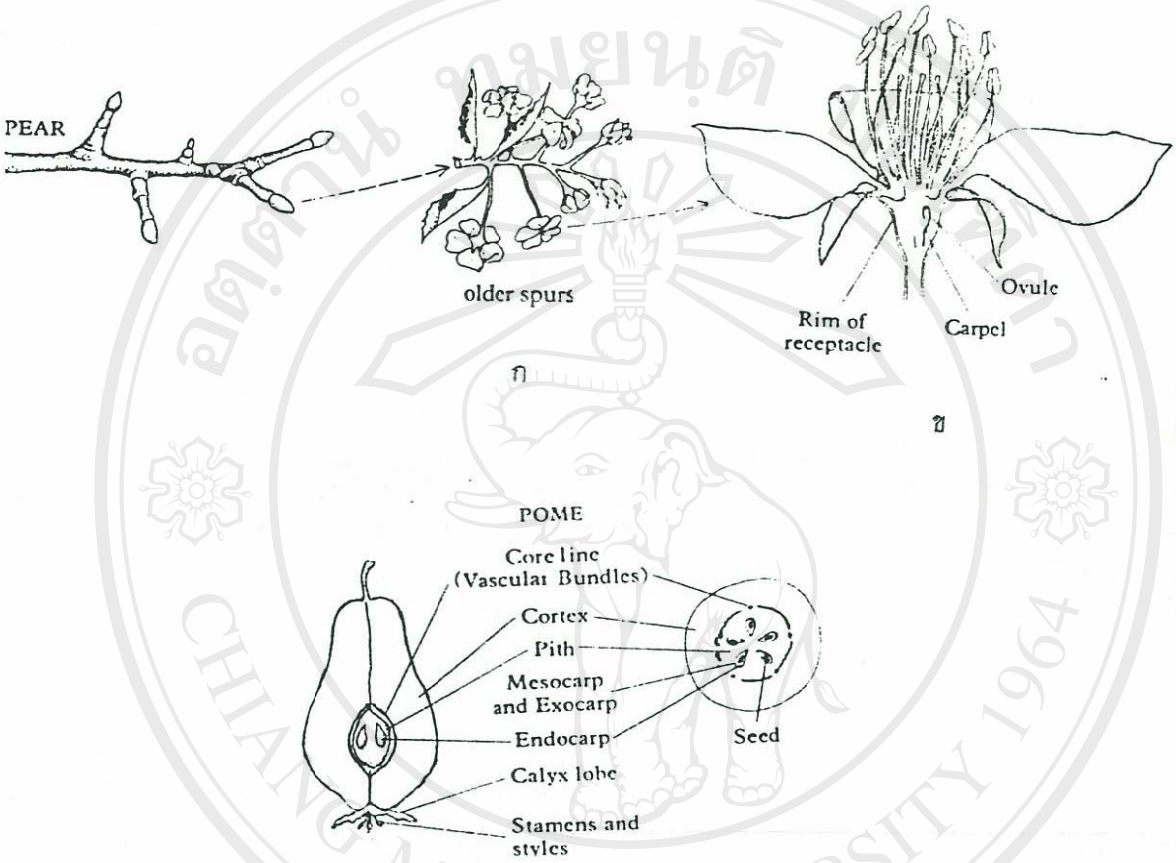
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาลี่ เป็นไม้ผลที่จัดอยู่ใน Order Rosales , Family Rosaceae , Sub Family Pomideae , Genus Pyrus Westwood(1978) ได้รายงานลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสาลี่ไว้ว่า เป็นไม้ยืนต้นส่วนมากเป็นชนิดผลัดใบ และมีน้อยที่เป็นชนิดไม่ผลัดใบ ลำต้นบางพันธุ์อาจมีหนามด้วย ใบหนาเขียวเข้ม ขอบใบเป็นแบบ serrate,crenate หรือ entire ดอกออกเป็นช่อแบบ raceme และ umbel มีสีขาวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอก 5 กลีบ ช่อดอกเจริญมาจากตาผสม (mixed bud)บริเวณส่วนยอดของกิ่ง(spur) เมื่อ spur โตเต็มที่จะประกอบไปด้วยดอก 6-8 ดอก stamen มี 20-30 อัน style มี 2-5 อันอิสระจากกัน ovule มี 2 อันต่อหนึ่ง locule ovary เป็นแบบ inferior ovary ผลเป็นประเภท Pome fruit ที่เจริญมาจาก receptacle มีส่วนเปลือกเป็น epidermis และเนื้อของผลเป็น cortex ส่วนไส้กลางผลเป็นส่วนของ pericarp (ภาพที่ 1) ลักษณะของผลแตกต่างกันไปตามพันธุ์ บางพันธุ์มีผลกลมหรือรูปไข่ หรือทรงระฆัง

สาลี่พันธุ์ Pathanak จัดเป็นสาลี่จีน (Chinese pear หรือ Asian pear) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Pyrus pyrifolia Nakai สันห์ ละอองศรี(2528) ได้รายงานลักษณะและคุณภาพของผลสาลี่พันธุ์ Pathanak ที่ปลูกที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ไว้ว่า ผลที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว มีอายุประมาณ 20 สัปดาห์หลังดอกบาน ผลจะมีสีเขียวอ่อน มีจุดประมาก เนื้อค่อนข้างละเอียด รสเปรี้ยวอมหวาน กลิ่นหอม ผลแข็ง รูปร่างยาว ขนาดค่อนข้างเล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 แสดงลักษณะของ spur(ก) , ดอก(ข) และ ผล(ค) ของสาลี่

(คัดลอกจาก Westwood 1978)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหายใจ การผลิตก๊าซเอทธีลีน และ การสุกของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

Kidd and West(1924)อ้างโดย Rhodes(1970) ได้กล่าวถึงแบบแผนการหายใจในผลแอปเปิลไว้ว่าในช่วงก่อนเข้าสู่การสุกของผลจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้นและเรียกช่วงนั้นว่า "Climacteric" นอกจากในแอปเปิลแล้วมีผลไม้อีกหลายชนิดที่มีแบบแผนของการหายใจแบบ

เดียวกับแอปเปิล Bial(964) ได้จำแนกผลไม้ออกเป็น 2 ประเภทโดยอาศัยความแตกต่างของพฤติกรรมการหายใจเป็นหลัก พวกหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจสูงขึ้นมากในตอนใกล้สุกเรียก Climacteric fruit อีกพวกหนึ่งมีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่เรียก Non-climacteric fruit และได้จัดสาลี่ไว้ในพวก Climacteric fruit

ผลไม้พวก Climacteric นั้นอกจากจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อผลใกล้สุกแล้ว ยังมีการผลิตก๊าซเอทธีลีนสูงขึ้นด้วยซึ่ง Hansen(1942)อ้างโดย Hulme and Rhodes(1971) พบว่าการผลิตเอทธีลีนเป็นส่วนหนึ่งของเมตาโบลิซึมของสาลี่แก่ เช่นเดียวกันกับที่พบในผลไม้พวก Climacteric fruit อื่นๆ อัตราส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเอทธีลีนต่างกันไปในสาลี่แต่ละพันธุ์ นอกจากนี้เอทธีลีนยังเป็นสารที่ชักนำให้เกิด climacteric และการสุกของผลได้ Burg and Burg(1965) สรุปว่าเอทธีลีนเป็นฮอร์โมนที่ช่วยให้ผลไม้บางประเภทสุกได้ Bial and Young(1981) พบว่าการสร้างเอทธีลีนที่สูงที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้และอาจเกิดก่อนการหายใจเพิ่มขึ้นเช่นกล้วย เกิดขึ้นพร้อมกับการหายใจเพิ่มขึ้นเช่นมะม่วง สาลี่ อะโวกาโด หรือเกิดหลังการหายใจเพิ่มขึ้นเช่น แอปเปิล มะเขือเทศ Kader et al.(1985)ได้จำแนกผลิตผลพืชสวนออกเป็นกลุ่มตามช่วงของอัตราการหายใจ (ตารางที่ 1) และการผลิตเอทธีลีน (ตารางที่ 2)ตามลำดับ

การสุก (ripening) เป็นขบวนการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผล ซึ่งไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ในระยะที่ผลไม้เข้าสู่ขบวนการสุกนอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ และ อัตราการสังเคราะห์เอทธีลีน แล้วยังมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี เช่นการเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงรสชาติ และ การเกิดกลิ่น เอทธีลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่ควบคุมการสุกของผลไม้ นอกจากเอทธีลีนที่ผลิตขึ้นภายในผลไม้เองแล้ว การให้เอทธีลีนจากภายนอกก็สามารถชักนำให้กระบวนการสุกเกิดได้เร็วขึ้น Kader et al.(1985) รายงานว่าเอทธีลีนที่ให้แก่ผลไม้เพียง 0.1-1.0 ppm ในเวลา 12 ชั่วโมงหรือมากกว่า สามารถกระตุ้นการสุกของผลไม้ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1. การจำแนกผลิตผลพืชสวนเป็นกลุ่มตามช่วงอัตราการหายใจ (จาก Kader et al. 1985)

Class	Range at 5°C (41°F) ($mg\ CO_2$ / Kg.hr)	Commodities
Very low	< 5	Nuts , dates , dried fruit and vegetables
Low	5-10	Apple , citrus , grape , kiwifruit , garlic , onion , potato (mature) , sweet potato
Moderate	10-20	Apricot , banana , cherry , peach , nectarine , pear , plum , fig (fresh) , cabbage , carrot , lettuce , pepper , tomato , potato
High	20-40	Strawberry , blackberry ,raspberry , cauliflower , lima - bean , avocado
Very high	40-60	Artichoke , snap bean , green-onion , brussels sprouts , cut flowers
Extremely high	>60	Asparagus , broccoli , mushroom , pea , spinach , sweet corn

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2. การจำแนกผลิตผลพืชสวนเป็นกลุ่มตามช่วงอัตราการผลิตเอทธีลีน (จาก Kader et al. 1985)

Class	Range at 20°C (68°F) (µl C_2H_4 / Kg.hr)	Commodities
Very low	Less than 0.1	Artichoke , asparagus , cauliflower , cherry , citrus, strawberry , grape , jujube , pommegranate , leafy vegetable root vegetables , potato , most cut flowers
Low	0.1-1.0	Blueberry , cranberry , olive, cucumber , eggplant , pepper , okra , persimon , pineapple , pumpkin , raspberry , tamarillo , watermelon
Moderate	1.0-10.0	Banana , fig , guava , mango , honeydew melon , plantain , tomato
High	10.0-100.0	Apple , apricot , avogado , cantaloupe , feijoa , papaya , kiwifruit (ripe) , nectarine , peach , pear , plum
Very high	More than 100.0	Cherimoya , mammee apple , passion fruit , sapote

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Mann and Singh(1990) ศึกษาผลของ Ethrel ที่มีความเข้มข้น 250, 500 และ 1000 ppm ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมีในระหว่างการสุกของผลสาลี่ พันธุ์ Pathanak พบว่า firmness จะค่อยๆลดลงเป็นส่วนกลับกับความเข้มข้นของEthrel เปอร์-เซนต์ของ total soluble solids (%TSS) และน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดและแป้งลดลง สีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น และปริมาณของสาร Phenolics ลดลง

สำหรับการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ และการผลิตเอทธีลีน นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้แล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาอีกด้วย วิธีการใดก็ตามที่สามารถยับยั้งอัตราการหายใจ ยับยั้งอัตราการผลิตเอทธีลีน หรือ การทำงานของเอทธีลีน ก็จะสามารถชะลอการสุกหรือการเสื่อมสภาพของผลไม้ได้ เช่นการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของ O_2 ต่ำและ CO_2 สูง การเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำหรือสูง Burg and Burg(1967) พบว่า CO_2 จะยับยั้งการทำงานของเอทธีลีนแบบแข่งขัน (competitive inhibitor) และยังควบคุมการสังเคราะห์เอทธีลีนด้วย Yang(1985)พบว่าความเข้มข้นของ O_2 ต่ำจะยับยั้งการเปลี่ยนจาก ACC (1-aminocyclopane-1-carboxylic acid) เป็น C_2H_4 และ CO_2 สูง จะมีผลต่อการผลิตเอทธีลีนคือมีผลต่อเอนไซม์ ACC synthase และ Ethylene forming enzyme (EFE) Yoshida et al.(1986) รายงานว่าสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -1 °C ความเข้มข้นของ O_2 1% การผลิตเอทธีลีนของผลจะลดลง และจะลดลง มากยิ่งขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 Colelli et al.(1991) เก็บรักษา 'Mission'figs ในสภาพบรรยากาศที่มี CO_2 สูง(15-20%) ที่อุณหภูมิ 0,2.2 และ 5 °C พบว่าการผลิตเอทธีลีนต่ำกว่ากลุ่มที่เก็บรักษาในอากาศปกติทั้งสามอุณหภูมิ

Johnson and Ertan(1983) พบว่าอัตราการผลิต CO_2 ของผลแอปเปิลลดลงมาก เมื่อระดับความเข้มข้นของ O_2 ลดลงจาก 21% เป็น 2-1% เช่นเดียวกับการลดอุณหภูมิจาก 4 °C เป็น 2 °C Ben-Yehoshua et al.(1979,1981) พบว่าการเก็บรักษาผลไม้ตระกูลส้มโดยการหุ้มผลด้วย high-density polyethylene film แบบหุ้มทีละผลช่วยลดอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอทธีลีนได้ Kubo et al.(1990) ทดลองวัดอัตราการหายใจ และการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตเอทธีลีน ในผักผลไม้ 18 ชนิด หลังจากเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่ประกอบด้วย 60% CO_2 และ 20%O_2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ผลไม้พวก climacteric อัตราการหายใจจะลดลง ส่วนการผลิตเอทธีลีนลดลงใน ท้อ มะเขือเทศ แต่เพิ่มขึ้นใน กล้วย ในผลไม้พวก ส้ม องุ่น และ สาลี่ญี่ปุ่น ความเข้มข้นของ CO_2 สูงมีผลต่อการหายใจน้อยมาก ส่วนการผลิตเอทธีลีนวัดได้น้อยเช่นเดียวกับก่อนการเก็บรักษา และในผลไม้พวก แตงกวา มะเขือ ถั่ว ความเข้มข้นของ CO_2 สูงทำให้อัตราการหายใจและการผลิตเอทธีลีนสูงด้วย

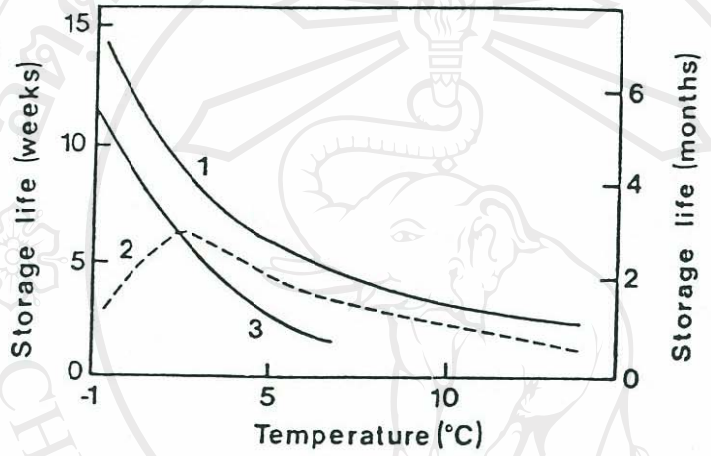
<u>การเก็บรักษาผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว</u>

การเก็บรักษาผลไม้เพื่อยืดอายุของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้หลายวิธีแต่ที่พบโดยทั่วๆไปที่นิยมกันได้แก่ การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาโดยการควบคุม หรือการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ และการเก็บรักษาโดยการลดความดันเป็นต้น

อุณหภูมิในการเก็บรักษา

อัตราการหายใจของผลไม้มีความสัมพันธ์โดยตรง กับอุณหภูมิของอากาศรอบๆผลไม้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการหายใจเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการลดอุณหภูมิในการเก็บรักษาลง จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้ Kidd and West(1924) อ้างโดย Rhodes(1970) พบว่าการลดอุณหภูมิ ช่วยชะลอการเกิด climacteric peak และชะลอการสุกได้ Wills <u>et al.</u> (1981) ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับอายุการเก็บรักษาของผลแอปเปิลและสาลี่ไว้ ดังภาพที่ 2 ซึ่งเมื่อลดอุณหภูมิลง อายุการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้น แต่ในผลแอปเปิลต่างสายพันธุ์กันจะตอบสนองต่ออุณหภูมิแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และ อายุการเก็บรักษาของแอปเปิล และสาลี่

1 = Delicious apple (เดือน)

2 = แอปเปิลพันธุ์ที่เกิดความผิดปกติเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (เดือน)

3 = สาลี่ (สัปดาห์)

(คัดจาก Wills et al. 1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบของก๊าซต่างๆในสถานที่ทำการเก็บรักษา

นอกจากอุณหภูมิแล้ว อายุการเก็บรักษาผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของบรรยากาศรอบๆผลไม้อีกด้วย เนื่องจากมีผลต่อขบวนการทางสรีรวิทยาหลายอย่าง โดยเฉพาะขบวนการหายใจและขบวนการสุก สภาพบรรยากาศโดยปกติประกอบด้วยก๊าซต่างๆดังนี้ N_2=78.1% O_2=20.9% , Ar=0.9% ,CO_2=0.03% และก๊าซอื่นๆอีกเล็กน้อย การเก็บรักษาผลผลิตในบรรยากาศที่แตกต่างไปจากสภาพบรรยากาศโดยปกติเรียกว่า "การเก็บรักษาในบรรยากาศที่ควบคุมส่วนประกอบ (Control atmosphere storage หรือ CA storage) หรือ การเก็บรักษาในบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ (Modifide atmosphere storage หรือ MA storage)" ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการลดความเข้มข้นของ O_2 ลง และ/หรือเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ให้สูงขึ้น Wills et al.(1981),Salunkhe and Desai(1984), Kader(1985) ได้สรุปผลของ MA หรือ CA ในแง่ที่เป็นประโยชน์ต่อผลผลิตไว้ดังนี้

1. ทำให้อัตราการหายใจ การผลิตเอทธีลีน การอ่อนตัว และ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบอื่นๆ ลดลง จึงทำให้ชะลอการสุก และ การเสื่อมของผลิตผลได้

2. ทำให้ผลไม้ลดความไว (sensitivity) ในการตอบสนองต่อเอทธีลีน เมื่อมี O_2 ต่ำกว่า 8% และ/หรือ มี CO_2 สูงกว่า 1%

3. ทำให้ลดปริมาณการเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาลง เช่น อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) ของผลิตผลหลายชนิด อาการเกิดจุดสีน้ำตาลในผักกาดหอม และ อาการผิดปกติบางอย่างของแอปเปิลในระหว่างเก็บรักษา

4. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้

5. ทำให้แมลงบางชนิดที่อยู่ในผลผลิตตายได้

อย่างไรก็ตามผลของ MA หรือ CA ที่มีต่อผลไม้แต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาผลไม้ในสภาพ MA โดยวิธี ห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก และ การเคลือบไข

ในปัจจุบันนิยมเก็บรักษาผลผลิตในสภาพ MA โดยการห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ หรือการเคลือบไข ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและประหยัดที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาหรือชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิตได้. แต่การเก็บรักษาผลไม้โดยวิธีการห่อหุ้มผลด้วยฟิล์มพลาสติก หรือการเคลือบผิวของผลด้วยสารเคลือบไขนั้น ถ้าความเข้มข้นของสารเคลือบไขหรือความหนาของฟิล์มพลาสติกไม่เหมาะสมกับชนิดของผลไม้ ก็อาจทำให้เกิดผลเสียต่อผลไม้ได้ เช่น ทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาบางอย่างทำให้ผลสุกไม่ปกติ หรืออาจทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติไป

Miller et al.(1983)พบว่าการเก็บรักษามะม่วงโดยการหุ้มผลด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดที่หดตัวเมื่อถูกความร้อนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ภานุมาศ อัศดร(2530) ได้ทดลองเก็บรักษามะม่วงเขียวเสวยโดยการหุ้มผลด้วยพลาสติก PE (polyethylene) พบว่าสามารถชลอการสุกของผลได้ 30 วันโดยคุณภาพของผลยังอยู่ในเกณฑ์ดี Dhalla and Hanson(1988) ทดลองเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Julie โดยการเคลือบผิวด้วย Pro-long wax เข้มข้น 0.75 และ 1.0 % พบว่าทั้งสองกลุ่มมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สามารถชะลอการสุกและการสูญเสียน้ำหนักได้ แต่ในกลุ่มที่เคลือบผิวด้วยความเข้มข้น 1% Pro-long wax จะมีปริมาณของเอทธานอลภายในผลสูงขึ้น Ben-Yehoshua(1985) รายงานว่าการใช้สารเคลือบผิวในการเก็บรักษาผลไม้สามารถชะลอการสุกได้โดยสารเคลือบผิวจะปิดบริเวณรูเปิดของ stomata และ จำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 ,O_2 และ C_2H_4 ของผล

Krishnamurthy and Kushalappa(1985)รายงานว่าการใช้ Tal Prolong wax เคลือบผิวในกล้วยสามารถยืดอายุการสุกได้นาน 4-5 วัน และเมื่อใช้ร่วมกับถุง PE สามารถยืดอายุการสุกได้ 6 วัน Sornsrivichai et al.(1990d) พบว่า การเก็บรักษาส้ม Tangerine โดยการห่อหุ้มผลด้วยพลาสติก PVC สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง และ 2 เดือนที่อุณหภูมิ 13 °C โดยสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก และการนิ่มของผลได้ดีกว่าชุดควบคุม แต่การหุ้ม PVC แบบ Individual-wrapped จะมีปริมาณก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

O_2 ที่สะสมภายในผลน้อยกว่าการหุ้ม PVC แบบ Over-wrapped การเก็บรักษามะนาวโดยใช้ high density polyethylene film(HDPE) ที่ 13 °C สามารถป้องกันการเกิด Chilling injury ได้ เช่นเดียวกับการเก็บรักษา ที่ 2 °C สลับกับอุณหภูมิสูงเป็นช่วงๆ (Cohen et al. 1990a ,1990b) Ben-Yehoshua et al.(1981) ทดลองเก็บรักษาผลไม้ตระกูลส้ม โดยการหุ้มผลด้วย HDPE เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็น พบว่าการหุ้มผลสามารถชะลอการนิ่มของผล ลดการสูญเสียน้ำหนัก และ ลดการเสื่อมสภาพของผลได้ดีกว่าอุณหภูมิเย็น นอกจากนี้ยังป้องกันการเกิด Chilling injury ใน มะนาว และ องุ่นได้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-5 °C ร่วมกับการหุ้มผลด้วย HDPE Sornsrivichai et al.(1990c) พบว่าการเก็บรักษาสาลี่พันธุ์ Pien Pu ที่ 17 °C โดยการเคลือบไข สามารถชะลอการสุกได้นานกว่าการหุ้มพลาสติก PVC แต่จะทำให้ผิวมีสีเขียวไม่ สม่ำเสมอ ส่วนการใช้การเคลือบไขร่วมกับการห่อหุ้มด้วยพลาสติก PVC จะช่วยรักษาความเขียวของผลได้มากขึ้น

การเก็บรักษาผลไม้ในสภาพ CA

Claypool(1973)รายงานว่าการเก็บรักษาสาลี่พันธุ์ Bartlett ในสภาพบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของ O_2 1% และ CO_2 5% สามารถเก็บรักษาได้นาน 6เดือน โดยที่คุณภาพของผลยังเป็นที่ยอมรับ และ ไม่ทำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาล Yoshida et al.(1986) รายงานว่าการเก็บรักษาสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่ความเข้มข้น O_2 1% เป็นเวลา 4 เดือน สามารถยับยั้งการผลิตเอทธีลีน และ การรักษาระดับของกรดอินทรีย์ได้ Dangyang et al.(1990,1991) รายงานว่าสามารถเก็บรักษาสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่อุณหภูมิ 0-1 °C ในบรรยากาศที่มี O_2 ต่ำกว่า 1%(0.25,0.5%) และมีความเข้มข้นของ CO_2 สูงกว่า 20%(20-80%)ได้ และพบว่าทำให้อัตราการหายใจและการผลิตเอทธีลีนลดลง ยับยั้งการสุก ยืดเวลาการเปลี่ยนแปลงสีผิว การนิ่มของผล และ รักษาปริมาณกรดได้ แต่ในกลุ่มที่เก็บรักษาในสภาพที่ความเข้มข้นของ CO_2 สูง 50-80 % ปริมาณของเอทธานอล และ อะซีทอลดีไฮด์ ภายในผลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Mellenthin et al.(1980) ได้ทดลองเก็บรักษาสาลี่พันธุ์ 'd'Anjou ที่อุณหภูมิ -1.1 °C พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ O_2 ต่ำกว่า 2 % จะรักษาความนิ่มของผลและปริมาณกรดได้ดีกว่ากลุ่มที่มี O_2 สูงกว่า 2 % และในกลุ่มที่มีความเข้มข้นของ O_2 ต่ำกว่า 1.5 % สามารถลดอาการผิดปกติที่บริเวณผิวของผลได้ Kader(1989) ได้รายงานผลของการเปลี่ยนแปลง ทางสรีรวิทยา ทางชีวเคมีและ ทางกายภาพ ของสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่เก็บรักษาโดย วิธี CA Storage หลังจากเก็บรักษาได้ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C ดังตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3. ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ทางชีวเคมี และทางกายภาพ ของสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่เก็บรักษาโดยวิธี CA storage หลังจากเก็บรักษาได้ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C

(คัดลอกจาก Kader 1989)

Variable	Air control	Air + 10% CO_2	Air + 20% CO_2	1.5% O_2 + 20% CO_2
Respiration (ml O_2/Kg.hr)	35a	15b	4c	3c
Ethylene (µl/Kg.hr)	50a	5b	5b	3c
Skin Color ("a" value)	-0.5a	-4b	-6c	-6c
Fresh firmness (Newtons)	20a	50b	60c	70d
Soluble solid (%)	11.8a	12.7b	11.7a	12.4b
pH	3.96a	4.02a	4.21b	4.31b
Titrable acidity (%)	0.25a	0.26a	0.20b	0.23ab

Mean separation in rows by Duncan's multiple range test at 5 % level.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความผิดปกติทางสรีรวิทยาในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้

ความผิดปกติเนื่องจากอุณหภูมิในการเก็บรักษา

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลไม้แต่ละชนิดนั้น มักขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของผลไม้ ผลไม้ที่มีแหล่งกำเนิดจากเขตร้อน หรือกึ่งร้อน มักจะไม่สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง เนื่องจากจะทำให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า การสะท้านหนาว (Chilling injury) แต่อันตรายจากอุณหภูมิต่ำมากจนถึงจุดเยือกแข็ง (Freezing injury) นั้นสามารถเกิดได้กับผลไม้ทั้งหมดรวมทั้งผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดมาจากเขตอบอุ่นด้วย

Wills et al.(1981) ได้สรุปกลไกการเกิด Chilling injury ไว้ว่า อุณหภูมิต่ำไปทำให้ membrane เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก สภาพปกติที่เป็นของไหลให้กลายเป็นสารคล้ายเจล (gel-like) ซึ่งทำให้ membrane เสีย คุณสมบัติในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสาร ทำให้เอ็นไซม์บางชนิดทำงานได้ช้าลง ทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ของขบวนการ matabolism ภายในเซลล์ ลดการสังเคราะห์ ATP และโปรตีนบางชนิด อาการของการเกิด Chilling injury เกิดได้หลายแบบ และแตกต่างกันไปในผลไม้แต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4 และแม้แต่ในผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์กันก็มีความไว (sensitive) ต่ออุณหภูมิ ในการเกิด Chilling injury ได้ต่างกัน เช่นการเกิด Chilling injury ในมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 5 McCollum and McDonald (1991) พบว่า grapefruit เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทำให้เกิดChilling injury ได้ Yamazaki et al. (1988) รายงานว่า Kokuhen injury ซึ่งเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นกับสาลี่ญี่ปุ่นพันธุ์ Shinsui นั้น จะไม่พบเมื่อผลมีความแก่เหมาะสมและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1-10 °C แต่จะพบอาการเมื่ออุณหภูมิ 20 °C ขึ้นไป และอาการจะเกิดขึ้นมากและรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่ 30-50 °C ซึ่ง Kokuhen injury นี้ เป็นผลเนื่องจาก การสูญเสียคุณสมบัติในการแบ่งแยกส่วนของเซลล์ และการยอมให้สารผ่านเข้าออกของ tonoplast เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4. แสดงชนิดของผลิตผล อุณหภูมิที่เกิด Chilling injury และอาการที่เกิด (ดัดแปลงจาก Lutz and Hardenburg 1968 , Wills et al. 1981)

ชนิดของผลิตผล	อุณหภูมิที่เกิด Chilling injury (°C)	อาการที่เกิด
กล้วยดิบหรือสุก	11-13	ผิวเปลือกสีคล้ำ
กระเจี๊ยบ	7	ผิวเปลี่ยนสี บุ๋ม ฉ่ำน้ำ เน่า
แตงกวา	7	ผิวเป็นรอยบุ๋ม ฉ่ำน้ำเป็นจุด เน่า
แตงโม	4	ผิวเป็นรอยบุ๋ม รสชาติผิดปกติ
แตงเทศ	0-2	ผิวเป็นรอยบุ๋ม ผิวเน่า
ถั่วแขก	7	ผิวเป็นรอยบุ๋ม
พริกยักษ์	7	ผิวเป็นรอยบุ๋มบริเวณกว้าง และผลเน่า
มะเขือเทศดิบ	12	สีไม่ดีเวลาสุก เน่า (Alternaria rot)
มะเขือเทศสุก	7-10	ผลอ่อนนุ่ม ฉ่ำน้ำ เน่า
มะเขือยักษ์	7	เน่า (Alternaria rot)
มะนาว	14	ผิวเป็นรอยบุ๋ม มีจุดสีน้ำตาลแดง
มะละกอ	7	ผิวเป็นรอยบุ๋ม ไม่สุก รสชาติผิดปกติ เน่า
มะม่วง	10-12	ผิวสีน้ำตาลคล้ำ สุกไม่สม่ำเสมอ
มันเทศ	12	เน่า ผิวเป็นรอยบุ๋ม เนื้อภายในเปลี่ยนสี
สับปะรด	7-10	สุกผิดปกติ ผิวสีน้ำตาลคล้ำ เนื้อฉ่ำน้ำ
สาลี่จีน(บางพันธุ์)	17	ผิวสีน้ำตาลคล้ำเนื้อฉ่ำน้ำ
อะโวกาโด	4-12	เนื้อเป็นสีน้ำตาลเทา
แอปเปิล(บางพันธุ์)	2-3	เนื้อเป็นสีน้ำตาล ผิวเป็นรอยบุ๋ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 5 แสดงอุณหภูมิที่ทำให้เกิด Chilling injury ในมะม่วงบางพันธุ์ (คัดบางส่วนของ Mendoza and Wills, 1984)

พันธุ์	อุณหภูมิที่เกิด Chilling injury(°C)	ระยะเวลาในการเกิด (วัน)	Reference
Carabao	7-15	15	Mendoza, 1978
Keaw Sawoey	10	20	Kosiyachinda, Unpub.
Nang Klarngwun	12	28	Division of - Research and - Experimental - Station, 1970
Okrong	10	20	Kasantikul, 1983
Pimsen mun	9	28	Prueksakij et al, 1976
Rad	9	28	"
Tongdum	9-10	28	"

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความผิดปกติเนื่องจากสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษา

การลดความเข้มข้นของ O_2 และ/หรือการเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 รอบๆ ผลไม้จะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 ขึ้นในผลไม้ ซึ่งผลที่ได้จากการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 นี้จะทำให้เกิดการสะสมของ ethanol และ acetaldehyde เป็นผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติขึ้นได้ Kader(1989) สรุปว่าที่ระดับความเข้มข้นของ O_2 ต่ำกว่า 1 % และ/หรือ CO_2 มากกว่า 20 % จะทำให้เกิดการสะสมของ ethanol และ acetaldehyde ขึ้นในสาลี่พันธุ์ Bartlett Frenkel and Patterson(1973,1974) อ้างโดย Kader(1989) รายงานว่าความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรยากาศสูง จะยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ Succinic dehydrogenase ใน Krebs Cycles ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสะสมของ Succinic acid ขึ้น และยังชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับ Ultrastructure เช่น การลดหรือเพิ่มขนาด การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และ การแตกหัก ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของผลขึ้นในสาลี่พันธุ์ Bartlett

Smilanick and Fouse (1989) พบว่าการเก็บรักษา Nectarines ที่ความเข้มข้นของ O_2 0.5% จะทำให้เกิดเนื้อสีน้ำตาลภายในผล ปริมาณของ ethanol และ acetaldehyde สูงขึ้นและยังยับยั้งการผลิต ethylene อีกด้วย Purvis(1980) รายงานว่ากลไกที่ทำให้เกิด Chilling injury ในผลไม้เขตร้อนและกึ่งร้อนนั้นมีสาเหตุมาจาก อุณหภูมิและการสะสมของ Fermentation products Yoshida et al.(1986) พบว่าสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -1 °C ความเข้มข้นของ O_2 1% จะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลหลังจากเก็บรักษาได้ 4 เดือน แต่อาการจะสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของ CO_2 ตั้งแต่ 2 % ขึ้นไป Lau and Yastremski(1987) สรุปว่าอาการเนื้อสีน้ำตาลฉ่ำน้ำในผลแอปเปิลพันธุ์ McIntosh เกิดเนื่องมาจากการเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ ปริมาณ O_2 น้อย และสัมพันธ์กับความแก่ของผลอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved