مللى مول تحميها بكفاءة عالية من الإصابة بأضرار البرودة على ١°م، وأن تلك الحماية تحدث من خلال زيادة المعاملة لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة وللـ phenylalanine ammonia lyase (Cao وآخرون ٢٠٠٩).

التخزين

التخزين البارد العادى وأضرار البرودة

يخزن الخيار على ١٠-١٢,٥°م و ٩٥٪ رطوبة نسبية لمدة ١٤ يومًا، يتدهور بعدها سريعًا فى كل من مظهره وطعمه. فبعد هذه الفترة يظهر على الثمار أعراض الانكماش والاصفرار والتحلل. وعلى حرارة أقل من ١٠°م تظهر على الثمار أعراض الإصابة بأضرار البرودة فى خلال ٢-٣ أيام.

ومن أهم مشاكل الثمار بعد حصادها اصفرارها؛ الأمر الذى يزداد معدله فى الثمار التى تحصد فى عمر متقدم، ولدى التعرض للإثيلين — ولو بتركيز ٠,١ جزءًا فى المليون لمدة ٤٨ ساعة — والتخزين فى حرارة منخفضة (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧). كذلك تكون فترة التخزين أقصر فى الثمار ذات اللون الأخضر الفاتح عما فى الثمار ذات اللون الأخضر الداكن (عن Mattsson ١٩٩٣).

أما أصناف التخليل التى قد تُخزن ثمارها مؤقتًا لحين تخليلها فإنها توضع فى حرارة ١٠°م ورطوبة نسبية ٩٥٪، وتتفاوت الأصناف كثيرًا فى مدى قدرة ثمارها فى الاحتفاظ بنضارتها تحت هذه الظروف؛ فهى تتراوح — مثلاً — من ١٠ أيام فى الصنف Ohio MR200 إلى ٤٧ يومًا فى الصنف ماركتر Marketer (عن Robinson & Decker-Walters ١٩٩٧).

وتتعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة إذا خزنت فى حرارة تقل عن ٧°م لمدة أكثر من يومين. وتظهر هذه الأضرار على شكل بقع مائية، ونقر، وانهيار بأنسجة الثمرة، كما تتحلل أنسجة الثمرة بسرعة بعد إخراجها من المخزن. ويؤدى تخزين الثمار - فى حرارة تزيد عن ١٠°م - إلى سرعة اصفرارها، ويبدأ التغير فى اللون فى غضون يومين.

وتزداد سرعته إذا وجدت ثمار تفاح، أو غيره من الثمار المنتجة للإثيلين مع الخيار في المخزن. أما الرطوبة النسبية العالية .. فترجع أهميتها إلى منع الانكماش وذبول الثمار بسرعة أثناء التخزين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وعلى الرغم من أن جميع أصناف الخيار تعد حساسة لأضرار البرودة، فإنه توجد بعض الاختلافات بين الأصناف والسلالات في مدى تحملها لتلك الأضرار؛ فمثلاً يعتبر الصنف داشر ٢ Dasher II أكثر تحملاً من الصنف بوينست ٧٦ Poinsett 76 (عن Jennings & Saltveit ١٩٩٤).

ويوجد ارتباط قوى بين مدى فقد الثمار لرطوبتها خلال مدة خمسة أيام من التخزين على حرارة ٥°م ورطوبة نسبية ٦٥٪، وبين شدة أضرار البرودة التي تظهر عليها بعد يومين أو أربعة أيام من نقلها – بعد التخزين البارد – إلى حرارة ١٥°م ورطوبة نسبية ٨٥٪ (Purvis ١٩٩٥).

وقد ظهرت اختلافات بين أصناف الخيار في حساسية ثمارها للإصابة بأضرار البرودة، وكانت الأصناف الأكثر مقاومة أعلى في محتوى عصيرها (الإفرازات التي تظهر عند قطع الثمار) من المواد الصلبة، كذلك بدا أن ذلك المحتوى من المواد الصلبة يرتبط بدرجة إصابة الثمار بالتنقير (Cabrera & Saltveit ١٩٩٣).

كما تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات الخيار في حساسيتها لأضرار البرودة على ١°م، وخاصة في درجتي التنقير pitting والتحلل decay. وقد تبين أن التحلل والفقد في الوزن كانتا الصفتان الوحيدتان اللتان ارتبطتا بصفة التنقير التي تسببها الحرارة المنخفضة (Abdul Hakim وآخرون ١٩٩٩).

وقد وجد Fan وآخرون (١٩٩٦) أن محتوى ثمار الخيار من البوترسين Putrescine يزداد قبل ظهور أضرار البرودة على الثمار التي خزنت لمدة ثلاثة أيام على حرارة ٢°م. وبينما أحدث وضع الثمار على حرارة ١٣°م قبل تخزينها على حرارة ٢°م نقصًا معنويًّا في أضرار البرودة التي ظهرت عليها، فإن مستوى البوترسين ازداد بالطريقة ذاتها،

ولكن محتوى الاسبرميدين Spermidine كان أقل قليلاً فى الثمار التى سبق وضعها فى حرارة ١٣°م قبل تخزينها على ٢°م.

ويجب عند شحن الخيار خفض حرارة الحاويات إلى ١٠°م على ألا ترتفع الحرارة عن ١٣°م مع توفير تهوية بمعدل ٣٠م³/ساعة (٢٠ قدم³/دقيقة) للحاويات الـ ٢٠ قدم، و ٦٠م³/ساعة (٣٥ قدم³/دقيقة) للحاويات الـ ٤٠ قدم، هذا مع توفير ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية (Optimal Fresh ٢٠٠١ – الإنترنت).

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

يؤدى تخزين الخيار فى جو يحتوى على حوالى ٥٪ CO_2، أو ٥٪ O_2 إلى تأخير اصفرار ثمار الخيار، ويزداد هذا التأثير عند الجمع بين نسبتى الغازين. هذا إلا نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة – وبدرجة أقل – نسبة الأكسجين المنخفضة – تزيدان من حساسية الخيار لأضرار البرودة. وحتى فى درجات الحرارة العادية، فإن نسبة ثانى أكسيد الكربون يجب ألا تزيد عن ١٠٪، وألا تقل نسبة الأكسجين عن ٢٪. ويفيد الجو الذى يحتوى على ٣٪ O_2، أو ٥٪-١٠٪ CO_2 فى تثبيط إنتاج الثمار لغاز الإثيلين، وخاصة عندما تخزن الثمار مختلطة مع غيرها من الثمار المنتجة للإثيلين مثل الكنتالوب، والتفاح، والكمثرى. ويمكن إطالة فترة تخزين الخيار إلى نحو ٢-٣ أسابيع بتخزينها فى جو يحتوى على ٥٪ CO_2، و ٥٪ O_2 (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

التخزين مع التعبئة فى الأغشية المعدلة للهواء

أدى تخزين الثمار على حرارة ٥°م ورطوبة نسبية مقدارها ٩٠٪-٩٩٪ لمدة ١٨ يومًا إلى زيادة محتواها من البوترسين، وكانت تلك الزيادة فى البوترسين أكبر عندما كان تخزين الثمار فى أكياس بلاستيكية غير مثقبة، كما ازداد محتوى الثمار من الاسبرميدين عندما كان تخزينها فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة. ونظرًا لأن أضرار البرودة التى ظهرت على الثمار كانت أقل عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية غير المثقبة مما كان عليه الحال عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية المثقبة، والتى كانت فيها أضرار

البرودة أقل – بدورها – مما فى حالة التخزين السائب؛ لذا .. اقتُرح أن هذه المستويات العالية من البولى أمينات Polyamines تُسهم فى تحمل الثمار المعبأة فى الأكياس لأضرار البرودة (Wang & Qi ١٩٩٧).

كذلك وجد أن ثمار الخيار التى عبئت فى الأكياس البلاستيكية المصنوعة من البوليثيلين ذى الكثافة المنخفضة، والتى بلغ سمكها ٣١,٧٥ ميكرونًا – سواء أكانت مثقبة، أم غير مثقبة (كانت الأكياس ٣٣,٥ سم × ٣٥ سم وتتسع لثلاث ثمار) .. وجد أن أضرار البرودة التى ظهرت على هذه الثمار بعد ١٨ يومًا من تخزينها على ٥°م ورطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪ كانت أقل مما فى الثمار التى لم تعبأ فى الأكياس. وكانت أضرار البرودة فى الثمار التى عبئت فى أكياس غير مثقبة أقل مما كان عليه الحال فى الثمار التى عبئت فى أكياس مثقبة. وقد وجد أن تركيز ثانى أكسيد الكربون ازداد داخل الأكياس غير المثقبة إلى ٣٪، بينما انخفض فيها تركيز الأكسجين إلى ١٦٪ وكانت أقل الإصابات الفطرية ظهورًا فى الثمار التى عبئت فى الأكياس غير المثقبة. وبالمقارنة لم يحدث تغير يذكر فى تركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون داخل الأكياس المثقبة مقارنة بنسبتها فى الجو العادى. وبينما بلغ الفقد فى وزن الثمار غير المعبأة فى الأكياس ٩٪ فى خلال ١٨ يومًا من التخزين، فإن الفقد فى وزن الثمار المعبأة فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة لم تتعد نسبته ١٪ (Wang & Qi ١٩٩٧).

وقد وجد Zhang وآخرون (١٩٩٦) أن تغليف الثمار فى أغشية البوليثيلين – مع تخزينها على ١٢°م – أدى إلى تقليل فقدها للرطوبة، وعدم اصفرارها، وتثبيط تحلل البروتينات الذائبة فيها.

كذلك أدى تخزين ثمار الخيار فى أكياس بلاستيك (اسمها التجارى إكستند Xtend) إلى خفض فقدها للوزن، ومنع انكماشها وذبولها، واصفرارها، ومنع إصابتها بأضرار البرودة والأعفان سواء أكان تخزينها فى حرارة مثلى (١٠°م)، أم منخفضة (٧°م)، أم عالية (١٢°م) (Rodov وآخرون ١٩٩٨).

ولدى مقارنة التغليف بأغشية البوليثيلين ذات الكثافة المنخفضة وأغشية السيراميك ceramic film بسمك ٢٠، و ٣٠، و ٤٠ ميكرونًا، كانت أفضلها فى المحافظة على صفات الجودة أثناء التخزين أغشية السيراميك بسمك ٢٠ ميكرونًا (Park & Kang ١٩٩٨).

وعمومًا .. تتبع طريقة تغليف الثمار بأغشية البوليثيلين فى أصناف البيوت المحمية، وخاصة الأصناف ذات الثمار الطويلة، والتى تكون ذات جلد رهيف وتفقد رطوبتها بسهولة، بينما يكفى تشميع ثمار الأصناف الأخرى.