تعرضت للحرارة المنخفضة. بينما انخفض محتوى الثمار من كل من الاسبرميدين spermidine والاسبرمين spermine فى الحرارة المنخفضة فى كلتا المعاملتين، إلا أن الثمار المعاملة بالجاسمونيت احتفظت بمستوى أعلى من الاسبرميدين والاسبرمين — اللذان يقللان من أكسدة الليبيدات — عن ثمار معاملة الكنترول طوال فترة التخزين على ٥°م. ويعنى ذلك أن مثيل الجاسمونيت يمنع ظهور أعراض أضرار البرودة من خلال عملية تنظيم لمستوى كل من حامض الأبسيسيك والبولى أمينات (Wang & Buta ١٩٩٤، و Wang ١٩٩٤).

التخزين

التخزين البارد العادى وأضرار البرودة

ظروف التخزين المناسبة وأعراض أضرار البرودة

تعد ثمار الزوكينى شديدة الحساسية للإصابة بأضرار البرودة، حيث تصاب بأضرار دائمة فى خلال يوم واحد إلى يومين من التخزين على حرارة تقل عن ٥°م. ومن أهم تلك الأعراض ظهور نقر سطحية دائرية أو طولية مائية المظهر على الثمار، مع تغيرات فى لونها، وتدهور فى الصفات الأكلية، مع ذبول الثمار واصفرارها وتحللها. وقد ترجع تلك الأعراض إلى الأضرار التى تُحدثها الحرارة المنخفضة بالأغشية الخلوية (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

وتفقد ثمار الكوسة صلاحيتها للتسويق بعد ٥ أيام من تخزينها على ٢°م وبعد ٢٠ يومًا من تخزينها على ١٠°م. وبينما لم تظهر أى أعراض لأضرار البرودة على الثمار التى خزنت على ١٢°م، فإنها لم تكن صالحة للتسويق بعد ٢٠ يومًا بسبب تدهور صفاتها.

وبسبب أضرار البرودة، فإنه يوصى بتخزين ثمار الزوكينى على ٧–١٠°م، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪، و ٩٥٪، حيث يمكن أن تحتفظ الثمار بجودتها لمدة ٧–١٤ يومًا. ويؤدى التخزين فى حرارة أعلى من ١٠°م إلى ليونة الثمار وتغير طعمها (عن Kramer & Wang ١٩٨٩).

وتبدأ أضرار التجمد فـى الظهـور علـى حـرارة -٠,٥°م، ومـن أهـم أعراضـها وجـود مساحات مائية المظهر.

الاختلافات الوراثية فى الحساسية لأضرار البرودة

تتفاوت طرز الكوسة وأصنافها فى شدة حـساسيتها لأضـرار الـبرودة، وفـى معـدلات تنفس ثمارها وإنتاجها للإثيلين أثناء التخزين.

ويعتبر جين B – وهو الجين المسئول عن ظهور الصبغة الـصفراء فـى ثمـار الكوسـة، والذى أدخل فى عديد من الأصناف – يعتبر هذا الجين من أكثر الجينـات تـأثيرًا علـى صفات الثمار (ذلك لأنه له تأثير متعدد Pleiotropic)، ويرتبط بشدة بجينات أخرى قـد تكون مرغوبة أو غير مرغوب فيها. كما أن ظهور تلك الصفات يتوقف على تفاعل الجين B مع الخلفية الوراثية للنبات. ومن بين التأثيرات السلبية للجـين B زيادتـه لحـساسية الثمار لأضرار البرودة.

ولـدى مقارنـة سـلالات ذات خلفيـة وراثيـة متـشابهة isogenic lines فيمـا عـدا احتوائها، أو عدم احتوائها على الجين B بحالة أصلية – من الصنفين Caserta (وهو مـن طـراز المـارو marrow)، و Benning's Green Tint (وهـو مـن طـراز الإسـكالوب scallop) كانـت معـدلات تـنفس الثمـار وإنتاجهـا للإثـيلين – فـى درجـات الحـرارة المعتدلة – أعلى دائمًا فى المارو عما فى الإسكالوب، ولم يكن للجين B أى تأثير على معدل التنفس فى تلك الحرارة المعتدلة، إلا أن وجود الجين B حفز الزيادة فى معـدل التنفس التى تسببها الحرارة المنخفضة فى طرازى الكوسة. كذلك ازداد إنتاج الإثـيلين فى الحرارة المنخفضة فى طرازى الكوسة، ولكن الزيادة كانت أكبر فى طراز المارو عما فى طراز الإسكالوب، وأدى وجود الجين B إلى مزيد من الزيادة فى إنتاج الإثيلين فى كلا الطرازين، مع استمرار الاختلاف بينهما. أما التسرب الأيونى من الثمار فلم يرتبط بدرجـة الحـرارة، أو الطـراز الـصنفى، أو وجـود الجـين B مـن عدمـه (McCollum ١٩٩٠).

علاقة عمر الثمرة بحساسيتها لأضرار البرودة

يتبين من دراسات Tatsumi وآخرين (١٩٩٥) أن الحساسية لأضرار البرودة عند تخزين الثمار على ٥°م تنخفض كلما ازداد عمر الثمرة بعد التلقيح من يوم واحد إلى تسعة أيام. ووجدت تركيزات عالية من البوترسين، والاسبرميدين، والاسبرمين فى الثمار بعد يوم واحد إلى خمسة أيام من التلقيح، وانخفض مستوى البولى أمينات مع زيادة نضج الثمار. هذا إلا أن مستوى البوترسين فى الثمار التى قطفت بعد يوم إلى خمسة أيام من التلقيح ازداد أثناء التخزين، بينما انخفض مستوى الاسبرميدين والاسبرمين أثناء التخزين أيًا كان عمر الثمرة عند حصادها باستثناء مستوى الاسبرمين فى الثمار التى قطفت بعد يوم واحد من التلقيح.

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته وعلاقة ذلك بالحد من الإصابة بأضرار البرودة

تستفيد الكوسة قليلاً من التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته، ففى مستوى منخفض من الأكسجين (٣٪-٥٪) بتأخير الاصفرار فى الأصناف ذات اللون الأخضر الداكن ويتأخر بدء تحلل الثمار لبضعة أيام. وتتحمل ثمار الزوكينى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حتى ١٠٪، إلا أن ذلك لا يفيد فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين. وتجدر الإشارة إلى أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حتى ٥٪ تقلل من حساسية الثمار لأضرار البرودة (عن Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

وأوضحت دراسات Mencarelli (١٩٨٧) أن تخزين ثمار الكوسة الزوكينى فى هواء يحتوى على ٢١٪ أكسجين مع ٥٪ ثانى أكسيد كربون قلل كثيرًا من إصابة الثمار بأضرار البرودة عندما كان التخزين على ٥°م لمدة ١٩ يومًا، ثم على ١٣°م — فى الهواء العادى — لمدة ٤ أيام. وقد وجدت علاقة عكسية بين إصابة الثمار بأضرار البرودة، وبين تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فيما بين صفر، و ١٠٪ إلا أن تركيز ١٠٪ كان مصاحبًا بتغيرات غير طبيعية فى طعم الثمار، بينما كانت الإصابة بأضرار البرودة عالية إلى

درجة غير مقبولة عندما كانت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن صفر، أو ٢,٥٪. وكانت دراسات سابقة للباحث ذاته قد أوضحت عدم وجود تأثير يعتد به لتركيز الأكسجين فى هواء المخزن على إصابة ثمار الكوسة بأضرار البرودة.

وقد ظهرت أضرار البرودة متمثلة فى التنقير على أكثر من ٩٣٪ من سطح ثمار الكوسة الزوكينى صنف إليت Elite بعد ١٢ يومًا من تخزينها على ٢°م، وازداد تركيز البوترسين putrescine خلال تلك الفترة بنحو ٢٠٠٪ فى جلد الثمرة، ونحو ٢٥٠٪ فى لبها، بينما ازداد حامض الأبسيسيك فى جلد الثمرة فقط وأدت معاملة الثمار بغاز ثانى أكسيد الكربون قبل تخزينها على ٢°م إلى خفض أضرار البرودة. وعندما كان تركيز ثانى أكسيد الكربون ٥٪ كانت الزيادة فى تركيز البوترسين وحامض الأبسيسيك أقل مما فى الكنترول، أما زيادة تركيز الغاز إلى ٤٠٪ فإنها خفضت محتوى الثمار من كل من البوترسين وحامض الأبسيسيك. هذا فى الوقت الذى انخفض فيه محتوى الثمار من الاسبرميدين spermidine وتركيزه فيها أثناء التخزين أيًا كانت معاملة ثانى أكسيد الكربون (Serrano وآخرون ١٩٩٨).

ولقد كان تخزين الثمار فى جو متحكم فيه يتكون من ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، أو ٣٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين فعالاً فى خفض إصابتها بأضرار البرودة لمدة ١٥، و ٢٠ يومًا، على التوالى، وقد أوصى بتلك الظروف لأجل التخزين الطويل المدى للكوسة (Lee & Yang ١٩٩٩).

تغليف الثمار وتعبئتها فى أغشية معدلة للجو

أدى تغليف ثمار الكوسة – كل على انفراد – فى أغشية من البوليثيلين المنخفض الكثافة – قبل تخزينها على ١٠°م، و ٨٥٪ رطوبة نسبية – إلى تعديل الهواء المحيط بالثمرة إلى ٢٪-٧٪ أكسجين. و ٥٪-٨٪ ثانى أكسيد كربون، وأفاد ذلك فى احتفاظ الثمار بجودتها، وبمحتواها من حامض الأسكوربيك، وتقليل فقدها للرطوبة (Park & Cho ١٩٩٧).

وأوضحت دراسات Rodov وآخرون (١٩٩٨) أن تغليف ثمار الكوسة الزوكيني (صنف بلاك ماجك Black Magic) – المنتجة بالطريقة العضوية – بالغشاء البلاستيكى إكستند Xtend (وهو غشاء منفذ لبخار الماء بدرجة عالية، وتتفاوت نوعياته فى درجة نفاذيتها لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون) .. أدى تغلف الثمار إلى تحسين مظهرها، وتثبيط اصفرارها، وفقدها لصلابتها، ونمو الفطريات السطحية عليها، مع تقليل فقدها للوزن إلى نصف ما تفقده الثمار المعبأة فى الكراتين التجارية.

وكانت تعبئة الثمار فى أغشية من البوليثيلين ضرورية للمحافظة على جودتها أثناء التخزين لمدة أسبوعين على ٥ أو ١٠°م (Savvas وآخرون ٢٠٠٩).

الكوسة المجهزة للمستهلك

تجهز الكوسة الزوكيني للمستهلك على صورة شرائح. يجب أن تكون الشرائح المجهزة ذات قشرة خضراء قاتمة اللون ونسيج داخلى أبيض قَصِم crispy. يجب أن تكون حرارة المنتج الذى يصل المصنع ١٣°م وأن يخزن بعد وصوله على ٥–١٠°م، وعلى صفر–٥°م بعد تجهيزه. ويفيد خفض مستوى الأكسجين فى العبوات إلى ١٪، علمًا بأن خفض الأكسجين إلى ٠,٥٪ يخفض التنفس بنسبة ٥٠٪ على ٥°م، وبمقدار ٨٠٪ على ١٠°م مقارنة بالتنفس فى الهواء العادى عند نفس درجات الحرارة.

هذا .. ومن مشاكل الكوسة الزوكيني المجهزة أن يظهر بها مناطق مائية المظهر (نتيجة لأضرار البرودة) على صفر°م، وتلون بنى على ٥–١٠°م يزدادان مع زيادة فترة التخزين. يمكن غمر شرائح الزوكيني فى محلول كلوريد كالسيوم منفردًا أو مع هيبوكلوريت الصوديوم، علمًا بأن معاملة الكالسيوم تقلل كلا من: الأعفان، والنمو الميكروبى الكلى، وفقدان حامض الأسكوربيك (Barth وآخرون ٢٠٠٤).