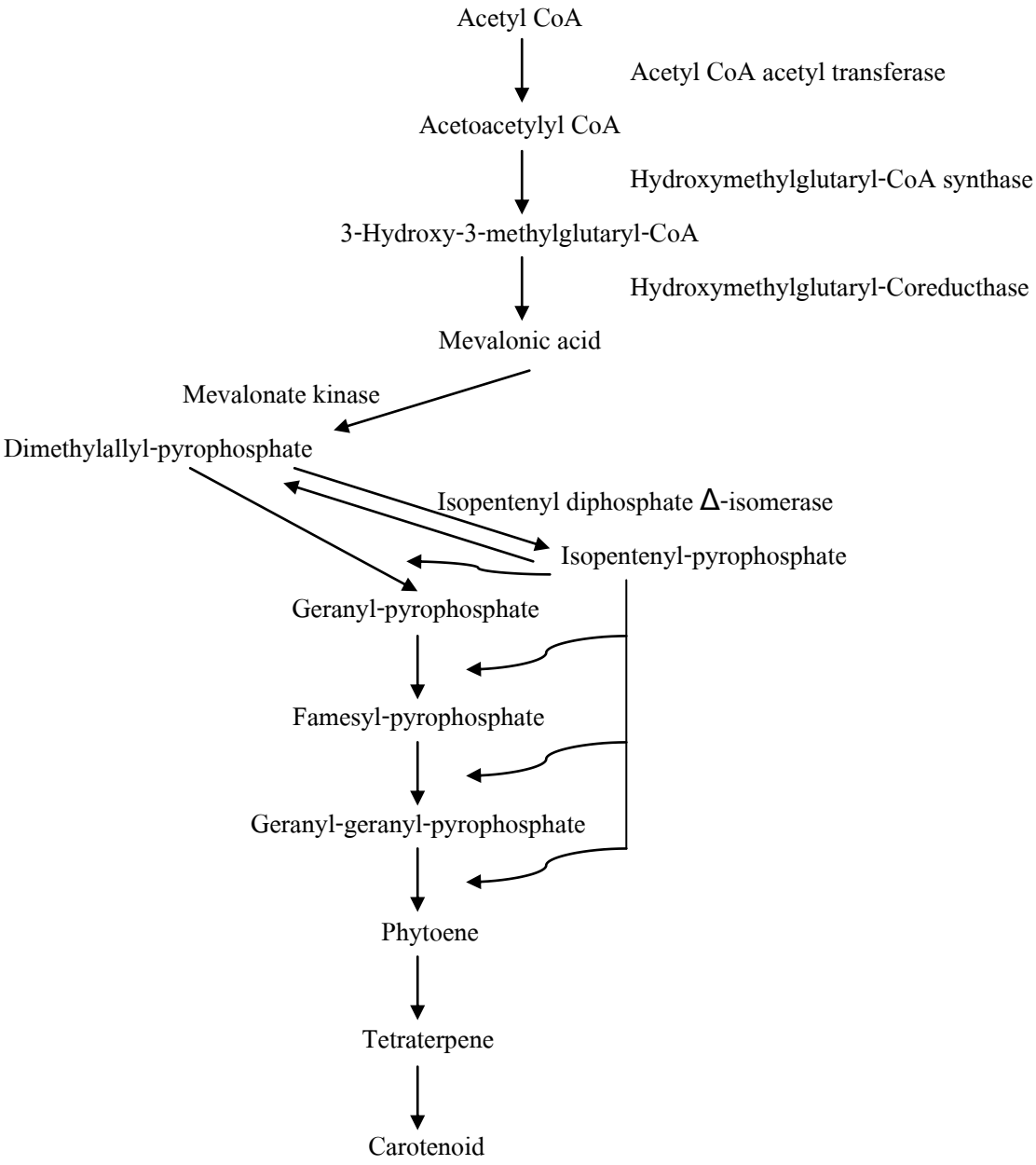


Figure 3 Carotenoid synthesis

Source: Seymour *et al.* (1993)

3.4.1 กลไกการทำงานของเอทิลีน

เอทิลีนจะทำงานโดยผ่านตัวรับ (Receptor) โดยเอทิลีนจะเข้าไปจับกับโมเลกุลของตัวรับ จากนั้นโมเลกุลดังกล่าวจะส่งสัญญาณทางเคมี (Chemical signal) ไปยังส่วนต่างๆ ของพืช (Reid, 2002) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางสรีรวิทยา จากนั้นโมเลกุลของเอทิลีนจะเคลื่อนที่ออกจากตัวรับ ดังแสดงในภาพที่ 4 (Blankenship, 2001) การตอบสนองต่อปริมาณเอทิลีน (Dose response) ของเนื้อเยื่อพืชส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน คือ ระดับความเข้มข้นที่เริ่มจะแสดงผล (Threshold) อยู่ที่ประมาณ 0.01 ppm ระดับที่ให้ผลประมาณครึ่งหนึ่งของอิทธิพลสูงสุดประมาณ 0.1 ppm และระดับที่มีอิทธิพลสูงสุดประมาณ 10 ppm ซึ่งการตอบสนองต่อปริมาณเอทิลีนจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตผล และระยะการเจริญเติบโต (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

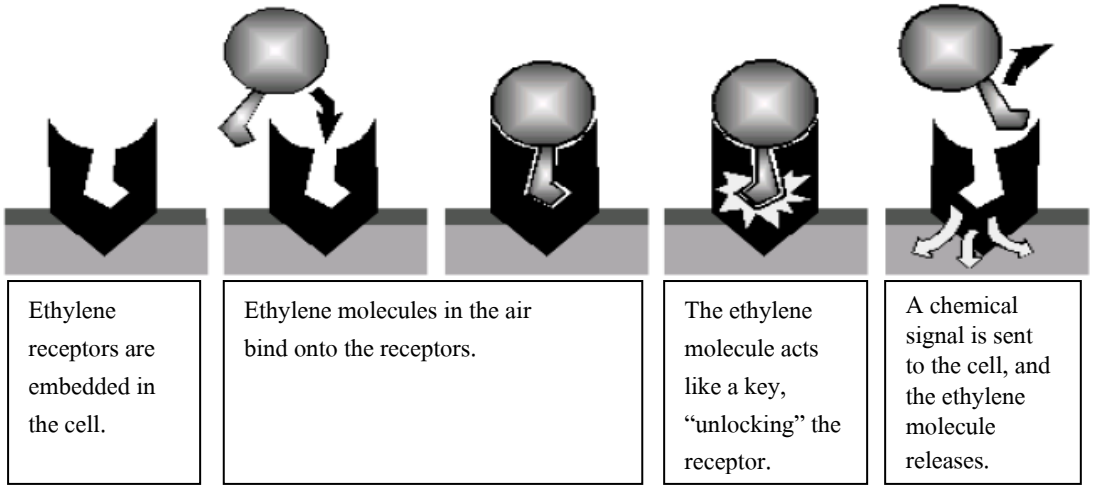


Figure 4 Mechanism of ethylene

Source: Blankenship (2001)

3.4.2 การสังเคราะห์เอทิลีน

การสังเคราะห์เอทิลีนเริ่มต้นจากกรดอะมิโนเมไทโอนีน (Methionine) เปลี่ยนเป็นสาร S-adenosyl methionine (SAM) ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน โดยใช้พลังงาน ATP และมีเอนไซม์เมไทโอนีนอะดีโนซิลทรานสเฟอเรส (Methionineadenosyl transferase) เป็นตัวทำปฏิกิริยา ขั้นตอนที่สองสาร SAM เปลี่ยนไปเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยมีเอนไซม์ ACC synthase เป็นตัวทำปฏิกิริยา ในขั้นตอนสุดท้ายสาร ACC เปลี่ยนไปเป็นเอทิลีน โดยมีเอนไซม์ ACC oxidase เป็นตัวทำปฏิกิริยา (ภาพที่ 5) (Yang and Hoffman, 1984)

ACC oxidase เป็นเอนไซม์สำคัญที่ทำหน้าที่เปลี่ยน ACC ไปเป็นเอทิลีน ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายของการสังเคราะห์เอทิลีน ACC จะรวมตัวกับเอนไซม์ ACC oxidase ซึ่งในปฏิกิริยาการรวมกันจำเป็นจะต้องใช้ออกซิเจน และมี Bicarbonate และ Ascorbate ทำหน้าที่เป็น Co-factor และมีการรับอิเล็กตรอน (H^+) จาก Ascorbate หรือโมเลกุลของ ACC ทำให้เปลี่ยนไปเป็นเอทิลีน (Zhang *et al.,* 2004)

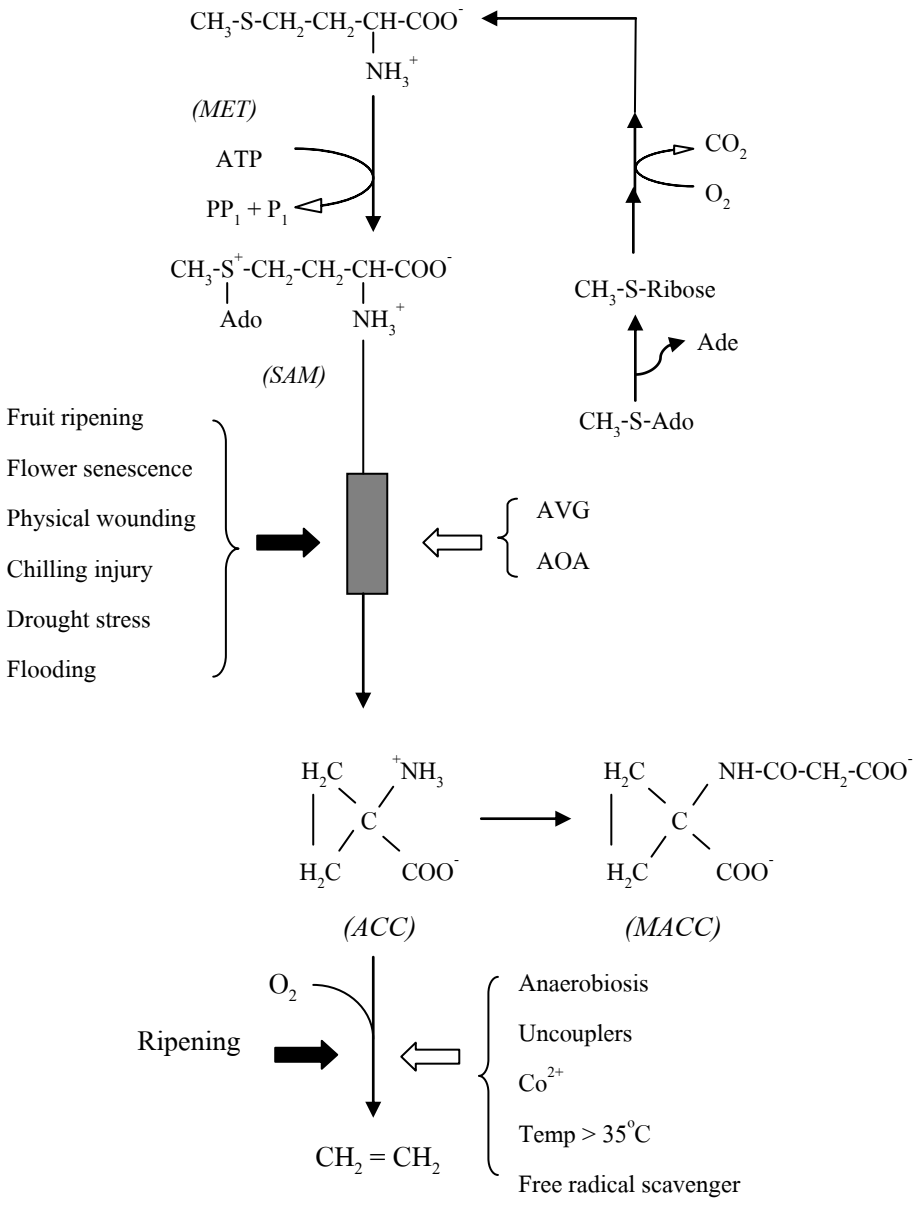


Figure 5 Ethylene synthesis

Source: Yang and Hoffman (1984)

3.4.3 การยับยั้งเอทิลีน

การยับยั้งเอทิลีนมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม และการใช้สารเคมีในการยับยั้งเอทิลีน เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.3.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้กระบวนการเมทาบอลิซึมของผลิตผลเกิดช้าลง ทำให้อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนลดลง การสังเคราะห์เอทธิลีนของผลิตผลสดจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 0-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่า 35 องศาเซลเซียส จะทำให้การสังเคราะห์หรือความสามารถในการทำงานของเอทิลีนหยุดชะงักหรือช้าลง (Yang และHoffman, 1984)

3.4.3.2 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม โดยเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง และมีก๊าซออกซิเจนต่ำ สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีโมเลกุลที่คล้ายคลึงกับเอทิลีน ทำให้สามารถแย่งกับตัวรับของเอทิลีน ทำให้เอทิลีนทำงานได้น้อยลง และระดับของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำในบรรยากาศจะทำให้ลดการสังเคราะห์และความสามารถในการทำงานของเอทิลีนได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าในบรรยากาศมีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากว่าร้อยละ 21 จะกระตุ้นให้การสังเคราะห์และการทำงานของเอทิลีนเพิ่มขึ้น (Kader, 1995)

3.4.3.3 การใช้สารเคมีในการยับยั้งเอทิลีน ปัจจุบันได้มีการแบ่งสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งเอทลีนออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ สารยับยั้งในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน และสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (Yang และ Hoffman, 1984) ดังนี้

1. สารยับยั้งในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน จะเป็นการยับยั้งเอทิลีนจากภายในผลิตผล โดยสามารถยับยั้งได้ตั้งแต่กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน ได้แก่ Amino-ethoxyvinylglycine (AVG) และ Aminooxyacetic acid (AOA) ซึ่งสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลีนในลำดับของ ACC synthase สารทั้ง 2 ชนิดนี้ จะไปยับยั้งเอนไซม์ที่เป็นตัวประกอบร่วมของ Pyridoxal phosphate ซึ่ง ACC synthase ทำงานร่วมกับเอนไซม์ Pyridoxal phosophate นอกจากนี้ธาตุโคบอลท์ สามารถไปยับยั้งการเปลี่ยน ACC เป็นเอทิลีน ทำให้สามารถยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีนได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549; ดนัย บุญยเกียรติ, 2540; Yang and Hoffman, 1984)

2. สารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน จะเป็นการยับยั้งเอทิลีนที่มีอยู่ภายนอกผลิตผล การใช้สารเคมีในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนมีคุณสมบัติดีกว่าสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน เนื่องจากพืชมีการตอบสนองเอทิลีนได้ทั้งจากภายในและภายนอก (Abeles *et al*., 1992) ดังนั้นการยับยั้งเอทิลีนในกระบวนการสังเคราะห์จึงมีข้อจำจัด

เนื่องจากผลิตผลอาจรับเอทิลีนมาจากภายนอก (Feng *et al*., 2000) การยับยั้งการทำงานของเอทิลีนจึงมีความเหมาะสมและมีคุณสมบัติดีกว่าเมื่อนำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งสามารถป้องกันและต่อต้านเอทิลีนได้ โดยสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน มีดังนี้ (Serek *et al*., 1994)

- Silver thiosulfate (STS) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่มีประสิทธิภาพดี แต่มีข้อจำกัดในการใช้ คือ ทำให้เกิดของเสียที่กำจัดยากและเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

- สารประกอบ 2,5-nonbornadiene เป็นสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่มีประสิทธิภาพดี แต่มีข้อจำกัดในการใช้ คือ มีกลิ่นฉุนรุนแรง มีฤทธิ์ในการกัดร่อน ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร

- Diaro derivative (DACP) สามารถจับกับตัวรับของเอทิลีนได้ แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนต่ำ และมีข้อจำกัดในการใช้ คือ ถ้าใช้ในปริมาณมากอาจเกิดการระเบิดได้

การใช้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนดังกล่าวอาจไม่เหมาะต่อการนำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตร จึงได้มีความพยายามที่จะหาสารใหม่มาทดแทน โดยใช้สารดูดซับเอทิลีน (Ethylene absorber, EA) ซึ่งสารดูดซับเอทิลีนที่รู้จักกันดี คือ ด่างทับทิม (Potassium permanganate, $KMnO_4$ ได้ถูกนำมาใช้ดูดซับก๊าซเอทิลีน เพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากการสะสมเอทิลีน ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืช การใช้สารดูดซับเอทิลีนร่วมกับการใช้ถุงพลาสติกสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Frederick *et al*., 1992) โดย $KMnO_4$ จะทำปฏิกิริยากับเอทิลีนได้เป็นสารใหม่ 2 ชนิด คือ แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese dioxide, MnO_2) และเอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol, $C_2H_6O_2$) ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นเอทิลีนได้อีก จึงสามารถยืดอายุการเก็บเก็บรักษาผลิตผลได้ ดังแสดงในสมการ (Ki-Yeong, 1998)

$$2KMnO_4 + 3C_2H_4 \longrightarrow 2MnO_2 + 2C_2H_6O_2 + K_2O + 2CO_2$$

4. ภาชนะบรรจุ

การบรรจุนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้ผลิตผลรวมเป็นหน่วยเดียวกันเพื่อความสะดวกในการขนย้ายและการเก็บรักษา ข้อสำคัญคือช่วยคุ้มครองผลิตผลให้อยู่ในสภาพดี ลดการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของการจัดการและมีส่วนช่วยในการจำหน่าย เนื่องจากให้เกิดความสวยงาม ดึงดูดใจของผู้บริโภค นอกจากนั้นยังให้รายละเอียดต่างๆ ของตัวผลิตผล เช่น สามารถระบุชนิด พันธุ์ ขนาด ชั้นคุณภาพ (เกรด) แหล่งผลิต ปริมาตรบรรจุ อุณหภูมิที่ต้องเก็บรักษา ตลอดจนแสดงเครื่องหมายการค้า และที่อยู่ของผู้บรรจุหรือผู้ผลิตได้ด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

การเลือกใช้ภาชนะบรรจุจะขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการจำหน่าย เช่น ใช้เข่งหากต้องการประหยัดและระยะทางในการขนส่งไม่ไกล ในการจำหน่ายปริมาณมากๆ และระยะทางในการขนส่งไกล อาจเลือกใช้ตะกร้าพลาสติกเพื่อเสริมความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานนาน ผลิตผลที่ต้องการบรรจุเพื่อจำหน่ายปลีกอาจเลือกใช้ฟิล์มหด (Shrink wrap) หรือถุงพลาสติก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกในกลุ่มโพลิเอทิลีน (Polyethylene; PE) ทำหน้าที่หลักคือ ชะลอการสูญเสียน้ำจากการหายใจและการคายน้ำ โดยอาจเจาะรูฟิล์มพลาสติกเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศและลดการสะสมของความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการหายใจ การใช้ฟิล์มพลาสติกหุ้มรอบถาดพลาสติก (Over-wrap tray) ฟิล์มที่นิยมใช้ ได้แก่ โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly vinylchloride; PVC) โพลิไวนิลอิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidinechloride; PVDC) ถาดที่ใช้ทำด้วยโพลิสไตรีน (Polystyrene; PS) หรือโพลิเอทิลีนเทียร์พะทาเลต (Polyethylene terepthalate; PET) ควรเจาะรูที่ฟิล์มเพื่อควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซให้มีปริมาณเหมาะสมกับผลิตผลแต่ละชนิด (ศูนย์ศึกษาแนวพระราชดำริและฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2542) ซึ่งคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

- โพลิเอทิลีน (Polyethylene; PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ ผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรเซชั่นของก๊าซเอทิลีน ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (Metal catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแตกต่างกัน การบรรจุผักและผลไม้สด ในถุง PE เป็นที่นิยมเนื่องจากยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคาย

ออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย ในบางกรณีจำเป็นต้องเจาะรูที่ถุงเพื่อช่วยระบายไอน้ำที่พืชคายออกมา PE แบ่งเป็น 3 ประเภท ตามค่าความหนาแน่น คือ

1. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นพลาสติกที่ใช้มากและมีชื่อสามัญเรียกว่า ถุงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิล์มหดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เป็นต้น เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดผนึกได้ดี ทนต่อกรดและด่าง โครงสร้างของ PE จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร แต่จุดอ่อนของ LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย นอกจากนี้ LDPE ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ขนมขบเคี้ยว และอาหารทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดา จะเกิดการหืนได้ง่าย

2. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene หรือ MDPE) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.926-0.940 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร มีอัตราการซึ่มผ่านก๊าซอยู่ระหว่างพลาสติกโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและพลาสติกโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง

3. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.941-0.965 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปพบว่าพลาสติก PE ที่จะใช้เป็น HDPE ประมาณ 1 ใน 5 ส่วน และส่วนใหญ่จะเป่าเป็นถุง เนื่องจากความหนาแน่นที่สูง ทำให้ HDPE มีความเหนียวและทนต่อการซึมผ่านได้ดีกว่า PE ชนิดอื่นๆ แต่ยังไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีนัก ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 การใช้ HDPE มาแทนที่ LDPE น้ำหนักของถุงสามารถลดลงได้มากกว่าร้อยละ 40 เนื่องจากสามารถเป่าถุงที่มีผิวบางกว่าได้

- โพลิโพรพิลีน (Polypropylene; PP)

PP มักจะรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่งของ PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตาม การป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดี เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟิล์มประเภท OPP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกันจะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย คุณสมบัติเด่นของ PP คือ มีจุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (Hot-fill)

Table 3 Water vapour transmission and gas permeability of plastic films

Films	Water vapour transmission ($g/m^2.day$)	Gas permeability ($cm^3/m^2.day$)		
		Oxygen	Nitrogen	Carbon dioxide
Low Density Polyethylene (LDPE)	16-24	7,100-7,800	2,800	42,000
High Density Polyethylene (HDPE)	7-10	2,100-2,900	650	7,600
Polypropylene (PP)	6-12	2,000-3,000	400-680	8,000-10,000
Polyvinyl Chloride (PVC)	15-40	500-30,000	300-10,000	1,500-46,000
Polystyrene (PS)	100-125	100-125	800	18,000

Source: Kongcharenekert and Kongcharenekert (2001)

บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ

บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ (Active packaging) เป็นวิธีการบรรจุผลิตผลแบบแอกทีฟ โดยที่บรรจุภัณฑ์ ผลิตผล และสภาวะแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัย หรือปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตผล พร้อมกับถนอมรักษาคุณภาพของผลิตผล วิธีการบรรจุแบบแอกทีฟที่ใช้กันมาก ได้แก่ การใช้วัสดุดูดกลืน (Absorber) หรือดูดซับ (Adsorption) และการใช้วัสดุปล่อยสาร (Emitter) การบรรจุแบบแอกทีฟยังรวมถึงการบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

การบรรจุภายใต้บรรยากาศของก๊าซ หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซ ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด และอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ นั้นจะแตกต่างไปจากอัตราส่วนที่พบในบรรยากาศปกติ โดยสามารถจำแนกกระบวนการบรรจุนี้ออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้ (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550)

1. การเก็บรักษาในบรรยากาศที่ได้รับการควบคุม (Controlled Atmosphere Packaging, CAP) หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้จะคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตผล (Kader, 1995)

2. การเก็บรักษาในบรรยากาศที่ได้รับดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging, MAP) เป็นการปรับส่วนประกอบของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปกติในบรรยากาศมีออกซิเจนร้อยละ 21 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 ในสภาพดังกล่าวจะมีออกซิเจนอย่างเหลือมากพอในการหายใจ การลดปริมาณออกซิเจนลงจะทำให้การหายใจของผักผลไม้รวมทั้งจุลินทรีย์ลดลง และการเพิ่มของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลให้การหายใจของผลิตผลลดลง

การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลที่บรรจุ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่มวัสดุบรรจุที่ใช้ และสภาวะการเก็บผลิตผลนั้นๆ (สมโภชน์ โกมลมณี, 2555) ซึ่งในการปฏิบัติให้เกิดบรรยากาศที่ได้รับการดัดแปลงส่วนประกอบอาจกระทำได้โดยการปรับปริมาณส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนและที่เหลือเป็นไนโตรเจนเข้าไปในภาชนะบรรจุ วิธีการนี้จะก่อให้เกิดสภาพของบรรยากาศที่ได้รับการดัดแปลงส่วนประกอบอย่างรวดเร็ว เรียกวิธีการนี้ว่า Active modified atmosphere ในขณะที่วิธีการที่ปล่อยให้ผลิตผลสร้างคาร์บอนไดออกไซด์และใช้ออกซิเจนในภาชนะบรรจุโดยลำพังของผลิตผลเองแล้ว เรียกวิธีนี้ว่า Passive modified atmosphere (สมโภชน์ โกมลมณี, 2555; งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550; Kader, 1995) ทั้งวิธีการการเก็บรักษาในบรรยากาศที่ได้รับการควบคุม และการเก็บรักษาในบรรยากาศที่ได้รับดัดแปลง จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ออกไป อย่างไรก็ตามการตอบสนองต่อปริมาณของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน หากปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปกว่าผักและผลไม้ทนทานได้ จะเกิดการได้รับความเสียหายที่เรียกว่า Carbon-dioxide injury ผลิตผลจะเกิดลักษณะมีรสเปรี้ยว มีความอ่อนตัว มีสีผิวและกลิ่นที่เปลี่ยนไป ในผลไม้บางประเภทมีการสุกที่ผิดปกติ ดังนั้น จึงควรระวังมิให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไป ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยวางปูนขาวที่ชื้นไว้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ หรืออาจมีการเจาะรูเล็กๆ ขนาด 1-3 ไมครอน เพื่อเป็นการระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกบ้าง อย่างไรก็ตามรูที่เจาะไม่ควรมากเกินไป อาจทำให้ระบบของบรรยากาศที่ได้รับการควบคุมมีออกซิเจนในปริมาณสูงและมีคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่ต่ำ ไม่ใช่ระบบบรรยากาศที่ได้รับการดัดแปลงส่วนประกอบ และอีกทั้งระบบอาจสูญเสียความชื้นด้วย (สมโภชน์ โกมลมณี, 2555; Kader, 1995)

3. การบรรจุผลิตผลภายใต้สภาพบรรยากาศของก๊าซชนิดเดียว (Gas-flush packaging) หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศของก๊าซหนึ่งๆ เช่น ก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ หรือก๊าซไนโตรเจน โดยการฉีดก๊าซนั้นๆ เข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะ วิธีนี้นิยมใช้สำหรับไล่ก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ผลิตผล

4. การบรรจุภายใต้สุญญากาศ (Vacuum packaging) หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยการดึงเอาอากาศภายในบรรจุภัณฑ์และหรือภายในผลิตผลออกไป และไม่มีการฉีดก๊าซใดๆ เข้าไปแทนที่ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายใน และภายนอกภาชนะ สังเกตุได้จากการหดรัดตัวของบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (Flexible form) หรือการยุบตัวของบรรจุภัณฑ์

5. ปัจจัยที่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผักชีระหว่างการเก็บรักษา

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักชีระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดภาชนะบรรจุ เอทิลีน และองค์ประกอบของบรรยากาศ เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการหายใจของผลิตผล อุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น ถ้าปล่อยให้อุณหภูมิของผลิตผลสูงขึ้น อัตราการหายใจก็สูงขึ้นด้วย และเมื่ออัตราการหายใจสูง ความร้อนจะสูงขึ้นอีกเช่นนี้ไป เรื่อยๆ ดังนั้น การรักษาอุณหภูมิของผลิตผลให้อยู่ในระดับต่ำ ทำให้กระบวนการหายใจลดลง เป็นการช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลได้ ทางอีกหนึ่ง ในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิต่ำก็อาจเกิดอันตรายต่อผลิตผลได้ เช่น การเกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) การเก็บรักษาในห้องเย็น (Refrigerated storage) เป็นการเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยลดกระบวนการเมตาโบลิซึมของผลิตผลลง อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาไม่ควรจะต่ำเกินไป เพราะจะเกิดการสะท้านหนาวแก่ผลิตผลได้ การป้องกันการสะท้านหนาวที่ดี คือ พยายามอย่าให้ผักและผลไม้อยู่ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ผลิตผลนั้นจะทนได้ หากไม่มีทางเลือกเนื่องจากมีข้อจำกัด ควรนำผลิตผลที่อยู่ในห้องเย็นช่วงเวลาสั้นๆ นั้นออกมาวางที่อุณหภูมิห้องสลับกับการได้รับความเย็น เรียกวิธีการนี้ว่าการใช้อุณหภูมิสลับ (Intermittent warming) หรือบรรจุผลิตผลนั้นไว้ในสภาพบรรยากาศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนก๊าซ (สมโภชน์ โกมลมณี, 2555)

Loaiza และ Centwell (1997) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาผักชีต่อการเกิดปริมาณใบเน่า โดยนำผักชีมาล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ที่พีเอช 7 จากนั้นคัดเลือกส่วนที่เสื่อมเสียออก แล้วนำไปสะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นชั่งผักชีน้ำหนัก 60 กรัม บรรจุถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและปิดปากถุงให้สนิท เก็บรักษานาน 6 วัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 0, 5, 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณใบเน่า เท่ากับร้อยละ 0.1, 0.4, 1.7 และ 4.0 ตามลำดับ โดยพบว่าผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะมีปริมาณใบเน่ามากกว่าผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ($p<0.05$)

Hassan และ Mahfouz (2012) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผักชี โดยคัดเลือกผักชีที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยไม่ต้องตัดราก มาล้างทำความสะอาด แล้วเป่าให้แห้ง จากนั้นนำมาบรรจุในถาดพลาสติกโพลิโพรพิลีน ขนาด 24×12×12 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 8 วัน ส่วนผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 5 วัน โดยอายุการเก็บรักษาผักชีจะพิจารณาจากปริมาณใบเหลืองที่เกิดขึ้น ซึ่งพบว่า เมื่อผักชีมีปริมาณใบเหลืองมากกว่าร้อยละ 50 จะถือว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา การเกิดใบเหลืองของผักชีเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาผักชีมีค่าลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเริ่มต้น เท่ากับ 1.28 และ 1.19 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 8 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 0.99 และ 0.81 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ผักชีจะเสื่อมเสียได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น ซึ่งอุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่อกระบวนการหายใจและการคายน้ำเพื่อระบายความร้อน ส่งผลให้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (สมโภชน์ โกมลมณี, 2555) โดยวันที่ 8 ของผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 18 ส่วนวันที่ 5 ของการเก็บผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 31.66 และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดการผลิตเอทิลีนให้มากขึ้น โดยในวันแรกของการเก็บรักษาผักชีในทุกอุณหภูมิมีการผลิตเอทิลีน เท่ากับ 2.10 nl/g.h FW หลังจากนั้นการผลิตเอทิลีนของผักชีในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) จนกระทั่งวันที่ 5 ของการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีน เท่ากับ 5.90 nl/g.h FW และหลังจากนั้นการผลิตเอทิลีนจะมีค่าลดลง ($p<0.05$) จนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา คือวันที่ 8 มีการผลิตเอทิลีน เท่ากับ 4.75 nl/g.h FW ส่วนผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ก็เช่นเดียวกัน คือ การผลิตเอทิลีนของผักชีจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา จนกระทั่งวันที่ 3 ของการเก็บรักษา มีการผลิตเอทิลีน เท่ากับ 6.15 nl/g.h FW และหลังจากนั้นการผลิตเอทิลีนจะมีค่าลดลง ($p<0.05$) จนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา คือวันที่ 5 มีการผลิตเอทิลีน เท่ากับ 6.05 nl/g.h FW

นิตยา จันกา และคณะ (2550) ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชี โดยคัดเลือกผักชีที่มีสีและขนาดลำต้นใกล้เคียงกัน มาล้างทำความสะอาดทั้งราก ผึ่งให้แห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนัก 100 กรัม บรรจุถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ปิดปากถุงให้สนิท เก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 13, 20 และ 25 (ชุดควบคุม) องศาเซลเซียส และตรวจวัดอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักทุกๆ 2 วัน พบว่า การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 15 วัน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 13, 20 และ 25 องศาเซลเซียส มีอายุเก็บรักษานาน 8, 8, 4 และ 4 วัน ตามลำดับ โดยผักชีเริ่มต้นมีอัตราการหายใจ 90 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาผักชีนาน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 13 องศาเซลเซียส โดยอัตราการหายใจของผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 13, 20 และ 25 องศาเซลเซียส ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 72, 73, 84, 100 และ 102 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการสูญเสียน้ำหนัก โดยพบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักของผักชีมากที่สุด ($p<0.05$) ส่วนการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผักชีมีอัตราการหายใจลดลงอย่างช้าๆ โดยในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาผักชีมีอัตราการหายใจเท่ากับ 48 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 13, 20 และ 25 องศาเซลเซียส ส่วนการตรวจติดตามปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักชี พบว่า เมื่อเก็บรักษาผักชีนานขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์จะมีค่าลดลง ($p<0.05$) โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์เริ่มต้นเท่ากับ 18 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักชีที่อุณหภูมิการเก็บรักษาเท่ากับ 5, 10, 13, 20 และ 25 องศาเซลเซียส ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 17, 16, 15, 13 และ 12 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และเท่ากับ 8, 10, 12, 9 และ 11 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (25 องศาเซลเซียส) จะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้นเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewsuksaeng และคณะ (2015) ศึกษาการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในมะนาวระหว่างการเก็บรักษา โดยคัดเลือกมะนาวที่มีเปลือกสีเขียว ปราศจากตำหนิ มาล้างทำความสะอาด และทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำนาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน เก็บรักษาในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และตรวจวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทุกๆ 5 วัน พบว่า มะนาวมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เริ่มต้น เท่ากับ 26 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 2 มิลลิกรัม/100

กรัม น้ำหนักสด ซึ่งการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์มีผลสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ในการทดลองนี้ติดตามกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในมะนาวระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ Chlorophyllase และ Pheophytinase โดยตรวจทุกๆ 5 วัน นาน 25 วัน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase และ Pheophytinase มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา โดยกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase เริ่มต้นเท่ากับ 1.8 Unit/mg protein และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 3.5 Unit/mg protein ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.007 Unit/mg protein และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0.021 Unit/mg protein ซึ่งเอนไซม์ Chlorophyllase มีผลทำให้ส่วนไฟทอลหลุดออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ได้เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ชื่อคลอโรฟิลล์ไลด์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของผักใบเขียวหลังการเก็บเกี่ยวจะมีผลมาจากเอนไซม์ Chlorophyllase ทำให้ผักเปลี่ยนเป็นสีเขียวสว่าง (Amir-Shapira *et al*., 1987; Shimokawa *et al*., 1987) ส่วนเอนไซม์ Pheophytinase เป็นเอนไซม์ที่ดึงทั้งหมู่ไฟทอล และอะตอมของ Mg^{2+} ออกจากโครงสร้างคลอโรฟิลล์ ได้เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ชื่อ ฟีโอฟอร์ไบด์ ซึ่งมีสีน้ำตาล (Schelbert *et al*., 2009) นอกจากนี้ Aiamla-or และคณะ (2010) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase ในบลอคโคลีระหว่างเก็บรักษา โดยนำบลอคโคลีมาบรรจุถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน จากนั้นนำไปเก็บรักษาในที่มืดที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา มีกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase เริ่มต้นเท่ากับ 0.18 Unit/mg protein และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0.55 Unit/mg protein โดยเอนไซม์ Mg-dechelatase จะย้ายอะตอมของ Mg^{2+} จากคลอโรฟิลล์ไลด์ แล้วแทนที่ด้วย H^{+} ทำให้ได้ฟีโอฟอร์ไบด์ ซึ่งการเกิดอนุพันธ์ของฟีโอฟอร์ไบด์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา ถือเป็นตำหนิ และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา (Kaewsuksaeng *et al*., 2007; Langmeier *et al*., 1993)

5.2 ภาชนะบรรจุ

หน้าที่สำคัญของภาชนะบรรจุ คือ การบรรจุอาหาร และป้องกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมภายนอก ในขณะเดียวกันก็ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของอาหาร ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ให้ความสะดวกสบายในการขนส่งและการจำหน่าย (Downes, 1989) การเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ เช่น การหายใจ การคายความร้อน การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาให้ช้าลงได้

ทิตา สุนทรวิภาต (2555) ศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาใบมะกรูด โดยบรรจุด้วย (1) ถุงโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDPE) (2) ถุงซิป (3) บรรจุบนถาดโฟมแล้วปิดด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) (4) ถุงโพลิโพรพิลีน (PP) และ (5) ชุดควบคุม (ไม่บรรจุในภาชนะ) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (22 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 วัน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 67 พบว่า ใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP มีคุณภาพดีที่สุด และใบมะกรูดที่บรรจุด้วยถาดโฟมแล้วปิดด้วยพลาสติก PVC มีคุณภาพแย่ที่สุด โดยพิจารณาจากการประเมินลักษณะปรากฏของใบมะกรูดโดยตรวจสอบอาการที่พบจากภายนอก เช่น อาการเหี่ยว เน่า ช้ำ และอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา ให้คะแนนโดยการใช้สเกลตั้งแต่ 1-5 ดังนี้ 5 = ดีที่สุด 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = แย่ 1 = แย่ที่สุด โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีคะแนนการประเมินลักษณะปรากฏของใบมะกรูด เท่ากับ 5 คะแนน และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษา 12 วัน คะแนนในเรื่องลักษณะปรากฏจะมีค่าลดลง โดยใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP มีคะแนนการประเมินสูงสุด คือ เท่ากับ 3 คะแนน ส่วนใบมะกรูดที่บรรจุถุง LDPE ได้คะแนนการประเมินเท่ากับ 2 คะแนน เช่นเดียวกับใบมะกรูดที่บรรจุถุงซิป ส่วนใบมะกรูดที่บรรจุด้วยถาดโฟมแล้วปิดด้วยพลาสติก PVC มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเท่ากันกับใบมะกรูดที่ไม่ได้บรรจุถุง โดยมีคะแนนต่ำสุด เท่ากับ 1 คะแนน และพบว่าใบมะกรูดมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา และเมื่อเวลาผ่านไป 12 วัน ใบมะกรูดที่บรรจุในถุง PP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ($p<0.05$) โดยเท่ากับร้อยละ 11.69 ส่วนใบมะกรูดที่ไม่ได้บรรจุถุงมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ($p<0.05$) โดยเท่ากับร้อยละ 67.19 เนื่องจากถุง PP มีอัตราการซึมผ่านก๊าซและไอน้ำต่ำ โดยมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ เท่ากับ 12 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) ทำให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาได้น้อย มีออกซิเจนในภาชนะบรรจุอยู่น้อย สามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผลลงได้ ซึ่งการหายใจของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง นอกจากนี้มีงานวิจัยที่ประเมินคุณภาพดอกกุยช่ายโดยใช้สเกลตั้งแต่ 1-5 เช่นงานวิจัยของสมโภชน์ โกมลมณี และคณะ (2553) ศึกษาผลของภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของดอกกุยช่าย โดยนำดอกกุยช่ายที่มีขนาดสม่ำเสมอมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วสะเด็ดน้ำออก ผึ่งให้แห้ง ตัดส่วนปลายก้านออกประมาณ 1-2 เซนติเมตร ชั่งกุยช่ายกลุ่มละ100 กรัม บรรจุในถุง PP, PE และห่อด้วย PVC จากนั้นนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 และประเมินลักษณะปรากฏของดอกกุยช่ายโดยตรวจสอบอาการที่พบจากภายนอก เช่น อาการเหี่ยว เน่า ช้ำ และอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา ให้คะแนนโดยการใช้สเกลตั้งแต่ 1-5 ดังนี้ 5 = ดีที่สุด 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = แย่ 1 = แย่

ที่สุด อายุการเก็บรักษาจะพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ โดยกำหนดว่าจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อมีลักษณะคะแนนเท่ากับหรือน้อยกว่า 2 คะแนน จากการทดลองพบว่า ดอกกุยช่ายที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC มีอายุการเก็บรักษานาน 10 วัน ส่วนดอกกุยช่ายที่บรรจุในถุง PP และ PE มีอายุการเก็บรักษานาน 18 วัน โดยมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 2 คะแนน ซึ่งค่าการยอมรับนี้ผกผันกับค่าของการสูญเสียน้ำหนัก โดยดอกกุยช่ายที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC สูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p<0.05$) และพบว่าดอกกุยช่ายที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ดอกกุยช่ายที่บรรจุในถุง PP และ PE เนื่องจากฟิล์มพลาสติก PVC มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่สูงกว่าพลาสติก PP และ PE โดยมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 12.67, 12.12 และ 11.05 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ

ทศพล เนียมทอง (2550) ศึกษาผลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุในการยืดอายุการเก็บรักษากะเพรา โดยบรรจุกะเพราในถุง PE 5 ชนิด ได้แก่ ถุง PE เจาะรูซึ่งใช้อยู่ทั่วไป ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2,626.50 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถุง LDPE ไม่เจาะรู ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่างกัน คือ ต่ำ (LDPE) ปานกลาง (LDPE-1) สูง (LDPE-2) และสูงมาก (LDPE-3) ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 9,835, 9,213, 12,685 และ 21,256 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า กะเพราที่บรรจุถุง LDPE ไม่เจาะรู เก็บรักษาอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีคุณภาพดีที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน โดยพิจารณาจากการเกิดจุดสีน้ำตาลและการเกิดอาการฉ่ำน้ำ ส่วนการเก็บรักษากะเพราที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการสะท้านหนาวอย่างรวดเร็วและรุนแรง โดยเกิดจุดสีน้ำตาลและเกิดอาการฉ่ำน้ำ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีผลให้กะเพราเกิดการสูญเสียน้ำ ทำให้เกิดอาการซีดเหลืองและสูญเสียน้ำหนัก และพบว่า การเก็บรักษากะเพราในถุง LDPE เจาะรูซึ่งใช้อยู่ทั่วไปทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าการการบรรจุถุง LDPE ชนิดอื่นๆ โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 3 วัน เนื่องจากการใช้ถุงเจาะรูทำให้ก๊าซออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุได้ ซึ่งมีมากเพียงพอให้ผลิตผลใช้หายใจ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่ได้จากกระบวนการหายใจก็สามารถซึมออกได้มากเช่นกัน ซึ่งการหายใจของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่งผลให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น

ดนัย บุณยเกียรติ และคณะ (2554) ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผักชีไทยอินทรีย์ที่ไม่ตัดราก ที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยนำ มาล้างทำความสะอาด เป่าให้แห้ง แล้วบรรจุในถุงโพลิเอทิลีนเจาะรู เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 18 รู (ชุดควบคุม) ถุงโพลิโพรพิลีนที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ โดยควบคุมให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเริ่มต้นที่ร้อยละ 8

และถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซต่างกัน 4 ระดับ คือ มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 10,000-12,000, 12,000-14,000, 10,000-11,000 และ 14,000-16,000 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน หลังจากนั้นนำผักชีไทยไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า การบรรจุผักชีในถุงแอคทีฟทุกชนิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผักชีไทยได้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 0.02-0.10 เมื่อเปรียบเทียบกับถุงโพลิเอทิลีนเจาะรูที่ทำให้ผักชีไทยสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 3.73 และพบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนระหว่าง 12,000-14,000 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 8 วัน ส่วนผักชีที่บรรจุในถุงโพลิเอทิลีนเจาะรู มีอายุการเก็บรักษานาน 4 วัน เนื่องจากการเก็บรักษาผลิตผลไว้ในถุงแอคทีฟเป็นการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (Equilibrium modified atmosphere: EMA) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปรับสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุต่ำลงและมีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผลจนเข้าสู่สภาวะสมดุล เมื่อก๊าซออกซิเจนลดต่ำลง การหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนจึงเกิดน้อยลง (Serrano *et al*., 2006)

5.3 เอทิลีน

ปัญหาที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวผักชี คือ การเปลี่ยนแปลงสีใบจากสีเขียวเป็นสีเหลือง จากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอทิลีน เร่งให้เอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เช่น Chlorophyllase ทำงานได้มากขึ้น การใช้สารดูดซับเอทลีน ที่มีองค์ประกอบของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนท ($KMnO_4$) หรือการใช้ 1-Methylcyclopropane (1-MCP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่พืชผลิตขึ้น และการตอบสนองต่อเอทิลีนจากภายนอก โดยไปแย่งจับกับตัวรับของเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ ส่งผลให้อัตราการหายใจลดลง สามารถชะลอการเสื่อมสภาพ และทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Watkins, 2006)

ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา (2551) ศึกษาผลของสารละลายเอทิฟอนและ 1-MCP ต่อคุณภาพผักชีตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยคัดเลือกผักชีที่ลำต้นมีขนาดใกล้เคียงกัน ใบปราศจากโรค และมีสีเขียวสม่ำเสมอ มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำผสมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไลด์ ความเข้มข้น 200 ppm จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งแล้วจุ่มในสารละลายเอทิฟอนที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 500 และ 1000 ppm โดยให้ผักชีที่ไม่จุ่มสารละลายเอทิฟอนเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำไปเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใส ชนิด Clam shell ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า สารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 1000 ppm กระตุ้นให้ผักชีเกิดการเหลือง เนื่องจากมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์และมีการเพิ่มขึ้นของแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้สารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 1000 ppm ยังกระตุ้นอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase, Chlorophyllase และ

Mg-dechelatase ในผักชีให้สูงขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากสารละลายเอทิฟอนมีคุณสมบัติในการปลดปล่อยเอทิลีน ส่วนการศึกษาผลของสารยับยั้งเอทิลีนโดยนำผักชีไปรมด้วยสาร 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ 500 ppb โดยให้ผักชีที่ไม่รมสาร 1-MCP เป็นชุดควบคุม จากนั้นนำไปเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใส ชนิด Clam shell ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า การรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb สามารถชะลอการเหลืองของใบผักชี ลดการสูญเสียคลอโรฟิลล์และการเพิ่มขึ้นของแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดอัตราการผลิตเอทิลีน และลดกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase, Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Chlorophyll degrading peroxidase เนื่องจากสาร 1-MCP จะไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีนโดยไปแย่งจับกับตัวรับของเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ จึงสามารถชะลอการสุกของผลิตผลได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) สอดคล้องกับการศึกษาของ Hassan และ Mahfouz (2012) ที่ศึกษาผลของการใช้สาร 1-MCP ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผักชี โดยคัดเลือกผักชีที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่ต้องตัดราก มาล้างทำความสะอาด แล้วเป่าให้แห้ง จากนั้นแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุมที่ไม่รมด้วยสาร 1-MCP และชุดที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 ppm นาน 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทุกชุดการทดลองถูกนำมาบรรจุในถาดพลาสติกโพลิโพรพิลีน ขนาด 24×12 ×12 เซนติเมตร แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ชุดการทดลองที่รมด้วยสาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักชีได้นานกว่าชุดควบคุม ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ โดยชุดการทดลองที่รมด้วยสาร 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 14 วัน ส่วนชุดควบคุมที่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด เท่ากับ 5 วัน โดยพิจารณาจากความสดและการเปลี่ยนแปลงสีของใบจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง

ชานนท์ สุทธิเวทย์ (2550) ศึกษาผลของสารดูดซับเอทิลีน (โดยใช้ $KMnO_4$ เป็นตัวดูดซับเอทิลีน) ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผักกาดหอม โดยคัดเลือกผักกาดหอมที่ได้จากการปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ อายุ 35 วัน ที่มีคุณภาพดีและไม่ได้ตัดรากหลังการเก็บเกี่ยว มาบรรจุถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ถุงละ 1 ต้น และใส่สารดูดซับเอทิลีน ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของน้ำหนักผักกาดหอม จากนั้นปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ผักกาดหอมที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่บรรจุสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 6 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 12 วัน ทั้งนี้จะพิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส ส่วนผักกากหอมเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่บรรจุสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 4 และผักกาดหอมชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้สารดูดซับเอทิลีน มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดเท่ากัน คือ 10 วัน

เนื่องจาก $KMnO_4$ จะทำปฏิกิริยากับเอทิลีนได้เป็นสารใหม่ 2 ชนิด คือ แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese dioxide, MnO_4) และเอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol, $C_6H_6O_2$) ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นเอทิลีนได้อีก ซึ่งเอทิลีนเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้ผลิตผลหายใจเพิ่มขึ้น การหายใจของผลิตผลเป็นสาเหตุหลักให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่งผลให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น การกำจัดเอทิลีนออกจึงสามารถยืดอายุการเก็บเก็บรักษาผลิตผลได้ (Ki-Yeong, 1998) จากการทดลองเก็บรักษาผักกาดหอมในถุงพลาสติกที่บรรจุสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 6 พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด โดยเท่ากับร้อยละ 3.01 และผักกาดหอมที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่บรรจุสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 2 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด โดยเท่ากับร้อยละ 3.65 ($p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Chaves และคณะ (2007) ที่ศึกษาผลของ $KMnO_4$ ต่อการสูญเสียน้ำหนักของแอปเปิ้ลระหว่างการเก็บรักษา โดยคัดเลือกแอปเปิ้ลที่มีน้ำหนัก 350 กรัมต่อผล บรรจุในถาดพลาสติก ถาดละ 4 ผล และบรรจุ $KMnO_4$ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 3, 6, 9 และ 12 ของน้ำหนักผลแอปเปิ้ล โดยให้แอปเปิ้ลที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้ $KMnO_4$ เป็นชุดควบคุม จากนั้นปิดด้วยพลาสติก PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-100 นาน 12 วัน และตรวจการสูญเสียน้ำหนักทุกๆ 4 วัน พบว่าแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาด้วย $KMnO_4$ ร้อยละ 12 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 16 ส่วนแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้ $KMnO_4$ มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 22.8 ($p<0.05$)

Zewter และคณะ (2012) ศึกษาผลของการใช้สารดูดซับเอทิลีน โดยใช้ $KMnO_4$ ต่อคุณภาพของกล้วย โดยคัดเลือกกล้วยที่มีสีเขียวสม่ำเสมอ ปราศจากตำหนิที่เปลือก และมีขนาดหวีละ 15-17 ผล มาเด็ดแยกออกจากหวี จากนั้นบรรจุกล้วยในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ถุงละ 6 ผล โดยแบ่งกล้วยออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใช้ $KMnO_4$ โดยบรรจุ $KMnO_4$ 100 กรัม ลงในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่บรรจุกล้วย และชุดควบคุม คือ ไม่ได้บรรจุ $KMnO_4$ จากนั้นปิดปากถุงให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13-14 องศาเซลเซียส ตรวจคุณภาพและประเมินการยอมรับ โดยการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกกล้วย 7 ระดับ มีคะแนนจาก 1-7 คะแนน ซึ่ง 1 คะแนน คือ เปลือกล้วยมีสีเขียวและมีคุณภาพดีมาก และจะไม่ยอมรับที่ 7 คะแนน คือ เปลือกกล้วยมีสีเหลืองและมีจุดสีดำเกิดขึ้น ซึ่งถือว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่า กล้วยที่เก็บรักษาโดยใช้ $KMnO_4$ มีอายุการเก็บรักษา 24 วัน และมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 16.80 ส่วนกล้วยที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้ $KMnO_4$ มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน และมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 18.70 ($p<0.05$) การใช้ $KMnO_4$ ในการเก็บรักษาผลิตผล สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี
2. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพผักชีระหว่างเก็บรักษา
3. เพื่อศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพผักชีระหว่างเก็บรักษา

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

ผักชีติดรากจากเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี และพื้นที่ใกล้เคียง ที่ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด คัดขนาดและคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก บรรจุในกล่องโฟมที่ปิดทับด้วยน้ำแข็งประมาณ 2 กิโลกรัม ขนส่งในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จากบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด จังหวัดราชบุรี มาถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้ระยะเวลาจากเก็บเกี่ยวจนขนส่งถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นระยะเวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง

สารเคมี

- Acetone เกรดทางการค้า ความเข้มข้นร้อยละ 80
- Sand, acid washed เกรดวิเคราะห์
- Calcium carbonate เกรดวิเคราะห์
- Sodium sulphate anhydrous เกรดวิเคราะห์
- Hydrochloric เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์
- Dithiothreitol เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์
- Glycerol เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 30
- Potassium hydroxide เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 30
- Sodium hydrogen carbonate เกรดวิเคราะห์
- Coomassie brilliant blue เกรดวิเคราะห์
- Ethanol เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 95
- Phosphoric acid เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 85
- Bovine serum albumin เกรดวิเคราะห์
- Petroleum ether เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 99.5
- Diethyl ether เกรดวิเคราะห์
- Triton X-100 เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.12
- Hexane เกรดวิเคราะห์

- Tricine เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์
- Sodium chloride เกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar
- สารดูดซับเอทิลีน ขนาดบรรจุซองละ 10 กรัม ประกอบด้วย Potassium permanganate ($KMnO_4$) ร้อยละ 7 ที่ดูดซับบน Zeolite จากบริษัท ไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

- เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ E-Scale รุ่น DYB-300 ประเทศจีน
- เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP210S ประเทศเยอรมันนี
- เครื่องมือวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น Color Quest XT ประเทศสหรัฐอเมริกา
- เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-16001 ประเทศญี่ปุ่น
- เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Autosystem XL ประเทศสหรัฐอเมริกา
- เครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ Sanyo รุ่น Harrier 18/80 ประเทศอังกฤษ
- เครื่องกรองสุญญากาศ ยี่ห้อ Tokyo rikakikai รุ่นA-35 ประเทศญี่ปุ่น
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB10B7-45 ประเทศเยอรมันนี
- เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น PG-20 ประเทศจีน
- อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- อุปกรณ์สำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีการทดลอง

1. การรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี

การรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี โดยการสัมภาษณ์ตัวแทนเกษตรกรผู้ผลิตและผู้รับซื้อที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี โดยสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มเกษตรกรจำนวน 4 ราย (คิดเป็นร้อยละ 80 ของเกษตรกรทั้งหมด) และพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี จำนวน 4 ราย (คิดเป็นร้อยละ 20 ของพนักงานทั้งหมด แต่คิดเทียบเท่ากับร้อยละ 100 ของพนักงานที่มีความชำนาญและได้รับมอบหมายจากบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด ให้ตรวจคุณภาพผักชี) ตลอดระยะเวลา 1 เดือน รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวกที่ 1

2. ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพผักชีระหว่างเก็บรักษา

เพื่อประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชีและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผักชีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และมีการตรวจติดตามคุณภาพผักชีใน 2 ลักษณะ คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนเก็บรักษาในกล่องโฟม และผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน

2.1 ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม

2.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนขนาดเล็ก 15×38 เซนติเมตร หนา 25 ไมโครเมตร ที่เจาะรู 4 รู ถุงละ 50 กรัม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก แล้วบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนขนาดใหญ่ 40×65 เซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วย 40 ถุงเล็ก โดยมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 2 กิโลกรัม/1 ถุงใหญ่ จากนั้นบรรจุลงกล่องโฟม ขนาด 45×60×30 เซนติเมตร กล่องละ 4 ถุงใหญ่ โดยมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 8 กิโลกรัม เมื่อบรรจุครบ 4 ถุงใหญ่ ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปิดทับ แล้วใส่น้ำแข็งที่บรรจุถุงลงไปประมาณ 2 กิโลกรัม โดยเติมน้ำแข็งเพียงครั้งเดียวเฉพาะวันเริ่มต้น และไม่มีการเปลี่ยนน้ำแข็งตลอดการเก็บรักษา จากนั้นปิดฝากล่องโฟม ใช้สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น

2.1.2 วิธีการทดลอง

นำผักชีที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างในข้อ 2.1.1 ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 7 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจคุณภาพทุกๆ 2 วัน จนกว่าผักชีจะสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย วิเคราะห์คุณภาพประสาทสัมผัส คุณภาพทางทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี ดังรายละเอียดในข้อ 2.1.3-2.1.5 และมีการตรวจติดตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเย็นและภาชนะบรรจุตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยตรวจวัดอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆในกล่องโฟม จำนวน 5 จุด/โฟม (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ภาพที่ 4) หลังจากนั้นคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีเพื่อใช้ศึกษาในตอนที่ 3.1 ต่อไป

2.1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชี จะพิจารณาจากสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน ให้คะแนนคุณภาพที่มีต่อลักษณะผักชีเทียบจากรูปภาพการแบ่งเกรดของผักชี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ภาพที่ 4) โดยมีวิธีการให้คะแนนทางคุณภาพผักชีเท่ากับ 5 ระดับคะแนน โดยดัดแปลงจากสเกลแบบลิเคิร์ท (Likert scale) ดังนี้ 5 = คุณภาพดีมาก 4 = คุณภาพดี 3 = คุณภาพยอมรับได้ 2 = คุณภาพไม่ค่อยดี และ 1 = คุณภาพไม่ดี โดยจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน ซึ่งจะถือว่าสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย (ดัดแปลงจากสุชาดา ไล้สุวรรณ, 2552)

หมายเหตุ : การประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชีจะพิจารณาจากคะแนนระดับคุณภาพ โดยจะไม่ยอมรับ ผักชีเมื่อมีคะแนนจากการประเมินน้อยกว่า 3 คะแนน

2.1.4 คุณภาพทางกายภาพ

- ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (Hassan and Mahfouz, 2012)
- ร้อยละใบเหลือง (Kim *et al*., 2007)
- ร้อยละใบเน่า (Kim *et al*., 2007)
- ค่าสี ระบบ L*, a* และ b* โดยใช้ Hunter Lab ระบบ CIE (Francis, 1980)

2.1.5 คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณก๊าซเอทิลีน (Gemma *et al*., 1994)
- ปริมาณก๊าซออกซิเจน (Tano *et al*., 2007)
- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Tano *et al*., 2007)
- ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Arnon, 1994)
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ (ดัดแปลงจาก Arnon, 1994)
- กิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase (ดัดแปลงจาก Amir-Shapira, 1987)
- กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase (ดัดแปลงจาก Suzuki and Shioi, 2002)
- กิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase (ดัดแปลงจาก Schelbert *et al*., 2009)

2.1.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบ T-test และเปรียบเทียบผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำการทดลองวิเคราะห์ 3 ครั้ง สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบบลอคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17 (SPSS for windows, SPSS Inc, Chicago, IL)

2.2 ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน

2.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ขนาด 15×38 เซนติเมตร หนา 25 ไมโครเมตร ที่เจาะรู 4 รู ถุงละ 50 กรัม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก

2.2.2 วิธีการทดลอง

นำผักชีที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างในข้อ 2.2.1 ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจคุณภาพทุกๆ 2 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี จนกว่าผักชีจะสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ตามข้อ 2.1.3-2.1.5 และมีการตรวจติดตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเย็นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาด้วย (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ตารางที่ 4) จากนั้นคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักชีเพื่อใช้ศึกษาในตอนที่ 3.2 ต่อไป

2.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำการทดลองวิเคราะห์ 3 ครั้ง สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบบลอคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่

ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17 (SPSS for windows, SPSS Inc, Chicago, IL)

3. ศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษาผักชี

เพื่อศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการประเมินอายุการวางจหน่ายและการยอมรับทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาผักชี โดยศึกษา 2 ปัจจัยการทดลอง ได้แก่ (1) ชนิดของถุงพลาสติก และ (2) ความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน

3.1 ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม

3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชี 50 กรัมในถุงพลาสติกแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 2,100-2,900 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 7,100-7,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาด 15×38 เซนติเมตร หนา 25 ไมโครเมตร ของบริษัททานตะวัน กรุงเทพฯ ซึ่งแต่ละถุงจะบรรจุสารดูดซับเอทิลีน ขนาดบรรจุซองละ 10 กรัม ที่ประกอบด้วย Potassium permanganate ($KMnO_4$) ร้อยละ 7 ดูดซับบน Zeolite จากบริษัท ไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด โดยมีความเข้มข้นของ $KMnO_4$ เทียบกับน้ำหนักผักชีแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี โดยให้ถุงที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีน (ความเข้มข้นร้อยละ 0 ของน้ำหนักผักชี) เป็นชุดควบคุม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก

3.1.2 วิธีการทดลอง

นำผักชีที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างในข้อ 3.1.1 มาเก็บรักษาเช่นเดียวกันกับการทดลองตอนที่ 2.1 โดยเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่ได้คัดเลือกมาจากการทดลองตอนที่ 2.1 สุ่มตรวจคุณภาพทุกๆ 2 วัน จนกว่าผักชีจะสิ้นสุดอายุเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี โดยมีรายละเอียดตามข้อ 2.1.3-2.1.5 ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะทำในวันที่ 0 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีในชุดการทดลองที่มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่นานที่สุด (A.O.A.C., 2000)

3.1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial ใน Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำการทดลองวิเคราะห์ 3 ครั้ง สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial ใน Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยมี 2 ปัจจัยการทดลอง ได้แก่ (1) ชนิดของถุงพลาสติก (มี 2 ชนิด) และ (2) ความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน (มี 3 ระดับ) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม SPSS version 17 (SPSS for windows, SPSS Inc, Chicago, IL)

3.2 ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน

3.2.1 วิธีการทดลอง

นำผักชีที่มีวิธีการเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1 มาเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่คัดเลือกได้จากการทดลองตอนที่ 2.2 สุ่มตรวจคุณภาพทุกๆ 2 วัน จนกว่าผักชีจะสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี โดยมีรายละเอียดตามข้อ 2.1.3-2.1.5 ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะทำในวันที่ 0 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีในชุดการทดลองที่มีอายุการวางจำหน่ายผักชีที่นานที่สุด (A.O.A.C., 2000)

3.2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial ใน Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำการทดลองวิเคราะห์ 3 ครั้ง สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial ใน Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยมี 2 ปัจจัยการทดลอง ได้แก่ (1) ชนิดของถุงพลาสติก (มี 2 ชนิด) และ (2) ความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน (มี 3 ระดับ) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม SPSS version 17 (SPSS for windows, SPSS Inc, Chicago, IL)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี

การรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชี โดยการสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักชีที่ส่ง บริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด จำนวน 4 ราย (คิดเป็นร้อยละ 80 ของกลุ่มเกษตรกรเกษตรกรผู้ผลิตผักชีที่ส่ง บริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด ทั้งหมด) และพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี จำนวน 4 ราย (คิดเป็นร้อยละ 20 ของพนักงานทั้งหมด แต่คิดเทียบเท่ากับร้อยละ 100 ของพนักงานที่มีความชำนาญและได้รับมอบหมายจากบริษัทฯ ให้ตรวจคุณภาพผักชี) ตลอดระยะเวลา 1 เดือน โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

Table 4 Data collection related to postharvest management coriander from farmers and workers in the factory

รายการที่สำรวจและสอบถาม	**ผลจากการสำรวจและสอบถาม**
1. ข้อมูลจากเกษตรกรที่เกี่ยวข้องกับการปลูกและการเก็บเกี่ยวผักชี	
1.1 สถานที่ปลูกผักชี	อ.ดำเนินสะดวก อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี อ.ท่าเรือ จ.กาญจนบุรี
1.2 สายพันธุ์ที่ปลูก	พันธุ์ศรแดง
1.3 แปลงปลูกมีพื้นที่กี่ไร่	20-30 ไร่/กลุ่มเกษตรกร
1.4 จำนวนแรงงานที่ใช้	20-30 คน/กลุ่มเกษตรกร
1.5 ผลผลิตมีทุกวันหรือไม่	มีผลิตผลทุกวัน
1.6 ปริมาณผลผลิต/วัน/กลุ่มเกษตรกร	500 กิโลกรัม
1.7 ปริมาณผักชีที่มาส่งบริษัทแต่ละครั้ง/กลุ่มเกษตรกร	200-300 กิโลกรัม
1.8 ฤดูกาลมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผักชีหรือไม่ ถ้ามีผลอย่างไร	มีผล ซึ่งปริมาณผักชีจะมีมากในฤดูหนาวและฤดูฝนทำให้ราคาถูกกว่าฤดูร้อนซึ่งมีปริมาณน้อย
1.9 ราคาขายผักชีให้กับบริษัทฯ เท่ากับเท่าไร	80-120 บาท/กิโลกรัม
1.10 ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้	30-45 วัน

1.11 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวชีคือ	เช้ามืด (ก่อน 05.00 น.)
1.12 เกณฑ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผักชีพิจารณาจาก	
- สี	มีสีเขียวสม่ำเสมอ
- ลักษณะปรากฏ	ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ
- ความยาว	25-30 เซนติเมตร
1.13 การเก็บเกี่ยวมีการแยกเกรดผักชีหรือไม่ อย่างไร เกษตรกรมีการแยกเกรดผักชีตามข้อกำหนดของทางบริษัทฯ โดยแยกผักชีออกเป็น 2 เกรด คือ ผักชีเกรดสูง จะมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอด 25-30 เซนติเมตร และผักชีเกรดต่ำ จะมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดมากกว่า 30 เซนติเมตร	
1.14 หลังเก็บเกี่ยวเกษตรกรมีการปฏิบัติที่แปลงอย่างไร	- คัดเลือกต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก - รวมเป็นมัด (ประมาณมัดละ 100-200 กรัม)
1.15 ลักษณะการเสื่อมเสียของผักชีมีอะไรบ้าง	- ใบเหลือง - ใบเหี่ยว - เน่าเสีย
1.16 ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุผักชีมายังบริษัทฯ	ตะกร้าไม้ไผ่สาน
1.17 วิธีการและระยะเวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนส่งถึงบริษัทฯ	
1.17.1 พาหนะที่ใช้	รถกระบะ
1.17.2 ระยะเวลา	ไม่เกิน 4 ชั่วโมง
1.17.3 วิธีการควบคุมอุณหภูมิ	คลุมด้วยผ้าห่มชุบน้ำ
2. ข้อมูลของทางบริษัทฯ เกี่ยวกับการตรวจรับและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี	
2.1 มีเกณฑ์ในการเลือกแหล่งรับซื้อผักชีหรือไม่	มี
2.2 เกณฑ์คุณภาพในการรับซื้อผักชีคืออะไร	
- ติดราก/ไม่ติดราก	ผักชีติดราก
- ความเหี่ยว	ต้องไม่เหี่ยว ในกรณีที่ผักชีเหี่ยว ทางบริษัทจะตรวจสอบจากการลุกของใบ โดยนำผักชีไปจุ่มน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วใบมีสีคล้ำ และช้ำ จะปฏิเสธการซื้อ
- สี	ต้องมีสีเขียวสม่ำเสมอ
- ความยาว/ต้น (เซนติเมตร)	25-30 เซนติเมตร

2.3 เมื่อรับผักชีมาแล้ว มีการปฏิบัติเบื้องต้นอย่างไร เมื่อรับผักชีมาแล้วพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการล้างผักชี จะนำผักชีมาล้างทันที ในกรณีที่อากาศร้อน ทำให้อุณหภูมิผักชีสูงจะนำผักชีมาผึ่งลมก่อนแล้วนำมาล้างน้ำ และถ้าปริมาณผักชีมีมากเกินคำสั่งซื้อของลูกค้าจะเก็บผักชีในห้องเย็นก่อนแล้วนำมาล้างน้ำ	
2.4 การรับซื้อผักชีแต่ละครั้งเพียงพอหรือไม่	เพียงพอ
3. ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการล้างผักชีของทางบริษัทฯ	
3.1 การล้างผักชีใช้น้ำอะไรในการล้าง	น้ำประปา
3.2 การล้างผักชีแต่ละครั้งมีการถ่ายเทน้ำหรือไม่ -	ถ่ายเทน้ำโดยใช้ระบบน้ำไหลผ่านตลอดระยะเวลาในการล้างผักชี
3.3 ภาชนะที่ใช้ล้างผักชีคืออะไรและขนาดเท่าไร	กระบะพลาสติก ปริมาตร 50 ลิตร
3.4 ปริมาตรน้ำที่ใช้ล้างผักชีแต่ละครั้ง	เปิดน้ำไหลผ่านตลอดเวลา
3.5 ปริมาณผักชีที่ใช้ล้างแต่ละครั้ง	100-200 กิโลกรัม
3.6 มีการใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ใดระหว่างการล้างผักชี	- ถุงมือสำหรับล้าง - แปรง
3.7 ใช้เกณฑ์อะไรในการพิจารณาว่าผักชีล้างสะอาดและเพียงพอแล้ว	รากผักชีสีขาว
3.8 หลังกระบวนการล้างมีการคัดคุณภาพผักชีหรือไม่อย่างไร	คัดเลือกใบเหลือง ใบแก่ ใบเหี่ยว ใบเน่า ใบช้ำออก
4. ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการบรรจุผักชีของทางบริษัทฯ	
รูปแบบการบรรจุของทางบริษัทมีอะไรบ้าง	- ขายส่ง ร้อยละ 40 - ขายปลีก ร้อยละ 60
4.1 รูปแบบการบรรจุแบบขายส่งของทางบริษัทฯ	
4.1.1 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแบบขายส่ง	กล่องโฟม ขนาด 45×60×30 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4.1.2 ปริมาณผักชีที่บรรจุต่อ 1 หน่วยภาชนะ	12 กิโลกรัม/กล่องโฟม
4.1.3 ลักษณะผักชีที่บรรจุ	ผักชีติดราก
4.1.4 วิธีการรวมผักชีในการบรรจุ	รวมเป็นมัด
4.1.5 ขั้นตอนการบรรจุผักชีแบบขายส่งมีอย่างไรบ้าง - นำผักชีมาบรรจุกล่องโฟม โดยใช้กระดาษหนังสือพิมพ์บุข้างกล่อง - บรรจุผักชีลงไปประมาณ 6 กิโลกรัม	

- ใช้ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนและกระดาษหนังสือพิมพ์ปิดทับ แล้วบรรจุน้ำแข็งลงไป
- บรรจุผักชีจนครบ 12 กิโลกรัม
- ใช้ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนและกระดาษหนังสือพิมพ์ปิดทับ
- บรรจุน้ำแข็งลงไปให้เต็ม
- ปิดฝากล่องโฟม และใช้สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น

4.2 รูปแบบการบรรจุแบบขายปลีกของทางบริษัทฯ

4.2.1 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแบบขายปลีก	ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ขนาด 15×38 ตารางเซนติเมตร ที่เจาะรู 4 รู
4.2.2 ปริมาณผักชีที่บรรจุต่อ 1 หน่วยภาชนะ	8 กิโลกรัม/กล่องโฟม
4.2.3 ลักษณะผักชีที่บรรจุ	ผักชีติดราก
4.2.4 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการบรรจุผักแบบขายปลีกเพื่อการขนส่งคืออะไร	กล่องโฟม ขนาด 45×60×30 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.2.5 ขั้นตอนการบรรจุผักชีแบบขายปลีกมีอย่างไรบ้าง

- ชั่งผักชี 50 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ขนาด 15×38 ตารางเซนติเมตร ที่เจาะรู 4 รู
- ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก
- นำถุงผักชีที่บรรจุเสร็จแล้ว มาบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดใหญ่ 40×65 ตารางเซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วย 40 ถุงเล็ก โดยมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 2 กิโลกรัม/1 ถุงใหญ่
- บรรจุลงกล่องโฟม กล่องละ 4 ถุงใหญ่ โดยมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 8 กิโลกรัม
- ใช้ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนและกระดาษหนังสือพิมพ์ ปิดทับ
- บรรจุน้ำแข็งที่บรรจุถุงลงไปให้เต็มกล่องโฟม
- ปิดฝากล่องโฟม และใช้สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น

5. ข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บรักษาตลอดจนจำหน่ายผักชีของทางบริษัทฯ

5.1 ข้อมูลการเก็บรักษา

5.1.1 การเก็บรักษาผักชีหลังการบรรจุมีการปฏิบัติอย่างไร

นำผักชีที่บรรจุกล่องโฟมที่มีการเติมน้ำแข็งเรียบร้อยแล้ว เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เพื่อรอขนส่งต่อไป

5.1.2 อุณหภูมิในการเก็บรักษา	7 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อมูลการขนส่ง	
5.2.1 ระหว่างขนส่งมีการควบคุมอุณหภูมิและจัดการอย่างไร	ขนส่งโดยใช้ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส
5.2.2 กลุ่มลูกค้าที่รับซื้อผักชีจากบริษัทฯ	ลูกค้าส่ง โดยส่งขายให้กับห้างสรรพสินค้า
5.2.3 ประเทศที่รับซื้อผักชีจากบริษัทฯ	- มาเลเซีย - สิงคโปร์
5.2.4 ใช้ระยะเวลานานเท่าไรในการขนส่งผักชีจากบริษัทฯ จนถึงลูกค้า	ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

จากการสอบถามข้อมูลจากตัวแทนกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักชี จะสอบถามในเรื่องของกระบวนการปลูกผักชี การเก็บเกี่ยว ตลอดจนการขนส่งผักชีให้กับบริษัทฯ ส่วนข้อมูลที่ใช้สอบถามพนักงานที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชีของบริษัทฯ ประกอบด้วย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจรับผักชี กระบวนการล้างผักชี กระบวนการบรรจุผักชี และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาตลอดจนการขนส่งและการขายผักชีของทางบริษัทฯ พบว่าเกษตรกรนิยมปลูกผักชีพันธุ์ศรแดง ซึ่งเป็นผักชีพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์อาฟริกา ซึ่งพันธุ์พื้นเมือง จะมีลักษณะใบบาง ต้นเล็ก มีกลิ่นหอมมากจนฉุน ส่วนพันธุ์อาฟริกา จะมีลักษณะใบใหญ่หนา ต้นใหญ่ กลิ่นหอมเล็กน้อย (วสันต์ กฤษฎารักษ์, 2544) พื้นที่ปลูกผักชีจะอยู่ในเขตพื้นที่ อ.ดำเนินสะดวก อ.ปากท่อ จ. ราชบุรี และ อ.ท่าเรือ จ.กาญจนบุรี ซึ่งเกษตรกรแต่ละกลุ่มมีพื้นที่ปลูกผักชี ประมาณ 20-30 ไร่ และใช้แรงงานในการปลูก ประมาณ 20-30 คน/กลุ่มเกษตรกร โดยแต่ละวันจะมีผลผลิตผักชีประมาณ 500 กิโลกรัม/กลุ่มเกษตรกร และสามารถคัดเลือกเพื่อส่งขายให้กับบริษัทฯ ได้ประมาณ วันละ 200-300 กิโลกรัม/กลุ่มเกษตรกร ทั้งนี้เกษตรกรสามารถผลิตผักชีส่งขายให้กับทางบริษัทฯ ทุกวัน เนื่องจากผักชีสามารถปลูกได้ตลอดปี การส่งผักชีของเกษตรกรแต่ละกลุ่มให้กับทางบริษัทฯ จะเป็นการตกลงส่งในวันที่แตกต่างกัน เนื่องจากระยะเวลาเริ่มต้นเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวของแต่ละกลุ่มเกษตรกรจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับการตกลงและทำสัญญาจากทางบริษัทฯ กับกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะปลูกผักชี ช่วงฤดูหนาวและฤดูฝนจะมีปริมาณผักชีมาก ทำให้ราคาถูกกว่าฤดูร้อนซึ่งมีปริมาณน้อย สอดคล้องกับข้อมูลจากตลาดสี่มุมเมือง ที่พบว่า ฤดูร้อนผักชีจะมีราคาแพงกว่าฤดูหนาวและฤดูฝน (ตลาดสี่มุมเมือง, 2557) ราคาขายผักชีของกลุ่มเกษตรกรที่ขายให้กับทางบริษัทฯ มีราคาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 80-120 บาท/กิโลกรัม ซึ่งระยะเวลาตั้งแต่

ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผักชีได้ อยู่ในช่วง 30-45 วัน เกษตรกรส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวผักชีในช่วงเช้ามืด (ก่อน 05.00 น.) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผักชีพิจารณาจาก สี โดยจะต้องมีสีเขียวสม่ำเสมอ มีลักษณะปรากฏที่ดี ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และทางบริษัทฯจะกำหนดเกณฑ์ในการแบ่งเกรดผักชีออกเป็น 2 เกรด คือ ผักชีเกรดสูงและผักชีเกรดต่ำ โดยใช้ความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดผักชี ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะแยกเกรดผักชีก่อนส่งขาย ดังนี้ ผักชีเกรดสูง จะมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดอยู่ในช่วง 25-30 เซนติเมตร และผักชีเกรดต่ำ จะมีความยาวจากปลายรากถึงปลายมากกว่า 30 เซนติเมตร และคัดเลือกต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ซึ่งลักษณะการเสื่อมเสียของผักชี คือ เกิดใบเหี่ยว ใบเน่า และใบเหลือง จากนั้นรวมเป็นมัด (ประมาณมัดละ 100-200 กรัม) โดยใช้ยางมัดที่โคนรากและบรรจุในตะกร้าไม้ไผ่สาน ตะกร้าละ 100 กิโลกรัม คลุมด้วยผ้าห่มชุบน้ำเพื่อควบคุมอุณหภูมิระหว่างขนส่ง ดังภาพที่ 6A-C จากนั้นขนส่งด้วยรถกระบะ และใช้ระยะเวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งขนส่งมาถึงบริษัทฯ ไม่เกิน 4 ชั่วโมง

Figure 6 Fresh coriander after harvest

ส่วนการสัมภาษณ์พนักงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจรับและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี จำนวน 4 ราย ของบริษัทฯ (คิดเป็นร้อยละ 20 ของพนักงานทั้งหมด แต่คิดเทียบเท่ากับร้อยละ 100 ของพนักงานที่มีความชำนาญและได้รับมอบหมายจากบริษัทฯ ให้ตรวจคุณภาพผักชี) ตลอดระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ทางบริษัทฯ มีเกณฑ์ในการเลือกแหล่งรับซื้อผักชี โดยจะรับซื้อจากเกษตรกรที่ผ่านการตกลงและทำสัญญาจากทางบริษัทฯ ในการเพาะปลูกผักชี และมีเกณฑ์คุณภาพในการรับซื้อผักชี ดังนี้ เป็นผักชีติดราก มีสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่เหี่ยว ในกรณีที่ผักชีเหี่ยว ทางบริษัทฯ จะตรวจสอบจากการลุกของใบ โดยนำผักชีไปจุ่มน้ำที่อุณหภูมิห้องถ้าใบมีสีคล้ำ และช้ำ จะปฏิเสธการซื้อ และมีการตรวจสอบการแบ่งเกรดของผักชี โดยพิจารณาจากความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดของผักชี ดังนี้ ผักชีเกรดสูง จะมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดอยู่ในช่วง 25-30 เซนติเมตร และผักชีเกรดต่ำ จะมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอดมากกว่า 30 เซนติเมตร ปกติเมื่อรับผักชีมาแล้ว พนักงานจะนำผักชีไปล้างทันที แต่ในกรณีที่ผักชีมีความร้อนสูงจะนำมาผึ่งลมเพื่อลดความร้อนในตัวผักชี ดังภาพที่ 7A จากนั้นจะนำผักชีไปล้าง แต่ถ้ามีผักชีมากเกินคำสั่งซื้อของ

ลูกค้าในแต่ละวัน ทางบริษัทฯ จะเก็บผักชีรวมไว้ในตะกร้าพลาสติก แล้วเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ขายในวันถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 7B-C

Figure 7 Fresh coriander (A) and the preparation steps before storage under 7°C (B-C)

จากการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการล้างผักชีของทางบริษัทฯ พบว่า การล้างผักชีจะล้างด้วยน้ำประปา ครั้งละประมาณ 100 มัด ซึ่งผักชีมีน้ำหนักมัดละประมาณ 200 กรัม ดังนั้นมีน้ำหนักรวมประมาณ 200 กิโลกรัม ต่อการล้าง 1 ครั้ง การล้างผักชีแต่ละครั้งจะใช้กระบะพลาสติกขนาด 50 ลิตร เปิดน้ำให้เต็มและปล่อยให้น้ำไหลผ่าน ใช้พนักงานในการล้างครั้งละ 3-4 คน ซึ่งพนักงานแต่ละคนจะสวมถุงมือแล้วล้างดินที่ติดมากับรากผักชีออก และใช้แปรงเพื่อขูดดินที่ติดมากับรากผักชีออก จนเห็นรากเป็นสีขาว และมีการคัดเลือกใบแก่ ใบเหลือง ใบเน่า ใบช้ำ และใบที่ไม่สมบูรณ์ออก ดังแสดงในภาพที่ 8

Figure 8 Washing steps of coriander

จากการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกกับกระบวนการบรรจุผักชีของทางบริษัทฯ พบว่า การบรรจุผักชีเพื่อจำหน่ายของบริษัทฯ มี 2 ลักษณะ คือ การบรรจุเพื่อขายส่ง และการบรรจุเพื่อขายปลีก โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การบรรจุเพื่อส่งแบบขายส่ง

นำผักชีที่ล้างทำความสะอาด มาบรรจุกล่องโฟมขนาด 45×60×30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่เจาะรูใต้กล่อง 5 รู เพื่อระบายน้ำออก ดังภาพที่ 9A โดยใช้กระดาษหนังสือพิมพ์บุข้างกล่อง 3 ด้าน ด้านละครึ่งแผ่น ส่วนอีกครึ่งแผ่นที่เหลือปล่อยเอาไว้เพื่อใช้ปิดกล่อง บรรจุผักชีลงไปประมาณ 6 กิโลกรัม โดยกำหนดน้ำหนักแต่ละมัดประมาณ 200 กรัม โดยวาง 2 มัดแรก ในแนวขวาง ทางด้านที่

ไม่บุกระดาษหนังสือพิมพ์ จากนั้นวางผักชี 3 แถว แถวละประมาณ 10 มัด โดยหันรากมาทางด้านที่ไม่บุกระดาษหนังสือพิมพ์ รวมทั้งหมดประมาณ 29-30 มัด เมื่อบรรจุครบ 6 กิโลกรัม ใช้ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนปิดทับและนำกระดาษหนังสือพิมพ์อีกแผ่นมาปิด แล้วใส่น้ำแข็งลงไปให้ได้ประมาณครึ่งกล่อง ดังภาพที่ 9B-E ส่วนอีกครึ่งกล่องด้านบนที่เหลือจะใช้กระดาษหนังสือพิมพ์รองด้านล่างและบรรจุเช่นเดียวกัน เมื่อครบ 12 กิโลกรัม ใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนปิดทับและใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ครึ่งแผ่นที่เหลือทั้ง 3 ด้าน ที่ปล่อยเอาไว้มาปิด แล้วใส่น้ำแข็งลงไปให้เต็ม ดังภาพที่ 8F-G จากนั้นปิดฝากล่องโฟม ใช้สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น ดังภาพที่ 8H จากนั้นนำไปเรียงบนพาเลทและเก็บรักษาในห้องเย็น 7 องศาเซลเซียส เพื่อรอขนส่งต่อไป

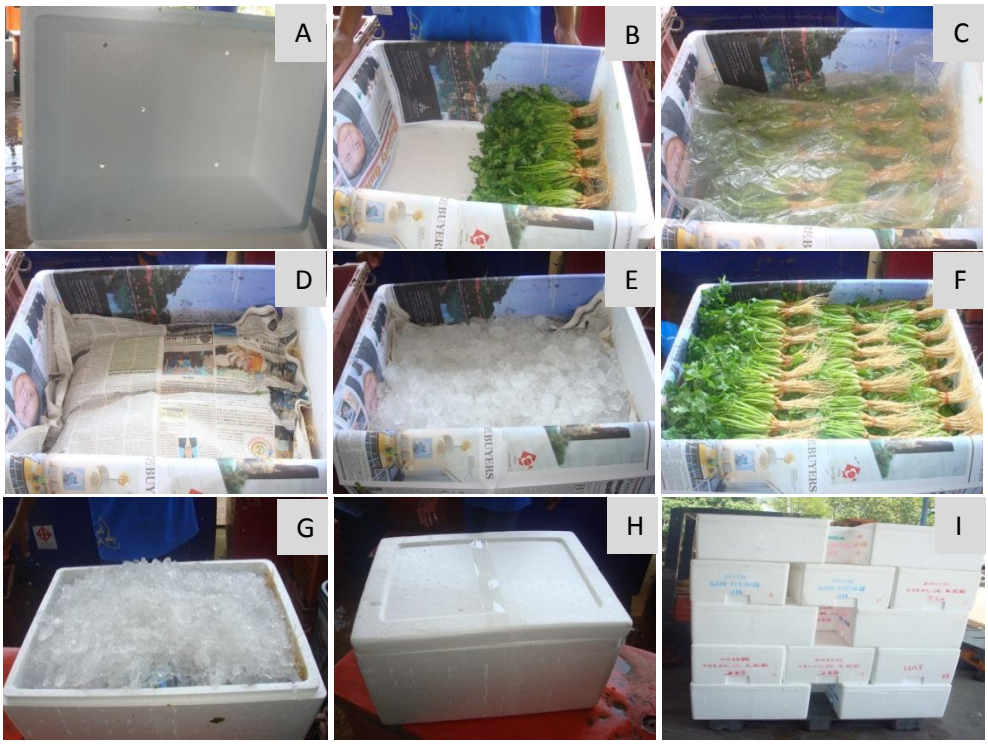


Figure 9 Preparation steps for the wholesale packed-coriander

2. การบรรจุเพื่อส่งแบบขายปลีก

นำผักชีที่ล้างทำความสะอาด มาแกะยางออกและล้างเฉพาะรากอีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 10A โดยมีการคัดเลือกใบแก่ ใบเหลือง ใบเน่า ใบช้ำ และใบที่ไม่สมบูรณ์ออกอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นชั่งผักชี 50 กรัม ใส่ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ขนาด 15×38 ตารางเซนติเมตร ที่เจาะรู 4 รู ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก ดังภาพที่ 10B-C แล้วบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนขนาดใหญ่ 40×65 ตารางเซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วยผักชี 40 ถุงเล็ก โดยผักชีมีน้ำหนักรวมเท่ากับ 2 กิโลกรัม/1 ถุงใหญ่ จากนั้นบรรจุลงในกล่องโฟม กล่องละ 4 ถุงใหญ่ ดังนั้นผักชีมีน้ำหนักรวมเท่ากับ 8 กิโลกรัม

เมื่อบรรจุครบ 4 ถุงใหญ่ ดังภาพที่ 10D ใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนปิดทับและทับปิดอีกครั้งด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ที่เหลือไว้ แล้วใส่น้ำแข็งที่บรรจุไว้ในถุงแล้วลงไปด้านบน ดังภาพที่ 10E จากนั้นปิดฝากล่องโฟม โดยลักษณะกล่องโฟมที่ใช้จะมีขนาด 45×60×30 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเจาะรูใต้กล่อง 5 รู เพื่อระบายน้ำออก แล้วใช้ สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น ดังภาพที่ 10F จากนั้นนำไปเรียงบนพาเลทและเก็บรักษาในห้องเย็น 7 องศาเซลเซียส เพื่อรอขนส่งต่อไป

Figure 10 Preparation steps for the retail packed-coriander

การขนส่งผักชีจะขนส่งโดยใช้รถที่มีตู้แช่ควบคุมอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการขนส่งผักชีจากบริษัทฯ จนถึงลูกค้า ภายใน 24 ชั่วโมง โดยกลุ่มลูกค้าจะเป็นกลุ่มลูกค้าส่ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นห้างสรรพสินค้า ในประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย

2. ศึกษาผลของระดับอุณหภูมิต่อคุณภาพผักชีระหว่างเก็บรักษา

การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผักชี เพื่อประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชีและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผักชีระหว่างการเก็บรักษา และมีการตรวจติดตามคุณภาพผักชีใน 2 ลักษณะ คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนเก็บรักษาในกล่องโฟม และผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม

จากการทดลองนำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ขนาด 15×38 เซนติเมตร หนา 25 ไมโครเมตร ที่เจาะรู 4 รู ปริมาณผักชีถุงละ 50 กรัม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก แล้วบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนขนาดใหญ่ 40×65 เซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วย 40 ถุงเล็ก โดยมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 2 กิโลกรัม/1 ถุงใหญ่ และจะบรรจุผักชี 4 ถุงใหญ่/1 กล่องโฟม ดังนั้นมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 8 กิโลกรัม/1 กล่องโฟม โดยกล่องโฟมมีขนาด 45×60×30 เซนติเมตร เมื่อบรรจุผักชีครบทั้ง 4 ถุงใหญ่ ในกล่องโฟม จะใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปิดทับด้านบน แล้วนำถุงพลาสติกใส่น้ำแข็งที่ปิดสนิท น้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม มาวางทับด้านบน โดยเติมน้ำแข็งเพียงครั้งเดียวเฉพาะวันเริ่มต้น และไม่มีการเปลี่ยนน้ำแข็งตลอดการเก็บรักษา จากนั้นปิดฝากล่องโฟม ใช้สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 10 (ในการทดลองตอนที่ 1) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 7 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจคุณภาพทุก 2 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพกายภาพ และคุณภาพทางเคมี จนกว่าผักชีจะสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 7 องศาเซลเซียส จะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม โดยมีวิธีการให้คะแนนทางคุณภาพผักชีเท่ากับ 5 ระดับคะแนน ดัดแปลงจากสเกลแบบลิเคิร์ท (Likert scale) โดยให้คะแนนคุณภาพที่มีต่อลักษณะผักชีเทียบจากรูปภาพการแบ่งเกรดของผักชี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ภาพที่ 4) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชี โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผักชีมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม เท่ากับ 5.00, 5.00 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ หลังจากนั้น

คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมของผักชีที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งระยะเวลาสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีจะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส และจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน โดยพบว่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และคุณภาพโดยรวมของผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส จะมีค่าน้อยกว่า 3 ในวันที่ 18 และ 16 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ดังนั้นผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย 16 และ 14 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 11) และเมื่อพิจารณาจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชี พบว่า ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม ต่ำกว่าผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผักชีจะมีใบเหลืองและมีลักษณะที่เหี่ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนเก็บรักษาในกล่องโฟม คือ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และจะใช้อุณหภูมินี้เพื่อใช้ศึกษาในตอนที่ 3.1 ต่อไป

2.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 7 องศาเซลเซียส ในเรื่องการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละใบเน่า ร้อยละใบเหลือง และค่าสี พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นและระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น ($p<0.05$) ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายนาน 16 และ 14 วัน ตามลำดับ และพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชี จะมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 6.47 และ 6.80 ตามลำดับ (ภาพที่ 12) การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ผักชีจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่เท่ากัน ($p<0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดการคายน้ำของผลิตผลมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) และผักเกิดการเหี่ยวมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Junka และคณะ (2007) ที่พบว่าการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผักชีจะมีการสูญเสียน้ำหนักและมีการเกิดใบเหลืองช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (20 และ 25 องศาเซลเซียส)

Table 5 Sensory evaluation score of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

Storage time (days)	Sensory evaluation score (Scale 1-5)					
	Color		Appearance		Overall quality	
	5^oC	7^oC	5^oC	7^oC	5^oC	7^oC
0	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$
2	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$
4	$4.90\pm0.32^{a, A}$	$4.70\pm0.48^{a, B}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, Ns}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$
6	$4.40\pm0.52^{b, NS}$	$4.30\pm0.48^{b, NS}$	$4.70\pm0.48^{a, NS}$	$4.50\pm0.53^{b, NS}$	$4.60\pm0.52^{b, A}$	$4.40\pm0.52^{b, B}$
8	$4.10\pm0.57^{b, A}$	$3.80\pm0.42^{c, B}$	$4.30\pm0.48^{b, A}$	$4.00\pm0.00^{c, B}$	$4.10\pm0.32^{c, A}$	$3.90\pm0.32^{c, B}$
10	$3.50\pm0.53^{c, A}$	$3.30\pm0.48^{d, B}$	$3.90\pm0.32^{c, A}$	$3.60\pm0.52^{d, B}$	$3.80\pm0.42^{cd, A}$	$3.40\pm0.52^{d, B}$
12	$3.30\pm0.48^{cd, NS}$	$3.20\pm0.42^{d, NS}$	$3.80\pm0.42^{c, A}$	$3.50\pm0.53^{de, B}$	$3.70\pm0.48^{d, A}$	$3.20\pm0.42^{d, B}$
14	$3.10\pm0.32^{d, NS}$	$3.00\pm0.47^{d, NS}$	$3.60\pm0.52^{cd, A}$	$3.20\pm0.42^{ef, B}$	$3.30\pm0.48^{e, A}$	$3.10\pm0.32^{de, B}$
16	$3.00\pm0.00^{d, A}$	$2.50\pm0.53^{e, B}$	$3.40\pm0.52^{de, A}$	$3.10\pm0.32^{f, B}$	$3.20\pm0.42^{e, A}$	$2.80\pm0.42^{e, B}$
18	2.60 ± 0.52^{e}		3.20 ± 0.42^{e}		2.80 ± 0.42^{f}	

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly different ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row in each attribute are significantly different ($p<0.05$).

- NS is non-significantly different ($p\geq0.05$).

Figure 11 Coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

Note: The end of storage life of coriander during storage in a foam box under 5°C is on the 16th day.

The end of storage life of coriander during storage in a foam box under 7°C is on the 14th day.

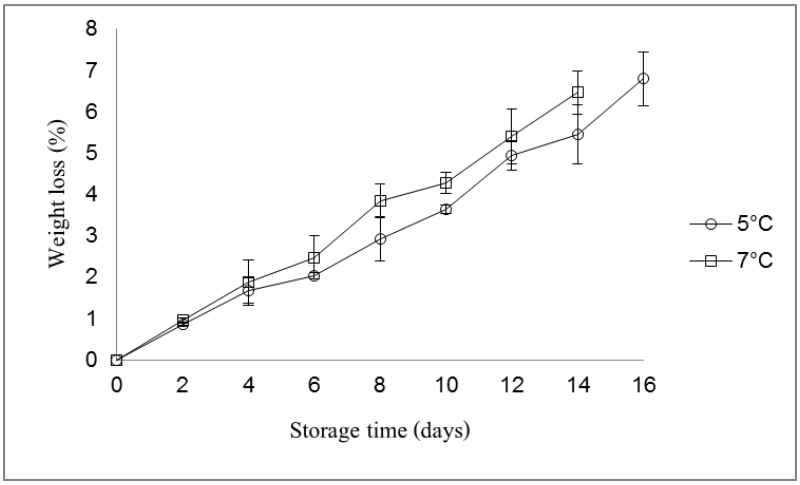


Figure 12 Weight loss in coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

จากการตรวจปริมาณใบเน่าของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) ผักชีเริ่มต้นมีปริมาณใบเน่า เท่ากับร้อยละ 0 การเก็บผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผักชีจะมีใบเน่าเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) จากการตรวจใบผักชีเน่าจะเริ่มพบในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่วนผักชีที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะเริ่มตรวจพบใบเน่าในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณใบเน่า เท่ากับร้อยละ 2.14 และ 2.37 เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 13A) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kim และคณะ (2007) ที่ศึกษาคุณภาพของผักชีระหว่างการเก็บรักษา โดยนำผักชีติดรากมาล้างทำความสะอาด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ตรวจการติดตามปริมาณใบเน่าของผักชีระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผักชีมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีมีปริมาณใบเน่าประมาณร้อยละ 2

จากการตรวจปริมาณใบเหลืองของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีมีปริมาณใบเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) ผักชีสดมีปริมาณใบเหลือง เท่ากับร้อยละ 0 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผักชีจะมีใบเหลืองเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) จากการตรวจใบผักชีเหลืองภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส จะเริ่มตรวจพบใบเหลืองตั้งแต่วันที่ 8 และ 6 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ การสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักชีเพื่อรอจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส คือ 16 และ 14 วัน ตามลำดับ โดยมีปริมาณใบเหลือง

เท่ากับร้อยละ 18.16 และ 18.64 ตามลำดับ ปริมาณใบเหลืองที่เกิดขึ้นมีผลสอดคล้องกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี โดยพบว่าคนจะไม่ยอมรับผักชีที่มีปริมาณใบเหลืองมากกว่าร้อยละ 25 ซึ่งในวันที่ 18 และ 16 ของการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณใบเหลืองเท่ากับร้อยละ 25.54 และ 26.78 ตามลำดับ (ภาพที่ 13B)

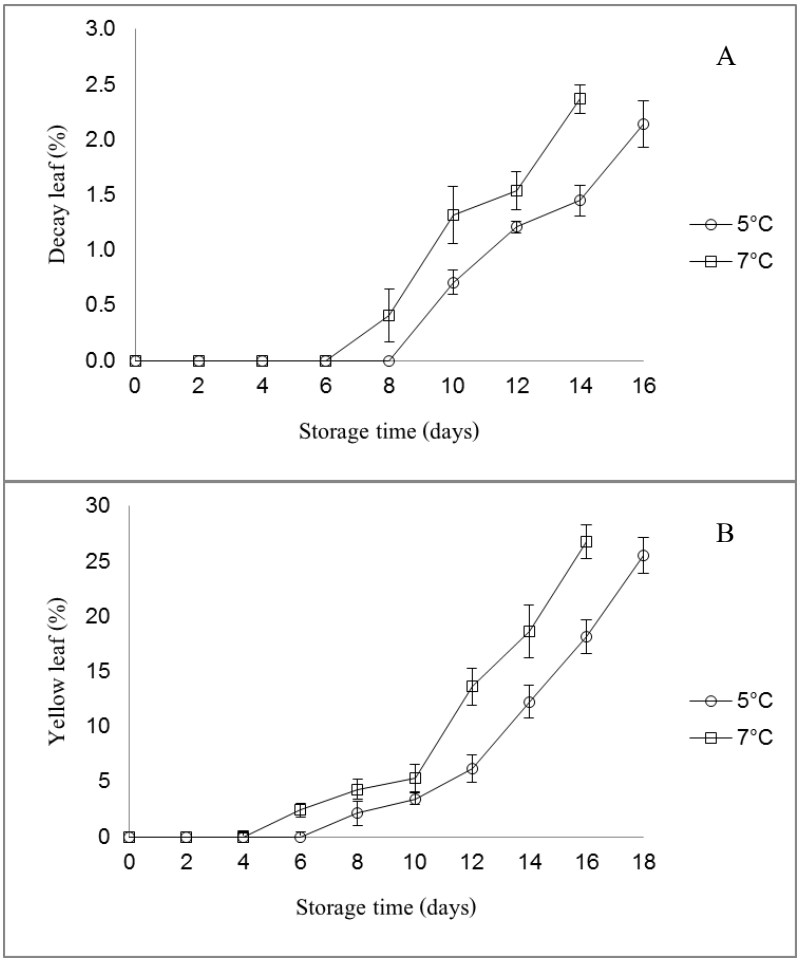


Figure 13 Percentage of decay leaf (A) and yellow leaf (B) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

จากการวัดค่าสีของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส โดยใช้ Hunter Lab ระบบ CIE และรายงานผลในรูป L*, a* และ b* โดยค่า L* แสดงถึงความสว่างของวัตถุ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า L* ($p<0.05$) ผักชีสดมีค่า L* เท่ากับ 42.28 ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีค่า L* เท่ากับ 47.59 และ 47.67 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 14A) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นความ

สว่างของใบผักชีจะเพิ่มขึ้น และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากัน ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะมีความสว่างของใบผักชีมากกว่าผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) ส่วนค่า a* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเขียว พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า a* ($p<0.05$) ค่า a* ในผักชีสดเท่ากับ -8.02 ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีค่า a* เท่ากับ -10.29 และ -11.03 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 14B) ส่วนค่า b* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า b* ($p<0.05$) ค่า b* ในผักชีสดเท่ากับ 22.45 ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีค่า b* เท่ากับ 27.69 และ 28.74 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 14C) ซึ่งผักชีจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาโดยเฉพาะในส่วนของใบ และเมื่อพิจารณาจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีสีเหลืองของใบผักชีมากกว่าผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากัน ($p<0.05$) และเมื่อนำค่า a* และ b* มาคำนวณเป็นค่า Hue angle และค่า Chroma โดยที่ค่า Hue angle เป็นค่าที่บ่งบอกโทนสีของวัตถุ ส่วนค่า Chroma เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มสี พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle และค่า Chroma เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า Hue angle จะลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า Chroma จะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักชีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่า Hue angle มากกว่า และมีค่า Chroma น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) โดยค่า Hue angle ของผักชีสดเท่ากับ 122.77 ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีค่า Hue angle เท่ากับ 118.01 และ 117.94 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 15A) เมื่อค่า Hue angle เข้าใกล้มุม 90^{o} วัตถุจะแสดงความเป็นสีเหลืองออกมา (h^{o}, 90^{o} = yellow) ส่วนค่า Chroma ของผักชีสดมีค่า 23.84 ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีค่า Chroma เท่ากับ 29.54 และ 30.78 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 15B) การเปลี่ยนเปลี่ยงสีของผักชีระหว่างการเก็บรักษามีผลมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Sapii *et al*., 2000) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดเมทาบอลิซึม และการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักชีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในผักชีจะเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า

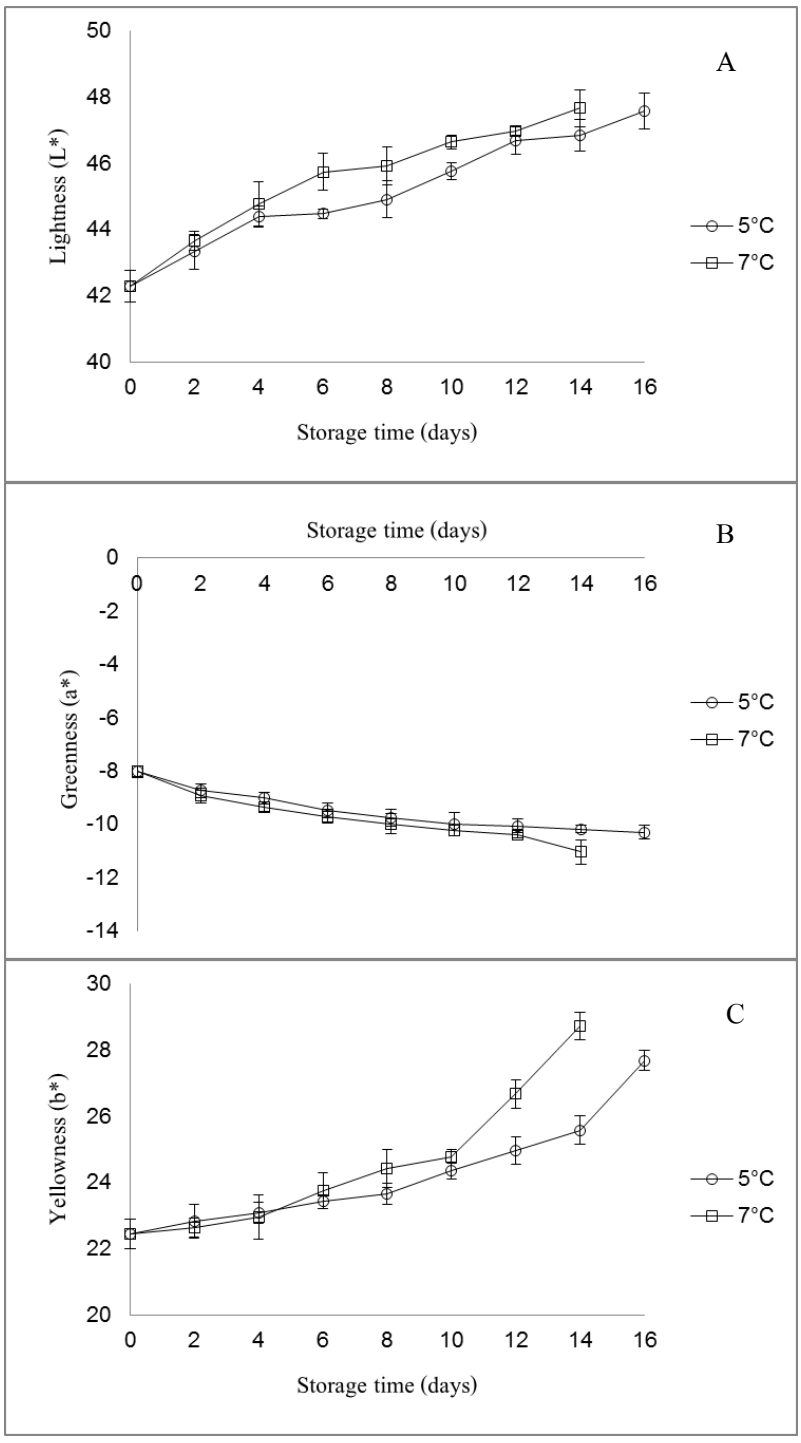


Figure 14 Lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

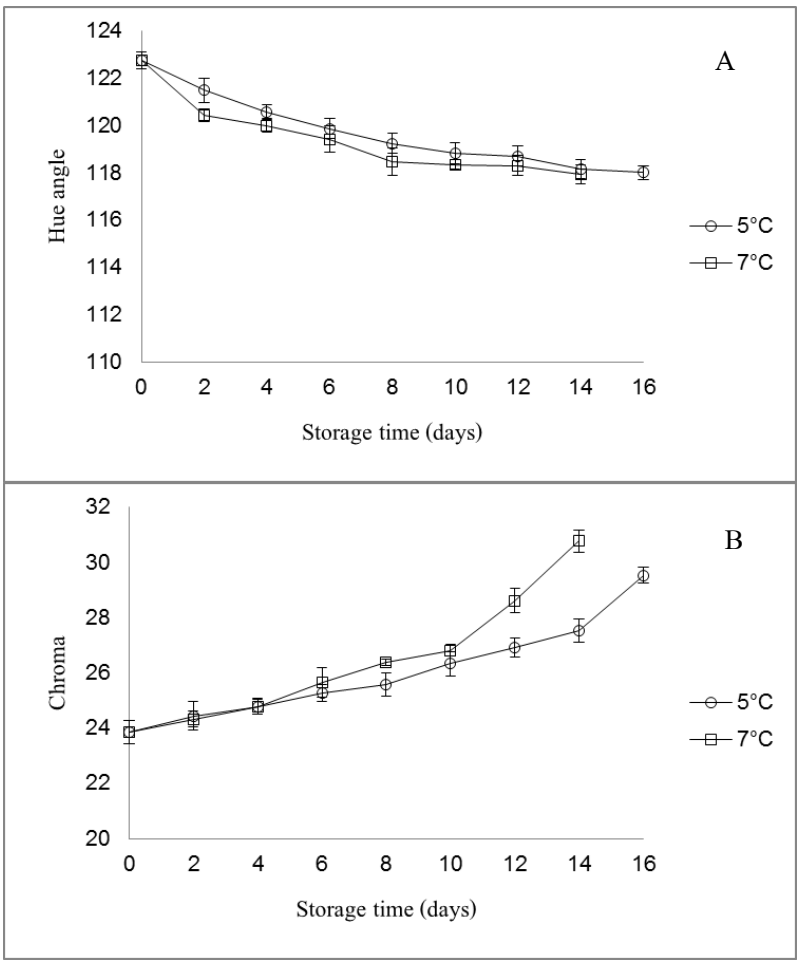


Figure 15 Hue angle (A) and chroma value (B) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

2.1.3 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 7 องศาเซลเซียส ในเรื่องปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิล์ พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน ($p<0.05$) เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นและระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ส่วนปริมาณก๊าซออกซิเจนจะลดลง ($p<0.05$) ผักชีสดในสภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 8.85 และ 9.05 ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับร้อยละ 10.98 และ 11.10 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ

(ภาพที่ 16A) และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 21.45 และ 21.14 ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเท่ากับร้อยละ 17.20 และ 16.64 ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 16B) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นสับสเตรทในกระบวนการหายใจและได้ผลิตภัณฑ์ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะเร่งให้ผักชีหายใจมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า (Cameron *et al*., 1995) ทำให้การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$)

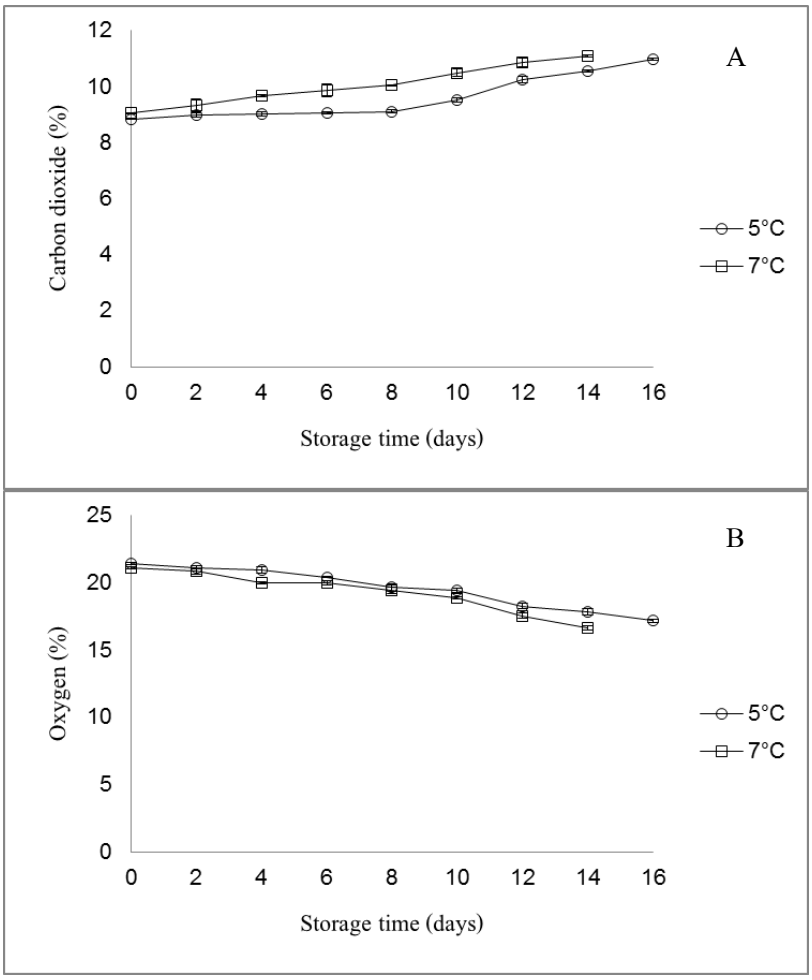


Figure 16 Carbon dioxide (A) and oxygen content (B) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

จากการตรวจติดตามปริมาณก๊าซเอทิลีนของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณก๊าซเอทิลีน ($p<0.05$) ผักชีสดในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซเอทิลีนเริ่มต้นเท่ากับ 1.860 และ 1.980 µl/kg.h FW ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซเอทิลีนเท่ากับ 3.612 และ 3.900 µl/kg.h FW ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 17) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะชะลอการผลิตก๊าซเอทิลีนได้ดีกว่าการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Hassan และ Mahfouz (2012) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผักชี โดยเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการผลิตก๊าซเอทิลีนได้ โดยผักชีสดมีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับ 2 nl/g.h FW ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับ 2.5 และ 4 nl/g.h FW เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 8 และ 5 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากก๊าซเอทิลีนจะถูกยับยั้งที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งก๊าซเอทิลีนจะมีผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Tulio *et al*., 2002)

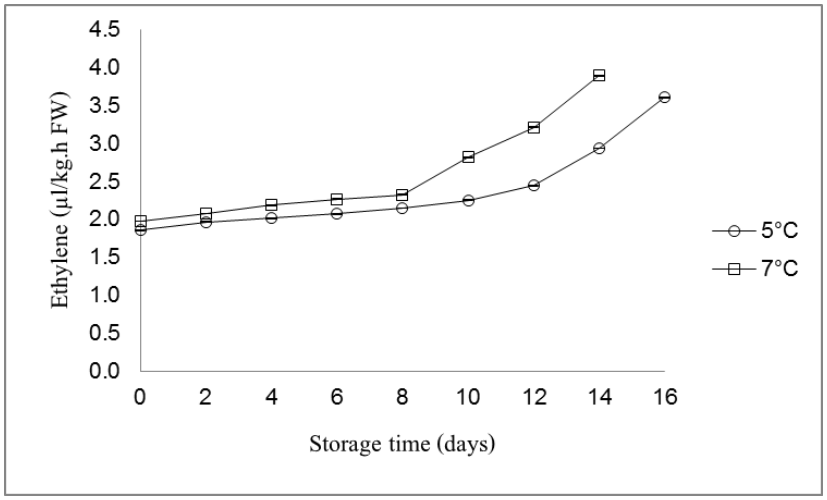


Figure 17 Ethylene production of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นและระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ลดลง ($p<0.05$) การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลงมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) โดยผักชีสดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 82.24, 43.38 และ 135.25 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 54.45, 25.55 และ 86.16 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 ส่วนผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 53.39, 25.28 และ 84.29 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 14 (ภาพที่ 18) สอดคล้องกับการศึกษาของ Hassan และ Mahfouz (2012) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผักชี โดยคัดเลือกผักชีติดรากที่มีขนาดสม่ำเสมอ มาล้างทำความสะอาด แล้วเป่าให้แห้ง จากนั้นนำมาบรรจุในถาดพลาสติกโพลิโพรพิลีน แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลิไวนิลคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส และตรวจพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาในทุกอุณหภูมิ ($p<0.05$) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักชีเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1.28 และ 1.19 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 8 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 0.99 และ 0.81 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ทั้งนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ผักชีจะเสื่อมเสียได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการเก็บรักษาอุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดเร็วขึ้น รวมทั้งเร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) แต่อย่างไรก็ตามการเก็บผักชีที่อุณหภูมิต่ำ ที่ 1-2 องศาเซลเซียส มีผลให้เกิดอาการสะท้านหนาวในผักชีได้ (Loaiza and Cantwell, 1997)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นและระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ผักชีสดมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 13.02 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 24.29 และ 25.45 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับเมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ

(ภาพที่ 19) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาผักชี พบว่า ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้นจะสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เนื่องจากเมื่อคลอโรฟิลล์สลายตัว สีเหลืองของแคโรทีนอยด์ที่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้จึงปรากฏให้เห็น (Yumauchi and Watada, 1998)

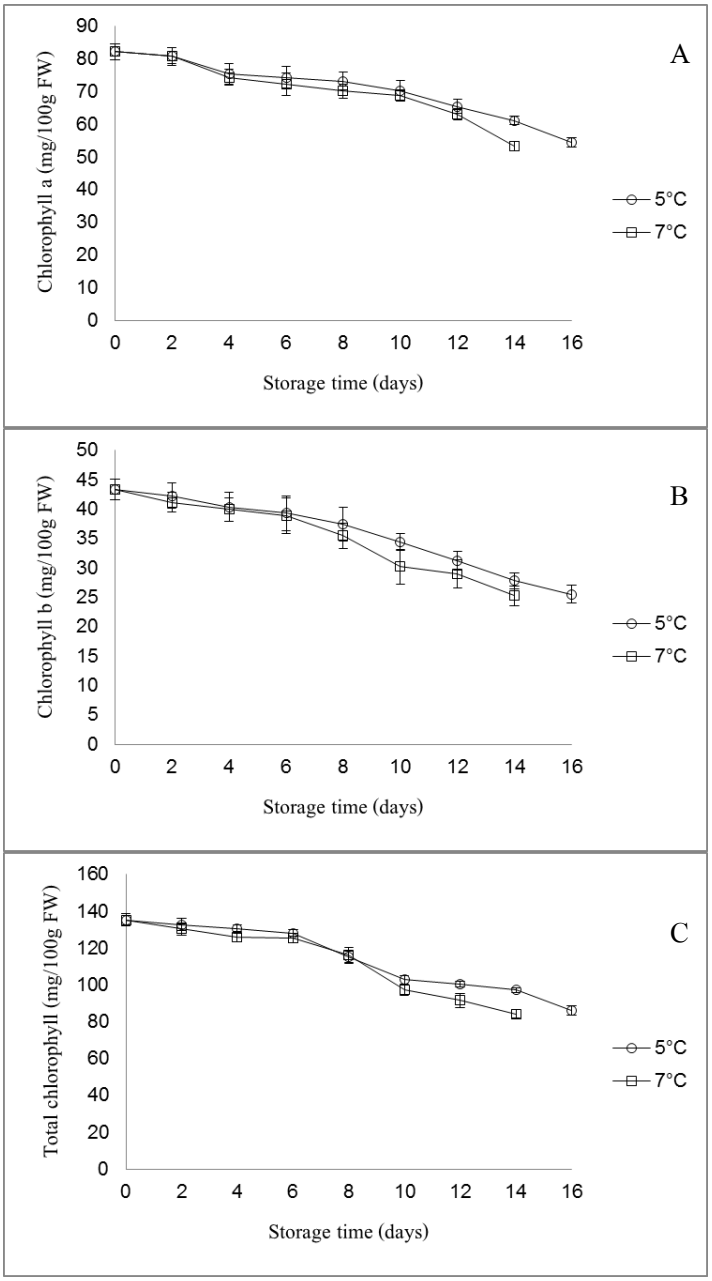


Figure 18 Chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and total chlorophyll (C) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

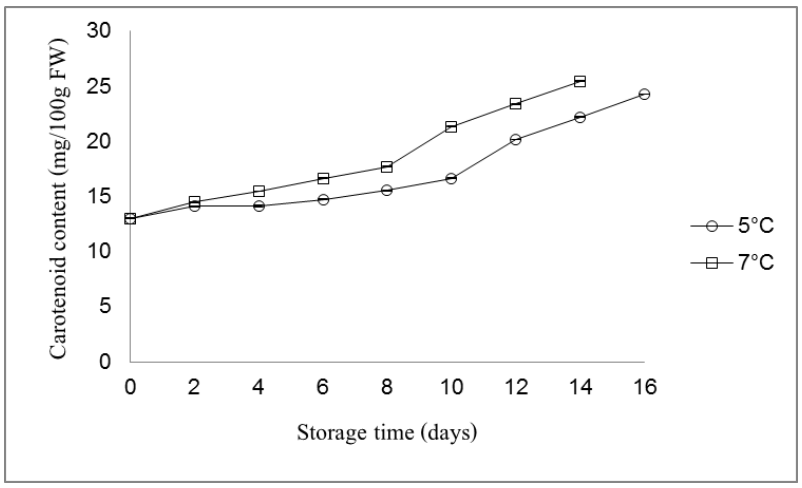


Figure 19 Carotenoid content of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส ได้แก่ Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Pheophytinase พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ($p<0.05$) โดยผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เริ่มต้นเท่ากับ 0.85 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เท่ากับ 2.43 และ 2.55 Unit/mg protein ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 20A) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาผักชี พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) การทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase จะทำให้ส่วนไฟทอลหลุดออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ในระหว่างการเก็บรักษา ได้เป็นคลอโรฟิลล์ไลด์ ซึ่งมีสีเขียวสว่าง ทำให้ผักชีเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเขียวสว่าง (Amir-Shapira *et al*., 1987; Shimokawa *et al*., 1987) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าความสว่าง (L*) ของผักชีที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ($p<0.05$) โดยผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เริ่มต้นเท่ากับ 0.17 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เท่ากับ 0.45 และ 0.48 Unit/mg protein ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 20B) เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาผักชี พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) ซึ่งเอนไซม์ Mg-dechelatase จะทำหน้าที่ย้ายอะตอมของ Mg^{2+} จากโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ไลด์ แล้วแทนที่ด้วย H^{+} ทำให้ได้ฟีโอฟอร์ไบด์ ซึ่งมีสีน้ำตาล การเกิดอนุพันธ์ของฟีโอฟอร์ไบด์ มีผลทำให้ผักเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Langmeier *et al*., 1993) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่า Hue angle ของผักชีที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่า Hue angle เป็นค่าที่แสดงถึงเฉดสีของวัตถุ และมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีจากสีเขียวเป็นเป็นเฉดสีเหลืองและสีน้ำตาลมากขึ้น และสอดคล้องกับค่า b* ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงความเป็นสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ($p<0.05$) กิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เริ่มต้นเท่ากับ 1.02 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เท่ากับ 2.03 และ 2.17 Unit/mg protein ตามลำดับ เมื่อถึงวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ (ภาพที่ 20C) การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) ซึ่ง Pheophytinase เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ดึงทั้งหมู่ไฟทอล และอะตอมของ Mg^{2+} ออกจากโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ได้เป็นฟีโอฟอร์ไบด์ และมีสีน้ำตาล (Langmeier *et al*., 1993) ทั้งนี้การเกิดสีน้ำตาลของผักระหว่างการเก็บรักษา ถือเป็นตำหนิ ส่งผลต่อการยอมรับ และมีผลต่อการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

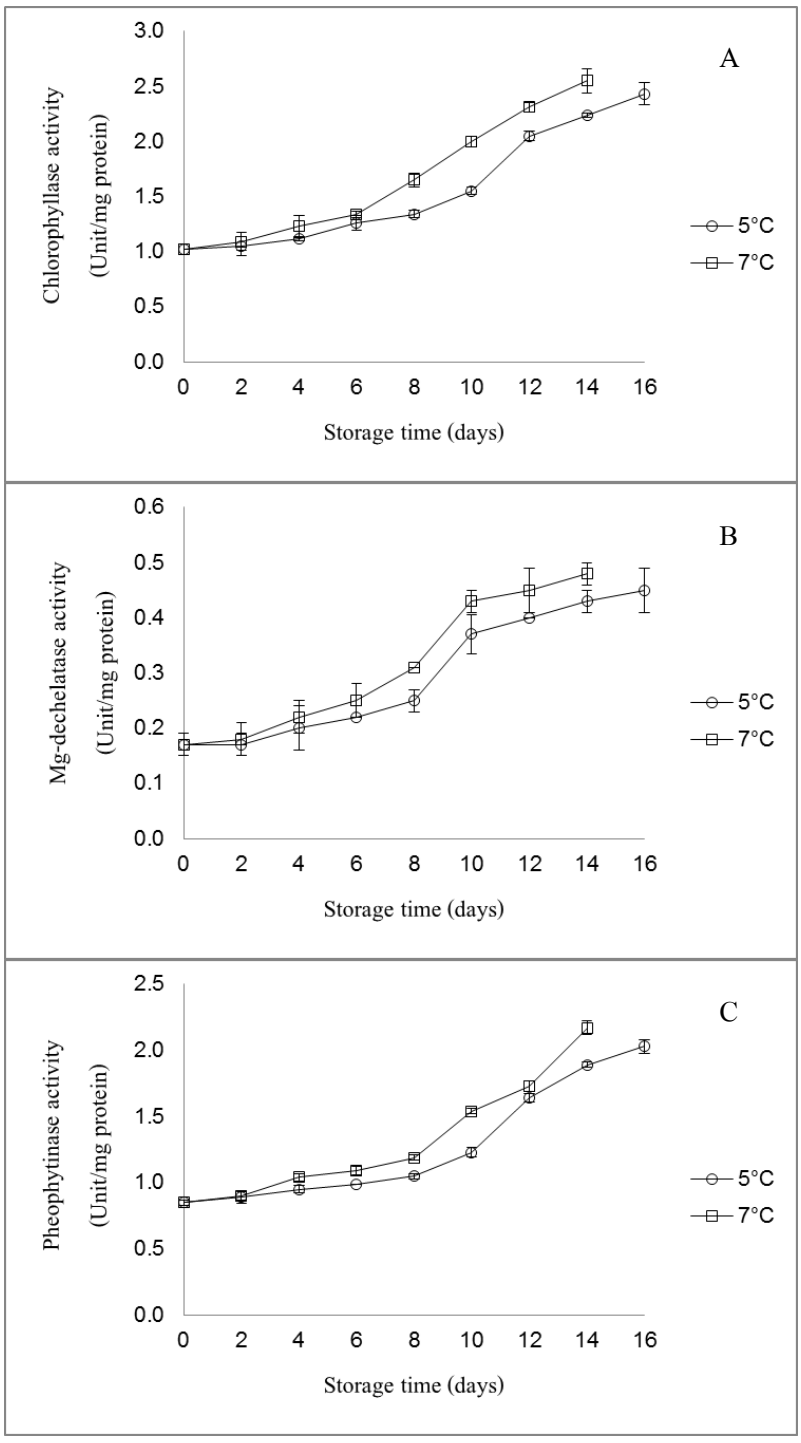


Figure 20 Chlorophyllase (A), Mg-dechelatase (B) and pheophytinase activity (C) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage in a foam box under different temperatures

2.2 ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา เพื่อประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชี โดยสุ่มตรวจคุณภาพผักชีระหว่างการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน โดยมีการดำเนินการดังนี้ นำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ขนาด 15×38 เซนติเมตร หนา 25 ไมโครเมตร ที่เจาะรู 4 รู ปริมาณถุงละ 50 กรัม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก จากนั้นไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส สุ่มตรวจคุณภาพทุก 2 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี จนกว่าผักชีจะสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.2.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส จะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม โดยมีวิธีการให้คะแนน ดัดแปลงจากสเกลแบบลิเคิร์ท (Likert scale) ด้วยคะแนนเต็ม 5 คะแนน โดยให้คะแนนคุณภาพที่มีต่อลักษณะผักชีเทียบจากรูปภาพการแบ่งเกรดของผักชี (ภาคผนวก ภาพที่ 4) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชี โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม เท่ากับ 5.00, 5.00 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ หลังจากนั้นคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมของผักชีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งระยะเวลาสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายผักชีจะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส และจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน จะถือว่าสิ้นสุดการวางจำหน่าย ซึ่งจากการทดลองพบว่า คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และคุณภาพโดยรวมของผักชีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส จะมีค่าน้อยกว่า 3 คะแนน ในวันที่ 16, 12 และ 8 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ดังนั้นผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่าย เท่ากับ 14, 10 และ 6 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 22) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชี พบว่า ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม ต่ำกว่าผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผักชีจะมีใบเหลืองและเหี่ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน คือ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และจะใช้อุณหภูมินี้เพื่อใช้ศึกษาในตอนที่ 3.2 ต่อไป ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผล

การทดลองตอนที่ 2.1 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม คือ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

2.2.2 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ในเรื่องร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละใบเน่า ร้อยละใบเหลือง และค่าสี พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นและระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น ($p<0.05$) ผักชีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 14, 10 และ 6 วัน ตามลำดับ และพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผักชีจะมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 7.05, 7.65 และ 9.98 ตามลำดับ (ภาพที่ 21) การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิสูง (10 องศาเซลเซียส) จะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p<0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 2.1 ที่พบว่าการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส จะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดการคายน้ำของผลิตผลมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และผักเกิดการเหี่ยวมากขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

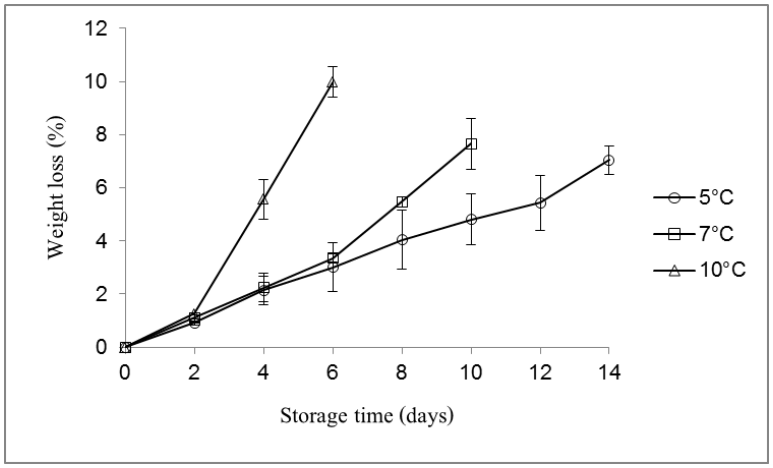


Figure 21 Weight loss in coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

Table 6 Sensory evaluation score of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

Storage time (days)	Sensory evaluation score (Scale 1-5)								
	Color			Appearance			Overall quality		
	5°C	7°C	10°C	5°C	7°C	10°C	5°C	7°C	10°C
0	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
2	4.78±0.44$^{a, A}$	4.67±0.50$^{a, B}$	4.67±0.50$^{a, B}$	4.89±0.33$^{ab, A}$	4.78±0.44$^{ab, B}$	4.67±0.50$^{ab, C}$	4.78±0.44$^{ab, A}$	4.56±0.53$^{b, B}$	4.56±0.53$^{b, B}$
4	4.22±0.44$^{b, NS}$	4.11±0.60$^{b, NS}$	4.11±0.33$^{b, NS}$	4.44±0.53$^{bc, A}$	4.22±0.67$^{bc, B}$	4.22±0.67$^{b, B}$	4.44±0.53$^{bc, A}$	4.22±0.83$^{bc, B}$	4.11±0.78$^{b, B}$
6	3.89±0.33$^{bc, A}$	3.78±0.44$^{bc, B}$	3.00±0.50$^{c, C}$	4.11±0.60$^{cd, A}$	4.00±0.71$^{cd, A}$	3.56±0.53$^{c, B}$	4.00±0.50$^{cd, A}$	3.78±0.44$^{cd, B}$	3.44±0.53$^{c, C}$
8	3.56±0.53$^{cd, A}$	3.56±0.53$^{c, A}$	2.78±0.44$^{c, B}$	3.78±0.44$^{de, A}$	3.78±0.44$^{de, A}$	3.11±0.78$^{c, B}$	3.67±0.50$^{de, A}$	3.56±0.53$^{de, B}$	2.99±0.33$^{d, C}$
10	3.33±0.50$^{de, A}$	3.00±0.71$^{d, B}$		3.56±0.53$^{e, A}$	3.44±0.53$^{de, B}$		3.56±0.53$^{ef, A}$	3.44±0.53$^{de, B}$	
12	3.22±0.44$^{e, A}$	2.67±0.50$^{d, B}$		3.44±0.53$^{e, A}$	3.33±0.71$^{e, B}$		3.33±0.50$^{ef, A}$	2.98±0.50$^{e, B}$	
14	3.00±0.50^{ef}			3.33±0.71^{e}			3.22±0.44^{f}		
16	2.78±0.44^{f}			3.22±0.67^{e}			2.98±0.60^{g}		

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row in each attribute are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Figure 22 Coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperature

Note: The end of storage life of coriander during storage under 5°C is on the 14th day.

The end of storage life of coriander during storage under 7°C is on the 10th day.

The end of storage life of coriander during storage under 10°C is on the 6th day.

จากการตรวจปริมาณใบเน่าของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) ผักชีสดมีปริมาณใบเน่าเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 0 การเก็บผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะมีใบเน่าเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) ผักชีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เริ่มตรวจพบใบเน่าในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ในขณะที่การเก็บรักษาผักชีภายใต้อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส จะตรวจพบใบเน่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และเมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ พบว่า มีปริมาณใบเน่า เท่ากับร้อยละ 1.05, 1.31 และ 1.38 ตามลำดับ (ภาพที่ 23A) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim และคณะ (2007) ที่ติดตามตรวจสอบคุณภาพของผักชีระหว่างการเก็บรักษา นาน 14 วัน โดยตรวจปริมาณใบเน่าของผักชีระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (14 วัน) ผักชีมีปริมาณใบเน่าเท่ากับร้อยละ 2

จากการตรวจปริมาณใบเหลืองของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผักชีมีปริมาณใบเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) ผักชีสดมีปริมาณใบเหลืองเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 0 การเก็บผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะมีใบเหลืองเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) โดยผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เริ่มตรวจพบใบเหลืองในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ในขณะที่การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส จะตรวจพบใบเน่าในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และเมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย ผักชีที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียสในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ มีปริมาณใบเหลือง เท่ากับร้อยละ 15.79, 16.05 และ 17.13 ตามลำดับ (ภาพที่ 23B) ผักชีที่มีปริมาณใบเหลืองมากกว่าร้อยละ 25 จะไม่ถูกยอมรับ ซึ่งปริมาณใบเหลืองที่เกิดขึ้นมีผลสอดคล้องกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ซึ่งในวันที่ 16, 12 และ 8 ของการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณใบเหลืองเท่ากับร้อยละ 26.04, 26.34 และ 27.58 ตามลำดับ (ภาพที่ 23B)

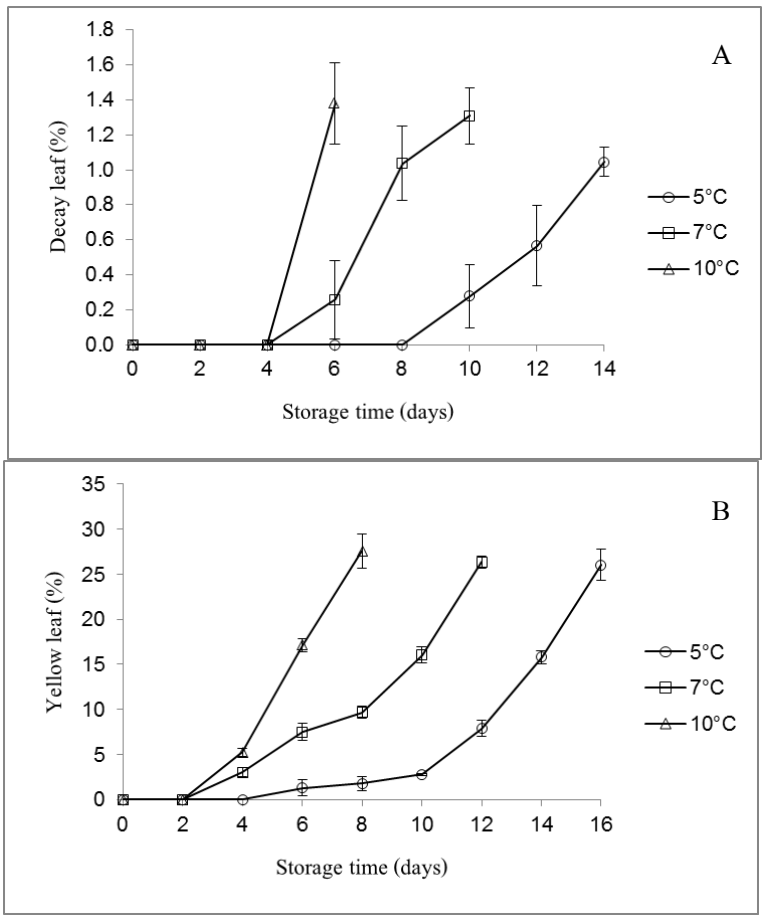


Figure 23 Percentage of decay leaf (A) and yellow leaf (B) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

จากการวัดค่าสีของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ในรูปค่า L*, a* และ b* พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า L* ($p<0.05$) ผักชีสดมีค่า L* เท่ากับ 42.40 เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายผักชีที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ พบว่า ผักชีมีค่า L* เท่ากับ 47.48, 47.09 และ 47.82 ตามลำดับ (ภาพที่ 24A) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นความสว่างของใบผักชีจะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase จะทำให้ส่วนไฟทอลหลุดออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ในระหว่างการเก็บรักษาได้เป็นคลอโรฟิลล์ไลด์ ซึ่งมีสีเขียวสว่าง จึงทำให้ผักชีเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเขียวสว่าง (Shimokawa *et al*., 1987; Amir-Shapira *et al*., 1987) และเมื่อพิจารณาจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา พบว่า ผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีความสว่างของใบผักชีมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาในระยัเวลาที่

เท่ากัน ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า a* ($p<0.05$) ผักชีสดมีค่า a* เท่ากับ -7.26 ส่วนผักชีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่า a* เท่ากับ -9.44, -9.51 และ -9.65 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 24B) ส่วนการตรวจติดตามค่า b* พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า b* ($p<0.05$) โดยผักชีสดมีค่า b* เท่ากับ 23.24 ผักชีเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่า b* เท่ากับ 27.83, 27.25 และ 27.63 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 24C) ซึ่งผักชีจะมีสีเหลืองโดยเฉพาะในส่วนของใบเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นสีเหลืองของใบผักชีจะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และเมื่อนำค่า a* และ b* มาคำนวณเป็นค่า Hue angle และค่า Chroma พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า Hue angle และค่า Chroma ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า Hue angle จะลดลง ($p<0.05$) ส่วนค่า Chroma จะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่า Hue angle มากกว่า และค่า Chroma จะน้อยกว่าการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p<0.05$) ผักชีสดมีค่า Hue angle เท่ากับ 128.27 ส่วนผักชีเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่า Hue angle เท่ากับ 117.31, 117.73 และ 118.03 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 25A) ส่วนค่า Chroma ของผักชีสดมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 24.35 ส่วนผักชีเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่า Chroma เท่ากับ 28.86, 29.27 และ 29.38 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 25B) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงสีของใบผักชีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองจะเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 2.1 ที่พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงสีของใบผักชีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองจะเกิดขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนเปลี่ยงสีของผักชีระหว่างการเก็บรักษามีผลมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Pheophytinase (Kaewsuksang, 2011)

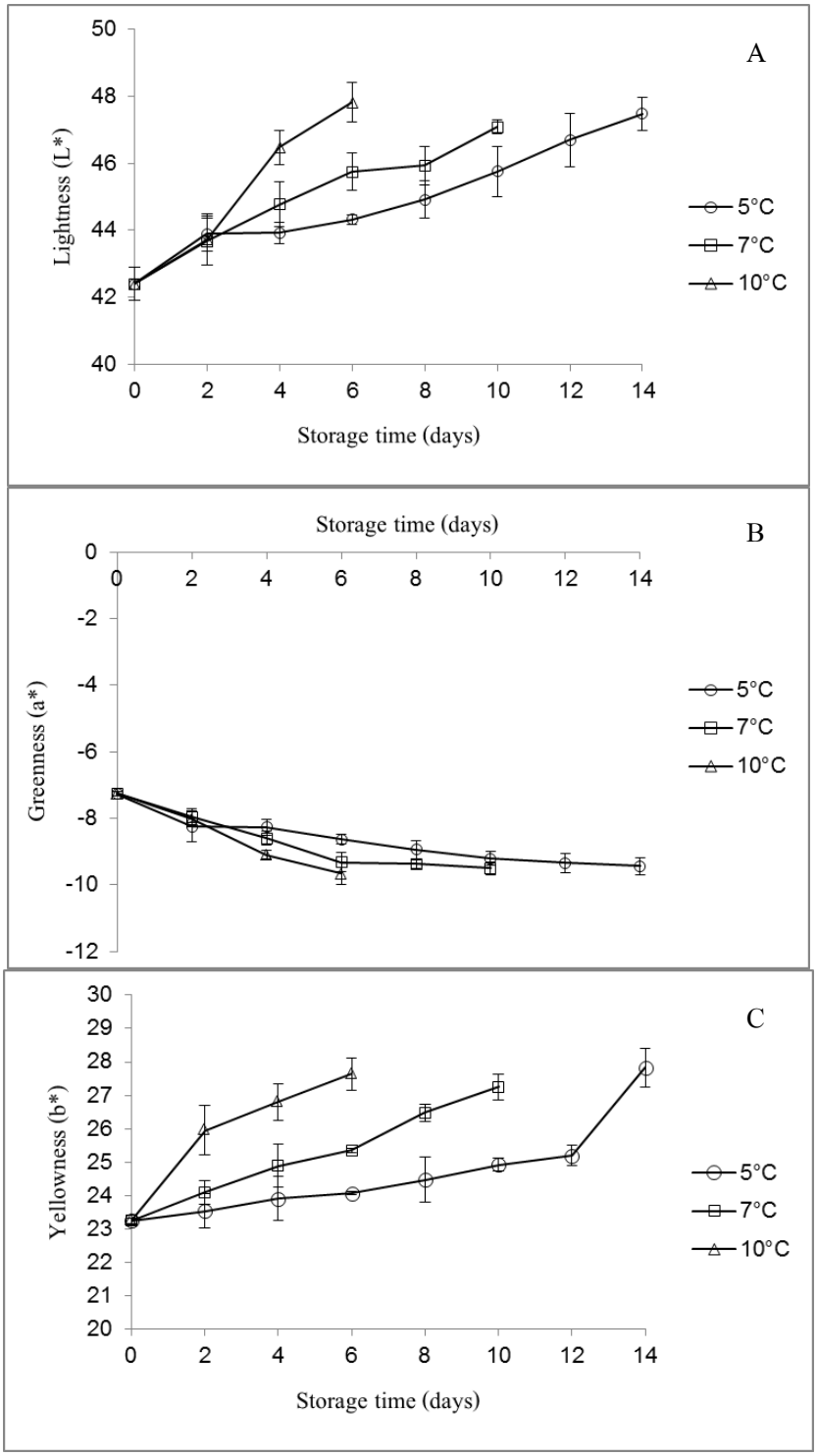


Figure 24 Lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

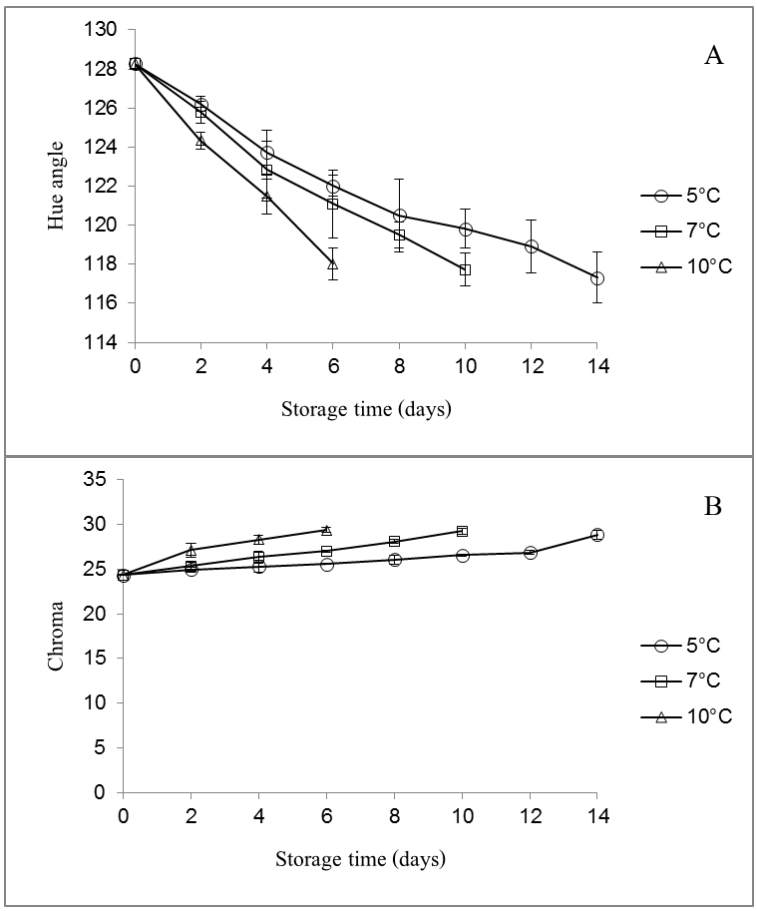


Figure 25 Hue angle (A) and chroma value (B) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

2.2.3 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ในเรื่องปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ($p<0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาสูงขึ้น ผักชีจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง ($p<0.05$) ผักชีสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 10.11, 10.75 และ 11.59 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับร้อยละ 11.92, 11.96 และ 12.83 ตามลำดับ (ภาพที่ 26A) ส่วนปริมาณ

ก๊าซออกซิเจนเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 21.79, 19.75 และ 19.26 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ มีปริมาณก๊าซออกซิเจน เท่ากับร้อยละ 17.17, 17.15 และ 16.15 ตามลำดับ (ภาพที่ 26B) การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุด เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่เท่ากัน ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเร่งให้ผักชีหายใจมากขึ้น โดยใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจขึ้น และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากขึ้น

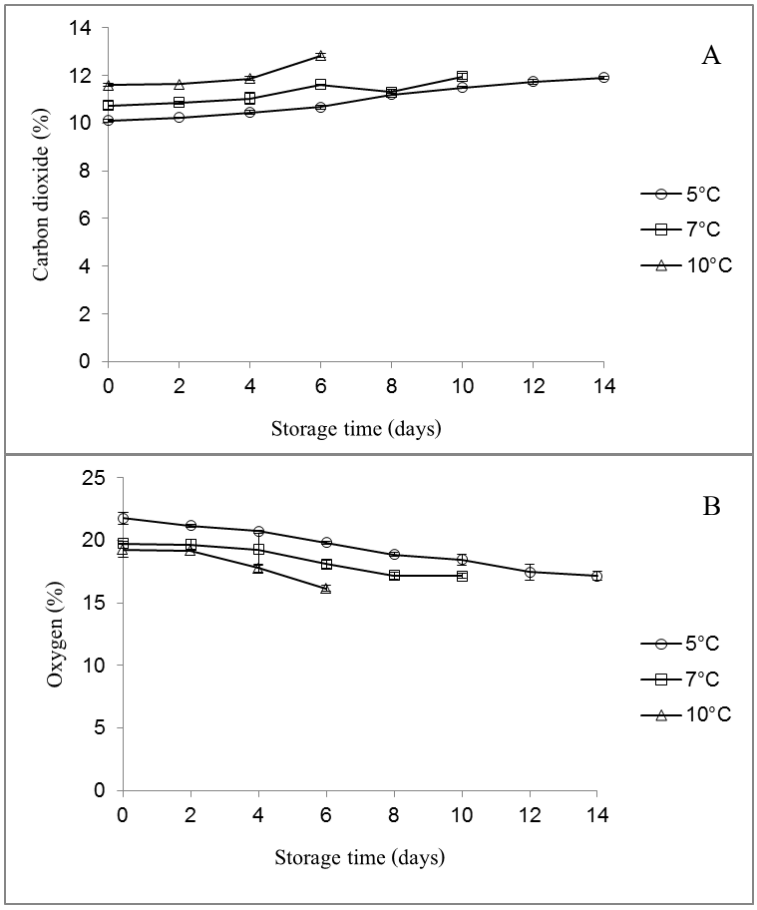


Figure 26 Carbon dioxide (A) and oxygen content (B) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

จากการตรวจติดตามปริมาณก๊าซเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษาผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณก๊าซเอทิลีน ($p<0.05$) ผักชีสดเก็บภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซเอทิลีนเริ่มต้นเท่ากับ 2.154, 2.322 และ 2.582 µl/kg.h FW ตามลำดับ และผักชีที่ผ่านการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซเอทิลีน เท่ากับ 4.518, 4.695

และ 5.034 µl/kg.h FW ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 27) การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะชะลอการผลิตก๊าซเอทิลีนได้ดีกว่าการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 7 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากการสังเคราะห์เอทิลีนจะถูกยับยั้งเมื่อที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำให้เอทิลีนไม่สามารถเหนี่ยวนำให้ผักเกิดการเสื่อมสภาพได้ (Yang and Hoffman, 1984)

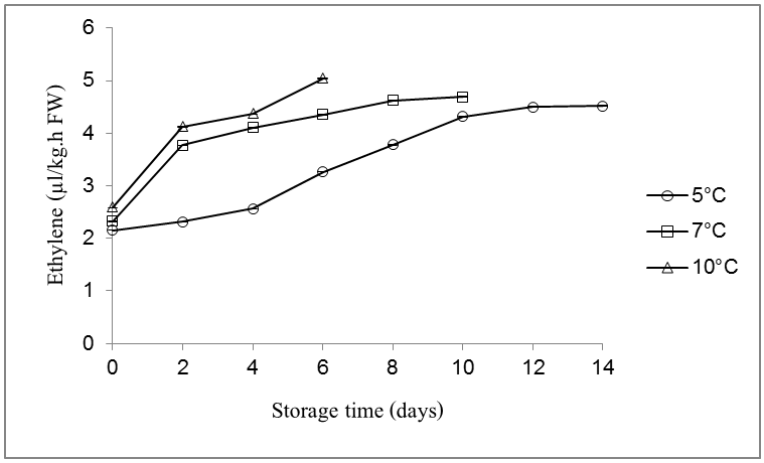


Figure 27 Ethylene production of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่างการเก็บรักษาผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผักชีจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดจะลดลงมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p<0.05$) ผักชีสดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 80.23, 40.41 และ 140.45 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่าผักชีที่ผ่านการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด 14 วัน จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 55.40, 22.44 และ 78.75 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย (ภาพที่ 29) การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ถือเป็นปัญหาหลักของเก็บรักษาผักใบเขียว ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคุณภาพและส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และสอดคล้องกับการศึกษาของทิตา สุนทรวิภาค (2555) ที่ศึกษาคุณภาพของใบมะกรูดระหว่างการเก็บ

รักษาในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และติดตาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดจะลดลงหลังจากการเก็บรักษา ใบมะกรูดสดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 124 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ จนกระทั่งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา นาน 11 วัน จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเหลือเท่ากับ 102 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษาผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ผักชีสดมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 13.21 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ผักชีที่ผ่านการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 23.62, 23.90 และ 23.90 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 28) ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้นจะสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เนื่องจากโดยธรรมชาติของพืชจะมีการสร้างแคโรทีนอยด์อยู่แล้วตั้งแต่กระบวนการเจริญเติบโต แต่สีเหลืองของแคโรทีนอยด์จะถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์ซึ่งมีอยู่มากกว่าบดบังไว้ แต่เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะมีความคงตัวน้อยกว่ากว่าแคโรทีนอยด์ ระหว่างพืชเจริญเติบโตจนถึงระยะสุก และมีการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัว สีเหลืองของแคโรทีนอยด์ที่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ ปรากฏให้เห็น (Yumauchi and Watada, 1998) อีกทั้งในระหว่างการเก็บรักษาพืชยังคงมีการหายใจอยู่ และมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นด้วย ในส่วนของคลอโรพลาสต์ของเซลล์พืช (Gross, 1987)

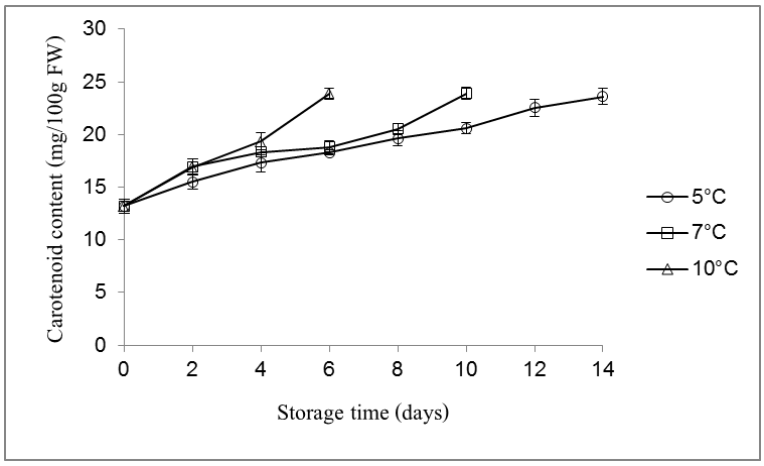


Figure 28 Carotenoid content of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

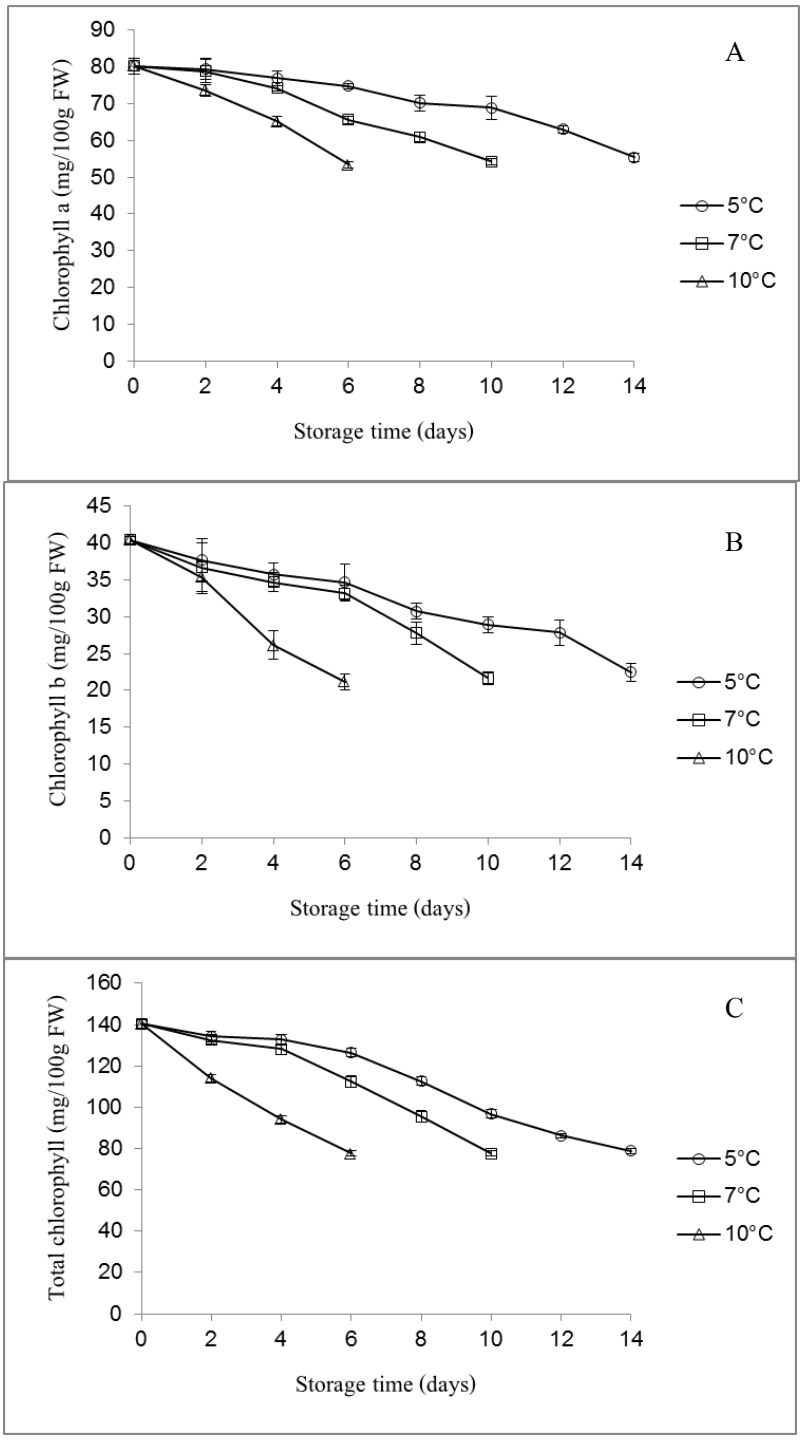


Figure 29 Chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and total chlorophyll (C) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ได้แก่ Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Pheophytinase ระหว่างการเก็บรักษาผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ($p<0.05$) ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เริ่มต้นเท่ากับ 0.99 Unit/mg protein และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา และพบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผักชีที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เท่ากับ 2.12, 2.18 และ 2.27 Unit/mg protein ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p<0.05$) หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย ผักชีที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ มีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เท่ากับ 2.53, 2.57 และ 2.60 Unit/mg protein ตามลำดับ (ภาพที่ 30A) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการทำงานของกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ Chlorophyllase ต่อการเกิดกิจกรรม คืออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีพีเอชเหมาะสม เท่ากับ 7.0 (Tatmala *et al*., 2014) ในขณะที่ผักชีสดมีพีเอช เท่ากับ 6.5

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ระหว่างการเก็บรักษาผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ($p<0.05$) ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เริ่มต้นเท่ากับ 0.20 Unit/mg protein เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาผักชี พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส ($p<0.05$) และเมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส ในวันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ มีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เท่ากับ 0.46, 0.49 และ 0.54 Unit/mg protein ตามลำดับ (ภาพที่ 30B) การเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะที่เหมาะสมต่อกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และพีเอช เท่ากับ 7.1-8.6 (Costa *et al*., 2002)

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ระหว่างการเก็บรักษาผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ($p<0.05$) ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เริ่มต้นเท่ากับ 1.14 Unit/mg protein เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาผักชี พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง 10 องศาเซลเซียส จะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 และ 5 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน ($p<0.05$) เมื่อสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส วันที่ 14, 10 และ 6 ตามลำดับ มีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เท่ากับ 1.93, 1.96 และ 1.96 Unit/mg protein ตามลำดับ (ภาพที่ 30C) การเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิต่ำสามารถที่จะชะลอกิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะที่เหมาะสมต่อกิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase คือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และพีเอช เท่ากับ 8.0 (Tatmala *et al*., 2014) ซึ่งเอนไซม์ Pheophytinase เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยทำหน้าที่ดึงทั้งหมู่ไฟทอล และอะตอมของ Mg^{2+} ออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ได้เป็นฟีโอฟอร์ไบด์ ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักชีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณคอลโรฟิลล์ระหว่างการเก็บรักษา การเกิดอนุพันธ์ของฟีโอฟอร์ไบด์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลในผักใบเขียวระหว่างการเก็บรักษา ถือเป็นตำหนิของผัก และส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาด้วยเช่นกัน (Langmeier *et al*., 1993) สอดคล้องกับค่า Hue angle ของผักชีที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่า Hue angle เป็นค่าที่แสดงถึงเฉดสีของวัตถุ และมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีจากสีเขียวเป็นเป็นเฉดสีเหลืองมากขึ้น และสอดคล้องกับค่า b* ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงความเป็นสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นตลอดอายุการวางจำหน่าย

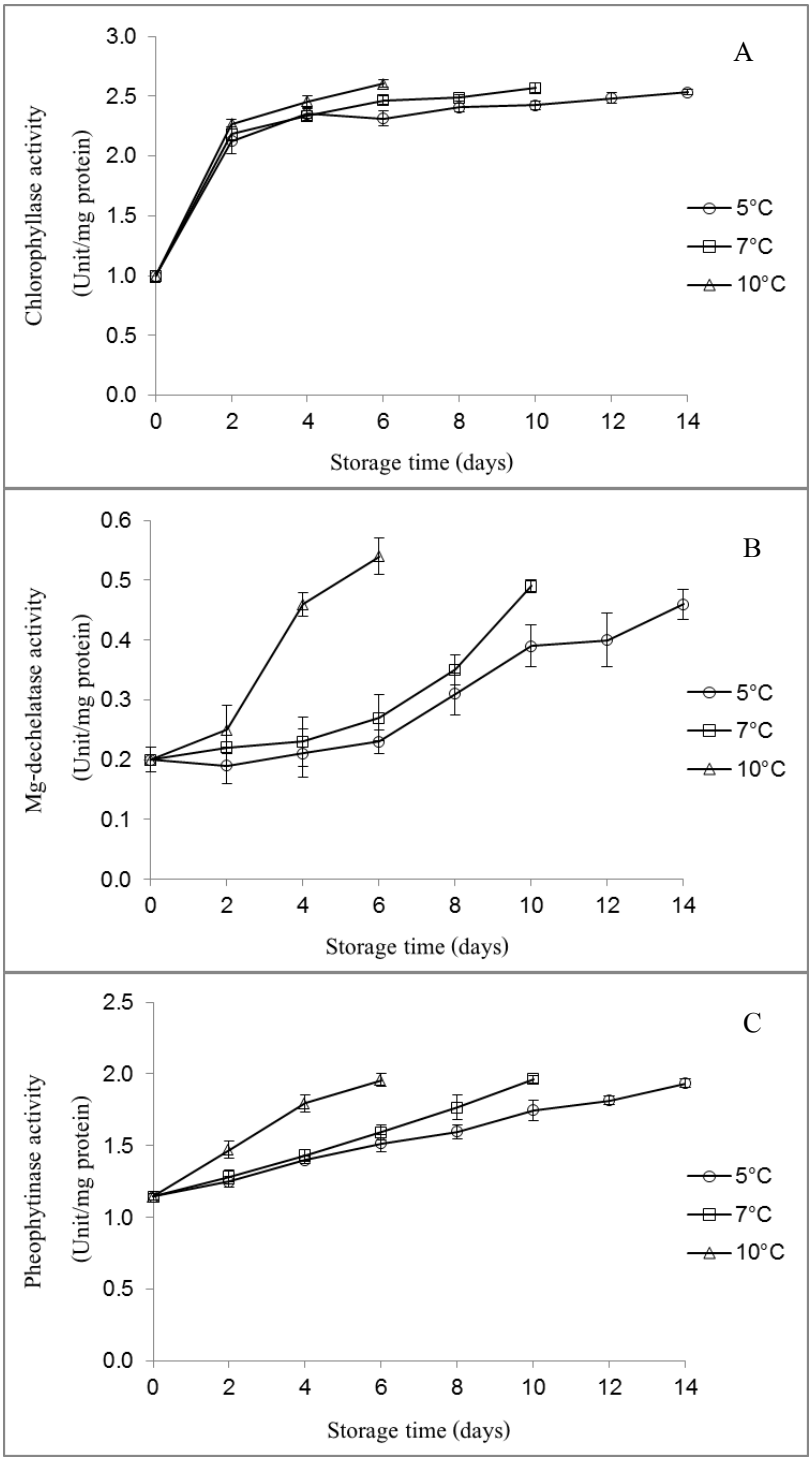


Figure 30 Chlorophyllase (A), Mg-dechelatase (B) and pheophytinase activity (C) of coriander packed in a perforated polyethylene bag during storage under different temperatures

3. ศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษาผักชี

การศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการประเมินอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายและการตรวจคุณภาพผักชี โดยศึกษา 2 ปัจจัยการทดลอง ได้แก่ (1) ชนิดของถุงพลาสติก และ (2) ความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน และมีการตรวจติดตามคุณภาพผักชีใน 2 ลักษณะ คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนเก็บรักษาในกล่องโฟม และผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน

3.1 ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม

จากการทดลองนำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชี 50 กรัมในถุงพลาสติกแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2,100-2,900 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 7,100-7,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาด 15×38 เซนติเมตร หนา 25 ไมโครเมตร ของบริษัททานตะวันกรุงเทพฯ ซึ่งแต่ละถุงจะบรรจุสารดูดซับเอทิลีนที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี กำหนดให้ผักชีที่บรรจุในถุงที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีน (ความเข้มข้นร้อยละ 0 ของน้ำหนักผักชี) เป็นชุดควบคุม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก แล้วบรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนขนาดใหญ่ 40×65 เซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วย 40 ถุงเล็ก ดังนั้นจะมีน้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 2 กิโลกรัม/1 ถุงใหญ่ จากนั้นบรรจุลงกล่องโฟม ขนาด 45×60×30 เซนติเมตร กล่องละ 4 ถุงใหญ่ น้ำหนักผักชีรวมเท่ากับ 8 กิโลกรัม/1 กล่องโฟม แล้วใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปิดทับ แล้วนำถุงพลาสติกใส่น้ำแข็งที่ปิดสนิท น้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม วางทับด้านบน ปิดฝากล่องโฟม โดยใช้สก๊อตเทปพันฝากล่องโฟมให้แน่น นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (คัดเลือกอุณหภูมิการเก็บรักษาจากการทดลองตอนที่ 2.1) สุ่มตรวจคุณภาพทุก 2 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพกายภาพ และคุณภาพทางเคมี จนกว่าจะสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะทำในวันที่ 0 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีเฉพาะชุดการทดลองที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

3.1.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษากล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม โดยมีวิธีการให้คะแนนทางคุณภาพผักชีเท่ากับ 5 ระดับคะแนน ซึ่งดัดแปลงจากสเกลแบบลิเคิร์ท (Likert scale) ด้วยคะแนนเต็มเท่ากับ 5 คะแนน โดยกำหนดคะแนนคุณภาพที่มีต่อลักษณะผักชีเทียบจากรูปภาพตามการแบ่งเกรดของผักชี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ภาพที่ 4) พบว่า ชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนมีผลต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมสูงกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน พบว่า ผักชีชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม น้อยกว่าผักชีที่บรรจุสารดูดซับเอทิลีนความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณากในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมของผักชีจะลดลง ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม เท่ากับ 5.00, 5.00 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ หลังจากนั้นคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม จะลดลงเมื่อระเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งระยะเวลาสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีจะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส และจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน โดยพบว่าผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี มีคะแนนคุณภาพด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม น้อยกว่า 3 คะแนน ในวันที่ 14, 18 และ 20 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ (ตารางที่ 6-8) ดังนั้น อายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี คือ 12, 16 และ 18 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 31) ส่วนผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี มีคะแนนคุณภาพด้านสี และคุณภาพโดยรวม น้อยกว่า 3 คะแนน ในวันที่ 18, 20 และ 22 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และ 9) ดังนั้น อายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี คือ 16, 18 และ 20 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 32)

Table 7 Sensory evaluation score on color of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C

Storage time (days)	Sensory evaluation score on color (Scale 1-5)					
	Low density polyethylene (LDPE)			High density polyethylene (HDPE)		
	0% EA	1.5% EA	3% EA	0% EA	1.5% EA	3% EA
0	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
2	4.90±0.32$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
4	4.70±0.48$^{ab, B}$	4.90±0.32$^{a, AB}$	5.00±0.00$^{a, A}$	4.90±0.32$^{a, AB}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$
6	4.40±0.52$^{b, B}$	4.60±0.42$^{ab, AB}$	4.90±0.32$^{a, A}$	4.70±0.48$^{ab, AB}$	4.80±0.42$^{ab, AB}$	5.00±0.00$^{a, A}$
8	4.10±0.57$^{c, C}$	4.30±0.53$^{b, B}$	4.70±0.48$^{ab, A}$	4.40±0.53$^{b, B}$	4.70±0.48$^{ab, A}$	4.80±0.42$^{ab, A}$
10	3.50±0.53$^{d, C}$	4.10±0.32$^{c, B}$	4.30±0.48$^{b, AB}$	4.00±0.00$^{c, B}$	4.40±0.52$^{b, AB}$	4.60±0.52$^{b, A}$
12	3.00±0.00$^{e, C}$	3.30±0.52$^{d, B}$	3.70±0.48$^{c, AB}$	3.50±0.53$^{d, B}$	3.70±0.48$^{c, AB}$	4.00±0.00$^{c, A}$
14	2.70±0.48$^{f, C}$	3.10±0.48$^{de, BC}$	3.30±0.48$^{d, B}$	3.30±0.48$^{de, B}$	3.40±0.52$^{d, B}$	3.80±0.42$^{cd, A}$
16		3.00±0.00^{de}	3.10±0.32^{de}	3.00±0.00^{e}	3.20±0.42^{de}	3.50±0.53^{d}
18		2.80±0.42^{e}	3.00±0.00^{de}	2.70±0.48^{f}	3.00±0.00^{e}	3.20±0.42^{de}
20			2.80±0.42^{e}		2.80±0.42^{f}	3.00±0.00^{e}
22						2.90±0.32^{e}

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Table 8 Sensory evaluation score on appearance of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C

Storage time (days)	Sensory evaluation score on appearance (Scale 1-5)					
	Low density polyethylene (LDPE)			High density polyethylene (HDPE)		
	0% EA	1.5% EA	3% EA	0% EA	1.5% EA	3% EA
0	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
2	4.80±0.42$^{ab, B}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$
4	4.50±0.53$^{b, B}$	4.80±0.42$^{ab, A}$	4.90±0.32$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$
6	4.00±0.00$^{c, C}$	4.50±0.53$^{b, B}$	4.70±0.48$^{ab, AB}$	4.70±0.32$^{ab, AB}$	4.90±0.32$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$
8	3.60±0.52$^{d, C}$	4.30±0.48$^{bc, AB}$	4.50±0.53$^{b, AB}$	4.20±0.57$^{b, B}$	4.80±0.32$^{ab, A}$	4.90±0.32$^{a, A}$
10	3.10±0.32$^{de, C}$	4.00±0.00$^{c, B}$	4.50±0.53$^{b, AB}$	4.00±0.00$^{b, B}$	4.40±0.52$^{b, AB}$	4.60±0.52$^{b, A}$
12	3.00±0.00$^{de, D}$	3.60±0.52$^{cd, C}$	3.80±0.42$^{c, BC}$	3.60±0.52$^{c, C}$	4.00±0.00$^{c, B}$	4.20±0.42$^{bc, A}$
14	2.60±0.48$^{e, D}$	3.10±0.42$^{d, C}$	3.50±0.52$^{cd, B}$	3.40±0.52$^{cd, B}$	3.70±0.48$^{cd, AB}$	4.00±0.00$^{c, A}$
16		3.00±0.00^{d}	3.40±0.52^{cd}	3.30±0.48^{cd}	3.50±0.53^{d}	3.80±0.42^{cd}
18		2.70±0.48^{e}	3.20±0.48^{d}	3.10±0.57^{d}	3.40±0.52^{d}	3.50±0.53^{d}
20			2.80±0.42^{e}		3.20±0.42^{e}	3.40±0.52^{de}
22						3.20±0.42^{e}

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Table 9 Sensory evaluation score on overall quality of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C

Storage time (days)	Sensory evaluation score on overall quality (Scale 1-5)					
	Low density polyethylene (LDPE)			High density polyethylene (HDPE)		
	0% EA	1.5% EA	3% EA	0% EA	1.5% EA	3% EA
0	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$
2	$4.80\pm0.32^{ab, B}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$
4	$4.60\pm0.48^{b, B}$	$4.90\pm0.32^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$	$4.90\pm0.32^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$
6	$4.50\pm0.53^{b, B}$	$4.80\pm0.42^{ab, AB}$	$4.90\pm0.32^{a, A}$	$4.80\pm0.42^{ab, AB}$	$4.90\pm0.32^{a, A}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$
8	$4.00\pm0.00^{c, C}$	$4.30\pm0.52^{b, B}$	$4.70\pm0.48^{ab, AB}$	$4.60\pm0.52^{b, AB}$	$4.70\pm0.48^{ab, AB}$	$4.90\pm0.32^{a, A}$
10	$3.50\pm0.52^{d, C}$	$4.00\pm0.00^{bc, B}$	$4.40\pm0.52^{b, AB}$	$4.10\pm0.57^{c, B}$	$4.40\pm0.52^{b, AB}$	$4.70\pm0.48^{ab, A}$
12	$3.00\pm0.00^{de, C}$	$3.50\pm0.48^{c, B}$	$3.70\pm0.42^{bc, AB}$	$3.60\pm0.52^{cd, AB}$	$3.80\pm0.42^{c, AB}$	$4.00\pm0.00^{b, A}$
14	$2.70\pm0.42^{e, D}$	$3.20\pm0.48^{cd, C}$	$3.40\pm0.52^{c, B}$	$3.40\pm0.52^{cd, B}$	$3.60\pm0.52^{cd, AB}$	$3.90\pm0.32^{bc, A}$
16		3.00 ± 0.00^{d}	3.30 ± 0.52^{c}	3.00 ± 0.00^{d}	3.40 ± 0.52^{cd}	3.60 ± 0.52^{c}
18		2.80 ± 0.42^{d}	3.20 ± 0.42^{c}	2.80 ± 0.63^{d}	3.30 ± 0.48^{cd}	3.40 ± 0.52^{c}
20			2.90 ± 0.32^{d}		2.90 ± 0.57^{d}	3.30 ± 0.48^{c}
22						2.90 ± 0.32^{d}

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Figure 31 Coriander packed in a low density polyethylene bag (LDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box under 5°C

Note: The end of storage life of coriander packed in a LDPE bag with 0% EA is on the 12th day.

The end of storage life of coriander packed in a LDPE bag with 1.5% EA is on the 16th day.

The end of storage life of coriander packed in a LDPE bag with 3% EA is on the 18th day.

Figure 32 Coriander packed in a high density polyethylene bag (HDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box under 5^{o}C

Note: The end of storage life of coriander packed in a HDPE bag with 0% EA is on the 16th day.

The end of storage life of coriander packed in a HDPE bag with 1.5% EA is on the 18th day.

The end of storage life of coriander packed in a HDPE bag with 3% EA is on the 20th day.

3.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในเรื่องการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละใบเน่า ร้อยละใบเหลือง และค่าสี พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากถุงพลาสติก HDPE มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอัตราการซึมผ่านไอน้ำน้อยกว่ากว่าถุงพลาสติก LDPE โดยถุงพลาสติก HDPE มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2,100-2,900 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน อัตราการซึมผ่านก๊าซก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 7,600 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ เท่ากับ 7-10 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน ส่วนถุงพลาสติก LDPE อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 7,100-7,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 42,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำ เท่ากับ 16-24 กรัม/ตารางเซนติเมตร/วัน ซึ่งการหายใจของพืชโดยทั่วไปจะใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นสับสเตรทในกระบวนการหายใจ และได้ผลิตภัณฑ์ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา เมื่อมีการหายใจอย่างสมบูรณ์ เมื่อถุงพลาสติก HDPE ที่บรรจุผักชีมีอัตราการซึมผ่านก๊าซน้อย ทำให้ภายในถุงมีก๊าซออกซิเจนเหลืออยู่น้อยและการสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น จึงสามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผลลงได้ การหายใจของผลิตผลเป็นสาเหตุหลักให้ผลิตผลเกิดการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างส่งผลให้ผลิตผลเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น (Kader, 1997) สอดคล้องกับการศึกษาของชานนท์ สุทธิเวทย์ (2550) ที่ศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด HDPE และ LDPE แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 16 วันพบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมในถุงพลาสติก HDPE จะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผักกาดหอมที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ผักชีจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ของน้ำหนักผักชี ตามลำดับ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารดูดซับเอทิลีน สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนที่มีอยู่ในภาชนะบรรจุได้ ก๊าซเอทิลีนเป็นตัวที่เร่งให้ผลิตผลหายใจเพิ่มขึ้น การกำจัดก๊าซเอทิลีนออกจึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผักชีได้ และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะมีการสูญเสีย

น้ำหนักเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยพบว่าสภาวะการเก็บรักษาผักชีที่ดีที่สุด คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี โดยมีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายนานที่สุด 20 วัน และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 5.34 (ภาพที่ 33) สอดคล้องกับการศึกษาของ Chaves และคณะ (2007) ที่ศึกษาผลของการใช้ $KMnO_4$ ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแอปเปิ้ลระหว่างการเก็บรักษาในถาดพลาสติกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส โดยบรรจุ $KMnO_4$ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 3, 6, 9 และ 12 ของน้ำหนักผลแอปเปิ้ล และพบว่า การใช้ $KMnO_4$ ร้อยละ 3 ของน้ำหนักผลแอปเปิ้ล มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด โดยเท่ากับร้อยละ 18 ($p<0.05$)

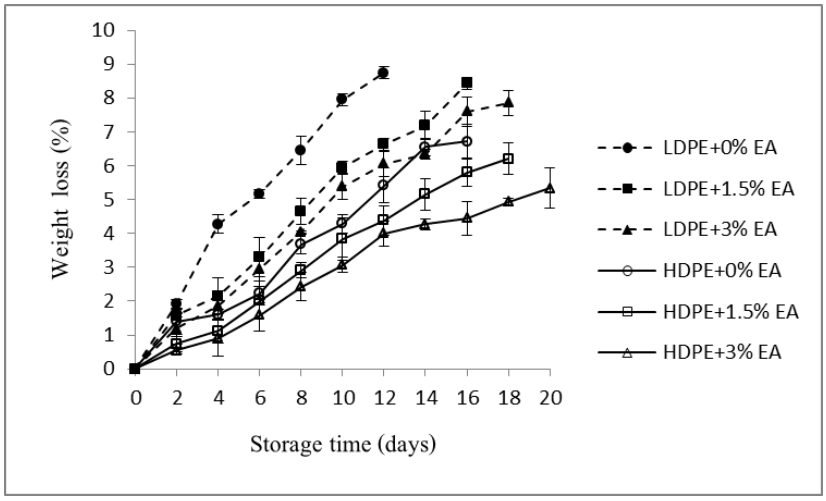


Figure 33 Weight loss in coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C

จากการตรวจปริมาณใบเน่าของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณใบเน่าของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE การเกิดใบเน่าของผักชีจะเกิดขึ้นช้ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) เนื่องจากถุงพลาสติก HDPE มีความแข็งแรงมากกว่า โดยมีความเหนียว และมีลักษณะที่ยืดหยุ่น ทำให้ทนต่อแรงกระแทกและการกดทับระหว่างการเก็บรักษากว่าถุงพลาสติก LDPE โดยถุงพลาสติก HDPE มีความเหนียว เท่ากับ 150 มิลลินิวตัน.เมตร ในขณะที่ถุงพลาสติก LDPE มีความเหนียว เท่ากับ 10 มิลลินิวตัน.เมตร (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการเกิดใบเน่าของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้สารดูด

ซับเอทิลีนร้อยละ1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี สามารถชะลอการเกิดใบเน่าได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) โดยเริ่มตรวจพบใบเน่าในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน จะตรวจพบใบเน่าในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นผักชีจะมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยพบว่าสภาวะการเก็บรักษาผักชีที่ดีที่สุด คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน จะมีปริมาณใบเน่าน้อยที่สุด โดยเท่ากับร้อยละ 0.95 ($p<0.05$) (ภาพที่ 34A)

จากการตรวจปริมาณใบเหลืองของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณใบเหลืองของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE สามารถชะลอการเกิดใบเหลืองได้ดีกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการเกิดใบเหลืองของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี สามารถชะลอการเกิดใบเหลืองได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ของน้ำหนักผักชี ตามลำดับ ($p<0.05$) โดยเริ่มตรวจพบใบเหลืองในวันที่ 12, 10 และ 8 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผักชีจะปริมาณใบเหลืองเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยพบว่าสภาวะการเก็บรักษาผักชีที่ดีที่สุด คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน และมีปริมาณใบเหลืองน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 15.50 ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณใบเหลืองที่เกิดขึ้นมีผลสอดคล้องกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และจะไม่ยอมรับผักชีที่มีปริมาณใบเหลืองมากกว่าร้อยละ 25 ซึ่งในวันที่ 22 ของการเก็บรักษาตรวตพบปริมาณใบเหลือง เท่ากับร้อยละ 25.09 (ภาพที่ 34B)

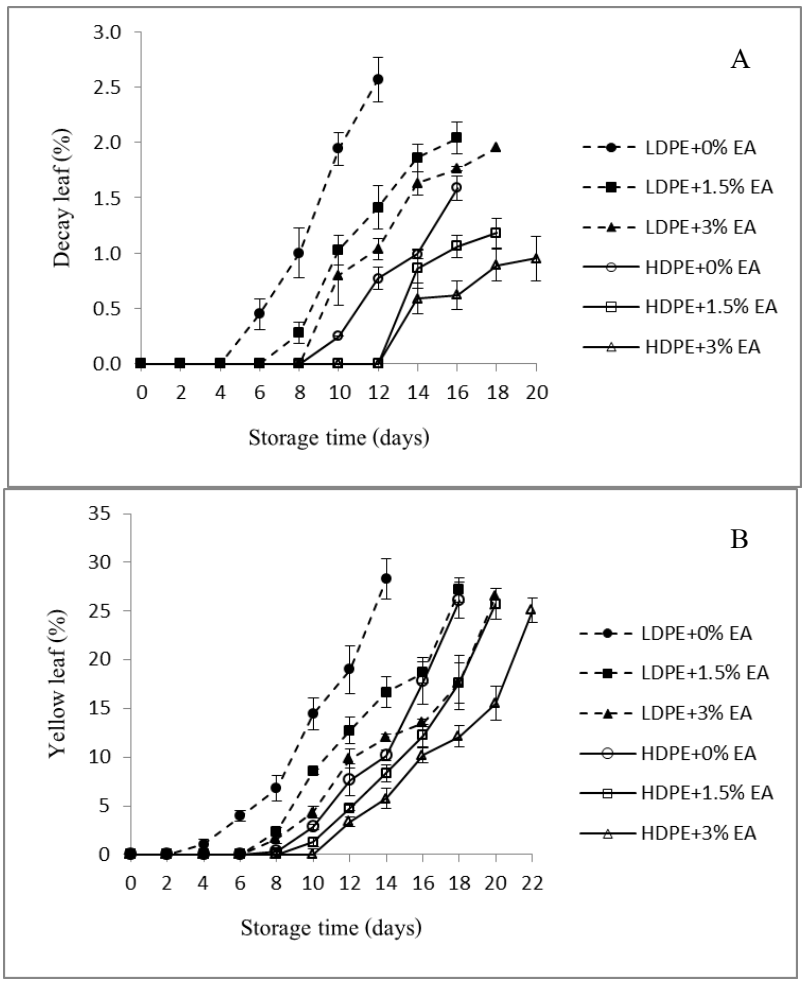


Figure 34 Percentage of decay leaf (A) and yellow leaf (B) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

จากการวัดค่าสีของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยใช้ Hunter Lab ระบบ CIE โดยวัดค่า L*, a* และ b* พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อค่า L*, a* และ b* ของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ค่า L*และ b* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ส่วนค่า a* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มากกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อค่า L*, a* และ b* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE พบว่า ค่า L*และ b* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ส่วนค่า a*ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มากกว่าผักชีที่บรรจุ

ในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน พบว่าค่า L*, a* และ b* ของชุดการทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชีไม่มีความแตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า L*และ b* ของผักชีจะเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* ของผักชีจะลดลง ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีค่า L* เท่ากับ 41.49 ค่า a* เท่ากับ -7.75 และมีค่า b* เท่ากับ 23.30 และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 20 วัน จะมีค่า L* และ b* น้อยที่สุด เท่ากับ 45.98 และ 27.04 ตามลำดับ และมีค่า a* มากที่สุด เท่ากับ -9.14 ($p<0.05$) (ภาพที่ 35) เมื่อนำค่า a* และ b* มาคำนวณเป็นค่า Hue angle และค่า Chroma พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อค่า Hue angle และค่า Chroma ของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ค่า Hue angle ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมากกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE และค่า Chroma ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า Hue angle จะลดลง และค่า Chroma จะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีค่า Hue angle เท่ากับ 122.45 และมีค่า Chroma เท่ากับ 22.45 และพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน และมีค่า Hue angle มากที่สุด เท่ากับ 117.04 ($p<0.05$) (ภาพที่ 36A) และจะมีค่า Chroma น้อยที่สุดเท่ากับ 28.42 ($p<0.05$) (ภาพที่ 36B) ซึ่งการเปลี่ยนเปลี่ยงสีของผักชีระหว่างการเก็บรักษามีผลมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เป็นหลัก

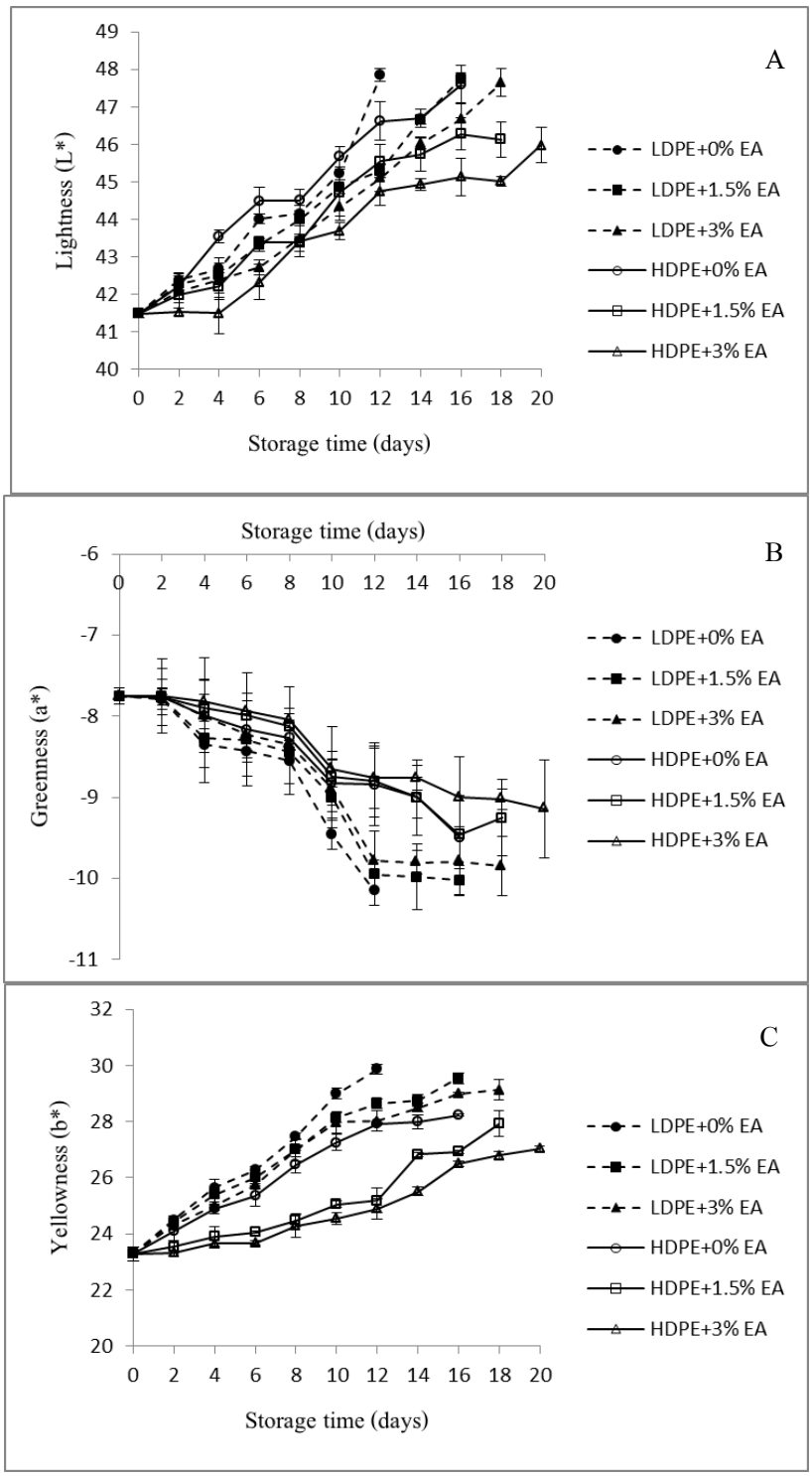


Figure 35 Lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

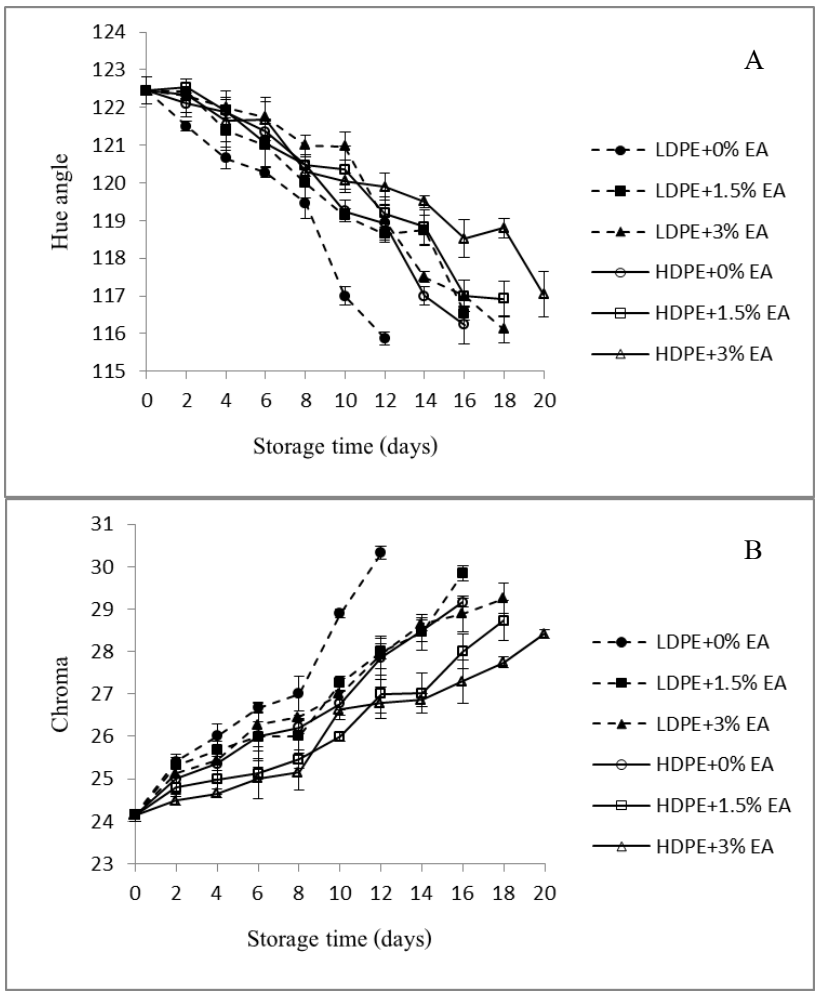


Figure 36 Hue angle (A) and chroma value (B) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5°C

3.1.3 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิล์ พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุมากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุน้อยกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของภาณุมาศ โคตรพงศ์ และ

การิตา จงเจือกลาง (2548) ที่ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพโหระพาในระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุโหระพาในถุงพลาสติก HDPE และถุงพลาสติก LDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาโหระพาที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุมากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผักชี พบว่า ชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุมากกว่าชุดทดลองที่มีการใช้สารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผักชีนานขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุผักชีจะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ขณะที่ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง ($p<0.05$) โดยพบว่าสภาวะการเก็บรักษาผักชีที่ดีที่สุด คือ ผักชีบรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 20 วัน และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุ เท่ากับร้อยละ 6.38 และ 16.20 ตามลำดับ (ภาพที่ 37)

จากการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชี ($p\geq0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE และผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE มีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มีการสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุมากกว่า และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุน้อยกว่าการบรรจุในถุงพลาสติก LDPE ซึ่งจะช่วยลดการทำงานของเอทิลีนได้ เนื่องจากยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีโมเลกุลที่คล้ายคลึงกับก๊าซเอทิลีน ทำให้สามารถแย่งจับกับตัวรับของเอทิลีนได้ และปริมาณก๊าซออกซิเจนที่น้อยกว่า จะทำให้ลดการสังเคราะห์และลดการทำงานของเอทิลีนได้ (Kader, 1995) ทำให้ปริมาณเอทิลีนในถุงพลาสติก HDPE มีน้อยลง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของภาณุมาศ โคตรพงศ์ และ การิตา จงเจือกลาง (2548) ที่ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพโหระพาในระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุโหระพาในถุงพลาสติก HDPE และถุงพลาสติก LDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาโหระพาที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุมากกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซเอทิลีน

ในภาชนะบรรจุผักชี พบว่า การทดลองชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุมากกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนสามารถยับยั้งการทำงานของก๊าซเอทิลีนที่พืชผลิตขึ้นได้ โดยไปแย่งจับกับตัวรับของเอทิลีน ซึ่งก๊าซเอทิลีนเป็นปัจจัยที่เร่งให้เกิดการเสื่อมภาพของผลิตผล การลดปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุสามารถชะลอการเสื่อมสภาพ และทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Watkins, 2006) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชีชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ส่วนผักชีที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุลดลงในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ($p<0.05$) หลังจากนั้นปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุจะไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) (ภาพที่ 38)

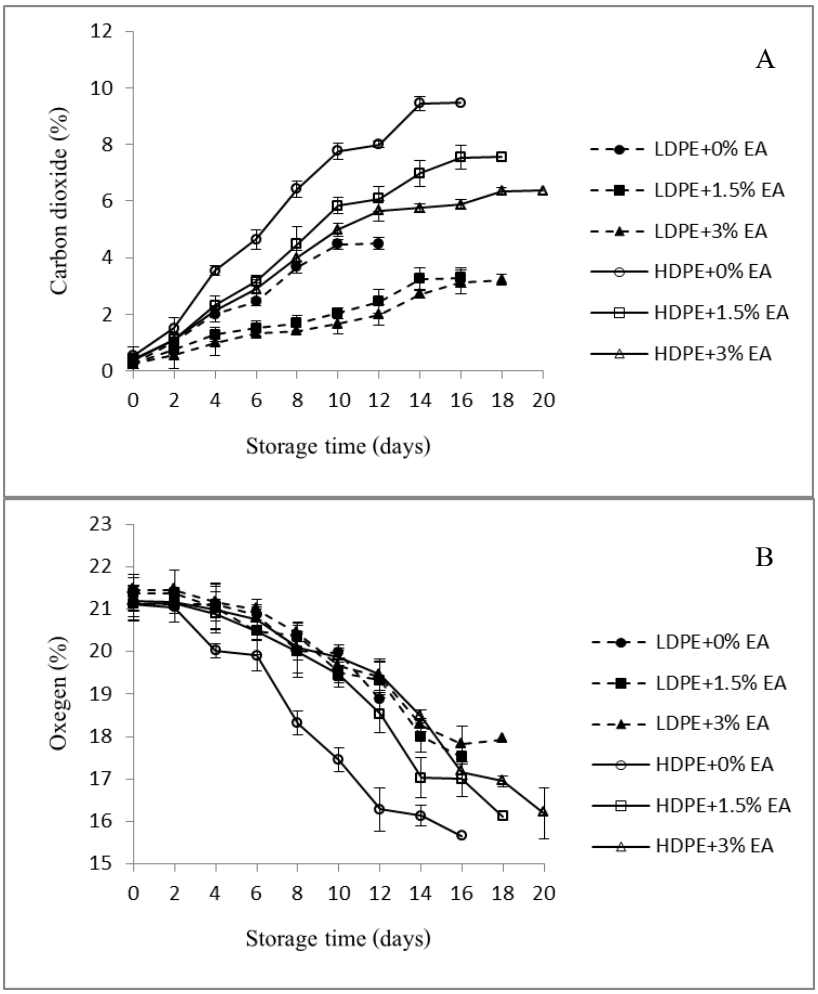


Figure 37 Carbon dioxide (A) and oxygen (B) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

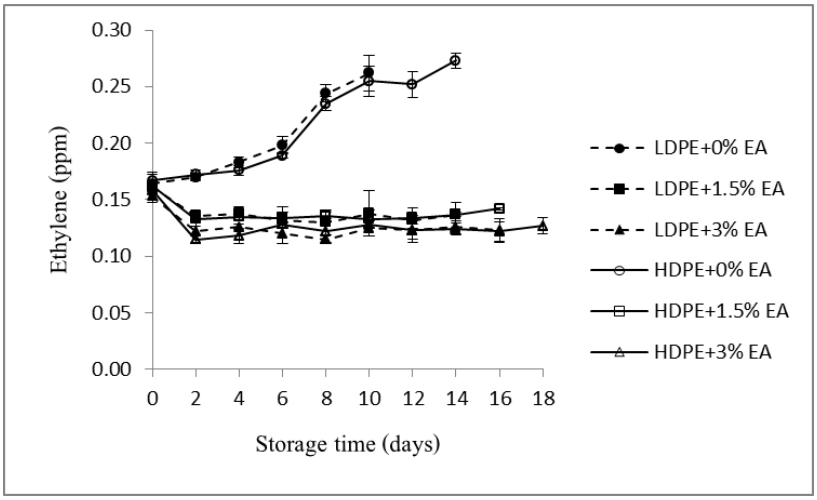


Figure 38 Ethylene concentration of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด มากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดจะน้อยกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของผักชีจะลดลง ($p<0.05$) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ในใบผักชีเริ่มต้นเท่ากับ 80.25, 37.37 และ 132.09มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 20 วัน โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 60.67, 24.45 และ 78.93 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 39)

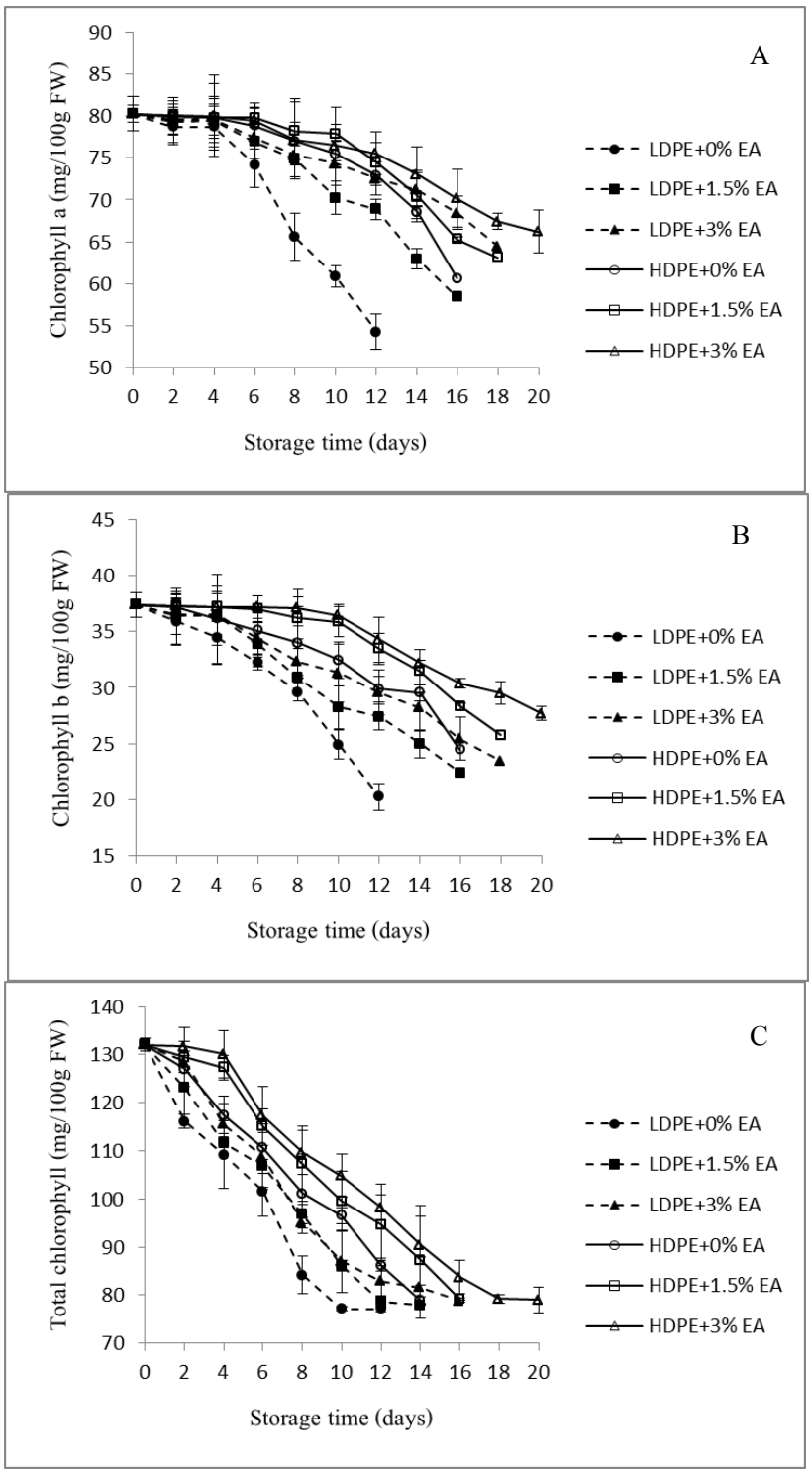


Figure 39 Chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and total chlorophyll (C) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ในผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ในผักชีจะเพิ่ม ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 13.02 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 20 วัน โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 23.00 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 40)

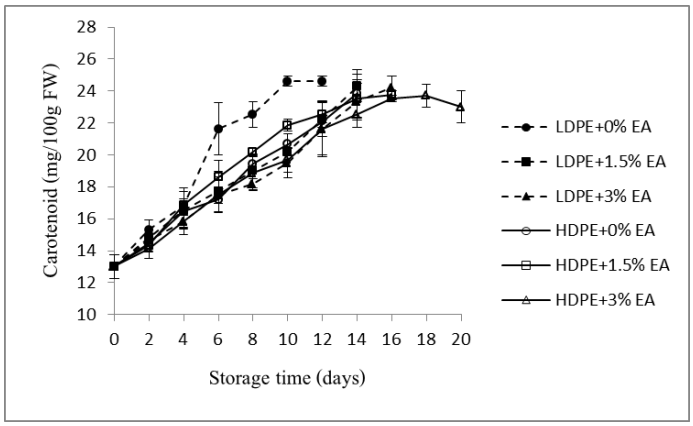


Figure 40 Carotenoid content of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผักชีที่บรรจุถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้แก่ Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Pheophytinase พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase สูงกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี

พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) เนื่องจากการใช้สารดูดซับเอทิลีนจะไปมีผลทำให้ปริมาณเอทิลีนลดลง ซึ่งเอทิลีนจะมีผลต่อการเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพของผักโดยจะส่งผลทำให้มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นและคลอโรฟิลล์สลายตัวมากขึ้น การใช้สารดูดซับเอทิลีนจึงชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ (Kaewsuksang, 2011) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เริ่มต้นเท่ากับ 0.98 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ($p<0.05$) และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดเท่ากับ 20 วัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.09 Unit/mg protein (ภาพที่ 41A)

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase สูงกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารดูดซับเอทิลีนมีผลทำให้การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ลดลง เมื่อคลอโรฟิลล์การสลายตัวจะทำให้ได้คลอโรฟิลล์ไลด์ ซึ่งเป็นสับสเตรทในการทำงานของเอนไซม์ Mg-dechelatase การเพิ่มขึ้นของสับสเตรทเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของอนไซม์เพิ่มขึ้น เมื่อคลอโรฟิลล์สลายตัวน้อยลง ทำให้มีสับสเตรทของเอนไซม์น้อยลง สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ได้ (Kaewsuksang, 2011) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เริ่มต้นเท่ากับ 0.20 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายนานที่สุด คือ 20 วัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase น้อยที่สุดเท่ากับ 0.49 Unit/mg protein (ภาพที่ 41B)

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase สูงกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เริ่มต้นเท่ากับ 0.88 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 20 วัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase น้อยที่สุดเท่ากับ 1.99 Unit/mg protein (ภาพที่ 41C)

3.1.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะทำในวันที่ 0 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชี เฉพาะชุดการทดลองที่มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายนานที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นชุดการทดลองที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 20 วัน เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าเท่ากับ 3×10^4 CFU/กรัมตัวอย่าง และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 8×10^4 CFU/กรัมตัวอย่าง ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบไม่เกินข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งกำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผักผลไม้สด จะต้องไม่เกิน 1×10^6 CFU/กรัมตัวอย่าง (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2536) และเนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ทำร่วมกับบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด ซึ่งเป็นผู้ส่งออกผักชีไปยังประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย จึงต้องมีการตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อนที่จะส่งออก ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบจะต้องไม่เกินข้อกำหนดความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ในสินค้าเกษตรที่จะส่งออกตามมาตรฐานสินค้าเกษตรของประเทศไทย ที่ตรวจและรับรองความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์โดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งกำหนดปริมาณ

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผักผลไม้สด จะต้องไม่เกิน 1×10^{6} (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) และสอดคล้องกับข้อกำหนดการนำเข้าผักผลไม้ของประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย โดยผักผลไม้ทุกชนิดนำเข้าสิงคโปร์ได้อย่างเสรีจะต้องปฏิบัติตามระเบียบการนำเข้าของสิงคโปร์ภายใต้ The Food Regulations ซึ่งมีหน่วยงานที่ตรวจสอบ คือ Agri-Food Veterinary Authority และ Food Control Department (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ สิงคโปร์, 2551) และการนำเข้าผักผลไม้ในประเทศมาเลเซียจะต้องผ่านการตรวจสอบของ Federal Agricaltural Marketing Authority ภายใต้กระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรมของประเทศมาเลเซีย (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์, 2551)

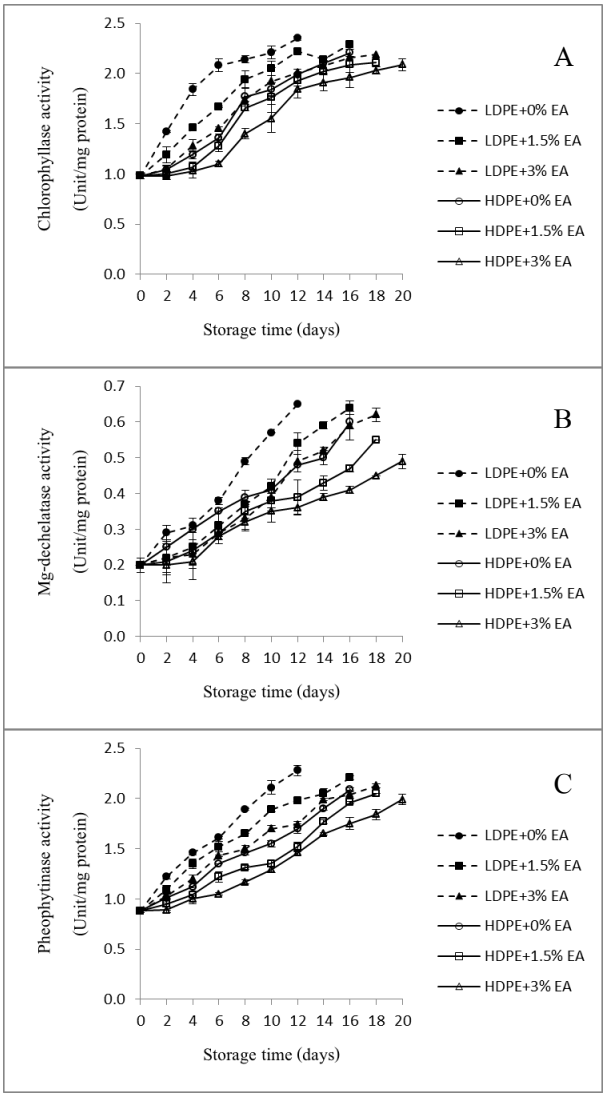


Figure 41 Chlorophyllase (A), Mg-dechelatase (B) and pheophytinase activity (C) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage in a foam box at 5^{o}C

3.2 ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน

การศึกษาผลของชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการประเมินอายุการวางจำหน่าย โดยการตรวจคุณภาพผักชีระหว่างการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน โดยนำผักชีมาคัดเลือกส่วนที่มีตำหนิออก จากนั้นบรรจุผักชี 50 กรัม ในถุงพลาสติกแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกชนิด HDPE และ LDPE ของบริษัททานตะวัน กรุงเทพฯ ซึ่งแต่ละถุงจะบรรจุสารดูดซับเอทิลีนที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี โดยให้ถุงที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีน (ความเข้มข้นร้อยละ 0 ของน้ำหนักผักชี) เป็นชุดควบคุม ปิดปากถุงด้วยเทปปิดผนึก จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (คัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองตอนที่ 2.2) สุ่มตรวจคุณภาพทุกๆ 2 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพกายภาพ และคุณภาพทางเคมี จนกว่าจะสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายผักชี ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะทำในวันที่ 0 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีเฉพาะชุดการทดลองที่มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม โดยมีวิธีการให้คะแนนคุณภาพผักชี ซึ่งดัดแปลงจากสเกลแบบลิเคิร์ท (Likert scale) ด้วยคะแนนเต็มเท่ากับ 5 คะแนน โดยกำหนดคะแนนคุณภาพที่มีต่อลักษณะผักชีเทียบจากรูปภาพตามการแบ่งเกรดของผักชี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ภาพที่ 4) พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวมของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม สูงกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน พบว่า ผักชีชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม ต่ำกว่าผักชีที่บรรจุสารดูดซับเอทิลีนความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผักชีจะลดลง ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม เท่ากับ 5.00, 5.00 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ หลังจากนั้นคะแนนคุณภาพ

ทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม จะลดลง ($p<0.05$) ซึ่งอายุการวางจำหน่ายผักชีจะพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน จะถือว่าสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย โดยพบว่าผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี มีคะแนนคุณภาพด้านสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม น้อยกว่า 3 คะแนน ในวันที่ 12, 16 และ 18 ของการเก็บรักษาตามลำดับ (ตารางที่ 10-12) ดังนั้นอายุการวางจำหน่ายของผักชีเก็บรักษาในถุงพลาสติก LDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี คือ 10, 14 และ 16 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 42) ส่วนผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี มีคะแนนคุณภาพด้านสี และคุณภาพโดยรวม น้อยกว่า 3 คะแนน ในวันที่ 16, 18 และ 20 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 10 และ 12) ดังนั้นอายุการวางจำหน่ายของผักชีเก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน ร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี คือ 14, 16 และ 18 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 43) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 3.1 ซึ่งพบว่าการบรรจุผักชีในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด

3.2.2 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในเรื่องร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละใบเน่า ร้อยละใบเหลือง และค่าสี พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 3.1 ซึ่งพบว่าการบรรจุผักชีในถุงพลาสติก HDPE มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 จะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ของน้ำหนักผักชี ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ผักชีสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) โดยพบว่าสภาวะการเก็บรักษาผักชีที่ดีที่สุด คือ ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด เท่ากับ 18 วัน และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด โดยเท่ากับร้อยละ 5.49 (ภาพที่ 44) สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 3.1

ซึ่งพบว่าการบรรจุผักชีในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

จากการตรวจปริมาณใบเน่าของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณใบเน่าของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE สามารถชะลอการเกิดใบเน่าได้ดีกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการเกิดใบเน่าของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี สามารถชะลอการเกิดใบเน่าได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) โดยสามารถชะลอการเกิดใบเน่าได้นานถึง 10 วัน และเริ่มตรวจพบใบเน่าในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารดูดซับเอทิลีน จะตรวจพบใบเน่าในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นผักชีจะมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด เท่ากับ 18 วัน จะมีปริมาณใบเน่าน้อยที่สุด โดยเท่ากับร้อยละ 0.95 (ภาพที่ 45A)

จากการตรวจปริมาณใบเหลืองของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณใบเหลืองของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE สามารถชะลอการเกิดใบเหลืองได้ดีกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการเกิดใบเหลืองของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี สามารถชะลอการเกิดใบเหลืองได้ดีที่สุด ($p<0.05$) โดยสามารถชะลอการเกิดใบเหลืองได้นานถึง 8 วัน และตรวจพบใบเหลืองในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นผักชีจะมีปริมาณใบเน่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย ($p<0.05$) โดยพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด 18 วัน จะมีปริมาณใบเหลืองเท่ากับร้อยละ 15.55 ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณใบเหลืองที่เกิดขึ้นมีผลสอดคล้องกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี โดยพบว่าผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับผักชีที่มีปริมาณใบเหลืองมากกว่าร้อยละ 25 ซึ่งในวันที่ 20 ของการเก็บรักษามีปริมาณใบเหลือเท่ากับร้อยละ 25.01 (ภาพที่ 45B)

Table 10 Sensory evaluation score on color of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C

Storage time (days)	Sensory evaluation score on color (Scale 1-5)					
	Low density polyethylene (LDPE)			High density polyethylene (HDPE)		
	0% EA	1.5% EA	3% EA	0% EA	1.5% EA	3% EA
0	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
2	4.90±0.32$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
4	4.40±0.52$^{b, B}$	4.80±0.42$^{ab, AB}$	4.90±0.32$^{a, A}$	4.70±0.48$^{ab, AB}$	4.80±0.42$^{ab, AB}$	5.00±0.00$^{a, A}$
6	4.10±0.57$^{bc, B}$	4.50±0.53$^{b, AB}$	4.70±0.48$^{ab, A}$	4.50±0.53$^{b, AB}$	4.70±0.48$^{ab, A}$	4.80±0.42$^{ab, A}$
8	3.50±0.53$^{c, C}$	4.10±0.32$^{bc, B}$	4.30±0.48$^{b, AB}$	4.10±0.57$^{bc, B}$	4.40±0.52$^{b, AB}$	4.60±0.52$^{b, A}$
10	3.00±0.00$^{d, C}$	3.60±0.52$^{c, AB}$	3.70±0.48$^{bc, AB}$	3.50±0.53$^{c, B}$	3.70±0.48$^{c, AB}$	4.00±0.00$^{c, A}$
12	2.60±0.52$^{e, D}$	3.30±0.48$^{cd, C}$	3.50±0.53$^{c, B}$	3.30±0.48$^{cd, C}$	3.40±0.52$^{d, BC}$	3.80±0.42$^{cd, A}$
14		3.00±0.00d	3.30±0.48^{cd}	3.00±0.00^{d}	3.20±0.42^{de}	3.50±0.53^{d}
16		2.70±0.48e	3.00±0.00^{d}	2.60±0.52^{e}	3.00±0.00^{e}	3.20±0.42^{de}
18			2.70±0.48^{e}		2.70±0.48^{f}	3.00±0.00^{e}
20						2.78±0.46^{e}

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Table 11 Sensory evaluation score on appearance of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C

Storage time (days)	Sensory evaluation score on appearance (Scale 1-5)					
	Low density polyethylene (LDPE)			High density polyethylene (HDPE)		
	0% EA	1.5% EA	3% EA	0% EA	1.5% EA	3% EA
0	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$	5.00±0.00$^{a, NS}$
2	4.80±0.42$^{ab, B}$	4.90±0.32$^{a, AB}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$	5.00±0.00$^{a, A}$
4	4.50±0.53$^{b, C}$	4.80±0.42$^{ab, B}$	4.80±0.42$^{ab, B}$	4.90±0.32$^{a, AB}$	4.90±0.32$^{a, AB}$	5.00±0.00$^{a, A}$
6	4.20±0.63$^{c, C}$	4.70±0.48$^{ab, B}$	4.70±0.48$^{ab, B}$	4.60±0.52$^{ab, B}$	4.70±0.32$^{ab, B}$	4.90±0.32$^{a, A}$
8	3.60±0.52$^{cd, D}$	4.30±0.48$^{b, BC}$	4.50±0.53$^{b, AB}$	4.10±0.57$^{b, C}$	4.40±0.52$^{b, B}$	4.60±0.52$^{ab, A}$
10	3.10±0.32$^{d, D}$	3.80±0.42$^{c, B}$	3.80±0.42b$^{c, B}$	3.60±0.52$^{c, C}$	4.00±0.00$^{c, AB}$	4.20±0.42$^{b, A}$
12	2.80±0.42$^{e, D}$	3.30±0.48$^{cd, C}$	3.50±0.53$^{bc, BC}$	3.40±0.52$^{cd, C}$	3.70±0.48$^{cd, B}$	4.00±0.00$^{bc, A}$
14		3.10±0.32^{cd}	3.30±0.48^{c}	3.20±0.42^{cd}	3.50±0.53^{d}	3.80±0.42^{c}
16		2.90±0.32^{d}	3.20±0.42^{c}	3.10±0.57^{d}	3.30±0.48^{de}	3.50±0.53^{cd}
18			2.90±0.32^{d}		3.20±0.42^{e}	3.40±0.52^{cd}
20						3.30±0.48^{d}

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Table 12 Sensory evaluation score on overall quality of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C

Storage time (days)	Sensory evaluation score on overall quality (Scale 1-5)					
	Low density polyethylene (LDPE)			High density polyethylene (HDPE)		
	0% EA	1.5% EA	3% EA	0% EA	1.5% EA	3% EA
0	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$
2	$4.90\pm0.32^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$	$5.00\pm0.00^{a, NS}$
4	$4.50\pm0.53^{ab, C}$	$4.80\pm0.42^{ab, B}$	$4.90\pm0.32^{a, AB}$	$4.80\pm0.42^{ab, B}$	$4.90\pm0.32^{a, AB}$	$5.00\pm0.00^{a, A}$
6	$4.20\pm0.42^{b, C}$	$4.60\pm0.52^{b, B}$	$4.70\pm0.48^{ab, B}$	$4.60\pm0.52^{b, B}$	$4.70\pm0.48^{ab, B}$	$4.90\pm0.32^{a, A}$
8	$3.60\pm0.52^{c, C}$	$4.20\pm0.42^{c, B}$	$4.40\pm0.52^{b, AB}$	$4.10\pm0.57^{c, B}$	$4.40\pm0.52^{b, AB}$	$4.70\pm0.48^{b, A}$
10	$3.10\pm0.32^{d, D}$	$3.70\pm0.48^{d, BC}$	$3.80\pm0.42^{c, B}$	$3.60\pm0.52^{cd, C}$	$3.80\pm0.42^{c, B}$	$4.00\pm0.00^{c, A}$
12	$2.70\pm0.48^{e, D}$	$3.30\pm0.48^{de, C}$	$3.40\pm0.52^{cd, BC}$	$3.40\pm0.52^{d, BC}$	$3.50\pm0.53^{cd, B}$	$3.90\pm0.32^{cd, A}$
14		3.10 ± 0.32^{de}	3.20 ± 0.42^{d}	3.10 ± 0.32^{de}	3.40 ± 0.52^{cd}	3.60 ± 0.52^{d}
16		2.70 ± 0.48^{e}	3.20 ± 0.42^{d}	2.80 ± 0.63^{e}	3.20 ± 0.42^{d}	3.30 ± 0.48^{de}
18			2.80 ± 0.42^{e}		2.90 ± 0.57^{e}	3.20 ± 0.42^{de}
20						2.90 ± 0.32^{e}

Note: - Means with different small letters in the same column are significantly difference ($p<0.05$).

- Means with different capital letters in the same row are significantly difference ($p<0.05$).

- NS is non-significantly difference ($p\geq0.05$).

Figure 42 Coriander packed in a low density polyethylene bag (LDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage under 5°C

Note: The end of storage life of coriander packed in a LDPE bag with 0% EA is on the 10th day.

The end of storage life of coriander packed in a LDPE bag with 1.5% EA is on the 14th day.

The end of storage life of coriander packed in a LDPE bag with 3% EA is on the 16th day.

Figure 43 Coriander packed in a high density polyethylene bag (HDPE) with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage under 5^{o}C

Note: The end of storage life of coriander packed in a HDPE bag with 0% EA is on the 14th day.

The end of storage life of coriander packed in a HDPE bag with 1.5% EA is on the 16th day.

The end of storage life of coriander packed in a HDPE bag with 3% EA is on the 18th day.

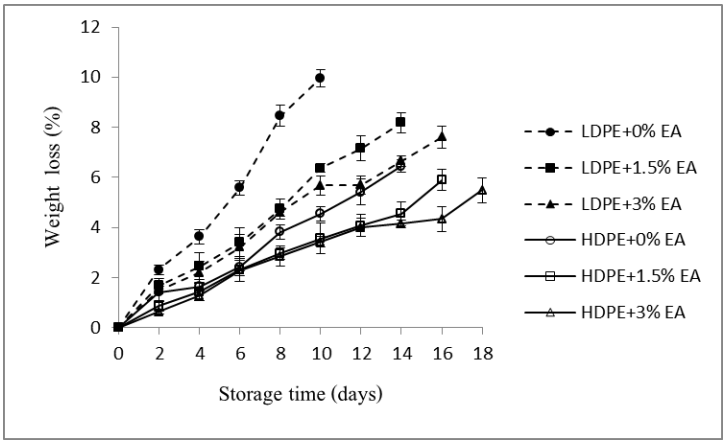


Figure 44 Weight loss in coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C

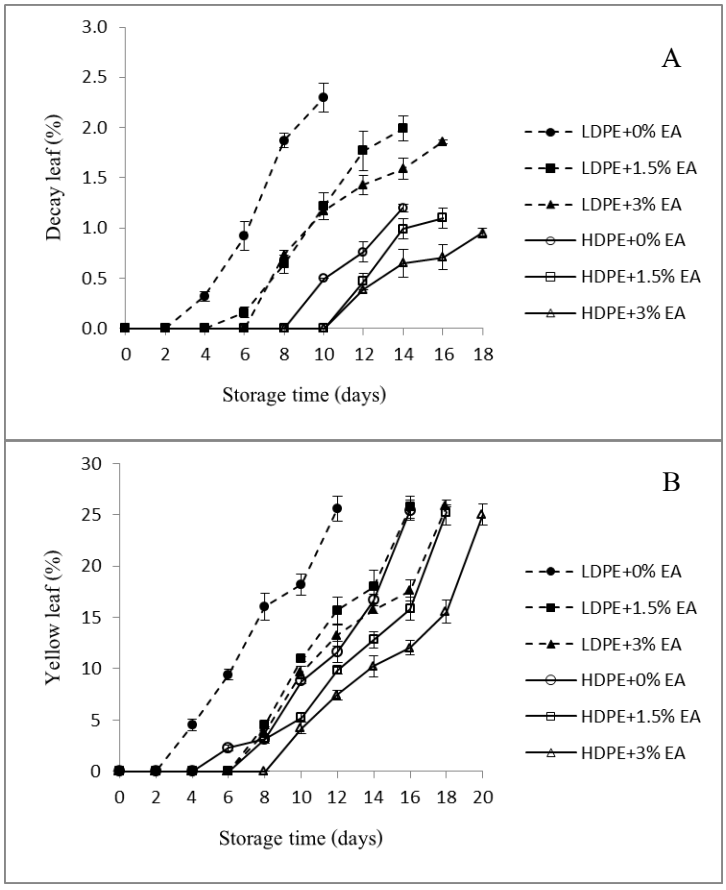


Figure 45 Percentage of decay leaf (A) and yellow leaf (B) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C

จากการวัดค่าสี (L*, a* และ b*) ของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อค่า L*, a* และ b* ของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ค่า L*และ b* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ส่วนค่า a*ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มากกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อค่า L*, a* และ b* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE พบว่า ค่า L*และ b* ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ส่วนค่า a*ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มากกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีน พบว่า ค่า L*, a* และ b* ของชุดการทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชีไม่มีความแตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า L*และ b* ของผักชีจะเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* จะลดลง ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีค่า L* เท่ากับ 42.40 ค่า a* เท่ากับ -7.55 และมีค่า b* เท่ากับ 23.24 และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 18 วัน โดยมีค่า L* และ b* น้อยที่สุด เท่ากับ 46.20 และ 25.02 ตามลำดับ และมีค่า a* มากที่สุด เท่ากับ -9.41 ($p<0.05$) (ภาพที่ 46) เมื่อนำค่า a* และ b* มาคำนวณเป็นค่า Hue angle และค่า Chroma พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อค่า Hue angle และค่า Chroma ของผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ค่า Hue angle ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมากกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE และค่า Chroma ของผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะน้อยกว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า Hue angle จะลดลง และค่า Chroma จะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผักชีมีค่า Hue angle เท่ากับ 123.12 และมีค่า Chroma เท่ากับ 24.03 และพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี มีอายุการเก็บรักษา 18 วัน โดยมีค่า Hue angle มากที่สุด เท่ากับ 118.51 ($p<0.05$) (ภาพที่ 47A) และจะมีค่า Chroma น้อยที่สุด เท่ากับ 27.49 ($p<0.05$) (ภาพที่ 47B)

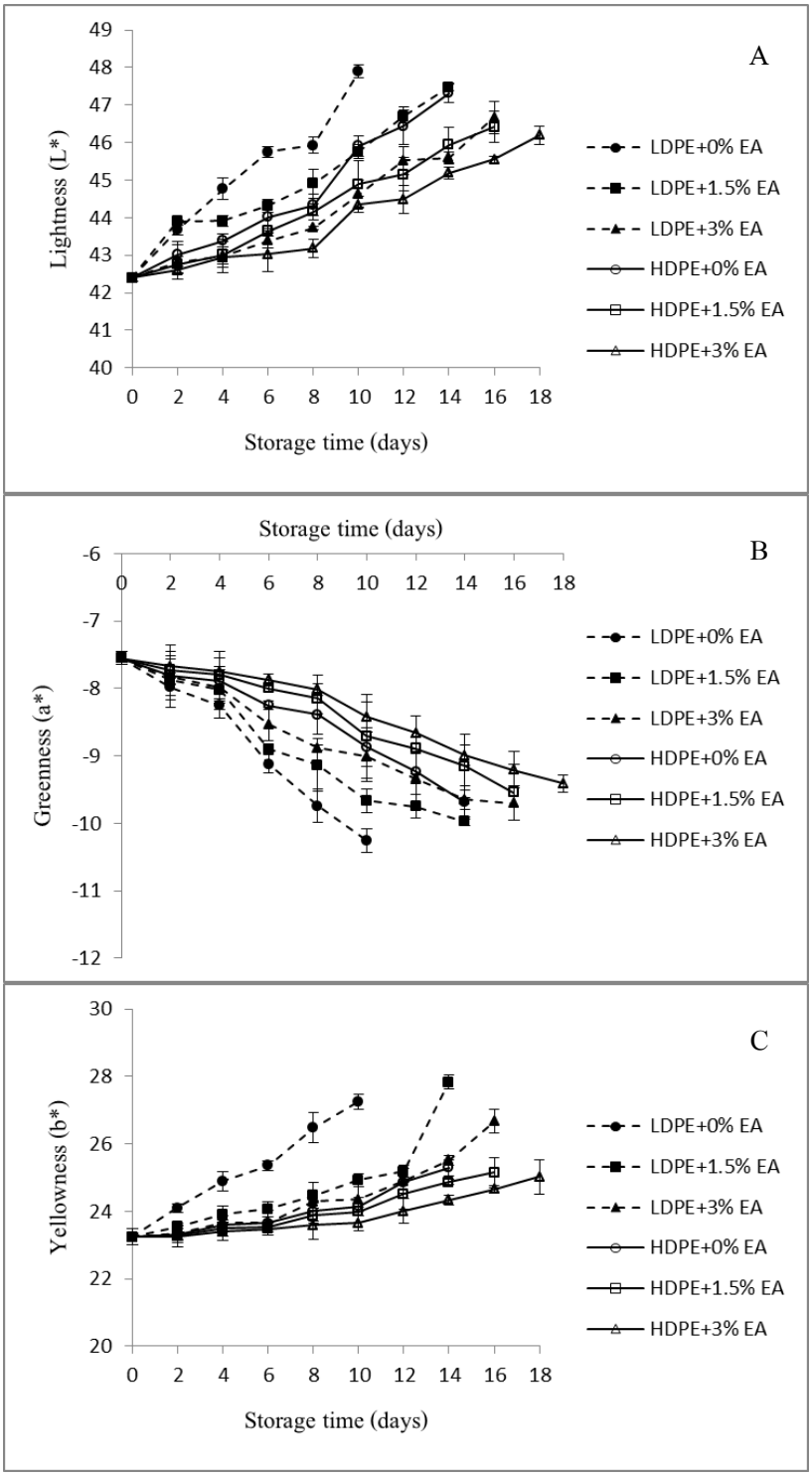


Figure 46 Lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}

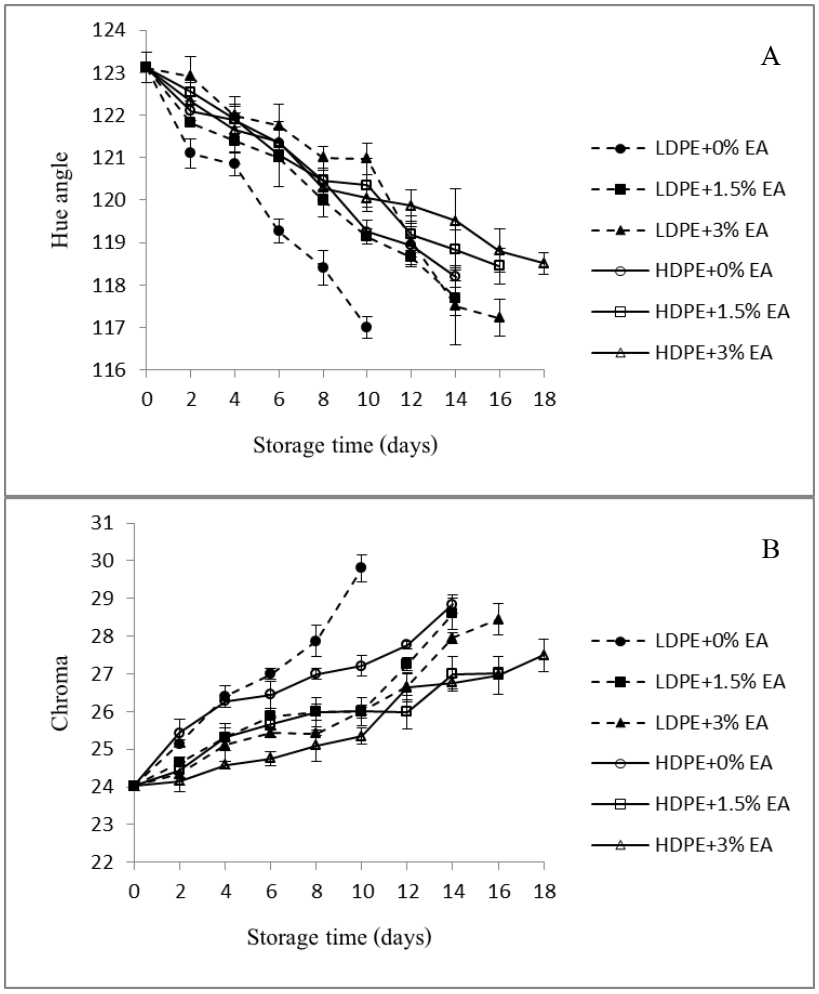


Figure 47 Hue angle (A) and chroma value (B) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C

3.2.3 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิล์ พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุมากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุน้อยกว่ากว่าผักชีที่

บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุผักชี พบว่า ชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุมากกว่าชุดทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าชุดทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีน ($p<0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 3.1 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนจะลดอัตราการหายใจของผลิตผลลงได้ และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุผักชีจะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และปริมาณก๊าซออกซิเจนในภาชนะบรรจุผักชีจะลดลง ($p<0.05$) (ภาพที่ 48)

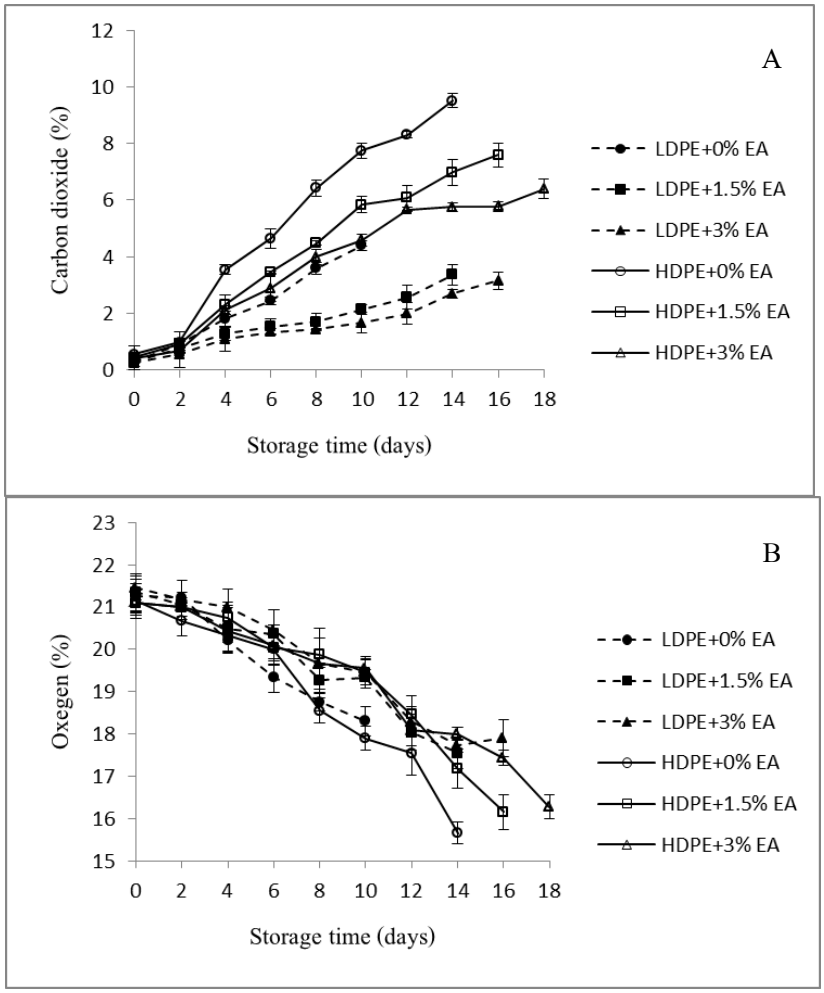


Figure 48 Carbon dioxide (A) and oxygen (B) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C

จากการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชี ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE และผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE มีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชี พบว่า ชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุมากกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีน ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุผักชีชุดควบคุมที่ไม่ได้บรรจุสารดูดซับเอทิลีนจะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ส่วนผักชีที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนจะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุลดลงในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ($p < 0.05$) หลังจากนั้นปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุจะแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) (ภาพที่ 49)

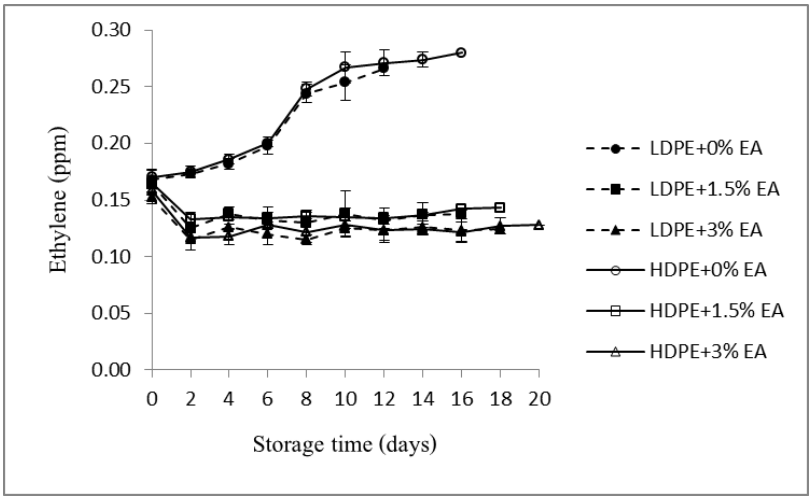


Figure 49 Ethylene concentration of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C

จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า ในชุดการทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะต่ำกว่าชุดการทดลองที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของผักชีลดลง ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 80.23, 37.23 และ 128.58 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด เท่ากับ 18 วัน โดยวันสุดท้ายของการวางจำหน่ายมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เท่ากับ 54.27, 18.27 และ 77.13 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 50)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ในผักชี ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของชนิดถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการปริมาณแคโรทีนอยด์ของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ในผักชีจะเพิ่ม ($p<0.05$) โดยเริ่มต้นมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 13.20 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด คือ 18 วัน โดยวันสุดท้ายของการวางจำหน่ายมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 23.55 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 51)

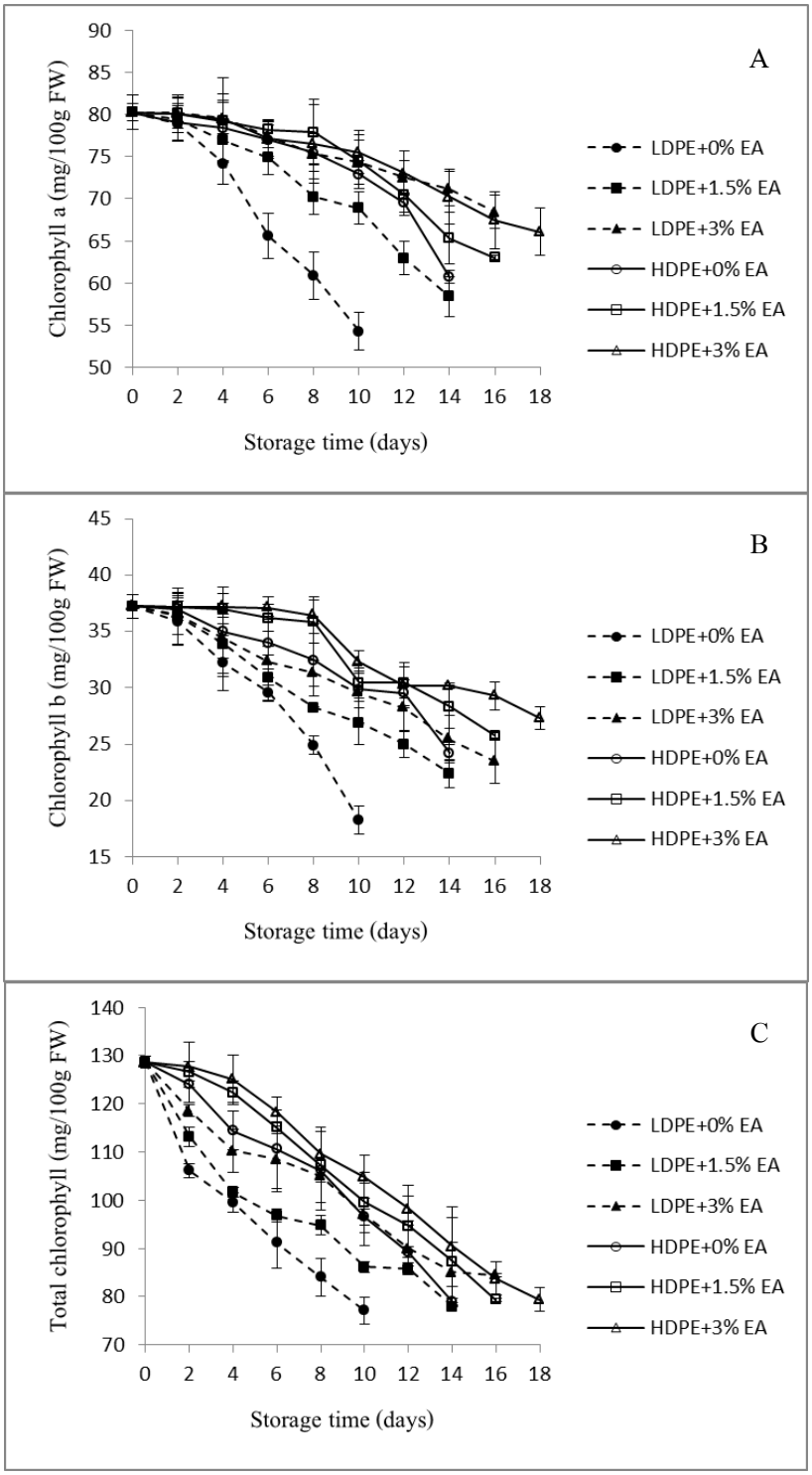


Figure 50 Chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and total chlorophyll (C) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}C

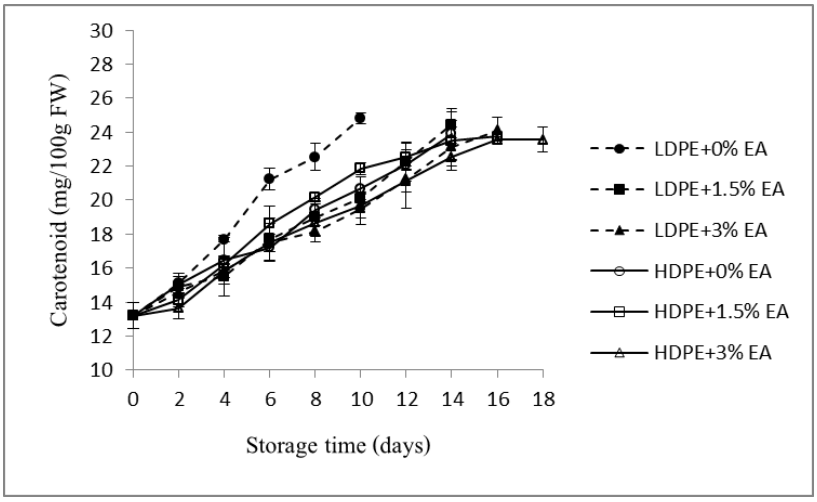


Figure 51 Carotenoid content of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5°C

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ในผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้แก่ Chlorophyllase, Mg-dechelatase และ Pheophytinase พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase สูงกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เริ่มต้นเท่ากับ 1.03 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย ($p<0.05$) และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด คือ 18 วัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เท่ากับ 2.49 Unit/mg protein (ภาพที่ 52A)

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase สูงกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เริ่มต้นเท่ากับ 0.25 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย ($p<0.05$) และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด คือ 18 วัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase เท่ากับ 0.40 Unit/mg protein (ภาพที่ 52B)

จากการวิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ของผักชีระหว่างเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดถุงพลาสติกและความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่า ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก LDPE จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase สูงกว่ากว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารดูดซับเอทิลีนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักชี พบว่า การใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ได้ดีกว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 1.5 และ 0 ตามลำดับ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ผักชีสดมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เริ่มต้นเท่ากับ 1.20 Unit/mg protein หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase จะเพิ่มขึ้นจนกระทั้งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ($p<0.05$) และพบว่าผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด เท่ากับ 18 วัน โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase เท่ากับ 2.33 Unit/mg protein (ภาพที่ 52C)

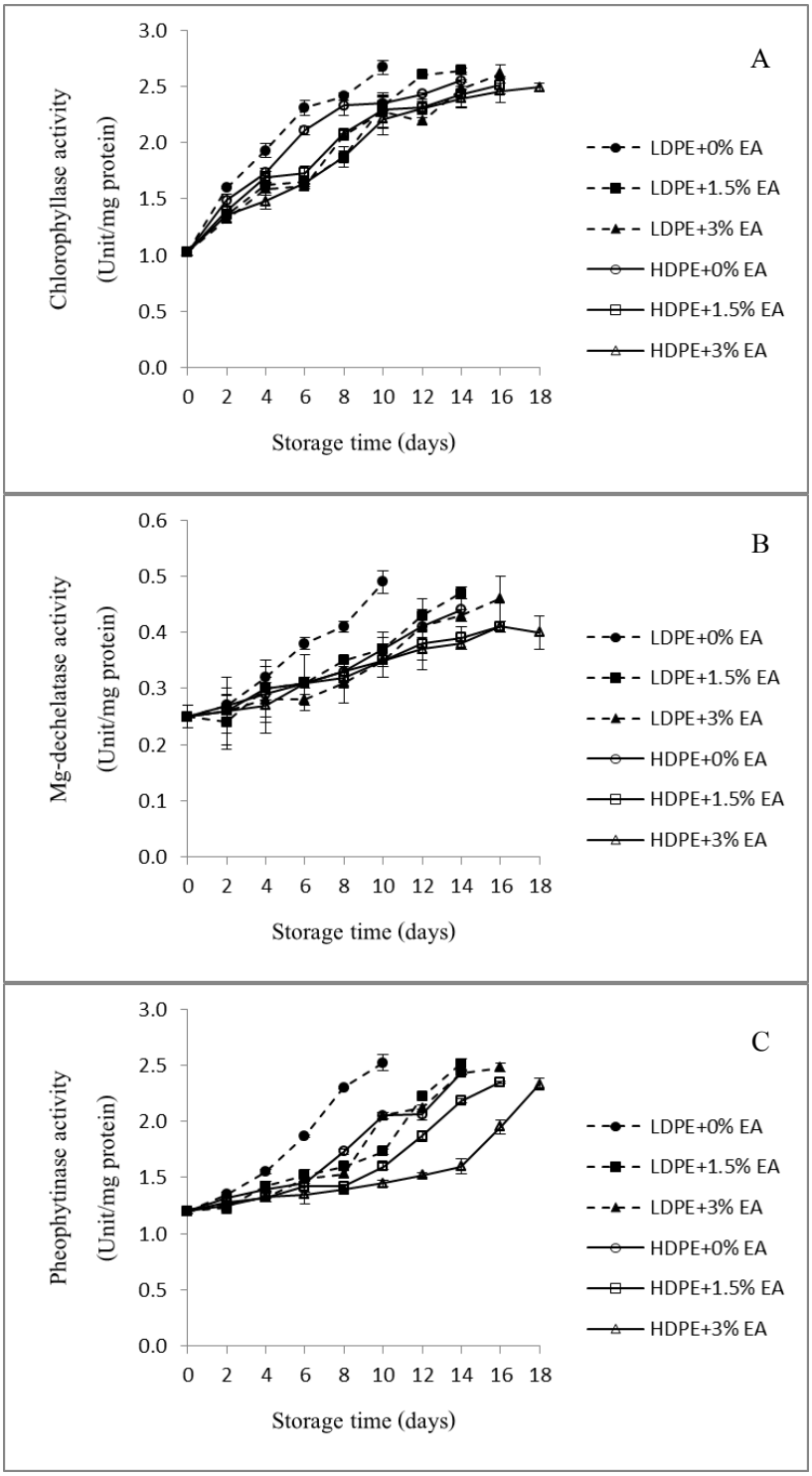


Figure 52 Chlorophyllase (A), Mg-dechelatase (B) and pheophytinase activity (C) of coriander packed in different packaging with different concentrations of ethylene absorber (EA) during storage at 5^{o}**C**

3.2.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะทำในวันที่ 0 และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักชีในชุดการทดลองที่มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นชุดการทดลองที่มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด คือ 18 วัน โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 3×10^4 CFU/ กรัมตัวอย่าง และในวันสุดท้ายของการวางจำหน่าย มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 6×10^4 CFU/ กรัมตัวอย่าง ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบไม่เกินข้อกำหนดด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารพร้อมบริโภคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งกำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผักผลไม้สด จะต้องไม่เกิน 1×10^6 CFU/กรัมตัวอย่าง (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2536) และเนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ทำร่วมกับบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด ซึ่งเป็นผู้ส่งออกผักชีไปยังประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย จึงต้องมีการตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อนที่จะส่งออก ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบจะต้องไม่เกินข้อกำหนดความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ในสินค้าเกษตรที่จะส่งออกตามมาตรฐานสินค้าเกษตรของประเทศไทย ที่ตรวจและรับรองความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์โดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งกำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในผักผลไม้สด จะต้องไม่เกิน 1×10^6 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) และสอดคล้องกับข้อกำหนดการนำเข้าผักผลไม้ของประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย โดยผักผลไม้ทุกชนิดนำเข้าสิงคโปร์ได้อย่างเสรีจะต้องปฏิบัติตามระเบียบการนำเข้าของสิงคโปร์ภายใต้ The Food Regulations ซึ่งมีหน่วยงานที่ตรวจสอบ คือ Agri-Food Veterinary Authority และ Food Control Department (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ สิงคโปร์, 2551) และการนำเข้าผักผลไม้ในประเทศมาเลเซียจะต้องผ่านการตรวจสอบของ Federal Agricaltural Marketing Authority (FAMA) ภายใต้กระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรมของประเทศมาเลเซีย (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์, 2551)

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

ผักชีสดที่ใช้ในการทดลองรับมาจากกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดราชบุรี และพื้นที่ใกล้เคียง โดยมีระยะเวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งขนส่งมาถึงบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ ไม่เกิน 4 ชั่วโมง ทางบริษัทฯ มีเกณฑ์การพิจารณาผักชี ดังนี้ ใบต้องมีสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และมีความยาวจากปลายรากถึงปลายยอด 25-30 เซนติเมตร ผักชีจะถูกนำมาผ่านกระบวนการล้าง โดยเปิดน้ำประปาไหลผ่าน ล้างดินที่ติดมากับรากออก และขัดจนรากผักชีเป็นสีขาว คัดเลือกใบแก่ ใบเหลือง ใบเน่า และใบช้ำออก สะเด็ดน้ำ จากนั้นมีการบรรจุเพื่อจำหน่าย 2 ลักษณะ คือ การบรรจุเพื่อขายส่งและขายปลีก การบรรจุแบบขายส่งจะบรรจุผักชีในกล่องโฟม น้ำหนัก 12 กิโลกรัม/กล่องโฟม ส่วนการบรรจุแบบขายปลีกจะบรรจุผักชีในถุงพลาสติก HDPE ถุงละ 50 กรัม แล้วรวมบรรจุในกล่องโฟม กล่องละ 160 ถุง (8 กิโลกรัม/กล่องโฟม) การขนส่งผักชีจะใช้รถที่มีตู้แช่ควบคุมอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการขนส่งผักชีจากบริษัทฯ จนถึงลูกค้า ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นห้างสรรพสินค้า ในสาธารณรัฐสิงคโปร์และสหพันธรัฐมาเลเซีย ภายใน 24 ชั่วโมง

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผักชี ผักชีจะถูกเก็บรักษาใน 2 ลักษณะ คือ (1) ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส และ (2) ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส โดยผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 และ 7 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย นาน 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ส่วนผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5, 7 และ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่าย นาน 14, 10 และ 6 วัน ตามลำดับ ภายใต้การเก็บรักษาผักชีทั้ง 2 ลักษณะ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายผักชีได้นานที่สุด โดยพิจารณาจากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และปริมาณใบเหลืองไม่เกินร้อยละ 25 ผักชีมีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้มีใบเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ ก๊าซออกซิเจน และคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชีลดลง

การใช้ถุงพลาสติก 2 ชนิด คือพลาสติก LDPE และ HDPE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1.5 และ 3 ของน้ำหนักผักชี ในการเก็บรักษาผักชี 2 ลักษณะ คือ (1) ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ (2) ผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยการเก็บรักษาผักชีที่

บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ร่วมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ของน้ำหนักผักชี ในทั้ง 2 ลักษณะของการเก็บรักษาผักชี จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักชีได้ดีที่สุด ผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องโฟม มีอายุการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย นาน 20 วัน ส่วนผักชีที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน มีอายุการวางจำหน่าย นาน 18 วัน โดยทั้ง 2 ลักษณะการเก็บรักษาผักชีมีปริมาณก๊าซเอทิลีนน้อยกว่าชุดทดลองที่ไม่ได้ใช้สารดูดซับเอทิลีน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2536. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. องค์การทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์. กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. พัฒนาศึกษา. กรุงเทพฯ.

ชานนท์ สุทธิเวทย์. 2550. การยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมโดยการใช้ภาชนะบรรจุและ CO_2: O_2 ร่วมกับสารดูดซับเอทิลีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

เชน รอดศิริ และ ต่อวุฒิ จำมั่น. 2555. หลักพืชสวน (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.media.rmutt.ac.th/wbi/Agriculture.html (29 มีนาคม 2555).

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ดนัย บุณยเกียรติ พิชญา บุญประสม พูลลาภ และ ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน. 2554. ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 42: 677-680.

ฐานเกษตรกรรม. 2548. รวมเรื่องผัก. ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ.

ตลาดสี่มุมเมือง. 2557. ราคาขายส่งสินค้า (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.taladsimummuang.com (29 สิงหาคม 2558).

ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และ นิดดา หงส์วิวัฒน์. 2548. ผัก 333 ชนิด. แสงแดด. กรุงเทพฯ.

ทศพล เนียมทอง. 2550. การบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับสาร 1-Methylcyclopropene เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากะเพราสด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ทิตา สุนทรวิภาต. 2555. ผลของภาชนะบรรจุดัดแปลงบรรยากาศและอุณหภูมิต่อคุณภาพของใบมะกรูด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นิตยา จันกา หทัยทิพย์ นิมิตรเกียติไกล วาริช ศรีละออง และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2550. ผลของอุณหภูมิและ 1-MCP ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผักชี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 38: 123-126.

ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา วิษณุ นิยมเหลา และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. ผลของการเก็บรักษาแบบสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของโหระพา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 34: 127-129.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. แพคเมทส์. กรุงเทพฯ.

ภาณุมาศ โคตรพงศ์ และ การิตา จงเจือกลาง. 2548. ผลของถุงบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพโหระพาระหว่างการเก็บรักษา. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

เมฆ จันทน์ประยูร. 2541. ผักสวนครัว. แอล. ที. เพรส. กรุงเทพฯ.

ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา. 2551. ผลของเอทธิฟอนและ 1-MCP ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผักชีตัดแต่งพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

วสันต์ กฤษฎารักษ์. 2544. การปลูกผัก. เกษตรสาส์น. กรุงเทพฯ.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2533. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

ศูนย์ศึกษาแนวพระราชดำริและฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2542. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www2.swu.ac.th/royal/book5/b5c2t5.html (29 มีนาคม 2556).

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2557. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2555-2557. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2556. สาเหตุที่ทำให้ผลิตผลเปลี่ยนคุณภาพ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.tistr-foodprocess.net (30 มีนาคม 2555).

สมโภชน์ โกมลมณี. 2555. การแช่เย็นผักและผลไม้ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://coursewares.mju.ac.th (28 มีนาคม 2555).

สมโภชน์ โกมลมณี จรรยา งามแว่น และ ชาริณี พีระเชื้อ. 2553. ผลของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิและสารเคมีต่อคุณภาพของดอกกุยช่าย (*Allium tuberosum* L.). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 41: 219-222.

สมโภชน์ น้อยจินดา. 2540. การหายใจและการผลิตเอทิลีนของมะนาว. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 1: 27-31.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2542. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

สุชาดา ไล้สุวรรณ. 2552. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สุธีรา เยี่ยงยุกดิ์สากล. 2537. การเก็บรักษาผลและเนื้อทุเรียนหมอนทองที่หุ้มด้วยฟิล์ม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2546. มาตรฐานสินค้าเกษตร "Q". กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สานักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2556: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9035-2553: การปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงคัดบรรจุผักและผลไม้สด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืชกรมวิชาการเกษตร. 2553. หลักปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงคัดบรรจุผักสด. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช. 2554. การจัดการผักผลไม้สดเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป. อาร์ต ควอลิไฟท์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์. 2551. กฎระเบียบการนำเข้าสินค้าของมาเลเซีย (ออนไลน์). สืบค้นจาก : www.ditp.go.th (27 สิงหาคม 2557).

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ สิงคโปร์. 2551. กฎระเบียบการนำเข้าสินค้าของสิงคโปร์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : www.ditp.go.th (27 สิงหาคม 2557).

อลิษา สุนทรวัฒน์ สุกัญญา เอี่ยมละออ วาริช ศรีละออง มาซาโยชิ ชิโย และ นาโอกิ ยามาอุจิ. 2554. การศึกษาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในแวคคิวโอของต้นหอมญี่ปุ่นระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 42: 149-152.

Abeles, F.B., Morgan, P.W. and Saltveit, J.M. 1992. Ethylene in Plant Biology. Academic Press. San Diego.

Aday, M.S. and Caner, C. 2011. The applications of active packaging and chlorine dioxide for extended shelf life of fresh strawberries. Packaging Technology and Science. 24: 123-136.

Aiamla-or, S., Kaewsuksaeng, S., Shigyo, M, Yamauchi, N. 2010. Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica group) florets. Journal of Food Chemistry. 120: 645-651.

Aiamla-or, S., Tetsuya, N. Shigyo, M. and Yamauchi, N. 2012. Pheophytinase activity and gene expression of chlorophyll degrading enzymes relation to UV-B treatment in postharvest broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. Postharvest Biology and Technology. 63: 60-66.

Amir-Shapira, D., Goldschmudt, E.E. and Altmam, A. 1987. Chlorophyll catabolism in senescing plant tissues: in vivo breakdown intermediates suggest different degradative pathways for citrus fruit and parsley leaves. Proceeding of National Academic Science. 84: 190l-l905.

A. O. A. C. 2000. Official Method of Analysis of the Assiciation of Official Analytical Chemists. 16th The Assiciation of Official Analyticle Chemists, Inc. Washington, DC.

Arnon, D.L. 1994. Copper enzymes in isolate chloroplasts; Polyphenoloxidase in *Beta valgaris*. Journal of Plant Physiology. 40: 850-852.

Beltran, D., Selma, M.S., Marin, A. and Gil, M.I. 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. Journal of Food Chemistry. 53: 5654-5663.

Blankenship, S. 2001. Ethylene effects and the benefits of 1-MCP perishables handling quarterly. Postharvest Biology and Technology. 108: 2-4.

Bureau of Nutrition. 2001. Nutritive Values of Thai Foods. Ministry of Bublic Health. Bangkok. Thailand.

Cameron, A.C., Talasila, P.C. and Joles, D.W. 1995. Predicting film permeability needs for modified-atmosphere packing of lightly processed fruits and vegetables. Horticultural Science. 30: 25-34.

Chaves, M.A., Bonomo, R.C.F., Silva, A.A.L., Santos, L.S., Carvalho, B.M.A., Souza, T.S., Gomes, G.M.S. and Soares, R.D. 2007. Use of potassium permanganate in the sugar apple post-harvest preservation. Ciencia y Tecnologia Alimentaria. 5: 346-351.

Clydesdale, F.M. and Francis, J.F. 1976. Pigments. *In* Principles of Food Science. Part 1: Food Chemistry (Fennema, O.R. ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. pp 385-426.

Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martínez, G.A. 2002. Characterization of Mg-dechelatase activity obtained from *Fragaria ananassa* fruit. Plant Physiology and Biochemistry. 40: 111-118.

Downes, T.W. 1989. Food packaging in the IFT era: five decades of unprecedented growth andchange. Journal of Food Science and Technology. 43: 228-240.

Feng, X., Apelbaum, A., Sisler, E.C. and Goren, R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology Technology. 20: 143-150.

Francis, F.J. 1980. Color quality evaluation in horticultural crops. Horticultural Science. 15: 58-59.

Frederick, B.A., Morgan, P.W. and Saltveit, M.E. 1992. Ethylene in Plant Biology. Academic Press. England.

Funamoto, Y., Yamauchi, N. and Shigyo, M. 2003. Involvement of peroxidase in chlorophyll degradation in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.) and inhibition of the activity by heat treatment. Postharvest Biology and Technology. 28: 39-46.

Gemma, H., Yuri, M. and Hong-Kong, W. 1994. Ripening characteristics and chilling injury of banana Fruit 1: effect of storage temperature on respiration, ethylene production and membrane permeability of peel and pulp tissue. Journal of Tropical Agriculture. 38: 216-220.

Ginsburg, S. and P. Matile. 1993. Identification of catabolites of chlorophyll-porphyrin in senescent rape cotyledons. Plant Physiology. 102: 521-527.

Gross, J. 1987. Pigment in Fruit. Academic Press. England.

Hassan, F.A.S. and Mahfouz, S.A. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the postharvest senescence of coriander leaves during storage and its relation to antioxidant enzyme activity. Scientia Horticulturae. 141: 69-75.

Hongwiwat, T. and Hongwiwat, N. 2009. Vegetable 333 Types. Sangdad. Bangkok. Thailand.

Hortensteiner, S. 2006. Chlorophyll degradation during senescence. Plant Biology. 57: 55-77.

Hyodo, H., Morozumi, S., Kato, C., Tanaka, K. and Terai, H. 1994. Ethylene production and ACC oxidase activity in broccoli flower buds and effect of endogenous ethylene on their senescence. Plant Bioregulators in Horticulture. 394: 191-198.

Junka, N., Nimitkeatkai, H., Srilaong, V. and Kanlayanaray, S. 2007. Effect of temperature and 1-MCP on quality and storage life of coriander. Journal of Agricultural Science. 38: 123-126.

Junprayoun, M. 1998. Vegetable. L.T. Press. Bangkok. Thailand.

Kader, A.A. 1995. Regulation of fruit physicology by controlled/ modified atmospheres. Acta Horticulturae. 398: 59-70.

Kader, A.A. 1997. Biological bases of O_2 and CO_2 effects on postharvest-life of horticultural perishables. Acta Horticulturae. 4: 160-163.

Kaewsuksaeng, S., Yamauchi, N., Funamoto, Y., Mori, T., Shigyo, M. and Kanlayanarat, S. 2007. Effect of heat treatment on catabolites formation in relation to chlorophyll degradation during storage of broccoli (*Brassica oleracea* L. italica group) florets. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 76: 338-344.

Kaewsuksang, 2011. Chlorophyll degradation in horticultural crops. Walailak Journal Science and Technology. 8: 9-19.

Kaewsuksaeng, S., Tatmala, N., Srilaong, V. and Pongprasert, N. 2015. Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) fruit. Postharvest Biology and Technology. 100: 1-7.

Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI. New York. Kim, G.J., Luo, Y. and Tao, Y. 2007. Effect of the sequential treatment of 1-methylcyclopropene and acidified sodium chlorite on microbial growth and quality of fresh-cut cilantro. Postharvest Biology and Technology. 46: 144-149.

Kim, G.J., Luo, Y. and Tao, Y. 2007. Effect of the sequential treatment of 1-methylcyclopropene and acidified sodium chlorite on microbial growth and quality of fresh-cut cilantro. Postharvest Biology and Technology. 46: 144-149.

Ki-Yeong, K., Jae-Heon, K. and Jae-Eui, Y. 1998. Adsorption of ethylene on activated carbon at controlled atmosphere storage. Applied Chemistry. 2: 258-261.

Kongcharenekert, P. and Kongcharenekert, S. 2001. Food Packaging. Packmats. Thailand.

Lange, D.L. and Cameron, A.C. 1998. Controlled-atmosphere storage of sweet basil (*Ocimum basilicum*). Horticultural Science. 33: 741-743.

Langmeier, M., Ginsburg, S. and Matile, P. 1993. Chlorophyll breakdown in senescent leaves: demonstration of Mg-dechelatase activity. Plant Physiology. 89: 347-353.

Loaiza, J. and Cantwell, M. 1997. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Horticultural Science. 32: 104-107.

Lopez-Galvez, G., Peiswe, G., Nie, X. and Centwell, M. 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. European Food Research and Technology. 205: 64-72.

Matile, P., Hortensteiner, S., Thomas, H. and Krautler, B. 1996. Chlorophyll breakdown in senescent leaves. Plant Physiology. 112: 1402-1409.

Penchaiya, P. 2003. Effect of controlled atmosphere, temperature and packaging on quality and storage life of sweet basil (*Ocimum bacilicum* L.). Journal of Agricultural Science. 34: 127-129.

Peter, K.V. 2004. Book of Herbs and Spices. CRC Press. California.

Praditniyakul, B., Nuamekin, W., Sansupa, S., Tungsangprateep, S. and Prateepthinthong, S. 2013. The quality and consumer perception of Angelica (*Angelica sinensis* Oliv.) in plastic bags. Journal of Agricultural Science. 44: 109-112.

Reid, M.S. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. CRC Press LLC. California.

Sapii, A.T., Norlia, Y., Muda, P. and Lin, T.S. 2000. Postharvest quality Changes in dokong (*Lansium domesticum* Corr.) harvesed at different stages of ripeness. In: Proceeding the 19th ASEAN/1st APEC Seminar on Postharvest Technology. (Johnson, G.I., To, L.V., Duc, N.D. and Webb, M.C., eds.). Vietnam, 9-12 November 1999. p. 201-205.

Sardabi, F, Mohtadinia, J., Shavakhi, F. and Jafari, A.A. 2014. The effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and potassium permanganate coated zeolite nanoparticles oh shelf life extension and quality loss of Golden Delicious apples. Journal of Food Processing and Preservation. 38: 1276-1282.

Schelbert, S., Aubry, S., Burla, B., Agne, B., Kessler, F., Krupinska, K. and Hörtensteiner, S. 2009. Pheophytin pheophorbide hydrolase (Pheophytinase) is involved in chlorophyll breakdown during leaf senescence in *Arabidopsis*. The Plant Cell. 21: 767-785.

Serek, M., Sisler, E.C. and Reid, M.S., 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. Journal of the American Society for Horticultural. 119: 1230-1233.

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

Seymour, G.B., Tayler, J.E. and Tucker, G.A. 1993. Biochemical of Fruit Ripening. Chapman and Hall. New York.

Shimokawa, K., Shimada, S., Yaeo, K., 1987. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. Horticultural Science. 8: 129-135.

Silva, D.F.P., Chamhum, L.C., Siqueira, D.L., Cecon, P.R. and Rocha, A. 2009. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 44: 669-675.

Suzuki, I. and Shioi, Y. 2002. Re-examination of Mg-dechelation reaction in the degradation of chlorophylls using chlorophyllin a as a substrate. Photosynthesis Resources. 74: 217-223.

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

Tastsuki, M., Endo, A. and Ohkawa, H. 2007. Influence of time from harvest to 1-MCP treatment on apple fruit quality and expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors. Postharvest Biology and Technology. 43: 28-35.

Tatmala, N., Srilaong, V., Kaewsuksaeng, S., Pongprasert, N. and Wongs-Aree, C. 2014. Partially purification and characterization of chlorophyllase and pheophytinase in lime peels. Journal of Agricultural Science. 45: 109-112.

Techavuthiporn, C., Lichanporn, I., Wimonwat, K. and Kanlayanarat, S. 2002. Effect of ethylene on quality and acceptance score of fresh cut green papaya. Journal of Agricultural Science. 6: 111-114.

Thanakom, T. 1975. Master of Science. Kurusapa Ladprao Printing Press. Thailand.

Tulio, J.A., Ose, K., Chachin, K. and Ueda, Y. 2002. Effects of storage temperatures on the postharvest quality of jute leaves (*Corchorus olitorius* L.). Postharvest Biology and Technology. 26: 329-338.

Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropane (1-MCP) in fruits and vegetables. Biotechnology Advances. 24: 389-409.

Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. and Joyce, D. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits, Vegetables and Ornamentals. CABI. Wallingford, UK.

Yamauchi, N., Akiyama, Y., Kako, S. and Hashinaga, F. 1997. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin *(Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. Scientia Horticulturae. 71: 35-42.

Yamauchi, N. and Watada, A.E., 1998. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. Horticultural Science. 116: 58-62.

Yang, S.F. and Hoffman, H.E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Plant Physiology. 35: 155-189.

Zewter, A., Woldetsadil, K. and Workneh, T.S. 2012 Effect of 1-methylcyclopropene, potassiunpermanganate and packaging on quality of banana. African Journal of Agricultural Research. 7: 2425-2437.

Zhang, Z., Ren, I. S., Clifton, I. J. and Schofield, C.I. 2004. Crystal structure and mechanistic implications of l-aminocyclopropene-l-carboxylic acid oxidase: the ethylene-forming enzyme. Chemistry Biology. 1: 1383-l394.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การรวบรวมข้อมูลการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักชีจากกลุ่มเกษตรกรและพนักงานของบริษัท เอส. ที. วี. เทรดดิ้ง เอเยนซี่ จำกัด

Appendix Table 1 Data collection related to postharvest management coriander from farmers and workers in the factory

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความ หรือกรอกข้อความในช่องว่าง

รายการที่สำรวจและสอบถาม	ผลจากการสำรวจและสอบถาม
ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ให้สัมภาษณ์	วันที่สำรวจ.....
1.1 เกษตรกร ชื่อ – สกุล	เบอร์โทรศัพท์
1.2 พนักงาน ชื่อ – สกุล	เบอร์โทรศัพท์
ส่วนที่ 2 ข้อมูลจากเกษตรกรที่เกี่ยวข้องกับการปลูกและการเก็บเกี่ยวผักชี	
2.1 สถานที่ปลูกผักชี	อำเภอ…….. จังหวัด…….
2.2 สายพันธุ์ที่ปลูก	
2.3 แปลงปลูกมีเนื้อที่กี่ไร่	……ไร่
2.4 จำนวนแรงงานที่ใช้ต่อไร่	……คน
2.5 ผลผลิตมีทุกวันหรือไม่	☐ มีทุกวัน ☐ ไม่มีทุกวัน
2.6 ปริมาณผลผลิต/วัน/กลุ่มเกษตรกร	
2.7 ปริมาณผักชีที่มาส่งบริษัทฯ แต่ละครั้ง/กลุ่มเกษตรกร	☐ น้อยกว่า 100 กิโลกรัม ☐ 100-200 กิโลกรัม ☐ 200-300 กิโลกรัม ☐ มากกว่า 300 กิโลกรัม
2.8 ฤดูกาลมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผักชีหรือไม่ ถ้ามีผลอย่างไร	☐ มีผล…….. ☐ ไม่มีผล
2.9 ราคาขายผักชีให้กับบริษัทฯ เท่ากับเท่าไร	……บาท/กิโลกรัม

2.10 ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้	☐ ต่ำกว่า 20 วัน ☐ 20-30 วัน ☐ 31-45 วัน ☐ 46-60 วัน ☐ 60 วันขึ้นไป
2.11 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวชีคือ	☐ เช้ามืด (ก่อน 5.00 น.) ☐ เช้า (6.00-8.00 น.) ☐ สาย (9.00-11.00 น.) ☐ อื่นๆ……
2.12 เกณฑ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผักชีพิจารณาจาก	☐ สี……..…….. ☐ ลักษณะปรากฏ…….. ☐ ความยาว…… ☐ อื่นๆ……..
2.13 การเก็บเกี่ยวมีการแยกเกรดผักชีหรือไม่อย่างไร	☐ แยกเกรด…….. ☐ ไม่แยกเกรด……..……
2.14 หลังเก็บเกี่ยวเกษตรกรมีการปฏิบัติที่แปลงอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	☐ รวมเป็นมัด (ประมาณมัดละ…….) ☐ ล้าง (…….) ☐ ตัดราก ☐ คัดเลือกต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ☐ อื่นๆ……..
2.15 ลักษณะการเสื่อมเสียของผักชีมีอะไรบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	☐ เน่า ☐ เหี่ยว ☐ ใบเหลือง ☐ อื่นๆ……..
2.16 ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุผักชีมายังบริษัทฯ	☐ ตะกร้าพลาสติก ☐ ตะกร้าไม้ ☐ ถุงพลาสติก ☐ อื่นๆ……..

2.17 วิธีการและระยะเวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนส่งถึงบริษัทฯ	1. พาหนะที่ใช้…… 2. ระยะเวลา…… 3. วิธีการควบคุมอุณหภูมิ……
ส่วนที่ 3 ข้อมูลของทางบริษัทฯ เกี่ยวกับการตรวจรับและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักชี	
3.1 มีเกณฑ์ในการเลือกแหล่งรับซื้อผักชีหรือไม่	☐ มี ☐ ไม่มี ☐ อื่นๆ……..
3.2 เกณฑ์คุณภาพในการรับซื้อผักชีคืออะไร	☐ ติดราก/ไม่ติราก ☐ ความเหี่ยว……. ☐ สี…….. ☐ ความยาว/ต้น……เซนติเมตร ☐ น้ำหนัก/ต้น…… กรัม ☐ อื่นๆ……..
3.3 เมื่อรับผักชีมาแล้ว มีการปฏิบัติเบื้องต้นอย่างไร	☐ ผึ่งลม ☐ ล้างน้ำ ☐ แช่น้ำ/แช่สาร/แช่น้ำผสมสารเคมี…… ☐ เก็บในห้องเย็น……..องศาเซลเซียส ☐ อื่นๆ……..
3.4 การรับผักชีแต่ละครั้งเพียงพอหรือไม่	☐ พอ ☐ ไม่พอ ☐ อื่นๆ……..
ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการล้างผักชีของทางบริษัทฯ	
4.1 การล้างผักชีใช้น้ำอะไรในการล้าง	☐ น้ำบาดาล ☐ น้ำประปา ☐ น้ำประปาผสมคลอรีน (ความเข้มข้นร้อยละ...) ☐ อื่นๆ……..
4.2 การล้างผักชีแต่ละครั้งมีการถ่ายเทน้ำหรือไม่	☐ ถ่ายเท ถ้าถ่ายเท ถ่ายเทกี่ครั้ง…….. ☐ ไม่ถ่ายเท ☐ อื่นๆ……..

4.3 ภาชนะที่ใช้ล้างผักชีคืออะไรและขนาดเท่าไร	☐ กะละมัง ปริมาตร…… ☐ ถังน้ำ ปริมาตร…….. ☐ กระบะพลาสติก ปริมาตร…… ☐ อื่นๆ……..
4.4 ปริมาตรน้ำที่ใช้ล้างผักชีแต่ละครั้ง	……..ลิตร
4.5 ปริมาณผักชีที่ใช้ล้างแต่ละครั้ง	☐ น้อยกว่า 50 กิโลกรัม ☐ 50-100 กิโลกรัม ☐ 100-200 กิโลกรัม ☐ มากกว่า 200 กิโลกรัม
4.6 มีการใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ใดระหว่างการล้างผักชี (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	☐ ถุงมือสำหรับล้าง ☐ แปรง ☐ ผ้า ☐ อื่นๆ……..
4.7 ใช้เกณฑ์อะไรในการพิจารณาว่าผักชีล้างสะอาดและเพียงพอแล้ว	☐ สีของน้ำที่ใช้ล้าง ☐ รากผักชีสีขาวใส ☐ อื่นๆ……..
4.8 หลังกระบวนการล้างมีการคัดคุณภาพผักชีหรือไม่ อย่างไร	☐ พิจารณาตำหนิ…….. ☐ สีของใบ…….. ☐ สีของลำต้น…….. ☐ ความยาว……... ☐ น้ำหนัก……... ☐ อื่นๆ……..
ส่วนที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการบรรจุผักชี	
รูปแบบการบรรจุของทางบริษัทฯ มีอะไรบ้าง	☐ ขายส่ง (ข้ามไปทำในส่วนของการขายส่ง ข้อ 5.1) ☐ ขายปลีก (ข้ามไปทำในส่วนของการขายปลีก ข้อ 5.2)

5.1 รูปแบบการบรรจุแบบขายส่ง	
5.1.1 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแบบขายส่ง	☐ ถุงพลาสติก ขนาด……...…..
	☐ กล่องโฟม ขนาด……...
	☐ ตะกร้า ขนาด…….
	☐ อื่นๆ……..
5.1.2 ปริมาณผักชีที่บรรจุต่อ 1 หน่วยภาชนะ	
5.1.3 ลักษณะผักชีที่บรรจุ	☐ ผักชีติดราก
	☐ ผักชีไม่ติดราก
	☐ อื่นๆ……..
5.1.4 วิธีการรวมผักชีในการบรรจุ	☐ รวมเป็นมัด
	☐ ไม่รวมเป็นมัด
	☐ อื่นๆ……..
5.1.5 ขั้นตอนการบรรจุผักชีแบบขายส่งมีอย่างไรบ้าง -…… -…… -……	
5.2 รูปแบบการบรรจุแบบขายปลีก	
5.5.1 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแบบขายปลีก	☐ ถุงพลาสติก ขนาด……...…..
	☐ กล่องโฟม ขนาด……
	☐ อื่นๆ……..
5.5.2 ปริมาณผักชีที่บรรจุต่อ 1 หน่วยภาชนะ	
5.5.3 ลักษณะผักชีที่บรรจุ	☐ ผักชีติดราก
	☐ ผักชีไม่ติดราก
	☐ อื่นๆ……..
5.5.4 ภาชนะบรรจุที่ใช้ในการบรรจุผักแบบขายปลีกเพื่อการขนส่งคืออะไร	☐ ถุงพลาสติก ขนาด……...…..
	☐ กล่องโฟม ขนาด……...
	☐ ตะกร้า ขนาด…….
	☐ อื่นๆ……..

5.2.5 ขั้นตอนการบรรจุผักชีแบบขายปลีกมีอย่างไรบ้าง

-……

-……

-……

ส่วนที่ 6 ข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บรักษาตลอดจนจำหน่ายผักชีของทางบริษัทฯ

ผักชีที่บรรจุเสร็จแล้วมีการเก็บรักษาก่อนส่งขายหรือส่งขายเลย	☐ เก็บรักษา (ข้ามไปทำในข้อที่ 6.1) ☐ ขนส่งทันที (ข้ามไปทำในข้อที่ 6.2) ☐ อื่นๆ……..

6.1 ข้อมูลการเก็บรักษา

6.1.1 การเก็บรักษาผักชีหลังการบรรจุมีการปฏิบัติอย่างไร

-……

-……

-……

6.1.2 อุณหภูมิในการเก็บรักษา ……...องศาเซลเซียส

6.2 ข้อมูลการขนส่ง

6.2.1 ระหว่างขนส่งมีการควบคุมอุณหภูมิและจัดการอย่างไร

-……

-……

-……

6.2.2 กลุ่มลูกค้าที่รับซื้อผักชีจากบริษัทฯ	☐ ลูกค้าปลีก ☐ ลูกค้าส่ง ☐ อื่นๆ……..
6.2.3 ประเทศที่รับซื้อผักชีจากบริษัทฯ	☐ มาเลเซีย ☐ สิงคโปร์ ☐ อื่นๆ……..
6.2.4 ใช้ระยะเวลานานเท่าไรในการขนส่งผักชีจากบริษัทฯ จนถึงลูกค้า	……ชั่วโมง หรือ วัน

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การสูญเสียน้ำหนัก (Hassan and Mahfouz, 2012)

อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ E-Scale รุ่น DYB-300

วิธีการ

บรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ถุงละ 50 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษา และชั่งน้ำหนักทุกๆ วัน ของการเก็บรักษา จากนั้นคำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักผักชีเริ่มต้น (กรัม)} - \text{น้ำหนักผักชีวันที่เก็บรักษา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักผักชีเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100$$

2. ใบเหลือง (Kim *et al*., 2007)

อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ E-Scale รุ่น DYB-300

วิธีการ

ชั่งน้ำหนักใบผักชีทั้งหมด และชั่งน้ำหนักใบเหลือง จากนั้นคำนวณร้อยละใบเหลือง

การคำนวณ

$$\text{ใบเหลือง (ร้อยละ)} = 100 - \left[\frac{\text{น้ำหนักใบทั้งหมด (กรัม)} - \text{น้ำหนักใบเหลือง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักใบทั้งหมด (กรัม)}} \times 100 \right]$$

3. ใบเน่า (Kim *et al*., 2007)

อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ E-Scale รุ่น DYB-300

วิธีการ

ชั่งน้ำหนักใบผักชีทั้งหมด และชั่งน้ำหนักใบเน่า จากนั้นคำนวณร้อยละใบเน่า

การคำนวณ

$$\text{ใบเน่า (ร้อยละ)} = 100 - \left[\frac{\text{น้ำหนักใบทั้งหมด (กรัม)} - \text{น้ำหนักใบเน่า (กรัม)}}{\text{น้ำหนักใบทั้งหมด (กรัม)}} \times 100 \right]$$

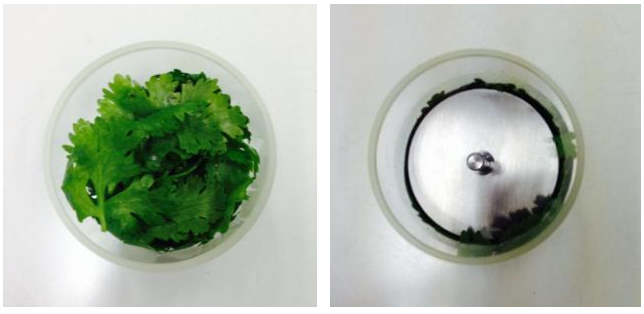
4. ค่าสี (Francis, 1980)

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab colorimeter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XT

วิธีการ

1. เปิดสวิทต์เครื่องสำรองไฟ (UPS) มาที่ตำแหน่ง On
2. เปิดคอมพิวเตอร์ เลือก Start ⟶ Program ⟶ Hunter Lab ⟶ Universal V3.7
3. ปรับมาตรฐานด้วยแผ่นสีมาตรฐาน โดยเลือก Standardize แล้วเลือกขนาดของช่อง 0.5 กดปุ่มตอบตกลง และวางแผ่นสีดำลงบน Port กดปุ่มตอบตกลง ยกแผ่นสีดำออก แล้ววางแผ่นสีขาวให้อยู่กึ่งกลาง Port กดปุ่มตอบตกลง
4. กำหนดค่าในการวัดสี โดยเลือก Active view ไปที่ Scale แล้วเลือก CIE L*, a*, b*เพื่อให้เครื่องแสดงค่าวัดสีในระบบ L*, a*, b* และเลือก illuminate = D65 และ Observer = 10^0
5. นำตัวอย่างไปวางลงในภาชนะที่สำหรับวัดค่าสี เริ่มวัดสีของตัวอย่าง โดยเด็ดใบผักชีวางให้ด้านบนใบคว่ำลงและให้ปิดช่องรูรับแสง โดยวัดค่าจากด้านบนของใบผักชี จากนั้นใช้ Probe กดทับให้แน่น ดังแสดงในภาพภาคผนวกที่ 1 วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ



Appendix Figure 1 Color evaluation of coriander leaf

6. เลือก Read sample เมื่อต้องการอ่านค่า เครื่องจะแสดงผลในรูป L*, a*, b*

   L* บ่งบอกถึงความสว่างของสี (Lightness) โดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

   a* บ่งบอกถึงสีแดงและสีเขียว โดยค่าเป็นบวกก็จะมีความเป็นสีแดงมากขึ้น และถ้าค่าเป็นลบก็จะมีความเป็นสีเขียวมาก

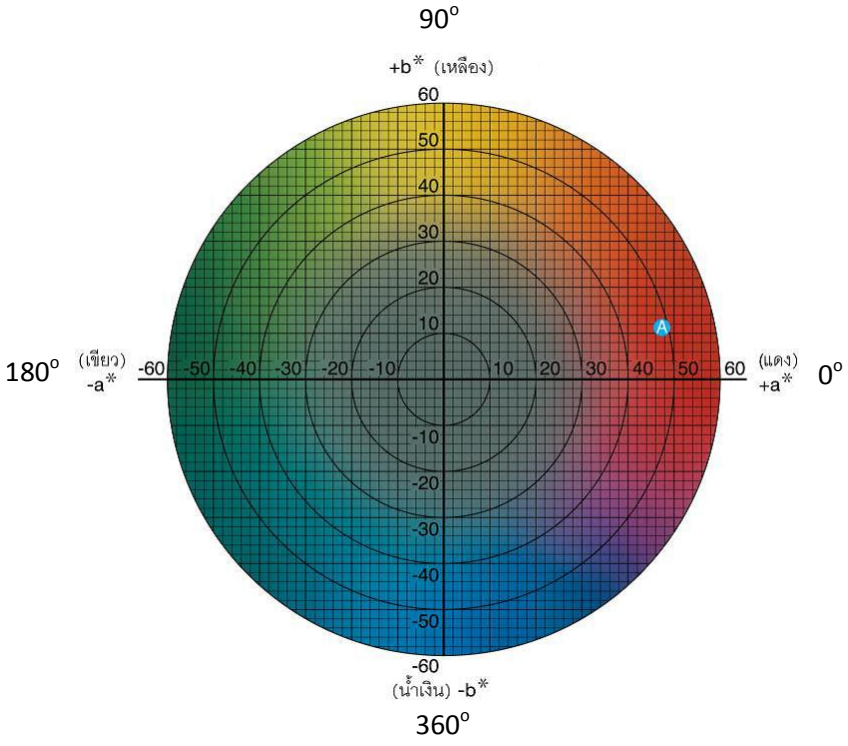
   b* บ่งบอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าเป็นบวกก็จะมีความเป็นสีเหลือง และถ้าค่าเป็นลบก็จะมีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น

7. คำนวณค่า Chroma ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสี สามารถคำนวณได้จากสูตร

   $Chroma = [(a^2+b^2)]^{1/2}$

8. คำนวณค่า Hue angle ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงโทนสีในระดับต่างๆ ที่เปลี่ยนไปตามค่ามุม ถ้ามีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะเป็นสีเหลือง หากมีค่าเข้าใกล้มุม 180 องศา สีของวัตถุจะเป็นสีเขียว สามารถคำนวณได้จากสูตร

   Hue = arctan (b*/a*)



Appendix Figure 2 Hue angle

Source: Kaewsuksang (2011)

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณก๊าซเอทิลีน (Gemma *et al*., 1994)

อุปกรณ์

เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี

วิธีวิเคราะห์

นำผักชีบรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่ไม่เจาะรู มาเก็บตัวอย่างก๊าซภายในถุง โดยตรวจติดตามทุกๆ 2 วัน เก็บตัวอย่างก๊าซปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกฉีดยาสุญญากาศ แล้ววิเคราะห์หาปริมาณก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี คำนวณปริมาณก๊าซเอทิลีนที่วัดได้ออกมาในหน่วย ppm โดยมีสภาวะของเครื่องดังนี้

Column	Porapack Q
Column size	เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.125 มิลลิเมตร ยาว 10 เมตร
Column temperature	40 องศาเซลเซียส
Inject temperature	180 องศาเซลเซียส
Detector	Flame ionization detector (FID)
Carrier gas	Helium
Flow rate	10 psi

ส่วนผักชีที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่เจาะรู จะนำผักชีมาบรรจุในขวดพลาสติกปริมาตร 1,200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ปิดสนิท เก็บรักษานาน 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผักชีในแต่ละชุดการทดลอง โดยตรวจติดตามทุกๆ 2 วัน เก็บตัวอย่างก๊าซปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกฉีดยาสุญญากาศ แล้ววิเคราะห์หาปริมาณก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี และคำนวณปริมาณก๊าซเอทิลีนที่วัดได้ออกมาในหน่วย ไมโครลิตร/กิโลกรัมน้ำหนักสดต่อชั่วโมง (µl/kg.h FW) จากสูตร

$$\text{Ethylene production } (\mu l/kg.h\ FW) = \frac{\text{ปริมาตรของภาชนะที่ใช้บรรจุ (l)} \times \text{ปริมาณก๊าซเอทิลีนที่วัดได้ (ppm)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (kg)} \times \text{ระยะเวลาพักตัวอย่าง (h)}}$$

2. ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Tano *et al*., 2007)

อุปกรณ์

เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี

วิธีวิเคราะห์

บรรจุผักชีในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ขนาด 15×38 เซนติเมตร ถุงละ 50 กรัม ปิดปากถุงให้สนิท จากนั้นนำถุงพลาสติกที่บรรจุผักชี มาเก็บตัวอย่างก๊าซภายในถุง ทุกๆ 2 วัน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกฉีดยาสุญญากาศ แล้ววิเคราะห์หาปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี คำนวณค่าที่วัดได้ออกมาในหน่วยร้อยละ สุ่มตรวจจนกระทั่งสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย โดยมีสภาวะของการวัดดังนี้

Column	Porapack Q
Column size	เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.125 มิลลิเมตร ยาว 10 เมตร
Column temperature	60 องศาเซลเซียส
Inject temperature	150 องศาเซลเซียส
Detector	Thermal conductivity detector (TCD)
Carrier gas	Heluim
Flow rate	10 psi

3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์

(Arnon, 1994)

อุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
2. โกร่งบด
3. เครื่องกรองระบบสุญญากาศ
4. ขวดแยก (Separatory funnel) ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์

สารเคมี

1. Acetone ความเข้มข้นร้อยละ 80
2. Sand, acid washed
3. Calcium carbonate
4. Sodium sulphate anhydrous

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใบผักชี 1-3 กรัม ใส่ในโกร่งบด
2. เติมแคลเซียมคาร์บอเนตประมาณ 0.1 กรัม
3. เติมทรายละเอียดที่ผ่านการล้างด้วยกรด (Purified acid sand) ช่วยในการสกัด
4. เติมอะซิโตนเข้มข้นร้อยละ 80 เล็กน้อยและบดตัวอย่างให้ละเอียด หลังจากนั้นเติมอะซิโตนเข้มข้นร้อยละ 80 เพิ่มอีก พร้อมกับคนให้เข้ากันประมาณ 2-3 นาที
5. กรองของผสมด้วยระบบสุญญากาศผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้ Buchner Funnel
6. เทกากกลับลงในโกร่งบด และบดด้วยอะซิโตนเข้มข้นร้อยละ 80 แล้วกรองเช่นเดิมอีกจนกระทั่งน้ำล้างไม่มีสี และไม่มีสีเขียวติดอยู่บนกระดาษกรอง
7. เติมโซเดียมซัลเฟตที่ไม่มีโมเลกุลของน้ำ ปริมาณ 3-5 กรัม ลงไปในสารละลายที่กรองได้
8. แยกโซเดียมซัลเฟตออก และปรับปริมตรสุดท้ายของสารที่กรองให้ได้ 100 มิลลิลิตร โดยใช้อะซิโตนเข้มข้นร้อยละ 100 เก็บไว้ในขวดสีชา หรือที่มืดจนกว่าจะวัดค่าการดูดกลืนแสง
9. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ ดังนี้

คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัม/ลิตร)	=	$12.7A_{663}-2.69A_{645}$
คลอโรฟิลล์ บี (มิลลิกรัม/ลิตร)	=	$22.9A_{645}-4.68A_{663}$
คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)	=	$20.2A_{663}-8.02A_{645}$
แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	=	$(1000A_{470}-3.27C_a-104C_b)/229$

4. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

อุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
2. เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ (Homogenizer)
3. เครื่องกรองระบบสุญญากาศ
4. เครื่องหมุนเหวี่ยง
5. ขวดแยก (Separatory funnel) ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์

สารเคมี

1. Acetone
2. Hexane
3. Diethyl ether
4. Dioxane
5. HCl ความเข้มข้น 0.1 นอมอล
6. NaOH ความเข้มข้น 0.1 นอมอล
7. KCl ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์
8. Triton X-100 ความเข้มข้นร้อยละ 0.12
9. Bovin serum albumin

วิธีวิเคราะห์

4.1 การเตรียม Acetone powder (Arkus *et al*., 2005)

นำใบผักชีมา 10 กรัม มาปั่นผสมกับ Acetone ความเข้มข้นร้อยละ 80 ที่เย็นจัด ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 โดยใช้ปั๊มสุญญากาศล้างตะกอนด้วย Acetone ปั่นผสมและล้างตะกอนอีกครั้ง จนได้ตะกอนไม่มีสี (สีขาว) เติม Diethyl ether ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 3 ชั่วโมง ในโถดูดความชื้น เก็บ Acetone powder ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไว้สำหรับวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

4.2 การเตรียม substrate

4.2.1 การเตรียม Chlorophyll เพื่อใช้เป็น Substrate ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllsae (ดัดแปลงจาก Amir-Shapira, 1987)

นำใบผักโขม 15 กรัม มาปั่นผสมกับ Acetone ที่เย็นจัด ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ นาน 3 นาที จากนั้นนำมากรองด้วย Miracloth 2 ชั้น นำส่วนกากมาเติม Dioxane 10.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 4 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เทส่วนใสทิ้ง แล้วเก็บตะกอนไว้ นำมาเติม Acetone ปริมาตร 40 มิลลิลิตร Dioxane 6 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 14 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 4 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เทส่วนใสทิ้ง แล้วเก็บตะกอนไว้ นำมาเติม Acetone ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้ตะกอนละลาย ได้เป็น Crude chlorophyll (Chlorophyll acetone solution) เก็บไว้ใช้เป็น Substrate ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase การตรวจวัดความเข้มข้นของ Chlorophyll a โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 661.6 และ 644.8 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของ Chlorophyll a จากสูตรหาเข้มข้นของ Chlorophyll ซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นของ Chlorophyll a เริ่มต้นเท่ากับ 750 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นนำมาปรับให้มีความเข้มข้นของ Chlorophyll a เท่ากับ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ด้วย Acetone

$$\text{Chlorophyll (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)} = 11.24\ A_{661.6} - 2.04\ A_{664.8}$$

4.2.2 การเตรียม Chlorophyllide เพื่อใช้เป็น Substrate ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase (Kaewsuksang *et al*., 2011)

นำ Crude enzyme ที่ได้จากข้อ 4.3.1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Triton-X 100 ความเข้มข้นร้อยละ 1.44 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติม Chlorophyll acetone solution (ข้อ 4.2.1) ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติม Phosphate buffer พีเอช 7.5 ที่ความเข้มข้น 0.1 โมล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม Acetone ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แยกส่วนของ Chlorophyllide a ออกจาก Chlorophyll a โดยการเติม Hexane ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำส่วนของสารละลายชั้นล่างซึ่งเป็นส่วนของ Chlorophyllide a มาใช้เป็น Substrate ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase ตรวจวัดความเข้มข้นของ Chlorophyllide a โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 661.6 และ 644.8 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของ Chlorophyllide a จากสูตรในข้อ 4.2.1

ซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นของ Chlorophyllide a เริ่มต้นเท่ากับ 120 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นนำมาปรับให้มีความเข้มข้นของ Chlorophyllide a เท่ากับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ด้วย Acetone

4.2.3 การเตรียม Pheophytin a เพื่อใช้เป็น Substrate ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase (ดัดแปลงจาก schelbert *et al*., 2009)

นำ Crude chlorophyll ที่ได้จากข้อ 4.2.1 ซึ่งมีความเข้มข้นของ Chlorophyll a เท่ากับ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 3 มิลลิลิตร มาหยด HCl ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 2 หยด และเติม NaOH ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 2 หยด เขย่าให้เข้ากัน จะได้ Pheophytin เก็บไว้ใช้เป็น Substrate ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase การตรวจวัดความเข้มข้นของ Pheophytin โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 661.6 และ 644.8 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของ Pheophytin จากสูตรหาเข้มข้นของ Pheophytin ซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นของ Pheophytin เท่ากับ 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

$$\text{Pheophytin (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)} = 12.64\ A_{661.6} - 2.99\ A_{664.8}$$

4.3 การสกัด Crude enzyme

4.3.1 การสกัด Crude enzyme สำหรับวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase และ Mg-dechelatase (Suzuki and Shio, 2002)

นำ Acetone powder 0.5 กรัม มาเติมสารละลาย Phosphate buffer พีเอช 7.5 (ซึ่งประกอบด้วย KCl ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ และ Triton X-100 ความเข้มข้นร้อยละ 0.12) ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วย Miracloth แล้วหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 16,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไว้สำหรับวัดกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase และ Mg-dechelatase

4.3.2 การสกัด Crude enzyme สำหรับวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase (Schelbert *et al*., 2009)

นำ Acetone powder 0.5 กรัม มาเติม Tris-HCl พีเอช 8 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วย Miracloth แล้วหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 16,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไว้สำหรับวัดกิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase

4.4 การวัดกิจกรรมเอนไซม์

4.4.1 กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase (Amir-Shapira *et al*., 1987)

นำ Crude enzyme ที่ได้จากข้อ 4.3.1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Triton-X 100 ความเข้มข้นร้อยละ 1.44 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติม Chlorophyll acetone solution (ข้อ 4.2.1) ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติม Phosphate buffer พีเอช 7.5 ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม Acetone ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แยกส่วนของ Chlorophyllide ออกจาก Chlorophyll โดยการเติม Hexane ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำส่วนของสารละลายชั้นล่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 667 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหากิจกรรมเอนไซม์ โดยเทียบกับค่า Coefficient ของ Chlorophyllide=76.79 mM/cm โดยรายงานกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase ในหน่วย Unit/mg Protein

4.4.2 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase (ดัดแปลงจาก Suzuki and Shioi, 2002)

นำ Phosphate buffer พีเอช 7.5 ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Crude enzyme ที่ได้จากข้อ 4.3.1 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ Chlorophyllide ที่ได้จากข้อ 4.2.2 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหากิจกรรมเอนไซม์ โดยเทียบกับค่า Coefficient ของ Pheophobide= 50.16 mM/cm โดยรายงานกิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase ในหน่วย Unit/mg protein

4.4.3 กิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase (ดัดแปลงจาก Schelber *et al*., 2009)

นำ Crude enzyme ที่ได้จากข้อ 4.3.2 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Tris-HCl พีเอช 8 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และ Pheophytin ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม Acetone ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แยกส่วนของ Pheophobide ออกจาก Pheophytin โดยการเติม Hexane ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำส่วนของสารละลายชั้นล่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหากิจกรรมเอนไซม์ โดยเทียบกับค่า Coefficient ของ Pheophobide = 50.16 mM/cm โดยรายงานกิจกรรมของเอนไซม์ Pheophytinase ในหน่วย Unit/mg Protein

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Bradford, 1976)

4.5.1 การเตรียมสารละลาย Coomasie blue

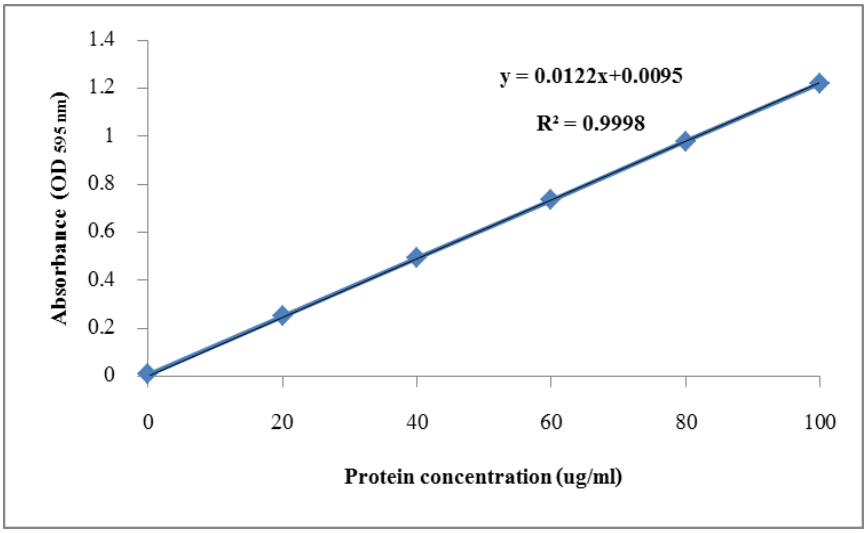
นำ Coomasie brilliant blue G-250 100 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติม Phosphoric acid ความเข้มข้นร้อยละ 85 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้เท่ากับ 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

4.5.2 การหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง

นำใบผักชี 5 กรัม ผสมกับ Extraction buffer (ประกอบด้วย Phosphate buffer พีเอช 7.5 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และ Triton X-100 ความเข้มข้นร้อยละ 0.12 ปริมาตร 15 มิลลิลิตร) ปั่นผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ด้วยเครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ แยกส่วนใสมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยนำส่วนใสมา 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ Coomasie blue 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน Bovin serum albumin (BSA)

4.5.3 การเตรียมโปรตีนมาตรฐาน (BSA)

ชั่งโปรตีนมาตรฐาน BSA (Bovin serum albumin, Sigma Co., Ltd.) 2.5 มิลลิกรัม ละลายใน Phosphate buffer (พีเอช 7.0) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลายโปรตีนเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม นำสารละลายมาเจือจางด้วย Phosphate buffer (พีเอช 7.0) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงต่อความเข้มข้นโปรตีน



Appendix Figure 3 Standard curve of protein bovin serum albumin

ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักชี จะพิจารณาจากสี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน ให้คะแนนคุณภาพที่มีต่อลักษณะผักชีเทียบจากรูปภาพตามการแบ่งเกรดของผักชี โดยมีวิธีการให้คะแนนทางคุณภาพผักชีเท่ากับ 5 ระดับคะแนน โดยดัดแปลงจากสเกลแบบลิเคิร์ท (Likert scale) ดังนี้ 5 = คุณภาพดีมาก 4 = คุณภาพดี 3 = คุณภาพยอมรับได้ 2 = คุณภาพไม่ค่อยดี และ 1 = คุณภาพไม่ดี โดยจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนน้อยกว่า 3 คะแนน ซึ่งจะถือว่าสิ้นสุดระยะการวางจำหน่าย (ดัดแปลงจากสุชาดา ไล้สุวรรณ, 2552)

หมายเหตุ : การประเมินอายุการวางจำหน่ายผักชีจะพิจารณาจากคะแนนระดับคุณภาพ โดยจะไม่ยอมรับผักชีเมื่อมีคะแนนจากการประเมินน้อยกว่า 3 คะแนน

แบบประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักชี

ID…….

ชื่อ.....…วันที่..... เวลา.....

<u>คำแนะนำ</u>

กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้ตามรหัสตัวอย่าง โดยประเมินคะแนนคุณภาพที่มีต่อ **สี ลักษณะปรากฏ และคุณภาพโดยรวม** ตามลำดับ แล้วให้คะแนนคุณภาพที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

5 = คุณภาพดีมาก
4 = คุณภาพดี
3 = คุณภาพยอมรับได้
2 = คุณภาพไม่ค่อยดี
1 = คุณภาพไม่ดี

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
	สี	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพโดยรวม

ข้อเสนอแนะ……

……

……

คำนิยามคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักชี

ขอความกรุณาอ่านคำนิยาม คุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่ต้องการให้ท่านประเมินดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. สี : ทดสอบโดยใช้สายตาในการประเมินสีของผักชี โดยเปรียบจากรูป
   5 คะแนน = ใบผักชีมีสีเขียวมาก
   4 คะแนน = ใบผักชีมีสีเขียว
   3 คะแนน = ใบผักชีเริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อยประมาณร้อยละ 25
   2 คะแนน = ใบผักชีมีเหลืองประมาณร้อยละ 50
   1 คะแนน = ใบผักชีมีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50

2. ลักษณะปรากฏ : ประเมินโดยใช้สายตาดูลักษณะภายนอกของผักชี ได้แก่ ความเหี่ยว เน่า ช้ำ และความผิดปกติทางสรีรวิทยา
   5 คะแนน = ผักชีมีลักษณะสดมาก ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา
   4 คะแนน = ผักชีมีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา
   3 คะแนน = ผักชีเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา
   2 คะแนน = ผักชีเหี่ยว เริ่มเน่า เริ่มช้ำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา
   1 คะแนน = ผักชีเหี่ยว เน่า ช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

3. คุณภาพโดยรวม : ประเมินคุณภาพโดยรวมของผักชี โดยพิจารณาจากสี และลักษณะปรากฏ
   5 คะแนน = คุณภาพดีมาก
   4 คะแนน = คุณภาพดี
   3 คะแนน = คุณภาพยอมรับได้
   2 คะแนน = คุณภาพไม่ค่อยดี
   1 คะแนน = คุณภาพไม่ดี

คำอธิบายภาพประกอบการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักชี

5 คะแนน : ใบผักชีมีสีเขียวสด เป็นมัน มีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

4 คะแนน : ใบผักชีมีสีเขียว เหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

3 คะแนน : ใบผักชีเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองประมาณร้อยละ 25 เหี่ยว เล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

2 คะแนน : ใบผักชีเปลี่ยนจากสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองประมาณร้อยละ 50 มีใบเหี่ยว ใบเน่า ใบช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

1 คะแนน : ใบผักชีเปลี่ยนจากสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50 มีใบเหี่ยว ใบเน่า ใบช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

หมายเหตุ : จะไม่ยอมรับผักชีที่มีคะแนนจากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสน้อยกว่า 3 คะแนน ซึ่งจะถือว่าสิ้นสุดการวางจำหน่าย

5 คะแนน 4 คะแนน 3 คะแนน 2 คะแนน 1 คะแนน

Appendix Figure 4 Guildline chart for sensory evaluation score (Likert scale) of coriander

ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องตีป่นอาหาร (Stomacher)
2. ตู้บ่มเชื้อ
3. จานเลี้ยงเชื้อ

สารเคมี

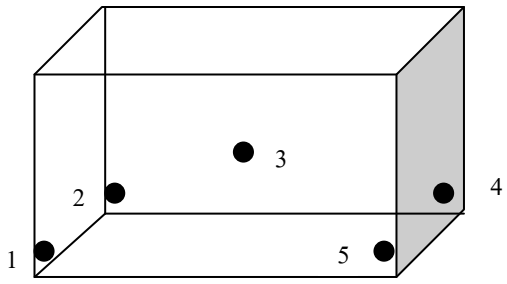
1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ยี่ห้อ Merck ขนาด 500 กรัม
2. สารละลาย Peptone ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างผักชี 25 กรัม ใส่ถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อ ที่ใช้กับเครื่องตีอาหาร (Stomacher)
2. เติมสารละลาย Peptone ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร
3. นำเข้าเครื่องตีป่นอาหาร นาน 1 นาที
4. เจือจางต่อให้ได้ระดับความเข้มข้นที่ต้องการด้วยสารละลาย Peptone ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
5. ปิเปตส่วนผสมที่ต้องการในแต่ละความเข้มข้นมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ
6. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ซึ่งมีอุณหภูมิ 44-46 องศาเซลเซียส ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ปิเปตส่วนผสมลงไปแล้ว แล้วหมุนจานเลี้ยงเชื้อไปตามเข็มนาฬิกาให้ส่วนผสมและอาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากัน
7. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง
8. ตรวจผลโดยนับจำนวนเชื้อทั้งหมดที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

ภาคผนวก ฉ. ผลการทดลอง

การตรวจติดตามอุณหภูมิในกล่องโฟมระหว่างการเก็บรักษาผักชี โดยตรวจวัดอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆ จำนวน 5 จุด/กล่องโฟม ดังแสดงในภาคผนวก ภาพที่ 5



Appendix Figure 5 Temperature monitoring within a foam box at different positions during storage coriander

Appendix Figure 6 Coriander in a foam box with ice on top during storage at 5^{o}C

Appendix Table 2 Temperature mornitoring within a foam box at different positions during storage coriander under different temperatures

Storage time (days)	Storage temperature/ Positions (1-5)									
	5°C					7°C				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	3.8	3.8	3.7	3.8	3.9	3.9	3.8	3.7	3.8	3.9
2	3.8	3.8	3.7	3.8	3.9	3.9	3.9	3.8	3.9	3.9
4	3.9	3.9	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	3.8	4.0	3.9
6	4.0	4.0	3.8	4.0	4.0	4.1	4.2	4.0	4.2	4.1
8	4.3	4.2	4.0	4.2	4.1	4.5	4.3	4.2	4.4	4.5
10	4.5	4.3	4.2	4.4	4.4	5.1	4.9	4.8	5.0	4.9
12	4.8	4.9	4.4	4.8	4.9	5.0	5.1	5.0	5.0	4.9
14	4.8	4.9	4.8	5.0	4.9	5.5	5.3	5.2	5.5	5.4
16	5.0	4.9	5.0	5.0	4.9	-	-	-	-	-

Appendix Table 3 Temperature and relative humidity in a foam box during storage coriander under different temperatures

Storage time (days)	Storage temperature			
	5°C		7°C	
	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Temperature (°C)	Relative humidity (%)
0	3.8±0.1	89	3.8±0.1	89
2	3.8±0.1	90	3.9±0.0	90
4	3.9±0.1	90	3.9±0.1	89
6	4.0±0.1	90	4.1±0.1	90
8	4.2±0.1	89	4.4±0.1	89
10	4.4±0.1	91	4.9±0.1	90
12	4.8±0.2	90	5.0±0.1	90
14	4.9±0.1	89	5.4±0.1	91
16	5.0±0.1	91	-	-

Appendix Table 4 Temperature and relative humidity in a warehuose during storage coriander under different temperatures

Storage time (days)	Storage temperature			
	5°C		7°C	
	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Temperature (°C)	Relative humidity (%)
0	5.0	85	7.0	85
2	5.3	86	7.2	85
4	5.0	85	7.3	86
6	5.1	85	7.1	86
8	5.2	85	7.2	85
10	4.9	85	7.4	86
12	4.8	86	6.8	85
14	5.2	85	7.0	86
16	5.0	86	-	-

Appendix Table 5 Temperature and relative humidity in a warehuose during storage coriander under different temperatures

Storage time (days)	Storage temperature					
	5°C		7°C		10°C	
	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Temperature (°C)	Relative humidity (%)
0	5.0	85	7.0	85	10.0	85
2	5.3	86	7.2	85	10.2	85
4	5.0	85	7.3	86	9.8	85
6	5.1	85	7.1	86	10.2	85
8	5.2	85	7.2	85	-	-
10	4.9	85	7.4	86	-	-
12	4.8	86	-	-	-	-
14	5.2	85	-	-	-	-

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวสุทธาสินี บุญคง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5511020030

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษาที่ได้รับในระหว่างการศึกษา

โครงการทุนทักษะนักอุตสาหกรรมเกษตร

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Boonkong, S. and Meenune, M. 2014. Shelf-life assessment and quality changes in coriander during storage under low temperature. *In*: Proceedings of 16th Food Innovation Asia conference, 12-13 June 2014. Bitec, Bangkok, Thailand. pp. 557-566.

Boonkong, S. and Meenune, M. 2015. Effect of ethylene absorber on the quality and shelf-life assessment in coriander during storage. Journal of Agricultural Science. 46(3/1): 295-298.