บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ผักกาดหอมห่อ (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) บางครั้งเรียกว่า Crisp head lettuce หรือ Iceberg type (สลัดปลี ผักกาดหอมห่อ ผักกาดแก้ว หรือสลัดแก้ว)เป็นพืชผักที่จัดอยู่ในวงศ์คอมโพ-ซิเต้ (Compositae) ผักกาดหอมห่อจัดเป็นพืชฤดูเดียว (annual) และต้องการอากาศเย็นในช่วงการเจริญเติบโต อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 12.8 ถึง 15.6 องศาเซลเซียส และปลูกมากในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น (cool summer) และฤดูหนาวที่ไม่เย็นจัดจนเกินไป (mild winter) มีใบในม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็ง กรอบ ใบนอกมีสีเขียวเข้ม ใบในมีสีเหลืองปนขาว (นิพนธ์, 2543) แหล่งปลูกที่สำคัญ เช่น รัฐนิวยอร์ก อะริโซนา และแคลิฟอร์เนียประเทศสหรัฐอเมริกา (Ryder, 1979) สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกบริเวณที่สูงบนภูเขาตอนเหนือของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และเพชรบูรณ์

การจำแนกประเภทของผักกาดหอม

ผักกาดหอมสามารถจำแนกประเภทตามความสำคัญทางการค้าได้ 4 ประเภท (Thompson, 1957) ดังนี้

1. Cripshead type เป็นผักที่มีความสำคัญมากใน 4 ประเภทนี้ โดยใบมีลักษณะห่อหัวแน่นเปราะง่าย เห็นเส้นกลางใบชัดเจน มีสีเขียวอ่อน

2. Butterhead type มีลักษณะห่อหัวหลวม ใบมีสีเขียวหรือสีน้ำตาลครีม ใบจะอ่อนนุ่มและผิวใบมัน ใบที่อยู่ด้านในมีลักษณะมันคล้ายถูกเคลือบด้วยน้ำมันหรือเนย

3. Leaf หรือ Bunching type เป็นประเภทที่ไม่ห่อหัว มีลักษณะใบหลากหลายสี บางชนิดใบมีลักษณะหยิกเป็นลอน และขอบใบลึก สีของใบมีตั้งแต่สีอ่อนถึงแดง และสีบรอนซ์

4. Cos หรือ Romaine type เป็นผักกาดหอมที่มีใบแข็ง ยาวและแคบ หัวเจริญในลักษณะตั้งตรง คล้ายทรงกระบอก มีการห่อปลีหลวม ใบมีสีเขียวปานกลาง มีรสชาติหวาน

โดยปกติแล้วผักกาดหอมห่อที่เจริญเติบโตดีจะมีขนาดใหญ่ อาจมีน้ำหนักถึง 1 กิโลกรัม มีเนื้อกรอบ (Brittle texture) และใบซ้อนอัดกันแน่น ใบชั้นนอกมีสีเขียว ใบชั้นในมีสีเขียวหรือสีเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหลือง (Eenink, 1976; Maxon-Smith, 1977) พันธุ์ที่รู้จักทั่วๆ ไปคือ พันธุ์ไอซ์เบิร์ก (Iceberg) (Ryder , 1979)

คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอม

ผักกาดหอม เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหาร โดยเป็นแหล่งของวิตามิน และเกลือแร่ซึ่งปริมาณจะผันแปรขึ้นอยู่กับ ชนิด พันธุ์ โครงสร้าง และความแก่อ่อนของพืช

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารบางชนิดของผักกาดหอมแต่ละชนิดในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม (Ryder, 1998)

ชนิดของ	แร่ธาตุ					วิตามิน		น้ำ	เส้นใย
ผักกาดหอม	Ca	P	Fe	Na	K	เอ (IU)	ซี (กรัม)	เปอร์เซ็นต์	กรัม
Crisp	22	26	1.5	7	166	470	7	95.5	0.5
Butter	35	35	1.8	7	260	1,065	8	95.1	0.5
Cos	44	25	1.3	9	277	1,925	22	94.9	0.7
Leaf	68	41	1.4	9	264	1,900	18	94	0.7

หมายเหตุ : Ca คือ แคลเซียม P คือ ฟอสฟอรัส Fe คือ เหล็ก Na คือ โซเดียม และ K คือ โพแทสเซียม

การสูญเสียของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

ผักและผลไม้หลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีชีวิตอยู่ กระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมียังคงดำเนินต่อไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้น มีความสำคัญต่อคุณภาพของผักและผลไม้ การเปลี่ยนแปลงบางอย่างจะทำให้คุณภาพของผักและผลไม้เสียไป เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้นั้นเอง

สถาบัน National Academy of Science สหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาและอธิบายถึงการสูญเสียหลังเก็บเกี่ยวของผลิตผลที่เสียหายง่าย (perishable crops) และให้คำจำกัดความถึงความแตกต่างระหว่างการถูกทำลาย (damage) และ การสูญเสีย (loss) ของผลิตผล ดังนี้คือ

การถูกทำลายคือ การเสื่อมสภาพของผลิตผล ซึ่งจะวัดออกมาเป็นตัวเลขไม่ได้ เพราะขึ้นอยู่กับการยอมรับหรือไม่ยอมรับผลิตผลที่ถูกทำลายแล้ว ซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจและวัฒนธรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสูญเสีย คือ การหายไปของผลิตผล ซึ่งจะวัดออกมาเป็นตัวเลขได้และทำได้โดยตรงในแง่ของเศรษฐกิจ ปริมาณ คุณภาพ และคุณค่าทางอาหาร (ดนัย และนิธิยา, 2533)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว

กระบวนการต่างๆ ทั้งทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับในสภาวะที่ยังไม่ได้ถูกเก็บเกี่ยว โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตผล การเปลี่ยนแปลงบางอย่างทำให้คุณภาพของผลิตผลดีขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงในบางลักษณะกลับทำให้คุณภาพของผลิตผลเลวลง ซึ่งอายุการเก็บรักษาของผลิตผลจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และชีวเคมีภายในผลิตผลนั้นๆ (สายชล, 2528)

1. องค์ประกอบของโครงสร้างของผลิตผล

โดยทั่วไปผักและผลไม้จะมีเนื้อเยื่อชั้นนอก (dermal tissue) และไขปกคลุมป้องกันเซลล์ภายในจากอันตรายต่างๆ เนื้อเยื่อพื้นฐาน (ground tissue) ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่มีผนังเซลล์บางมีช่องว่างภายในเซลล์มากเป็นแหล่งสะสมอาหารของผลิตผลและเป็นส่วนที่มนุษย์ใช้บริโภคเป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะมีปริมาณน้ำมากและยังมีน้ำตาลและกรดอินทรีย์รวมอยู่ด้วย (จริงแท้, 2544) ผลิตผลที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่แข็งแรงจะเก็บรักษาได้นานกว่าผลิตผลที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่อ่อนแอ เช่น กลุ่มพืชหัว และกลุ่มเมล็ดแก่จะเก็บรักษาได้นาน มีอัตราการหายใจต่ำ และทนทานต่อแรงกระแทกในขณะขนส่งได้ดี ส่วนผลิตผลกลุ่มผลแก่ผลอ่อน และยอดอ่อนจะมีอัตราการหายใจสูง เกิดการเน่าเสียได้ง่าย มีการสูญเสียน้ำหนักมาก และไม่ทนต่อแรงกระแทก ความแข็งแรงของโครงสร้างมีความสัมพันธ์กับลักษณะของเนื้อเยื่อของผลิตผล ซึ่งลักษณะของเนื้อเยื่อจะผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความเต่งของเซลล์ (turgidity) การยอมให้สารผ่านเข้าออกระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane permeability) การติดยึดกันของเซลล์ (cohesioness) การมีเนื้อเยื่อพยุง (supporting tissues) ขนาด และรูปร่างของเซลล์ และส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ เช่น ปริมาณแป้ง แคลเซียม และเพกติน เป็นต้น (ดนัย, 2540 ; สายชล, 2528) จากการศึกษาของ Yano and Hayami (1978) พบว่า ผักกาดหอมห่อจะหมดอายุการวางจำหน่ายเมื่อปริมาณโปรตีนลดลง 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณน้ำตาลนั้นพบว่า ผักกาดหอมห่อพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นสูงจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า แต่การสูญเสียน้ำตาลนั้นมีอัตราที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ถึงแม้ว่าในพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลเริ่มต้นแตกต่างกันถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ก็ตาม ถ้าไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนึงถึงพันธุ์ และความแก่ในขณะเก็บเกี่ยวแล้ว ผักกาดหอมห่อจะหมดอายุการวางขายเมื่อปริมาณน้ำตาลลดลง 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (Yano and Hayami, 1978; Lipton , 1987)

2. การคายน้ำ

ผลิตผลสดต่างๆ มีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ และปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมีความชื้นสูงกว่าอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงสูญเสียออกสู่อากาศภายนอก การสูญเสียน้ำทำให้น้ำหนักและคุณภาพของผลิตผลลดลงโดยเฉพาะเนื้อสัมผัส (texture) ปัจจัยที่มีผลต่อการการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล มีทั้งปัจจัยภายใน ได้แก่ ขนาดของผลิตผล (พื้นที่ผิว) ลักษณะของผลิตผล และผิวเคลือบ (cuticle) เป็นต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในบรรยากาศ การเคลื่อนไหวของอากาศ เป็นต้น (จริงแท้, 2546) ซึ่งผักส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำประมาณ 80-95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการสูญเสียน้ำทำให้คุณภาพของผักเปลี่ยนไป เช่น เมื่อมีการสูญเสียน้ำอาจทำให้รูปทรงของผักเปลี่ยนไป ผักจะเหี่ยวและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

3. การหายใจ

ภายหลังการเก็บเกี่ยวกระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีภายในเซลล์ของผลิตผลยังคงดำเนินอยู่ตามปกติ และยังคงต้องการพลังงานเพื่อให้มีชีวิตดำรงอยู่ต่อไปได้ ดังนั้นผลิตผลจึงยังคงมีกระบวนการหายใจเพื่อเผาผลาญสารอาหารต่างๆ ให้ได้พลังงานออกมา (สายชล, 2528)ซึ่งเป็นกระ-บวนการย่อยสลายอาหารสะสมในรูปต่างๆ เช่น แป้ง และน้ำตาล (Fonseca *et al*., 2002) อัตราการหายใจของผลิตผลนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรม ระยะการเก็บเกี่ยวของผลิตผล และแหล่งที่เพาะปลูก เป็นต้น สำหรับปัจจัยภายนอก ได้แก่ องค์ประกอบของบรรยากาศ ความเครียดทางกายภาพ และอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุด เพราะอุณหภูมิสูงขึ้นย่อมกระตุ้นให้สสารมีพลังงานสูงขึ้น ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ก็สามารถเกิดได้ในอัตราที่สูงขึ้นรวมถึงการหายใจ (Thompson, 2003)

4. กระบวนการเสื่อมสภาพ (senescence)

การเสื่อมสภาพทำให้กระบวนการภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงไปสู่การเสื่อมลงซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วปฏิกิริยาต่างๆ ทางชีวเคมีภายในเซลล์พืชยังคงดำเนินต่อไปอาหารที่สะสม และสารต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์พืชถูกเปลี่ยนสภาพไป ทำให้เกิดการเสียชีวิตในที่สุดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางชีวเคมีที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพของพืชมีหลายกระบวนการ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสลายตัวของคลอโรฟิลล์

การตัดสินใจซื้อผลิตผลนั้นสีเป็นปัจจัยที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคและเป็นตัวบ่งชี้ระยะความสุกแก่ของผลิตผล ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น คุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะโดยรวมของผลิตผล (ดนัยและนิธิยา, 2548) ในระหว่างการเกิดกระบวนการเสื่อมสภาพนั้น พบว่า สีเขียวของพืชหายไปและปรากฏสีเหลืองหรือแดงขึ้น นอกจากนี้สารสีเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นด้วยซึ่งเกิดจากคลอโรพลาสต์ที่มีสีเขียวอยู่เปลี่ยนไปเป็น chromoplast หรือเปลี่ยนแปลงไปเป็น gerontoplast ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างไปจากคลอโรพลาสต์ และภายในโครโมพลาสต์จะมีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ลดลงหรือหมดไป แต่ยังคงมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารสีแดงและเหลือง (จริงแท้, 2550)

Lipton (1987) ได้สรุปไว้ว่า การสูญเสียสีเขียวเนื่องมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ และความสัมพันธ์ของระดับของฮอร์โมนภายในคือ ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบซิสซิก (abscissic acid) เช่น กรณีที่ระดับของฮอร์โมนไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลินลดลง หรือ เอทิลีน และกรดแอบซิสสิกเพิ่มขึ้น จะทำให้มีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงนั้นจะมีการลดลงของไซโตไคนินมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ โครงสร้าง พันธุ์ และชนิดของผลิตผล เช่น ผักกาดหอมห่อที่เนื้อเยื่อยังอ่อนจะมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าเนื้อเยื่อที่แก่ เพราะว่าเนื้อเยื่อที่แก่จะอยู่ในระยะเริ่มต้นของการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เริ่มต้นต่ำกว่าเนื้อเยื่อที่อ่อนกว่าและยังขึ้นกับพันธุ์อีกด้วย เช่น ผักกาดหอมห่อพันธุ์ Penn Lake มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าพันธุ์ Great Lake 336 โดยปกติแล้วผักกาดหอมห่อจะหมดอายุการวางจำหน่ายเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ (Yano and Hayami, 1978)

5. การสูญเสียวิตามินซี

ภายหลังการเก็บเกี่ยวกรดแอสคอบิกหรือวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากกว่ากรดอื่นๆ โดยสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษามีผลต่อการสลายตัวของกรดแอสคอบิกอย่างมากระหว่างการเก็บรักษา และส่วนใหญ่พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการสูญเสียกรดแอสคอบิกจะมีมากขึ้น(จริงแท้, 2544) หรือที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตผลจะไปเร่งกระบวนการออกซิเดชันของวิตามินซี ให้เปลี่ยนเป็นสารอื่น (สายชล, 2528) ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง Ezell and Wilcox (1959) ได้ทำการทดลองเก็บรักษาคะน้า ที่อุณหภูมิ 0 10 และ 21 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่ามีการสูญเสียวิตามินซี 2.4-3.3 15.3-33.1 และ 60.9-88.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผักแปรรูปพร้อมบริโภค

ผักแปรรูปพร้อมบริโภค หมายถึง การปฏิบัติการใดๆ ก็ตามหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การทำความสะอาด การปอก การตัด การหั่นซอยเป็นชิ้นเล็กๆ การตัดแต่งจากผลิตผลสด โดยกระบวนการดังกล่าวมิได้มีผลต่อความมีชีวิตของเซลล์ผลิตผลและที่สำคัญผลิตผลยังคงรักษาความสดใหม่และสารอาหารอยู่เหมือนก่อนการผ่านกระบวนการตัดแต่งและสามารถที่จะบริโภคได้อย่างสะดวกและปลอดภัย (Lamikanra, 2002) การทำผักแปรรูปพร้อมบริโภคเป็นวิธีการที่นิยมของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน เนื่องจากทำให้สะดวกในการเตรียมอาหารและการตรวจสอบคุณภาพของผัก (Schlimme, 1995) ผักชนิดต่างๆ ที่นิยมนำมาแปรรูปพร้อมบริโภค ได้แก่ หอมหัวใหญ่ ผักกาดหอมและผักกาดหอมห่อ เป็นต้นผลจากกระบวนการตัดแต่งทำให้ผักมีการเสื่อมสภาพได้รวดเร็วมากกว่าผักที่ไม่ผ่านกระบวนการตัดแต่ง (Saltveit, 1997) เนื่องจากบาดแผลที่เกิดจากกระบวนการตัดแต่งมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผัก เช่น อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น การนิ่มเนื่องจากสูญเสียน้ำ การเกิดอาการสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเน่าเสียและความปลอดภัยสำหรับการบริโภค (Varoquaux and Wiley, 1994; Brecht, 1995)

การเปลี่ยนแปลงของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของเนื้อเยื่อพืชที่มีผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค มีรายละเอียดดังนี้

1. การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่มีความสำคัญ เพราะเป็นกระบวนการที่พลังงานซึ่งอยู่ในรูปของอาหารสะสมถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีสำหรับทำกิจกรรมต่างๆ ในผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วอาหารสะสมที่มีอยู่อย่างจำกัดและไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้อีก ถ้าอาหารในผลิตผลที่สะสมไว้ถูกใช้หมดไป ความมีชีวิตของผลิตผลก็จะจบสิ้นลง ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลิตผลรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ โดยผักที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักที่มีขนาดใหญ่ เพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศภายนอกมากกว่า ทำให้มีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนได้มากกว่า จึงมีอัตราการหายใจสูงกว่า (Tucker, 1993) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคซึ่งมีการตัดแต่ง และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศจึงมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักกาดหอมห่อทั้งหัว ส่งผลให้เสื่อมสภาพได้ง่ายกว่าผักกาดหอมห่อทั้งหัว (Huxsoll and Bolin, 1989) เช่นเดียวกับในกะหล่ำปลี แครอท มะเขือเทศ สตรอเบอรี่ ตัดแต่งจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงกว่าที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตัดแต่ง (Lee *et al*., 1970; Mclachlan, 1985; Agar *et al*., 1999) อย่างไรก็ตามอัตราการหายใจของผลิตผลสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรม ระยะการเจริญเติบโต สารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการหายใจ ขนาดของผลิตผลและสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ เป็นต้น ตลอดจนปัจจัยภายนอกที่มีผลต่ออัตราการหายใจของผลิตผล ได้แก่ อุณหภูมิ องค์ประกอบของบรรยากาศ ความเครียดทางกายภาพ การเกิดบาดแผล (วรภัทร, 2544) นอกจากนี้ส่วนต่างๆ ของพืชก็มีอัตราการหายใจแตกต่างกัน เช่น ส่วนยอดจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าส่วนอื่นๆ (Day, 1993) ในการผลิตผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภคซึ่งมีการตัดแต่งและหั่นชิ้นจะเป็นการเร่งอัตราการหายใจ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ เกิดขึ้น เช่น กระตุ้นการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรต กระตุ้นวิถีไกลโคไลซิส และเพนโตสฟอสเฟต ให้เกิดเร็วขึ้น กระตุ้นการทำงานของไมโตคอนเดรีย เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน และการทำงานของเอนไซม์ (Rolle and Chism, 1987 ; King and Bolin, 1989)

2. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

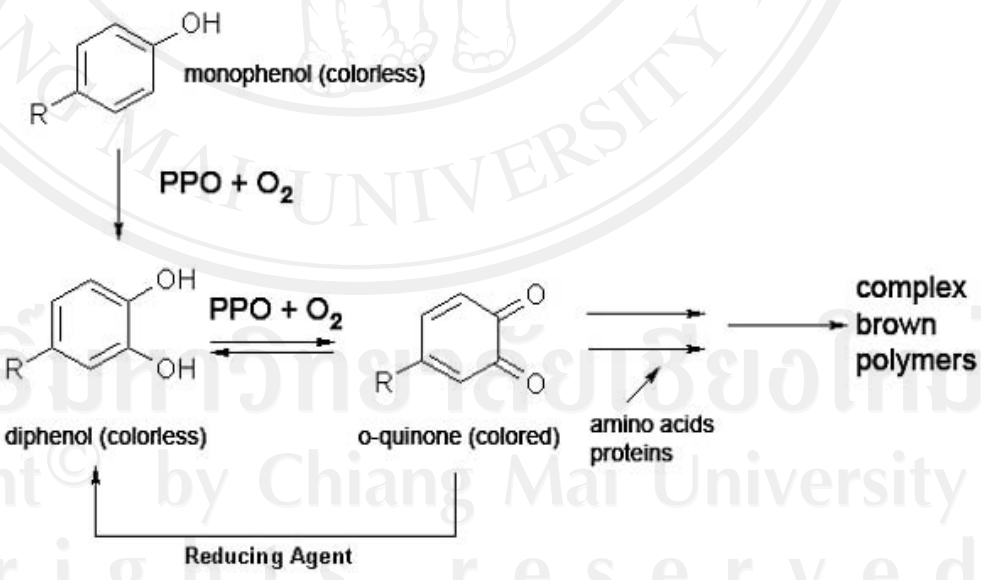
ผลจากการผ่านกระบวนการตัดแต่งทำให้เนื้อเยื่อและเซลล์ถูกทำลายเป็นสาเหตุให้เอนไซม์และซับสเตรทเกิดการรั่วไหลออกจากเซลล์และทำปฏิกิริยากัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ เกิดขึ้นกับผักที่ผ่านกระบวนการตัดแต่ง ตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีที่สำคัญในผักตัดแต่ง เช่น การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) การสูญเสียคลอโรฟิลล์ การเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เป็นต้น (Wiley, 1994)

การเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน(oxidation) และ polymerization ของสารประกอบฟีนอล โดยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง คือ phenylalanine ammonia-lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) (Maneenuam *et al*., 2007) โดยเอนไซม์ polyphenol oxidase จะกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของ phenol ให้เปลี่ยนไปเป็น quinine จากนั้น quinine จะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาลที่ เรียกรวมๆ ว่า เมลานิน (melanin) ผลจากการเกิดสีน้ำตาลบริเวณบาดแผลบนผักตัดแต่งส่งผลให้ผักนั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ตัวอย่างผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคที่มีความเสี่ยงเกิดอาการสีน้ำตาลหลังการตัดแต่ง เช่น พีช แพร กล้วย แอปเปิล องุ่น มันฝรั่ง เห็ด และผักกาดหอมห่อ (Sapers, 1993) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีของผักผลไม้ตัดแต่งยังอาจเกิดจากการสูญเสียสารให้สีในผัก ที่มีสาเหตุมาจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของเอนไซม์ เช่น การสูญเสียคลอโรฟิลล์ มีสาเหตุมาจากการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase, cholorophyll oxidase, lipolytic acid hydrolase และ peroxidase ซึ่งการสูญเสียคลอโรฟิลล์ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอาการสีน้ำตาลในผักสดตัดแต่งได้ (Heaton and Marangoni, 1996; Heaton *et al*., 1996)โดยเมื่อเซลล์ถูกทำลายในระหว่างกระบวนการผลิตผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภคจะทำให้เอนไซม์ภายในเซลล์สามารถทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นได้อย่างอิสระ ทำให้เกิดสารประกอบที่มีสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อของผลิตผลสดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (Friedman, 1996) เอนไซม์สำคัญที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งทำงานได้ดีขึ้นกับอุณหภูมิ พีเอช และแก๊สออกซิเจนที่ผิวของเนื้อเยื่อ ซึ่งพีเอชที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ PPO อยู่ในช่วง 4 ถึง 7 (Vamos-Vigyazo,1981) โดยเมื่อผักสดถูกหั่นเป็นชิ้น เนื้อเยื่อเซลล์ถูกทำลาย ทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เร่งปฏิกิริยาของสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) กับแก๊สออกซิเจน ทำให้เกิดสีน้ำตาล (Walker,1995) เอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมห่อทำงานได้ดีที่ระดับพี-เอช 5 ถึง 8 และอุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส (Fujica *et al*., 1991) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้จะถูกเร่งให้เกิดมากขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตที่เซลล์ของผักเกิดบาดแผล เช่น ระหว่างการปอก และหั่นเป็นชิ้น (Kader *et al*., 1973)



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO (McEvil *et al*.,1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตผักสดพร้อมบริโภคกำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว อันตรายที่ผู้บริโภคจะได้กับอาหารนั้น คือ อันตรายจากสารตกค้างหรืออันตรายจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษต่อมนุษย์ จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหาใหญ่ เช่น *E.coli* 0157, *Cryptosporidium parpo* และ Cyclospora เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในสภาพอุณหภูมิต่ำ หรือสภาพเย็นจัด ที่เรียกว่า Psychrotropic bacteria (Cleather, 1999) การเก็บรักษาผักสดในสภาพบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่จะเข้าทำลายผักสดได้ (El-Kazzaz *et al*., 1983; Li and kader, 1989; Ke *et al*., 1991) และในสภาพบรรยากาศที่มีระดับแก๊สออกซิเจนสูงจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิด aerobic และ anaerobic ได้ (Day, 1996) แต่ที่ระดับความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 25 ถึง 40 เป็นช่วงที่ lactic acid bacteria เจริญได้ดีในแครอทตัดแต่ง (Carlin *et al*., 1990)

การรักษาคุณภาพของผักแปรรูปพร้อมบริโภค

อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการหายใจและกระบวนการเมแทบอลิซึมที่นำไปสู่การเสื่อมสภาพ สามารถลดอัตราการหายใจ ชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ลดการสูญเสียกลิ่นรสชาติ และสารอาหารสำคัญในผลิตผล (Robert, 1999) รวมทั้งสามารถลดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Nguyen-The and Carlin, 2000) ผักแปรรูปพร้อมปรุงมักเกิดการเน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากได้รับสภาพความเครียดหลายอย่าง เช่น การปอกเปลือก การตัด การหั่น การฉีก และการกำจัดแกนกลางออก ดังนั้นจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ จากการศึกษาของ Hyodo *et al.* (1978) รายงานว่า ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส สามารถลดการเกิดจุดสีน้ำตาลแดงของผักกาดหอมห่อได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 5.5 องศาเซลเซียส และ Bolin *et al.* (1977) พบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อแปรรูปพร้อมปรุงที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีคุณภาพดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผลหลังเก็บเกี่ยว

1. การลดอุณหภูมิของผลิตผลก่อนการเก็บรักษา

การลดอุณหภูมิหรือการทำให้เย็น (precooling) เป็นการดึงความร้อนออกจากผลิตผลโดยอาศัยตัวกลางเป็นตัวนำหรือตัวพาความร้อน ซึ่งอัตราการทำให้เย็นขึ้นอยู่กับการนำความร้อน (thermal conductivity) ความจุความร้อนของตัวกลางและผลิตผล ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและการสัมผัสระหว่างตัวกลางกับผลิตผล (จริงแท้, 2542) การลดอุณหภูมิก่อนการขนส่งและการเก็บรักษาสามารถลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Abraham, 1970; Janick, 1979) การลดอุณหภูมิควรปฏิบัติทันทีหลังเก็บเกี่ยวก่อนนำไปบรรจุ (Villaescusa and Gil, 2003) การลดอุณหภูมิของผลิตผลก่อนการเก็บรักษามีหลายวิธี เช่น

1.1 การลดอุณหภูมิโดยการใช้ห้องเย็น (room cooling)

1.2 การลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็น (hydrocooling)

1.3 การลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำแข็ง (ice cooling)

1.4 การลดอุณหภูมิโดยลมดันเย็น (forced-air cooling)

1.5 การลดอุณหภูมิโดยการใช้สุญญากาศ (vacuum cooling)

2. อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการทำให้กระบวนการต่างๆ ทางชีวภาพช้าลง และยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการหายใจและกระบวนการเมแทบอลิซึมที่นำไปสู่ความเสื่อมสภาพ สามารถลดอัตราการหายใจ ชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ลดการสูญเสียกลิ่น รสชาติ และสารอาหารสำคัญในผลิตผล (Robert, 1999) รวมทั้งสามารถลดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Nguyen-The and Carlin, 2000) อุณหภูมิต่ำยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี เช่น การสูญเสียน้ำหนัก ซึ่ง Boonyakiat *et al.* (1986) รายงานว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมห่อพันธุ์ King Crown ที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.54 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก 5.6 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ผลิตผลแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแตกต่างกัน ผักและผลไม้เขตร้อนมักมีอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงกว่าผักผลไม้ในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาว ส่วนช่วงอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาผักกาดหอม คือ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95-100 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาผักกาดหอมได้นาน 12 วัน ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่น การเก็บรักษาผักกาดหอมไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 6 วัน และที่อุณหภูมิ 20องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาไว้ได้เพียง 1วัน อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของผักกาดหอมอยู่ที่ -0.2 องศาเซลเซียส (Tan, 2005) โดยผักกาดหอมแสดงอาการช้ำน้ำ นิ่ม ซึ่งจะแสดงอาการเมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อนำไปปรุงอาหารอาจจะเกิดกลิ่นที่ผิดปกติได้ (ดนัย, 2540) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาและเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่สุดในการรักษาคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว (Bachmann and Earles, 2000) นอกจากวิธีการเก็บรักษาโดยวิธีการใช้อุณหภูมิต่ำแล้ว การควบคุมหรือดัดแปลงบรรยากาศก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ รวมไปถึงการบรรจุหีบห่อ ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผลได้ (Watkins and Ekman, 2005)

3. บรรจุภัณฑ์

หน้าที่สำคัญของบรรจุภัณฑ์ คือบรรจุอาหาร และป้องกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมภายนอก ในขณะเดียวกันก็ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของอาหาร ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ให้ความสะดวกสบายในการขนส่งและการจำหน่าย (Downes, 1989) การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เช่น การหายใจ การคายความร้อน การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาให้ช้าลงเมื่อนำผลิตผลที่มีคุณภาพสูงบรรจุใส่ในบรรจุภัณฑ์จะช่วยรักษาคุณภาพที่ดีของผลิตผลให้คงอยู่ได้นานขึ้นถึงแม้บรรจุภัณฑ์จะไม่ได้เป็นตัวช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตผลให้ดีขึ้นก็ตาม (ดนัย และนิธิยา, 2548) ซึ่ง Wiberg (1987) รายงานว่า ผักกาดหอมห่อที่ห่อด้วยพลาสติกพอลิไวนีลคลอไรด์ มีน้ำหนักสูญเสียต่ำกว่าผักกาดหอมห่อที่ห่อด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีน และผักกาดหอมห่อที่ไม่ได้ห่อมีการสูญเสียน้ำหนักสูงถึง 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2 สัปดาห์ ดังนั้นการห่อผักกาดหอมห่อด้วยแผ่นพลาสติกจึงทำให้มีคุณภาพดีกว่าที่ไม่ได้ห่อ (De Maaker, 1984) ผักกาดหอมห่อทั้งหัวและผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคบรรจุในบรรจุภัณฑ์มีอายุการวางจำหน่ายนาน 2 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา และลักษณะการบรรจุ (Kader *et al.*, 1973)

การใช้บรรจุภัณฑ์มีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ (Will *et al.*,1981.;Thompson and Mitchell., 2002)

1. ป้องกันผลิตผลไม่ให้เสียหายอันเนื่องมาจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

2. ป้องกันการสูญเสียน้ำ ผลิตผลที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์จะสูญเสียน้ำน้อยกว่าผลิตผลที่ไม่ได้อยู่ในบรรจุภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. สะดวกในการเคลื่อนย้าย เพราะบรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่รวบรวมผลิตผลให้เป็นหน่วยเดียวกัน ทำให้สะดวกในการขนย้าย

4. ช่วยให้กระบวนการหรือขั้นตอนที่ต้องการดำเนินการภายหลังการเก็บเกี่ยวสะดวกขึ้น เช่น ผลิตผลที่ใส่ในบรรจุภัณฑ์จะทำให้การใช้สารเคมีฆ่าเชื้อราทำได้สะดวกยิ่งขึ้น

5. บรรจุภัณฑ์ช่วยแยกผลิตผลที่มีชั้นมาตรฐานแตกต่างกันออกจากกัน

6. ผลิตผลที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค

วัสดุที่นำมาทำบรรจุภัณฑ์ และ สมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่ดี มีดังนี้

1. ไม่มีพิษต่อผลิตผลและผู้บริโภค

2. มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถป้องกันไม่ให้ผลิตผลเสียหายได้

3. ไม่มีมุมแหลม ไม่มีตะปู หรือลวด หรือเศษไม้โผล่ออกมาทำให้ผลิตผลเสียหาย

4. ต้องมีขนาดพอเหมาะไม่ลึกมากเกินไป เพราะถ้าบรรจุภัณฑ์มีความลึกมากจะทำให้ผลิตผลที่บรรจุอยู่ด้านบนทับผลิตผลที่บรรจุอยู่ด้านล่าง ทำให้เกิดความเสียหายได้โดยเฉพาะผลิตผลที่ช้ำได้ง่าย

5. สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ ทำให้ผลิตผลไม่สูญเสียน้ำหนัก

6. บรรจุภัณฑ์จะต้องมีรูเล็กๆ เพื่อให้มีการระบายอากาศและระบายความร้อนที่พืชคายออกมาไม่ให้สะสมอยู่ภายใน และไม่ทำให้พืชขาดออกซิเจน

7. บรรจุภัณฑ์จะต้องมีน้ำหนัก ขนาด และรูปร่างที่สะดวกในการบรรจุ ขนส่ง และดำเนินการด้านการตลาด

8. ในกรณีที่เป็นวัสดุใช้แล้วทิ้งจะต้องสามารถนำไปกำจัดทิ้งได้สะดวก

9. ดึงดูดความสนใจผู้บริโภค

ในประเทศไทยนิยมใช้ถุงพลาสติกบรรจุผลิตผลประเภทผักและผลไม้ เพราะสะดวกในการใช้ หาซื้อได้ง่าย และราคาถูก ในปัจจุบันมีการใช้แผ่นพลาสติกห่อผลิตผลกันมากขึ้น โดยแผ่นพลาสติกช่วยในการป้องกันและรักษาผลิตผลให้อยู่ได้นาน โดยทั่วไปแผ่นพลาสติกจะช่วยทำให้เกิดสภาพแวดล้อมรอบๆ ผลิตผล (microclimate) เหมาะสมต่อการเก็บรักษา การใช้แผ่นพลาสติกห่อผลิตผลอาจจะเป็นการห่อแต่ละหน่วยแยกกัน หรืออาจจะเป็นการห่อมากกว่าหนึ่งหน่วยของผลิตผลพลาสติกที่ใช้ห่อมีหลายชนิด เช่น (Annonymous, 1985. ;Thompson, 1996)

1. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) เป็นฟิล์มที่ยอมให้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านได้ง่าย ป้องกันการเกิดฝ้าไอน้ำ เนื่องจากแผ่นฟิล์มพอลิ-เอทิลีนนี้ยอมให้ความชื้นที่เกิดขึ้นแพร่กระจายเข้าไปในเนื้อของแผ่นฟิล์ม แทนที่จะเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บนแผ่นฟิล์ม โดยทั่วไปความหนาของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 25-65 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) แผ่นฟิล์มชนิดนี้อาจเรียกว่า PVC สามารถยืดและหดตัวได้ทุกทาง แก๊สและไอน้ำสามารถระเหยผ่านได้ มีสมบัติดีกว่า LDPE แผ่นฟิล์มชนิดนี้ใช้กันมากในการปิดด้านบนของถาดโฟมที่ใส่ผลิตผลสด แผ่นฟิล์มชนิดนี้ไม่เหมาะในการทำถุง PVC บางชนิดสามารถบิดให้ตึงได้ ทำให้ผลิตผลมีลักษณะดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคเพราะมีผิวดูเป็นมัน แผ่น PVC บางชนิดจะหดตัวประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้แนบสนิทกับผลิตผลได้ดี

3. พอลิโพรพิลีน(Polypropylene) แผ่นฟิล์มนี้จะโปร่งใสกว่าพวก LDPE สามารถทำเป็นถุงได้ และใช้ทำถาด สามารถใช้ความร้อนปิดผนึกได้

4. เซลโลเฟน (Cellophane) แผ่นเซลโลเฟนที่ใช้กันมีหลายชนิด อาจใช้ปิดด้านบนของถาดโฟม หรือทำเป็นถุง หรือรองในตะกร้า มีลักษณะโปร่งแสง และยอมให้แก๊สชื้นผ่านได้แต่ไม่ยอมให้แก๊สแห้งผ่าน ดังนั้นจึงมักใช้เซลลูโลสมาหุ้มเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นพวกที่ป้องกันความชื้นได้ เช่น เซลลูโลสแอซีเตต (Cellulose acetate) และพอลิสไตรีน (Polystyrene)

5. Rubber Hydrochloride หรือ Pilofilm เป็นแผ่นฟิล์มที่มีความแข็งแรงมาก ป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีและอาจใช้ทำถุงได้

6. พลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene Film หรือ HDPE) มีความแข็งแรงสูง มีความหนาประมาณ 10 ไมโครเมตร ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ และไม่ทำให้เกิดรสชาติที่ผิดปกติ ทำให้การเสื่อมสลายของผลิตผลเกิดช้าลงด้วย นิยมใช้กับผลไม้ตระกูลส้ม

บรรจุภัณฑ์แอกทีฟ (Active Packaging)

บรรจุภัณฑ์แอกทีฟเป็นวิธีการบรรจุผลิตผลแบบแอกทีฟที่บรรจุภัณฑ์ ผลิตผล และสภาวะแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัย หรือปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตผล พร้อมกับถนอมรักษาคุณภาพของผลิตผลซึ่ง วรรณี และคณะ (2553) รายงานว่า ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟและบรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส พบว่า ผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟมีอายุการเก็บรักษานาน 14 วัน ซึ่งมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักสลัดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์พอลิเอทิลีนเจาะรูที่มีอายุการเก็บรักษานาน 8 วัน และการเก็บรักษามะเขือเทศพร้อมบริโภคในถุงแอกทีฟช่วยลดการเกิดฝ้าไอน้ำภายในถุงและช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในมะเขือเทศ (Gill *et al.,* 2002) สอดคล้องกับ Oms-Oliu *et al.* (2008) พบว่า บรรจุภัณฑ์แอกทีฟช่วยลดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในผลสาลี่พร้อมบริโภค แต่ไม่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของผลสาลี่ได้ วิธีการบรรจุแบบแอกทีฟที่ใช้กันมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้แก่ การใช้วัสดุดูดกลืน (Absorber) หรือดูดซับ (Adsorption) และการใช้วัสดุปล่อยสาร (Emitter) การบรรจุแบบแอกทีฟยังรวมถึงการบรรจุภายใต้บรรยากาศของแก๊ส (งามทิพย์, 2550)

การบรรจุภายใต้บรรยากาศของแก๊ส หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของแก๊ส ชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิด และอัตราส่วนของแก๊สชนิดต่าง ๆ นั้นจะแตกต่างไปจากอัตราส่วนที่พบในบรรยากาศปกติจำแนกกระบวนการบรรจุนี้ออกเป็น(งามทิพย์, 2550)

1. Controlled Atmosphere Packaging (CAP) หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของแก๊สชนิดต่าง ๆแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้จะคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตผล

2. Modified Atmosphere Packaging (MAP) การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของแก๊สชนิดต่าง ๆแตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ และอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลที่บรรจุ อัตราส่วนของแก๊สแรกเริ่ม วัสดุบรรจุที่ใช้ และสภาวะการเก็บผลิตผลนั้น ๆ

3. Gas-Flush Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศของแก๊สหนึ่ง ๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแก๊สไนโตรเจน โดยการฉีดแก๊สนั้นๆ เข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะ วิธีนี้นิยมใช้สำหรับไล่แก๊สออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ผลิตผล

4. Vacuum Packaging หมายถึง การบรรจุผลิตผลให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยการดึงเอาอากาศภายในบรรจุภัณฑ์และหรือภายในผลิตผลออกไป และไม่มีการฉีดแก๊สใดๆ เข้าไปแทนที่ ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายใน และภายนอกภาชนะ สังเกตุได้จากการหดรัดตัวของบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (Flexible Form) หรือการยุบตัวของบรรจุภัณฑ์

การบรรจุภายใต้บรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging, MAP)

บรรยากาศดัดแปลง หมายถึง บรรยากาศที่มีองค์ประกอบแก๊สแตกต่างจากบรรยากาศปกติ คือ มีระดับแก๊สออกซิเจนที่ต่ำและระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับอากาศ (Gorny, 2003) ตัวอย่างของการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ เช่น การเก็บในถุงปิดปากแน่นปริมาณออกซิเจนลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจ (สายชล, 2528; Burton, 1991) การเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere) ที่เหมาะสมเป็นอีกวิธีที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล ในสภาพดังกล่าวมีปริมาณออกซิเจนน้อยและคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ ซึ่งในสภาพนี้ผลิตผลมีการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันต่าง ๆ เช่น การออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลน้อยกว่าปกติ และสามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลิตผล ลดการสูญเสียกลิ่นรสของผักและผลไม้ ลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดการเปลี่ยนแปลงสี ช่วยรักษาและคงคุณภาพของผลิตผลให้ดูสดใหม่ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ (Kader, 2002) ซึ่ง Ke and Saltviet (1989) รายงานว่า ภายใต้สภาพที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำ ทำให้ผักกาดหอมห่อมีการสร้างเอทิลีนและมีอัตราการหายใจลดลง รวมทั้งมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ POD และการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลลดลงซึ่งมีผลทำให้สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอม-ห่อในระหว่างการเก็บรักษาได้ สอดคล้องกับ Lopez-Galvez *et al*. (1996) ที่รายงานว่า ในสภาพการเก็บรักษาที่มีแก๊สออกซิเจน 3 เปอร์เซ็นต์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซม์ 10 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อหั่นชิ้น เนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่แผ่นใบ ขอบใบ และเส้นกลางใบตลอดจนรักษาคุณภาพภายนอกและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 วันที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมสำหรับผักและผลไม้สดในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาคือปริมาณแก๊สออกซิเจน 2-8 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแก๊สคาร์-บอนไดออกไซด์ 5-15 เปอร์เซ็นต์ (Day, 2000) Siriphanich and Kader (1986) พบว่า ในสภาพอากาศที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 15 เปอร์เซ็นต์จะทำให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งทำความเสียหายแก่ผักกาดหอมห่อ โดยในสภาพที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงนั้นส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ PPO ให้สูงขึ้นดังนั้น ปริมาณแก๊สออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์ ต้องมีระดับที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดอัตราการหายใจที่ต่ำที่สุด แต่ต้องไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียแก่ผลิตผลนั้นๆ (Zagory and Kader,1998) โดยความเข้มข้นหรือปริมาณแก๊สนี้อาจควบคุมโดยการใช้วัสดุที่บรรจุ เช่น ฟิล์มพลาสติกที่มีความสามารถในการยอมให้แก๊สต่างๆซึมผ่านในอัตราที่แตกต่างกันโดยทำการเลือกชนิดของฟิล์มให้เหมาะสม (วัฒนา, 2540)โดยพลาสติกที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อควรมีอัตราซึมผ่านเข้าออกของแก๊สมากกว่า 3,000 มิลลิลิตร/ตารางเมตร/วัน/ความดัน 1 บรรยากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส (McDonald and Risse,1990 ; Cantwell, 2002)

ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

องค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นผลมาจากปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน ได้แก่ สภาพให้ซึมผ่านได้ของบรรจุภัณฑ์ ชนิดและลักษณะทางสรีรวิทยาของผลิตผลที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการหายใจของผลิตผล และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความชื้น ฟิล์มพลาสติกและสภาพแวดล้อมสามารถเลือกให้เหมาะสมกับผลิตผลได้ แต่ผลิตผลมีความแปรปรวน เนื่องจากพันธุ์ การเพาะปลูก สถานที่ปลูก การดูแลรักษา ลักษณะการเก็บเกี่ยว ระยะการเก็บเกี่ยว และการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จัดการหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตผล วัสดุบรรจุที่นิยมใช้กับผักและผลไม้สดในการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศดัดแปลง ได้แก่ ฟิล์มพลาสติก (Mir and Beaudry, 2004) ซึ่งฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่ทำจากพอลิเอทิลีน ซึ่งยอมให้น้ำผ่านได้น้อยมากและยอมให้แก๊สผ่านเข้าออกได้ไม่หมาะสม จึงอาจทำให้ผลิตผลเน่าเสียได้ง่าย ในบางครั้งจึงต้องทำการเจาะรูเพื่อป้องกันการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (จริงแท้, 2546)

Kader and Watkins (2000) ได้กล่าวว่า ฟิล์มที่มีจำหน่ายทั่วไปเหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำ ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิโพรพิลีนส่วนฟิล์มที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงได้แก่ ฟิล์มเจาะรูเล็ก ฟิล์มเจาะรูด้วยเลเซอร์ (Lange, 2000) และฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูง (high gas permeable film) ดังนั้นการเลือกใช้ฟิล์มพลาสติกให้เหมาะกับผลิตผล จึงขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจของผลิตผล สภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สต่างๆ ของฟิล์มพลาสติกและสภาวะแวดล้อมฟิล์มที่มีสภาพให้ซึมผ่านได้ของแก๊สสูงจึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการบรรจุผลิตผลสด ทำให้ผลิตผลคงความสดและฟิล์มช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น 2-5 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved