بتركيز ١٠٠–١٥٠ جزء فى المليون، لمدة ١٨–٢٤ ساعة فى حرارة ٢٠°م، ورطوبة نسبية ٨٥٪ إلى سرعة وصولها إلى مرحلة النضج الاستهلاكى مع تجانس نضجها خلال ١٦–١٩ يومًا من التخزين على ٢,٥–٥°م، ويصاحب ذلك تحول السكريات المختزلة إلى سكروز، وتغير اللون الخارجى من الأخضر إلى الأصفر، وليونة جلد الثمرة وظهور النكهة المميزة. وتجدر ملاحظة أن هذه المعاملة لا تفيد إذا جمعت الثمار قبل وصولها إلى مرحلة اكتمال النمو، كما أنها لا تلزم فى حالة بدء وصول الثمار إلى مرحلة النضج (Hardenburg & Lutz ١٩٦٨، و Protrade ١٩٩٥، و Suslow وآخرون ٢٠٠٧).

هذا .. ولم تعد المعاملة بالإثيلين تجرى بصورة تجارية على ثمار شهد العسل فى كاليفورنيا.

التخزين

التخزين البارد العادى

العوامل المؤثرة فى القدرة التخزينية

تتطلب زيادة القدرة التخزينية لثمار القاوون أن تراعى أثناء النمو النباتى الأمور التالية:

١– تقليل الرى إلى أدنى مستوى له.

٢– خفض مستوى التسميد الآزوتى أثناء نمو ونضج الثمار، مع زيادة مستوى التسميد البوتاسى خلال المرحلة ذاتها.

٣– إعطاء اهتمام خاص للتسميد بالكالسيوم خلال الثلاثة أسابيع السابقة للحصاد، لأنه يفيد فى تحسين تكوين الشبك وزيادة صلابة الثمار.

كذلك تتطلب القدرة التخزينية للثمار مراعاة كل ما أسلفنا بيانه ابتداء من الحصاد حتى التعبئة.

الظروف المناسبة للتخزين الباردة العادية

نتناول بالشرح تحت موضوع التخزين الظروف المناسبة للمحافظة على جودة الثمار ونضارتها فى كل طراز من الطرز التى أسلفنا بيانها. وغنى عن البيان أنه يتعين المحافظة على سلسلة التبريد بداية من عملية التبريد الأوّلى — وهى التى يجب أن تجرى فى خلال ساعتين إلى ثلاث ساعات من الحصاد — حتى وصول الثمار إلى المستهلك.

وعلى الرغم من أن نضج ثمار القاوون يكون أفضل ما يمكن فى حرارة ٢٠-٢٢°م، إلا أن احتفاظها بجودتها لأطول فترة ممكنة يتطلب تخزينها على حرارة أقل من ذلك بكثير.

وتخزن وتشحن ثمار القاوون فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية التالية:

الطراز	الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (%)	فترة التخزين (أسبوع)
الكنتالوب الأمريكى	٢,٥-٥	٩٠-٩٥	٢-٣
الجاليا	٥-٧	٩٠-٩٥	٢-٣
شهد العسل	٧-١٠	٨٥-٩٠	٢-٣
الشارانتيه	١٠	٩٠-٩٥	٢
الكرانشو والفارسى	٧-١٠	٩٠-٩٥	٢
الكاسابا، والكنارى، وسانتاكلوز	١٠	٩٠-٩٥	٢-٣

ويمكن تخزين الثمار الناضجة فى درجات حرارة أقل من تلك المبينة أعلاه، حيث تعد الثمار الناضجة أقل تعرضًا لأضرار البرودة من الثمار الأقل نضجًا.

ويؤدى تخزين الثمار فى درجات حرارة أقل من المبينة أعلاه لمدة ٧ أيام أو أكثر إلى تعرضها للإصابة بأضرار البرودة.

وتعد الرطوبة النسبية العالية ضرورية لتجنب فقد الثمار لرطوبتها، ومن ثم ليونتها وفقدها لصلابتها ولمعانها. ويزداد فقد الماء من الجلد المجروح والشبك الذى تعرض

للاحتكاكات الشديدة. وتشجع الرطوبة النسبية الأعلى من الحدود الموصى بها على تعرض الثمار للإصابة بالأعفان السطحية فى كل طرز القاوون.

ولا تحتاج ثمار الهنى ديو إلى عملية التبريد الأوّلى.

وتتوقف درجة حرارة التخزين المناسبة لثمار الهنى ديو على مرحلة نضج الثمار كما يلى:

١– الثمار الناضجة نباتيًا، والتى لم تصل بعد إلى مرحلة النضج الاستهلاكى:

تتميز هذه الثمار بلونها الأبيض المائل إلى الأخضر الفاتح، وبوجود زغب رفيع على سطحها وبخلوها من أى رائحة. وتعامل هذه الثمار أولاً بالإثيلين فى حرارة ٢١°م على الأقل، ثم تبرد ببطء على مدى يومين أو ثلاثة أيام إلى ١٦°م، ثم على مدى ٣ إلى ٤ أيام أخرى إلى درجة ٧ إلى ١٠°م.

٢– الثمار الناضجة نباتيًا، والتى بدأت الوصول إلى مرحلة النضج الاستهلاكى:

تتميز هذه الثمار بلونها الأبيض وسطحها الشمعى، وبدء ليونة أنسجتها فى الطرف الزهرى، وكذلك بدء ظهور رائحتها المميزة. ولا تعتبر معاملة هذه الثمار بالإثيلين ضرورية، ولكنها مفيدة فى التعجيل بالنضج. توضع الثمار بعد المعاملة مباشرة فى حرارة ٧–١٠°م، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪ و ٩٥٪، حيث تبقى بحالة جيدة لمدة ٢–٣ أسابيع.

٣– الثمار التى وصلت إلى مرحلة النضج الاستهلاكى:

تتميز هذه الثمار بلونها الأبيض الكريمى، وسطحها الشمعى، وليونة طرفها الزهرى، وظهور رائحتها الجيدة المميزة. لا تعامل هذه الثمار بالإثيلين، وإنما تخزن مباشرة فى ٧ إلى ١٠°م، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪ و ٩٥٪.

ويؤدى تخزين ثمار الهنى ديو فى حرارة منخفضة لمدة طويلة إلى ظهور أعراض البرودة عليها، فتتعرض للتلف سريعًا بعد إخراجها من المخزن للتسويق، وتفقد صلابتها، وتتحلل أنسجتها ويظهر بها طعم ونكهة غير مرغوبين، وتزداد سرعة ظهور أضرار البرودة بتخزين الثمار فى حرارة ٥°م أو أقل.

وتتشابه ثمار الكرينشو، والكاسابا، والفارسى فى سرعة تعرضها للإصابة بأضرار البرودة، وهى لا تُعامل بالإثيلين. وتخزن ثمارها الناضجة نباتيًا – والتى لم تصل بعد إلى مرحلة النضج الاستهلاكى (المكتملة التكوين mature) فى حرارة ١٠°م حتى تستكمل نضجها، ثم تخزن بعد ذلك فى ٧ إلى ١٠°م مع رطوبة نسبية ٨٥٪ إلى ٩٥٪ (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Yamaguchi ١٩٨٣، و Lester & Shellie ٢٠٠٤، و Suslow وآخرون ٢٠٠ و ٢٠٠٧).

يصاحب تخزين ثمار الكنتالوب الشبكى الأمريكى نقصًا فى محتواها من مضادات الأكسدة: الكاروتينات الكلية، والفينولات الكلية، وحامض الأسكوربيك (Ferrante وآخرون ٢٠٠٨).

وقد صاحب تخزين ثمار الصنف النباتى *C. melo* var. *inodorus* (شهد العسل، والكاسابا، والكنارى) – التى تحصد فى مرحلة اكتمال النمو البستانى – أثناء تخزينها لمدة ٣ أسابيع على حرارة ٧، و ١٢، و ١٥°م، ثم لمدة ٣ أيام على حرارة ٢٠°م، ما يلى:

١- لم تحدث تغيرات جوهرية فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

٢- انخفضت صلابة لُب الثمرة دون أن يتأثر ذلك بدرجة حرارة التخزين.

٣- انخفض تنفس الثمار فى جميع الأصناف خلال فترة التخزين.

٤- ازداد إنتاج الثمار للإثيلين أثناء التخزين، ولكن بدرجات متفاوتة حسب الصنف.

٥- فقدت الثمار أقل من ٣٪ من أوزانها بعد ثلاثة أسابيع من التخزين على حرارة ٧ أو ١٢°م، وحوالى ٤٪ عندما كان التخزين على ١٥°م.

٦- لم يتأثر المظهر الخارجى لثمار شهد العسل والكاسابا بدرجة حرارة التخزين، بينما أظهرت ثمار الأصناف الأخرى أعراضًا لأضرار البرودة أثناء التخزين البارد، وكذلك بعد نقل الثمار لحرارة ٢٠°م، وبدأ ظهور الأعراض فى الثمار التى خزنت على ٧°م، ثم فى تلك التى خزنت على ١٢°م، ثم فى التى خزنت على ١٥°م (Miccolis & Saltveit ١٩٩٥).

أضرار البرودة

إن أهم أعراض أضرار البرودة فى القاوون بطرزه المختلفة ظهور نقر سطحية ومناطق بلون أسمر ضارب إلى الحمرة، وأخرى غائرة فى جلد الثمرة، وتكوّن طعم غير مرغوب فيه، وفشل الثمار غير الناضجة فى إكمال نضجها، وظهور أعفان سطحية عليها.

هذا .. وتتباين أصناف الكنتالوب كثيرًا فى حساسيتها لأضرار البرودة (Yang وآخرون ٢٠٠٣).

وقد تراكمت كميات كبيرة من مركب ACC (وهو البادئ الذى يتكون منه الإثيلين) فى ثمار شهد العسل خلال فترة أسبوعين ونصف الأسبوع من التخزين على حرارة ٢,٥°م (وهى حرارة تحدث معها أضرار البرودة). وكان التركيز النهائى للمركب فى جلد الثمار المخزنة فى ٢,٥°م هو ١٥ نانو مولاً/جم، وهو تركيز بلغ ٧٠ ضعف التركيز الذى وجد فى جلد الثمار التى لم تتعرض للبرودة. كذلك ازداد تركيز المركب فى أنسجة لُب الثمرة التى تقع تحت الجلد فى الثمار التى تعرضت للبرودة، ولكن ليس بالقدر ذاته مثل الزيادة التى حدثت فى الجلد. وقد انخفض تركيز المركب تدريجيًّا بمجرد نقل الثمار إلى ٢٠°م، إلى أن عاد التركيز إلى مستواه عند الحصاد – وهو أقل من نانو مول واحد/جم – فى خلال ٢٤ ساعة وبالمقارنة كان إنتاج الإثيلين وثانى أكسيد الكربون منخفضين على ٢,٥°م، ولكنهما ازدادا سريعًا على حرارة ٢٠°م.

وقد أدت معاملة الثمار بالإثيلين بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون (١٠٠٠ ميكروليتر/لتر) لمدة ١٨ ساعة على حرارة ٢٠°م إلى انخفاض أضرار البرودة وانخفاض تراكم الـ ACC لدى تعريض الثمار لحرارة ٢,٥°م.

وكان تراكم الـ ACC فى جلد ثمار شهد العسل مرتبطًا سلبيًّا بالاصفرار الشمسى Solar Yellowing للثمار (Lipton & Wang ١٩٨٧).

وقد تأكد وجود ارتباط عكسى بين شدة تعرض ثمار شهد العسل للإشعاع الشمسى أثناء تكوينها وبين قابليتها للإصابة بأضرار البرودة لدى تخزينها على حرارة ٢,٥°م لمدة

١٧ يومًا، وتبين أن مستوى بادئ الإثيلين ACC كان منخفضًا عند الحصاد ولم يتأثر بشدة التعرض للإشعاع الشمسى، ولكن تقليل شدة التعرض للإشعاع الشمسى بنسبة ٥٠٪ أدى إلى مضاعفة تركيز الـ ACC خلال فترة التعرض للحرارة المنخفضة، ولم يؤد التظليل الكامل إلى إحداث زيادة إضافية فى مستوى الـ ACC بعد الحصاد والتخزين البارد. كذلك وجد أن مستوى الـ ACC فى الجزء السفلى الملامس للأرض من جلد الثمرة كان أعلى دائمًا بعد الحصاد والتخزين البارد عما فى جلد الجزء العلوى من الثمرة (Lipton وآخرون ١٩٨٧).

هذا ولم تصب ثمار الشارانتيه المحولة وراثيًا بالـ antisense ACC oxidase – والتى تنتج أقل من ٠,٥٪ إثيلين – لم تصب بأضرار البرودة (والتى تتمثل فى النقر السطحية وتلون قشرة الثمرة rind باللون البنى) أثناء تخزينها على حرارة ٢°م لمدة ٣–٤ أسابيع، مقارنة بالثمار غير المحولة وراثيًا. كذلك أدى تثبيط إنتاج الإثيلين فى الثمار غير المحولة وراثيًا – قبل الكلايمكتيرك – بمعاملتها بمركب 1-methylcyclopropene إلى عدم تعرضها لأضرار البرودة. وكانت المقاومة لأضرار البرودة فى الثمار التى ثُبط فيها إنتاج الإثيلين مرتبطة بعدم قدرة الثمار على إنتاج الكحول الإيثيلى والأسيتالدهيد بمعدلات تؤدى إلى تراكمها فى أنسجة الثمرة، وبعد تدهور خصائص الأغشية الخلوية خلال فترة التخزين البارد. وتأكيدًا لذلك .. أدت معاملة الثمار المحولة وراثيًا بالإثيلين قبل تعريضها للحرارة المنخفضة إلى أصابتها بأضرار البرودة (Ben Amor وآخرون ١٩٩٨).

التخزين والشحن فى الهواء المتحكم فى مكوناته

يؤدى تخزين ثمار القاوون الشبكى فى ٢–٥٪ أكسجين، و ١٠–٢٠٪ ثانى أكسيد الكربون إلى إبطاء نضجها وتقليل إصابتها بالأعفان، ويفضل الحد الأدنى لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، مع تخزين الثمار فى حرارة ٣°م.

وعمليًا .. ترفع نسبة ثانى أكسيد الكربون بإطلاق ٢٠ كجم من الغاز فى كل حاوية

(كونتينر) بطول ٤٠ قدم بعد غلقها. ويراعى تفريغ الحاوية سريعًا بعد وصولها إلى محطة الوصول، حتى لا يحدث ضرر للثمار من الإثيلين المتراكم فيها.

و لا تستفيد ثمار شهد العسل كثيرًا من التخزين فى الجو المعدل، ولكن إذا دعت الضرورة لتخزين الثمار لفترات طويلة تصل إلى أربعة أسابيع فإن التخزين يجب أن يكون فى ٣٪ أكسجين، و ١٠–٢٠٪ ثانى أكسيد الكربون على حرارة ٧°م، حيث تؤدى هذه الظروف إلى إبطاء النضج، وانخفاض معدل التنفس، ومنع تكوين الأعفان على الثمار.

ويؤدى تخزين ثمار القاوون الشبكى أو شهد العسل فى نسبة أكسجين أقل من ١٪، أو نسبة ثانى أكسيد كربون أعلى عن ٢٠٪ إلى تكوين روائح غير مقبولة، وطعم غير مرغوب فيه فى الثمار، وعدم اكتمال نضج الثمار بصورة طبيعية. وعلى الرغم من أن نسبة ثانى أكسيد الكربون الموصى بها تتراوح بين ١٠٪ و ٢٠٪ إلا أنه يصاحبها تكوين فقاقيع كربونية فى الثمار تختفى بمجرد نقل الثمار إلى الجو العادى (عن Lougheed ١٩٨٧، و Suslow وآخرين ٢٠٠٤).

كانت نوعية ثمار الجاليا التى خزنت فى ١٠٪ ثانى أكسيد كربون، و ١٠٪ أكسجين – مع مادة ماصّة للإثيلين – لمدة ١٤ يومًا على حرارة ٦°م، ثم لمدة ٦ أيام أخرى على حرارة ٢٠°م .. كانت نوعيتها أفضل جوهريًا عن ثمار المقارنة، والثمار التى خزنت فى الهواء المتحكم فى مكوناته فقط. كذلك كانت الثمار التى خزنت فى الهواء المتحكم فى مكوناته مع المادة الماصّة أكثر صلابة وأقل إصابة بالأعفان من ثمار المعاملتين الأخرتين (Aharoni وآخرون ١٩٩٣).

التخزين والشحن فى الهواء المعدل

تغليف الثمار المفردة

يؤدى تغليف الثمار – كل على انفراد – إلى تعديل الهواء المحيط بها، حيث يؤدى تنفس الثمار إلى سرعة خفض تركيز الأكسجين، وزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون.

كذلك يؤدى التغليف إلى خفض الفقد الرطوبى من الثمار، ولكنه يزيد من احتمالات إصابتها بالأعفان.

وقد وجد Mayberry & Hartz (١٩٩٢) أن غمر ثمار الكنتالوب الأمريكى فى الماء الساخن على حرارة ٦٠°م لمدة ٣ دقائق مع تغليف الثمار – كل على حدة – فى أكياس بلاستيكية، أو تبطين الكراتين سعة ١٨ كجم بكيس بلاستيكى كبير حافظ على الثمار من الإصابة بالأعفان وقلل فقد الرطوبة منها. وأبقى على مظهرها الجيد لمدة ٢٨ يومًا من التخزين على ٣°م، ولم تكن للمعاملة بالإيمازاليل – بالإضافة إلى الماء الساخن – فائدة إضافية جوهرية فى منع الإصابة بالأعفان.

وتجدر الإشارة إلى أن مجرد تخزين ثمار الكنتالوب الأمريكى على حرارة ٤°م ورطوبة نسبية ٨٥٪-٩٥٪ لمدة ٢٠ يومًا يفقدها ٥,٧٪ من وزنها نتيجة لفقد الماء منها، ويكون ذلك مصاحبًا بنقص مماثل فى صلابة الثمار. بينما لا تفقد الثمار المغلفة بالأغشية التى تلتصق بها shrink film-wrapped – والمخزنة تحت نفس الظروف – سوى ٠,٦٪ من وزنها بعد ٣٠ يومًا من التخزين.

وقد أدى تغليف ثمار الشارانتيه – كل على انفراد – فى الأغشية البلاستيكية إكستند Xtend (وهى أغشية منفذة بدرجة عالية لبخار الماء، ويمكن التحكم فى نفاذيتها لغازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون باختيار الغشاء المنفذ بالدرجة المطلوبة) .. أدى تغليفها إلى تأخير وصولها إلى مرحلة زيادة النضج. وما يصاحب ذلك من تغيرات غير مرغوب فيها، مثل فقد الثمار لصلابتها والتغيرات الشديدة التى تحدث فيها فى لون الجلد. ولتدهور الطعم، وظهور الأعفان. وحُصِلَ على أفضل النتائج عندما خزنت الثمار المغلفة فى حرارة تتراوح بين ٧ و ١١°م (Rodov وآخرون ١٩٩٨).

تغليف كل ثمار الكرتونة معًا

يمكن زيادة القدرة التخزينية للثمار بتعبئتها – وهى مبردة إلى ٥°م – فى أكياس بلاستيكية يُفَرَّغ منها الهواء بشطفه بواسطة مكنسة كهربائية. وتستعمل أكياس تسع كل

ثمار الكرتونة (٥–٦ ثمار) معًا. تجرى عمليتا التعبئة فى الأكياس وتفريغ الهواء فى حجرات مبردة إلى ١٠°م، ويعقب ذلك مباشرة وضع الكراتين فى حرارة ٥°م أثناء التخزين والشحن، يفيد ذلك فى تعديل الهواء المحيط بالثمار، حيث يؤدى تنفسها إلى سرعة خفض تركيز الأكسجين، وزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون.

وتتبع هذه الطريقة مع ثمار طراز الجاليا على نطاق تجارى واسع فى أمريكا الوسطى، حيث تصل الثمار إلى أوروبا فى خلال ١٥ يومًا وهى بحالة جيدة. وبعد وصول الشحنة تُزال الأكياس البلاستيكية وتعاد تعبئة الثمار فى الكراتين مع وضع حواجز كرتونية بينها.

كذلك يمكن تبطين العبوات بأغشية الفينيل vinyl liner قبل تعبئتها بالثمار المبردة إلى ٥°م، ثم سحب الهواء منها.

وأدت تعبئة ثمار الشارانتيه الأملس فى أكياس الـ Xtend المعدِّلة للجو (توضع عبوة الكرتونة كلها داخل كيس واحد فيبدو مبطنًا للجدار الداخلى للكرتونة) إلى زيادة فترة احتفاظ الثمار بجودتها بتأخير وصولها إلى مرحلة النضج الزائد. وقد تحققت أفضل النتائج (أطول تأخير فى الوصول إلى مرحلة النضج الزائد) عندما تكون الهواء المحيط بالثمار من ١٣٪–١٤٪ ثانى أكسيد الكربون، مع ٧٪ إلى ١٠٪ أكسجين، على الرغم من ارتفاع تركيز الإثيلين إلى ١٢٠ ميكروليتر/لتر. ولقد احتفظت ثمار الشارانتيه التى عُبئت بهذه الطريقة على ٦–٧°م بجودتها لمدة ١٢ يومًا بالإضافة إلى ثلاثة أيام أخرى على ٢٠°م. وبالمقارنة بالشحن الجوى التجارى فإنه لا تزيد فيه فترة صلاحية الثمار للاستعمال عن ٣–٥ أيام على ١٠–١١°م + ٣ أيام على ٢٠°م. وقد تحقق الجو المعدل المذكور أعلاه باستعمال أغشية Xtend بها تثقيب خفيف (تثقيب كلى قدره ٢٥ × ١٠$^{-٥}$٪ من سطح الغشاء)، ومع وضع ٨–٩ ثمار ذات وزن كلى حوالى ٥ كجم بكل كرتونة. ويسمح ذلك بشحن الشارانتيه بطريق البحر (Rodov وآخرون ٢٠٠٢).