ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผักซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

FACTORS AFFECTING SHELF-LIFE OF MINIMALLY PROCESSED VEGETABLES SALAD

T040120

เจนจิรา เจริญยิ่ง

JENCHIRA JAROENYING

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-131-2

ลขหมู่.....
ลขทะเบียน 40120
วัน, เดือน, ปี 16 ส.ค. 2544

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

การนำเนื้อหาที่ปรากฏในเอกสารนี้ไปใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTORS AFFECTING SHELF-LIFE OF MINIMALLY PROCESSED VEGETABLES SALAD

JENCHIRA JAROENYING

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

ISBN 974-648-131-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผักซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น
นักศึกษา	นางสาวเจนจิรา เจริญยิ่ง
รหัสประจำตัว	40066008
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผักซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาสลัดผักให้นานขึ้น จากการทดลองพบว่าขนาดชิ้นผักที่เล็กจะมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่สูงกว่าผักชิ้นใหญ่ ดังนั้นควรหั่นผักตามขนาดต่าง ๆ ดังนี้คือ มะเขือเทศ 4 มิลลิเมตร แตงกวา 4 มิลลิเมตร กะหล่ำปลี 3 มิลลิเมตร แครอท 2 มิลลิเมตร และผักกาดหอม 30 มิลลิเมตร

ความหนาของถุงพลาสติกมีผลต่อการซึมผ่านของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง พบว่าถุงหนา 0.12 มิลลิเมตร ทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง 5-6 % ซึ่งเหมาะสมในการเก็บรักษาสลัดผัก ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และผลของปริมาณจุลินทรีย์ที่ดี

การศึกษาผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ที่มีต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าผักที่ล้างด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 % ช่วยให้ผักมีอายุการเก็บรักษานาน 8 วัน ส่วนการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 40 ppm ช่วยให้ผักมีอายุการเก็บรักษานาน 5 วัน ส่วนการศึกษาผลของการใช้โปแทสเซียมเปอร์มังกาเนต ($KMnO_4$) ในการดูดซับเอธิลีนภายในถุง พบว่าการใช้โปแทสเซียมเปอร์มังกาเนต 3 % สามารถดูดซับปริมาณเอธิลีนภายในถุงได้หมด และให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Factors Affecting Shelf-Life of Minimally Processed Vegetables Salad
Student	Miss Jenchira Jaroenying
Student ID.	40066008
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2001
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Ratiporn Haruenkit

ABSTRACT

This research aims to extend the shelf-life of vegetables salad. The study on vegetables 's size found that smaller size vegetables increased the respiration and ethylene production rate. The recommended vegetables 's size are tomatoes 4 mm , cucumber 4 mm , cauliflower 3 mm , carrot 2 mm , and lettuce 30 mm.

Carbondioxide concentration in the package were affected by film thickness. The result showed that LDPE 0.12 mm. developed a modified atmosphere of 5-6 % carbondioxide which was beneficial to the product and provided the best quality for sensory evaluation and microbiological test.

The effect of hydrogenperoxide (H_2O_2) and sodium hypochlorite (NaOCl) on total microbial count was also investigated. It was found that washing vegetables with 5 % hydrogenperoxide could extend the shelf-life to 8 days and to 5 days storage life with sodium hypochlorite 40 ppm.

Using potassium permanganate ($KMnO_4$) to absorb ethylene in the package found that all ethylene in the package was absorbed by 3 % $KMnO_4$ and provided the best quality for sensory evaluation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องด้วยได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรุณามอบความรู้ รวมทั้งคำแนะนำอันมีค่าและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานวิจัยของข้าพเจ้า ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ และ ดร. พอใจ ถามากร ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขรวมทั้งให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านการอาหารแก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนข้าพเจ้าได้ประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณนุจรี อินอุดม ที่ได้ให้คำแนะนำในการดำเนินการสอบประมวลความรู้ และการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณพิริยะ วิริยะจิตต์ สำหรับกำลังใจและคำแนะนำที่ดีตลอดมา ขอขอบคุณ คุณรัตนภัทร เที่ยงมิตร คุณบำเพ็ญ นิ่มเขียน และคุณพรทิพย์ มีนพกิจ เป็นอย่างมากในการให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด รวมถึงพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ได้ให้ความปรารถนาดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ท่านได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์อันมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เจนจิรา เจริญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.3 วัตถุประสงค์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ความหมายและคุณภาพของผัก.....3

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผัก.....3

2.3 ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น.....10

2.4 การบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลง.....11

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผัก.....18

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....47

3.1 วัตถุดิบ.....47

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต.....47

3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์.....48

3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์.....48

3.5 สถานที่ทำการทดลอง.....49

3.6 วิธีการทดลอง.....49

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....52

4.1 ผลของขนาดชิ้นผักต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน.....52

4.2 ผลของความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษา.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลของการใช้ H_2O_2 และ NaOCl ในการล้างผัก.....63

4.4 ผลของการใช้ $KMnO_4$ ในการดูดซับเอธิลีนภายในถุง.....67

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....71

ข้อเสนอแนะ.....72

บรรณานุกรม.....73

ภาคผนวก.....81

ก. การวิเคราะห์ปริมาณกาซโดยใช้เครื่องกาซโครมาโทกราฟฟี.....82

ข. การวิเคราะห์ค่าการซึมผ่านของการผ่านถุงพลาสติก.....85

ค. การทดสอบทางประสาทสัมผัส.....87

ง. การวิเคราะห์เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก.....90

จ. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด.....92

ฉ. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร.....95

ช. การเตรียม $KMnO_4$ เพื่อใช้เป็นสารดูดซับเอธิลีน.....98

ซ. กราฟมาตรฐาน และโครมาโทแกรมของกาซ.....100

ฌ. ตารางผลการทดลอง.....108

ประวัติผู้เขียน.....113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงอัตราการหายใจของผักผลไม้.....7

2.2 แสดง Respiration rates of cut and uncut vegetable at 10 °C and 20 °C..... 23

2.3 แสดง Total microbial count of intact and cut vegetable stores at 4.4 °C in sealed packages with air as the initial package headspace. 24

2.4 แสดงจำนวนแบคทีเรียที่พบหลังจากผ่านการแปรรูปเบื้องต้น 24

2.5 แสดง Permeability of films available for packaging fresh produces.....29

2.6 แสดง Shelf-life extension of fruit-cut products by H_2O_2 vs chlorine 38

2.7 แสดงการแบ่งกลุ่มของผักผลไม้ตามปริมาณการผลิตเอธิลีน.....42

2.8 แสดงความเข้มข้นต่ำสุดของเอธิลีนที่สามารถเร่งการสุกของผลไม้สดบางชนิด.....42

4.1 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของผักกาดหอมขนาดชิ้นต่างกัน.....52

4.2 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของมะเขือเทศขนาดชิ้นต่างกัน.....53

4.3 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของแตงกวาขนาดชิ้นต่างกัน.....54

4.4 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของแครอทขนาดชิ้นต่างกัน.....55

4.5 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของกะหล่ำปลีขนาดชิ้นต่างกัน.....56

4.6 แสดงอัตราการซึมผ่านของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงที่หนาต่างกัน.....59

4.7 แสดงอัตราการซึมผ่านของกาซเอธิลีนในถุงที่หนาต่างกัน.....59

4.8 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักในถุงที่ความหนาของถุงต่างกัน.....63

4.9 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักที่ไม่ล้างและล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง.....64

4.10 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักหลังจากแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ 2 นาที.....64

4.11 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักหลังจากแช่ NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ 30 นาที.....65

ฌ1 แสดงปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกัน.....109

ฌ2 แสดงปริมาณกาซเอธิลีนของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกัน.....109

ฌ3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 3 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน.....109

ฌ4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 6 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน.....109

ฌ5 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ 110

ฌ6 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ฌ7 แสดงปริมาณเอธิลีนของสลัดผักภายในถุงซึ่งมีปริมาณ $KMnO_4$ ต่างกัน.....110

ฌ8 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 3 111

ฌ9 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 5 111

ฌ10 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 7 111

ฌ11 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 8 112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจของผักผลไม้สดทั่วไปกับความดัน ของกาซออกซิเจน.....13

2.2 แสดงผลของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการหายใจของ บรอคโคลีพันธุ์ Emperor.....14

2.3 แสดงผลของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการสังเคราะห์เอธิลีน ของบรอคโคลีพันธุ์ Emperor 16

2.4 แสดง Scanning electron microscope of lesion on cap surface of washed mushroom 20

2.5 แสดง Diagrams of intact and processed fruit or vegetables cell. 21

2.6 แสดง Effect of tissue damage on respiration rate of potatoes. 23

2.7 แสดงผลของวิธีการหั่นตัดที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของผักกาดหอม.....26

2.8 แสดงผลของจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอม.....27

2.9 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอม.....27

2.10 แสดง Influence of washing and centrifuging on storage stability of shredded lettuce. 28

2.11 แสดงผลของความเข้มข้นของคลอรีนในการล้างผักกาดหอมที่มีต่อปริมาณ จุลินทรีย์ที่ตรวจพบ.....33

2.12 แสดง Control of decay in cantaloupe by H_2O_2 vapor treatment. 37

2.13 แสดงการสังเคราะห์เอธิลีนและการทำงานของเอธิลีน.....39

2.14 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอธิลีน.....41

2.15 แสดง Ethylene concentration in trays with or without ethylene absorbent containing (A) kiwifruit slices and (B) banana sections. 44

2.16 แสดง Firmness of (A) pulp of kiwifruit slices and (B) banana sections stores with or without ethylene absorbent. 45

2.17 แสดง Carbondioxide concentration in kiwifruit slices and banana section 's trays with or without ethylene absorbent. 46

4.1 แสดงปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกัน.....57

4.2 แสดงปริมาณกาซเอธิลีนของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกัน.....58

4.3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 3 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน.....60

4.4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 6 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน.....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.5 แสดงเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกันในวันที่ 3.....61

4.6 แสดงเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกันในวันที่ 6.....62

4.7 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ 66

4.8 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ 67

4.9 แสดงปริมาณเอธิลีนของสลัดผักภายในถุงซึ่งมีปริมาณ $KMnO_4$ ต่างกัน.....68

4.10 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 3 68

4.11 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 5 69

4.12 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 7 69

4.13 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 8 70

ช1 แสดงกราฟมาตรฐานของคาร์บอนไดออกไซด์.....101

ช2 แสดงกราฟมาตรฐานของเอธิลีน.....102

ช3a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของผักกาดหอมขนาดชิ้นต่างกัน.....103

ช3b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของผักกาดหอมขนาดชิ้นต่างกัน.....103

ช4a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของมะเขือเทศขนาดชิ้นต่างกัน.....104

ช4b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของมะเขือเทศขนาดชิ้นต่างกัน.....104

ช5a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของแตงกวาขนาดชิ้นต่างกัน.....105

ช5b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของแตงกวาขนาดชิ้นต่างกัน.....105

ช6a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของแครอทขนาดชิ้นต่างกัน.....106

ช6b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของแครอทขนาดชิ้นต่างกัน.....106

ช7a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของกะหล่ำปลีขนาดชิ้นต่างกัน.....107

ช7b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของกะหล่ำปลีขนาดชิ้นต่างกัน.....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาพสังคมและเศรษฐกิจปัจจุบัน ผู้บริโภคมักต้องการอาหารที่เป็นของสดหรือใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด ควบคู่ไปกับอาหารชนิดบรรจุสำเร็จพร้อมปรุงเพื่อความสะดวกรวดเร็วและเหมาะกับสังคมยุคปัจจุบัน จากความนิยมดังกล่าวนี้ทำให้มีปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารสดเพิ่มขึ้นอย่างมาก เช่น ผัก ผลไม้สด รวมถึงอาหารพวกที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (minimally processed foods) สลัดผักเป็นประเภทหนึ่งของอาหารสดที่มีความต้องการเพิ่มขึ้น มีการบรรจุเป็นอาหารสดพร้อมบริโภคในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและรวดเร็วเหมาะกับสภาพสังคมและเศรษฐกิจปัจจุบัน

สลัดผักเป็นอาหารสดประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิต และยังมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้นอยู่ ดังนั้นจึงเกิดการเสื่อมคุณภาพได้ง่าย มีอายุการเก็บรักษาสั้นมากเหมือนอาหารที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นทั่วไป ถึงแม้จะมีการใช้ความเย็นร่วมในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาด้วยก็ตาม ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางการปฏิบัติที่เหมาะสมในขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้

1.1.1 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด

การล้างทำความสะอาดผักเพื่อนำมาใช้ในการเตรียมผักในขั้นตอนต่อไป นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากเป็นเพียงขั้นตอนเดียวเท่านั้นที่จะลดปริมาณจุลินทรีย์ซึ่งติดมากับผัก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงวิธีการล้างทำความสะอาดผักเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1.2 การหั่นผัก

ขั้นตอนการหั่นผักเพื่อให้ได้เป็นขนาดชิ้นผักตามต้องการ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผักมีอายุการเก็บรักษาสั้นลงเนื่องจากเป็นการทำให้เนื้อเยื่อของผักถูกกระทบกระเทือน ทำให้ถูกทำลายได้ง่ายจากจุลินทรีย์และเอธิลีน การที่ผักถูกหั่นตัดเป็นการเพิ่มอัตราการหายใจให้สูงขึ้นทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง

1.1.3 การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา

อุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงมีผลให้อัตราปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดสูงขึ้น มีผลต่อการใช้และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตกาซชนิดต่าง ๆ ของผัก โดยอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น 2 หรือ 3 เท่าสำหรับทุก ๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส (Kader. 1986) ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเก็บรักษา เมื่อทำการลดอุณหภูมิให้กับผักจะทำให้กระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลง ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้นได้ (งามทิพย์. 2538)

1.1.4 สภาพบรรยากาศดัดแปลง

การบรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere) เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศที่มีอัตราส่วนของกาซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติและอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อัตราส่วนของกาซเริ่มแรก วัสดุบรรจุที่ใช้ และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ดังนั้นการบรรจุผักผลไม้สดในถุงพลาสติกต้องคำนึงถึงชนิดและความหนาของฟิล์มพลาสติกที่เหมาะสม ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของกาซและไอน้ำ ความโปร่งใส

ปัญหาหลักของสลัดผักคือเกิดการเสื่อมคุณภาพได้ง่ายและรวดเร็ว ทำให้มีการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบถึงแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติที่เหมาะสม เช่น การใช้สารเคมีในการล้างผักเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ การหั่น การเลือกใช้ชนิดและความหนาของถุงพลาสติก และการใช้สารดูดซับเอธิลีน เพื่อเก็บรักษาสลัดผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่จะนำไปสู่การลดปัญหาอันเนื่องมาจากการมีอายุเก็บรักษาสั้น และการเสื่อมคุณภาพของสลัดผัก

1.2 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา ของสลัดผักที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นโดยทำการศึกษาเรื่องขนาดชิ้นผัก ความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษา สารเคมีที่ใช้ในการล้างผัก และระดับการใช้โปแทสเซียมเปอร์มังกาเนตในการดูดซับเอธิลีนภายในถุง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสลัดผักและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสลัดผักให้นานขึ้น

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาถึงผลของขนาดชิ้นผักที่มีต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน

1.3.2 เพื่อศึกษาความหนาที่เหมาะสมของพลาสติกในการใช้เก็บรักษาสลัดผัก

1.3.3 เพื่อศึกษาระดับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เหมาะสมในการใช้ล้างสลัดผัก

1.3.4 เพื่อศึกษาระดับการใช้โปแทสเซียมเปอร์มังกาเนตในการเป็นสารดูดซับเอธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและคุณภาพของผัก (อณุวัช. 2531)

ผัก หมายถึง เนื้อเยื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชที่มีลักษณะอ่อน สามารถนำมาบริโภคได้ทั้งในลักษณะดิบหรือทำให้สุกก่อน ผักจะรับประทานไปพร้อมกับอาหารคาว หรือใช้ประกอบเป็นอาหารคาว โดยอาจใช้เกลือช่วยปรุงแต่งหรือไม่ใช้ก็ได้ ผักมักจะมีรสไม่หวานจัดและไม่นิยมบริโภคโดยการเติมน้ำตาลให้มีรสหวาน ส่วนมากจะมีเยื่อใยและแป้งสูง ส่วนต่าง ๆ ของพืชไม่ว่าจะเป็นลำต้น ใบ ก้าน ยอดอ่อน หน่อ ดอก ผล เมล็ด ราก ซึ่งบริโภคได้ จัดเป็นผักได้ทั้งสิ้น

คุณภาพของผักสามารถพิจารณาได้จาก

2.1.1 สิ่งที่ปรากฏแก่สายตา (appearance) เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของผลิตผล สิ่งที่ประทับใจอันแรกได้แก่สิ่งที่มองเห็นด้วยสายตา ซึ่งจะมองถึงรูปร่าง (shape) สี (color) และปราศจากความสกปรกและความเสียหาย

2.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตผล (texture) ลักษณะที่ไม่ต้องการ เช่น ความเป็นเส้น (stingy) ในคื่นฉ่ายและถั่ว ความเหนียว (toughness) ของฝักข้าวโพดหวาน ความเหี่ยว (willing) ของผักกาดหอม เป็นต้น ส่วนลักษณะเนื้อของผลิตผลที่ต้องการ เช่น ความกรอบของผลแตงกวา ความเป็นแป้งของมันฝรั่ง เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับระยะของการแก่ ลักษณะประจำพันธุ์ สภาพการเขตกรรมและความชื้น

2.1.3 กลิ่นรส (flavor) รวมถึงความหวาน ความเปรี้ยว ขม ซึ่งผักแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป

2.1.4 คุณค่าทางอาหาร (nutrition value) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ น้ำตาล เป็นต้น

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผัก (Kader *et al.* 1985)

ช่วงชีวิตของผักอาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ ช่วงการเจริญเติบโต (growth) ช่วงเติบโตเต็มที่ (maturation) และช่วงร่วงโรย (senescence) ช่วงชีวิตทั้ง 3 นี้ไม่อาจแบ่งแยกกันได้อย่างเด่นชัด ช่วงการเจริญเติบโตนั้นเซลล์ของพืชจะมีขนาดเพิ่มขึ้น มีจำนวนเพิ่มขึ้นจนส่วนของพืชมีขนาดหรือมีลักษณะสมบูรณ์เต็มที่ ช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโตจนถึงการเติบโตเต็มที่จะเป็นช่วงการพัฒนา (development phase) ของพืช ช่วงร่วงโรยจะเป็นช่วงที่มีกระบวนการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ทางชีว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคมีซึ่งเรียกว่า anabolic stage หยุดลง และเปลี่ยนเป็นการสลายสารต่าง ๆ เรียกว่า catabolic stage ไปจนกระทั่งเซลล์ของเนื้อเยื่อตายไปในที่สุด ในผักจะแยกช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่กับช่วงร่วงโรยออกจากกันได้ยาก การเก็บเกี่ยวผักนั้นอาจทำในช่วงใดของการเจริญเติบโตขึ้นกับชนิดของพืชและลักษณะการนำไปใช้งาน สำหรับผลไม้ในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนที่จะถึงช่วงร่วงโรยจะมีช่วงการสุก (ripening) ผลไม้จะมีการพัฒนาและเติบโตเต็มที่อย่างสมบูรณ์เมื่อยังอยู่บนต้น แต่ช่วงการสุกและการร่วงโรยนั้นอาจเกิดขึ้นขณะที่ผลไม้ยังอยู่บนต้นหรือถูกเก็บเกี่ยวแล้ว ผลไม้บางชนิดซึ่งบริโภคในลักษณะของผัก เช่น แตงกวา มักจะถูกเก็บเกี่ยวในขณะที่ยังไม่แก่เต็มที่

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

2.2.1.1 องค์ประกอบของผนังเซลล์ ในผักเซลลูโลสจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทำให้ผนังเซลล์มีความหนามากขึ้น บางครั้งจะมีลิกนินเกิดร่วมไปกับเซลลูโลสด้วย เช่น ในหน่อไม้ฝรั่งทำให้อายุมากขึ้นมีลักษณะเป็นกากมากขึ้น ส่วนในผลไม้นั้นปริมาณเซลลูโลสเกือบจะคงที่จนกระทั่งผลไม้เริ่มสุก จากนั้นผนังเซลล์จะเริ่มบางลงและเซลลูโลสจะอยู่ในรูปผลึกมากขึ้น ส่วนปริมาณเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.1.2 ปริมาณน้ำ โดยทั่วไปปริมาณน้ำในเซลล์จะลดลง ในพืชบางชนิดอาจใช้ความชื้นเป็นตัวบอกความแก่อ่อนได้ เช่น ข้าวโพดหวาน

2.2.1.3 คาร์โบไฮเดรต อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ โดยทั่วไปผักจะมีการสะสมสตาร์ชแต่ผลไม้จะเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล

2.2.1.4 โปรตีน ส่วนใหญ่ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มมากขึ้น ในผักผลไม้บางชนิดจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงแน่ชัด

2.2.1.5 สารประกอบไนโตรเจนโมเลกุลต่ำ จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลไม้แก่ขึ้น

2.2.1.6 กรดอินทรีย์ ปริมาณกรดอินทรีย์จะเพิ่มขึ้นแล้วค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จากระยะแก่เต็มที่ซึ่งในช่วงนี้ปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นสามารถเห็นได้ชัดในผลไม้

2.2.1.7 คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ มีแนวโน้มจะถูกทำลายซึ่งขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณแคโรทีนอยด์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น เช่น ในมะเขือเทศปริมาณไลโคพีนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากระยะแก่จัด ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้นประกอบกับการถูกทำลายของคลอโรฟิลล์จะทำให้สีของผักผลไม้เมื่อสุกหรือแก่จัดเปลี่ยนแปลงไป โดยมีสีเขียวลดลงและมีสีแดงหรือสีเหลืองเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีนี้เป็นลักษณะที่ต้องการในผลไม้แต่เป็นที่ไม่ต้องการของผักที่มีสีเขียว

2.2.1.8 ฟลาโวนอยด์ ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อผลไม้มีอายุมากขึ้น จึงทำให้มีรสฝาดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.9 แร่ธาตุ จะขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในดินที่ปลูก ปริมาณแร่ธาตุจะเปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลต่อผักผลไม้ในด้านคุณภาพทางสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.2.1 การหายใจ

ผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวเซลล์ในเนื้อเยื่อยังคงมีการหายใจ การหายใจเป็นกระบวนการสลายสารอินทรีย์ซึ่งสะสมพลังงานศักย์ไว้มากให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีพลังงานสะสมต่ำกว่าพร้อมกับพลังงานซึ่งพืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปฏิกิริยาการหายใจของพืชจะมีการสันดาปน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคส และคายคาร์บอนไดออกไซด์

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

การหายใจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (acrobc) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะที่มีออกซิเจนจนได้ผลิตภัณฑ์คือน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์พร้อมกับพลังงาน

2) การหายใจในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือการหายใจแบบไม่ใช้อากาศ (anacrobc) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดโมเลกุลปานกลาง เช่น เอธานอล การหายใจแบบนี้จะได้พลังงานน้อยและเกิดขึ้นบางสภาวะเท่านั้น เช่น ในเนื้อเยื่อซึ่งอยู่ในระยะร่วงโรยที่โครงสร้างบางส่วนถูกทำลายไปทำให้การผ่านของออกซิเจนเข้าไปภายในเนื้อเยื่อเกิดขึ้นได้น้อยลง การหายใจของผลิตผลแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 2.1

การหายใจเป็นกระบวนการสลายสารอินทรีย์วัตถุ ที่สะสมของพืชในรูปคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน โดยกาซออกซิเจนเปลี่ยนเป็นกาซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน จัดว่าเป็นกระบวนการทำลายอาหารที่สะสมไว้ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชตามมาคือ

1) คุณค่าทางอาหารลดลง

2) รสชาติเสื่อมด้อยลงโดยเฉพาะความหวาน

3) น้ำหนักวัตถุสะสมลดลงมาก

4) การที่อาหารสะสมในเนื้อเยื่อหมดเปลืองไปจะนำไปสู่ความตายของเนื้อเยื่อ

5)มีการปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ทำให้พืชเกิดการเสื่อมสลายเพิ่มขึ้นอย่างสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการหายใจ

การหายใจของพืชจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1) ปัจจัยภายใน จะเกี่ยวข้องกับลักษณะของพืชโดยตรง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) ชนิดของพืช พืชแต่ละชนิดมีอัตราการหายใจแตกต่างกัน อัตราการหายใจจะแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายใน ในกรณีทั่วไปผักผลไม้จะถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่มีคุณภาพต่าง ๆ ใกล้จะเหมาะกับการบริโภค ดังนั้นผักผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเสื่อมเสียเร็วกว่าผักผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ อัตราการหายใจของผักผลไม้สามารถวัดได้จากอัตราการผลิตกาซคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อ

1.2) อายุการเจริญเติบโต พืชขณะมีอายุน้อยจะมีอัตราการหายใจสูงแต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีอัตราการหายใจลดลง

1.3) ขนาดของพืช หัวมันฝรั่งขนาดเล็กมีอัตราการหายใจมากกว่าหัวมันฝรั่งขนาดใหญ่ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสกาซออกซิเจนมากกว่า

1.4) สารธรรมชาติเคลือบผิว พืชที่มีสารธรรมชาติเคลือบผิวมากจะมีอัตราการหายใจน้อยกว่าพืชที่มีสารเคลือบผิวน้อย

1.5) ชนิดของเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อที่มีอายุน้อยหรือกำลังเจริญเติบโตจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อเยื่อที่มีอายุมากหรือกำลังพักตัว

1.6) หน้าที่ของส่วนนั้นของพืช อาจเป็นหน้าที่เก็บรักษาอาหาร หรือเป็นส่วนที่กำลังเจริญเติบโต เช่น พบว่าการหายใจของผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่ภายใน 12 ชั่วโมงแรกจะมีการหายใจมากแต่หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ อัตราการหายใจของหน่อไม้ฝรั่งในระยะแรก ๆที่ 24 $^{\circ}$C จะมีมากกว่ามันฝรั่งถึง 59 เท่า ในผักที่เก็บไว้นาน ๆ ไม่ว่าจะเป็นที่อุณหภูมิใดอัตราการหายใจจะลดลงโดยอัตราการลดจะมากที่สุดในระยะแรก ๆ แล้วค่อย ๆ ลดลง

2) ปัจจัยภายนอก

2.1) อุณหภูมิ ในสภาพอุณหภูมิ 32-95 องศาฟาเรนไฮต์ อัตราการหายใจของพืชเพิ่มขึ้น 2-2.5 เท่าทุก ๆ 18 องศาฟาเรนไฮต์ ที่เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 95 องศาฟาเรนไฮต์ อัตราการหายใจของพืชกลับลดลงเนื่องจากอุณหภูมิสูงมากจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

2.2) กาซเอธิลีน เอธิลีนเป็นฮอร์โมนสำคัญที่พืชสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต การสุกและการเสื่อมเน่าเสียของผลไม้ Yang (1985) รายงานว่าเอธิลีนเพียง 0.1 ppm ที่สะสมในระหว่างการเก็บรักษาผักสามารถกระตุ้นการหายใจให้เพิ่มขึ้นทำให้ผักมีอายุการเก็บรักษาลดลงได้

2.3) ความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนจำเป็นสำหรับการหายใจของพืชผัก แม้จะเก็บเกี่ยวจากต้นแล้วก็พืชตามยังคงมีการหายใจตลอดเวลาจนกว่าเซลล์จะตาย จะเห็นว่าจากกระบวนการหายใจแบบใช้อากาศนั้น เนื้อเยื่อของพืชจะใช้ออกซิเจนและได้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิต ดังนั้นความเข้มข้นของกาซทั้งสองชนิดนี้จะมีผลต่ออัตราการหายใจของพืช อากาศปกติจะประกอบไปด้วยออกซิเจน 21 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 0.3 % การลดปริมาณออกซิเจนและการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของบรรยากาศที่เก็บเท่ากับเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นและเพิ่มความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ สามารถลดอัตราเร็วของการหายใจลงได้ Kader (1986) รายงานว่าพืชจะมีอัตราการหายใจลดลงเมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนในบรรยากาศลดลง เมื่อพืชหายใจลดลงการเสื่อมคุณภาพก็เกิดช้าลงด้วย แต่อย่างไรก็ตามการปรับความเข้มข้นของกาซทั้งสองชนิดในบรรยากาศจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง การลดปริมาณออกซิเจนให้มีระดับต่ำเกินไปจะเป็นการบังคับให้การหายใจของพืชเป็นไปแบบไม่ใช้อากาศ และเกิดการสะสมของผลิตภัณฑ์ คือ เอธานอล และ อะเซตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ในเนื้อเยื่อทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติที่ไม่ต้องการ การเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศสูงเกินไปจะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ ปรากฏการณ์ลดออกซิเจนและเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศนี้จะเกิดขึ้นตามธรรมชาติเมื่อเก็บผักผลไม้ในภาชนะปิด ดังนั้นในการเก็บผักผลไม้จะต้องมีการระบายอากาศหรือปรับสภาพบรรยากาศที่เก็บให้เหมาะสมเพื่อควบคุมอัตราการหายใจของผักผลไม้

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราการหายใจของผักผลไม้

Respiration rate at 5°C (mg CO_2/kg/h)	Commodities
5-10	Apple, grape, potato, onion
10-20	Apricot, carrot, cabbage, cherry, lettuce, peach, plum, pepper, tomato
20-40	Blackberry, cauliflower, lima bean, raspberry, strawberry
40-60	Brussels sprouts, green onion, snap bean
>60	Asparagus, broccoli, mushroom, pea, spinach, sweet corn

ที่มา : Kader (1986)

2.4) สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งการหายใจได้

2.5) การเกิดบาดแผล เนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของพืชที่เกิดบาดแผลไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตามจะทำให้มีการหายใจเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและความรุนแรงของบาดแผล ผักที่ช้ำจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น Hagenmaier and Baker (1998) พบว่าแครอทเมื่อช้ำจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า ผักที่เป็นลำต้นใต้ดินหรือรากสะสมอาหารเมื่อมีการงอกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 การคายน้ำ

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่ผิวของผักผลไม้ อัตราการคายน้ำหรือสูญเสียน้ำจะขึ้นกับพื้นที่ผิวและลักษณะโครงสร้างของผิว ผักที่มีใบมากจะมีอัตราการสูญเสียน้ำได้ง่ายอัตราการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อจะขึ้นกับความดันไอระหว่างภายนอกและภายในเนื้อเยื่อ โดยถ้าแตกต่างกันมากจะมีอัตราการคายน้ำมาก

2.2.2.3 การสร้างกาซเอธิลีน

กาซเอธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับอายุการเก็บรักษาของพืช เนื่องจากกาซเอธิลีนจะเป็นตัวกระตุ้นให้พืชแก่เร็วขึ้นทำให้พืชถึงระยะการเสื่อมสลายเร็ว ผลิตผลที่เกิดบาดแผลหรือได้รับอันตรายอื่น ๆ เช่น ชอกช้ำหรือได้รับสารพิษ จะสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างกาซเอธิลีนได้ และกาซเอธิลีนก็จะไปกระตุ้นให้พืชนั้นมีการสร้างกาซเอธิลีนในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นห้องที่ใช้เก็บผลิตผลไม่ควรมีผัก ผลไม้สุก หรือผลิตผลที่มีบาดแผลปนอยู่

2.2.2.4 การเปลี่ยนสี

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลต่าง ๆ มักมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นโดยเฉพาะสีเขียวจะหายไปมักปรากฏสีเหลืองหรือสีแดงขึ้นแทน สีต่าง ๆ ของผลิตผลที่เห็นนี้เกิดจากเม็ดสี (pigment) หรือสารสีต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในเซลล์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ พวกที่ละลายในน้ำพบในแวคิวโอล (vacuole) ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) อีกพวกจะละลายได้ในไขมันพบในพลาสติด (plastid) มีหลายชนิดด้วยกันคือคลอโรฟิลล์ (chlorophylls) สารสีเหลืองแคโรทีน (carotene)และสารสีแดง (lycopene) สารสีเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้สีของผลิตผลเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงสีเหล่านี้ การป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ทำได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงและเก็บภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน ส่วนในพืชผักกินใบแสงสว่างจะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์เพราะมีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์อยู่และยังพบว่าผลิตผลส่วนที่มีสีเขียวจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าส่วนที่มีสีขาวหรือไม่มีสี ส่วนการป้องกันการสูญเสียแอนโทไซยานิน และแคโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วยแคโรทีน ไลโคปีน และแซนโทฟิลล์ ในผักผลไม้มักจะมีแคโรทีน และแซนโทฟิลล์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยแต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังเอาไว้ เมื่อผักผลไม้เข้าสู่ระยะชราภาพคลอโรฟิลล์จะสลายตัวไป ลักษณะของสีแคโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็นโดยปริมาณไม่ได้เพิ่มขึ้น เช่น ในกรณีของกล้วยหอมและส้ม แต่ในมะเขือเทศสุกจะมีไลโคปีน (สารสีแดงในมะเขือเทศ) เพิ่มสูงขึ้น โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติค่อนข้างเสถียรในเซลล์ของผลิตผลภายใต้สภาพการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน ส่วนแอนโทไซยานินจะทำให้เกิดสีแดง ม่วงและน้ำเงิน โดยจะบดบังสีเขียว สีเหลืองและแคโรทีนอยด์ไว้ แอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ แสง ออกซิเจน ความร้อน สภาพความเป็นกรดด่าง เอนไซม์ เปอร์ออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไอออนของโลหะ และโมเลกุลของน้ำตาล เป็นต้น เช่น ในสภาพที่เป็นกรดนั้นแอนโทไซยานินจะมีสีค่อนข้างแดงแต่เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรดน้อยลงถึงระดับที่เป็นกลางจะมีสีน้ำเงิน

2.2.2.5 การเหี่ยว

ผลิตผลขณะที่ยังอยู่บนต้นเดิมมักจะไม่แสดงอาการเหี่ยวให้เห็นเพราะขณะที่ยังอยู่บน ต้นนั้นจะได้รับน้ำจากดิน โดยการดูดของรากแล้วส่งผ่านลำต้นเพื่อทดแทนน้ำส่วนที่สูญเสียไปเนื่องจากการคายน้ำ แต่หลังจากที่ผลิตผลถูกตัดจากต้นจะถูกตัดจากแหล่งน้ำในดินด้วยทำให้ผลิตผลเกิดการเหี่ยวถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น บรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิสูงการเหี่ยวของผลิตผลจะเกิดขึ้นรวดเร็ว ทำให้คุณภาพการบริโภคลดลง เช่น มีลักษณะเหนียว ไม่กรอบ ผิวไม่สวย

ปัจจัยที่ควบคุมการเหี่ยวของผลิตผล

1) ลักษณะโครงสร้างของพืช พืชแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างของพืชแตกต่างกัน

2) อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ผลิตผลที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงจะมีการคายน้ำสูงด้วย ผักประเภทใบจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าผักประเภทหัว

3) สารเคลือบผิวตามธรรมชาติ พืชแต่ละชนิดจะมีสารประเภทไข (wax) เคลือบผิวตามธรรมชาติหนาบางไม่เท่ากันและชนิดของไขไม่เหมือนกัน โครงสร้างของสารเคมีซึ่งเคลือบผิวจะมีบทบาทมากกว่าความหนา สารที่เคลือบผิวประกอบด้วยสารหลายชนิดและมีการเรียงตัวแตกต่างกัน พบว่าสารเคลือบผิวที่มีการเรียงตัวซ้อนกันอย่างมีระเบียบจะทำให้การสูญเสียน้ำน้อยกว่าสารเคลือบผิวที่หนากว่าแต่มีโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ

4) บาดแผล การเกิดบาดแผลไม่ว่ามากหรือน้อยจะมีผลไปกระตุ้นให้พืชสูญเสียน้ำมากขึ้น

5) อุณหภูมิและความชื้น พืชจะสูญเสียน้ำมากในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเนื่องจากปริมาณความชื้นที่อากาศสามารถรับไว้ได้นั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดอิ่มตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ฉะนั้นการคายน้ำของผลิตผลทางการเกษตรที่สดในห้องที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสูงกว่าผลิตผลทางการเกษตรที่สดในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำทั้งที่มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากัน จึงต้องมีการลดอุณหภูมิของผลิตผลเกษตรสดอย่างรวดเร็วหลังเก็บเกี่ยว เพื่อลดการเหี่ยวและอันตรายจากการเน่าเสียด้วย

6) การเคลื่อนที่ของอากาศ อากาศที่เคลื่อนผ่านพืชด้วยความเร็วสูงจะทำให้พืชเกิดการสูญเสียน้ำมาก ยกเว้นกรณีที่อากาศนั้นมีความชื้นสูงหรืออิ่มตัวด้วยไอน้ำ การใช้พัดลมทำให้อากาศเคลื่อนที่ในห้องเย็นเพื่อกำจัดความร้อนในผลิตผล ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของผลิตผลลดลงเท่ากับอุณหภูมิของห้องเย็นแล้วควรปิดพัดลมทันที

2.2.2.6 การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ

การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ตัวเชื่อมผนังเซลล์ระหว่างเซลล์ (intercellular cement หรือ middle lamella) ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่ง (primary cell wall) และผนังเซลล์ชั้นที่สอง (secondary cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wall) ตัวเชื่อมผนังเซลล์มีลักษณะเป็นเจล (gel) สร้างขึ้นระหว่างเซลล์ขณะที่มีการแบ่งตัวของเซลล์ สารสำคัญที่อยู่ในตัวเชื่อมระหว่างผนังเซลล์กับผนังเซลล์คือ เพคติน (pectin) ระหว่างโมเลกุลของเพคตินมีแคลเซียมเป็นตัวเชื่อมกลายเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตด (calcium pectate) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เพคตินที่ไม่ละลายน้ำมีอยู่ในผลไม้ที่ดิบคือ โปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายน้ำได้โดยการทำงานของเอนไซม์ในระหว่างผลสุกทำให้ได้เพคตินในรูปละลายน้ำ (soluble pectin) เซลล์ที่เคยเกาะตัวกันแน่นเริ่มเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ และหลุดออกจากกัน โครงสร้างของผนังเซลล์เพิ่มการยอมให้สารผ่านมากขึ้น (permeability) ก่อให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อทำให้ผลนิ่ม

2.3 ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (Minimally Processed Fruit and Vegetables)

2.3.1 ความหมาย (Robert. 1994)

ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น หมายถึง การปฏิบัติใด ๆ ก็ตามหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้เพียงหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่เหมาะสม เช่น การล้างทำความสะอาด การปอก การตัดแต่ง การซอยเป็นชิ้นเล็กๆ การบรรจุ โดยที่ผักผลไม้ยังคงมีชีวิตอยู่ การแปรรูปลักษณะนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ ซึ่งตรงกันข้ามกับการแปรรูปโดยทั่วไป

2.3.2 จุดมุ่งหมายของการผลิตผักผลไม้ MPR

จุดมุ่งหมายของการผลิตผักผลไม้ MPR มีดังนี้

2.3.2.1 ให้ผู้บริโภคได้บริโภคผักผลไม้ในสภาพใกล้เคียงอาหารสด (like fresh) เนื่องมาจากความต้องการของผู้บริโภคในด้านคุณค่าอาหารและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.3.2.2 ยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เช่น ในการบรรจุแบบ MAP (Modified Atmosphere Packaging) ซึ่งจะปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น ในถั่วแขกจะลดกาซออกซิเจนให้มี 2-3 % และเพิ่มกาซคาร์บอนไดออกไซด์ให้มี 5-10 % กาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมีผลทำให้ลดอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน ทำให้กระบวนการเปลี่ยนสีและการเน่าเสียเกิดช้าลง (Kader. 1986)

2.3.2.3 เพิ่มความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น ในการล้างโดยน้ำยาฆ่าเชื้อโรคจะลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้

2.3.2.4 เพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging)

2.4.1 หลักการและอิทธิพลของ MAP

MAP หมายถึง การเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศพิเศษซึ่งต่างจากบรรยากาศปกติ อัตราส่วนผสมของกาซชนิดต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาของการเก็บรักษาโดยการเปลี่ยนแปลงนี้มักขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ อัตราส่วนผสมของกาซเริ่มแรกที่ใช้ และภาชนะที่ใช้บรรจุ โดยมักใช้ร่วมกับการใช้ความเย็นเพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาให้มากยิ่งขึ้น

การสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการสำหรับผักผลไม้สด อาจได้จากการพ่นกาซที่ต้องการตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้เข้าไปในห้องเย็นหรือภาชนะบรรจุ หรืออาจได้จากการใช้สารเคมีที่ให้กาซที่ต้องการหรือดูดกลืนกาซที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์ ลักษณะเช่นนี้เรียก active MAP ซึ่งมีการใช้ทั่วไปสำหรับผักและผลไม้สด การสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการภายในภาชนะบรรจุสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่ง โดยการเลือกฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เหมาะสมกับอัตราการหายใจของพืช ณ อุณหภูมิเก็บรักษา พืชจะใช้กาซออกซิเจนภายในภาชนะทำให้ความเข้มข้นลดลง จึงเกิดแรงขับดัน (driving force) ให้กาซออกซิเจนภายนอกซึมผ่านฟิล์มเข้าไปในภาชนะบรรจุ ขณะเดียวกันกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจของพืชจะซึมผ่านฟิล์มออกไปภายนอก ถ้าอัตราการคายกาซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชสูงกว่าอัตราการซึมผ่านฟิล์มของกาซนี้ออกไปภายนอก จะเกิดการสะสมของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ ณ สมดุลความเข้มข้นของกาซทั้งสองนี้จะคงที่และถูกกำหนดโดยค่าอัตราการซึมผ่านฟิล์มของกาซทั้งสองและอัตราการหายใจของพืช ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า passive MAP

สภาพบรรยากาศของ MAP สำหรับผักผลไม้สดทั่วไปคือ กาซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ (โดยทั่วไปน้อยกว่าร้อยละ 8) และหรือกาซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง (ตั้งแต่ร้อยละ 1) โดยมีกาซไนโตรเจนทำหน้าที่ปรับสมดุลความดันให้เท่ากับความดันบรรยากาศปกติ ระดับความเข้มข้นของฮอกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ต้องไม่เกินระดับที่ผักผลไม้จะสามารถทนได้ โดยพืชแต่ละชนิดจะมีความทนทานต่อระดับความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เท่ากัน ในผัก ผลไม้บางชนิดจะมีความรู้สึกไวต่อระดับความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่ำ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นอยู่กับความแก่และอายุของผักผลไม้ เช่น ผลไม้สุกจะทนทานต่อระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงกว่าผลไม้ที่ยังไม่สุก ผักผลไม้ที่ผ่านการหั่น ตัด ปอกเปลือกหรือการเตรียมอื่น ๆ จะทำให้ความสามารถในการแพร่ของกาซสูงขึ้นโดยสามารถทนต่อระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงกว่า และทนต่อระดับความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่ำได้ดีกว่าผักผลไม้สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ MAP ที่มีความเข้มข้นของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมกับผักและผลไม้แต่ละชนิด จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหรืออีกนัยหนึ่งช่วยรักษาคุณภาพของผักผลไม้สดได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก MAP สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านชีวเคมีและด้านสรีระของพืชได้ (Kader. 1986) อิทธิพลของ MAP ต่อผักผลไม้มีดังนี้คือ

2.4.1.1 ชะลออัตราการหายใจ

อัตราการหายใจของพืชแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของกาซออกซิเจนในบรรยากาศรอบ ๆ พืชนั้น (Henig and Gilbert. 1975 ; Labuza and Breene. 1989) ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการหายใจของพืชจะลดลงเมื่อความดันของกาซออกซิเจนในบรรยากาศลดลงจนถึงระดับหนึ่งปริมาณออกซิเจนมีไม่เพียงพอให้พืชใช้หายใจตามปกติ (aerobic respiration) พืชจะเปลี่ยนไปหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) และให้แอลกอฮอล์และอัลดีไฮด์ (aldehyde) ออกมาทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ (off-flavor) ดังนั้นการกำหนดความเข้มข้นของกาซออกซิเจนที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดหนึ่ง ๆ นั้นจะพิจารณาจากอัตราการหายใจที่ลดลงเพียงอย่างเดียวไม่ได้จะต้องคำนึงถึงความทนทานของพืชต่อกาซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ ๆ ด้วย มิฉะนั้นจะเกิดความเสื่อมเน่าเสียเร็วยิ่งกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ กาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง ๆ (ตั้งแต่ร้อยละ 1) สามารถชะลออัตราการหายใจของพืชได้เช่นกัน แต่ถ้าความเข้มข้นสูงเกินไปประมาณร้อยละ 20 หรือสูงกว่า ทั้งนี้จะขึ้นกับชนิดของพืชและความเข้มข้นของกาซออกซิเจนที่มีอยู่ด้วย อาจทำให้เกิดการสร้างและสะสมแอลกอฮอล์และแอลดีไฮด์ภายในเซลล์พืช เนื่องจากพืชไม่สามารถหายใจตามปกติได้จึงหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เช่นเดียวกับกาซออกซิเจน การกำหนดความเข้มข้นของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับผักและผลไม้แต่ละชนิดนั้นต้องพิจารณาความทนทานของพืชต่อกาซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงด้วย (อณุวัช. 2531 ; Nick. 1994)

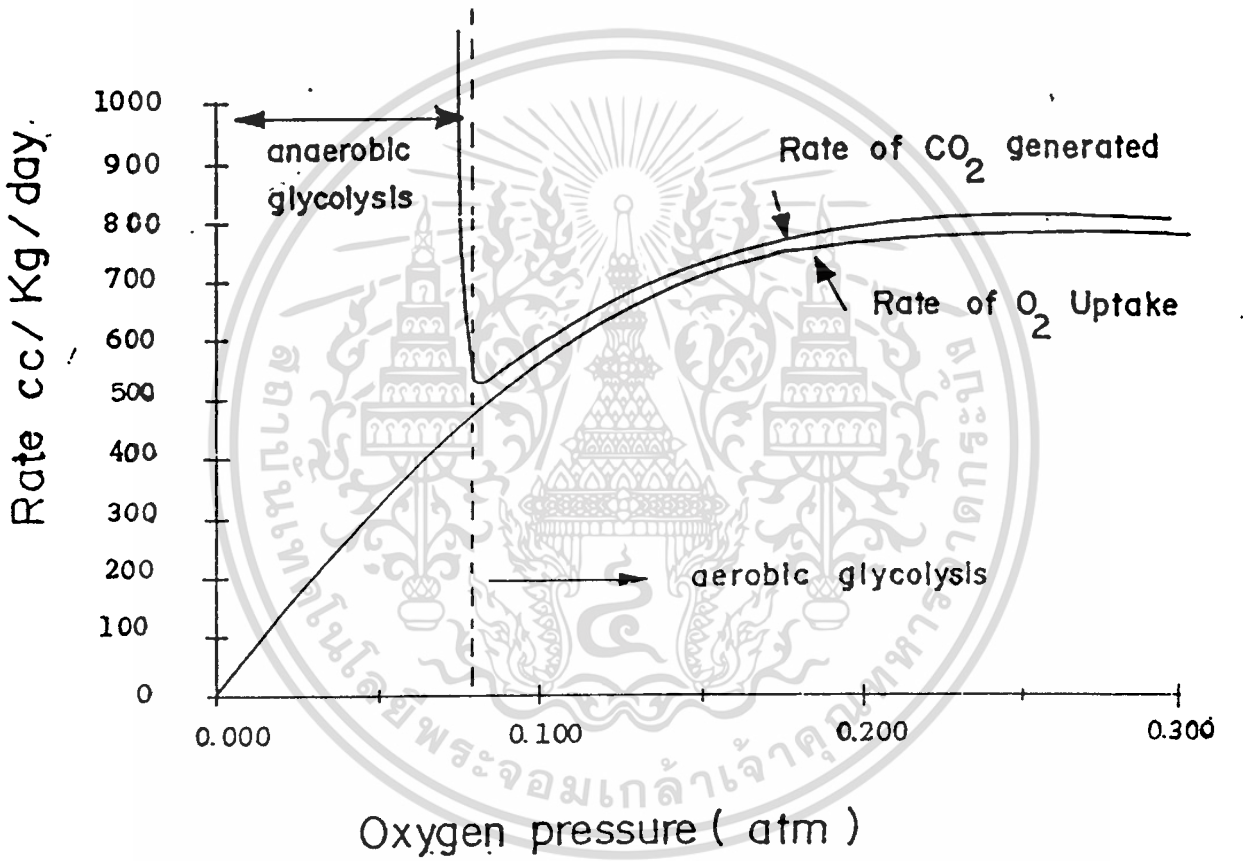
Church and Parsons (1995) กล่าวว่าการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลงเป็นการลดอัตราการหายใจโดยการลดปริมาณออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์

Yasutaka *et al.* (1990) ศึกษาพบว่ากาซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง จะช่วยลดอัตราการหายใจของผลไม้พวก climacteric ได้

Yoonseok *et al.* (1992) ศึกษาพบว่าอัตราการหายใจของพืชจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น

Zagory and Kader (1988) ศึกษาพบว่าผลของกาซออกซิเจนและกาซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการชะลอหรือยับยั้งกระบวนการหายใจและเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ของผักผลไม้สดเป็นผลทวี (additive effect) คือเสริมซึ่งกันและกัน การใช้กาซใดกาซหนึ่งเพียงอย่างเดียวจะมีผลน้อยกว่าการใช้กาซทั้งสองร่วมกัน (ภาพที่ 2.2)

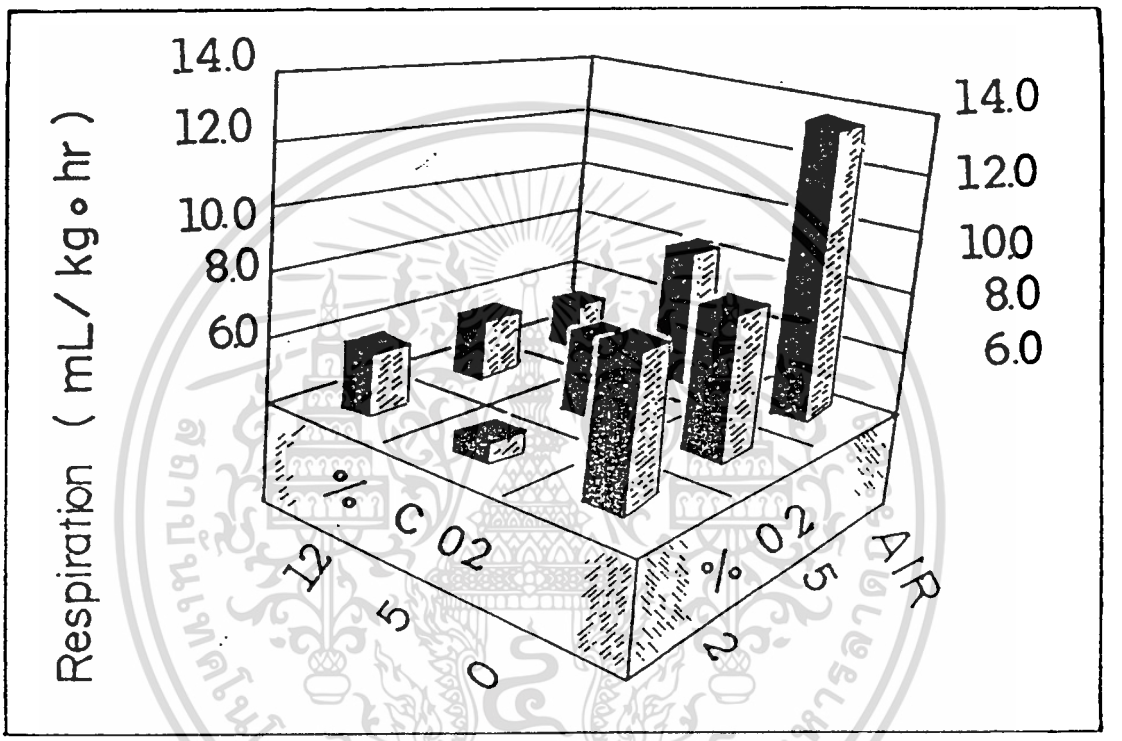
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจของผักและผลไม้สดทั่วไปกับความดันของกาซออกซิเจน

ที่มา : Labuza and Breene (1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงผลของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการหายใจของบรอคโคลี พันธุ์ Emperor เก็บที่ 0 °C , 7 วัน

ที่มา : Zagory and Kader (1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ชะลอการสังเคราะห์เอธิลีน

การสังเคราะห์เอธิลีน และการทำงานของเอธิลีนจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกาซออกซิเจนในบรรยากาศ Kader (1986) กล่าวว่าอัตราการสังเคราะห์เอธิลีนของพืชจะลดลงเมื่อออกซิเจนมีน้อยกว่าร้อยละ 8 และอัตราการสังเคราะห์นี้จะลดลงถึงร้อยละ 50 เมื่อออกซิเจนมีเพียงร้อยละ 2.5 สำหรับกาซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงอาจจะเร่งหรือยับยั้งหรือไม่มีผลใดเลยต่อการสังเคราะห์เอธิลีนทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืชและความเข้มข้นของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามกาซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถช่วยป้องกันหรือยับยั้งผลกระทบของเอธิลีนที่มีต่อพืชได้ นอกจากนี้ถ้ามีกาซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำร่วมอยู่ด้วย จะช่วยชะลอการสังเคราะห์เอธิลีนได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากกาซทั้งสองมีผลทวีต่อการสังเคราะห์เอธิลีนเช่นเดียวกับผลทวีต่อการหายใจของพืชดังกล่าวข้างต้น (ภาพที่ 2.3)

O ' Connor *et al.* (1992) พบว่าการยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้โดย MAP ช่วยชะลอการสุกได้โดยจะขึ้นอยู่กับคุณภาพตอนเริ่มแรกของผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

Kebel *et al.* (1988) พบว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 10 % ในการเก็บรักษาผล pears จะช่วยลดอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนได้ในทำนองเดียวกันได้มีผู้นำ MAP ไปใช้เก็บรักษาสตรอเบอรี่ (Li and Kader. 1989) และแอปเปิ้ล (Chaves and Tomas. 1984)

Beuscher (1979) พบว่ามะเขือเทศที่เก็บในสิ่งแวดล้อมที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะยังยั้งการหายใจ และการสร้างเอธิลีนได้

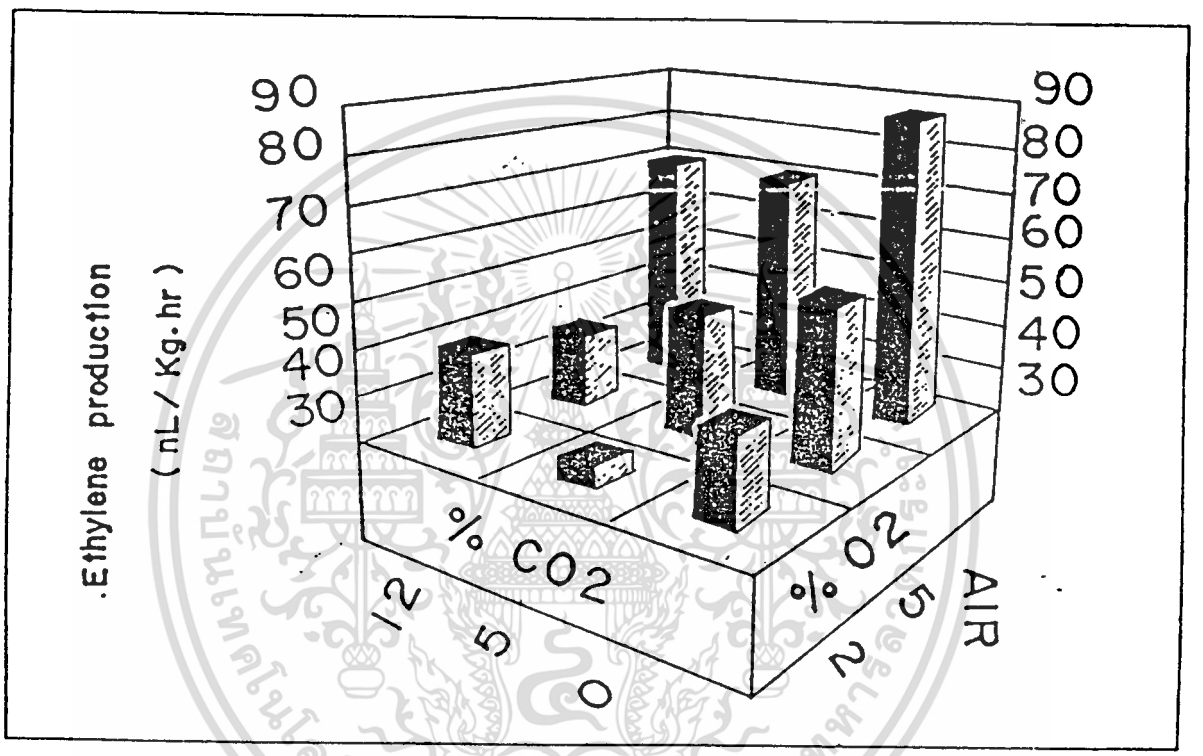
2.4.1.3 เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในผักผลไม้สด เนื่องจากการเก็บรักษาภายใต้ MAP จะแสดงออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพประสาทสัมผัสคือ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และทางด้านคุณค่าทางอาหาร (nutritional value) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (Kader. 1986)

1) การเปลี่ยนแปลงสี (color change) สภาพบรรยากาศที่มีกาซออกซิเจนน้อย ๆ และคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ จะช่วยลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และลดการสังเคราะห์ แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งรงควัตถุสองชนิดหลังนี้ให้สีเหลือง-ส้ม และแดง-น้ำเงินตามลำดับแก่พืช การใช้กาซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผักผลไม้สดได้เช่นกัน โดยลักษณะผิดปกติจะแสดงให้เห็นเมื่อนำผักและผลไม้สดนั้นออกมาไว้ที่บรรยากาศปกติหรือหลังจากผ่านการแปรรูปเบื้องต้น เช่น กะหล่ำดอกเก็บไว้ภายใต้บรรยากาศที่มีกาซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15 จะมีสีเทา-เหลืองหลังการต้มสุก กาซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 อาจทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของแอนโทไซยานินในสตรอเบอร์รี่มาที่ผิว

2) การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส (texture change) ดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า MAP สามารถชะลออัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอธิลีนของผักผลไม้สดได้ จึงเป็นการชะลอการสุกของผักผลไม้ด้วย ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผักผลไม้อ่อนนิ่ม (softening) ช้าลง Kader (1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงผลของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการสังเคราะห์เอธิลีนของบรอคโคลีพันธุ์ Emperor เก็บที่ 0 °C , 7 วัน

ที่มา : Zagory and Kader (1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวว่ากาซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการอ่อนนิ่มของผักผลไม้มากกว่ากาซออกซิเจน แต่กลไกของปรากฏการณ์นี้ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด ตัวอย่างเช่น กาซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 สามารถป้องกันไม่ให้เนื้อของบรอคโคลี่เหนียว แต่กลับอ่อนนุ่มพอดี (tender) และนุ่มกว่าตอนเก็บเกี่ยวใหม่ ๆ เมื่อความ เข้มข้นเพิ่มเป็นร้อยละ 12 จะลดความเหนียวของหน่อไม้ฝรั่งเนื่องจากมีเส้นใยมากเกินไป ถ้าใช้กาซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ร่วมกับกาซออกซิเจนร้อยละ 2 สามารถลดการอ่อนนิ่มของผลกีวีได้ดี ส่วนกาซออกซิเจนร้อยละ 2.5 สามารถชะลอการอ่อนนิ่มของแอปเปิลได้ Smittle and Miller (1988) พบว่าการใช้ MAP จะสามารถลดการเหี่ยว และการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของผักผลไม้ได้

3) การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส (flavor change) สารให้กลิ่นรสของผักผลไม้ได้มาจากกระบวนการหายใจและเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ในพืช เมื่อ MAP มีผลต่อกระบวนการดังกล่าวดังรายละเอียดข้างต้น ย่อมส่งผลกระทบต่อกลิ่นรสของผักและผลไม้ที่เก็บรักษาภายใต้ MAP อย่างแน่นอน ดังเช่น บรรยากาศที่มีกาซออกซิเจนร้อยละ 2.5 สามารถลดการสูญเสียของแอปเปิลพันธุ์ Golden Dilicious กาซออกซิเจนร้อยละ 5 กับกาซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ทำให้ปริมาณฟรุคโตส กลูโคส และกรดมะนาว(citric acid) ในมะเขือเทศเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณแป้งและกรดมาลิก (malic acid) จะลดลง สิ่งที่ควรระวังคือถ้ากาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้อยู่ในช่วงความเข้มข้นที่พืชทนทานไม่ได้จะเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เนื่องจากการสะสมของแอลกอฮอล์และแอลดีไฮด์ที่ได้จากกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ MAP ที่มีกาซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-20 หรือมีกาซออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 3 สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของแป้งไปเป็นน้ำตาลในมันฝรั่งได้ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับการเก็บมันฝรั่งที่จะนำไปผลิตมันฝรั่งทอด (potato chips) แต่ก็อาจเร่งให้มันฝรั่งงอกเร็วขึ้นได้

4) การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหาร (nutritional change) โดยทั่วไป MAP จะช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือวิตามินซีในผักและผลไม้ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ เช่น บรรยากาศที่มีกาซออกซิเจนร้อยละ 4 กับคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 9 ช่วยลดการสลายตัวของวิตามินซีในผักขม (spinach) ได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ กาซออกซิเจนร้อยละ 1 สามารถช่วยลดการสูญเสียวิตามินซีในผักกาดขาวปลีหางหงษ์ และชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และน้ำตาล (Dangyangg *et al.* 1991)

2.4.1.4 ลดการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

MAP สามารถลดการเน่าเสียเนื่องจากการกระทำของจุลินทรีย์ได้เฉพาะผักและผลไม้ที่สามารถทนทานกาซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ๆ ได้เท่านั้น (ประมาณร้อยละ 20 หรือสูงกว่า) เช่น สตรอเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ เชอรี่ และราสพ์เบอร์รี่ เป็นต้น จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งได้มาก เช่น *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus nigricans* สำหรับผักผลไม้สดทั่วไป การบรรจุภายใต้ MAP ช่วยลดการเน่าเสียเนื่องจากการกระทำของจุลินทรีย์ได้น้อย เนื่องจากความเข้มข้นของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชสามารถทนทานได้มักต่ำกว่าร้อยละ 20 อย่างไรก็ตามการบรรจุด้วยฟิล์มพลาสติกสามารถช่วยลดการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของจุลินทรีย์และสปอร์ได้

2.4.1.5 ลดการเกิด chilling injury ในผักผลไม้

สาเหตุการเกิด chilling injury ในผักผลไม้เนื่องจากองค์ประกอบเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมาก ๆ ทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติเกิดความไม่สมดุลย์ของกระบวนการทางสรีระวิทยาในเซลล์ทำให้เซลล์ตาย (Liming. 1992) การเก็บรักษาผักผลไม้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานทำให้เกิด chilling injury ได้ การลดปริมาณออกซิเจนและเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน MAP จะช่วยลด chilling injury ในผักผลไม้ได้โดยลดการ oxidize สารประกอบพวก phenol ซึ่งเป็นการลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้ ทำให้ลดการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นอาการหนึ่งของ chilling injury

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ MAP กับผักผลไม้

2.4.2.1 อุณหภูมิ

อัตราของปฏิกิริยาชีวเคมีจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส (Zagory and Kader. 1988) ผักและผลไม้จะมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นในอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ ดังนั้นระบบ MAP ต้องมีการลดอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลัก

2.4.2.2 ความเข้มข้นของกาซ

กาซที่มีผลมากคือออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์เพราะการหายใจของผักและผลิตผลสดจะใช้ออกซิเจนและให้คาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังนั้นปริมาณกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ต้องมีระดับที่เหมาะสมที่ทำให้อัตราการหายใจต่ำที่สุด และไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียแก่ผลิตผลสด การควบคุมปริมาณกาซอาจทำโดยการใช้วัสดุ เช่น พลาสติกฟิล์มที่ยอมให้กาซต่าง ๆ ซึมผ่านในอัตราที่แตกต่างกันด้วยการเลือกชนิดและความหนาของฟิล์มที่เหมาะสม

2.4.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์

ระดับความชื้นสัมพัทธ์จะต้องเหมาะสมกับผลิตผลนั้น ๆ ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีการคายน้ำมากขึ้นอาจทำให้เกิดความเสียหายกับพืช อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด แต่กรณีที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไปอาจทำให้เกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตเกิดการเน่าเสียของผลิตผล การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์สามารถทำได้ทั้งในห้องเก็บและบรรจุภัณฑ์

2.4.2.4 เอธิลีน

เอธิลีนเป็นสารประกอบที่ผักและผลไม้สร้างขึ้น มีผลต่อขบวนการทางสรีระวิทยาของผักและผลไม้ เอธิลีนเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในพืช ผลิตจากเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นสูงเป็นฮอร์โมนพืชตามธรรมชาติที่กระตุ้นการสุกของผลิตผลต้องพยายามให้มีการสร้างเอธิลีนน้อยที่สุดหรือใช้สารดูดซับเอธิลีน ผลิตผลแต่ละชนิดมีอัตราในการสร้างและความสามารถในการทนต่อเอธิลีนได้แตกต่างกัน ดังนั้นในการเก็บรักษาผักผลไม้ต่างชนิดในห้องเดียวกันจึงควรศึกษาถึงผลเสียอันเนื่องมาจากเอธิลีนด้วย

2.4.2.5 แสง

พืชผักบางชนิดถ้าอยู่ในสภาวะที่มีแสง มีความเข้มของออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงได้ และยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาบางอย่างที่ไม่ต้องการ เช่น การเกิดสีเขียวของมันฝรั่ง (Kader. 1986) ดังนั้นผลิตผลพวกนี้ต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันแสงได้ด้วย

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผัก

2.5.1 การหั่นผักเป็นขนาดชิ้นต่าง ๆ กัน

2.5.1.1 ประโยชน์ของการหั่นตัด

การแปรรูปผักผลไม้ด้วยกระบวนการแปรรูปเบื้องต้น ปัจจุบันได้รับความนิยมและพัฒนามากยิ่งขึ้นเพื่อสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในสังคมเมืองที่ต้องการความรีบเร่ง การหั่น การตัด เป็นรูปแบบหนึ่งของการแปรรูปเบื้องต้นเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นโดยการหั่นตัดมีประโยชน์ดังนี้คือ

1) เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้บริโภคและเพิ่มความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น
2) ช่วยในการบรรจุให้ง่ายยิ่งขึ้น
3) ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค
4) รับประทานได้ง่ายยิ่งขึ้น
5) เพิ่มความสวยงาม น่ารับประทาน

2.5.1.2 ผลเสียเนื่องจากการหั่นตัด

ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น เช่น การล้าง การหั่น ตัด จะทำให้เกิดปัญหาอันเนื่องมาจากการที่เนื้อเยื่อของผักผลไม้ถูกรบกวน เช่น ในภาพที่ 2.4 แสดงเส้นใยของเห็ดที่ถูกแบคทีเรียทำลาย โดยการล้างเป็นการเพิ่มความชื้นทำให้แบคทีเรียเจริญ และทำลายเส้นใยเห็ด การหั่นตัดจะทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้ได้รับการบาดเจ็บ มีการสูญเสียของเหลวในเซลล์ (cellular fluid) ทำให้เซลล์อ่อนแอ ของเหลวในเซลล์ที่ออกมาจะประกอบด้วยเอนไซม์ที่พร้อมจะเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการทำลายของจุลินทรีย์ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง (King and Bolin. 1989 ; Rolle and Chism. 1987 ; Bolin and Huxsoll. 1991) ดังแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพที่ 2.5 ซึ่งทำให้เกิดผลเสียในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้คือ

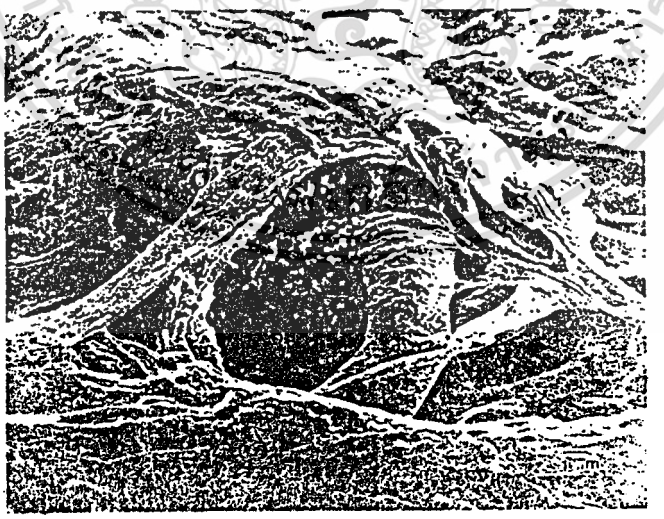
1) การหายใจ เมทาบอลิซึม และการผลิตเอธิลีน

ผักผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยวจากต้นจะยังคงมีชีวิตอยู่จึงยังมีการหายใจและ เมทาบอลิซึมต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ผักผลไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจแตกต่างกัน อัตราการหายใจจะสามารถวัดได้จากอัตราการผลิตกาซคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อ การหั่นตัดผักผลไม้เป็นขนาดชิ้นที่ต่างกันจะทำให้ผักมีอัตราการหายใจไม่เท่ากัน ผักผลไม้ที่ถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จะมีอัตราการหายใจ การคายน้ำ และเมทาบอลิซึมสูงกว่าผักผลไม้ชิ้นใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากการหั่นตัดจะทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้ถูกรบกวน เกิดความชอกช้ำ เนื้อเยื่อของพืชเกิดบาดแผล และโครงสร้างบางส่วนถูกทำลาย มีการสูญเสียของเหลวในเซลล์ (Priepke *et al.* 1976 ; Watada and Abe. 1990) ผักผลไม้ที่ยิ่งถูกหั่นตัดมากก็จะยิ่งมีอัตราการหายใจ และเมทาบอลิซึมสูงมากกว่าผักผลไม้ที่ถูกหั่นตัดน้อย ผักผลไม้ที่เกิดการชอกช้ำจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น

Hagenmaier and Baker (1998) พบว่าแครอทเมื่อช้ำจะมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นถึง 5 เท่า

Paull and Chen (1997) ศึกษามะละกอที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นพบว่าการนำเมล็ดออกและการตัดมะละกอเป็นชิ้นเป็นการรบกวนเซลล์ทำให้เกิดบาดแผลทำให้มีอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้น

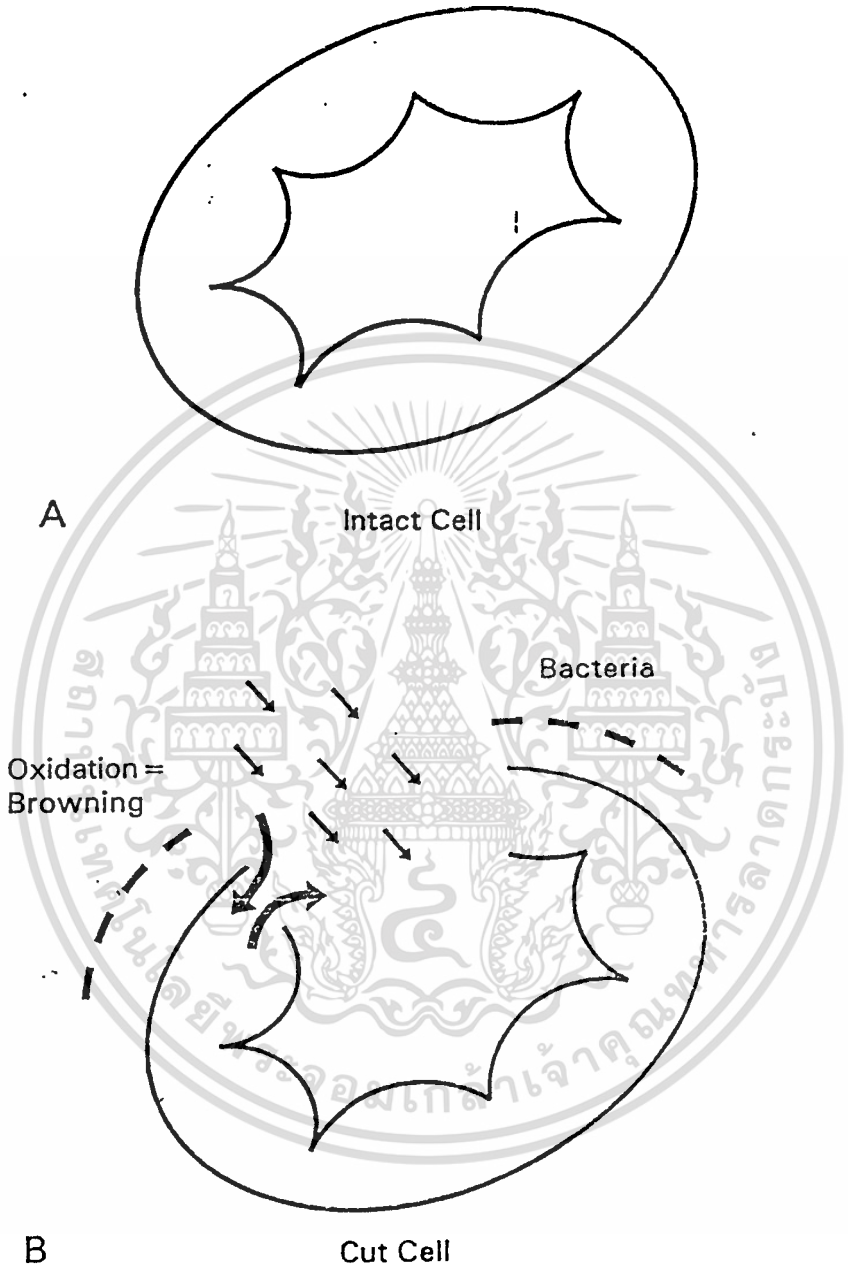
Gunes and Lee (1997) ศึกษาพบว่ามันฝรั่งที่ถูกปอกเปลือกและตัดเป็นชิ้นจะมีอัตราการหายใจมากกว่ามันฝรั่งที่ถูกปอกเปลือกและไม่ถูกปอกเปลือกตามลำดับ ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.4 แสดง Scanning electron microscope of lesion on cap surface of washed mushroom showing flattened hyphae and attached bacterial cells in interstices.

ที่มา : Sapers *et al.* (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 แสดง Diagrams of intact and processes (cut) fruit or vegetable cell

ที่มา : Robert (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการหั่นตัดจะมีผลต่ออัตราการหายใจและเมทาบอลิซึมแล้ว ยังมีผลต่ออัตราการผลิตกาซเอธิลีนด้วย โดยผักผลไม้ที่ถูกหั่นตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จะมีอัตราการผลิตกาซเอธิลีนเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการบาดเจ็บจากเอธิลีน (wound ethylene) Yang (1985) พบว่าการที่พืชมีอัตราหายใจสูงขึ้นจะทำให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย โดยถ้าพืชมีอัตราการหายใจมากจะทำให้มีออกซิเจนในเซลล์มากซึ่งออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญในการสังเคราะห์เอธิลีน ดังนั้นสรุปได้ว่าการหั่นตัดผักผลไม้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จะทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้ได้รับความชอกช้ำ เกิดบาดแผลและโครงสร้างบางส่วนของเนื้อเยื่อถูกทำลาย ทำให้เมทาบอลิซึมสูงขึ้น อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น และอัตราการผลิตเอธิลีนก็เพิ่มขึ้นตามด้วย ทำให้ผักผลไม้ถึงระยะการเสื่อมสลายเร็วขึ้น อายุการเก็บรักษาจึงสั้นลง McLachlan and Stark (1985) ศึกษาพบว่าอัตราการหายใจของผักที่ถูกหั่นตัดจะสูงกว่าผักที่ไม่ถูกหั่นตัด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

2) ปฏิกิริยาของเอนไซม์

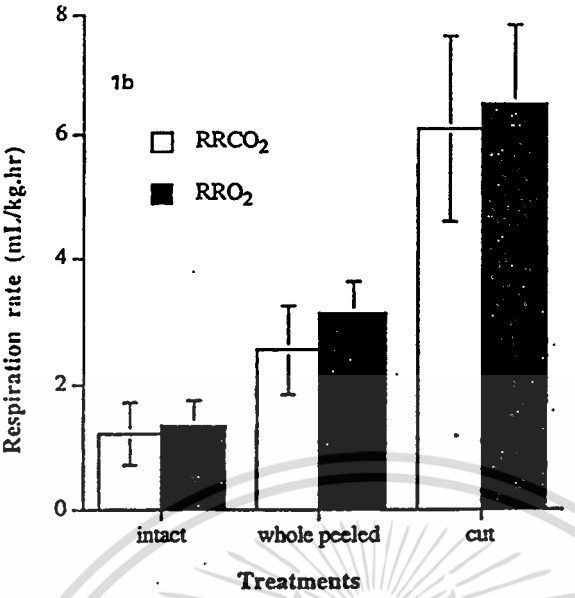
จากที่กล่าวมาแล้วว่าการหั่นตัดผักผลไม้จะทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้เกิดความชอกช้ำ และบาดแผล เกิดการสูญเสียของเหลวในเซลล์ออกมาซึ่งของเหลวในเซลล์ประกอบด้วยเอนไซม์ที่พร้อมจะทำงานทำให้ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) นอกจากนั้นบาดแผลจากการหั่นตัดจะทำให้เซลล์สัมผัสกับออกซิเจนได้เพิ่มขึ้น และทำให้เอนไซม์มีโอกาสมาทำปฏิกิริยากับ substrate มากขึ้น ดังนั้นจึงเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้น เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งทำให้คุณภาพของผักผลไม้สดลดลง โดยเฉพาะในเห็ด

Sapers *et al.* (1994) ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลในเห็ดซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น พบว่าเห็ดที่ถูกหั่นครึ่งจะเกิดสีน้ำตาลมากกว่าเห็ดที่ไม่ถูกหั่นซึ่งการเกิดสีน้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดอายุการเก็บรักษาของเห็ด

3) จุลินทรีย์

ขั้นตอนการหั่นผักเพื่อให้ได้เป็นชิ้นตามขนาดที่ต้องการเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผักมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง เนื่องมาจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการหั่นตัด หรือจากผู้ที่ทำการหั่นตัดเอง ในสภาพปกติของผักผลไม้ที่ไม่ผ่านการหั่นตัดจะมีระบบการป้องกันการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ แต่เมื่อใดก็ตามที่ผักผลไม้ถูกหั่นตัดจะทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้ ได้รับความกระทบกระเทือน และเกิดบาดแผล ทำให้ระบบการป้องกันต่าง ๆ ถูกทำลาย และทำให้ง่ายต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ดังนั้นทำให้ผักผลไม้ที่ถูกหั่นตัดจะมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากกว่าผักผลไม้ที่ไม่ถูกหั่นตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดง Effect of tissue damage on respiration rate of potatoes.

ที่มา : Gunes and Lee (1997)

ตารางที่ 2.2 แสดง Respiration rates of cut and uncut vegetables at 10 and 20 °C

Vegetable	Respiration rate (mL CO_2/kg/h) 10°C	20°C
Broccoli:		
cut florets	78	147
uncut heads	59	104
Carrots:		
julienne	65	145
peeled, whole	12	26
unpeeled, whole	9	26

ที่มา : McLachlan and Stark (1985)

Priepke *et al.* (1976) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาสลัดผักที่ 4.4 องศาเซลเซียส พบว่าสลัดผักที่ถูกหั่นตัดเป็นชิ้นจะมีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าผักที่ไม่ถูกหั่นตัด ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4

Garg *et al.* (1990) ศึกษาพบว่าการหั่นผักเพื่อเตรียมทำสลัดเป็นขั้นตอนหลักที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดง Total microbial count of intact and cut vegetables stored at 4.4 °C in sealed packages with air as the initial package headspace.

Storage time, days	Lettuce	Carrot Log No. of Organisms/g	Celery
Intact			
0	5.3	4.4	5.7
2	5.6	5.7	6.6
4	6.3	6.1	6.8
6	7.5	6.5	6.9
8	7.9	7.0	7.5
10	8.6	7.4	7.9
Cut			
0	5.3	4.4	5.7
2	6.8	5.8	6.4
4	7.2	6.1	7.3
6	7.8	6.6	7.9
8	8.3	7.1	8.5
10	—	8.5	—

ที่มา : Pricpke *et al.* (1976)

ตารางที่ 2.4 แสดงจำนวนแบคทีเรียที่พบหลังจากกการผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

		แบคทีเรียต่อกรัม× 10^3	
กระบวนการ	ชนิดของผัก	ก่อน	หลัง
การตัด	ข้าวโพด	180	1,300
การหั่น	ฉั่วฝรั่งเศส	20	130
การสับ	ผักขม	20	120

ที่มา : Robert C. Wiley (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.3 การแก้ไขและการป้องกันผลเสียจากการหั่น

การหั่นตัดเป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการผลิตสลัดผัก แต่เนื่องจากการหั่นตัดผักผลไม้จะทำให้เนื้อเยื่อเกิดความชอกช้ำและบาดแผล ทำให้ผักผลไม้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นและเป็นเหตุให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้นจึงได้มีผู้ทำการศึกษาถึงวิธีการหั่นตัดที่เหมาะสมเพื่อให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้เกิดความชอกช้าน้อยที่สุด โดย Bolin (1977) ได้ทำการศึกษาถึงรูปแบบวิธีการหั่นต่าง ๆ ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผักกาดหอม พบว่าการใช้มีดที่คมโดยหั่นแบบเป็นแผ่น (slice) จะให้ผลดีกว่าการหั่นแบบสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ (chop) และให้ผลดีกว่าการใช้มีดที่ไม่คมหั่นเป็นแผ่นและเป็นชิ้นเล็ก ๆ ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 2.7

สรุปวิธีการป้องกันและแก้ไขผลเสียที่เกิดจากการหั่นตัด เพื่อให้ผักผลไม้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นดังนี้คือ

1) การใช้มีดคมในการหั่นตัดผักเพื่อให้เกิดความชอกช้ำ และการสูญเสียของเหลวในเซลล์น้อยที่สุด

2) การใช้สารเคมีร่วมในการล้างเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นให้มีน้อยที่สุด เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นมีผลต่ออายุการเก็บรักษา ดังภาพที่ 2.8 และเพื่อลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น SO_2 สารประกอบพวกคลอรีน และ H_2O_2

3) การใช้รูปแบบวิธีการหั่นที่เหมาะสม เช่น การตัด การหั่นเป็นแผ่นจะให้ผลดีกว่าการหั่นแบบสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ

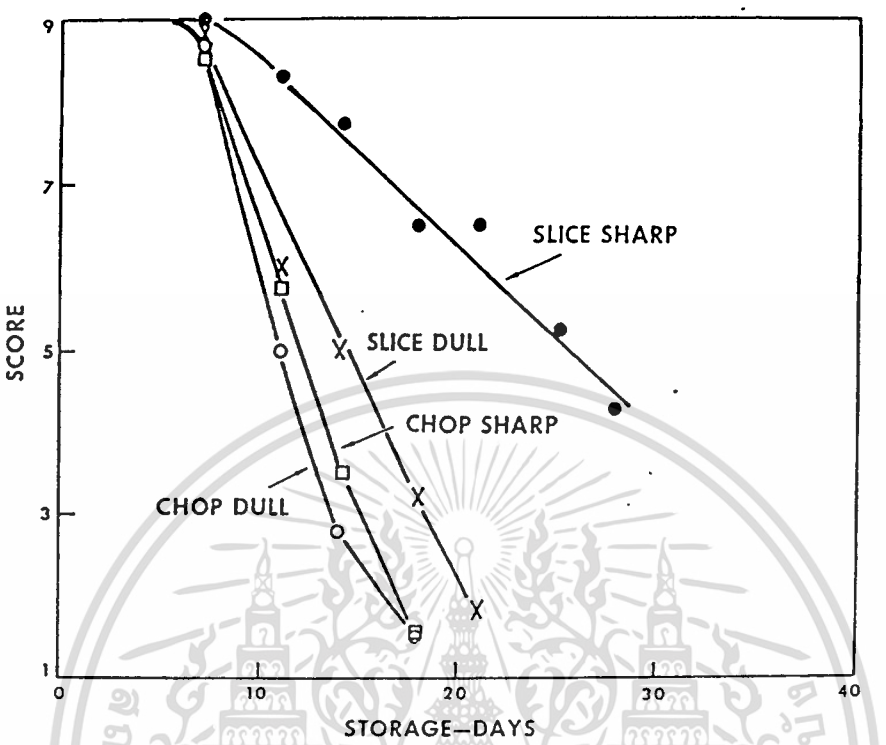
4) การหั่นในขนาดที่เหมาะสม การหั่นขนาดชิ้นเล็กมากจะทำให้เกิดความชอกช้าและอัตราการหายใจสูงกว่าการหั่นชิ้นใหญ่

5) ใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อช่วยลดอัตราการหายใจ เพิ่มอายุการเก็บรักษา และคุณภาพของผักให้ดีขึ้น ดังภาพที่ 2.9 โดยอุณหภูมิต้องเหมาะสมไม่ทำให้เกิด chilling injuruy

6) เลือกใช้ถุงพลาสติกที่เหมาะสมกับขนาดชิ้นผัก เช่น จากการทดลองของปิยรัตน์และศรีแทน (2542) พบว่าการใช้ถุงพลาสติกหนา 0.12 มิลลิเมตร จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักหั่นพร้อมปรุงซึ่งได้แก่ กะหล่ำปลี คะน้า และผักบุ้งได้ดีกว่าการใช้ถุงหนา 0.03 มิลลิเมตร

7) เก็บรักษาผักในสภาพแห้งจะช่วยให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นได้ ดังภาพที่ 2.10

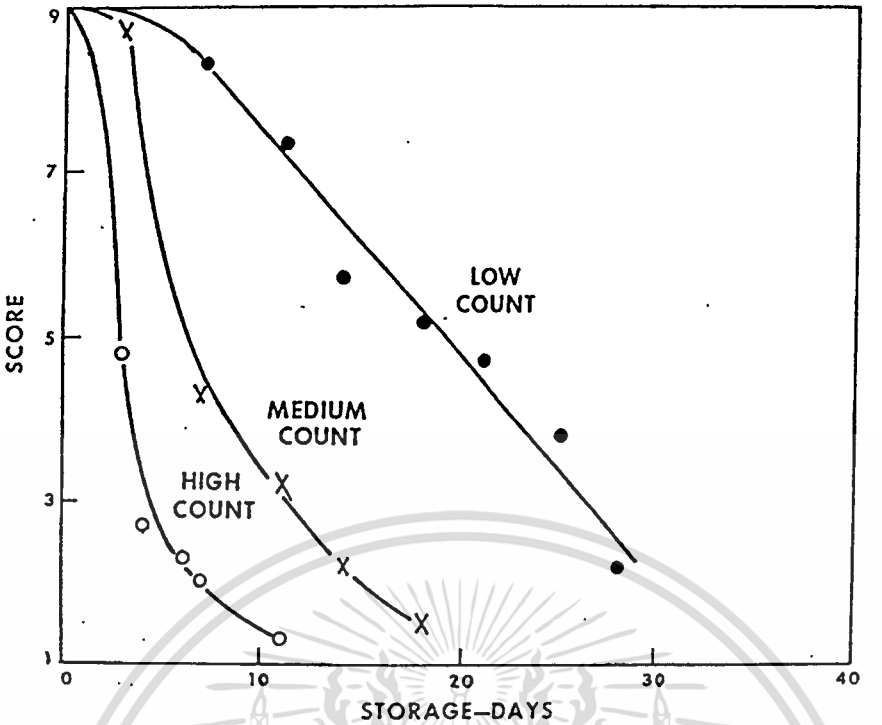
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 แสดงผลของวิธีการหั่นตัดที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของผักกาดหอม

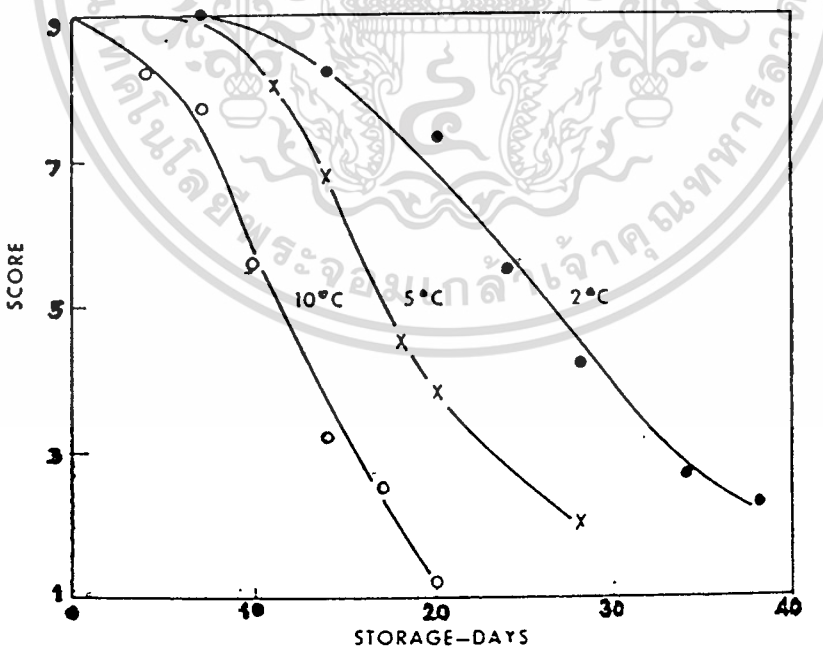
ที่มา : Bolin (1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แสดงผลของจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอม

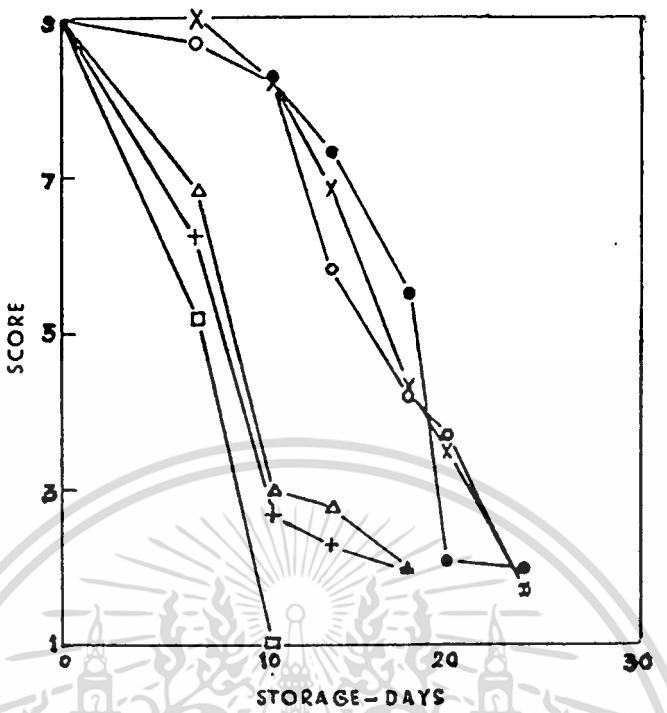
ที่มา : Bolin (1977)



ภาพที่ 2.9 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่ออายุการเก็บรักษาผักกาดหอม

ที่มา : Bolin (1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แสดง Influence of washing and centrifuging on storage stability of shredded lettuce ; ● Centrifuge 5 min ; × Centrifuge 15 min ; o Centrifuge 60 min ; □ Wash , No Centrifuge ; Δ N o wash , centrifuge ; and + No wash , no centrifuge.

ที่มา : Bolin (1977)

2.5.2 ความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษา

ถึงแม้ว่าพลาสติกฟิล์มหลายชนิดที่มีคุณสมบัติสามารถใช้ในการบรรจุผักผลไม้ได้ แต่ในความเป็นจริงมีฟิล์มเพียงไม่กี่ชนิดที่มีความเหมาะสมในการใช้บรรจุผักผลไม้สด เนื่องจากฟิล์มแต่ละชนิดจะมีค่าการซึมผ่านของกาซ (gas permeability) แตกต่างกัน มีฟิล์มบางชนิดเท่านั้นที่จะทำให้เกิดสภาพ MAP ที่เหมาะสม ฟิล์มที่ดีควรมีคุณสมบัติในการยอมให้กาซคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้ดีกว่าออกซิเจน 3-5 เท่า เพื่อป้องกันไม่ให้มีคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์มากเกินไปซึ่งจะเกิดอันตรายกับผักผลไม้ได้ ดังนั้นฟิล์มโพลีเอธิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene) และฟิล์ม polyvinyl chloride (PVC) จึงนิยมนำมาใช้บรรจุผักผลไม้ ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดง Permeability of films available for packaging fresh produce

Film type	Permeabilities cc/m^2/mil/day at 1 atm) CO_2	O_2	CO_2: O_2 Ratio
Polyethylene: low density	7,700–77,000	3,900–13,000	2.0–5.9
Polyvinyl chloride	4,263–8,138	620–2,248	3.6–6.9
Polypropylene	7,700–21,000	1,300–6,400	3.3–5.9
Polystyrene	10,000–26,000	2,600–7,700	3.4–3.8
Saran®	52–150	8–26	5.8–6.5
Polyester	180–390	52–130	3.0–3.5

ที่มา : Zagory and Kader (1985)

พลาสติกที่มีชนิดและความหนาแตกต่างกันจะมีความหนาแน่นต่างกัน ทำให้มีอัตราการยอมให้กาซแต่ละชนิดซึมผ่านแตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้เกิดสัดส่วนของกาซในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผักผลไม้แต่ละชนิดด้วย ดังนั้นการจะเลือกพลาสติกที่ความหนาใดขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผักผลไม้แต่ละชนิด ความสามารถในการซึมผ่านของกาซแต่ละชนิด พื้นที่ ความเข้มข้นของกาซ อุณหภูมิ ความแตกต่างของความดัน ความเร็วของอากาศรอบภาชนะ (Ballantyne. 1986 ; Hardenburg. 1971 ; Hayakawa *et al.* 1975 ; Robinson *et al.* 1975 ; Singh *et al.* 1972 ; Tomkins. 1967) จากที่กล่าวมาแล้วว่าการใช้พลาสติกความหนาต่างกันจะทำให้เกิดสัดส่วนของกาซในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อผักผลไม้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้คือ

2.5.2.1 อัตราการหายใจและการผลิตเอธิลีน

การเลือกใช้พลาสติกในความหนาที่เหมาะสมกับผักผลไม้ชนิดหนึ่ง ๆ จะทำให้เกิดสัดส่วนของกาซในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผักผลไม้นั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผักผลไม้มีอัตราการหายใจและการผลิตเอธิลีนลดลงได้ Ballantyne *et al.* (1988) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาพลาสติกฟิล์มที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักกาดหอมที่ผ่านการหั่น พบว่าพลาสติกชนิดโพลีเอธิลีนความหนาแน่นต่ำซึ่งหนา 35 ไมโครเมตร จะทำให้เกิดสัดส่วนของกาซที่เหมาะสมภายในบรรจุภัณฑ์ คือมีออกซิเจน 1-3 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 5-6 % ซึ่งจะช่วยให้ผักมีอัตราการหายใจที่ต่ำกว่าในพลาสติกชนิดอื่น ๆ

2.5.2.2 ผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส

ปิยรัตน์และศรีแทน (2542) ได้ศึกษาถึงความหนาของถุงและขนาดผักที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผักหั่นพร้อมปรุง 3 ชนิด ได้แก่ คะน้า กะหล่ำปลี และผักบุ้ง โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้ถุงหนา 0.12 มิลลิเมตรในการเก็บรักษาผักชิ้นใหญ่และเล็กจะให้ผลดีกว่าการใช้ถุงหนา 0.03 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Myers (1989) พบว่าการใช้ฟิล์มในการบรรจุผักผลไม้จะช่วยรักษาคุณภาพของผักผลไม้ไว้ได้ดีกว่าผักผลไม้ที่ไม่ได้บรรจุในฟิล์ม

Mohamed *et al.* (1996) พบว่าการบรรจุผลไม้ในฟิล์มโพลีเอธิลีนความหนาแน่นต่ำจะช่วยรักษาคุณภาพด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับดีกว่าผลไม้ที่บรรจุในฟิล์มชนิดอื่น

พลาสติกที่ความหนาต่างกันจะมีคุณสมบัติในการยอมให้กาซซึมผ่านแตกต่างกัน Brain (1988) ศึกษาพบว่าหากบรรจุผักผลไม้ในฟิล์มซึ่งมีอัตราการซึมผ่านกาซน้อย จะทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของกาซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ต่ำ อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) และเกิดสารประกอบอื่น ๆ ตามมา เช่น ethanol , acetaldehyde , และ organic acid ทำให้เกิดกลิ่นรสซึ่งไม่พึงประสงค์ ทำให้คุณภาพของผักผลไม้ลดลง ในทางตรงกันข้ามหากบรรจุผักผลไม้ในพลาสติกฟิล์มซึ่งมีอัตราการซึมผ่านกาซมาก ทำให้สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ไม่แตกต่างหรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยจากบรรยากาศภายนอกบรรจุภัณฑ์ จึงไม่ได้เป็นการนำ MAP มาช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา

หากบรรจุผักผลไม้ในพลาสติกฟิล์มซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของกาซ ไม่มากหรือไม่น้อยเกินไปจะทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปลงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักผลไม้นั้น ๆ บรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมในการใช้เก็บรักษาผักผลไม้สดทั่วไปจะอยู่ในช่วง ออกซิเจน 2-5 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 3-8 % ส่วนสลัดผักจะอยู่ในช่วงออกซิเจน 1-3 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 5-6 % (Ballantyne *et al.* 1988 ; Lee and Lee. 1996) ซึ่งจะช่วยลดอัตราการหายใจของผักผลไม้ลงได้ นอกจากนี้ได้มีผู้ศึกษาบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิดดังนี้คือ แตงกวาอยู่ในช่วงออกซิเจน 3-5 % คาร์บอนไดออกไซด์ 3-5 % (Eaks. 1953 ; Kanellis *et al.* 1988) ผักกาดหอมจะอยู่ในช่วงออกซิเจน 2-5 % (Kader. 1986) มะเขือเทศอยู่ในช่วงออกซิเจน 3-5 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 5 % (Dennis *et al.* 1979) กะหล่ำปลีอยู่ในช่วงออกซิเจน 3-5 % คาร์บอนไดออกไซด์ 5-7 % (Berard. 1985 ; Gariepy *et al.* 1985) แครอทอยู่ในช่วงออกซิเจน 2 % คาร์บอนไดออกไซด์ 2-20 % (Carlin *et al.* 1990 ; Salunkhe and Desai. 1984)

2.5.2.3 ผลต่อจุลินทรีย์

Brain (1988) ศึกษาพบว่าหากบรรจุผักผลไม้ในพลาสติกฟิล์มซึ่งมีอัตราการซึมผ่านกาซน้อย จะทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของกาซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ต่ำ อาจเกิดปัญหาเนื่องจากเชื้อ *Cl. Botulinum* ดังนั้นระดับความเข้มข้นของออกซิเจนของผักผลไม้ที่เก็บในแบบ MAP จึงไม่ควรต่ำกว่า 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การล้างทำความสะอาดผัก

2.5.3.1 จุลชีววิทยาของผักสด

ผักมีปัจจัยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นได้จากการเจริญเติบโตและกิจกรรมจากจุลินทรีย์เหล่านี้ ปัจจัยที่สำคัญ คือ เนื่องมาจากมีน้ำมาก (75-95 %) และยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน มี pH 5-7 เป็นระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยทั่วไป

คุณลักษณะของแบคทีเรียที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการเน่าเสียมีดังนี้คือ

1) ความสามารถในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในเนื้อเยื่อพืช (plant tissue)

2) อัตราการเจริญเติบโต (rate of growth)

3) เอนไซม์ที่สามารถทำลายเนื้อเยื่อพืช

4) การสร้างสารพิษ (toxins) ที่เป็นอันตรายต่อเซลล์พืช

แบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่ในผักสด คือ แบคทีเรียที่เป็น saprophyte รวมทั้ง Coryneforms , Lactic acid bacteria , Micrococci , Pseudomonas และแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ แบคทีเรียเหล่านี้ เช่น Erwinia และ Pseudomonas ซึ่งเป็นสาเหตุของ soft rots การเน่าเสียแบบนี้อาจรวมไปถึงพวก Coliforms และแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ เชื้อ Erwinia บางชนิดสามารถเจริญเติบโตที่อุณหภูมิแช่เย็นต่ำประมาณ 1°C เป็นแบคทีเรียที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผักหลาย ๆ ชนิดได้

แบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับสลัดผักได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

1) พวกที่เป็นโรคพืช (plant pathogenic microorganism) พวกนี้มักจะมีบทบาทในระยะเริ่มแรกภายหลังการเก็บเกี่ยวและสามารถทำลายทุก ๆ ส่วนของพืช ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียและรา ประมาณ 20 % ของผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจะเสียเนื่องมาจากจุลินทรีย์พวกนี้

2) พวกแซบโพรไฟต์ (saprophyte) ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียและมักมีบทบาทหรือเข้าทำลายหลังจากที่ผักและผลไม้นั้นเป็นโรคแล้ว

3) พวกจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogens) โดยปกติแล้วแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบในผักสดจะเป็น 2 กลุ่มแรก แต่อาจมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้จากคน สัตว์ สิ่งแวดล้อม ภาชนะอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เช่น *Staphylococcus aureus* , Coliform , *E. coli* , *Clostridium perfingens* , Salmonella , Shigella เป็นต้น

2.5.3.2 การลดปริมาณจุลินทรีย์โดยการล้างด้วยสารละลายคลอรีน

สารประกอบคลอรีนเป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่เหมือนสารฆ่าเชื้อ (sanitizers หรือ disinfectants) ซึ่งนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ระยะเวลาที่สารเคมีสัมผัสกับจุลินทรีย์ (exposure time) จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความไวต่อสารเคมีที่ใช้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับช่วงการเจริญเติบโต การสร้างสปอร์ และปัจจัยอื่น ๆ จึงทำให้เวลาในการใช้ไม่เท่ากัน

2) อุณหภูมิ (temperature) สารละลายที่มีอุณหภูมิสูงจะลดแรงตึงผิว โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มอัตราการทำลายจุลินทรีย์

3) พีเอช (pH) โดยทั่วไปพีเอชของสารละลายไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อมากนัก นอกจากสารฆ่าเชื้อบางชนิด เช่น สารประกอบพวกคลอรีนและไอโอดีน จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น

4) ความกระด้างของน้ำ (hardness) สารพวก quaternary ammonium compounds จะไม่ออกฤทธิ์ในน้ำที่มีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่เกิน 200 ppm ถ้าน้ำกระด้างมากประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อจะลดลง

5) ความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ (chlorine concentration) จะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน (ภาพที่ 2.11)

คลอรีนและสารประกอบคลอรีน (chlorine compounds)ได้แก่พวก ไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) คลอรามีน (chloramine) คลอรีนไดออกไซด์ (chlorinedioxide) สาระสำคัญของสารเหล่านี้ที่ทำหน้าที่ในการออกฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์คือ กรดไฮโปคลอรัส (hypochlorous acid : HOCl) พวกคลอรีนเหลวและสารไฮโปคลอรัสเมื่อผสมน้ำจะได้กรดไฮโปคลอรัสซึ่งจะสลายตัวให้ไฮโดรเจนอิออน (hydrogen ion : H^+) และไฮโปคลอไรต์อิออน (OCl^-) ดังสมการ

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$$

หน้าที่ของสารประกอบคลอรีนมีดังนี้คือ (Adams *et al.* 1989 ; Brackett. 1992(b))

1) ทำลายการสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรีย

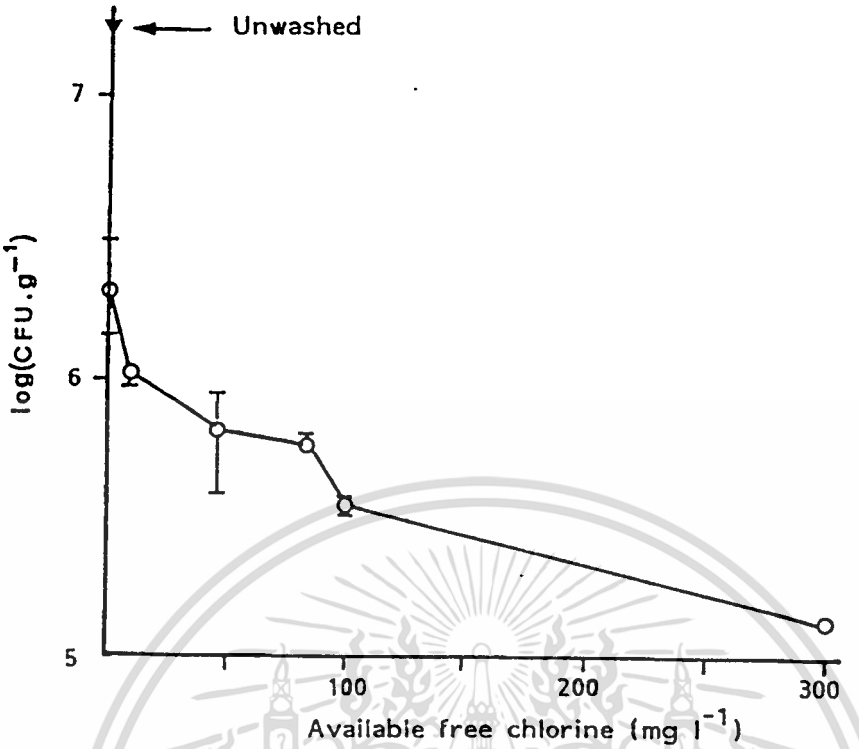
2) ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะมิโนแล้วเกิดเป็นไนไตรท์

3) ทำปฏิกิริยากับกรดนิวคลีอิก ไพรีน และไพรินิดีน

4) ทำลายเอนไซม์ที่สำคัญทำให้ขบวนการเมทาบอลิซึมของแบคทีเรียไม่สมดุลย์

5)มีประสิทธิภาพในการทำลายทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบรวมทั้งสปอร์ของ ไวรัสบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 แสดงผลของความเข้มข้นของคลอรีนในการล้างผักกาดหอมที่มีต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ

ที่มา : Adams *et al.* (1989)

การกำจัดจุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนให้ลดลงด้วยการล้างด้วยสารละลายคลอรีนซึ่งสามารถทำลาย vegetative cell ของแบคทีเรียได้ หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึง

1) อันตรายที่ผู้บริโภคจะได้รับ

2) ประสิทธิภาพของสารนั้น จากบทความของ Zhang and Farber (1996) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายคลอรีนเพียงอย่างเดียวจะต้องใช้ในปริมาณถึง 100 ppm หากต้องการให้มีผลต่อจุลินทรีย์มากที่สุดควรใช้กรดแลคติดผสมกับสารประกอบคลอรีนเพื่อแช่ผัก หรือการใช้กรดแลคติด 0.05 % หรือกรดอะซีติด 0.03 % ตัวใดตัวหนึ่งนาน 5-30 นาทีเพื่อล้างผัก ซึ่งจะช่วยลดจำนวน *Listeria monocytogenes* ได้

3) ผลต่อผักสดในด้านต่าง ๆ เช่น เนื้อสัมผัส สี

4) สภาพการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ เวลา ชนิดของวัตถุดิบ ปริมาณของผัก ตัวอย่างการทดลองของ Reyes (1996) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารเคมีในการลดปริมาณจุลินทรีย์กับผักกาดได้ผลดีที่สุดที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียสในขณะที่อุณหภูมิไม่มีผลต่อการใช้สารเคมีในการลดปริมาณจุลินทรีย์กับกะหล่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโปคลอไรต์เป็นสารประกอบคลอรีนที่ออกฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อได้ดีที่สุด ซึ่งนิยมใช้ในรูปผงของแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (calcium hypochlorite) ซึ่งมีคลอรีนอยู่ 30 % และรูปของเหลวของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) ซึ่งมีคลอรีนอยู่ 10-14 % ความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนในการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ประมาณ 0.6 - 13 ppm แต่ถ้าทำลายสปอร์ต้องมีความเข้มข้นสูงกว่าถึง 10 - 1000 ppm (Clostridium จะทนต่อคลอรีนได้น้อยกว่าสปอร์ของ Bacillus) หรืออาจผสมสาร ไฮโปคลอไรต์ลงในสารทำความสะอาดได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Jay. 1992) สารโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ละลายน้ำจะให้กรดไฮโปคลอรัส มีผลต่อเซลล์แบคทีเรียทำให้เกิดการเสียสมดุลภายในเซลล์

$$NaOCl + H_2O \longrightarrow NaOH + HOCl$$

$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$$

ที่พีเอชต่ำ ๆ สารประกอบคลอรีนจะให้กรดไฮโปคลอรัสปริมาณสูง ซึ่งจะไปเพิ่มประสิทธิภาพของสารคลอรีนในการฆ่าเชื้อ แต่ที่พีเอชสูงสารประกอบคลอรีนจะแตกตัวให้ไฮโปคลอไรต์อิออนมากซึ่งไม่มีฤทธิ์ในการทำลายแบคทีเรีย

การเติมคลอรีนเป็นการทำให้น้ำและวัตถุดิบสะอาด ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำแต่คลอรีนที่เติมลงไปในน้ำที่ไม่ใช่น้ำกลั่น บางส่วนของคลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำได้แก่ เหล็ก แมงกานีส และซัลไฟด์ เป็นต้น ปริมาณคลอรีนส่วนนี้เรียกว่า " chlorine demand " ของน้ำ คลอรีนซึ่งไปทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์อีก และไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของปริมาณคลอรีนโดยวิธีไตเตรทได้ ส่วนปริมาณคลอรีนที่หลงเหลืออยู่ทั้งหมดเรียก "free residue chlorine" ซึ่งจะออกฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ อนุมูลคลอรีนอิสระที่หลงเหลืออยู่จะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณของสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ พีเอช ระยะเวลาที่สัมผัส อุณหภูมิ และปริมาณคลอรีนที่เติมลงไป และมีปริมาณคลอรีนบางส่วนที่หลงเหลือนี้จะไปจับกับสารประกอบไนโตรเจน (nitrogenous compound) อย่างหลวม ๆ ในน้ำ แล้วทำให้เกิดสารคลอรามีนหรือสารประกอบคลอโรไนโตรเจน (chloronitrogen) "combined residue chlorine" ดังนั้นผลต่างระหว่างปริมาณคลอรีนที่เติมลงไป (chlorine dosage) และปริมาณคลอรีนที่หลงเหลือทั้งหมด (total residue chlorine) จะเป็นค่า chlorine demand ของน้ำ ปกติแล้วมักจะหาค่า chlorine demand หลังจากมีการเติมคลอรีนแล้ว 10 15 หรือ 20 นาที ส่วนผลต่างระหว่าง total residue chlorine และ free residue chlorine จะเป็นค่าของ combined residue chlorine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีและข้อเสียของสารประกอบคลอรีน

ข้อดี

1) ออกฤทธิ์เร็ว ถ้าใช้ที่ความเข้มข้น 50 ppm จะสามารถออกฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์ได้ภายใน 30 วินาที

2) สามารถทำลายเซลล์จุลินทรีย์ (vegetative cell) ของแบคทีเรียได้

3) มีราคาถูกที่สุด

4) ไม่ต้องล้างออกด้วยน้ำ

ข้อเสีย

1) ไม่คงตัว สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน หรือลดประสิทธิภาพเมื่อมีสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์

2) กัดกร่อนเหล็กปลอดสนิมและโลหะอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรใช้เวลาในการสัมผัสน้อยเพื่อป้องกันการกัดกร่อน

การล้างผักโดยใช้คลอรีนนับเป็นขั้นตอนสำคัญในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักสด ซึ่งคลอรีนถือเป็นสารเคมีที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย และมีประสิทธิภาพทั้งในการล้างวัตถุดิบและการล้างอุปกรณ์เครื่องมือการผลิต (Beuchat and Brackett. 1990 ; Lillard. 1993 ; Shapiro and Holder. 1960)

ชลธิชา และรัชนก (2540) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของสลัดผักที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)ในการล้าง พบว่า NaOCl ความเข้มข้น 40 ppm ช่วยให้ผักมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นและมีคุณภาพดีกว่าการใช้ที่ความเข้มข้นอื่น

Roberts and Reymond (1994) มีการนำคลอรีนมาใช้ในรูปของคลอรีนไดออกไซด์ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในระหว่างการขนส่ง อย่างไรก็ตามการใช้คลอรีนในการล้างผักสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วน โดยมีจุลินทรีย์บางพวกที่ยังอาจเหลือรอดอยู่ได้ (Garg *et al.* 1990 ; Nguyen and Carlin. 1994) เช่น *Listeria monocytogenes* ดังนั้นจึงมีการศึกษาของ Hagenmaier and Baker (1998) โดยใช้คลอรีน 0.8 – 2.0 ppm ในการล้างแครอทร่วมกับการใช้รังสีแกมมา 0.5 kGy ซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดี

2.5.3.3 การลดปริมาณจุลินทรีย์โดยการล้างด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นมักจะเสื่อมเสียได้ง่าย และอาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น Salmonella และ Listeria (Bracket. 1992(a) ; Fain. 1996) จากที่กล่าวไปแล้วข้างต้นว่าคลอรีนมีข้อดีหลายประการในการใช้ล้างผักผลไม้สดจึงเป็นสารที่นิยมนำมาใช้ แต่เนื่องจากประสิทธิภาพของคลอรีนมีข้อจำกัดในการใช้ยับยั้งจุลินทรีย์บางกลุ่มในบางผลิตภัณฑ์ เช่น *Listeria monocytogenes* ในผักกาดหอม (Beuchat and Brackett. 1990) *Salmonella montevideo* ในมะเขือเทศ (Zhuang *et al.* 1995 ; Wei *et al.* 1995) นอกจากนี้คลอรีนอาจทำปฏิกิริยากับอาหารเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารประกอบที่เป็นพิษได้ ดังนั้นการนำคลอรีนมาใช้กับอาหารบางชนิดในระดับความเข้มข้นใดจะปลอดภัยหรือไม่จึงต้องอาศัยการศึกษาวิจัยต่อไป (Hurst. 1995) ปัจจุบันมีผู้ทำการวิจัยในการนำ H_2O_2 มาใช้ทั้งในรูปที่เป็นไอและในรูปของสารละลาย เพื่อใช้ล้างผักผลไม้ต่าง ๆ ที่ผ่านการตัด คุณสมบัติของ H_2O_2 เป็นที่ทราบดีโดยมีการใช้ในรูปสารละลายเจือจางเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Block. 1991) มีการศึกษาเพื่อใช้ H_2O_2 ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้ (Honnay. 1988) ใช้ควบคุมการเน่าเสียขององุ่น (Forney *et al.* 1991 ; Rij and Forney. 1995) ใช้ในการล้างเห็ด (McConnell. 1991 ; Sapers *et al.* 1994) ใช้ยืดอายุการเก็บรักษาสลัดผัก ผลเบอรี่ (Sapers *et al.* 1995) นอกจากนี้มีการใช้ในรูปที่เป็นไอเพื่อเป็นสารฆ่าเชื้อกับอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตยา (Klapes and Vesley. 1990) ใช้กับระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อ (aseptic packaging systems) และใช้กับวัสดุที่ใช้ในการบรรจุ (Wang and Toledo. 1986)

Forney *et al.* (1991) ศึกษาการใช้ไอของ H_2O_2 30-35 % ที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที กับผลองุ่นที่มีเชื้อ *Botrytis cinera* พบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อและช่วยลดการเน่าเสียขององุ่นได้ ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Rij and Forney (1995) ได้รายงานการใช้ไอของ H_2O_2 0.27 mg/L ว่ามีประสิทธิภาพในการทำลายสปอร์ของ Botrytis โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียใด ๆ กับผล องุ่น

Simmons *et al.* (1995) นำไอของ H_2O_2 มาใช้กับลูกเกดนาน 60 นาที ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ลดเชื้อราในลูกเกดได้ดี

Simmons (1996) ทดสอบการใช้ไอของ H_2O_2 3 mg/L ของอากาศนาน 60 นาทีกับผลแคนตาลูป เปรียบเทียบกับการล้างด้วยสารละลายไฮโปคลอไรต์ 225 ppm และเทียบกับการล้างด้วยน้ำธรรมดา พบว่าการใช้ไอของ H_2O_2 มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ และช่วยให้แคนตาลูปมีอายุการเก็บรักษานานถึง 4 สัปดาห์ ที่ 2 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดการผิดปกติกับผลแคนตาลูป (ภาพที่ 2.12)

Simmons *et al.* (1997) ทดลองใช้ไอของ H_2O_2 3 mg/L ของอากาศนาน 10 นาที ร่วมกับโพแทสเซียมซอเบต (potassiumsorbate) เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพรุน

Sapers *et al.* (1995) ศึกษาการนำไอของ H_2O_2 มาฉีดพ่นผักผลไม้หลายชนิดโดยใช้อัตราการฉีดพ่น 2.5-5 g.ของ H_2O_2 ต่อนาที นาน 2-15 นาที

H_2O_2 เป็นสารที่ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย (generally recognized as safe) ในการใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเป็นสารฟอกสี (blanching agent) oxidizing agent , reducing agent และสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การใช้สารละลาย H_2O_2 5 % นาน 30 วินาที ในการล้างเห็ดเพื่อลดปัญหาการเกิดสีน้ำตาล หรือสีม่วงในเห็ดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจาก *Pseudomonas tolaasii* (Guthrie and Beelman. 1989 ; Rainey *et al.* 1992) โดยการใช้คลอรีนในการล้างไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ (Beelman *et al.* 1989 ; Sapers *et al.* 1994 ; Choi and Sapers. 1994) ประสิทธิภาพของ H_2O_2 ขึ้นกับความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (lethality) ของ H_2O_2 และการเกิดฟองออกซิเจนจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์คะตะเลส (catalase) และ H_2O_2 ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการชะล้างดินและแบคทีเรียออกจากผิวของเห็ด Sapers and Simmon (1998) เปรียบเทียบสารละลาย H_2O_2 5 % กับสารละลายคลอรีน 50 ppm ในการล้างแคนตาลูป 2 นาที พบว่า H_2O_2 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 14 วัน ขณะที่คลอรีนช่วยยืดอายุได้ 9 วัน ส่วนการล้างน้ำธรรมดามีอายุการเก็บรักษา 7 วัน (ตารางที่ 2.6)

ข้อดีของการใช้ H_2O_2 มีดังนี้คือ

1) ใช้ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

2) ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด

3) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูง ใช้ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ก็สามารถทำลายเชื้อได้

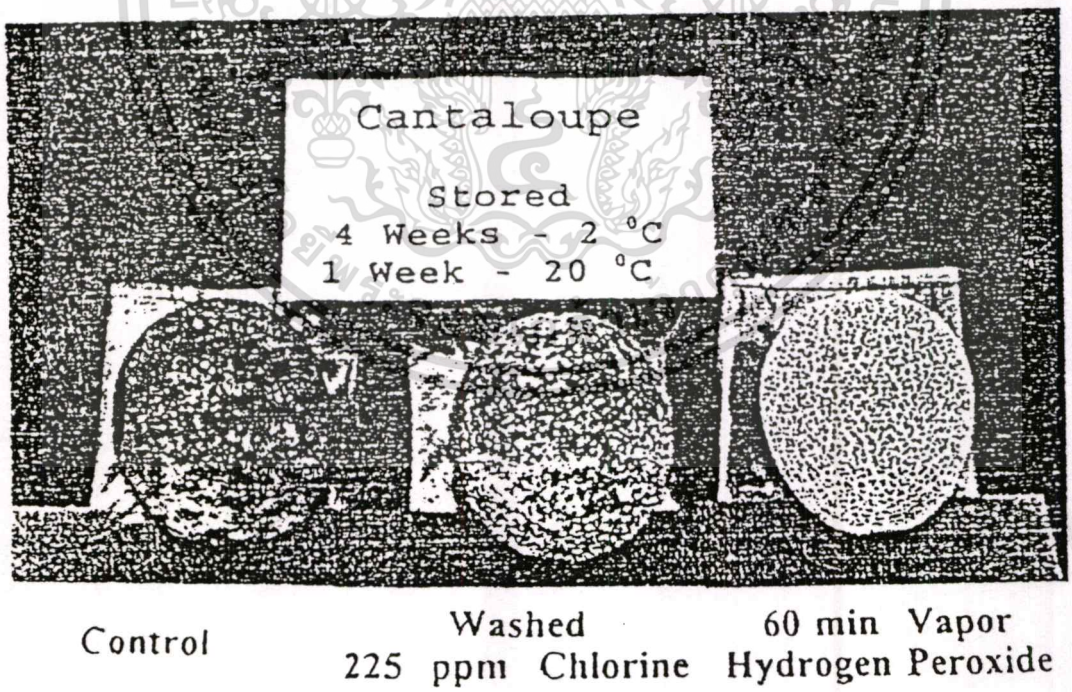
4) ความเข้มข้นที่ใช้ค่อนข้างต่ำ จึงไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร

5) ไม่มีผลตกค้าง เนื่องจากจะสลายตัวไปโดยการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์คะตะเลส

6) ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ทางการค้า

7) มีผลต่อทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย

ส่วนข้อเสียของ H_2O_2 คือการใช้ที่ความเข้มข้นสูง ๆ และเวลานาน ๆ จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสี รส และคุณค่าทางอาหารได้ เช่น เห็ดเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น สตรอเบอรี่ และราสเบอรี่สีซีดลง



ภาพที่ 2.12 แสดง Control of decay in cantaloupe by H_2O_2 vapor treatment

ที่มา : Simmons (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดง Shelf-life extension of fresh-cut products by hydrogen peroxide VS chlorine

Sample	Treatment	No. of days at 4°C	
		Onset of spoilage[c]	Advanced spoilage
Zucchini cross-cuts[a]	None	7	8
	200 ppm Cl_2 for 2 min	7	8
	5% H_2O_2 for 2 min	8	11
Cantaloupe cubes[b]	None	7	11
	50 ppm Cl_2 for 2 min	9	11
	5% H_2O_2 for 2 min	14	>15

[a]Treated prior to slicing
[b]Whole melons sanitized in 200 ppm of Cl_2 before cutting; cubes treated after cutting, then rinsed in H_2O
[c]Small colonies of wet spots
[d]Colonies, mold, liquifaction, off-odor

ที่มา : Sapers and Simmons (1998)

2.5.4 เอธิลีนและการใช้สารดูดซับเอธิลีน

เอธิลีนเป็นฮอร์โมนสำคัญที่พืชสังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต การสุกและการเสื่อมเน่าเสียของผักผลไม้ การสังเคราะห์เอธิลีนแสดงดังภาพที่ 2.13 และภาพที่ 2.14 การสังเคราะห์ เอธิลีนเริ่มจาก methionine (MET) เปลี่ยนรูปเป็น S-adenosylmethionine (SAM) และเปลี่ยนเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยเอนไซม์ ACC synthase ซึ่งถูกกระตุ้นโดยการสุก การเกิดบาดแผล และการเกิด chilling injury เป็นต้น จากนั้น ACC จะถูกเปลี่ยนเป็นเอธิลีนโดยอาศัยออกซิเจนและ ethylene-forming enzyme (EFE) ซึ่งการสุกจะส่งเสริม EFE ส่วนภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ การมี Co^{2+} และอุณหภูมิที่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส จะยับยั้ง EFE และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ กับผลิตผลแต่ละชนิดต่างกันไป ผลิตผลแต่ละชนิดจะผลิตเอธิลีนในอัตราที่ต่างกัน (ตารางที่ 2.7) เอธิลีนความเข้มข้นเพียง 0.1 ppm ที่สะสมในระหว่างการเก็บรักษาผักและผลไม้สดสามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) เร่งอัตราการหายใจของผักผลไม้สด ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง

2) เร่งความสุกและความเสื่อมเน่าเสีย เช่นในกล้วย สับปะรด มะเขือเทศ แอปเปิล มะม่วง มะละกอ (Harvey. 1925 ; 1928)

Gull (1981) รายงานว่ามีการใช้เอธิลีน 100 ppm 24-48 ชั่วโมง กับมะเขือเทศที่ยังไม่สุกเต็มที่ ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 %

Redit (1969) รายงานว่าเอธิลีน 10 ppm สามารถทำให้ผลแคนตาลูปสุกได้แต่ในทางการค้าจะใช้เอธิลีนถึง 1000 ppm นาน 18-24 ชั่วโมง

3) เร่งการสูญเสียคลอโรฟิลล์(chlorophyll) ของพืช พบมากในกรณีของส้มชนิดต่าง ๆ (ยกเว้นมะนาว)และกะหล่ำปลี การใช้เอธิลีนในการสลายคลอโรฟิลล์ในส้มทำโดยใช้เอธิลีน 1-5 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-96 % (Wardowski and McCornack. 1979)

Hicks *et al.* (1982) พบว่าเอธิลีน 5 ppm ทำให้สีเขียวของกะหล่ำปลีซีดลง ส่วนปริมาณกรดมาลิคจะเพิ่มขึ้น

4) เร่งการร่วงของใบ (abscission) เอธิลีน 10 ppm ทำให้เกิดการร่วงของใบกะหล่ำ (Pendergrass *et al.* 1976 ; Wang. 1985)

5) เร่งการสังเคราะห์เอธิลีน (autocatalyse) ทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและกระตุ้นการตอบสนองของเซลล์พืชต่อเอธิลีนให้รุนแรงขึ้น

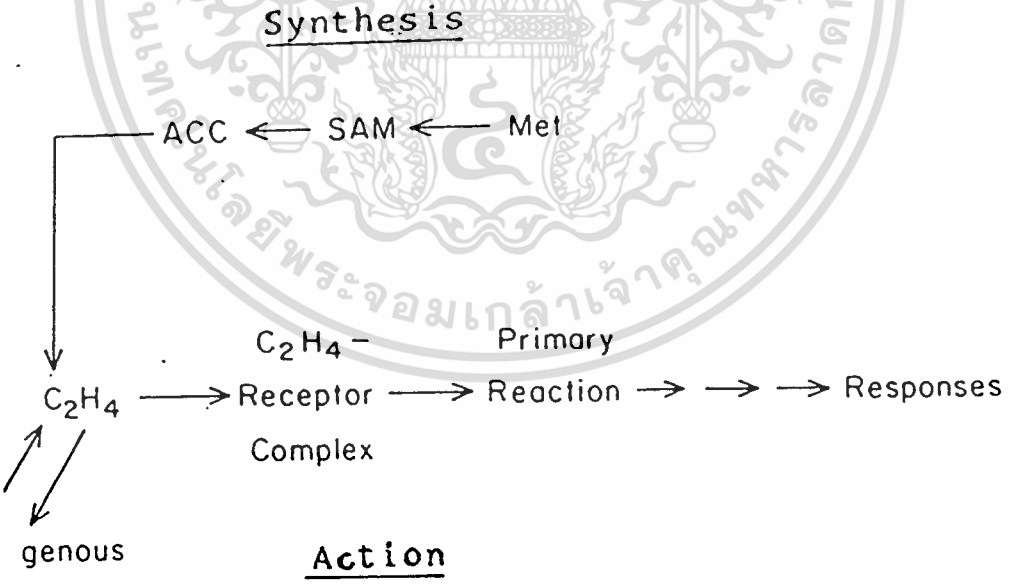
6) ทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีระ (physiological disorders) ของผักและผลไม้ เช่น

- การเพิ่มปริมาณเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งทำให้เนื้อเหนียวขึ้น (Haard *et al.* 1974)

- ความเข้มข้นของเอธิลีนเพียง 1 ppm ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลแดงหรือสีสนิมเหล็กบนใบผักกาดหอม โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสจะเกิดรวดเร็วมาก ลักษณะดังกล่าวเรียกว่า brown spot หรือ russet spot (Rood. 1956)

- เอธิลีนเพียง 1 ppm ทำให้เกิดรสขมในแครอท เนื่องจากเกิดสารประกอบ isocoumarin (Ells. 1958 ; Carlton *et al.* 1961)

- เกิดเม็ดแป้งภายในเนื้อกีวี (Arpaia *et al.* 1985)



ภาพที่2.13 แสดงการสังเคราะห์เอธิลีนและการทำงานของเอธิลีน

ที่มา : Yang (1985)

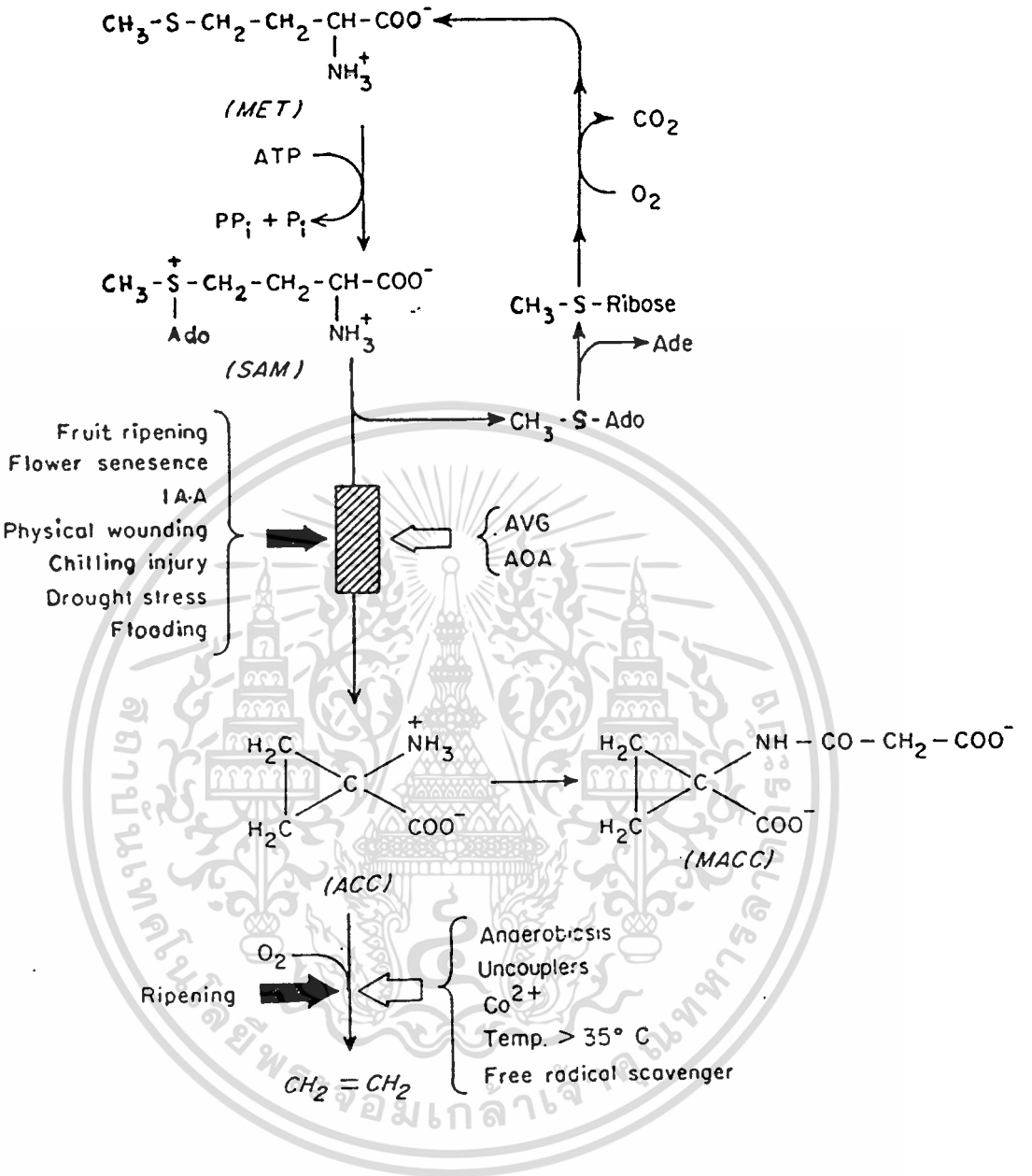
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ทำให้ผลอ่อนนิ่ม เพิ่มรสหวาน และเกิดการสลายแทนนิน (tannin) จากรายงานของ Poenicke *et al.* (1977) พบว่าเอธิลีนในช่วง 0.5 ppm ที่ 29-31 องศาเซลเซียสมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแตงกวาทำให้เนื้อแข็ง (hardness) เหนียว (chewiness) ยิ่งขึ้น ส่วนกรณีที่เอธิลีน 0.5 ppm ขึ้นไปจะทำให้ความแข็งและเหนียวลดลง

8) ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Watada *et al.* (1976) พบว่าการใช้เอธิลีน 8000 ppm นาน 24 ชั่วโมง กับมะเขือเทศ ช่วยให้มะเขือเทศสุก และมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น 16 % แต่ไม่มีผลต่อปริมาณ B-carotene

9) การเกิด chilling injury เช่น กรณีของแคนตาลูปจะไวต่อการเกิด chilling injury เมื่อได้รับ เอธิลีน 1000 ppm นาน 18 ชั่วโมงที่ 20 องศาเซลเซียส (Lipton and Mackley. 1984) แต่เอธิลีนไม่มีผลกับความไวต่อ chilling injury ในมะเขือเทศ (Mazano-Mendez *et al.* 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์เอธิลีน

ที่มา : Yang (1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงการแบ่งกลุ่มของผลไม้ตามปริมาณการผลิตเอธิลีน

Ethylene production rate (μL/kg-hr at 20°C)	Fruits
Very low: 0.01-0.1	Cherry, citrus, grape, pomegranate, strawberry
Low: 0.1-1.0	Blueberry, Kiwifruit, peppers, persimmon, pineapple, raspberry
Moderate: 1.0-10.0	Banana, fig, honeydew melons, mango, tomato
High: 10.0-100.0	Apple, apricot, avocado, cantaloupe, nectarine, papaya, peach, pear, plum
Very high: >100.0	Cherimoya, mamey apple, passion fruit, sapote

ที่มา : Kader (1980)

โดยทั่วไปเอธิลีนเพียงเล็กน้อยสามารถกระตุ้นให้ผักผลไม้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองได้ เช่น เร่งการสุกของผลไม้ ตารางที่ 2.8 แสดงความเข้มข้นต่ำสุดของเอธิลีนที่สามารถเร่งการสุกของผลไม้ชนิดต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นต่ำสุดของเอธิลีนที่จำเป็นนั้นมีค่าต่ำมากและแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของผักผลไม้

ตารางที่ 2.8 แสดงความเข้มข้นต่ำสุดของเอธิลีนที่สามารถเร่งการสุกของผลไม้สดบางชนิด

Commodity	Minimum C_2H_4 concentration (ppm)
Avocado	0.1
Banana	0.1-1.0
Cantaloupe	0.1-1.0
Melon	0.3-1.0
Mango	0.04-0.4
Orange	0.1
Tomato	0.5

ที่มา : Reid (1985)

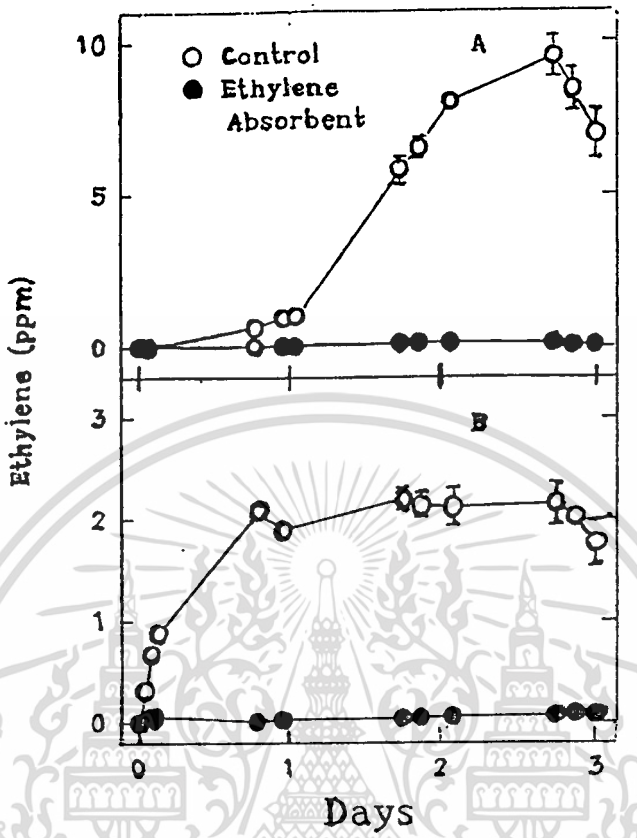
การทำงานของเอธิลีนสามารถยับยั้งโดย MAP เนื่องจากสภาพ MAP มีปริมาณออกซิเจนต่ำซึ่งออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตเอธิลีนและในการที่เอธิลีนจะจับกับ receptor เพื่อให้ทำงานได้ (Abeles. 1973 ; Burg and Burg. 1967 ; 1969) ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงจนถึง 1 % ทำให้อัตราการผลิตเอธิลีนลดต่ำลง ออกซิเจนลดลงถึง 0 % ทำให้ตรวจไม่พบการผลิตเอธิลีน ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 4 % ขึ้นไปจะช่วยลดการทำงานของเอธิลีน (Kader. 1986) ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาผักผลไม้สดภายใต้ MAP ที่มีออกซิเจนน้อย ๆ และคาร์บอนไดออกไซด์มาก ๆ การสังเคราะห์เอธิลีน ของพืชจะถูกชะลอเท่านั้นไม่ได้ถูกยับยั้ง ดังนั้นเอธิลีนที่ผักและผลไม้สดยังสังเคราะห์ได้บ้างอาจจะสะสมภายในบรรยากาศรอบ ๆ จนกระทั่งมีความเข้มข้นสูงพอที่จะเร่งการสุกของผลไม้ได้ การควบคุมความเข้มข้นของเอธิลีนใน MAP จึงเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผักผลไม้สด โดยเฉพาะผลไม้ประเภท climacteric เช่น กล้วย มะม่วง แอปเปิล อะโวกาโด เป็นต้น

การเก็บรักษาผักผลไม้สดโดย MAP นิยมใช้ฟิล์มพลาสติกทำเป็นภาชนะบรรจุ ซึ่งฟิล์มที่มีการใช้มาก เช่น LDPE และ PVC ฟิล์มเหล่านี้มักยอมให้เอธิลีนซึมผ่านได้น้อย (Smith *et al.* 1987 ; Watada *et al.* 1990) จึงต้องมีการใช้สารเคมีที่สามารถดูดกลืนเอธิลีนได้ (ethylene absorbent) มาช่วยควบคุมความเข้มข้นของเอธิลีนใน MAP (Kanellis *et al.* 1989 ; Labuza and Breene. 1989 ; Nakhasi *et al.* 1991) ตัวอย่างสารดูดกลืนเอธิลีนที่ได้มีการนำมาใช้งานในระดับ อุตสาหกรรมแล้ว เช่น green pack ซึ่งผลิตโดยบริษัท The Rengo Co. ประเทศญี่ปุ่น มีลักษณะเป็นเม็ดของซิลิกาเจล (silica gel) ห่อหุ้มโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (potassium permanganate, $KMnO_4$) ไว้ข้างใน เอธิลีนจะถูกซิลิกาเจลดูดกลืนไว้ก่อนแล้วถูก oxidize ด้วย $KMnO_4$ ได้ alcoholacetate นอกจากนี้บริษัท Derck Rowlands Technology Transfer ได้ผลิตฟิล์มที่สามารถดูดเอธิลีนได้ โดยในระหว่างกระบวนการลามิเนชัน (lamination) หรือโคเอกซ์ทรูชัน (co-extrusion) ฟิล์มพลาสติกนี้จะมีการเติมซิลิกาไดออกไซด์ (silicadioxide) เรียกชื่อทางการค้าว่า BC Powder ประมาณ 5 % โดยน้ำหนักลงไปด้วย ซิลิกาไดออกไซด์จะดูดกลืนเอธิลีนไว้ได้ นอกจากนี้มีผู้ทำการศึกษาการนำสารดูดกลืนมาใช้โดย Abe and Watada (1991) ศึกษาการใช้ palladium chloride เป็นสารดูดซับเอธิลีนพบว่าสามารถดูดซับเอธิลีนจากผลกีวีและกล้วยได้หมด ช่วยรักษาเนื้อสัมผัสและช่วยให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ดังภาพที่ 2.15 , 2.16 และ2.17 เช่นเดียวกับ Scott *et al.* (1970) นำ $KMnO_4$ มาเป็นสารดูดซับเอธิลีนในกล้วย พบว่าสามรถช่วยยืดระยะการสุกของกล้วยได้

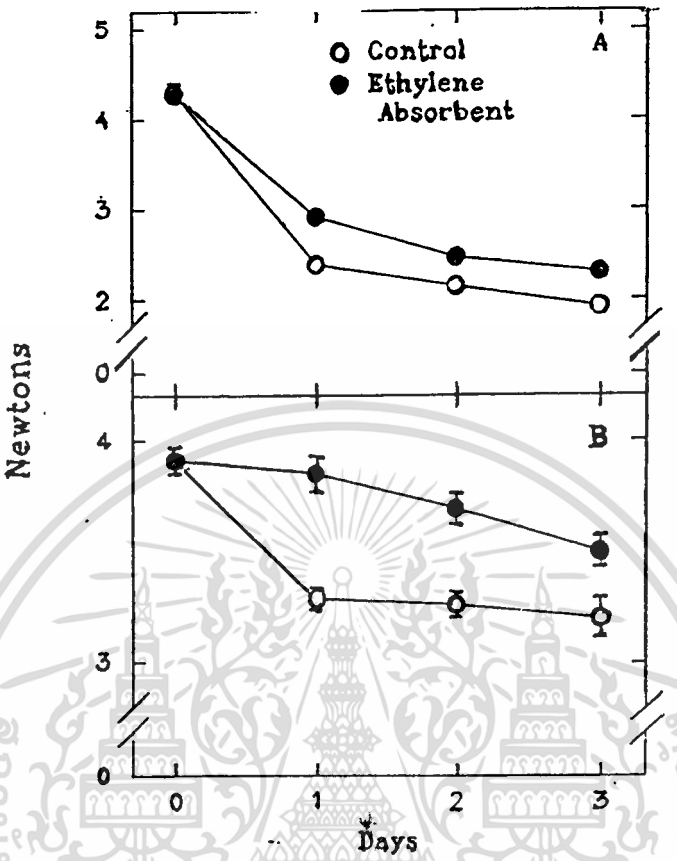
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.15 แสดง Ethylene concentration in trays with or without ethylene absorbent (charcoal with palladium chloride) containing (A) kiwifruit slices and (B) banana sections held at 20 °C

ที่มา : Abe and Watada (1991)

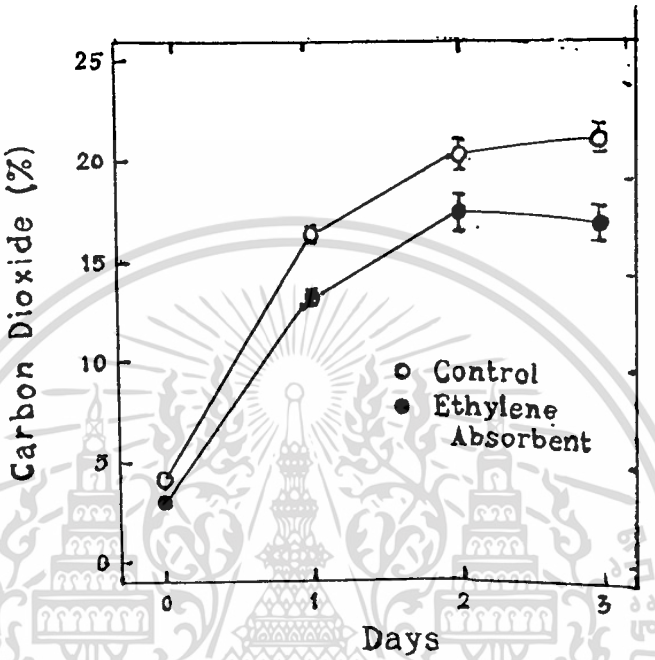
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 แสดง Firmness of (A) pulp of kiwifruit slices and (B) banana sections stores with or without ethylene absorbent (charcoal with palladium chloride) and held at 20 °C

ที่มา : Abe and Watada (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 แสดง Carbondioxide concentration in kiwifruit slices and banana sections trays with and without ethylene absorbent. Trays held at 20 °C

ที่มา : Abe and Watada (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 สลัดผัก

ได้แก่ แตงกวา มะเขือเทศ กะหล่ำปลี แครอท และผักกาดหอม

3.1.2 ถุงพลาสติก

ถุงพลาสติกชนิดLDPE ความหนา 0.08 0.12 และ 0.24 มม.

3.1.3 ก๊าซที่ใช้ในการวิเคราะห์ GC

ได้แก่ He , N_2 , Air , H_2 , CO_2 , C_2H_4

3.1.4 สารเคมีในการล้างผัก

H_2O_2 ความเข้มข้น 4 , 5 , 6 %

NaOCl ความเข้มข้น 30 , 40 , 50 ppm

3.1.5 สารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

peptone 0.1 %

plate count agar (PCA)

3.1.6 วัตถุดิบในการเตรียมสารดูดซับเอธิลีน

$KMnO_4$ ความเข้มข้น 1 , 2 , 3 , 4 %

แท่งชอล์ก โกร่งบดยา ถุงกระดาษสา

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

3.2.1 มีด

3.2.2 กะละมัง

3.2.3 เขียง

3.2.4 ขวดแก้ววัดอัตราการหายใจ ขนาด 1.5 ลิตร

3.2.5 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ

3.2.6 เครื่องปิดผนึกถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.3.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก Mettler A E 240

3.3.2 syringe

3.3.3 เครื่อง GC

วิเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ Delsi GC-11

วิเคราะห์เอธิลีน Shimadzu GC-8A

3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

3.4.1 หม้อนึ่งความดัน (autoclave) Tomy SS-320

3.4.2 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) Jouan

3.4.3 ตู้บ่มเชื้อ Memmert 600

3.4.4 เครื่องตีป่น (stomacher)

3.4.5 hot plate

3.4.6 ช้อนตักสาร

3.4.7 ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1000 ml.

3.4.8 กระบอกตวง

ขนาด 10 ml.

ขนาด 500 ml.

3.4.9 บีกเกอร์

ขนาด 250 ml.

ขนาด 1000 ml.

3.4.10 แท่งแก้ว

3.4.11 ขวดใส่น้ำยาสำหรับเจือจาง

3.4.12 หลอดทดลอง

3.4.13 ลูกยาง

3.4.14 ปิเปต

ขนาด 1 ml.

ขนาด 10 ml.

3.4.15 สำลี

3.4.16 ขวดใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.17 จานเพาะเชื้อ

3.4.18 ขวดสเปรย์แอลกอฮอล์

3.4.19 ขวดใส่แอลกอฮอล์

3.4.20 กรรไกร

3.4.21 ปากคีบ

3.4.22 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.4.23 กระบอกน้ำกลั่น

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6 วิธีการทดลอง

3.6.1 การศึกษาผลของขนาดชิ้นผักที่มีต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน

ล้างผักสดที่ใช้ด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง สะเด็ดน้ำแล้วผึ่งให้แห้ง เตรียมผักแต่ละชนิดดังนี้คือ

ผักกาดหอม หั่นตามขวางขนาดต่าง ๆ ดังนี้คือ ไม่หั่น , 5 , 10 , 20 และ 30 มม.

มะเขือเทศ หั่นตามขวางขนาดต่าง ๆ ดังนี้คือ ไม่หั่น , 1 , 2 , 3 และ 4 มม.

แตงกวาไม่ปอกเปลือก หั่นตามขวางขนาดต่าง ๆ ดังนี้คือ ไม่หั่น , 1 , 2 , 3 และ 4 มม.

แครอท หั่นเป็นเส้นขนาดต่าง ๆ ดังนี้คือ ไม่หั่น , 0.5 , 1 , 2 และ 3 มม.

กะหล่ำปลี หั่นเป็นเส้นขนาดต่าง ๆ ดังนี้คือ ไม่หั่น , 1 , 2 , 3 และ 4 มม.

นำผักชนิดละ 1 ผลใส่ในขวดแก้วเก็บที่ 12 $^{\circ}$C นาน 24 ชั่วโมง ใช้ syringe ขนาด 20 ml. และ gas tight syringe ขนาด 1 ml. ดึงตัวอย่างกาซในถุงไปวัดอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอธิลีนตามลำดับ (ภาคผนวก ก)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(CRD) โดยมีปัจจัยเป็นขนาดชิ้นผัก ซึ่งมี 5 ระดับ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan 's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การศึกษาผลของความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษา

หั่นผักแต่ละชนิดตามขนาดที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1 ชั่งผักกาดหอม 60 กรัม มะเขือเทศ 50 กรัม แตงกวา 65 กรัม แครอท 70 กรัม และกะหล่ำปลี 55 กรัม บรรจุรวมในถุง PE ซึ่งมีความหนา 0.08 , 0.12 และ 0.24 มม. ปิดผนึกเก็บที่ 12 $^{\circ}C$

3.6.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณกาซ CO_2 และ C_2H_4

วิเคราะห์ปริมาณ CO_2 และ C_2H_4 ภายในถุงที่เวลาต่าง ๆ คือ 24 , 48 , 72 , 96 และ 120 ชม.

3.6.2.2 การวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของกาซ CO_2 และ C_2H_4

วิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของกาซ CO_2 และ C_2H_4 (ภาคผนวก ข)

3.6.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบผักในวันที่ 3 และ 6 โดยผู้ทดสอบ 15 ท่าน ให้คะแนนความชอบในช่วง 1-9 ในเรื่อง สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ (ภาคผนวก ค)

3.6.2.4 การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (weigh loss)

วิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของผักแต่ละถุงในวันที่ 3 และ 6 (ภาคผนวก ง)

3.6.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักในวันที่ 0 , 3 และ 6 (ภาคผนวก จ)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีปัจจัยเป็นความหนาของถุงพลาสติกซึ่งมี 3 ระดับ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan ' s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.6.3 การศึกษาระดับการใช้ H_2O_2 และ NaOCl ในการล้างสลัดผัก

นำผักสดที่ใช้ทั้ง 5 ชนิดมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาคผนวก จ) ของผักสดที่ไม่ผ่านการล้าง

และนำผักสดอีกส่วนมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาคผนวก จ)

3.6.3.1 H_2O_2

ผักส่วนหนึ่งนำมาแช่ในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0 , 4 , 5 และ 6 % นาน 2 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาคผนวก จ) หั่นผักต่าง ๆ ที่ผ่านการแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วบรรจุรวมในถุง PE หนา 0.12 มม. เก็บตัวอย่างผักไปวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาคผนวก จ) ในวันที่ 0 , 3 , 5 , 7 , 8 , 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.2 NaOCl

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.3.1 โดยใช้ NaOCl ความเข้มข้น 0 , 30 , 40 และ 50 ppm นาน 30 นาที

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีปัจจัยเป็นความเข้มข้นของ H_2O_2 และ NaOCl ซึ่งมี 4 ระดับ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan ' s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.6.4 การศึกษาระดับการใช้ $KMnO_4$ ในการเป็นสารดูดซับ C_2H_4 ภายในถุง

แช่ผักโดยใช้ H_2O_2 5 % นาน 2 นาที หั่นผักตามขนาดที่เหมาะสม (จากข้อ 3.6.1) บรรจุรวมในถุง PE หนา 0.12 มม. โดยบรรจุถุงกระดาษสาซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้น 0 , 1 , 2 , 3 และ 4 % (ภาคผนวก ช)

3.6.4.1 ดึงตัวอย่างกาซไปวิเคราะห์ปริมาณกาซ C_2H_4 ภายในถุงที่เวลาต่าง ๆ คือ 0 , 1 , 24 , 48 , 96 และ 168 ชั่วโมง (ภาคผนวก ก)

3.6.4.2 ทดสอบผักทางประสาทสัมผัสในวันที่ 3 , 5 , 7 และ 8 โดยผู้ทดสอบจำนวน 15 ท่าน ให้คะแนนความชอบในช่วง 1-9 ในเรื่อง สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ (ภาคผนวก ค)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีปัจจัยเป็นความเข้มข้นของ $KMnO_4$ ซึ่งมี 5 ระดับ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan ' s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของขนาดชิ้นผักต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน

การหั่นผักเป็นขนาดชิ้นต่าง ๆ กันจะมีผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.5

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่อุณหภูมิ 12 °C ของผักกาดหอมขนาดชิ้นต่างกัน

ขนาดชิ้น mm	อัตราการหายใจ mg CO_2/kg/hr	อัตราการผลิตเอธิลีน µl C_2H_4/kg/hr
ไม่หั่น	19.71 ± 0.27^a	0.02 ± 0.01^a
30	38.95 ± 0.29^b	0.07 ± 0.01^b
20	51.31 ± 0.31^c	0.09 ± 0.00^c
10	66.69 ± 0.24^d	0.12 ± 0.02^d
5	93.37 ± 0.30^e	0.14 ± 0.01^e

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผักกาดหอมมีอัตราการหายใจ 19.71 mg CO_2/kg/hr และ อัตราการผลิตเอธิลีน 0.02 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 12 °C อัตราการหายใจของผักกาดหอมที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นผักที่เล็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าขนาดชิ้นผักที่ใหญ่ ผักที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจต่ำสุด ส่วนอัตราการผลิตเอธิลีนของผักกาดหอมที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นผักที่เล็กจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงกว่าขนาดชิ้นผักที่ใหญ่ ผักที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนต่ำสุด นั่นคือขนาดชิ้นผักมีผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน การหั่นตัดผักจะทำให้เกิดความชอกช้ำและบาดแผลทำให้ผักมีอัตราการหายใจสูงซึ่งจะทำให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย Kader (1986) พบว่าผักกาดหอมไม่หั่นมีอัตราการหายใจ 10 mg CO_2/kg/hr ที่ 5 °C นอกจากนั้น Robinson *et al.* (1975) รายงานว่าผักกาดหอมไม่หั่นมีอัตราการหายใจ 16.86 mg CO_2/kg/hr ที่ 10 °C Ballantyne *et al.* (1988) พบว่าผักกาดหอมที่ผ่านการหั่นมีอัตราการผลิตเอธิลีน 0.04 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 5 °C จากผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองที่ได้จึงควรหั่นผักกาดหอมขนาด 30 มม. เพื่อใช้เตรียมทำสลัดผัก โดยพิจารณาจากความเหมาะสมเมื่อนำเมื่อนำไปบรรจุในถุงพลาสติก และเป็นขนาดที่มีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่ต่ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่อุณหภูมิ 12 °C ของมะเขือเทศขนาดชิ้นต่างกัน

ขนาดชิ้น mm	อัตราการหายใจ mg CO_2/kg/hr	อัตราการผลิตเอธิลีน µl C_2H_4/kg/hr
ไม่หั่น	19.90 ± 0.22^a	0.15 ± 0.02^a
4	29.16 ± 0.25^b	0.21 ± 0.01^b
3	57.66 ± 0.21^c	0.23 ± 0.02^c
2	69.39 ± 0.29^d	0.26 ± 0.00^d
1	90.57 ± 0.30^e	0.28 ± 0.01^e

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.2 พบว่ามะเขือเทศมีอัตราการหายใจ 19.90 mg CO_2/kg/hr และอัตราการผลิตเอธิลีน 0.15 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 12 °C อัตราการหายใจของมะเขือเทศที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นมะเขือเทศที่เล็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าขนาดชิ้นใหญ่ มะเขือเทศที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจต่ำสุด ส่วนอัตราการผลิตเอธิลีนของมะเขือเทศที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นผักที่เล็กจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงกว่าขนาดชิ้นผักที่ใหญ่ ผักที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนต่ำสุด นั่นคือขนาดชิ้นผักมีผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของมะเขือเทศ การหั่นตัดมะเขือเทศจะทำให้เกิดความชอกช้ำและบาดแผลทำให้มะเขือเทศมีอัตราการหายใจสูงซึ่งจะทำให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นควรหั่นมะเขือเทศขนาด 4 มม. เพื่อใช้ทำสลัดผัก Kader (1986) รายงานว่ามะเขือเทศไม่หั่นมีอัตราการหายใจ 11.16 mg CO_2/kg/hr ที่ 5 °C นอกจากนั้น Yang (1985) พบว่ามะเขือเทศมีอัตราการผลิตเอธิลีน 0.15 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 10 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่อุณหภูมิ 12 °C ของแตงกวาขนาดชิ้นต่างกัน

ขนาดชิ้น mm	อัตราการหายใจ mg CO_2/kg/hr	อัตราการผลิตเอธิลีน µl C_2H_4/kg/hr
ไม่หั่น	15.91 ± 0.31^a	0.04 ± 0.00^a
4	23.75 ± 0.25^b	0.09 ± 0.01^b
3	48.93 ± 0.30^c	0.11 ± 0.00^c
2	63.61 ± 0.34^d	0.13 ± 0.03^d
1	81.90 ± 0.27^e	0.15 ± 0.02^e

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.3 พบว่าแตงกวามีอัตราการหายใจ 15.91 mg CO_2/kg/hr และ อัตราการผลิตเอธิลีน 0.04 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 12 °C อัตราการหายใจของแตงกวาที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นแตงกวาที่เล็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าขนาดชิ้นใหญ่ แตงกวาที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจต่ำสุด ส่วนอัตราการผลิตเอธิลีนของแตงกวาที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นแตงกวาที่เล็กจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงกว่าขนาดชิ้นแตงกวาที่ใหญ่ แตงกวาที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนต่ำสุด นั่นคือขนาดชิ้นมีผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของแตงกวา การหั่นตัดแตงกวาจะทำให้เกิดความชอกช้าและบาดแผลทำให้แตงกวามีอัตราการหายใจสูงซึ่งจะทำให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นควรหั่นแตงกวาขนาด 4 มม. เพื่อใช้ทำสลัดผัก Kader (1986) รายงานว่าแตงกวามีอัตราการผลิตเอธิลีน 0.4 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 20 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่อุณหภูมิ 12 °C ของแครอทขนาดชิ้นแตกต่างกัน

ขนาดชิ้น mm	อัตราการหายใจ mg CO_2/kg/hr	อัตราการผลิตเอธิลีน µl C_2H_4/kg/hr
ไม่หั่น	15.20 ± 0.31^a	0.02 ± 0.00^a
3	20.18 ± 0.33^b	0.06 ± 0.01^b
2	35.15 ± 0.31^c	0.07 ± 0.01^b
1	46.25 ± 0.29^d	0.09 ± 0.02^c
0.5	61.09 ± 0.30^e	0.11 ± 0.01^d

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.4 พบว่าแครอทมีอัตราการหายใจ 15.20 mg CO_2/kg/hr และ อัตราการผลิตเอธิลีน 0.02 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 12 °C อัตราการหายใจของแครอทที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นแครอทที่เล็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าขนาดชิ้นใหญ่ แครอทที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจต่ำสุด ส่วนอัตราการผลิตเอธิลีนของแครอทที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นแครอทที่เล็กจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงกว่าขนาดชิ้นแครอทที่ใหญ่ แครอทที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนต่ำสุด นั่นคือขนาดชิ้นมีผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของแครอท การหั่นตัดแครอทจะทำให้เกิดความชอกช้ำและบาดแผลทำให้แครอทมีอัตราการหายใจสูง ซึ่งอัตราการหายใจสูงจะเร่งให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นในการทำสลัดผักควรหั่นแครอทขนาด 2 มม. โดยพิจารณาจากความเหมาะสมเมื่อนำเมื่อนำไปบรรจุในถุงพลาสติกและเป็นขนาดที่มีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอธิลีนที่ไม่สูงมากจนเกินไป และมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายทั่วไปคือ 1 มม. McLachlan and Stark (1985) พบว่าแครอทที่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจ 65 mg CO_2/kg/hr ที่ 10 °C ส่วนแครอทที่ไม่ผ่านการหั่นมีอัตราการหายใจเพียง 12 mg CO_2/kg/hr ที่ 10 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนที่อุณหภูมิ 12 °C ของกะหล่ำปลีขนาดชิ้นแตกต่างกัน

ขนาดชิ้น mm	อัตราการหายใจ mg CO_2/kg/hr	อัตราการผลิตเอธิลีน µl C_2H_4/kg/hr
ไม่หั่น	21.38 ± 0.35^a	0.04 ± 0.00^a
4	38.96 ± 0.28^b	0.09 ± 0.02^b
3	59.62 ± 0.32^c	0.10 ± 0.00^b
2	76.41 ± 0.34^d	0.12 ± 0.01^c
1	98.25 ± 0.31^e	0.14 ± 0.02^d

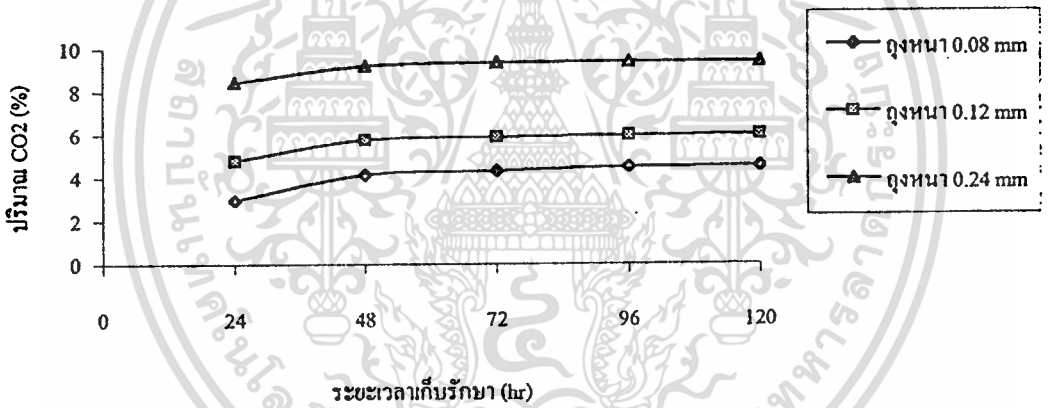
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.5 พบว่ากะหล่ำปลีมีอัตราการหายใจ 21.38 mg CO_2/kg/hr และ อัตราการผลิตเอธิลีน 0.04 µl C_2H_4 /kg/hr ที่ 12 °C อัตราการหายใจของกะหล่ำปลีที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นของกะหล่ำปลีที่เล็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าขนาดชิ้นใหญ่ กะหล่ำปลีที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจต่ำสุด ส่วนอัตราการผลิตเอธิลีนของกะหล่ำปลีที่ขนาดแตกต่างกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยขนาดชิ้นกะหล่ำปลีที่เล็กจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงกว่าขนาดชิ้นกะหล่ำปลีที่ใหญ่ กะหล่ำปลีที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการผลิตเอธิลีนต่ำสุด นั่นคือขนาดชิ้นผักมีผลต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนของกะหล่ำปลี การหั่นตัดกะหล่ำปลีจะทำให้เกิดความชอกช้ำและบาดแผลทำให้กะหล่ำปลีมีอัตราการหายใจสูง ซึ่งอัตราการหายใจสูงจะเร่งให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นในการทำสลัดผักควรหั่นกะหล่ำปลีขนาด 3 มม. โดยพิจารณาจากความเหมาะสมเมื่อนำเมื่อนำไปบรรจุในถุงพลาสติกและเป็นขนาดที่มีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอธิลีนที่ไม่สูงมากจนเกินไป และมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายทั่วไปคือ 2 มม. Kader (1986) พบว่ากะหล่ำปลีที่ไม่ผ่านการหั่นจะมีอัตราการหายใจ 20 mg CO_2/kg/hr ที่ 10 °C ส่วน Kader *et al.* (1985) ศึกษาพบว่ากะหล่ำปลีมีอัตราการผลิตเอธิลีน 0.1 µl C_2H_4/kg/hr ที่ 20 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาสลัดผัก

จากการศึกษาผลของขนาดชิ้นผักที่มีต่ออัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน พบว่าขนาดชิ้นผักที่เล็กจะมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้น ซึ่งทำให้ผักเสื่อมเสียได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง จากผลการทดลองที่ได้พบว่าในการเตรียมสลัดผักควรหั่นผักกาดหอมขนาด 30 มม. มะเขือเทศ 4 มม. แตงกวา 4 มม. แครอท 2 มม. และกะหล่ำปลี 3 มม. ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายทั่วไปและมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีนต่ำ ดังนั้นจึงใช้ขนาดของชิ้นผักดังกล่าวในการเตรียมทำสลัดผัก บรรจุรวมในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีน (PE) เพื่อทำการศึกษาผลของความหนาของถุงพลาสติกที่มีต่ออายุการเก็บรักษา โดยใช้ถุงพลาสติก PE ขนาด 7 X 11 นิ้ว ที่มีความหนา 0.08 , 0.12 และ 0.24 มม. บรรจุสลัดผักเก็บที่ 12 °C และทำการศึกษาปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในถุงที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และตาราง ฌ1 (ภาคผนวก ฌ)

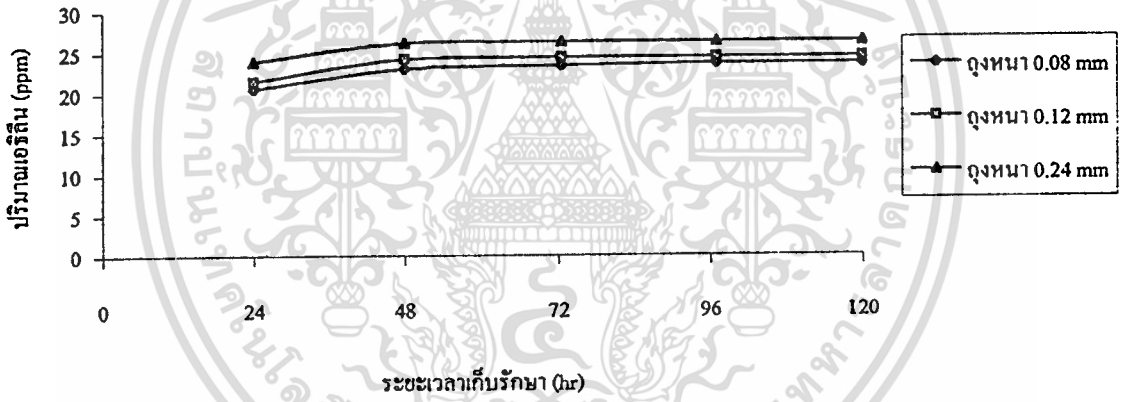


ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกัน

จากภาพที่ 4.1 พบว่าความหนาของถุงมีผลต่อปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในถุง กาซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของผักจะเกิดขึ้นและสะสมภายในถุงในปริมาณต่างกัน โดยความหนาของถุงมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของกาซ (permeability) โดยถุงหนา 0.24 มม. จะมีค่าการซึมผ่านของกาซน้อยกว่าถุงหนา 0.12 มม. และ 0.08 มม. ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจจึงสะสมในถุงหนา 0.24 > 0.12 > 0.08 มม. ตามลำดับ ปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มเข้าสู่สมดุลย์ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ถุงหนา 0.12 มม. มีปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์สมดุลย์ในช่วง 5.89-5.98 % ซึ่งเป็นบรรยากาศดัดแปลง (MAP) ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสลัดผักคือมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 5-6 % (Ballantyne *et al.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1988 ; Lee *et al.* 1996) ซึ่ง MAP ที่เหมาะสมจะช่วยลดอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน ช่วยรักษาคุณภาพของผัก และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักให้นานขึ้นได้ ส่วนถุงหนา 0.08 มม. ยอมให้มีการซึมผ่านของกาซมากไป (too permeable) ทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สมดุลย์เพียง 4.34 - 4.52 % และถุงหนา 0.24 มม. มีค่าการซึมผ่านของกาซน้อยไป (too impermeable) ทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ สะสมภายในถุงถึง 9.35 – 9.39 % ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินระดับความทนทานต่อคาร์บอนไดออกไซด์ของสลัดผัก (CO_2 tolerance linit) ซึ่งระดับความเข้มข้นสูงสุดของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สลัดผักสามารถทนได้คือ 9 % (Kader. 1986) ทำให้เกิดการบาดเจ็บจากคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 injury) ทำให้ผักมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน สูงขึ้น ซึ่งเอธิลีนจะมีผลต่อลักษณะทางคุณภาพของสลัดผัก เช่น สีของผักซีดจางลง เกิดรสขมในแครอท ลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป โดยเอธิลีนทำให้ความกรอบของผักลดลงผักอ่อนนิ่มมากขึ้น ส่วนปริมาณกาซเอธิลีนที่เกิดขึ้นในถุงที่หนาต่างกันแสดงดังภาพที่ 4.2 และตาราง ฌ2 (ภาคผนวก ฌ)



ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณเอธิลีนของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกัน

จากภาพที่ 4.2 พบว่าปริมาณกาซเอธิลีนที่เกิดภายในถุงความหนาต่าง ๆ จะให้ผลในทำนองเดียวกับกาซคาร์บอนไดออกไซด์ คือถุงหนา 0.24 มม. จะมีปริมาณเอธิลีนมากกว่าถุงหนา 0.12 และ 0.08 มม. ตามลำดับแต่ปริมาณเอธิลีนจะไม่แตกต่างกันมากเท่ากรณีของคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากถุง PE จะมีอัตราการซึมผ่านของกาซเอธิลีนน้อย โดยถุงหนา 0.08 มม. มีปริมาณเอธิลีนสมดุลย์ในช่วง 23.4 – 23.6 ppm ถุงหนา 0.12 มม. มีปริมาณเอธิลีนสมดุลย์ในช่วง 24.42 – 24.44 ppm และถุงหนา 0.24 มม. มีปริมาณเอธิลีนสมดุลย์ในช่วง 26.31 – 26.32 ppm จะเห็นได้ว่าปริมาณเอธิลีนที่เกิดขึ้นภายในถุงมีปริมาณค่อนข้างสูง โดยเอธิลีนเพียง 1 – 10 ppm ที่สะสมระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในผักได้ (Smith *et al.* 1987) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อลดปริมาณเอธิลีนที่เกิดขึ้นโดยการใช้สารดูดซับเอธิลีน ซึ่งจะทำการศึกษาในหัวข้อ 4.4

ถุงที่มีความหนาต่างกันจะมีอัตราการซึมผ่านของกาซแต่ละชนิดต่างกัน ดังตารางที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราการซึมผ่านของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงที่หนาต่างกันที่ 12 °C

ความหนา mm	อัตราการซึมผ่านของกาซ CO_2 mg /24 hr (12 °C)
0.08	0.34
0.12	0.3
0.24	0.21

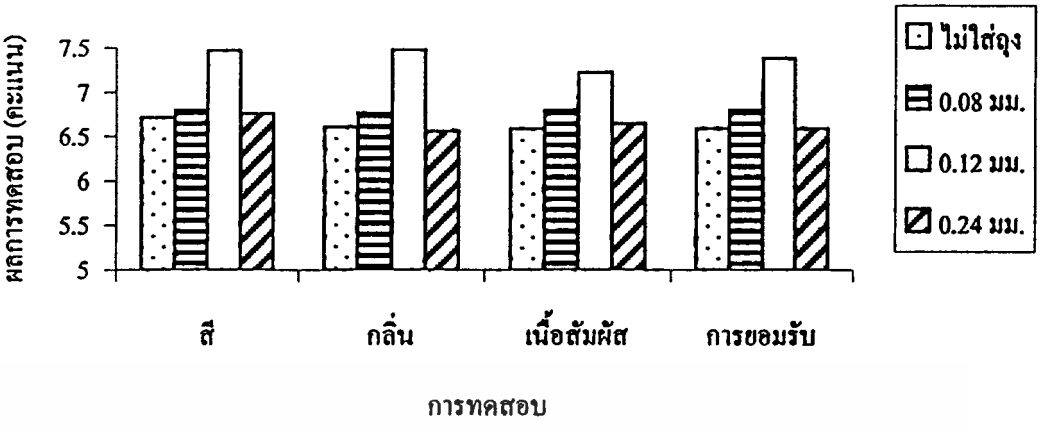
ตารางที่ 4.7 แสดงอัตราการซึมผ่านของกาซเอธิลีนในถุงที่หนาต่างกันที่ 12 °C

ความหนา mm	อัตราการซึมผ่านของกาซ C_2H_4 ppm /24 hr (12 °C)
0.08	0.7
0.12	0.6
0.24	0.4

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ถุงหนามีอัตราการซึมผ่านของกาซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าถุงบาง โดยความแตกต่างของอัตราการซึมผ่านของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงหนาต่างกันจะมากกว่ากาซเอธิลีน นั่นคือ คาร์บอนไดออกไซด์สามารถซึมผ่านถุง PE ได้ดีกว่าเอธิลีน สอดคล้องกับงานของ Ballantyne *et al.* (1988) ซึ่งกล่าวว่า กาซคาร์บอนไดออกไซด์จะซึมผ่านถุง PE ได้ดีกว่ากาซ ออกซิเจน และกาซเอธิลีน ตามลำดับ เอธิลีนมีการซึมผ่านถุง PE ได้น้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.7 เห็นได้ว่าอัตราการซึมผ่านของกาซเอธิลีนในถุงความหนาต่าง ๆ จะแตกต่างกันค่อนข้างน้อย ซึ่งใช้อธิบายผลของปริมาณเอธิลีนซึ่งแตกต่างกันน้อยในถุงที่หนาต่างกันในภาพที่ 4.2 ได้

จากการศึกษาข้างต้นพบว่าความหนาของถุงต่างกัน จะมีอัตราการซึมผ่านของกาซต่างกัน ทำให้มีปริมาณกาซสะสมภายในถุงต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักภายในถุง โดยมีการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักในถุงที่หนาต่างกันในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ เมื่อเก็บรักษาผักในถุงที่ความหนาต่าง ๆ นาน 3 วัน ดังภาพที่ 4.3 และตาราง ฌ3 (ภาคผนวก ฌ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

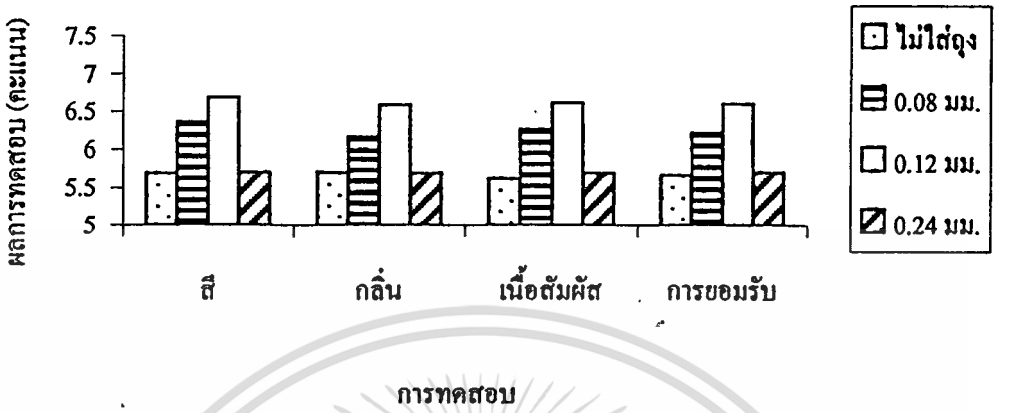


ภาพที่ 4.3 แสดง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 3 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน

จากภาพที่ 4.3 พบว่าผักในถุงหนาต่างกันจะให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ต่างกัน โดยผักในถุงหนา 0.12 มม. ให้ผลการทดสอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ ที่ดีกว่าผักในถุงหนา 0.08 มม. และดีกว่าผักในถุงหนา 0.24 มม. และผักที่ไม่ใส่ถุง ตามลำดับ เนื่องจากถุงหนา 0.12 มม. ทำให้เกิด MAP ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสลัดผักคือมีคาร์บอนไดออกไซด์ 5.89 % ในวันที่ 3 จึงช่วยรักษาคุณภาพของผักในถุงได้ดีกว่าถุงอื่น ๆ ผักในถุงหนา 0.24 มม. ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมถึง 9.35 % ในวันที่ 3 ซึ่งมากเกินระดับความสามารถในการทนทานต่อคาร์บอนไดออกไซด์ของสลัดผัก ทำให้ผักเกิดการบาดเจ็บจากคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 injury) ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผัก นอกจากนี้ถุงหนา 0.24 มม. มีอัตราการซึมผ่านของกาซน้อยมากทำให้มีปริมาณทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูง และปริมาณออกซิเจนภายในถุงน้อยมาก อาจทำให้ผักเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ทำให้เกิดสารประกอบต่าง ๆ ที่ตามมา เช่น ethanol , acetaldehyde ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผักในด้านกลิ่น ผักที่ไม่ใส่ถุงพบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี เนื้อสัมผัส และการยอมรับ ต่ำกว่าผักในถุงอื่น ๆ เนื่องจากผักเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าผักที่ใส่ในถุง ทำให้ผักมีสีซีด และเหี่ยวกว่าผักในถุง

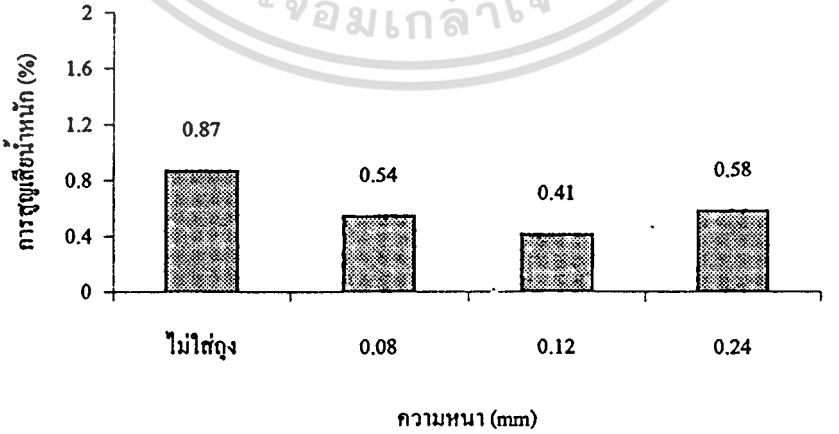
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกันในวันที่ 6 แสดงดังภาพที่ 4.4 และตาราง ฌ4 (ภาคผนวก ฌ)



ภาพที่ 4.4 แสดง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 6 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน

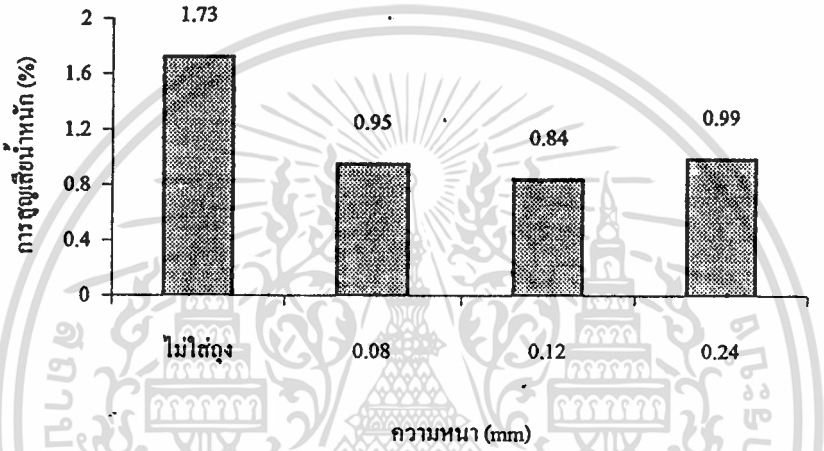
จากภาพที่ 4.4 พบว่า ผักในถุงหนา 0.12 มม. ให้ผลการทดสอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับที่ดีกว่าผักในถุงหนา 0.08 มม. 0.24 มม. และผักที่ไม่ใส่ถุงตามลำดับ ผักในถุงหนา 0.12 มม. สีค่อนข้างสด เนื้อสัมผัสยังอยู่ในสภาพใกล้เคียงของสด และไม่มีกลิ่นผิดปกติ ผักในถุงหนา 0.24 มม. สีซีดลง และเกิดกลิ่นฉุน ส่วนผักที่ไม่ใส่ถุงเกิดกลิ่นเหม็น สีซีดและเหี่ยว ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักดังแสดงในภาพที่ 4.3 และ 4.4 สามารถอ้างอิงโดยผลการวิเคราะห์เปอร์เซนต์การสูญเสีย น้ำหนักของสลัดผักในถุงหนาต่างกัน ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดง เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกันในวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.5 พบว่าความหนาของถุงมีผลต่อเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของผักในถุง โดยผักในถุงหนา 0.12 มม. มีค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากผักในถุงหนา 0.12 มม. ได้รับ MAP ที่เหมาะสมจึงช่วยให้ผักในถุงมีคุณภาพ เซลล์มีความแข็งแรงทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ดี ผักในถุงหนา 0.08 และ 0.24 มม. มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน โดยผักในถุงหนา 0.24 มม. มีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผักในถุงหนา 0.08 มม. เล็กน้อย ส่วนผักที่ไม่ใส่ถุงมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งมากกว่าผักในถุงหนา 0.12 มม. ถึง 2 เท่า ส่วนผลการวิเคราะห์เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 6 แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกันในวันที่ 6

จากภาพที่ 4.6 พบว่าผักในถุงหนา 0.12 มม. สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผักในถุงหนา 0.08 มม. เล็กน้อย ส่วนผักที่ไม่ใส่ถุงสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผักในถุงหนา 0.12 มม. ถึง 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาของถุงพลาสติกมีผลต่อปริมาณกาซภายในถุงซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของผักในถุง และปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักที่ความหนาของถุงต่างกัน

ความหนา	ปริมาณจุลินทรีย์ (Log CFU/g)		
mm	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 6
ไม่ใส่ถุง	5.1	6.0^{c}	6.5^{d}
0.08	5.1	5.5^{a}	6.1^{b}
0.12	5.1	5.4^{a}	5.9^{a}
0.24	5.1	5.7^{b}	6.3^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผักในถุงหนาต่างกันจะตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ต่างกัน จากการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ในวันที่ 3 พบว่าผักในถุงหนา 0.12 มม. ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุดใกล้เคียงกับผักในถุงหนา 0.08 มม. ผักในถุงหนา 0.24 มม. ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าผักในถุงหนา 0.08 มม. และ 0.12 มม. ผักภายในถุงหนา 0.24 มม. มีความอ่อนแอต่อจุลินทรีย์มากกว่าผักในถุงอื่น ๆ เนื่องจากผลของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินระดับที่สลัดผักสามารถทนได้ ผักที่ไม่ใส่ถุงตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์มากที่สุด เนื่องจากไม่มีถุงพลาสติกจึงง่ายต่อการที่จุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมจะเข้าทำลาย ผักในถุงหนา 0.08 มม. ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ใกล้เคียงกับผักในถุงหนา 0.12 มม. โดยไม่แตกต่างทางสถิติในช่วงวันที่ 3 ส่วนการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ในวันที่ 6 ผักในถุงหนา 0.12 มม. ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่าผักในถุงหนา 0.08 มม. 0.24 มม. และผักที่ไม่ใส่ถุง ตามลำดับ

จากการศึกษาความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้เก็บรักษาพบว่าถุงหนา 0.12 มม. ทำให้เกิด MAP ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสลัดผักซึ่งช่วยรักษาผักภายในถุงให้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด และปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรใช้ถุงหนา 0.12 มม. ในการเก็บรักษาสลัดผัก

4.3 ผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ในการล้างสลัดผัก

จากการศึกษาความหนาของถุงพลาสติกที่ใช้ในการเก็บรักษาสลัดผักพบว่าถุงหนา 0.12 มม. เหมาะสมที่สุดจึงใช้ถุงที่ความหนานี้ในการบรรจุสลัดผักเพื่อศึกษาถึงผลของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การล้างสลัดผักก่อนหั่นและบรรจุใส่ถุง โดยมีการศึกษาถึงปริมาณจุลินทรีย์ของผักแต่ละชนิดเปรียบเทียบกันระหว่างผักที่ล้างและไม่ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักที่ไม่ล้างและล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง

ชนิดผัก	ปริมาณจุลินทรีย์ (Log CFU/g)		
	ไม่ล้าง	ล้าง	การลดปริมาณจุลินทรีย์ (%)
ผักกาดหอม	8	4.9	38.75
มะเขือเทศ	7.9	4.8	39.24
แตงกวา	7.6	4.6	39.47
แครอท	8	4.9	38.75
กะหล่ำปลี	7.8	4.8	38.46

จากตารางที่ 4.9 พบว่าผักที่ไม่ผ่านการล้างจะตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์สูงมาก เนื่องจากมีจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำที่ใช้รด ปุ๋ยมูลสัตว์ ปนเปื้อนอยู่มากซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นขั้นตอนการล้างด้วยน้ำสะอาดจึงจำเป็น และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการลดปริมาณจุลินทรีย์เบื้องต้นที่ติดมากับผัก จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าหลังจากการล้างน้ำสะอาด 2 ครั้งจะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักแต่ละชนิดลงเหลือเพียงครึ่งจากเดิมที่ไม่ผ่านการล้าง

นับว่าขั้นตอนการล้างมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ ถึงแม้จะล้างด้วยน้ำธรรมดาก็สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ แต่การล้างโดยใช้ H_2O_2 และ NaOCl จะเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงระดับการใช้ H_2O_2 ในการล้างผัก โดยศึกษาถึงผลของการใช้ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0 , 4 , 5 , 6 % ในการแช่ผักนาน 2 นาที ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักหลังจากแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ 2 นาที

H_2O_2 (%)	ปริมาณจุลินทรีย์ (Log CFU/g)				
	ผักกาดหอม	มะเขือเทศ	แตงกวา	แครอท	กะหล่ำปลี
0	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8
4	4.7	4.7	4.6	4.7	4.7
5	4.6	4.7	4.5	4.7	4.6
6	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

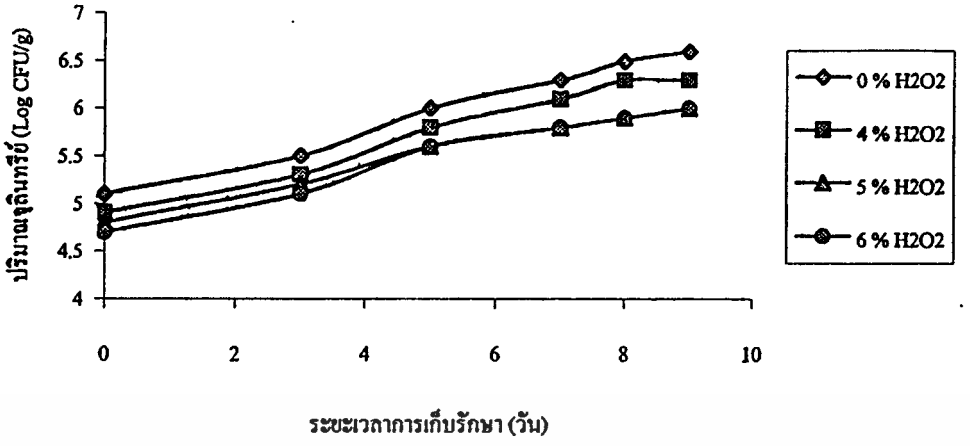
จากตารางที่ 4.10 พบว่าหลังจากแช่สลัดผักใน H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ จะสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำธรรมดา การใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ดีกว่าการใช้ H_2O_2 4 % การใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 5 % และ 6 % สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ใกล้เคียงกันในผักแต่ละชนิด ส่วนผลการล้างผักด้วย NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักหลังจากแช่ NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ 30 นาที

NaOCl (ppm)	ปริมาณจุลินทรีย์ (Log CFU/g)				
	ผักกาดหอม	มะเขือเทศ	แตงกวา	แครอท	กะหล่ำปลี
0	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8
30	4.8	4.8	4.6	4.8	4.7
40	4.7	4.8	4.6	4.7	4.7
50	4.7	4.7	4.5	4.7	4.6

จากตารางที่ 4.11 พบว่า NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 30 , 40 , 50 ppm สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของ NaOCl มากขึ้น แต่จากตารางที่ 4.9 – 4.11 จะสังเกตได้ว่าในการล้างผักถึงแม้จะใช้น้ำสะอาดธรรมดาก็สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ถึงครึ่ง แต่ประสิทธิภาพในการล้างจะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้สารเคมีซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เช่น H_2O_2 และ NaOCl มาร่วมในการล้างด้วย โดยที่ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น แต่ผลของการล้างจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ของผักลงได้ใกล้เคียงกันไม่ว่าจะใช้สารเคมีใด ดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 จะเห็นได้ว่าสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ใกล้เคียงกันทั้ง H_2O_2 และ NaOCl ซึ่งผลของการล้างนี้เรียกว่า Washing Effect แต่เมื่อนำผักที่ผ่านการแช่สารเคมีมาหั่นและบรรจุรวมในถุงจะเห็นได้ว่าสารเคมีที่ใช้ล้างจะไปมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผัก จะแสดงให้เห็นผลในระยะยาวโดยทำให้อายุการเก็บรักษาของผักนานขึ้นจากการใช้ระดับสารเคมีที่เข้มข้นเพิ่มขึ้น นั่นคือผลของสารเคมีที่ใช้ล้างจะส่งไปถึงช่วงระหว่างการเก็บรักษาด้วย ดังภาพที่ 4.7 และตาราง ฌ5 (ภาคผนวก ฌ)

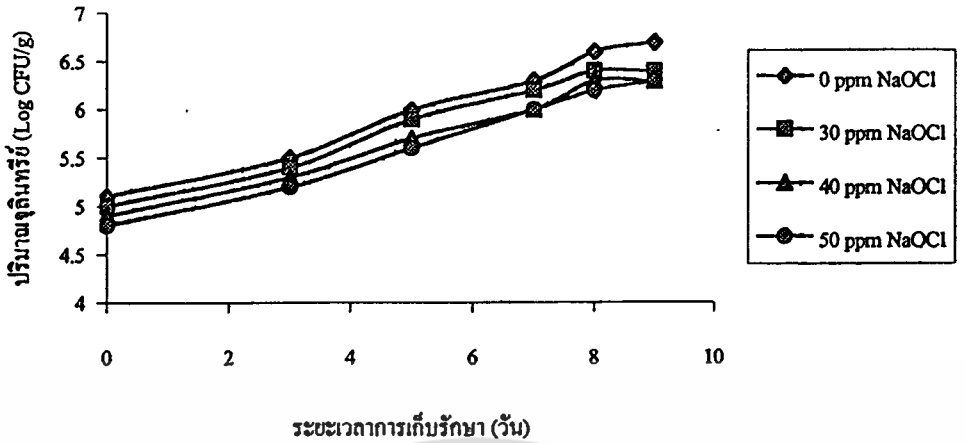
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.7 พบว่าการใช้ H_2O_2 ร่วมในการล้างจะให้ผลดีกว่าการล้างด้วยน้ำธรรมดาซึ่งแสดงให้เห็นผลอย่างชัดเจนเมื่อเก็บผักนานขึ้น เนื่องจาก H_2O_2 เป็น bacteriocide มีฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์จึงควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ได้ ส่วนน้ำธรรมดาไม่มีฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ดังนั้นเมื่อเก็บผักนานขึ้นจึงตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และผักหมดอายุตั้งแต่วันที่ 5 (ปริมาณจุลินทรีย์ 10^6 CFU/g) ส่วนผักที่ล้างด้วย H_2O_2 4 % สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ดีกว่าการใช้น้ำธรรมดาโดยช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสลัดผักได้โดยผักหมดอายุในวันที่ 7 ส่วนการใช้ H_2O_2 ความเข้มข้น 5 % และ 6 % ให้ผลในการล้างที่ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างทางสถิติ สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักลงได้ดีที่สุด โดยสามารช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสลัดผักได้นานถึง 8 วัน และหมดอายุในวันที่ 9 ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักที่ผ่านการหั่น และบรรจุลงถุงหลังจากแช่ NaOCl ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4.8 และตาราง ฌ6 (ภาคผนวก ฌ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



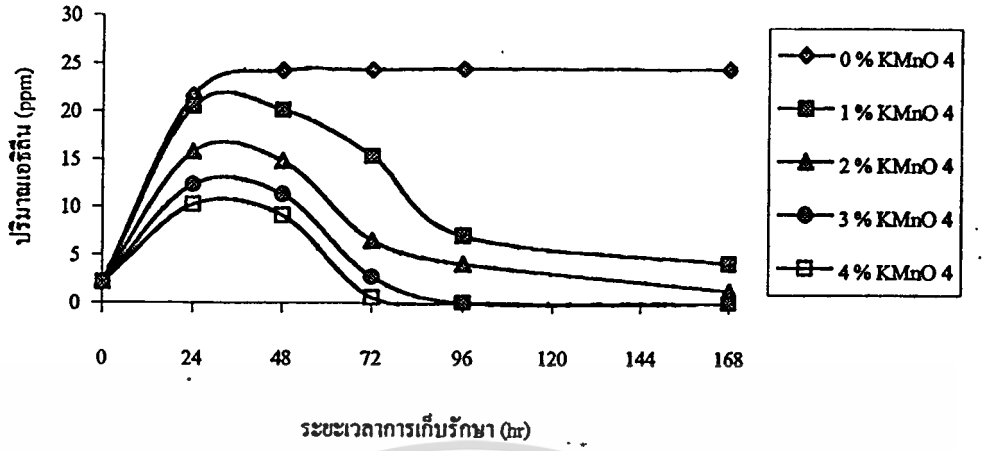
ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ NaOCl ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.8 พบว่าการใช้ NaOCl สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับการล้างด้วยน้ำธรรมดา เนื่องจาก NaOCl เป็น bacteriocide มีฤทธิ์ในการทำลายเซลล์จุลินทรีย์จึงสามารถควบคุมการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ได้ ส่วนน้ำธรรมดาไม่มีฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่อเก็บผักนานขึ้นจึงตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การล้างด้วยน้ำธรรมดาผักจะหมดอายุในวันที่ 5 ส่วนการใช้ NaOCl 40 ppm และ 50 ppm ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักได้นานที่สุดโดยผักหมดอายุในวันที่ 7 จะเห็นได้ว่าการใช้ H_2O_2 ในการล้างผักจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการล้างด้วย NaOCl ดังนั้นจึงควรใช้ H_2O_2 5 % ในการล้างผัก

4.4 ผลของการใช้โพแทสเซียมเปอร์มังกาเนต ($KMnO_4$) ในการดูดซับเอธิลีนภายในถุง

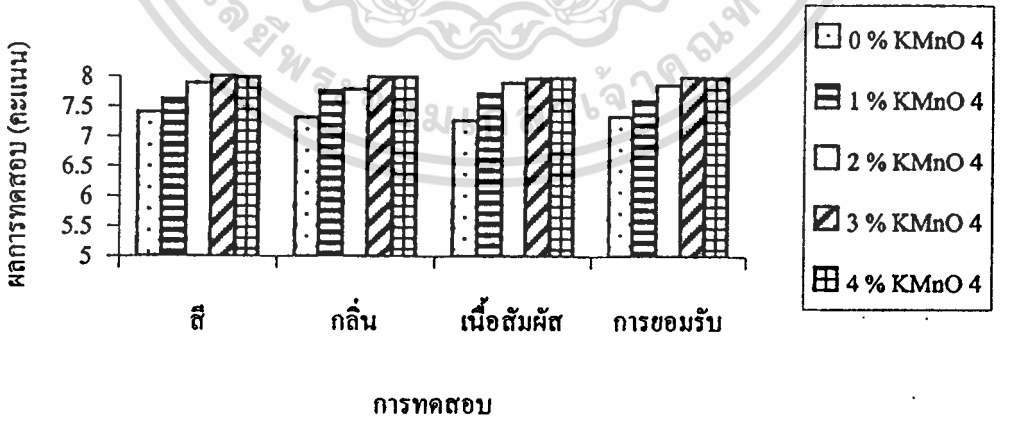
จากการศึกษาผลของการใช้ H_2O_2 ในการล้างผัก พบว่ามีประสิทธิภาพดีในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาสลัดผักได้นานถึง 8 วัน แต่จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของผักในถุงพบว่าเนื้อของมะเขือเทศ และผักกาดหอมอ่อนนิ่มลง แตงกวาและแครอทสีซีดลงไม่น่ารับประทาน นั่นคือ H_2O_2 ถึงแม้จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาของผักนานถึง 8 วัน แต่ไม่สามารถรักษาลักษณะทางกายภาพของผักให้อยู่ในสภาพดีได้ เนื่องจากภายในถุงมีปริมาณเอธิลีนสะสมอยู่ในปริมาณสูง (ภาพที่ 4.2) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการใช้สารดูดซับเอธิลีน โดยการใช้ $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 % ดังภาพที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



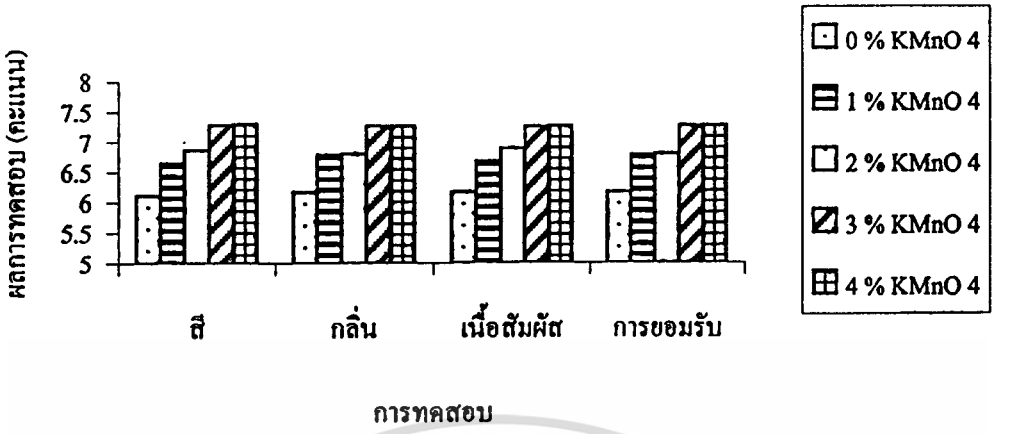
ภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณเอธิลีนของสลัดผักภายในถุงซึ่งมีปริมาณ $KMnO_4$ ต่างกัน

จากภาพที่ 4.9 พบว่าการใช้ $KMnO_4$ สามารถช่วยดูดซับเอธิลีนภายในถุงให้ลดลงได้ การใช้ $KMnO_4$ ความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะช่วยลดปริมาณเอธิลีนภายในถุงให้ลดลงเร็วขึ้น โดยการใช้ $KMnO_4$ 3 % และ 4 % สามารถช่วยดูดซับเอธิลีนภายในถุงได้หมดภายใน 96 ชั่วโมง ดังนั้นจึงช่วยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของผักในถุงให้ดีขึ้นได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในวันที่ 3 , 5 , 7 และ 8 ดังภาพที่ 4.10 – 4.13



ภาพที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 3

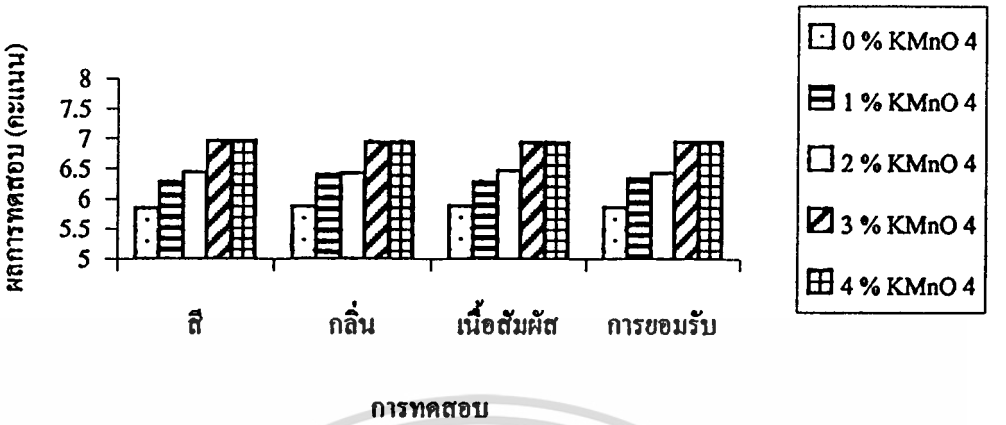
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 5

ภาพที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 8

จากภาพที่ 4.10 – 4.13 พบว่าการใช้ $KMnO_4$ ความเข้มข้น 3 % และ 4 % ซึ่งสามารถดูดซับเอธิลีนภายในถุงได้หมดให้ผลการทดสอบผักไม่แตกต่างทางสถิติ ช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผักในถุงให้ดีขึ้นได้เมื่อเทียบกับผักในถุงที่มี $KMnO_4$ เพียง 1 % , 2 % และผักในถุงที่ไม่มี $KMnO_4$ ดังนั้นจึงควรใช้ $KMnO_4$ 3 % ในการเป็นสารดูดซับเอธิลีนภายในถุงเพื่อช่วยรักษาคุณภาพของสลัดผักให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การล้างเป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมสลัดผัก เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผัก การล้างโดยใช้น้ำสะอาดสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ แต่การใช้สารเคมีซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ร่วมในการล้างจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น การใช้ H_2O_2 5 % แช่ผักนาน 2 นาที พบว่าช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักได้นานถึง 8 วัน

การหั่นผักเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมทำสลัดผัก การหั่นผักจะทำให้เนื้อเยื่อของผักได้รับการบาดเจ็บมีการสูญเสียของเหลวในเซลล์ ทำให้เซลล์อ่อนแอ ของเหลวในเซลล์ที่ออกมาจะประกอบด้วยเอนไซม์ที่พร้อมจะเกิดปฏิกิริยา จึงง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการทำลายของจุลินทรีย์ ผักที่ถูกหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ จะมีอัตราการหายใจและเมทาบอลิซึมสูงกว่าผักชิ้นใหญ่ อัตราการหายใจที่สูงขึ้นจะเป็นการกระตุ้นให้มีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงขึ้นด้วย ดังนั้นจึงควรหั่นผักชนิดต่าง ๆ ตามขนาดดังนี้คือ มะเขือเทศ 4 มม. แตงกวา 4 มม. กะหล่ำปลี 3 มม. แครอท 2 มม. และผักกาดหอม 30 มม.

การบรรจุผักลงในถุงพลาสติกควรจะเลือกใช้ความหนาที่เหมาะสม ความหนาของถุงมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของกาซ (permeability) และปริมาณกาซที่สะสมภายในถุง ถุงหนา 0.12 มม. จะทำให้เกิดปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์สมดุลย์ในช่วง 5.89 – 5.98 % ซึ่งเป็นบรรยากาศดัดแปลง (MAP) ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสลัดผัก คือมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 5 – 6 % ซึ่งจะช่วยลดอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอธิลีน ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักในถุงให้นานขึ้นได้

สลัดผักภายในถุงจะมีการผลิตเอธิลีนซึ่งเอธิลีนปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในผักได้ ดังนั้นจึงควรมีการใช้ $KMnO_4$ เพื่อเป็นสารดูดซับเอธิลีนภายในถุง การใช้ $KMnO_4$ 3 % จะสามารถดูดซับเอธิลีนภายในถุงได้หมด ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพของผักภายในถุงในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ ช่วยให้ผักมีความสดอยู่ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ผักแต่ละชนิดที่นำมาศึกษามีอัตราการผลิตเอธิลีนที่แตกต่างกัน โดยมะเขือเทศมีอัตราการผลิตเอธิลีนสูงที่สุดเอธิลีนที่เกิดขึ้นจะยิ่งเป็นตัวกระตุ้นให้มะเขือเทศมีการผลิตเอธิลีนเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นยังกระตุ้นให้ผักอื่น ๆ มีอัตราการผลิตเอธิลีนเพิ่มสูงขึ้นด้วย เนื่องจากการผลิตเอธิลีนเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ดังนั้นการเตรียมผักเพื่อทำสลัดผักอาจใช้มะเขือเทศไม่หั่น เพื่อลดอัตราการผลิตเอธิลีนของมะเขือเทศและผักอื่น ๆ ให้ลดลง ช่วยให้ผักมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

2. อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผัก โดยอุณหภูมิต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอธิลีนและเมทาบอลิซึมของผัก ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้เก็บรักษาสลัดผัก

3. ผักแต่ละชนิดมีอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอธิลีนที่แตกต่างกัน การบรรจุผักแต่ละชนิดรวมในถุงเดียวกันย่อมมีผลต่ออัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอธิลีนของผักแต่ละตัว ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอธิลีนของผักเมื่อเก็บแยกกันแต่ละถุง และผลของผักเมื่อเก็บรวมกัน

4. โปแทสเซียมเปอร์มังกาเนตมีประสิทธิภาพในการใช้ทำลายจุลินทรีย์ และใช้ดูดซับเอธิลีน ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงผลของการใช้โปแทสเซียมเปอร์มังกาเนตล้างผักเพื่อศึกษาถึงผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์และการดูดซับเอธิลีนภายในถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536. *เอกสารอ้างอิงกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.* ฝ่ายวิเคราะห์อาหาร ทางจุลชีววิทยา กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 410-417.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. *กาซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร.* ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลธิชา แตงประวัติ และ รัชนก จัดวงษ์. 2540. *การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น.* ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. 50-56.

ปิยรัตน์ ดิษฐ์แก้ว และ ศรีแทน คุณหงษ์. 2542. *การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผักหั่นพร้อมปรุงบรรจุถุงโพลีเอธิลีน.* ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. 51-52.

อนุวัช สุวรรณกุล. 2531. *เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อการส่งออก.* ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน.

Abeles , F.B. 1973. Ethylene in plant biology. Hortscience. 12(1) : 38-39.

Abe , K. and A.E. Watada. 1991. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly proccssed fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 56(6) : 1589-1592.

Adams , M.R. , A.D. Hartley and L.J. Cox. 1989. Factors affecting the efficacy of washing procedures use in the production of prepared salads. *Food Microbiol.* 6 : 69-77.

Arpaia , M.L. , F.G. Mitchell , A.A. Kader and G. Mayer. 1985. Effect of 2 % O_2 and varying concentrations of CO_2 with or without C_2H_4 on the storage performance of kiwifruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110 : 195-200.

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

Ballantyne , A. , R. Stark and J.D. Seiman. 1988. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. *Int. J. of Food Sci and Technology.* 23 : 267-274.

Beelman , R.B. , B.D. Guthrie and D.J. Royse. 1989. Influence of bacterial populations on postharvest deterioration of fresh mushrooms. *Mushroom Sci.* 12 : 655-665.

Berard , L.S. 1985. Effect of CA on several storage disorders of winter cabbage. *In : S.M. Blankenship (ed.)* , Proc. 4th Nat. Cont. Atm. Res. 150-159.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Beuchat , L.R. and R.E. Brackett. 1990. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding , chlorine treatment , modified atmosphere packaging and temperature. *J. Food Sci.* 55 : 755-758.

Beuscher , R.W. 1979. Influence of carbondioxide on postharvest ripening and deterioration of tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 : 545-547.

Block , S.B. 1991. Peroxygen compounds. *In Disinfection , Sterilization and Preservation.* 4th Philadephia. 162-167.

Bolin , H.R. 1977. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. *J. Food Sci.* 42(5) : 1319-1321.

Bolin , H.R. and C.C. Huxsoll. 1991. Effect of preparation procedure and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *J. Food Sci.* 56 : 60-62.

Brackett , R.E. 1992(a). Microbiological safety of chilled foods : Current issues. *Trends Food Sci. Technol.* 3(4) : 81-85.

Brackett , R.E. 1992(b). Shelf stability and safety of fresh procedure as influenced by sanitation and disinfection. *J. Food Protect.* 55 : 808-814.

Brain , P.F. 1988. Optimization of parameters for modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. *Camden , U.K.* 125 : 149-160.

Burg , S.P. and E.A. Burg. 1967. Molecular requirments for the biological activity of ethylene. *Plant Physiol.* 42 : 144-152.

Burg , S.P. and E.A. Burg. 1969. Interaction of ethylene , oxygen and carbondioxide in the control of fruit ripening. *Qual. Plant. Mater. Veg.* 19 : 180-185.

Carlin , F. , Y. Charmboy and M. Reich. 1990. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage , electrolyte leakage and sugar content of fresh ready to use grated carrots. *Inter. J. of Food Sci. and Technol.* 25 : 110-119.

Carlton , B. C. , C. E. Peterson and N. E. Tolbert. 1961. Effect of ethylene and oxygen on production of a bitter compound by carrot roots. *Plant Physiol.* 36 : 550-555.

Chaves , A. R. and J. O. Tomas. 1984. Effect of a brief carbondioxide expossure on ethylene production. *Plant Physiol.* 76 : 88-91.

Choi , S. W. and G. M. Sapers. 1994. Effects of washing on polyphenol oxidase in commercial mushrooms. *J. Agri. Food Chem.* 42 : 2286-2290.

Church , I. J. and A. L. Parsons. 1995. Review modified atmosphere packaging technology. *J. Sci. Food Agri.* 67 : 143-152.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dangyangg Ke , Leonor Rodriguez-Sinobas and A. A. Kader. 1991. Physiology and prediction of fruit tolerance to low oxygen atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2) : 253-260.

Dennis , C. K. M. Browne and F. Adamiki. 1979. Controlled Atmosphere storage of tomatoes. *Acta Hort.* 93 : 75-83.

Eaks , I. L. 1953. Effect of modified atmosphere on cucumber at chilling and non-chilling temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 67 : 473-478.

Ells , J. E. 1958. The influence of various factors on the induction of bitterness in stored carrots by ethylene and its detection by fluorescence. *Hort. Sci.* 18 : 948-952.

Fain , A. R. 1996. A review of the microbiological safety of fresh salads. *Dairy Food Environ. Sanit.* 16 : 146-149.

Forney , C. F. , R. E. Rij and J. L. Smilanick. 1991. Vapor phase hydrogen peroxide inhibits postharvest decay of table grapes. *Hort. Sci.* 26 : 15152-1514.

Garg , N. , J. J. Churey and D. F. Splittstoesser. 1990. Effect of processing condition on the microflora of fresh cut vegetable. *J. of Food Protect.* 53(8) : 701-703.

Gariepy , Y. , G. S. V. Raghavan , R. Plasse and C. T. Phan. 1985. Long term storage of cabbage , celery and leeks under controlled atmospheres. *Acta Hort.* 157 : 193-201.

Gull , D. D. 1981. Ripening tomatoes with ethylene. *Hort. Sci.* 16 : 780-783.

Gunes , G. and C. Y. Lee. 1997. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *J. of Food Sci.* 62(3) : 572-575.

Guthrie , B. D. and R. B. Beelman. 1989. Control of bacterial deterioration in fresh washed mushrooms. *Mushroom Sci.* 12 : 689-700.

Haard , N. F. , S. C. Sharma and C. Frenkel. 1974. Ethylene induced isoperoxidase changes during fiber formation in postharvest asparagus. *J. of Food Sci.* 39 : 450-452.

Hagenmaier , R. D. and R. A. Baker. 1998. Microbial population of shredded carrot in modified atmosphere packaging as related to irradiation treatment. *J. of Food Sci.* 63(1) : 162-164.

Hardenburg , R. E. 1971. Effect of in package environment on keeping quality of fruit and vegetables. *Hort. Sci.* 6(3) : 198-201.

Harvey , R. B. 1925. A new method of blanching celery. *Minn. Hort.* 53 : 41-45.

Harvey , R. B. 1928. Artificial ripening of fruits and vegetables. *Agric.Exp.* 42 : 242-247.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hayakawa , K. E. , Y. S. Henig and S. G. Gilbert. 1975. Formular for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film packages. *J. Food Sci.* 40(1) : 186-190.

Henig , Y. S. and S. G. Gilbert. 1975. Computer analysis of the variables affecting respirapion and quality of produce packaged in polymeric films. *J. of Food Sci.* 40(5) : 1033-1035.

Hicks , J. R. , P. M. Ludford and J. F. Master. 1982. Effects of atmosphere and ethylene on cabbage metabolism during storage. *In Controlled atmosphere for storage and transport of perishable agriculture commodities.* 309.

Honnay , R. 1988. Process for improving the preservation of fresh vegetables and fruits. *Europ. Patent* 0 255 814.

Hurst , W. C. 1995. Disinfection methods : a comparison of chlorine dioxide , ozone and ultraviolet light alternatives. *Cutting Edge Produce Assn.* 9(4) : 4-5.

Jay , M. J. 1992. *Modern Food Microbiology.* 6th New York : Van Nostrand Reinhold.

Kader , A. A. 1980. Prevention of ripening in fruit by use of controlled atmosphere. *Food Tech.* 34(7) : 51-54.

Kader , A. A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. *Food Tech.* 40(5) : 99-104.

Kader , A. A. , R. F. Kasmire and J. F. Thompson. 1985. *Postharvest technology of horticultural crops* , Special Publ. 3311. University of California Davis , CA.

Kader , A. A. , D. Zagory and E. L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. *CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* 28 : 1-30.

Kanellis , A. K. , L. L. Morris and M. E. Saltveit. 1988. Response of parthenocarpic cucumbers to low oxygen storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113 : 734-737.

Kanellis , A. K. , T. Solomos and K. A. Mattoo. 1989. Hydrolytic enzyme activities and protein pattern of avocado fruit ripened in air and in low oxygen , with and without ethylene. *Plant Physiol.* 90 : 259-266.

Kebel , E. L. , A. A. Kader and R. J. Romani. 1988. Effects of elevated carbondioxide concentrations on glycolysis in intact barlett pear fruit. *Plant Physiol.* 86 : 1205-1209.

King , A. D. and H. R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 43 : 132-136.

Klapes , N. A. and D. Vesley. 1990. Vapor phase hydrogen peroxide as a surface decontaminant and sterilant. *Appl. Environ. Microbiol.* 56 : 503-506.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Labuza , T. P. and W. M. Breene. 1989. Applications of active packaging for improvement of shelf-life and nutrition quality of fresh and extended shelf-life foods. *J. Food Protect.* 13 : 1-69.

Lec , K. S. and D. S. Lee. 1996. Modified atmosphere packaging of a mixed prepared vegetable salad dish. *Int. J. of Food Sci. and Technol.* 31 : 7-13.

Li , C. and A. A. Kader. 1989. Residual effects of controlled atmosphere on postharvest physiology and quality of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114 : 629-634.

Lillard , H. S. 1993. Bactericidal effect of chlorine on attached sallmonellae with and without sonification. *J. Food Protect.* 56 : 716-717.

Liming , C. 1992. Modified atmosphere packaging of horticultural commodities. *Food Technol.* 46 : 1-16.

Lipton , W. J. and B. E. Mackley. 1984. *Ethylene and low temperature treatments of honeydew melons to facilitate long-distance shipment.* Agric. Res. Service ARS-10 , U.S. Dept. of Agriculture , Fresno , CA.

Manzano-Mendez. J. , J. R. Hicks and J. F. Masters. 1984. Influence of storage temperature and ethylene on firmness , acids and sugars of chilling-sensitive and chilling-tolerant tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 : 270-273.

McConnell , A. L. 1991. *Evaluation of wash treatments for the improvement of quality and shelf life of fresh mushrooms.* M. S. thesis , Dept. of Food Science , Pennsylvania State University Park.

McLachlan , A. and R. Stark. 1985. *Modified atmosphere packaging of selected prepared vegetables.* Technical memorandum No. 412 , Campden Food Preservation Research Association , Campden , U. K.

Mohamed , S. , B. Taufik and M. N. Karim. 1996. Effects of modified atmosphere packaging on the physiochemical characteristics of Ciku (*Achra sapota L*) at various storage temperatures. *J. Sci. Food Agri.* 70 : 231-240.

Myers , R. A. 1989. Packaging consideration for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 45(2) : 129-131.

Nakhasi , S. , D. Schlimme and T. Solomos. 1991. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. *J. of Food Sci.* 56 : 55-59.

Nguyen , C. and F. Carlin. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34(4) : 371-401.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nick , C. 1994. Review developments in modified atmosphere packaging and related technology. *Trends Food Sci. and Technol.* 5 : 345-352.

O ' Conner , R. E. , P. Sharshewski and S. J. Thrower. 1992. Overview modified atmosphere packaging of fruit , vegetables , seafood and meat. *Asean Food J.* 7(3) : 127-136.

Paull , R. E. and W. Chen. 1997. Minimally processing of papaya (*Carica papaya L.*) and the physiology of halved fruit. *Postharvest Biology and Technol.* 12 : 93-99.

Pendergrass , A. , L. L. Howell and J. E. Carroll. 1976. Ethylene-induced changes in appearance and hormone content of Florida grown cabbage. *J. Plant Sci.* 56 : 315-319.

Poenicke , E. F. , S. J. Kays and R. E. Williamson. 1977. Ethylene in relation to postharvest quality deterioration in processing cucumbers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102 : 300-303.

Priepke , P. E. , L. S. Wei and A. I. Nelson. 1976. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. *J. of Food Sci.* 41 : 379-384.

Rainey , P. B. , C. L. Brodey and K. Johnstone. 1992. Biology of *Pseudomonas tolaasii* , cause of brown blotch disease of the cultivated mushroom. *Adv. Plant Pathol.* 8 : 95-117.

Redit , W. H. 1969. *Protection of rail shipments of fruits and vegetables.* Agric. Handbook , U.S. Dept. of Agriculture , Beltsville , MD. 195.

Reid , M. S. 1985. Ethylene in postharvest technology. *In Postharvest Technology of Horticultural Crops.* University of California , Davis , CA. 68-74.

Reyes , V. G. 1996. Improved preservation systems for minimally processed vegetable. *J. Food Australia.* 48(2) : 87-90.

Rij , R. E. and C. F. Forney. 1995. Phytotoxicity of vapor phase hydrogen peroxide to Thompson seedless grapes and *Botrytis cinerea* spores. *Crop. Prot.* 14 : 131-135.

Robert , C. W. 1994. *Minimally processed refrigerated fruit and vegetables* , Chapman & Hall. 135-167.

Roberts , R. G. and S. T. Reymond. 1994. Chlorine dioxide for reduction of postharvest pathogen inoculum during handling of tree fruits. *Apply. Environ. Microbiol.* 60 : 2864-2868.

Robinson , J. E. , K. M. Browne and W. G. Burton. 1975. Storage characteristics of vegetables and fruit. *Annals of Applied Biol.* 81 : 399-408.

Rolle , R. S. and G. W. Chism. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality.* 10 : 157-177.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rood , P. 1956. Relation of ethylene and postharvest temperature to brown spot of lettuce. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68 : 250-256.

Salunkhe , D. K. and B. B. Desai. 1984. *Postharvest Biotechnology of Vegetables.* Volume II. Boca Raton , Florida. 90-96.

Sapers , G. M. and G. F. Simmons. 1998. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 52(2) : 48-53.

Sapers , G. M. , R. L. Miller and F. C. Miller. 1994. Enzymatic control in minimally processed mushrooms. *J. of Food Sci.* 59(5) : 1042-1047.

Sapers , G. M. , R. L. Miller and G. Simmons. 1995. *Effects of hydrogen peroxide treatment on fresh-cut fruits and vegetables.* Inst. of Food Technologists, Anaheim , Calif. , June 3-7.

Scott , K. J. , W. B. McGlasson and E. A. Roberts. 1970. Potassium permanganate as an ethylene absorbent in polyethylene bags to delay ripening of banana during storage. *Austral. J. Exp. Agri. Anim. Husb.* 10 : 237-240.

Shapiro , J. E. and I. A. Holder. 1960. Effect of antibiotics and chemical dips on the microflora of packaged salad mix. *Appl. Environ. Microbiol.* 8 : 341-345.

Simmon , G. F. 1996. *Personal communication.* Horticultural Crops Research Laboratory , Agricultural research service , U.S. Dept. of Agriculture , Fresno , Calif.

Simmon , G. F. , J. L. Smilanick and D. A. Margosan. 1995. Hydrogen peroxide vapor reduce microbe on raisins. Inst. of Food Technologists, Anaheim , Calif. , June 3-7.

Simmon , G. F. , J. L. Smilanick and D. A. Margosan. 1997. Reduction of microbial population on prunes by vapor phase hydrogen peroxide. *J. of Food Protect.* 60 : 188-191.

Singh , B. , C. C. Yang and A. R. Rahman. 1972. Controlled atmosphere storage of lettuce. *J. of Food Sci.* 37 : 48-51.

Smittle , D. A. and W. R. Miller. 1988. Blueberry storage life and fruit quality in controlled atmosphere and air storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113 : 723-728.

Smith , S. , J. Geeson and J. Stow. 1987. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of films and coatings. *Hort. Science.* 22 : 772-776.

Tomkins , R. G. 1967. Assessing suitability of plastic films for prepacking fruit and vegetables. *Food Manufacture.* 42 : 34-48.

Wang , C. Y. 1985. *Private communication.* U.S. Dept. of Agriculture , Beltsville , MD.

Wang , J. and R. T. Toledo. 1986. Sporicidal properties of mixtures of hydrogen peroxide vapor and hot air. *Food Technol.* 40(12) : 60-67.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wei , C. I. , T. S. Huang and J. A. Bartz. 1995. Growth and survival of *Sallmonella montevideo* on tomatoes and disinfection with chlorinated water. *J of Food Protect.* 58 : 829-836.

Wardowski , W. F. and A. A. McCornack. 1979. Recommendation for degreening Florida fresh citrus fruits. Cir. 389. Florida Coop. Ext. Serv. , Gainesville.

Watada , A. E. and K. Abe. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 44 : 116-122.

Watada , A. E. , B. B. Aulenbach and J. T. Worthington. 1976. Vitamins A and C in ripe tomatoes as affected by stage of ripeness at harvest and by supplementary ethylene. *J. of Food Sci.* 41 : 850-856.

Watada , A. E. , K. Abe and N. Yamauchi. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 44(5) : 116-122.

Yang , S. F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. *Hort Science.* 15 : 238-243.

Yang , S. F. 1985. Biosynthesis and association of ethylene. *Hort Science.* 20 : 41-45.

Yoonseok , S. , H. K. Kim and K. L. Yam. 1992. Respiration rate of blueberry in modified atmosphere at various temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(6) : 925-926.

Yasutaku , K. , I. Akitsugu and N. Reinosukc. 1990. Respiration and ethylene production in various harvested crops held in carbondioxide-enriched. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 (6) : 975-978.

Zagory , D. and A. A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42(9) : 70-77.

Zhang , A. A. and J. L. Farber. 1996. Food and microbiological risks. *Microbiology.* 140 : 687-695.

Zhuang , R. Y. , L. R. Beuchat and F. J. Angulo. 1995. Fate of *Salmonella montevideo* on and inraw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine. *Appl. Environ. Microbiol.* 61 : 2127-2131.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การตรวจหาปริมาณกาซโดยใช้เครื่องกาซโครมาโทกราฟฟี (GC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจหาปริมาณกาซโดยใช้เครื่องกาซโครมาโทกราฟฟี (Gas Chromatography :GC)

* การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์

อุปกรณ์

1. เครื่องกาซโครมาโทกราฟฟี (Delsi GC-11)
2. syringe
3. standard CO_2 10 %
4. carrier gas , He

สภาวะของเครื่อง

column temperature : 50 °C
carrier gas : He
Flow rate : 24 ml/min
column : parapak Q
detector : TCD

วิธีการ

1. เปิดเครื่อง GC เปิดกาซพา (carrier gas)ให้ไหลผ่านเครื่อง เปิด detector โดยกดปุ่ม cathod ตั้งกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 150 mv. ถ้ามากกว่านี้อาจทำให้ดีเทคเตอร์ไหม้ได้

2. ปรับ column temperature ให้ได้ 50 °C ปรับ flow rate ของกาซพาให้ได้ 24 ml/min โดยสามารถวัด flow rate ของกาซพาด้วย bubble soap flow meter

3. ปล่อยให้กาซพาไหลผ่านเครื่องและ warm เครื่องทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาวะของเครื่องให้คงที่มากที่สุด

4. ก่อน run เครื่องต้อง check base line ก่อน (shift down+plot+start) base line ที่ดีไม่ควรเป็นเส้นตรงมากเกินไป

5. การเช็คพารามิเตอร์ของเครื่องทำได้โดยกด shift down กด list กด width และกด enter

6. เก็บตัวอย่างกาซจากถุงสลัดผักโดยใช้ syringe

7. ฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่องที่บริเวณ simple injection port

8. กดปุ่มสตาร์ทสารจะกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยกาซพาอย่างช้า ๆ สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วน ๆ ที่คอลัมน์แล้วออกสู่ดีเทคเตอร์ทำให้เกิดสัญญาณขึ้น สามารถเขียนออกมาเป็นโครมาโตแกรมด้วย recorder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***การวิเคราห์หาปริมาณกาซเอธิลีน**

อุปกรณ์

1. เครื่องกาซโครมาโทกราฟฟี (Shimadzu GC-8A)
2. gas tight syringe
3. standard ethylene 20 ppm
4. carrier gas , N_2

สภาวะของเครื่อง

column temperature : 50 °C

carrier gas : N_2

Flow rate : 50 ml/min

column : parapak Q

detector : FID

วิธีการ

1. เปิดเครื่อง GC เปิดกาซพา (carrier gas)ให้ไหลผ่านเครื่อง เปิด detector
2. ปรับ column temperature ให้ได้ 50 °C ปรับ flow rate ของกาซพาให้ได้ 50 ml/min
3. warm เครื่องทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาวะของเครื่องให้คงที่มากที่สุด
4. เปิดกาซ H_2 และ air ให้ไหลผ่านเครื่องและจุด flame
5. ก่อน run เครื่องต้อง check base line ก่อน (shift down+plot+start) base line ที่ดีไม่ควรเป็นเส้นตรงมากเกินไป
6. การเช็คพารามิเตอร์ของเครื่องทำได้โดยกด shift down กด list กด width และกด enter
7. เก็บตัวอย่างกาซจากถุงสลัดผักโดยใช้ gas tight syringe
8. ฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่องที่บริเวณ simple injection port
9. กดปุ่มสตาร์ทสารจะกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยกาซพาอย่างช้า ๆ สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วน ๆ ที่คอลัมน์แล้วออกสู่ดีเทคเตอร์ทำให้เกิดสัญญาณขึ้น สามารถเขียนออกมาเป็นโครมาโตแกรมด้วย recorder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การหาค่าการซึมผ่านกาซของถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าการซึมผ่านกาซของถุงพลาสติก

1. บรรจุกาซที่ต้องการวิเคราะห์ (คาร์บอนไดออกไซด์ และเอธิลีน) ลงในถุงที่ต้องการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านในปริมาณที่เท่ากัน

2. ปิดผนึกถุงโดยใช้เครื่องปิดผนึกโดยระวังอย่าให้มีรอยรั่ว ซึ่งสามารถทดสอบโดยการจุ่มถุงพลาสติกที่บรรจุกาซ และปิดผนึกแล้วลงในน้ำสังเกตว่าต้องไม่มีฟองอากาศออกมา

3. เก็บถุงพลาสติกที่บรรจุกาซแล้วที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4. ใช้ syringe ดึงกาซภายในถุงออกมาวิเคราะห์ปริมาณกาซภายในถุงที่ 0 ชั่วโมง

5. ใช้ syringe ดึงกาซภายในถุงออกมาวิเคราะห์ปริมาณกาซภายในถุงที่ 24 ชั่วโมง

6. วิธีการวิเคราะห์กาซดูที่ภาคผนวก ก

7. เปรียบเทียบปริมาณกาซที่เปลี่ยนแปลงไปใน 24 ชั่วโมงเป็นค่าอัตราการซึมผ่านของกาซ / 24 ชั่วโมง

หมายเหตุ : วิธีการหาค่าอัตราการซึมผ่านของกาซนี้กระทำที่ 1 atm 12 $^{\circ}C$ ซึ่งไม่ใช่สภาวะมาตรฐานทั่วไปจึงไม่สามารถนำตัวเลขไปเปรียบเทียบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำผักแต่ละถุงมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในเรื่อง สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ โดยใช้ผู้ทดสอบ 15 คน

การเตรียมตัวอย่าง

1. สุ่มรหัสตัวเลขจากตารางเลขสุ่มเพื่อใช้เป็นตัวแทนของตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ
2. ติดรหัสตัวเลขที่ได้กับภาชนะที่ใส่ตัวอย่างซึ่งต้องการทดสอบ
3. จัดวางตัวอย่างอาหารลงในภาชนะ
4. เสริฟตัวอย่างอาหารและแผ่นให้คะแนน (score sheet) ให้ผู้ที่จะทดสอบ และตัดสินผลการทดสอบในแผ่นให้คะแนน
5. นำแผ่นให้คะแนนมาถอดรหัสตัวเลขและตรวจสอบผลการทดสอบที่ได้
6. รวบรวมผลคะแนนที่ได้จากแต่ละตัวอย่างและวิเคราะห์ผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบ

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของสลัดผักซึ่งผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

วันที่.....

กรุณาให้คะแนนสลัดผักตามความชอบโดยการให้คะแนนมีระดับต่าง ๆ ดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด

8 = ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

5 = เฉย

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง	สี (color)	กลิ่น (odor)	เนื้อสัมผัส (texture)	การยอมรับ (acceptance)

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียไปในช่วงการเก็บรักษาผักผลไม้สดซึ่งหากมีเปอร์เซนต์การสูญเสียต่ำ จะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ลดลงไม่มากทำให้คงลักษณะที่ดี ลดการเหี่ยวของผักผลไม้และลักษณะทางกายภาพไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก

การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยการสุ่มตัวอย่างอาหาร นำอาหารออกจากถุงทิ้งให้สะเด็ดน้ำจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปที่ วันที่ 3 และ 6

การคำนวณ

การคำนวณการสูญเสียน้ำหนักโดยทั่วไปจะคิดเทียบเป็นเปอร์เซนต์จากสมการ

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธีเขย่าจาน (shake plate or pour plate)

เป็นการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ที่ยังคงมีชีวิตอยู่ โดยทำให้ตัวอย่างอาหารเจือจางลงจนมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในระดับที่จะตรวจนับได้ด้วยวิธีนั้น ๆ ได้ถูกต้องแม่นยำและต้องทำให้ตัวอย่างอาหารกระจายอยู่ในน้ำยาสำหรับเจือจาง (diluent) อย่างทั่วถึงจนเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ซึ่งเรียกตัวอย่างอาหารที่ถูกทำให้เจือจางเป็นเนื้อเดียวกันว่า food homogeneous

การเตรียมและชั่งตัวอย่างอาหาร

ชั่งตัวอย่างอาหารใส่ในถุงที่มีสารละลายเปปโตน 25 กรัม ทำโดยการสุ่มตัวอย่างอาหารแล้วทำให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยมีด หรือกรรไกรที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นนำมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการในภาชนะที่ปราศจากจุลินทรีย์

น้ำยาสำหรับเจือจาง (dilution)

ใช้สารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต 0.85 % หรือสารละลายเปปโตน 0.1 % นำน้ำยาสำหรับเจือจางใส่ในขวดแก้ว 225 มิลลิกรัม นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

การเตรียมอาหาร plate count agar

1. ชั่งสารอาหารต่าง ๆ ตามสูตรอาหารดังนี้

ทริปโตน	5.0	กรัม
ยีสต์สกัด	2.5	กรัม
กลูโคส	1.0	กรัม
อาการ์	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิกรัม
pH	7.0 ± 1.0	

2. นำอาการ์ใส่น้ำลงไปตามส่วนให้ความร้อนจนวุ้นละลาย ใส่ส่วนผสมต่าง ๆ ให้ละลายเข้ากันดี

3. ปรับ pH เป็น 7 บรรจุอาหาร PCA ลงในขวดบรรจุอาหาร

4. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจือจางตัวอย่างอาหารในขั้นต้น

การทำให้อาหารเจือจางในระดับ 1 : 10 เท่า เรียกว่า dilution 1 : 10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เทน้ำยาเจือจาง 225 มิลลิลิตร นำไปตีป่นอาหารโดยใช้เครื่อง stomacher กรณีที่ไม่มีสามารถใช้มือโดยปิดพับปากถุงให้แน่น ใช้มือบีบถุงเพื่อขยี้ให้อาหารแตกละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

การทำให้ตัวอย่างอาหารเจือจางลงตามลำดับ

มักทำให้เจือจางลงระดับละ 10 เท่า (ten fold serial dilution) โดยใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 10 ในขั้นต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดบรรจุน้ำยาสำหรับเจือจาง 9 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าหลอดด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า (mixer) ตัวอย่างอาหารในขั้นนี้จะมีความเจือจาง 1 : 100 (10^{-2}) ถ้าต้องการเจือจางในระดับต่อไปคือ 1 : 1000 (10^{-3}) , 1 : 10000 (10^{-4}) เรื่อยไปตามลำดับ ให้กระทำตามวิธีขั้นต้นและควรเปลี่ยนปิเปตใหม่ทุกครั้งในทุกระดับความเจือจางที่ต้องการเตรียม

การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์โดยวิธีเขย่าจาน

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ standard plate count agar ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วมาทำให้เย็นประมาณ 50 องศาเซลเซียส ใช้ปิเปตดูดอาหารแต่ละความเจือจาง โดยเริ่มจากตัวอย่างที่มีความเจือจางมากที่สุดใส่จานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร แต่ละระดับความเจือจางควรทำอย่างน้อย 2 จาน และใช้ระดับความเจือจางอย่างน้อย 3 ระดับ โดยเรียงซ้อนกันสี่ใบ ดูดอาหารใส่จานเปล่าใบล่างสุดก่อนแล้วไล่ขึ้นมาจนถึงใบบนสุด เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานประมาณ 15-20 มิลลิลิตร โดยเริ่มจากจานใบล่างสุดเช่นเดียวกัน เขย่าจานที่ซ้อนกันอยู่ทั้งสี่ใบพร้อมกัน โดยหมุนไปทางขวา 3-4 ครั้ง หมุนไปทางซ้าย 3-4 ครั้ง ทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด คำนวณหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อกรัมของอาหารจากสูตร

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (เซลล์ต่อกรัม) = จำนวนโคโลนี x ความเจือจางของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536)

1. อาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที

1.1 ผัก ผลไม้ที่ล้างแล้ว สลัด ส้มตำ เป็นต้น

จุลินทรีย์รวม / กรัม	น้อยกว่า	1×10^6
ยีสต์ / กรัม	น้อยกว่า	1×10^4
รา / กรัม	น้อยกว่า	500
MPN *E. coli*	น้อยกว่า	10
Salmonella / 25 กรัม	ไม่พบ	

1.2 อาหารทะเลที่เตรียมเพื่อบริโภค เช่น ปลา กุ้ง ปลาหมึก หอยดิบ เป็นต้น

จุลินทรีย์รวม / กรัม	น้อยกว่า	1×10^6
MPN Fecal		
Coliform / กรัม	น้อยกว่า	20
S. aureus / กรัม	น้อยกว่า	100
B. cereus / กรัม	น้อยกว่า	100
V. parahaemolyticus / กรัม	น้อยกว่า	100
C. perfingens / กรัม	ไม่พบ	
Salmonella / 25 กรัม	ไม่พบ	
V. cholerae	ไม่พบ	

2. อาหารที่ผ่านกรรมวิธีหรือปรุงสุกแล้ว

2.1 ผักผลไม้ดอง แช่อิ่มแห้ง

ยีสต์ / กรัม	น้อยกว่า	1×10^4
รา / กรัม	น้อยกว่า	500
MPN *E. coli*	น้อยกว่า	3
Salmonella / 25 กรัม	ไม่พบ	

2.2 อาหารหมักพื้นเมืองที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ได้แก่ แหนม กะปิ ปลาร้า ปลาจ่อม ส้มฟัก บูดู เป็นต้น

ยีสต์ / กรัม	น้อยกว่า	1×10^4
รา / กรัม	น้อยกว่า	500
MPN *E. coli*	น้อยกว่า	10
S. aureus / กรัม	น้อยกว่า	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. cereus / กรัม	น้อยกว่า	100
Salmonella / 25 กรัม	ไม่พบ	
C. perfingens / กรัม	ไม่พบ	
พยาธิ	ไม่พบ	

2.3 อาหารปรุงสุกทั่วไป ได้แก่ อาหารปรุงสุกสำเร็จ (ประเภทข้าวแกง) ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน ยำ น้ำพริกจิ้ม ไส้กรอก หมูยอ ปูอัด cold meat ปลาหมึกปรุงรส ขนม ผลไม้กวน เป็นต้น

จุลินทรีย์รวม / กรัม	น้อยกว่า	100
MPN Coliforms / กรัม	น้อยกว่า	500
MPN *E. coli* / กรัม	น้อยกว่า	3
S. aureus / กรัม	น้อยกว่า	100
B. cereus / กรัม	น้อยกว่า	100
C. perfingens / 0.01 กรัม	ไม่พบ	
V. parahaemolyticus / 25 กรัม	น้อยกว่า	100
Salmonella / 25 กรัม	ไม่พบ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การเตรียม $KMnO_4$ เพื่อใช้เป็นสารดูดซับเอธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียม $KMnO_4$ เพื่อใช้เป็นสารดูดซับเอธิลีน

1. เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนตความเข้มข้น 0 , 1 , 2 , 3 และ 4 %

2. จุ่มแท่งชอล์กลงในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนตความเข้มข้นต่าง ๆ ประมาณ 5 ซีซี ทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง

3. ใช้โกร่งบดยาบดแท่งชอล์กให้ละเอียด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 180 °C นาน 2 ชั่วโมง

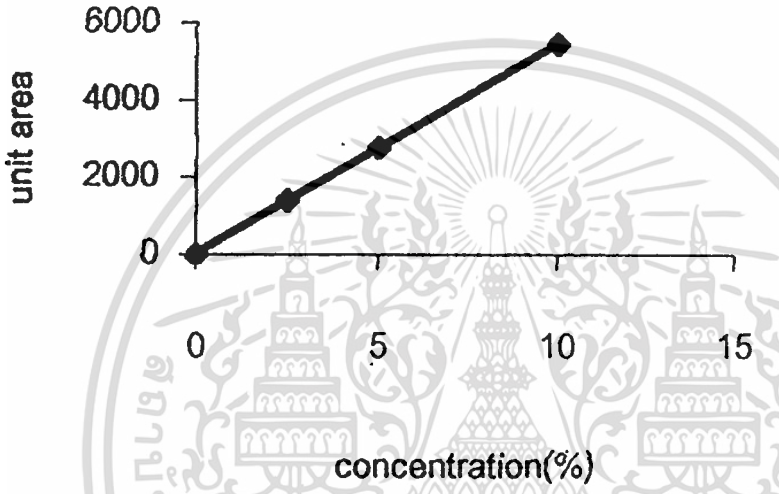
4. บรรจุใส่ถุงกระดาษสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

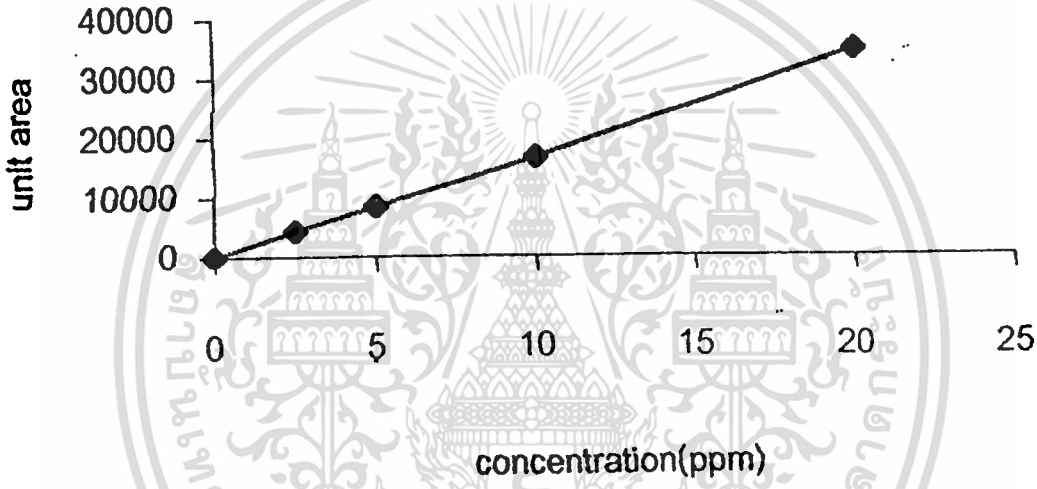
กราฟมาตรฐาน และโครมาโทแกรมของกาซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



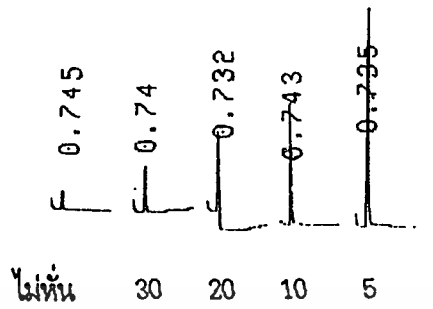
ภาพฆ1 แสดงกราฟมาตรฐานของคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

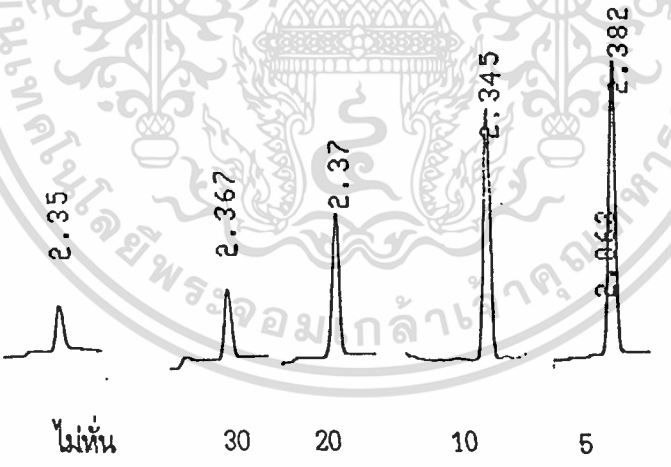


ภาพซ2 แสดงกราฟมาตรฐานของเอธิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

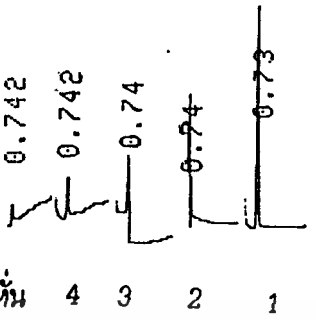


ภาพซ3a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของผักกาดหอมขนาดชิ้นต่างกัน

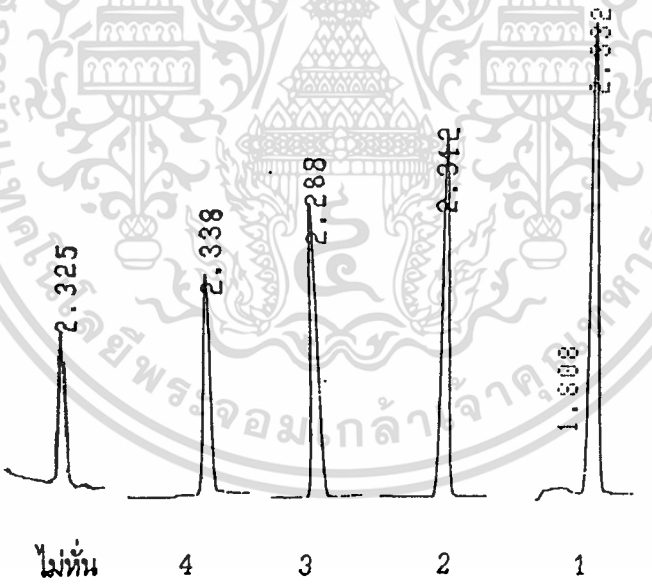


ภาพซ3b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของผักกาดหอมขนาดชิ้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

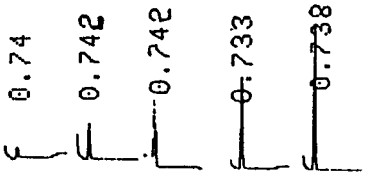


ภาพซ4a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของมะเขือเทศขนาดชิ้นต่างกัน

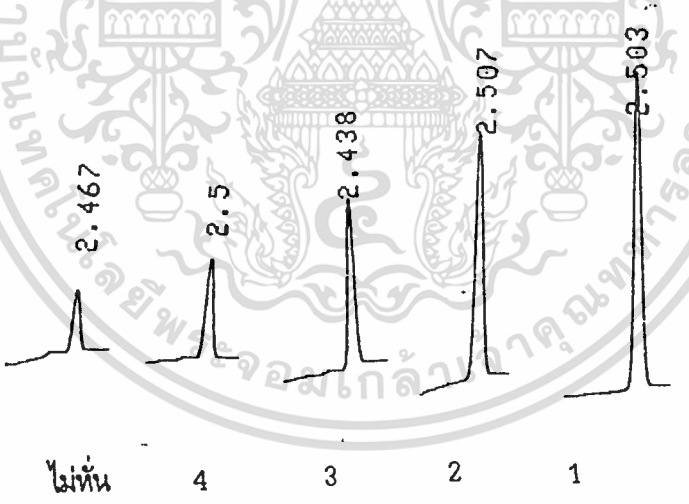


ภาพซ4b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของมะเขือเทศขนาดชิ้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

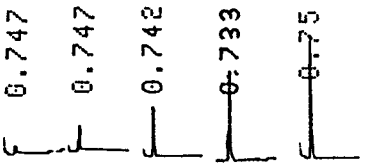


ภาพซ5a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของแตงกวาขนาดชิ้นต่างกัน



ภาพซ5b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของแตงกวาขนาดชิ้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



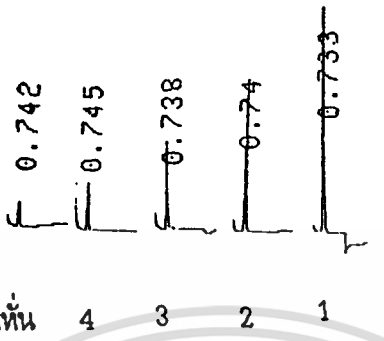
ไม่ทั่น 3 2 1 0.5

ภาพซ6a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของแครอทขนาดชิ้นต่างกัน

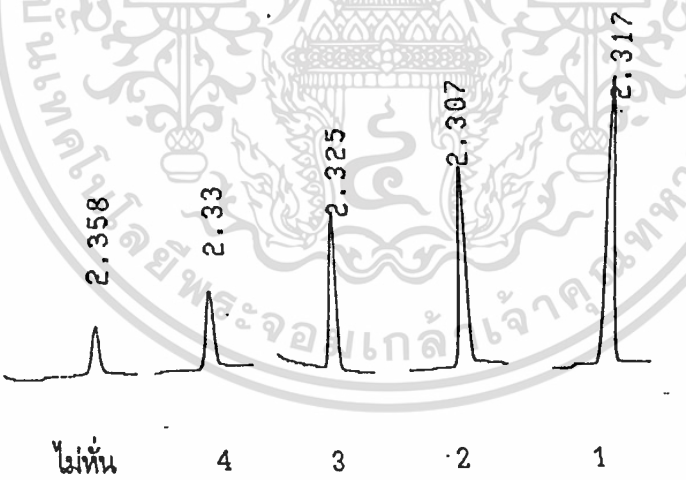
ไม่หั่น 3 2 1 0.5

ภาพซ6b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของแครอทขนาดชิ้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพซ7a แสดงโครมาโทแกรมของ CO_2 ใน 24 ชั่วโมงของกะหล่ำปลีขนาดชิ้นต่างกัน



ภาพซ7b แสดงโครมาโทแกรมของ C_2H_4 ใน 24 ชั่วโมงของกะหล่ำปลีขนาดชิ้นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฌ1 แสดงปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกันที่ 12 °C

ความหนา mm	ปริมาณกาซ CO_2 (%)				
	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	120 hr
0.08	2.96	4.15	4.34	4.51	4.52
0.12	4.81	5.77	5.89	5.97	5.98
0.24	8.45	9.22	9.35	9.39	9.38

ตาราง ฌ2 แสดงปริมาณกาซเอธิลีนของสลัดผักที่เวลาต่าง ๆ ในถุงที่หนาต่างกันที่ 12 °C

ความหนา mm	ปริมาณกาซ C_2H_4 (ppm)				
	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	120 hr
0.08	20.61	23.01	23.41	23.62	23.62
0.12	21.53	24.21	24.39	24.42	24.44
0.24	23.90	26.18	26.30	26.31	26.32

ตาราง ฌ3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 3 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน

ความหนา mm	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
ไม่ใส่ถุง	6.72^{c}	6.61^{c}	6.59^{c}	6.59^{c}
0.08	6.80^{b}	6.77^{b}	6.80^{b}	6.80^{b}
0.12	7.47^{a}	7.48^{a}	7.22^{a}	7.38^{a}
0.24	6.76^{c}	6.57^{c}	6.65^{b}	6.59^{c}

ตาราง ฌ4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 6 ของสลัดผักในถุงที่หนาต่างกัน

ความหนา mm	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
ไม่ใส่ถุง	5.69^{c}	5.70^{c}	5.62^{c}	5.66^{c}
0.08	6.37^{b}	6.17^{b}	6.27^{b}	6.22^{b}
0.12	6.69^{a}	6.59^{a}	6.62^{a}	6.60^{a}
0.24	5.70^{c}	5.69^{c}	5.69^{b}	5.70^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฌ5 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ H_2O_2 ความเข้มข้นต่างกัน

H_2O_2 (%)	ปริมาณจุลินทรีย์ (Log CFU/g)					
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9
0	5.1^{c}	5.5^{c}	6.0^{c}	6.3^{c}	6.5^{c}	6.6^{c}
4	4.9^{b}	5.3^{b}	5.8^{b}	6.1^{b}	6.3^{b}	6.3^{b}
5	4.8^{a}	5.2^{a}	5.6^{a}	5.8^{a}	5.9^{a}	6.0^{a}
6	4.7^{a}	5.1^{a}	5.6^{a}	5.8^{a}	5.9^{a}	6.0^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ฌ6 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของสลัดผักรวมที่หั่นและบรรจุถุงหลังจากแช่ NaOCl ที่ความเข้มข้นต่างกัน

NaOCl (ppm)	ปริมาณจุลินทรีย์ (Log CFU/g)					
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9
0	5.1^{c}	5.5^{c}	6.0^{c}	6.3^{c}	6.6^{c}	6.7^{c}
4	5.0^{b}	5.4^{b}	5.9^{b}	6.2^{b}	6.4^{b}	6.4^{b}
5	4.9^{a}	5.3^{a}	5.7^{a}	6.0^{a}	6.3^{a}	6.3^{a}
6	4.8^{a}	5.2^{a}	5.6^{a}	6.0^{a}	6.2^{a}	6.3^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ฌ7 แสดงปริมาณเอธิลีนของสลัดผักภายในถุงซึ่งมีปริมาณ $KMnO_4$ ต่างกันที่ 12 ^{o}C

$KMnO_4$ (%)	ปริมาณเอธิลีน (ppm)						
	0 hr	1 hr	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	168 hr
0	2.16	15.81	21.61	24.25	24.39	24.48	24.52
1	2.15	13.14	20.47	20.14	15.36	7.04	4.22
2	2.17	10.43	15.77	14.79	6.52	4.11	1.37
3	2.16	8.56	12.31	11.31	2.78	0	0
4	2.15	7.49	10.22	9.11	0.56	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฌ8 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 3

$KMnO_4$ (%)	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	7.41^{d}	7.32^{d}	7.27^{d}	7.34^{d}
1	7.62^{c}	7.77^{c}	7.71^{c}	7.60^{c}
2	7.89^{b}	7.79^{b}	7.89^{b}	7.87^{b}
3	8.01^{a}	8.00^{a}	7.97^{a}	8.00^{a}
4	8.00^{a}	8.00^{a}	7.98^{a}	7.99^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ฌ9 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 5

$KMnO_4$ (%)	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	6.12^{d}	6.17^{d}	6.17^{d}	6.17^{d}
1	6.65^{c}	6.79^{c}	6.68^{c}	6.79^{c}
2	6.87^{b}	6.80^{b}	6.89^{b}	6.80^{b}
3	7.29^{a}	7.27^{a}	7.25^{a}	7.27^{a}
4	7.30^{a}	7.27^{a}	7.27^{a}	7.27^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ฌ10 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 7

$KMnO_4$ (%)	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	6.00^{d}	6.05^{d}	6.07^{d}	6.05^{d}
1	6.44^{c}	6.57^{c}	6.46^{c}	6.58^{c}
2	6.62^{b}	6.60^{b}	6.67^{b}	6.60^{b}
3	7.09^{a}	7.05^{a}	7.05^{a}	7.07^{a}
4	7.09^{a}	7.06^{a}	7.06^{a}	7.07^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฌ11 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสลัดผักในถุงซึ่งมี $KMnO_4$ ความเข้มข้นต่างกันในวันที่ 8

$KMnO_4$ (%)	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	5.85^{d}	5.88^{d}	5.89^{d}	5.87^{d}
1	6.28^{c}	6.42^{c}	6.29^{c}	6.35^{c}
2	6.45^{b}	6.44^{b}	6.48^{b}	6.44^{b}
3	6.97^{a}	6.95^{a}	6.95^{a}	6.96^{a}
4	6.97^{a}	6.95^{a}	6.95^{a}	6.96^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาว เจนจิรา เจริญยิ่ง เกิดวันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีบัณฑิต (วท.บ) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร วิชาเอกพืชศาสตร์ วิชาโทวิทยาศาสตร์การอาหาร จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2539 ศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปีการศึกษา 2540 และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้