1610.

14914

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

Shelf - Life Minimally Processed Vegetable

โดย

นางสาวชลธิชา แตงประวัติ
นางสาวรักชนก จัดวงษ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 19 มิ.ย. 40 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..... ผศ.ดร.ระดีพร หาเรือนกิจ

(หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2540

21 มิ.ย. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝพ. ช2241
2539

8 มิ.ย. 2540

14414

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

Shelf - Life Minimally Processed Vegetable

T096853

นางสาวชลธิชา แตงประวัติ

นางสาวรักชนก จัดวงษ์

ปพ.
ร224ก
2540

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน...96853...

วัน,เดือน,ปี...15 JUN 2003.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชลธิชา แตงประวัติ และ รักชนก จัดวงษ์ .2540 : การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น (Shelf-life minimally process vegetable) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสลัดสดบรรจุในถุงพลาสติก PE ที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน คือ 0 , 10 , 20 , 30 , 40 และ 50 ppm แล้วนำไปเก็บในตู้ทำความเย็นที่อุณหภูมิ 7 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 , 6 , 9 และ 12 วัน หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณจุลินทรีย์ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น หลังจากเก็บตัวอย่างไว้ 6 วัน พบว่า ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 50 ppm มีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำที่สุดรองลงมาคือ 40 ppm ซึ่งแตกต่างจากความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญและหลังจากเก็บไว้ 9 วัน พบว่าทุกความเข้มข้นมีจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นยกเว้นที่ 50 ppm มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ผู้บริโภคไม่ยอมรับในด้านสีและกลิ่น เพราะมีสีค่อนข้างซีดและมีกลิ่นฉุนของคลอรีน ดังนั้นในการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ยืดอายุการเก็บรักษาของผักสลัดควรใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 40 ppm จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 6 วัน

ชลธิชา แตงประวัติ		19 มีนาคม
รักชนก จัดวงษ์		
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจาก ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา และอาจารย์ระจิตร จุฑากรณ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ในการทำปัญหาพิเศษ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการ และเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความสะดวกแก่คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ คุณสมภพ วัฒนมณี เจ้าหน้าที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ คุณวสวัติ แก้ววังสาร และคุณนฤมล อินทรีย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูล,อุปกรณ์และคำปรึกษาที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ ๆทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ปัญหาพิเศษประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนญาติพี่น้องที่ให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดมา

ชลธิชา แตงประวัติ
รักชนก จัดวงษ์
มีนาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทรรศน์	2
2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผักผลไม้	2
2.2 การเน่าเสียของผักผลไม้	12
2.3 การบรรจุผักผลไม้ด้วยการปรับสภาพบรรยากาศ	15
2.4 สารประกอบคลอรีน	20
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
3.1 วัตถุดิบ	24
3.2 สารเคมี	24
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	24
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	25
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
4.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผักสลัดที่บรรจุถุง	27
4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์	29
4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักสลัดบรรจุถุง	31
4.4 การทดสอบคุณภาพของผักสลัดโดยวิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 36

5.1 สรุปผลการทดลอง 36

5.2 ข้อเสนอแนะ 37

เอกสารอ้างอิง 38

ภาคผนวก ก 40

ภาคผนวก ข 44

ภาคผนวก ค 48

ภาคผนวก ง 50

ประวัติผู้เขียน 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่แตกต่างกัน 27

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่แตกต่างกัน 29

4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่แตกต่างกัน 31

4.4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 3 วัน 33

4.5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน 34

4.6 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 9 วัน 35

4.7 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 12 วัน 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงน้ำหนักสูญเสียของผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์แตกต่างกัน 28

4.2 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์แตกต่างกัน 30

4.3 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์แตกต่างกัน 32

ง.1 แสดงการแช่ผักในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 50

ง.2 แสดงการทำให้ผักสะเด็ดน้ำ 51

ง.3 แสดงการใช้แสงอุลตร้าไวโอเลต (UV) ในการฆ่าเชื้อของถุงพลาสติก 52

ง.4 แสดงลักษณะของผักหลังจากทำการหั่น 53

ง.5 แสดงการบรรจุผักลงในถุงพลาสติก 54

ง.6 แสดงการเก็บรักษาผักในตู้ทำความเย็น 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านเกษตรกรรม สามารถผลิตผลิตผลทางการเกษตรได้อย่างมากมาย อีกทั้งยังมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นซึ่งเหมาะแก่การเพาะปลูกพืชผักผลไม้ได้หลายชนิด โดยเฉพาะผักและผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของวิตามินและเกลือแร่หลายชนิด รวมถึงคาร์โบไฮเดรตด้วย จึงมีการนำผักและผลไม้มาทำการแปรรูป เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนมากขึ้นซึ่งเป็นแรงจูงใจในการที่จะพัฒนาคุณภาพผลิตผลให้ดีมากขึ้นต่อไป

ในปัจจุบันมีการให้ความสนใจกับอาหารเพื่อสุขภาพ (Health Food) เป็นอย่างมาก โดยจะเป็นอาหารที่ทำมาจากผักและผลไม้เป็นส่วนใหญ่ ในที่นี้จะกล่าวถึงผักสลัดซึ่งนอกจากจะเป็นอาหารเพื่อสุขภาพประเภทหนึ่งแล้ว ยังให้แคลอรี่ต่ำและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อีกทั้งยังสะดวกต่อการบริโภค เนื่องจากสามารถรับประทานได้ทันทีและยังมีส่วนช่วยในการดึงดูดความสนใจในอาหารแต่ละมื้อ โดยจะเน้นที่สีสัน เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และรูปร่างของผักสด เป็นสำคัญ จะเห็นได้ว่า ผักสลัดได้รับความนิยมมากขึ้นและมีจำหน่ายใน Supermarket เป็นส่วนใหญ่ โดยที่ผักสลัดจะต้องคงความสดได้นานและมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการจำหน่าย และมีความปลอดภัยต่อผู้โภค ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคมั่นใจในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดที่ใช้ทำผักสลัดบรรจุในถุงพลาสติก
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียในระหว่างการเก็บรักษา
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักสลัดเมื่อบรรจุในถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผักผลไม้

ช่วงชีวิตของผักผลไม้อาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ ช่วงการเจริญเติบโต (growth) ช่วงเติบโตเต็มที่ (maturation) และช่วงร่วงโรย (senescence)ช่วงชีวิตทั้งสามนี้ไม่อาจแบ่งแยกกันได้อย่างเด่นชัด ช่วงการเจริญเติบโตนั้นเซลของพืชจะมีขนาดเพิ่มขึ้น มีจำนวนเพิ่มขึ้นจนส่วนของพืชมีขนาดหรือมีลักษณะสมบูรณ์เต็มที่ ช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโตจนถึงการเติบโตเต็มที่จะเป็นช่วงการพัฒนา (development phase) ของพืช ช่วงร่วงโรยจะเป็นช่วงที่กระบวนการสังเคราะห์สารต่างๆทางชีวเคมีซึ่งเรียกว่า anabolic stage หยุดลง และเปลี่ยนเป็นการสลายสารต่างๆเรียกว่า catabolic stage ไปจนกระทั่งเซลของเนื้อเยื่อตายไปในที่สุด สำหรับผลไม้ในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนที่จะถึงช่วงร่วงโรยจะมีช่วงการสุก (ripening) ผลไม้จะมีการพัฒนาและการเติบโตเต็มที่อย่างสมบูรณ์เมื่อยังอยู่บนต้น แต่ช่วงการสุกและการร่วงโรยนั้น อาจเกิดขึ้นขณะที่ผลไม้ยังอยู่บนต้นหรือถูกเก็บเกี่ยวแล้ว ซึ่งตามปกติการเก็บเกี่ยวผลไม้นั้นจะเก็บจากต้นเมื่อแก่เต็มที่หรือเมื่อสุกบนต้นแล้วแต่ชนิดของผลไม้ ผลไม้บางชนิดซึ่งบริโภคในลักษณะของผัก เช่น แตงกวา มักจะถูกเก็บเกี่ยวในขณะที่ยังไม่แก่เต็มที่

สำหรับผักมีการเจริญเช่นเดียว กับผลไม้เพียงแต่ไม่มีการสุก ในผักจะแยกช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่กับช่วงการร่วงโรยออกจากกันได้ยาก และการเก็บเกี่ยวผักนั้นอาจทำในช่วงใดของการเจริญเติบโต ขึ้นกับชนิดของพืชและลักษณะการนำไปใช้งาน

ในที่นี้จะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในพืชเป็น 2 ช่วงคือ

- การเปลี่ยนแปลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่
- การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

1) <u>ปริมาณน้ำ</u> โดยทั่วไปปริมาณน้ำในเซลจะลดลง ในพืชบางชนิดอาจใช้ความชื้นเป็นตัวบอกความแก่อ่อนได้ เช่น ในข้าวโพดหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คาร์โบไฮเดรต อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดก็ได้ โดยทั่วๆไปผักจะมีการสะสมสตาร์ช แต่ผลไม้จะเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล

3) องค์ประกอบของผนังเซล ในผัก เซลลูโลสจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผนังเซลมีความหนามากขึ้นบางครั้งจะมีลิกนินเกิดร่วมไปกลับเซลลูโลสด้วย เช่น ในหน่อไม้ฝรั่ง ทำให้อายุมากขึ้นจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นกากมากขึ้น ส่วนในผลไม้นั้นปริมาณเซลลูโลสเกือบจะคงที่ จนกระทั่งผลไม้เริ่มสุก จากนั้นผนังเซลจะเริ่มบางลงและเซลลูโลสจะอยู่ในรูปผลึกมากขึ้น ส่วนปริมาณเพคตินจะเพิ่มขึ้น

4) โปรตีน ส่วนใหญ่ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มมากขึ้น แต่ในผักผลไม้บางชนิดจะไม่เห็นแนวการเปลี่ยนแปลงแน่ชัด

5) สารประกอบไนโตรเจนโมเลกุลต่ำ จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลไม้แก่ขึ้น

6) กรดอินทรีย์ ปริมาณกรดอินทรีย์จะเพิ่มขึ้นแล้วจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆจากระยะแก่เต็มที่ ซึ่งในช่วงนี้ปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นสามารถเห็นได้ชัดในผลไม้

7) คลอโลฟิลล์และแคโรทีนอยด์ มีแนวโน้มที่จะถูกทำลาย ซึ่งขึ้นกันความอุดมสมบูรณ์ของดิน

สำหรับพืชที่มีแคโรทีนอยด์โดยทั่วไปปริมาณแคโรทีนอยด์จะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้น เช่นในมะเขือเทศ ปริมาณไลโคพีนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากระยะแก่จัด ปริมาณแคโรทีนที่เพิ่มขึ้นประกอบกับการถูกทำลายของคลอโรฟิลล์ จะทำให้สีของผักผลไม้เมื่อสุกหรือแก่จัดจะเปลี่ยนแปลงไป โดยมีสีเขียวลดลงและมีสีเหลืองหรือแดงเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนสีนี้เป็นลักษณะที่ต้องการในผลไม้แต่เป็นที่ไม่ต้องการของผักที่มีสีเขียว

8) ฟลาโวนอยด์ ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อผลไม้มีอายุมากขึ้น จึงทำให้มีรสฝาดน้อยลง

9) แร่ธาตุ จะขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในดินที่ปลูก ปริมาณแร่ธาตุจะเปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลต่อผักผลไม้ในด้านคุณภาพทางสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้

2.1.2.1) การหายใจ (Respiration)

การดำรงชีวิตอยู่ของพืชจำเป็นต้องใช้พลังงาน ซึ่งพลังงานนี้จะมาจากกระบวนการการหายใจ การหายใจเป็นกระบวนการสลายสารอินทรีย์ซึ่งสะสมพลังงานศักย์ไว้มาก ให้เป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีพลังงานสะสมต่ำกว่าพร้อมกับพลังงานซึ่งพืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหายใจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบแรกเป็นการหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobe) จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในสภาวะที่มีออกซิเจน จนได้ผลิตภัณฑ์คือ น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์พร้อมกับพลังงาน ส่วนการหายใจอีกแบบหนึ่งนั้น จะเกิดในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดโมเลกุลปานกลาง เช่น เอทานอล การหายใจแบบนี้จะได้พลังงานน้อยกว่าเรียกว่าการหายใจแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobe) กระบวนการหายใจทั้งสองแบบนี้ การหายใจแบบใช้อากาศเป็นการหายใจที่สำคัญซึ่งเกิดในผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ส่วนการหายใจแบบไม่ใช้อากาศนั้นจะเกิดขึ้นบางสภาวะเท่านั้น เช่น ในเนื้อเยื่อซึ่งอยู่ในระยะร่วงโรยที่โครงสร้างบางส่วนถูกทำลายไป ทำให้การผ่านของออกซิเจนเข้าไปภายในเนื้อเยื่อเกิดขึ้นได้น้อยลง

ผักผลไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจต่างกันซึ่งอัตราการหายใจนี้จะแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายใน ในกรณีทั่วไป ผักผลไม้จะถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่มีคุณภาพต่าง ๆใกล้จะเหมาะกับการบริโภค ดังนั้นผักผลไม้ที่มีอัตราการหายใจหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเสื่อมเสียรวดเร็วกว่า อัตราการหายใจของผักผลไม้จะวัดจากอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อ

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจกับคุณภาพของผลิตผล</u>

การหายใจเป็นกระบวนการสลายอินทรีย์วัตถุที่สะสมของพืชในรูปคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน โดยก๊าซออกซิเจน เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน จัดว่าเป็นกระบวนการทำลายอาหารที่สะสมไว้ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชตามมาคือ

1) คุณค่าทางอาหารลดน้อยลง
2) รสชาดเสื่อมด้อยลงโดยเฉพาะความหวาน
3) น้ำหนักวัตถุสะสมลดลงมากโดยเฉพาะพืชผักที่ต้องนำมาทำให้แห้งน้ำ
4) การที่อาหารสะสมในเนื้อเยื่อหมดเปลืองไปจะนำไปสู่ความตายของเนื้อเยื่อ
5) มีการปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ทำให้พืชเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจกับการเก็บรักษา

อัตราการหายใจของพืชหลังเก็บเกี่ยว เป็นสิ่งที่แสดงถึงอายุการเป็นรักษาได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปพืชที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการเก็บรักษาสั้น พืชที่มีอัตราการหายใจต่ำจะมีอายุการเก็บรักษาหลังเก็บเกี่ยวได้นาน

รูปแบบการหายใจ

พืชแต่ละชนิดมีอัตราการหายใจไม่เท่ากัน ซึ่งแบ่งแยกตามชนิดของพืชได้ดังนี้

1) การหายใจของผลไม้ ผลไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจไม่เท่ากัน (สายชล เกตุษา 2528 : 113) ได้อ้างการศึกษาของ Biale ซึ่งเป็นนักเคมีชาวอเมริกัน ได้จำแนกผลไม้ตามลักษณะการหายใจออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1) Climacteric Fruit คือผลไม้ที่มีการสุกเมื่อแก่จัด หลังจากที่ผลแก่จัดจะมีอัตราการหายใจลดต่ำลงมาก เมื่อเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุกอัตราการหายใจจะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการเพิ่มอัตราการหายใจนี้จะเพิ่มอย่างรวดเร็วและสูงมากด้วย เมื่อสุกเต็มที่แล้วอัตราการหายใจก็จะค่อยๆลดต่ำลงจนเข้าสู่ระยะเสื่อมสลาย ฉะนั้นผลไม้พวกนี้สามารถเก็บแล้วนำมาบ่มให้สุกได้ในภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น มะเขือเทศ มะม่วง ละมุด กล้วย ทุเรียน เป็นต้น

1.2) Non - climacteric คือ ผลไม้ที่ไม่มีการสุกเมื่อแก่จัด หลังจากที่ผลแก่จัดอัตราการหายใจลดต่ำลงในระยะเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยวแล้วผลิตผลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก คือ อัตราการหายใจค่อนข้างจะคงที่ตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนถึงระยะเสื่อมสลาย รสชาดคงที่ อายุการเก็บรักษาค่อนข้างยาว ฉะนั้นถ้าเก็บเกี่ ยว ผลที่ยังไม่แก่จัดเต็มที่ก็จะได้ผลที่มีรสเหมือนเดิมตลอดไป จึงต้องเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่จัด เช่น ส้ม สับปะรด มะนาว เงาะ สำใย ลิ้นจี่ แตงกวา

ปัจจัยที่มีผลต่อการหายใจ

1) ปัจจัยภายใน จะเกี่ยวข้องกับลักษณะต่างๆของพืชโดยตรง คือ

1.1) ชนิดของพืช พืชแต่ละชนิดจะมีอัตราการหายใจไม่เท่ากัน เช่น อโวกาโดซึ่งเป็นพืชสะสมไขมันจะมีอัตราการหายใจสูงกว่ากล้วย ซึ่งเป็นพืชสะสมแป้ง

1.2) อายุของการเจริญเติบโต ผลไม้ขณะมีอายุน้อยจะมีอัตราการหายใจสูง แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีอัตราการหายใจลดลง ในพวก Climacteric จะมีอัตราการหายใจต่ำสุดขณะที่ผลกำลังแก่ และมีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่อยู่ระยะหนึ่งหลังการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยว เมื่อผลไม้เริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุดแล้วค่อยๆ ลดลง ส่วนผลไม้ประเภท Non - climacteric หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว อัตราการหายใจจะลดลงเล็กน้อยหรือคงที่ตลอดเวลาจนถึงระยะเสื่อมสลาย

1.3) ขนาดของพืช หัวมันฝรั่งขนาดเล็กมีอัตราการหายใจมากกว่าหัวมันฝรั่งขนาดใหญ่ เพราะว่าหัวขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสออกซิเจนมากกว่าหัวขนาดใหญ่

1.4) สารธรรมชาติที่เคลือบผิว ผลที่มีสารเคลือบผิวมากจะหายใจน้อยกว่าผลที่มีสารเคลือบผิวน้อยกว่า เช่น แอปเปิ้ลจะมีสารเคลือบผิวมากกว่าสาลี่จึงมีการหายใจน้อยกว่า

1.5) ชนิดของเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อที่มีอายุน้อยหรือกำลังเจริญเติบโตจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อเยื่อที่มีอายุมากหรือกำลังพักตัว

2) ปัจจัยภายนอก

2.1) อุณหภูมิ ในสภาพอุณหภูมิ 32 - 95 องศาฟาเรนไฮท์ อัตราการหายใจของพืชเพิ่มขึ้น 2-2.5 เท่าทุกๆ 18 องศาฟาเรนไฮท์ที่เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 95 องศาฟาเรนไฮท์ อัตราการหายใจของพืชจะกลับลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงมากจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

2.2) ก๊าซเอทิลีน การใช้ก๊าซเอทิลีนกับผักผลไม้จะมีช่วงระยะเวลาที่มีอัตราการหายใจสูงสุด (Climacteric peak) ก๊าซเอทิลีนจะย่นระยะเวลาของการเกิด Climacteric Peak ในผลไม้ประเภท Climacteric ให้เกิดเร็วขึ้น แต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ ก๊าซเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้ผลไม้ประเภท Non - climacteric เกิดการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อใดก็ได้ หลังจากได้รับก๊าซเอทิลีน อัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของก๊าซเอทิลีนที่ได้รับ การใช้ก๊าซเอทิลีนกับผลไม้ Climacteric จะได้ผลดีในระยะที่ผลไม้อยู่ในช่วง Preclimacteric และที่อุณหภูมิสูงขึ้น

2.3) ก๊าซออกซิเจน โดยปกติแล้วถ้าอากาศมีออกซิเจนเพิ่มหรือลดจาก 21% จะทำให้อัตราการหายใจของพืชเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงเล็กน้อย ผลไม้ประเภท Climacteric มี Climacteric Peak เกิดขึ้นช้าหรือไม่เกิดขึ้น ถ้าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนต่ำมากๆ ใกล้ศูนย์

2.4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 0.03% จะทำให้อัตราการหายใจของพืชลดน้อยลง ต้องระวังอย่าให้สูงกว่า 1% จะทำให้เกิดอันตรายต่อพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งการหายใจได้

2.6) การเกิดบาดแผล เนื้อเยื่อส่วนต่างๆของพืชที่เกิดบาดแผลไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุอะไรก็ตามจะทำให้มีการหายใจเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและความรุนแรงของบาดแผล

2.1.2.2 <u>การคายน้ำ</u> (Transpiration)

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่ผิวของผักผลไม้ อัตราการคายน้ำหรือสูญเสียน้ำจะขึ้นกับพื้นที่ผิวและลักษณะโครงสร้างของผิว ผักที่มีใบมากจะมีอัตราการสูญเสียน้ำรวดเร็วและมีค่าสูงเนื่องจากมีพื้นที่ผิวสูง และโครงสร้างของใบมีมีช่องเปิดทำให้สูญเสียน้ำได้ง่าย ส่วนแอปเปิ้ลจะมีการสูญเสียน้ำน้อย เนื่องจากมีรูปร่างเป็นทรงกลมซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ต่อปริมาณต่ำ และยังมีไขเคลือบที่ผิวช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำด้วย อัตราการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อจะขึ้นกับความดันไอระหว่างภายนอกและภายในเนื้อเยื่อ ถ้าแตกต่างกันมาก ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสูญเสียน้ำคือ ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ

อุณหภูมิของระบบก็มีผลต่ออัตราการสูญเสียน้ำ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันไอของน้ำในเนื้อเยื่อสูงขึ้น เมื่อนำผักผลไม้ที่มีอุณหภูมิสูงมาเก็บในที่อุณหภูมิต่ำ ในช่วงแรกจะมีอัตราการสูญเสียน้ำสูง แม้ว่าความชื้นของบรรยากาศที่เก็บจะอิ่มตัว ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้นของผักผลไม้และอุณหภูมิของอากาศ อัตราการสูญเสียน้ำจะค่อยๆลดลงเมื่ออุณหภูมิของผักผลไม้ลดลงเข้าสู่อุณหภูมิของสภาวะการเก็บ

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ</u>

1) <u>ความชอกช้ำ</u> ผักผลไม้ที่มีการชอกช้ำจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น พบว่าแครอทเมื่อช้ำจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า

2) <u>การปอกเปลือก</u> การปอกเปลือกจะทำให้อัตราการหายใจเพิ่ม

3) <u>การงอก</u> เนื้อเยื่อที่มีการงอกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น พบว่าผักซึ่งเป็นลำต้นใต้ดินหรือรากที่สะสมอาหาร เมื่อมีการงอกจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

4) <u>อุณหภูมิ</u> เนื้อเยื่อพืชจะยังคงมีชีวิตตามปกติได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น ถ้าอุณหภูมิของระบบสูงหรือต่ำเกินไปจะเกิดอาการผิดปกติขึ้น ในการเก็บผักผลไม้ในอุณหภูมิที่เหมาะสม ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มอัตราการหายใจนี้จะเกิดมากในช่วงอุณหภูมิ 5 - 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) <u>ความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์</u> จะเห็นว่าจากกระบวนการหายใจแบบใช้อากาศนั้น เนื้อเยื่อพืชจะใช้ออกซิเจนและได้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิต ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองชนิดนี้จะมีผลต่ออัตราการหายใจของพืช อากาศปกติจะประกอบด้วยออกซิเจน 21% และคาร์บอนไดออกไซด์ 0.3% การลดปริมาณออกซิเจนและเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของบรรยากาศที่เก็บ ซึ่งเท่ากับเป็นการลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นและเพิ่มความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์สามารถลดอัตราเร็วของการหายใจลงได้ แต่อย่างไรก็ตามการปรับความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองชนิดในบรรยากาศจะต้องทำอย่างระมัดระวัง การลดปริมาณออกซิเจนมีระดับต่ำเกินไป จะเป็นการบังคับให้การหายใจของพืชเป็นแบบไม่ใช้อากาศ เกิดการสะสมของผลิตภัณฑ์ คือ เอทานอล และอะเซตอลดีไฮด์ในเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติที่ไม่ต้องการ ในด้านตรงกันข้ามการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจนสูงเกินไป จะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ ปรากฏการณ์การลดออกซิเจนและเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศนี้จะเกิดขึ้นตามธรรมชาติเมื่อเก็บผักผลไม้ในภาชนะปิด ดังนั้นในการเก็บผักผลไม้จะต้องมีการระบายอากาศหรือปรับสภาพบรรยากาศที่เก็บให้เหมาะสมเพื่อควบคุมอัตราการหายใจของผักผลไม้

6) <u>เอทิลีน</u> เอทิลีนเป็นก๊าซซึ่งมีการผลิตออกมาจากเนื้อเยื่อของผลไม้ระหว่างการสุก ผลไม้ส่วนมากจะมีการผลิตก๊าซนี้ระหว่างการสุก ยกเว้นผลไม้บางชนิด เช่น ผลไม้ตระกูลส้ม สับปะรด และมะม่วง เอทิลีนจะมีผลต่อการหายใจโดยเฉพาะในผลไม้ที่มีช่วงไคลแมกเทอริก โดยจะช่วยเร่งให้เกิดไคลแมกเทอริกเร็วขึ้น แต่จะไม่มีผลต่อขนาดของพืก สำหรับผักผลไม้ที่ไม่มีช่วงไคลแมกเทอริกเอทิลีนจะทำให้มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการสุก ผลของเอทิลีนที่มีต่ออัตราการหายใจของผักผลไม้ทั้งที่มีและไม่มีช่วงไคลแมกเทอริก

2.1.2.3 <u>การสร้างก๊าซเอทิลีน</u>

ก๊าซเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับอายุการเก็บรักษาของพืช เนื่องจากก๊าซเอทิลีนจะเป็นตัวกระตุ้นให้พืชแก่เร็วขึ้น ทำให้พืชถึงระยะเสื่อมสลายเร็วขึ้นด้วย อัตราการสร้างก๊าซเอทิลีนจะต่ำมากระหว่างช่วงเวลาของการเจริญและการพัฒนาของผล ในผลไม้ประเภท climacteric จะมีอัตราการสร้างก๊าซเอทิลีนสูงมากในช่วงเดียวกับการหายใจมากขึ้น อัตราการสร้างสูงสุดคงที่อยู่ระยะหนึ่งแล้วลดลง ส่วนผลไม้ประเภท Non - climacteric จะมีการสร้างก๊าซเอทิลีนค่อนข้างสม่ำเสมอในอัตราต่ำ

ผลิตผลที่เกิดบาดแผลหรือได้รับอันตรายอื่นๆ เช่น ชอกช้ำหรือได้รับสารพิษ ก็สามารถกระตุ้นให้พืชสร้างก๊าซเอทิลีนได้ แล้วก๊าซเอทิลีนก็จะไปกระตุ้นให้พืชนั้นสร้างก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอทิลีนในปริมาณมากขึ้น ดังนั้นห้องที่ใช้เก็บผลิตผลไม่ควรมีผัก ผลไม้สุก หรือผลิตผลที่มีบาดแผลปนอยู่ และควรหาทางกำจัดก๊าซเอทิลีนที่เกิดจากการปลดปล่อยของพืชเอง

2.1.2.4 <u>การเปลี่ยนสี</u>

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลต่างๆ มักมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นโดยเฉพาะสีเขียวจะหายไปมักปรากฏสีเหลืองหรือแดงขึ้นแทน สีต่าง ๆ ของผลิตผลที่เห็นนี้เกิดจากเม็ดสี (Pigment) หรือสารสีต่างๆ ที่มีอยู่ภายในเซลล์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ พวกที่ละลายในน้ำ พบในแวคคิวโอล (Vaccuole) ได้แก่ แอนโทไซยานิน (Anthoocyanin) อีกพวกจะละลายได้ในไขมันพบในพลาสติด (Plastid) มีหลายชนิดด้วยกันคือ คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) สารสีเหลืองคาโรทีน (Carotene) และสารสีแดง (Lycopene) สารสีเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้สีของผลิตผลเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบของการสีเหล่านี้

การป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ทำได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงและเก็บภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ เพราะว่าคลอโรฟิลล์จะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน ส่วนในพืชผักกินใบแสงสว่างจะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์เพราะมีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์อยู่ และยังพบว่าผลิตผลส่วนที่มีสีเขียวจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าส่วนที่มีสีขาวหรือไม่มีสี

การป้องกันการสูญเสียสีอื่นๆ แอนโทไซยานิน และคาโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วย คาโรทีน ไลโคปีน และแซนโทฟิลล์ ในผักและผลไม้มักจะมีคาโรทีนและแซนโทฟิลล์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย แต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ เมื่อผักและผลไม้เข้าสู่ระยะชราภาพคลอโรฟิลล์สบายตัวไป สีของคาโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็น โดยปริมาณไม่ได้เพิ่มขึ้น เช่น ในกรณีของกล้วยหอมและส้ม แต่ในมะเขือเทศสุกจะมีไลโคปีน (สารสีแดงในมะเขือเทศ) เพิ่มสูงขึ้น โดยทั่วไปคาโรทีนอยด์มีคุณสมบัติค่อนข้างเสถียรในเซลล์ของผลิตผลภายใต้สภาพการเก็บรักษาต่างๆกัน ส่วนแอนโทไซยานิน จะทำให้เกิดสีแดง ม่วงและน้ำเงิน โดยจะบดบังสีเขียว สีเหลืองและคาโรทีนอยด์ไว้ แอนโทไซยานินในเซลล์ของพืช ไม่ค่อยเสถียรในเซลล์ของผลิตผลภายใต้สภาพการเก็บรักษาต่างๆ กัน ส่วนแอนโทไซยานิน จะทำให้เกิดสีแดง ม่วงและน้ำเงิน โดยจะบดบังสีเขียว สีเหลืองและคาโรทีนอยด์ไว้ แอนโทไซยานินในเซลล์ของพืชไม่ค่อยเสถียรจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ แสง ออกซิเจน ความร้อน สภาพความเป็นกรดด่าง เอนไซม์ เปอร์ออกไซด์ ไวตามินซี ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไอออนของโลหะ โมเลกุลของน้ำตาล เช่นในสภาพที่เป็นกรดนั้นแอนโทไซยานินจะมีสีค่อนข้างแดง แต่เมื่อความเป็นกรดน้อยลงจนถึงระดับที่เป็นกลางจะมีสีน้ำเงิน (จริงแท้ ศิริพานิช , 2531:16-19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.6 การเหี่ยว

ผลผลิตขณะที่ยังอยู่บนต้นเดิมมักจะไม่ค่อยแสดงอาการเหี่ยวให้เห็น เพราะขณะที่อยู่บนต้นนั้นจะได้รับน้ำจากดิน โดยการดูดของรากแล้วส่งผ่านลำต้น เพื่อทดแทนน้ำส่วนที่สูญเสียไป เนื่องจากการคายน้ำ แต่หลังจากที่ผลิตผลถูกตัดจากต้นจะถูกตัดจากแหล่งน้ำในดินด้วย ทำให้ผลิตผลเกิดการเหี่ยว ถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิสูง การเหี่ยวของผลิตผลจะเกิดขึ้นเร็ว และรุนแรงระดับใดจะเกี่ยวข้องกับความสมดุลย์ของน้ำภายในผลิตผลเป็นหลักใหญ่ ผลิตผลที่เหี่ยวทำให้คุณภาพการบริโภคเลวลง เช่น ผลไม้และผัก จะเกิดลักษณะเหนียว ไม่กรอบ ผิวไม่สวย

ปัจจัยที่ควบคุมการเหี่ยวของผลิตผล

1) ลักษณะโครงสร้างของพืช พืชแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างของพืชไม่เหมือนกัน

2) อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ผลิตผลที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงจะมีการคายน้ำสูงด้วย พืชผักรับประทานใบจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าพืชประเภทรับประทานหัว ผักประเภทหัวและผลไม้ที่มีขนาดเล็กจะมีการสูญเสียน้ำมากกว่าผักประเภทหัวและผลไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่า

3) สารเคลือบผิวตามธรรมชาติ พืชแต่ละชนิดจะมีสารประเภทไข (Wax) เคลือบผิวตามธรรมชาติ ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีสารเคลือบผิวหนาไม่เท่ากันและชนิดของไขไม่เหมือน โครงสร้างของสารเคมีเคลือบผิวจะมีบทบาทมากกว่าความหนาสารที่เคลือบผิวประกอบด้วยสารหลายชนิดและมีการเรียงตัวต่างกันพบว่า สารเคลือบผิวที่มีการเรียงตัวซ้อนกันอย่างมีระเบียบจะทำให้มีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าสารเคลือบผิวที่หนากว่าแต่มีโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ

4) บาดแผล การเกิดบาดแผลไม่ว่ามากหรือน้อยจะมีผลไปกระตุ้นให้พืชมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น โดยเฉพาะถ้ารอยแผลนั้นลึกมากหรือทำลายเซลล์ชั้นของผิวที่ทำหน้าที่ป้องกัน ทำให้เนื่อเยื่อที่อยู่ข้างล่างซึ่งมีลักษณะผนังบางสัมผัสโดยตรงกับอากาศ ทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น

5) อุณหภูมิและความชื้น พืชจะมีการสูญเสียน้ำมากในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ปริมาณความชื้นในห้องที่มีอุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮท์ ความชื้นสัมพัทธ์ 90% จะแห้งกว่าห้องที่มีอุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮท์ ความชื้นสัมพัทธ์ 90% เนื่องจากปริมาณความชื้นที่อากาศสามารถรับไว้ได้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดอิ่มตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ฉะนั้นการคายน้ำของผลิตผลเกษตรสดในห้องที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสูงกว่าผลิตผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกษตรสดในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำทั้งๆที่มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากัน จึงต้องมีการลดอุณหภูมิของผลิตผลเกษตรสดอย่างรวดเร็วหลังเก็บเกี่ยว เพื่อลดการเหี่ยวและอันตรายจากการเน่าเสียด้วย

6) การเคลื่อนที่ของอากาศ อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านผิวผลิตผลเกษตรสดด้วยความเร็วสูงจะทำให้พืชเกิดการสูญเสียน้ำมาก ยกเว้นในกรณีที่อากาศนั้นมีความชื้นสูงหรืออิ่มตัวด้วยไอน้ำ การใช้พัดลมทำให้อากาศเคลื่อนที่ภายในห้องเย็นเพื่อกำจัดความร้อนในผลิตผล ควรจะกระทำเพียงให้สามารถกำจัดความร้อนที่เกิดจากการหายใจของผลิตผลเท่านั้น ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของผลผลิตลดเท่ากับอุณหภูมิของห้องเย็นแล้วควรปิดพัดลมทันที

<u>วิธีควบคุมการสูญเสียน้ำที่มีผลทำให้ผลิตผลเหี่ยวกระทำได้ดังนี้</u>

1) การเพิ่มความชื้น โดยการฉีดน้ำให้กับผลิตผลทางการเกษตรสดโดยตรงมักจะทำให้ห้องเย็นมีสภาพเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา ทำให้ผลิตผลเกษตรสดเกิดการเน่ามากขึ้น

2) การลดอุณหภูมิ ควรลดอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด

3) การบรรจุผลิตผลในภาชนะ ป้องกันการสูญเสียน้ำโดยการบรรจุผลิตผลลงในภาชนะต่างๆ เช่น กล่องกระดาษ ลังไม้ เข่ง ถุงพลาสติก หรือถุงตาข่ายไนล่อน

2.1.2.7 <u>การนิ่ม</u>

เกิดจากการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ตัวเชื่อมผนังเซลล์ระหว่างเซลล์ (Intercellular cement หรือ middle - lamella) ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่ง (Primary cell wall) และผนังเซลล์ชั้นที่สอง (Secondary cell wall)

ตัวเชื่อมผนังเซลล์มีลักษณะเป็นเจล (Gel) สร้างขึ้นระหว่างเซลล์ขณะที่มีการแบ่งตัวของเซลล์ สารตัวสำคัญที่อยู่ในตัวเชื่อมระหวางผนังเซลล์กับผนังเซลล์คือ เพคติน (Pectin) ระหว่างโมเลกุลของเพคตินมีแคลเซียม เป็นตัวเชื่อมกลายเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตด (Calcium pectate) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เพคตินที่ไม่ละลายน้ำมีอยู่ในผลที่ดิบคือ โปรโตเพคติน (Protopectin) โปรโตเพคตินจะเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายน้ำได้โดยการทำงานของเอนไซม์ ในระหว่างผลสุกทำให้ได้เพคตินในรูปละลายน้ำ (Soluble Pectin) เซลล์ที่เคยเกาะตัวกันแน่นเริ่มเกาะกันอย่างหลวมๆ และหลุดออกจากกัน โครงสร้างของผนังเซลล์หลวมตัวและเพิ่มการยอมให้สารผ่านมากขึ้น (Permeability) ก่อให้เกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อทำให้ผลนิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเน่าเสียของผักผลไม้

การเน่าเสียของผักและผลไม้อาจเกิดจากปัจจัยทางกายภาพ การทำงานของเอนไซม์ในผักและผลไม้เอง กิจกรรมของจุลินทรีย์ หรือหลายๆอย่างรวมกัน ผักและผลไม้อาจมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เนื่องจากการกัดแทะของแมลง นก และสัตว์ต่างๆ หรือเนื่องจากการตกแต่ง การเยือกแข็ง การทำแห้ง หรือการละเลยไม่เอาใจใส่ต่อการเก็บรักษา อาจทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นหรือมีการปนเปื้อนและการเจริญของจุลินทรีย์ผักและผลไม้ที่เป็นโรคแพร่กระจายไปยังส่วนที่ดีและเกิดการเสียได้ สภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บเกี่ยว การขนส่ง การเก็บและการจำหน่าย ถ้าไม่เหมาะสมจะทำให้ผักและผลไม้เสียเร็วขึ้น ในที่นี้จะขอกล่าวเน้นถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการเสียของผักและผลไม้เนื่องจากจุลินทรีย์ แต่ต้องจำไว้เสมอว่าเอนไซม์ของผักและผลไม้สดจะยังคงทำงานต่อไปด้วย เซลล์ของพืชยังคงต้องการออกซิเจนอยู่เสมอถ้ายังมีชีวิตอยู่ และเอนไซม์ไฮโดรไลทิกจะยังคงทำงานต่อไปแม้ว่าเซลล์จะตายแล้วก็ตาม

โรคของผักและผลไม้มักเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้อาหารจากโฮสต์ และมักจะทำให้เกิดการเน่าเสียหรือทำให้โครงสร้าง และกิจกรรมของผัก และผลไม้เปลี่ยนไปจากเดิม ในที่นี้จะกล่าวถึงการเป็นโรคของผักและผลไม้ เนื่องจากเชื้อโรคและการย่อยสลายของผักและผลไม้เนื่องจากพวกแซบโพรไฟต์เท่านั้น แม้ว่าจะมีโรคของผักและผลไม้บางชนิดที่ไม่ได้เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ก็ตาม

2.2.1 ลักษณะการเน่าเสียแบบต่าง ๆ ของผักและผลไม้เนื่องจากจุลินทรีย์

ลักษณะการเสียของผักและผลไม้แบบที่พบได้ทั่วไป จะผันแปรไปตามชนิดของผลไม้หรือผัก การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์อาจเกี่ยวข้องกับ (1) การกระทำของเชื้อโรคพืชต่อต้น ใบ ดอก หรือรากของพืช ต่อผลหรือส่วนใดส่วนหนึ่งที่ใช้เป็นอาหาร (2) พวกแซบโพรไฟต์ซึ่งอาจเป็นตัวทำลายตัวที่ 2 ต่อจากการทำลายของเชื้อโรค หรือเข้าไปในพืชขณะที่เกิดการเน่า (root) หรือเจริญเป็นตัวทำลายตัวที่ 2 และมีจำนวนมากในน้ำผลไม้และน้ำคั้นจากผักที่ไม่มีการคัดเอาส่วนที่เสียของผักและผลไม้ออกไปก่อนการคั้นน้ำ

ถึงแม้ว่าผักและผลไม้จะมีการย่อยสลายแตกต่างกัน และมีจุลินทรีย์เข้าทำลายต่างชนิดกันก็ตาม แต่จะมีลักษณะการเสียแบบที่พบได้ทั่วไปและพบบ่อยกว่าแบบอื่นในผักและผลไม้ดังนี้

2.2.1.1 แบบเน่าเละเนื่องจากแบคทีเรีย (Bacteris soft rot)มีสาเหตุมาจากเชื้อ Ewinia carotovora และสปีชีส์ใกล้เคียงซึ่งย่อยเพคตินทำให้การเน่าเละและมักให้กลิ่นเหม็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 แบบเน่าสีขยจากราสีเทา (gray mold rot) มีสาเหตุมาจาก Borytis spp. เช่น B.cinerea ซึ่งมีไมซีเลียมสีเทาเจริญได้ดี ในที่มีอากาศอบอุ่นและมีความชื้นสัมพัทธ์สูง

2.2.1.3 แบบเน่าเละเนื่องจากราขนมปัง (rhizopus soft rot) มีสาเหตุมาจาก Rhizopus spp. เช่น R.nigricans ทำให้เกิดการเน่าเสียเละและมีไมซีเลียมคล้ายปุยฝ้าย พร้อมจุดดำของสปอร์แรงเจียมคลุมบนผิวของอาหาร

2.2.1.4 แบบแอนแทร็คโนส (anthracnose) มักมีสาเหตุจาก Colletrichum lindemuthisnum ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลหรือดำที่ใบและผลของพืช

2.2.1.5 แบบเน่าเนื่องจาก Alternaria (Alternaria rot) มีสาเหตุมาจาก Aternaria spp. บริเวณที่เชื้อเจริญจะเริ่มมีสีน้ำตาลแกมเขียว แล้วค่อยๆ กลายเป็นสีน้ำตาลหรือดำในที่สุด

2.2.1.6 แบบเน่าเนื่องจากราสีน้ำเงิน (blue mold rot) มีสาเหตุจาก Penicillium spp. สีน้ำเงินออกเขียวที่เกิดในบริเวณที่เน่าจะเป็นสีของสปอร์ของรา

2.2.1.7 แบบราน้ำค้าง (Downy mildew) มีสาเหตุจากสปีชีส์ต่างๆของ Phytophthora, Bremia , Peronospora , Plasmopara เป็นต้น ราที่เจริญมีลักษณะเริ่มแรกเป็นจุดสีเหลืองปนเขียวเล็กๆ ทางด้านบนใบ เมื่อผลโตขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

2.2.1.8 แบบเน่าเละเป็นน้ำ (water soft rot) มีสาเหตุจาก Sclerotinia , Sclerotiorum , ซึ่งพบในผักอยู่เสมอ

2.2.1.9 แบบโคนต้นเน่า (stem end rot) มีสาเหตุมาจากราชนิดต่างๆ เช่น Diplodia , Phomopsis , Fusarium เป็นต้น

2.2.1.10 แบบเน่าเนื่องจากราสีดำ มีสาเหตุมาจาก Aspergilus niger ซึ่งมีสปอร์สีน้ำตาลเข้มกับสีดำ

2.2.1.11 แบบเน่าดำ (black rot) มักมีสาเหตุมาจากสปีชีส์ต่างๆของ Alternaria แต่บางครั้งก็มีสาเหตุจาก Ceratostomella , Physalospora และสกุลอื่นๆ

2.2.1.12 แบบเน่าเนื่องจากราสีชมพู มีสาเหตุจาก Trichothecium roseum

2.2.1.13 แบบเน่าเนื่องจาก Fusarium (Fusarium rot) มีสาเหตุจาก Fusarium spp.

2.2.114 แบบเน่าเนื่องจากราสีเขียว (green mold rot) มีสาเหตุจาก Cladosporium spp. แต่บางครั้งก็เกิดจากราที่ให้สปอร์สีเขียว เช่น Tricoderma

2.2.1.15 แบบเน่าสีน้ำตาล (brown rot) มักมีสาเหตุจาก Sclerotinia spp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.16 แบบเป็นเมือกหรือมีรสเปรี้ยว (sliminess or souring) มักมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียพวกที่เป็นแซบโพรไฟต์ ซึ่งเจริญในกองผักที่เปียกชื้นและมีความร้อนสะสม

การเสียของผักเนื่องจากรามักจะเป็นแบบเน่าเละเป็นน้ำ ในขณะที่การเสียของผลไม้สดเนื่องจากรามักจะเกิดสีน้ำตาลหรือครีมในบริเวณที่มีราเจริญอยู่ใต้ผิวของผลไม้ ซึ่งไฮฟีและสปอร์จะปรากฏให้เห็นทีหลัง การเสียเนื่องจากราบางแบบจะมีลักษณะแห้ง แข็งและมีสีเปลี่ยนไป การเน่าของผลไม้ที่มีน้ำมากมักจะทำให้ผลไม้แตก

การทราบส่วนประกอบของผักและผลไม้ จะทำให้สามารถทำนายได้ว่าจะเกิดการเสียแบบใด เช่น ในผักสดมีพีเอชเป็นกลางมักจะเน่าเละเนื่องจากแบคทีเรียในขณะที่ไม่พบการเสียแบบนี้ในผลไม้ ซึ่งมีความเป็นกรดสูง ผัก และผลไม้ที่เป็นกรด มักมีผิวค่อนข้างแห้งและไม่มีวิตามินบี การเสียส่วนใหญ่จึงมักมีราเป็นสาเหตุ และชนิดของจุลินทรีย์ที่เข้ามาทำลายจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผักและผลไม้ ดังนั้นจึงมักพบว่าผักและผลไม้บางชนิดจะมีจุลินทรีย์เข้าทำลายได้เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น

การเข้าไปภายในผักและผลไม้ของจุลินทรีย์ ก็มีความสำคัญต่อโอกาสและแบบของการเสียที่เกิดขึ้น ผักและผลไม้ที่เป็นโรคและไม่ได้รับการเอาใจใส่จะทำให้จุลินทรีย์เข้าไปภายในได้ง่ายขึ้น ตำแหน่งของส่วนของพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ก็มีความสำคัญ เช่น ส่วนที่อยู่ใต้ดิน ได้แก่ หัวผักกาด มันสำปะหลัง แครอท และมันฝรั่ง เป็นต้น จะเป็นส่วนที่สัมผัสโดยตรงกับดินที่เปียกชื้นและจะมีการเข้าทำลายโดยจุลินทรีย์ดินได้ง่าย ผลไม้ต่างๆ เช่น สตรอเบอรี่ แตง พริกไทย จะอยู่ติดกับผิวดินส่วนใบ ต้น และดอกของพืช หลายชนิด เช่น กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี บรอคโคลี จะมีการปนเปื้อนกับเชื้อโรคพืช หรือมีนกและแมลงมากัดทำให้เกิดความเสียหายอยู่เสมอ

ลักษณะการเสียจะขึ้นอยู่กับผลิตผลที่ถูกทำลายและเชื้อที่เข้าทำลาย ถ้าผักและผลไม้มีลักษณะอ่อนนุ่มและฉ่ำน้ำ การเน่าก็จะมีน้ำอยู่ด้วยทำให้มีลักษณะเละและเกิดการแตกรั่วอย่างไรก็ตามก็มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสียบางชนิดทำให้เกิดการเสียแบบแห้งและเหนียวคล้ายหนังสัตว์ และมีสีเปลี่ยนไปจากเดิม ผลไม้บางชนิดจะเกิดการเสียที่มีลักษณะเป็นจุดซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไมซีเลียมของราเจริญที่ใต้ผิวและบางชนิดจะมีการเจริญของไมซีเลียมที่ผิวนอกของผลและมีสีที่เกิดจากการสร้างสปอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การบรรจุผักและผลไม้ด้วยการปรับสภาพบรรยากาศ

2.3.1 การเน่าเสียของผักและผลไม้สด

ผักผลไม้สดจะมีอายุการเก็บได้นานเพียงใดหลังการเก็บเกี่ยว ขึ้นกับชนิดและพันธุ์ของผักและผลไม้นั้นๆ ตัวอย่างเช่น ผักและผลไม้เมืองร้อนจะเก็บได้นาน 2 - 3 วัน ผักประเภทใบจะมีอายุการเก็บได้ 2 วัน ผักประเภทหัว เช่น หัวหอมใหญ่ มันฝรั่ง สามารถเก็บได้นานเป็นเดือน แสดงว่า ผักและผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมสภาพ

ผักและผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยว เซลล์ในเนื้อเยื่อยังมีชีวิต การหายใจและการคายน้ำยังคงดำเนินต่อไปจนกว่าผักและผลไม้จะเน่า เมื่อเซลล์เนื้อเยื่อตายการหายใจจึงจะหยุด การหายใจเป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่ก่อเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในเซลล์ มีผลทำให้ผักและผลไม้ค่อยๆเสื่อมสภาพ การชะลอการหายใจและการคายน้ำ จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (shelf life) ของผักและผลไม้ได้

ปฏิกิริยาการหายใจของพืชและสัตว์จะสันดาปน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคสและคายก๊าซ CO_2 ออกมาดังสมการ (การเก็บและถนอมอาหารประเภทผักและผลไม้)

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ENERGY \ (\ 146.1 \ calories\ )$$

การเสื่อมคุณภาพของผักและผลไม้สดเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ ส่วนการเน่าเสียเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ ผักและผลไม้จะปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ บริเวณผิวนอกเมื่อเกิดแผลที่ผิวหรือเซลล์ที่ผิวเกิดการเสื่อมคุณภาพ จุลินทรีย์จะเข้าไปปนเปื้อนภายในเซลล์ และก่อให้เกิดกลิ่นหมักรสเปรี้ยวเหม็นบูดและกลิ่นเหล้า ดังนั้นเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียของผักและผลไม้จึงต้องชะลอปฏิกิริยาการหายใจและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

2.3.2 ความทนทานต่อการลดระดับความเข้มข้นก๊าซ O_2 และ CO_2

พืชแต่ละชนิดแต่ละพันธ์มีความทนทานต่อระดับก๊าซ O_2 และ CO_2 แตกต่างไปตามความทนทานต่อระดับความเข้มข้น O_2 และ CO_2 เมื่อเก็บที่อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมหรือใกล้เคียง เช่น avocado , persimmon , tomato , pepper , cucumber สามารถทนต่อระดับความเข้มข้น O_2 ได้น้อยที่สุด 3% สำหรับ grapefruit , lemon , lime , persimmon , pineapple , cucumber สามารถทนต่อระดับความเข้มข้น CO_2 ได้มากที่สุด 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทนทานต่อระดับความเข้มข้นของ CO_2 ของผักและผลไม้จะลดลงด้วยการลดระดับความเข้มข้นก๊าซ O_2 ในลักษณะเดียวกัน ช่วงการทนทานต่อระดับความเข้มข้นของ CO_2 จะเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มระดับความเข้มข้นก๊าซ O_2 เช่น persimmon สามารถทนได้ที่ระดับความเข้มข้น O_2 3% และ CO_2 10% หากลดระดับความเข้มข้น O_2 น้อยกว่า 3% การทนทานต่อระดับความเข้มข้น CO_2 จะน้อยกว่า 10%

ผักและผลไม้บางชนิดมีความรู้สึกไวต่อระดับความเข้มข้น O_2 ที่ต่ำและความเข้มข้น CO_2 ที่สูงขึ้นอยู่กับความแก่หรืออายุของผักและผลไม้ เช่น ผลไม้สุกมักจะทนทานต่อระดับความเข้มข้น CO_2 ได้สูงกว่าผลไม้ที่ยังไม่สุกหรือผักและผลไม้ที่ผ่านขบวนการตัด , หั่น , slice , ปอกเปลือก หรือการเตรียมอื่นๆ จะทำให้ความสามารถในการแพร่ของก๊าซจะสูงขึ้นโดยสามารถทนต่อระดับความเข้มข้น CO_2 ได้สูงกว่า และทนต่อระดับความเข้มข้น O_2 ที่ต่ำๆ ได้ดีกว่าผักและผลไม้สมบูรณ์

2.3.3 การสร้างบรรยากาศที่ดัดแปลงแบบ Passive Modification

การดัดแปลงสภาพบรรยากาศเกิดขึ้นจากการหายใจของผักและผลไม้ภายในภาชนะบรรจุ โดยขึ้นกับชนิดของผักและผลไม้และคุณสมบัติของแผ่นฟิลม์เป็นสำคัญ

<u>ลักษณะการหายใจและการแพร่ของผักและผลไม้</u>

การแลกเปลี่ยนก๊าซชนิดต่างๆ ระหว่างองค์ประกอบของพืชและสิ่งแวดล้อมสามารถพิจารณาใน 4 ขั้นตอน ต่อไปนี้ (Kader และคณะ , 1989)

- การแพร่ของก๊าซผ่านระบบเนื้อเยื่อ
- การแพร่ของก๊าซผ่าน intercellular system
- การแลกเปลี่ยนก๊าซชนิดต่างๆ ระหว่าง intercellular atmosphere และ cellular solution (cell sap)
- การแพร่ในสารละลายภายในเซลล์ถึงศูนย์กลางของการใช้ O_2 หรือจากศูนย์กลางการผลิต CO_2 , C_2H_4 ออกมาภายนอกเซลล์

ตามหลักการก๊าซจะแพร่ผ่านวิถีทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุดคือ ส่วนใหญ่ก๊าซจะแพร่ผ่านบริเวณที่ไม่มีก๊าซ หรือมีเล็กน้อย (Burg และ Burg , 1965 ; Burton , 1974 ; Solomos) ซึ่งการแพร่ O_2 จะเริ่มจากสิ่งแวดล้อมไปยังศูนย์กลางการใช้ O_2 ภายในเซลล์แต่ CO_2 จะแพร่จากศูนย์กลางที่ผลิตไปยังภายนอกสิ่งแวดล้อม ระดับความเข้มข้น CO_2 (ซึ่งเป็นผลจากการหายใจ) และ C_2H_4 ซึ่งผลิตภายในcell sap จะกระตุ้นการแพร่ของก๊าซออกไปยัง cell wall ที่อยู่ติดๆ กันและไปที่ intercellular space และต่อไปที่บริเวณที่มีระดับความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้นต่ำกว่าจนกระทั่งแพร่ถึง intercellular space ที่ระบบเนื้อเยื่อด้านนอก และจากที่นี่ CO_2 และ C_2H_4 จะแพร่ผ่านปากใบไปยังบรรยากาศภายนอกหรือสิ่งแวดล้อม (Wolfe , 1989 ; Burton , 1982)

การแพร่ของก๊าซภายในผักและผลไม้จะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผักและผลไม้ ชนิดของผักและผลไม้ ระดับความแก่ อายุทางด้านกายภาพ มวลและปริมาตรของผักและผไม้ วิถีทางและอุปสรรคสำหรับการแพร่ คุณสมบัติของโมเลกุลก๊าซ ความเข้มข้นของก๊าซในบรรยากาศล้อมรอบผักและผลไม้ จำนวนความเข้มข้นก๊าซที่แพร่ผ่านสิ่งกีดขวางและอุณหภูมิ (Banks , 1984 ; Smith และ Stow , 1984)

อัตราการหายใจของผักและผลไม้ที่บรรจุอยู่ภายใน พลาสติกฟิลม์จะขึ้นอยู่กับชนิดผักและผลไม้ ระดับความแก่ ภาวะทางฟิสิกส์ ความเข้มข้นของก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ภายในภาชนะบรรจุ ปริมาณผักและผลไม้ในภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และ แสง (Kader และคณะ ,1989)

แนวทางการแพร่ที่แตกต่างของก๊าซ 3 ทาง ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างผักและผลไม้ และบรรยากาศที่ล้อมรอบ ดังนี้

1. lentical และ stomata
2. the cutical
3. the pedical opening or floral end

สำหรับใบไม้การแพร่จะเกิดขึ้นที่ปากใบ ความต้านทานของผนังชั้นนอกต่อการแพร่ของก๊าซถูกกำหนดด้วยความกว้างของปากใบเป็นสำคัญ มีการค้นคว้าและวิจัยเพื่อที่จะหาหน้าที่ที่แน่นอนของปากใบต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Devaux (1891) ซึ่งศึกษาระดับความเข้มข้นของก๊าซ O_2 และ CO_2 ในโพรงของลูกฟักทอง เพื่อที่จะหาปริมาณก๊าซที่แตกต่างจากสิ่งแวดล้อม ได้เสนอว่า การแลกเปลี่ยนก๊าซอย่างรวดเร็วต้องเกิดขึ้นแม้แต่ในองค์ประกอบพืชขนาดใหญ่ที่สุด และยังพบว่าส่วนใหญ่การแพร่ของก๊าซในองค์ประกอบใหญ่เหล่านี้เกิดขึ้นผ่านทาง lentical

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ MAP กับผักและผลไม้ ที่สำคัญมีดังนี้</u>

1) อุณหภูมิ (Kader et al . 1989) อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น 2 หรือ 3 เท่าสำหรบทุกๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส เมื่ออัตราการหายใจเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ O_2 ที่ใช้และปริมาณ CO_2 ที่คายออกมาเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยจึงทำให้สมดุลภายในภาชนะเปลี่ยนแปลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
. 96853

อัตราการแพร่ก๊าซผ่านฟิล์มพลาสติกจะเพิ่มขึ้น 2-5 เท่า ทุกๆการเพิ่มผลไม้สดใน plastic film ควรใช้อุณหภูมิต่ำและการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปอาจเกิดภาวะที่เป็นอันตรายต่อผักและผลไม้ได้

2) ความชื้นสัมพัทธ์(Relative Humidity, RH)

พลาสติกฟิล์มที่ใช้ใน MAP มีความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำต่ำทำให้ RH ภายในภาชนะบรรจุสูง ซึ่งอาจเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำ เกิดภาวะที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียอาจควบคุม RH ภายในภาชนะบรรจุด้วยสารเคมีที่ดูดซับน้ำได้ เช่น $CaSiO_4$, Kcl, NaCl, xylital และ sorbitol (Shirazi และ Cameron,1987)

3) ความเข้มข้นของก๊าซ

ก๊าซที่มีผลต่อคุณภาพของผักและผลไม้มากก็คือ O_2, และ CO_2 เพราะในการหายใจของผักและผลไม้สดจะใช้ O_2 และ CO_2 ดังนั้นปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ต้องมีระดับที่เหมาะสมที่ทำให้อัตราการหายใจต่ำที่สุด แต่ต้องไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียแก่ผักและผลไม้สดนั้นๆ ความเข้มข้นหรือปริมาณก๊าซนี้อาจควบคุมโดยการใช้วัสดุบรรจุ เช่น ฟิล์ม ที่มีความสามารถในการซึมผ่านก๊าซนิดต่างๆในอัตราที่แตกต่างกัน โดยทำการเลือกชนิดของฟิล์มที่เหมาะสม

4) แสง

ถึงแม้ว่าผักและผลไม้ส่วนมาก จะไม่ได้รับผลกระทบจากแสงมากนัก แต่ก็มีพืชบางชนิด ถ้าอยู่ในภาวะที่ถูกแสงและลดระดับความเข้มข้นก๊าซO_2และCO_2เหมาะสมจะเกิดการสังเคราะห์แสงได้ และยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาบางอย่างที่ไม่ต้องการให้เกิด เช่น การเป็นสีเขียวของฝรั่ง ดังนั้น ผักและผลไม้พวกนี้ถ้าจะใช้บรรจุภัณฑ์ควรเลือกที่ป้องกันแสงได้

5) ก๊าซเอทิลีน

เอทิลีนเป็นสารประกอบที่ผัก และผลไม้สร้างขึ้นที่มีผลต่อสรีวิทยาของพืช เอทีลีนเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในพืช ผลิตจากเนื้อเยื่อพืชชั้นสูง เป็นฮอร์โมนผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงต้องพยายามให้ผักและผลไม้สร้างเอทิลีนให้น้อยที่สุดหรือมีการใช้ตัวดูดซับเอทิลีน เพื่อป้องกันไม่ให้มีผลต่อผักและผลไม้อื่นๆ ผักและผลไม้แต่ละชนิดมีอัตราการสร้างเอทิลีน และความสามารถในการทนต่อเอทิลีนแตกต่างกัน ดังนั้นในการเก็บรักษาผักและผลไม้ต่างชนิดในห้องเดียวกัน จึงควรศึกษาด้วยว่ามีผลเสียหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ลักษณะของพลาสติกฟิล์มที่ใช้ในMAP

ลักษณะของพลาสติกฟิล์มชนิดที่สำคัญ มีดังนี้

1) polyolefin film มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำดี มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซสูง และสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อนเป็นโพลิเมอร์ที่มีพันธะโควาเลนต์อยู่ภายในโมเลกุล ประกอบด้วย polyethylene polypropylene polybutylene แต่ที่ใช้กันมากที่สุดใน MAP คือ polyethylene

polyethylene film มีทั้งชนิดความหนาแน่น สูง กลาง ต่ำ มีค่า specific gravity อยู่ในช่วง 0.941 - 0.965 , 0.926 - 0.940 , 0.910 - 0.925 ตามลำดับ หาได้ง่ายมีการนำมาใช้บรรจุผักและผลไม้สดมากที่สุด มีคุณสมบัติป้องกันไอน้ำ ถึงแม้ว่าจะมีความสามารถในการดึงยืดไม่มาก แต่มีความต้านทานสูงต่อสารเคมีที่ทำให้เกิดความเสียหาย เป็นแผ่นฟิล์มที่มีความสำคัญต่อ MAP โดยเฉพาะชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ มีอัตราส่วนความสามารถในการซึมผ่านก๊าซCO_2 ต่อ O_2 สูงนี้เป็นสิ่งสำคัญในการยอมให้ก๊าซ O_2 ซึมผ่านได้น้อยกว่าแต่จะสามารถระบายก๊าซ CO_2 ที่เข้าออกได้มากกว่าเมื่อเทียบกับระบาย O_2

2) polyvinychloride (PVC) ระดับความสามารถในการซึมผ่านก๊าซพอประมาณ มีความนุ่ม โปร่งใสและทนทาน PVC บางชนิดมีอัตราส่วนความสามารถในการซึมผ่านก๊าซ CO_2 ต่อ O_2 สูงมักเหมาะในการนำมาใช้ เป็นฟิล์มที่สามารถห่อตัวบนผักและผลไม้

3) polystyrene flim อัตราความสามารถในการซึมผ่านก๊าซ CO_2 ต่อ O_2 สูง สามารถถูกใช้ในการห่อหุ้มผักกาดหอมและมะเขือเทศเป็นฟิล์มที่หดตัวได้ด้วยความร้อนมีระดับความใสสูง

การแพร่ผ่านของก๊าซผ่าน plastic film ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพลาสติกฟิล์ม ความสามารถในการซึมผ่านก๊าซผ่านแผ่นฟิล์มของก๊าซแต่ะชนิด ความหนา พื้นที่ ความเข้มข้นก๊าซ อุณหภูมิ ความแตกต่างของความดัน ประสิทธิภาพในการบรรจุ และความเร็วของอากาศรอบภาชนะบรรจุ

การเลือกชนิดพลาสติกฟิล์มขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผักและผลไม้ที่ต้องการอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บและระดับความเข้มข้นก๊าซที่เหมาะสม สำหรับผักและผลไม้ผักและผลไม้ ส่วนมากยกเว้นชนิดที่ทนทานต่อระดับความเข้มข้น CO_2 ดีกว่า O_2

<u>ลักษณะทั่วไปของพลาสติกฟิล์มที่เหมาะสมในการนำมาใช้</u>

1) มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซตามต้องการ
2) มีลักษณะโปร่งใสมองผ่านได้และเป็นมันเงา
3) มีน้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทนต่อแรงดึงให้ฉีกขาดและยืดตัว

5) สามารถใช้ความร้อนต่ำในการปิดผนึก

6) ไม่เป็นพิษ

7) ไม่เกิดปฏิกิริยากับผักและผลไม้

8) มีความทนทานต่ออุณหภูมิและโอโซนดี

9) ทนต่อภาวะดินฟ้าอากาศ

10) มีความเหมาะสมทางการค้า

11) สะดวกในการใช้

12) ง่ายต่อการพิมพ์ฉลาก

2.4 สารประกอบคลอรีน

สารประกอบคลอรีนเป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่เหมือนสารฆ่าเชื้อ (Sanitizers หรือ disinfectants) ซึ่งนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1) ระยะเวลาที่สารเคมีสัมผัสกับจุลินทรีย์ (Exposure time) จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความไวต่อสารเคมีที่ใช้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับช่วงการเจริญ การสร้างสปอร์ และปัจจัยอื่น ๆ จึงทำให้เวลาในการใช้ไม่เท่ากัน

2) อุณหภูมิ (Time) สารละลายที่มีอุณหภูมิสูงจะลดแรงตึงผิว โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มอัตราการทำลายจุลินทรีย์

3) พีเอช (pH) โดยทั่วไปพีเอชของสารละลายไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อมากนัก นอกจากสารฆ่าเชื้อบางชนิด เช่น สารประกอบพวกคลอรีนและไอโอดีน จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น

4) ความกระด้างของน้ำ (Hardness) สารพวก Quaternary amminium compounds จะไม่ออกฤทธิ์ในน้ำที่มีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียม อยู่เกิน 200 ppm ถ้าน้ำกระด้างมากประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อจะลดลง

คลอรีนและสารประกอบคลอรีน (Chlorine compounds) ได้แก่พวก ไฮโปคลอไรต์ (Hypochlorite) คลอรามีน (Chloramine) คลอรีนไดอ๊อกไซด์ สาระสำคัญของสารเหล่านี้ที่ทำหน้าที่ในการออกฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์ คือ กรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorous acid : HOCl)

พวกคลอรีนเหลวและสารไฮโปคลอรัส เมื่อผสมน้ำจะได้กรดไฮโปคลอรัสซึ่งจะสลายตัวให้ไฮโดรเจนอิออน (Hydrogen ion : H^+) และไฮโปคลอไรต์อิออน (OCl^-)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

หน้าที่ของสารประกอบคลอรีน

1) ทำลายการสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรีย

2) ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะมิโนแล้วเกิดเป็นไนไตรท์

3) ทำปฏิกิริยากับกรดนิวคลีอิก ไพรีน และไพรินิดีน

4) ทำลายเอนไซม์ที่สำคัญทำให้ขบวนการเมตาโบลิซึมของแบคทีเรียไม่สมดุลย์

5) มีประสิทธิภาพในการทำลายทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบรวมทั้งสปอร์ของไวรัสบางชนิด

6) ทำให้เกิดสีที่ผิดปกติไปจากเดิม

2.4.1 สารประกอบไฮโปคลอไรต์

ไฮโปคลอไรต์เป็นสารประกอบคลอรีนที่ออกฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อได้ดีที่สุด ซึ่งนิยมใช้ในรูปผงของ แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium hypochlorite) ซึ่งมีคลอรีนอยู่ 30% และรูปของเหลวของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) ซึ่งมีคลอรีนอยู่ 10 - 14% ความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนในการทำลายเซลจุลินทรีย์ประมาณ 0.6 - 13 ppm แต่ถ้าทำลายสปอร์ต้องมีความเข้มข้นสูงกว่าถึง 10 - 100 เท่า คือ 1000 ppm (*Clostridium* จะทนต่อคลอรีนได้น้อยกว่าสปอร์ของ *Bacillus*) หรืออาจผสมสารไฮโปคลอไรต์ลงในสารทำความสะอาดได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

ในที่นี้จะกล่าวถึงสารประกอบคลอรีนเพียงแค่โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) เท่านั้น เมื่อสารโซเดียมไฮโปคลอไรต์ละลายน้ำก็ให้กรดไฮโปคลอรัส เช่นกัน

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ที่พีเอชต่ำ ๆ สารประกอบคลอรีนจะให้กรดไฮโปคลอรัสปริมาณสูง ซึ่งจะไปเพิ่มประสิทธิภาพของสารคลอรีนในการฆ่าเชื้อ แต่ที่พีเอชสูงสารประกอบคลอรีนจะแตกตัวให้ไฮโปคลอรัสอิออนมาก ซึ่งไม่มีฤทธิ์ในการทำลายแบคทีเรีย

2.4.1 การทำลายจุลินทรีย์ในน้ำ

เป็นการทำให้น้ำและวัตถุดิบสะอาด ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำโดยการเติมสารคลอรีน แต่คลอรีนที่เติมลงไปในน้ำที่ไม่ใช่น้ำกลั่น บางส่วนของคลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆที่อยู่ในน้ำได้แก่ เหล็ก แมงกานีส และซัลไฟด์ เป็นต้น ปริมาณคลอรีนส่วนนี้เรียกว่า "Chlorine demand" ของน้ำ คลอรีนซึ่งไปทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆเหล่านี้จะไม่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์อีก และไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของปริมาณคอลรีนโดยวิธีไตเตรทได้ ส่วนปริมาณคลอรีนที่หลงเหลืออยู่ทั้งหมดเรียก "Total residue chlorine" จะประกอบด้วยอนุมูลคลอรีนอิสระเรียก "Free residue chlorine" ซึ่งจะออกฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ อนุมูลคลอรีนอิสระที่หลงเหลืออยู่จะมีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารต่าง ๆที่มีอยู่ในน้ำ พีเอช ระยะเวลาที่สัมผัส อุณหภูมิ และปริมาณคลอรีนที่เติมลงไป และมีปริมาณคลอรีนบางส่วนที่หลงเหลือนี้จะไปจับกับสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogenous compound) อย่างหลวม ๆในน้ำ แล้วทำให้เกิดสารคลอรามีนหรือสารประกอบคลอโรไนโตรเจน (Chloronitrogenous) อื่น ๆเรียกว่า "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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ข้อดีและข้อเสียของสารประกอบคลอรีน

ข้อดี

1) ออกฤทธิ์ได้เร็ว ถ้าใช้ที่ความเข้มข้น 50 ppm จะสามารถออกฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์ได้ภายใน 30 วินาที

2) สามารถทำลายเซลล์จุลินทรีย์ (Vegetative cell) ของแบคทีเรียได้ทุกชนิด

3) มีราคาถูกที่สุด

4) ไม่ต้องล้างออกด้วยน้ำ

ข้อเสีย

1) ไม่คงตัว สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน หรือลดประสิทธิภาพเมื่อมีสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์

2) กัดกร่อนเหล็กปลอดสนิมและโลหะอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรใช้เวลาในการสัมผัสน้อย เพื่อป้องกันการกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ผักที่ใช้ทำผักสลัดได้แก่ แตงกวา มะเขือเทศ กะหล่ำปลี แครอท หอมหัวใหญ่

3.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hiperchloride)
3. แอลกอฮอล์ (Alcolhol) 70%

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกราฟโครมาโตกราฟี
2. ตู้บ่มเชื้อ
3. หม้อนึ่งความดัน
4. อ่างน้ำร้อน
5. เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง
6. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
7. ตู้ทำความเย็น
8. ตะเกียง
9. ถุงพลาสติก PE ชนิดทนความเย็น และทนความร้อน
10. หลอดทดลองขนาดกลาง
11. ปิเปตขนาด 1 ml และ 10 ml
12. ขวดรูปชมพู่
13. จานเพาะเชื้อ
14. เครื่องเขย่า
15. บีกเกอร์ขนาด 1000 ml
16. กระบอกตวง
17. คีมคีบ

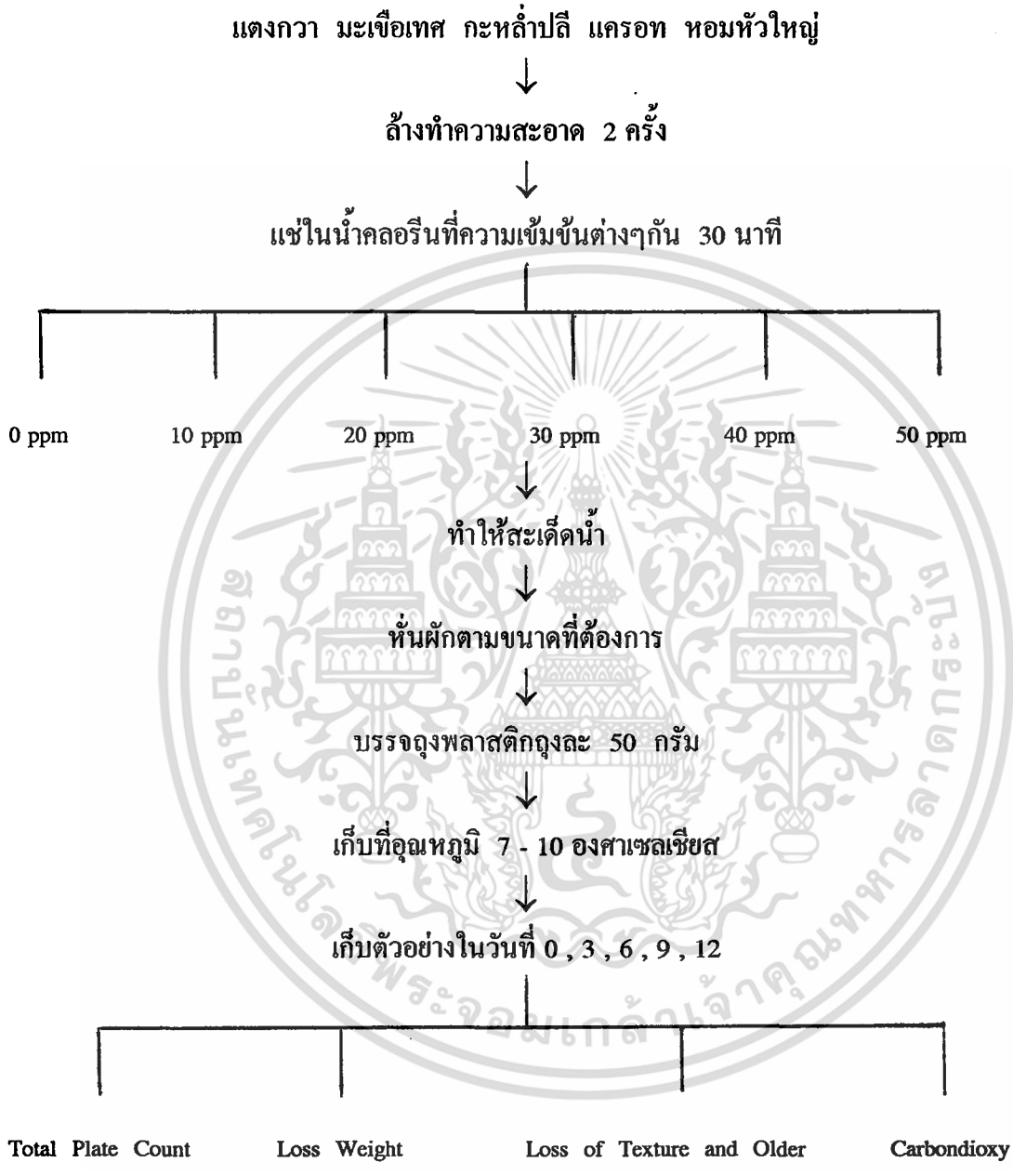
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเตรียมวัตถุดิบ

1. เตรียมผักสดต่างๆ ที่ใช้เป็นผักสลัด ได้แก่ แตงกวา มะเขือเทศ กะหล่ำปลี แครอท หอมหัวใหญ่
2. ล้างผักให้สะอาดด้วยน้ำ 2 ครั้ง
3. แช่ผักด้วยน้ำที่ความเข้มข้นของคลอรีนต่างๆกัน คือ 0 10 20 30 40 50 ppm เป็นเวลา 30 นาที
4. ทำให้สะเด็ดน้ำแล้วผึ่งให้แห้ง
5. หั่นผักต่างๆที่ได้ตามขนาดที่ต้องการ
6. จัดใส่ถุงพลาสติกโดยให้แต่ละถุงหนักประมาณ 50 กรัม
7. ปิดผนึกให้แน่น
8. นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7 - 10 องศาเซลเซียส
9. เก็บตัวอย่างในวันที่ 0 , 3 , 6 , 9 และ 12 มาตรวจสอบทางด้านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผักสลัดที่บรรจุถุง

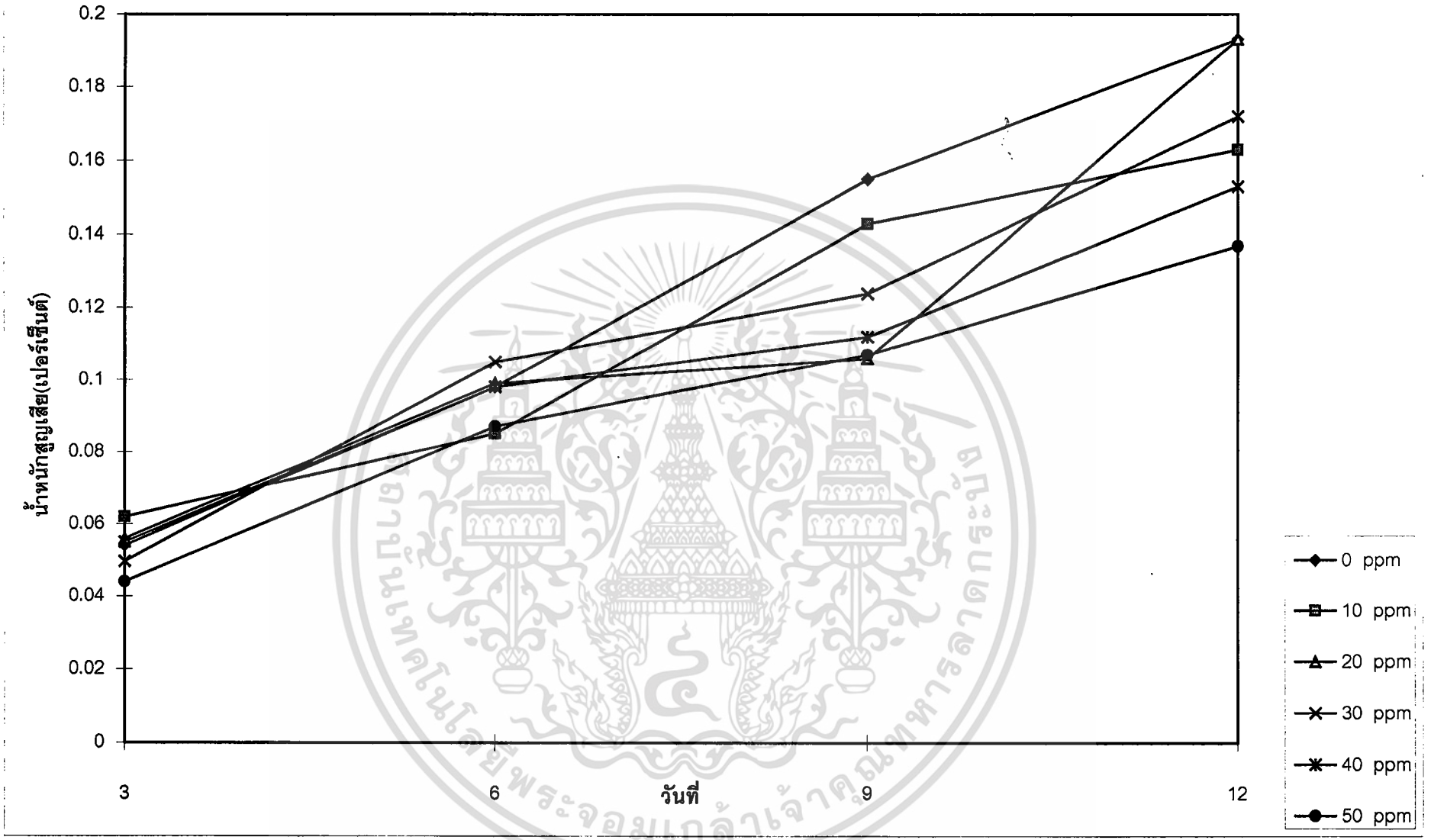
จากตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำหนักสูญเสียของผักสลัดในแต่ละวันจะใกล้เคียงกัน เนื่องจากสภาพภายในถุงมีความชื้นสูงเท่ากัน เพราะใช้พลาสติกชนิดเดียวกันและน้ำหนักที่ใช้บรรจุทำกันจึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮเปอร์คลอไรต์ที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้น	เปอร์เซนต์น้ำหนักสูญเสีย			
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12
0	0.0553 ± 0.0012^{ab}	0.0983 ± 0.0101^{a}	0.1550 ± 0.0095^{c}	0.1930 ± 0.0140^{b}
10	0.0623 ± 0.0110^{b}	0.0846 ± 0.0102^{a}	0.1433 ± 0.0107^{bc}	0.1633 ± 0.0116^{ab}
20	0.5600 ± 0.0005^{ab}	0.0990 ± 0.0112^{a}	0.1057 ± 0.0109^{a}	0.1927 ± 0.0107^{b}
30	0.0496 ± 0.0109^{ab}	0.1053 ± 0.0106^{a}	0.1240 ± 0.0104^{ab}	0.1723 ± 0.0101^{b}
40	0.0553 ± 0.0006^{ab}	0.0983 ± 0.0202^{b}	0.1457 ± 0.0155^{c}	0.1857 ± 0.0023^{b}
50	0.0437 ± 0.0107^{a}	0.0873 ± 0.0214^{a}	0.1070 ± 0.0114^{a}	0.1373 ± 0.0392^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ต่างกัน

4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของผักสลัด

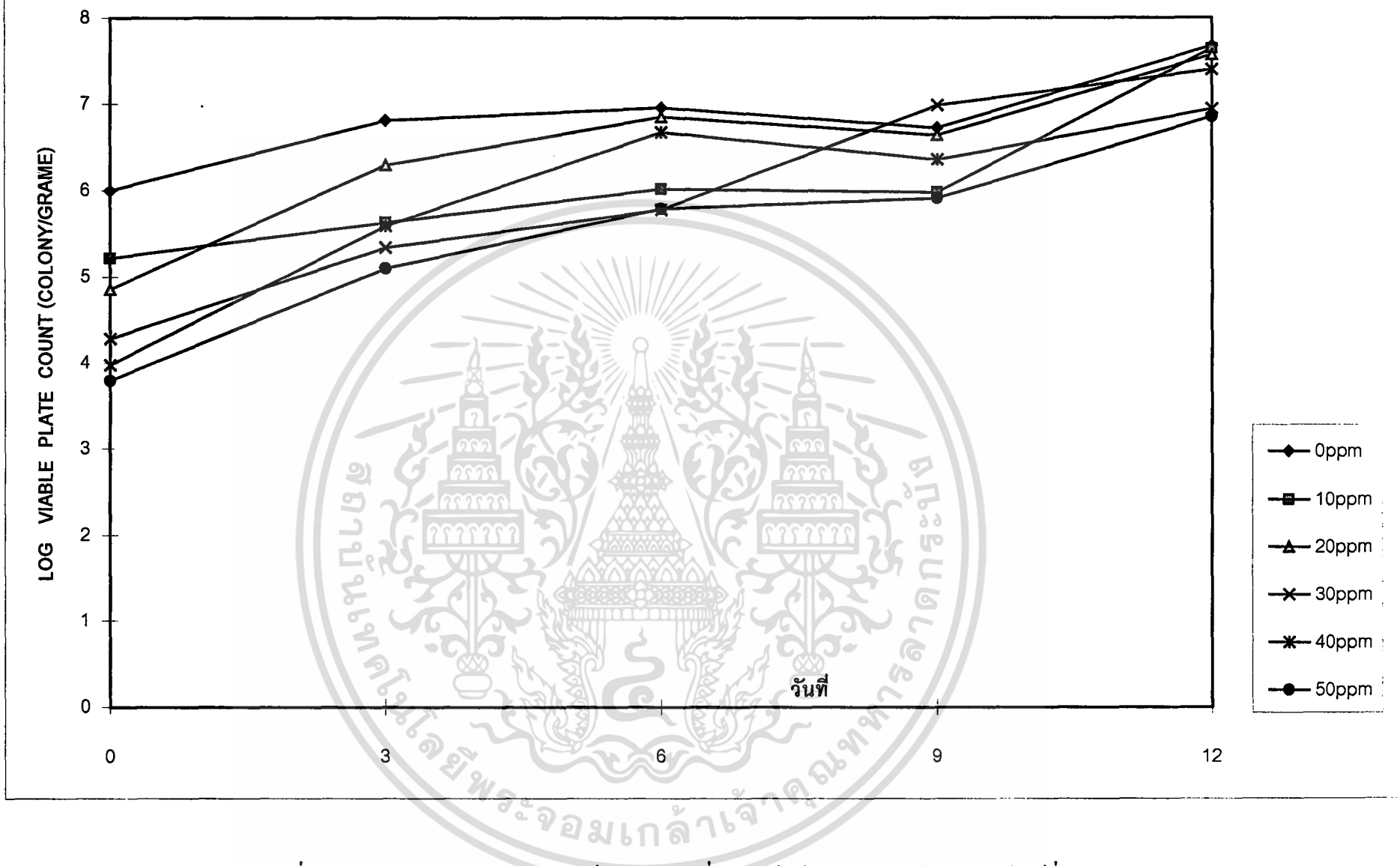
จากตารางที่ 4.2 พบว่าช่วงวันแรกของการเก็บรักษาปริมาณจุลินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้น 40 และ 50 ppm ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างจากความเข้มข้นที่ 10 , 20 และ 30 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผักสลัดที่ไม่ได้แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์จะมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าผักสลัดที่แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ ดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้น	จำนวนจุลินทรีย์ (Log)				
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12
0	5.9150 ± 0.0710^{d}	6.8361 ± 0.1640^{c}	6.9303 ± 0.0576^{d}	6.7567 ± 0.0772^{ab}	7.6797 ± 0.1446^{c}
10	5.3183 ± 0.1148^{c}	5.6697 ± 0.0548^{c}	6.0483 ± 0.0578^{b}	5.9997 ± 0.1120^{a}	7.6553 ± 0.0906^{c}
20	4.8366 ± 0.0595^{c}	6.2330 ± 0.1972^{b}	6.8100 ± 0.0348^{d}	6.6487 ± 0.1105^{ab}	7.5877 ± 0.0664^{c}
30	4.2947 ± 0.0379^{c}	5.3643 ± 0.1369^{d}	6.5873 ± 0.0845^{c}	6.3786 ± 0.0640^{b}	7.2033 ± 0.1097^{b}
40	3.9453 ± 0.0473^{a}	5.5617 ± 0.0754^{bc}	5.9628 ± 0.0410^{a}	6.4337 ± 0.0782^{a}	6.9057 ± 0.1159^{a}
50	3.8252 ± 0.0754^{a}	5.1280 ± 0.0570^{a}	5.7663 ± 0.1471^{a}	5.8653 ± 0.0395^{a}	6.7347 ± 0.1059^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณจุลินทรีย์ของผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่แตกต่างกัน

4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักสลัดบรรจุถุง

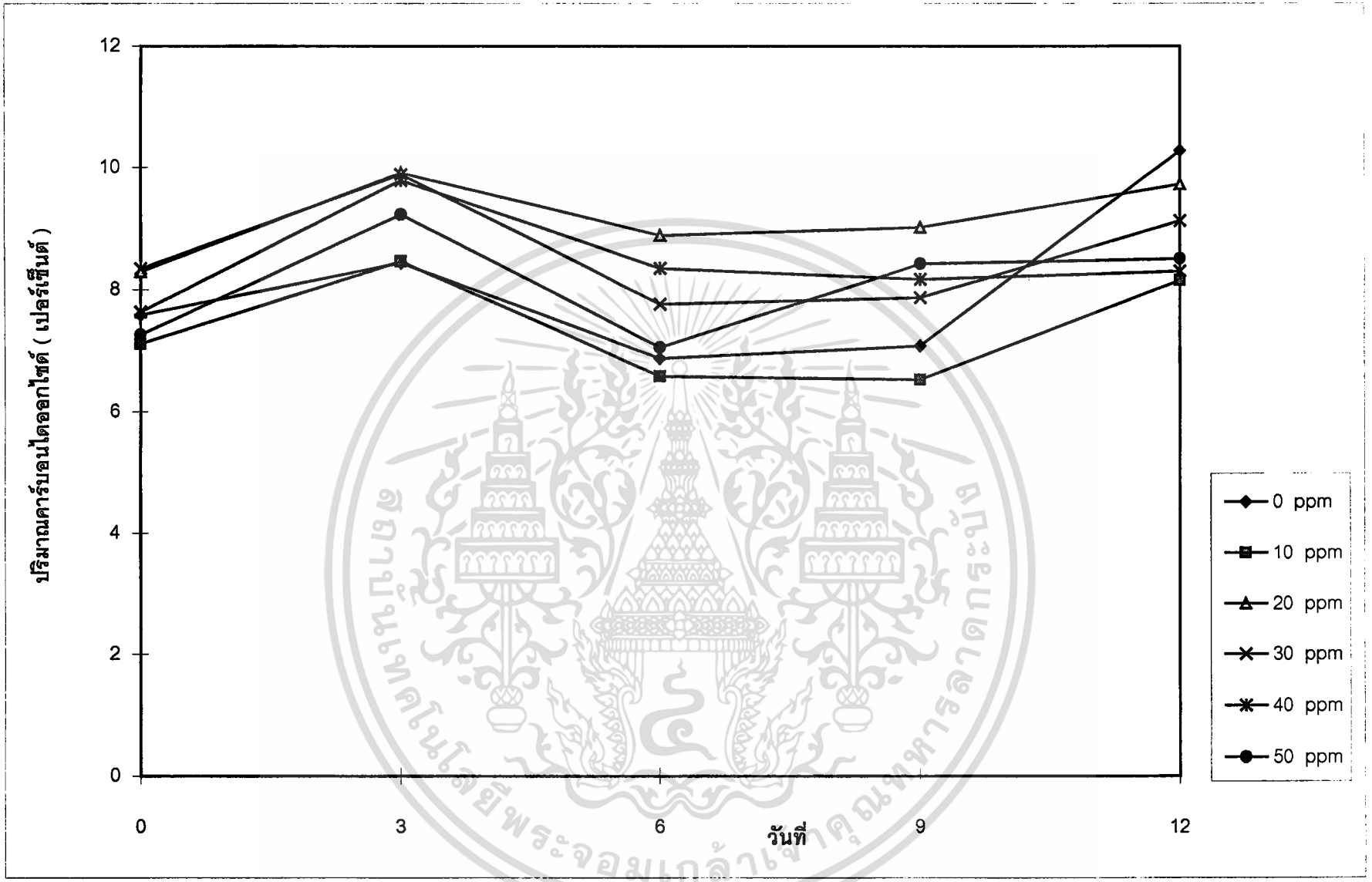
จากตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในถุงมีปริมาณที่ค่อนข้างสูง เนื่องมาจากการหายที่สูงผิดปกติของผักสลัด ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการตัดหรือหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆทำให้การหายใจรวดเร็วขึ้น และยังเพิ่มพื้นที่ผิวในการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ภายหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ แสดงว่าเกิดสภาวะสมดุลย์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงและภายนอกถุง ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผักสลัดที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้น	เปอร์เซนต์คาร์บอนไดออกไซด์			
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12
0	8.4395 ± 0.1947^{a}	6.5413 ± 0.1961^{a}	6.9346 ± 0.3580^{a}	10.2764 ± 0.5390^{d}
10	8.4641 ± 0.0996^{a}	6.9898 ± 0.0863^{b}	6.8662 ± 1.0920^{a}	6.8088 ± 0.9657^{a}
20	9.9062 ± 0.1816^{c}	6.5871 ± 0.1632^{a}	9.0181 ± 0.2555^{b}	9.7199 ± 0.0933^{cd}
30	10.036 ± 0.3009^{c}	9.9025 ± 0.0954^{d}	7.8740± 1.1852^{ab}	9.1189 ± 0.1605^{bc}
40	9.8057 ± 0.0452^{c}	9.0181 ± 0.2555^{c}	8.2475 ± 0.2311^{b}	8.2977 ± 0.4260^{b}
50	8.8888 ± 0.2692^{b}	9.7199 ± 0.0933^{d}	8.4254 ± 0.1016^{b}	8.5026 ± 0.1612^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์แตกต่างกัน

4.4 การทดสอบคุณภาพของผักสลัดโดยวิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.4 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักสลัดที่แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นที่ 10 , 20 , 30 , 40 และ 50 ppm ไม่มีความแตกต่างกันแต่จะแตกต่างจาก 0 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านของสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยที่ 0 ppm สีจะซีดกว่าเล็กน้อย แต่ในด้านกลิ่นมีการยอมรับมากกว่า ส่วนการยอมรับโดยรวมจะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโปคลอไรต์ที่ 30 , 40 และ 50 ppm มีการยอมรับมากกว่า

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่ออายุการเก็บรักษานาน 3 วัน

ความเข้มข้น	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	4.0000 ± 0.8165^{b}	5.6000 ± 0.9661^{a}	4.1000 ± 0.7379^{b}	4.4000 ± 0.6325^{b}
10	4.3000 ± 0.9487^{ab}	4.4000 ± 0.9661^{b}	4.4000 ± 0.9661^{ab}	4.6000 ± 0.8165^{b}
20	4.4000 ± 0.6992^{ab}	4.5000 ± 0.8498^{b}	4.7000 ± 0.8233^{ab}	4.5000 ± 0.7071^{b}
30	4.9000 ± 0.9944^{a}	4.5000 ± 0.8498^{b}	5.1000 ± 0.9944^{a}	5.0000 ± 1.2472^{ab}
40	5.0000 ± 0.9428^{a}	4.6000 ± 0.8433^{b}	5.3000 ± 0.9487^{a}	5.6000 ± 0.8433^{a}
50	4.0000 ± 0.6667^{b}	4.3000 ± 0.8233^{b}	5.3000 ± 0.9487^{a}	5.8000 ± 0.9189^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักสลัดที่แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นที่ 30 , 40 และ 50 ppm ไม่มีความแตกต่างกันแต่จะแตกต่างจาก 0 , 10 และ 20 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านของสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส โดยผักที่แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นที่ 30 , 40 และ 50 ppm จะมีการยอมรับมากกว่าที่ 0 , 10 และ 20 ppm และที่ 40 ppm จะมีการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากความเข้มข้นที่ 30 ppm เนื้อสัมผัสและสีเริ่มไม่ค่อยดี ส่วนที่ 50 ppm มีกลิ่นค่อนข้างฉุน

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่ออายุการเก็บรักษานาน 6 วัน

ความเข้มข้น	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	2.4000 ± 0.5164^{d}	3.1000 ± 0.5676^{d}	2.2000 ± 0.7888^{e}	2.1000 ± 0.5676^{d}
10	3.0000 ± 0.6667^{cd}	3.5000 ± 0.7071^{cd}	2.6000 ± 0.5164^{b}	2.3000 ± 0.4830^{d}
20	3.5000 ± 0.7071^{bc}	4.0000 ± 0.4714^{abc}	2.7000 ± 0.8233^{b}	3.1000 ± 0.5376^{c}
30	3.7000 ± 0.8233^{ab}	4.1000 ± 0.5376^{ab}	4.9000 ± 0.5676^{ab}	4.3000 ± 0.7379^{ab}
40	4.4000 ± 0.5164^{a}	4.4000 ± 0.5676^{a}	5.3000 ± 0.8233^{a}	4.6000 ± 0.9944^{a}
50	3.9000 ± 0.7379^{ab}	3.8000 ± 0.4830^{ab}	5.3000 ± 0.8233^{a}	4.3000 ± 0.8233^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.6 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักสลัดที่แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นที่ 40 และ 50 ppm แตกต่างจาก 0 , 10 , 20 และ 30 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านของสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส และความเข้มข้นที่ 50 ppm มีความแตกต่างจาก 40 ppm .โดยที่ความเข้มข้นที่ 50 ppm จะมีสีซีดกว่าความเข้มข้นที่ 40 ppm และมีกลิ่นฉุนของคลอรีน แต่จากการยอมรับโดยรวมของผักสลัดไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในการเก็บรักษานาน 9 วัน ผลที่ได้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่ออายุการเก็บรักษานาน 9 วัน

ความเข้มข้น	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	1.4000 ± 0.4830^{d}	1.1000 ± 0.3162^{d}	1.5000 ± 0.4216^{d}	1.0000 ± 0.000^{d}
10	1.6000 ± 0.6992^{cd}	1.3000 ± 0.4830^{d}	1.7000 ± 0.4830^{cd}	1.2000 ± 0.4216^{d}
20	1.9000 ± 0.8756^{c}	1.8000 ± 0.4216^{c}	2.0000 ± 0.6667^{c}	2.0000 ± 0.5164^{c}
30	2.6000 ± 0.6992^{b}	2.8000 ± 1.0750^{b}	2.6000 ± 0.5164^{b}	2.6000 ± 0.6994^{b}
40	3.8000 ± 0.9944^{a}	3.7000 ± 0.5270^{a}	4.3000 ± 0.6749^{a}	3.5000 ± 0.8198^{a}
50	2.7000 ± 1.3499^{b}	3.3000 ± 0.4830^{b}	4.1000 ± 0.7379^{a}	3.1000 ± 0.7379^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.7 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผักสลัดที่แช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ทุกความเข้มข้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ต่ำ ๆจะเริ่มเน่าและบางความเข้มข้นเกิดขบวนการหมักขึ้น

ตารางที่ 4.7 แสดงการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่ออายุการเก็บรักษานาน 12 วัน

ความเข้มข้น	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	1.0000 ± 0.0000^{c}	1.4000 ± 0.5164^{b}	1.0000 ± 0.0000^{d}	1.0000 ± 0.0000^{c}
10	1.1000 ± 0.3162^{c}	1.3000 ± 0.4830^{b}	1.3000 ± 0.4830^{d}	1.1000 ± 0.3162^{c}
20	1.3000 ± 0.4830^{c}	1.3000 ± 0.4830^{b}	1.5000± 0.5270^{cd}	1.3000 ± 0.4830^{c}
30	1.8000 ± 0.4216^{ab}	1.8000 ± 0.4216^{b}	1.9000 ± 0.7379^{b}	1.8000 ± 0.6325^{bc}
40	2.8000 ± 0.4216^{a}	2.7000 ± 0.6749^{a}	3.0000 ± 0.6667^{a}	2.9000 ± 0.5676^{a}
50	1.9000 ± 0.5676^{b}	1.6000 ± 0.6992^{ab}	2.8000 ± 0.7888^{a}	2.4000 ± 0.5164^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผักสลัดสดบรรจุถุงพลาสติกปิดสนิทที่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นเท่ากับ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm และเก็บรักษาในตู้ทำความเย็นเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน สามารถสรุปผลการทดลอง,งได้ดังนี้

1). ปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 0 ppm จะมีปริมาณจุลินทรีย์มากที่สุด ส่วนความเข้มข้นที่ 50 ppm มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด รองลงมาคือ 40 ppm

2). น้ำหนักสูญเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษา โดยในแต่ละวันมีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันมากแสดงว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดสด

3). ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันแรกจะเพิ่มสูงมาก เมื่อทำการเก็บรักษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มลดลงจนเกือบคงที่ โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ 40 และ 50 ppm ยกเว้นที่ 0 ppm จะเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็ว รองลงมาคือ 10 , 20 และ 30 ppm ภายหลังทำการเก็บรักษาเป็นเวลาตั้งแต่ 9 วันขึ้นไป

4). การทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน พบว่าที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ 40 และ 50 ppm สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด โดยได้นานมากกว่า 6 วันแต่ไม่เกิน 9 วัน แต่ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 50 ppm กลิ่นและสีไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากมีกลิ่นฉุนผิดปกติซึ่งเป็นกลิ่นของคลอรีนและมีสีซีดมากดังนั้น ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาผักสลัดบรรจุถุงพลาสติก คือ 40 ppm ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อหรือแช่โซเดียมไฮโปคลอไรต์ไรต์ที่เหมาะสม ต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ รวมถึงเปรียบเทียบอุณหภูมิในตู้แช่ในซุปเปอร์มาเก็ตกับอุณหภูมิของตู้แช่ในการทดลอง

5.2.2 ควรมีการทำการทดลองเปรียบเทียบภาชนะบรรจุหลาย ๆ ชนิด ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักสลัดและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กนกมณฑล ศรศรีวิชัย . 2526 . การเก็บรักษาผลผลิตการเกษตรหลังเก็บเกี่ยว : เทคโนโลยีและสรีรวิทยา สำนักพิมพ์ไม่ปรากฏ , หน้า 79 - 90
2. กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ . ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ . ผักและผลไม้ . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 311 หน้า
3. จิรา ณ หนองคาย . 2534 . เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก ผลไม้และดอกไม้ . พิมพ์ครั้งที่1 สำนักพิมพ์ แมส พับลิชชิ่ง กรุงเทพ ฯ , 272 หน้า
5. บัญญัติ สุขศรีงาม . 2534 . จุลชีววิทยาทั่วไป . พิมพ์ครั้งที่ 3 . สำนักพิมพ์ โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์ กรุงเทพ ฯ . 507 หน้า
6. พวงพร โชติกไกร . 2537 . จุลชีววิทยาของอาหารและนม . พิมพ์ครั้งที่ 1 .สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรงเทพ ฯ . 344 หน้า
7. วราวุฒิ ครูส่ง . 2538 . จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร .พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์ กรุงเทพ ฯ . 209 หน้า
8. วุฒิชัย นาครักษา . 2535. หลักการบรรจุ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 587 หน้า
4. สุมาลี เหลืองสกุล . 2527. จุลชีววิทยาทางอาหาร . พิมพ์ครั้งที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
9. Knight , John B. , and Kotsduver . 1989 . Quantity Food Production , Planning and Management , Van Nostrand Reinhold New York . 445 pp.
10. Marriott , Norman G. , 1989 . Principle of Food Sanitaion , Van Nostrand Reinhold New York . 532 pp.
11. Robert L .Jolly , Hend Dorehev , D. Heyward Hamiton , Jr. 1978 Water Chlorination Environmental Impact and Health Effect , ANN Abber Science . 1425 pp.
12. R.T. Parry , 1993 . Principle and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food , Chapman & Hall 305 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Zagary.D. and Kader ,A.A 1988. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce Food Technol.42(9):70-77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธีเขย่าจาน (Shake Plate or Pour Plate)

เป็นการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ ซึ่งทำให้ตัวอย่างอาหารเจือจางลงจนมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในระดับที่จะตรวจนับได้ด้วยวิธีนั้นๆได้ถูกต้องแม่นยำ และต้องทำให้ตัวอย่างอาหารกระจายอยู่ในน้ำยาสำหรับเจือจาง (diluent) อย่างทั่วถึงจนเป็นเนื้อเดียวกัน(homogenous)ซึ่งเรียกตัวอย่างอาหารที่ถูกทำให้เจือจางเป็นเนื้อเดียวกันว่า Food homogenate

การเตรียมและชั่งตัวอย่างอาหาร

ชั่งตัวอย่างใส่ในถุงที่มีสารละลายเปปโตน 25 กรัม ทำโดยการสุ่มตัวอย่างอาหารแล้วทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยมีด หรือกรรไกรที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นนำมาชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการในภาชนะที่ปราศจากจุลินทรีย์

น้ำยาสำหรับเจือจางอาหาร (dilution)

ใช้สารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟส 0.85% หรือ สารละลายเปปโตน 0.1% นำสารละลายเปปโตน ใส่ในถุงพลาสติก 225 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

การเตรียมอาหาร Plate Count Agar

1. ชั่งสารอาหารต่างๆตามสูตรอาหารดังนี้

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

2. นำอาการ์ใส่น้ำลงไปตามส่วน ให้ความร้อนจนวุ้นละลาย ใส่ส่วนผสมต่างๆให้ละลายเข้ากันดี

3. ปรับ pH เป็น 7 บรรจุอาหาร PCA ลงในขวดบรรจุอาหาร

4. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจือจางตัวอย่างอาหารในขั้นต้น

การทำให้อาหารเจือจางในระดับ 1 : 10 เท่า เรียกว่า dilution 1 : 10 โดยชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม เทน้ำยาเจือจาง 225 มิลลิลิตรนำไปตีปั่นอาหารโดยใช้เครื่อง stomacher แต่ถ้าไม่มีจะใช้มือโดยปิดพับปากถุงให้แน่น ใช้มือบีบถุงเพื่อขยี้ให้อาหารแตกละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

การทำตัวอย่างอาหารให้เจือจางลงตามลำดับ

มักทำให้เจือจางลงระดับละ 10 เท่า (ten fold serial dilution) โดยใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่างทิเจือจาง 1 : 10 ในขั้นต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ใน หลอด หรือขวดบรรจุน้ำยาสำหรับเจือจาง 9 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าหลอดหรือขวดด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า (mixer) ตัวอย่างอาหารในขั้นนี้จะมีความเจือจาง 1 : 100 (10^{-2}) ถ้าต้องการเจือจางในระดับต่อไปคือ 1 : 1000 (10^{-3}) , 1 : 10000 (10^{-4}) เรื่อยไปตามลำดับให้กระทำตามวิธีขั้นต้น และควรเปลี่ยนปิเปตใหม่ทุกครั้งในทุกระดับความเจือจางที่ต้องการเตรียม

การตรวจวิเคราะห์จำนวนโดยวิธีเขย่าจาน (shake plate)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Plate Count - Agar ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว มาทำให้เย็นประมาณ 50 องศาเซลเซียส ใช้ปิเปตดูดอาหารแต่ละความเจือจาง โดยเริ่มจากตัวอย่างที่เจือจางมากที่สุดใส่จานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร แต่ละระดับความเจือจางควรทำอย่างน้อย 2 จานและใช้ระดับความเจือจางอย่างน้อย 3 ระดับ โดยเรียงซ้อนกันสี่ใบ ดูดอาหารใส่จานเปล่าใบล่างสุดก่อนแล้วไล่ขึ้นมาจนถึงใบบนสุด เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร โดยเริ่มจากจานใบล่างสุดเช่นเดียวกัน เขย่าจานที่ซ้อนกันอยู่ทั้ง 4 ใบพร้อมกัน โดยหมุนไปทางขวา 3 - 4 ครั้ง หมุนไปทางซ้าย 3 - 4 ครั้ง ทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 - 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่งโมง นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด คำนวนหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อกรัมของอาหารจากสูตร

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (เซลต่อกรัม) = จำนวนโคโลนี * ความเจือจางของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสสำหรับอาหารพร้อมบริโภค

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
Salmonellae / 25 กรัม	ไม่พบ	

1.2 อาหารทะเลที่เตรียมเพื่อบริโภคดิบ 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. perfringens / กรัม	ไม่พบ	
Salmonellae / 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
Salmonellae / 25 กรัม	ไม่พบ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อาหารหมักพื้นเมืองที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ได้แก่ แหนม กะปี 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
B. cereus / กรัม	น้อยกว่า	100
Salmonellae / 25 กรัม	ไม่พบ	
C. perfringens / กรัม	ไม่พบ	
พยาธิ	ไม่พบ	

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

จุลินทรีย์ / 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. perfringens / 0.01กรัม	ไม่พบ	
V. parahaemolyticus / 25 กรัม	ไม่พบ	
Salmonellae / 25 กรัม	ไม่พบ	

ที่มา : เอกสารอ้างอิงกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การตรวจหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เก็บตัวอย่างก๊าซจากถุงผักสลัด แล้วฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่องGC (GasCromatography) ซึ่งเครื่องจะประเมินผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography, GC)

องค์ประกอบที่สำคัญ

1. ถังแก๊สที่ใช้บรรจุตัวพา (carrier gas) เพื่อจะพาไอของสารตัวอย่างผ่านเข้าไปยังคอลัมน์ ได้แก่ ไนโตรเจน ฮีเลียม และอาร์กอน เป็นต้น

2. ส่วนที่ใช้ควบคุมการไหลของแก๊สต่างๆ (flow controller) ได้แก่ ไฮโดรเจน อากาศ และไนโตรเจน เป็นต้น

3. ส่วนที่จะฉีดสารตัวอย่างเข้าไป (injection port)

4. คอลัมน์ (column) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่ใช้สำหรับแยกสาร

5. ดีเทคเตอร์ (detector) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่ถูกแยกออกมาจากคอลัมน์

6. ส่วนที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) ให้กับคอลัมน์ดีเทคเตอร์ และ injector

7. ส่วนที่ใช้ประมวลผลและข้อมูลต่างๆ ได้แก่ อินทิเกรเตอร์ เครื่องบันทึกโครมาโทแกรม หรือ data processor หรือคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยใช้เทคนิคทาง GC

เมื่อเลือกสภาวะต่างๆของการวิเคราะห์ และจัดสภาวะของเครื่อง GC ให้เรียบร้อยแล้ว จึงนำสารตัวอย่างไปฉีดเข้าที่ sample injection port สารจะกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยแก๊สพาอย่างช้าๆ สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆที่คอลัมน์นี้แล้วออกไปสู่ดีเทคเตอร์ จะทำให้สัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งสามารถเขียนออกมาเป็นโครมาโทแกรมด้วยเครื่อง recorder หรือต่อเข้ากับ printer หรือ integrator ก็จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถทราบองค์ประกอบของสารตัวอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีและกระบวนการแยกสารทางโครมาโทกราฟี

กระบวนกรแยกสารทางโครมาโทกราฟีสามารถกำหนดได้ด้วยสถานะ คือ

1. ค่า partition coefficient หรือ distribution constant (K) ซึ่งแทนด้วย distribution isotherms อาจเป็นได้ทั้งแบบเส้นตรง (linear) หรือไม่เป็นเส้นตรง (non linear)

ไอโซเทอร์ม (isotherm) แสดงด้วยกราฟถึงความสัมพันธ์ของตัวดูดซับ (adsorbent) กับตัวถูกดูดซับ (sorbate) ในสารละลายที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งกำหนดไว้ ทำให้ค่าที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในเฟสคงที่กับความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในเฟสเคลื่อนที่หรือแก๊สเฟสมีค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า ค่าคงที่การแผ่กระจาย (distribution constant หรือ partition coefficient ,K)

$K = C_s / C_g$

C_s = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในเฟสคงที่

C_g = ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในแก๊สเฟส

2. ระบบของโครมาโทกราฟีจะเป็นระบบอุดมคติ (ideal) หรือไม่เป็นระบบอุดมคติ(non -ideal) ก็ได้ถ้าเป็นระบบอุดมคติแสดงว่าการแลกเปลี่ยนระหว่างเฟส 2 เฟสนั้นเป็น Thermodynamically reversible และสมดุลระหว่างอนุภาคที่เป็นของแข็งหรือของแข็งที่มี liquid phase ฉาบผิวและแก๊สเฟสจะเข้าสู่สมดุลอย่างรวดเร็ว กระบวนการ diffusion เกิดขึ้นน้อยมาก แต่ถ้าเป็น non-ideal การตั้งสมมติฐานนี้จะใช้ไม่ได้

ไอโซเทอร์มจึงมีได้ทั้งที่เป็นเส้นตรงและเส้นโค้ง ถ้าเป็นเส้นตรง ลักษณะพีกของโครมาโทแกรมจะเป็นแบบเกาส์เซียน แสดงว่าการแยกสารไม่มีปัญหา ถ้าไอโซเทอร์มเป็นเส้นโค้งแสดงว่าพีกของโครมาโทแกรมไม่สมมาตรกัน (asymmetry) บางไอโซเทอร์มจะเป็นเส้นตรงบางช่วงของความเข้มข้นเท่านั้น ในกรณีนี้จึงจำเป็นที่ต้องทำการวิเคราะห์ในช่วงความเข้มข้นจำกัดเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาที่จะตามมา

ในการอธิบายทฤษฎีทางโครมาโทกราฟีโดยอาศัยพื้นฐานของ discontinuous model จะต้องตั้งสมมติฐานขึ้นหลายอย่างด้วยกันคือ

1. ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย (solute) ในเฟสทั้งสองจะเข้าสู่สมดุลอย่างรวดเร็ว

2. การแพร่กระจายของตัวถูกละลายในเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ตลอดคอลัมน์จะต้องมีน้อยมาก

3. สารที่บรรจุในคอลัมน์หรือ liquid phase ที่ฉาบ(coated) ในคอลัมน์จะต้องสม่ำเสมอ

ในการแยกสารทางโครมาโทรกราฟีนั้น อาจจะมีสภาวะไม่ครบทั้ง3 ข้อนี้ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอัตราเร็วคงที่ (rate constant) ของกระบวนการดูดซับและการคายการดูดซับ (sorption-desorption processes) มีค่าน้อย สมดุลของเฟสทั้งสองไม่จำเป็นต้องเกิดอย่างรวดเร็ว ผลของปรากฏการณ์ที่เรียกว่า resistance-to-mass-transfer ดังนั้นตัวถูกละลายจะมีการแพร่กระจายจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่งตามธรรมชาติ

แก๊สพา (Carrier Gas)

เป็นแก๊สที่ใช้สำหรับพาสารตัวอย่างที่ถูกทำให้เป็นไอหรือแก๊สเฟสแล้วที่injection port ให้เข้าสู่คอลัมน์ต่อไป แก๊สพานี้จะต้องมีการควบคุมอัตราการไหล (flow rate) ให้คงที่เสมอ โดยสามารถเลือกใช้อัตราการไหลให้เหมาะสมได้ตามต้องการ อัตราการไหลของแก๊สพามีส่วนเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมให้คงที่

แก๊สพาที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ แก๊สไนโตรเจน ฮีเลียม หรือแก๊สไฮโดรเจน ลักษณะที่ดีของแก๊ซพาควรจะเป็นดังนี้ คือ

1. ควรมีสมบัติเฉื่อย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอย่างหรือตัวทำละลายหรือเฟสคงที่
2. เป็นแก๊สที่มีการแพร่น้อยและมีมวลโมเลกุลต่ำ
3. สามารถจัดหาได้ง่ายและมีความบริสุทธิ์สูง
4. ราคาไม่แพง
5. เป็นแก๊สที่เหมาะสมสำหรับใช้กับดีเทคเตอร์ได้ แก๊สพาที่ออกจากท่อแก๊สควรทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยให้ผ่านท่อที่บรรจุด้วย molecular seive เพื่อช่วยขจัดไอน้ำ

การวัดอัตราการไหลของแก๊สกระทำได้ง่ายๆ โดยใช้เครื่องมือ (flow meter) เพื่อใช้บอกอัตราการไหลของแก๊ส

ระบบของการใส่สารตัวอย่าง

Gas Sample Inlet

โดยทั่วไปตัวอย่างที่เป็นแก๊สมักจะใช้ฉีดเข้าไปด้วย gas-tight syringes แต่วิธีที่ดีที่สุดใช้ gas sampling valve แก๊สตัวอย่างจะฉีดเข้าไปเก็บไว้ในลูพ (loop) เมื่อหมุน sampling valve แก๊สตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าไปในคอลัมน์วิธีการนี้จะให้ค่า reproducibility ดีกว่า 0.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอลัมน์

capillay columns เป็นหลอดเล็กๆกลวง ทำด้วยเหล็กกล้าหรือเหล็กไร้สนิม แก้ว ,quartz (fused silica) มีรัศมีภายใน 0.3-0.6 มม. ภายในฉาบผิวด้วย liquid phase เป็นฟิลม์บางๆ ตลอดรูเล็กๆ ซึ่งอาจมีความยาว 25-100 เมตร คอลัมน์ชนิดนี้แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพของคอลัมน์ต่อหน่วยความยาวค่อนข้างต่ำ แต่สามารถใช้คอลัมน์ยาวมากได้ เพราะมี pressure drop เพียงเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อใช้คอลัมน์ยาวมากๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการแยกมีค่าสูง และเมื่อใช้ภาวะที่เหมาะสมแล้ว capillary column จะมีประสิทธิภาพในการแยกดีที่สุด

เครื่องดีเทคเตอร์

การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วย GC

ข้อวิเคราะห์ที่อาจเกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางGCที่ควรต้องระมัดระวัง

1. ความผิดพลาดเกิดจากการเก็บตัวอย่าง

1. สารตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์มีปริมาณแน่นอนเพียงใด

2. สารตัวอย่างที่ใส่เข้าไปในเครื่องวิเคราะห์มีความแน่นอนเพียงใดว่าสารนั้นเข้าเครื่องทั้งหมดโดยไม่มีการสลายตัวก่อนระเหยออกไป

2. สารตัวอย่างอาจดูดซับ (adsorb) หรือสลายตัวที่ injection port หรือในคอลัมน์หรือที่ดีเทคเตอร์ ถ้ามีสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นการวิเคราะห์หาปริมาณอาจผิดพลาดได้

3. สภาพของเครื่อง GC ถ้าสภาพของเครื่องไม่ดี การควบคุม การวัดต่างๆย่อมเกิดความผิดพลาดได้

4. การฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่อง GC

5. การเลือกใช้คอลัมน์

6. resolution ของพีก

7. การคำนวนหาปริมาณสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การประเมินผลด้วยประสาทสัมผัส

นำผักแต่ละถุงมาทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ในวันที่ 0 3 6 9 และ 12 โดยใช้ผู้ทดสอบ 10 คน

การเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียม Giant master sheet ซึ่งมีเนื้อที่เพียงพอสำหรับวางภาชนะบรรจุได้ในช่องแต่ละช่อง
2. จัดวางภาชนะบรรจุตัวอย่างบน Giant master sheet
3. แบ่งตัวอย่างใส่ภาชนะบรรจุ
4. จัดวางตัวอย่างสำหรับผู้ชิมแต่ละคนใส่ถาดตามลำดับที่จะประเมินผล และใส่แผ่นให้คะแนน (Score Sheet) ลงไปในถาดและน้ำธรรมดา สำหรับล้างปาก 1 ถ้วย
5. เสริฟตัวอย่างอาหารแต่ละถาดให้ผู้ชิมที่จะทดสอบ เมื่อผู้ชิมทดสอบแล้วและตัดสินผลการทดสอบใน Score Sheet เรียบร้อยแล้ว
6. นำ Score Sheet มาถอดรหัสจาก master sheet เพื่อตรวจสอบคำตอบ
7. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้จำนวนผู้ตัดสินใจได้ถูกต้องไปพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบการทดสอบชิม

เรื่อง การศึกษาอายุการเก็บรักษาผักสดที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้น

วันที่ ..... **ชื่อผู้ชิม**.....

กรุณาชิมและให้คะแนนตามความชอบโดยการให้คะแนนที่มีระดับต่างๆ ดังนี้

7 = ชอบมาก

6 = ชอบปานกลาง

5 = ชอบเล็กน้อย

4 = เฉย

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบปานกลาง

1 = ไม่ชอบมาก

ตัวอย่าง	สี (color)	กลิ่น (odour)	ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture)	ความชอบรวม (acceptance)

ข้อเสนอแนะ

.....

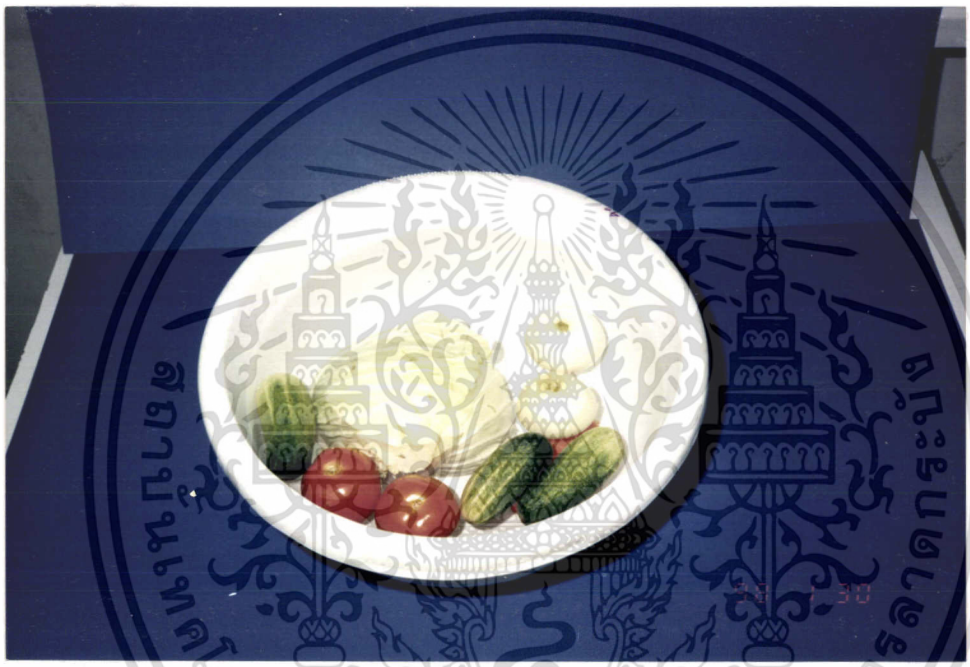
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รูปแสดงขั้นตอนการผลิตผักสลัดบรรจุถุง

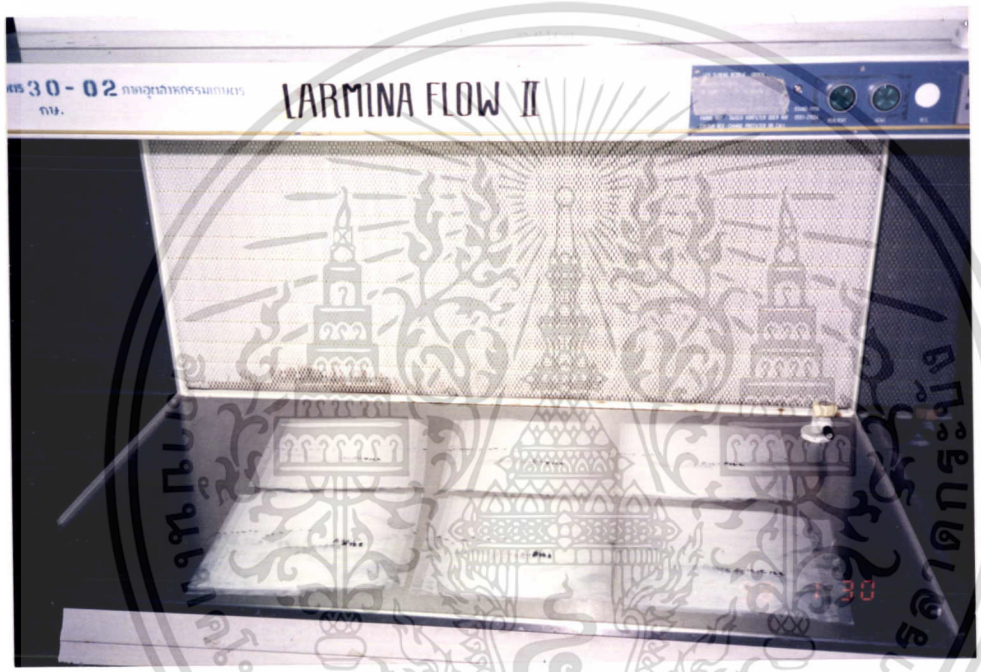


รูปที่ ง.1 แสดงการแช่ผักในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

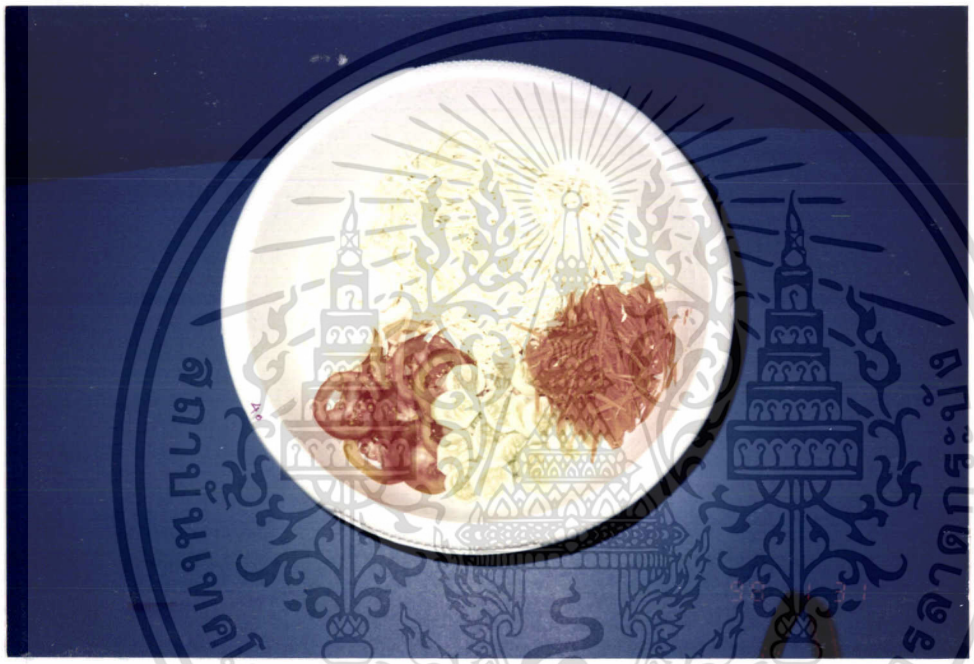
รูปที่ ง.2 แสดงการทำให้ผักสะเด็ดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



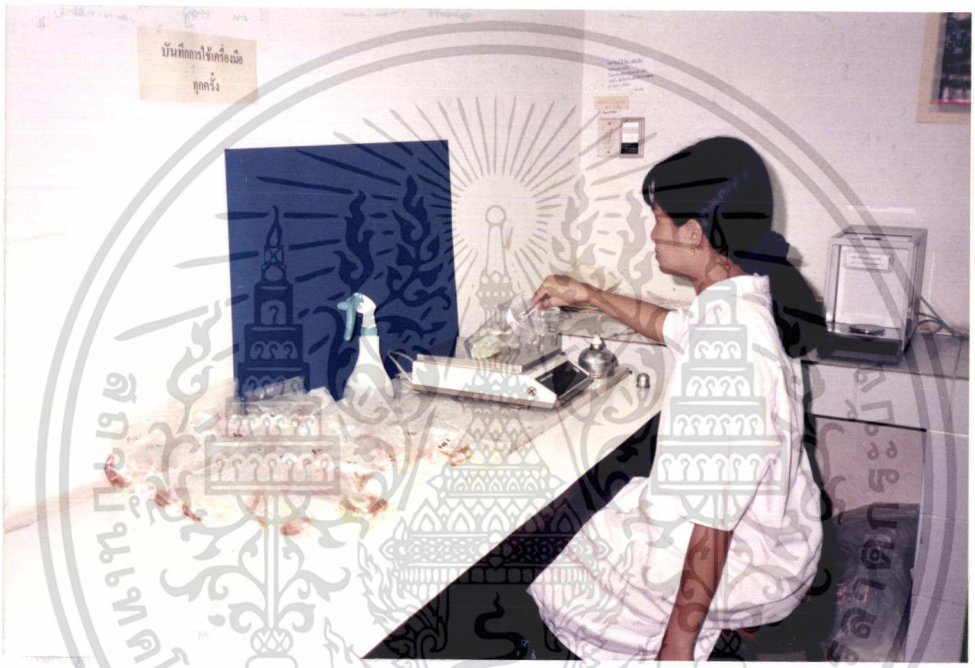
รูปที่ ง.3 แสดงการใช้แสง UV ในการฆ่าเชื้อถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 แสดงลักษณะของผักหลังจากหั่นแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 แสดงการบรรจุผักลงในถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.6 แสดงการเก็บรักษาผักสลัดในตู้ทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชลธิชา แตงประวัติ เกิดวันที่ 9 สิงหาคม 2518 จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายเมื่อปี 2536 จากโรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จังหวัดเพชรบุรี จบการศึกษาระดับอนุปริญญา จากสถาบันราชภัฏจังหวัดเพชรบุรี และจบการศึกษา จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

นางสาว รักชนก จัดวงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2516 จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายเมื่อปี 2535 จากโรงเรียนราชินีบูรณะ จังหวัดนครปฐม จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต ชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ และจบการศึกษา จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้