كما يجب أن تكون الكراتين عميقة بالقدر الذى يكفى لوجود مسافة ١٠-١٥ مم من الفراغ أعلى البنتس حتى لا ترتكز الكراتين العليا على البنتس التى توجد أسفل منها؛ فالكرتونة هى التى يجب أن تحمل تلك الأثقال، خاصة وأنه كثيرًا ما تنبعج الكراتين الضعيفة أثناء الشحن والتداول؛ مما يؤدى إلى الضغط على البنتس فى الكراتين التى توجد أسفل منها.

ويتعين أن تكون الكراتين التى تستعمل فى تصدير الفراولة ذات بروزات من أعلى فى أجزاء من جدرانها يقابلها فتحات من أسفل؛ بما يسمح بتثبيت الكراتين فوق بعضها البعض عند رصها فى البالتات.

تجهيز البالتات Palletization

توضع كراتين الفراولة فى بالتات pallets على قاعدة خشبية تعرف باسم pallets، وذلك لتسهيل تحريك أعداد كبيرة من الكراتين – فى صورة بالتات – باستعمال الرافعات الشوكية forklifts. هذا .. إلا أنه قد يكتفى بتحزيم كل أربع كراتين فقط معًا.

ويعد ثبات البالتات أمرًا عامًا وحيويًا فى شحنات الفراولة؛ ولذا يتعين تثبيتها بطريقة مناسبة، مثل: التحزيم strapping، واللف فى غشاء مطاطى stretch film، واستعمال جريد الأركان corner strips.

ومن الضرورى عدم زيادة حجم البالتة عما ينبغى، كما لا يجب أبدًا بروز الكراتين عن حواف البالتة، علمًا بأن أبعاد البالتة الأوربية القياسية هى ١٠٠ × ١٢٠ سم.

وتوضع على قمة البالتة شريحة من الخشب أو الكرتون القوى – بها فتحات للتهوية – بهدف إحكام تحزيم الكراتين فى البالتة.

معاملات بعد الحصاد لتحسين الجودة والقدرة التخزينية والمقاومة للأمراض

التعريض للضوء

أدى تعريض ثمار الفراولة من صنفى أوفرا Ofra، وأوريت Oriet اللذان يعانيان من

سوء التلوين .. أدى تعريضهما لضوء فلورسنتى أبيض بقوة ١٧,٥، أو ١٤,٥ واط/م^{٢} — على التوالى — لمدة ساعتين يوميًا على حرارة ٢°م إلى التغلب على مشكلة ضعف التلوين فى أوفرا، ومشكلة الأكتاف الخضراء فى أوريت، مع إحداث تحسين فى لون الثمار داخليًا وخارجيًا. هذا ولم تؤثر معاملة التعريض للضوء على جودة الثمار وصلابتها خلال التخزين الذى أجرى على ٢°م واستمر لمدة ٤٨ ساعة أو ١٢٠ ساعة (لمحاكاة الشحن الجوى والشحن البحرى، على التوالى)، ثم على حرارة ١٨°م لمدة ٧٢ ساعة (لمحاكاة فترة العرض بالأسواق). وقد أدت معاملة التعريض للضوء إلى خفض الإصابة بالأعفان فى كلا الصنفين (Sacks وآخرون ١٩٩٦).

التعريض للأشعة فوق البنفسجية

وجد Baka وآخرون (١٩٩٩) أن تعريض ثمار الفراولة للأشعة فوق البنفسجية UV-C بجرعة مقدارها ٠,٢٥ كيلوجول kJ/م^{٢}، ثم تخزينها على حرارة ٤°م أدى إلى إبطاء نضج الثمار وشيخوختها.

كما وجد Nigro وآخرون (٢٠٠٠) أن معاملة ثمار الفراولة بجرعات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية تراوحت بين ٠,٥، و ١,٠ كيلوجول/م^{٢} قللت أعفان الثمار المخزنة على ٢٠°م ± ١°م جوهريًا. وقد أحدثت المعاملة زيادة فى نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia-lyase بعد ١٢ ساعة من التعريض للأشعة؛ وهو ما يعنى تحفيز المعاملة لنشاط أيضى يقود إلى تمثيل مركبات فينولية، وهى التى تتميز غالبًا بنشاطها المضاد للفطريات. كذلك تزايد إنتاج الإثيلين فى الثمار بزيادة جرعة التعرض للأشعة فوق البنفسجية (حتى ٤,٠ كيلوجول/م٢)، وبلغ إنتاج الإثيلين ذروته بعد ٦ ساعات من المعاملة.

كذلك أدى تعريض ثمار الفراولة للأشعة فوق البنفسجية UV-C لمدة دقيقة واحدة، أو خمس، أو عشر دقائق (٠,٤٣، و ٢,١٥، و ٤,٣٠ كيلوجول kJ/م^{٢}، على التوالى) إلى تحفيز النشاط المضاد للأكسدة والنشاط الإنزيمى، وإلى خفض تحلل الثمار جوهريًا خلال

التخزين على ١٠°م مقارنة بالكنترول، وكانت معاملتا التعريض للأشعة لمدة خمس أو عشر دقائق هما الأفضل فى حفز النشاط المضاد للأكسدة. وقد حفزت تلك المعاملات – كذلك – نشاط كل من الإنزيمات التالية:

glutathione peroxidase

glutathione reductase

superoxide dismutase

ascorbate peroxidase

guaiacol peroxidase

monodehydroascorbate reductase

deydroascorbate reductase

كذلك أدت جميع معاملات الأشعة فوق البنفسجية إلى زيادة المحتوى الفينولى للثمار، كما ازداد محتواها من الأنثوسيانين أثناء التخزين (Erkan وآخرون ٢٠٠٨).

تغطية الثمار بأغشية صالحة للأكل

لا يتم تغليف ثمار الفراولة – بصورة فردية – فى الوقت الحالى بسبب ما يتطلبه ذلك من زيادة فى عمليات التداول، مع ما يستتبعها من أضرار ميكانيكية، ولكن ربما نرى فى المستقبل نظامًا لحفظ الثمار من التلف بعد الحصاد يتضمن التبريد السريع بالماء البارد، ثم تغليف الثمار بأغلفة صالحة للأكل edible مزودة بالميكروبات المضادة للفطريات المسببة للأعفان (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

التغطية بالشيتوسان وحث المقاومة الطبيعية للأمراض

إن الشيتوسان chitosan مادة عديدة التسكر كاتيونية شبه منفذة semi-permeable ذات وزن جزيئى كبير؛ فهى β-(1,4)glucosamine polymer. وعلى خلاف الشيتين chitin، فإن الشيتوسان قابل للذوبان فى الأحماض العضوية المخففة. وعلى الرغم من أن الشيتوسان يعرف منذ أكثر من ١٠٠ عام، فإن إنتاجه التجارى لم يبدأ إلا فى

سبعينيات القرن العشرين. ونظريًا .. فإن الشيتوسان يعد مركبًا مثاليًا لحفظ الثمار بالتغليف. وقد ثبتت فاعليته فى تثبيط نمو عديد من الفطريات، وإنتاجه للإنزيم شيتينيز chitinase، وهو إنزيم دفاعى ضد الفطريات. ونظرًا لأن الشيتوسان يكوِّن غشاء شبه نفاذ؛ لذا .. فإنه يمكن أن يؤثر على تركيب الهواء الداخلى بالثمار، ويتوقع تقليله لفقد الرطوبة بالتبخر (عن Zhang & Quantick ١٩٩٨).

ويعتبر الشيتوسان مكونًا هامًا من مكونات الجدر الخلوية لبعض الفطريات الممرضة للنباتات كما أنه ينتج كذلك من الشيتين الموجود بالقشريات بعملية deacetylation.

وقد أدى تغليف ثمار الفراولة بالشيتوسان ١٪ أو ٢٪ (وزن/حجم) إلى مكافحة الأعفان والمحافظة على صفات الجودة عند تخزين الثمار على ١٣°م. كما أحدث الغلاف زيادة معنوية فى نشاط كل من الـ chitinase، والـ β-1,3-glucanase مقارنة بثمار الكنترول. وكانت فاعلية الشيتوسان فى مكافحة الأعفان التى يسببها الفطرين *B. cinerea*، و *Rhizopus* sp. على حرارة ١٣°م مماثلة لكفاءة المبيد الفطرى ثيوبندازول TBZ. وكان للتغليف بالشيتوسان تأثيرات إيجابية على كل من صلابة الثمار، والحموضة المعايرة، ومحتوى الثمار من حامض الأسكوربيك والأنثوسيانين على ٤°م (Zhang & Quantick ١٩٩٨).

كذلك أدى الشيتوسان إلى زيادة نشاط إنزيم glucanohydrolase الذى كان مثبطًا للفطر *B. cinerea* (عن Reddy وآخرين ٢٠٠٠).

وفى دراسة أخرى استخدمت ثلاثة أنواع من الأغلفة – المأكولة – لثمار الفراولة تعتمد على الشيتوسان chitosan، هى: الشيتوسان منفردًا، والشيتوسان الذى يحتوى على ٥٪ Gluconal (منتج تجارى)، والشيتوسان المحتوى على ٠,٢٪ DL-α-tocopheryl acetate، مع تخزين الثمار على ٢°م فى ٨٨٪ رطوبة نسبية لمدة ثلاثة أسابيع. أدت الأغلفة إلى خفض إصابات الأعفان والفقد فى الوزن جوهريًا، وآخرت التغيرات فى اللون والـ pH والحموضة المعايرة. كذلك أحدثت أغلفة الشيتوسان

المحتوية على الكالسيوم أو فيتامين هـ (E) زيادة جوهرية فى محتوى هذين العنصرين الغذائيين فى الثمار (Han وآخرون ٢٠٠٤).

كذلك أدى غمر ثمار الفراولة فى محاليل من الشيتوسان (شيتوسان ذو وزن جزيئى مرتفع بتركيز ٠,٢٥٪ أو ٠,٥٪، أو ذو وزن جزيئى منخفض مستخلص من سرطان البحر بتركيز ٠,٥٪ أو ١٪، أو الجمبرى بتركيز ٠,٥٪ أو ١٪) أو كلوريد الكالسيوم بتركيز ٢٪ أو ٤٪ ثم تجفيفها على حرارة الغرفة لمدة خمس دقائق، ثم تخزينها فى صوان مغلفة بالـ PVC على ٢°م لمدة ١٦ يومًا .. أدت تلك المعاملات مقارنة بالغمر فى الماء المقطر إلى احتفاظ الثمار بصلابتها وبمحتواها من المواد الصلبة الذائبة والحموضة المعايرة وانخفاض تحلل الثمار خلال فترة التخزين (Chaiprasart وآخرون ٢٠٠٦).

أغطية أخرى مأكولة

يؤدى تغليف ثمار الفراولة بأغشية مأكولة edible بالتفريش bruising إلى تقليل فقدها للرطوبة.

وقد تكوّن أحد الأغطية الموصى بها من ١١ مل (سم٣) من PEG-400، و ٤٠ جم أحماض دهنية/١٠٠ جم من MC-2000، وكانت الأحماض الدهنية هى الاستيارك stearic، والبالمتك Palmatic، والدودى كانوّك dodecanoic (Ayranci & Tunc ١٩٩٧).

كذلك أدى استعمال أغشية من النشا الغنى بالأميلوز إلى خفض الفقد الرطوبى واحتفاظ الثمار بصلابتها لفترة أطول عما لو استعملت أغلفة من النشا المتوسط فى محتواه من الأميلوز. كذلك أدت أغلفة السوربيتول sorbitol، والجليسرول glycerol إلى خفض الفقد الرطوبى مع المحافظة على اللون. أما التغليف بسوربات البوتاسيوم potassium sorbate فقد قلل العد الميكروبى وأدى إلى زيادة فترة تخزين الثمار – على حرارة ١°م ورطوبة نسبية ٨٤,٨٪ – إلى ٢٨ يومًا مقارنة بأسبوعين فقط فى ثمار الكنترول (Garcia وآخرون ١٩٩٨).

المكافحة الحيوية لأعفان الثمار

أدت معاملة ثمار الفراولة بالبيرولنترين pyrrolinitrin – وهو مركب مستخلص من الفطر *Penicillium cepacia* – إلى منع إصابة الثمار بالعفن الرمادى لمدة خمسة أيام على ١°م.

كذلك ثبطت عزلات من الفطرين *Trichoderma*، و *Gliocladium roseum* نمو الفطر المسبب للعفن الرمادى وتجرثمه (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وفى إحدى الدراسات عوملت ثمار الفراولة بغطاء coating رقيق جدًّا، يحتوى على *Cryptococcus laurentii* (بتركيز ١٠^٦ cfu/مل)، مع الألجينيت alginate (٢٪ وزن/حجم)، والجليسرول glycerol (٢٪ وزن/حجم)، وحامض البالمتك palmitic acid (٠,٥٪ وزن/حجم)، وأحادى إستياريت الجليسرول glycerol monostearate (٠,٥٪ وزن/حجم)، وبيتا سيكلو دكسترين β-cyclodextrin (٠,٥٪ وزن/حجم). وقد وجد أن حيوية *C. laurentii* لم تتأثر خلال ٢٠ يومًا من التخزين؛ مما أدى إلى المساعدة فى منع نمو الأعفان والمحافظة على جودة ثمار الفراولة طوال فترة التخزين. ولم يؤثر غطاء الـ sodium alginate مع *C. laurentii* جوهريًّا على اللون الخارجى أو على المحتوى الأنثوسيانينى أثناء التخزين. هذا بالإضافة إلى أن الغطاء قلل جوهريًّا من التحلل الميكروبى، وخفض الفقد فى الوزن، وحافظ على صلابة الثمار، وحسَّنَ من خصائص جودة الثمار اثناء التخزين (Fan وآخرون ٢٠٠٩).

المعاملة بأبخرة حامض الخليك

أدى تعريض ثمار الفراولة لبخار حامض الخليك بتركيز منخفض لفترة قصيرة مع تعبئتها فى عبوات ذات جو معدل إلى تقليل إصابتها بالأعفان وزيادة قدرتها التخزينية بأكثر من ضعف أو ثلاثة أضعاف ما يحدث فى الظروف العادية. وكان التركيز المستعمل من حامض الخليك هو ٥,٤ ملليجرام لكل لتر. وكانت الثمار قد لقحت أولاً بالفطر *B. cinerea*، ثم عرضت لأبخرة الحامض ثم عبئت وخزنت فى هواء تنخفض فيه نسبة

الأكسجين. وبعد ١٤ يومًا من التخزين كانت الثمار التى عوملت بهذه الطريقة خالية تمامًا من الإصابة بالأعفان مقارنة بنسبة إصابة ٨٩٪ فى ثمار الكنترول (Moyls وآخرون ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى وجد أن معاملة ثمار الفراولة بأبخرة الخل الأبيض (الذى يحتوى على ٥٪ حامض الخليك) أدت إلى خفض الإصابة بالعفن الرمادى إلى ١,٤٪ مقارنة بنسبة ٥٠٪ عفن فى ثمار الكنترول (Sholberg وآخرون ٢٠٠٠).

التبخير بأكسيد النيتريك

قام Wills وآخرون (٢٠٠٠) بتبخير ثمار الفراولة من صنف باخرو بأكسيد النيتريك NO (وهو غاز free radical) لمدة ساعتين على ٢٠°م بتركيزات تراوحت بين ١,٠، و ٤٠٠٠ ميكروليتر/لتر، ثم خزنت الثمار على حرارة ٢٠ أو ٥°م فى هواء يحتوى على ٠,١ ميكروليتر من الإثيلين/لتر، وهو تركيز يتواجد بصورة عادية فى أسواق الخضر والفاكهة. أدت المعاملة إلى زيادة فترة احتفاظ ثمار الفراولة بقدرتها على التخزين، وحصل على أفضل تأثير بالمعاملة بتركيز ٥–١٠ ميكروليتر أكسيد النيتريك/لتر حيث أدت إلى زيادة فترة الصلاحية للتخزين بمقدار ٥٠٪ فى كل من ٥، و ٢٠°م.

المعاملة بمتعددات الأمين

أدى غمر ثمار الفراولة فى متعدد الأمين البوترسين putrescine بتركيز ٢ ملل مول لمدة خمس دقائق إلى تحسين صفات جودتها أثناء التخزين مقارنة بالنقع فى التركيزات الأقل من البوترسين، أو فى الماء، أو عدم النقع (Khosroshahi وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بالمركبات العطرية الطبيعية التى تنتجها الثمار

يفيد تبخير ثمار الفراولة ببعض الغازات والمركبات العطرية القابلة للتطاير والتى تنتجها ثمار الفراولة بصورة طبيعية .. يفيد استعمالها فى تثبيط نمو الكائنات المسببة للأعفان، ولكن يتعين تحديد التركيز الذى يحقق الهدف دون التأثير على طعم الثمار أو

نكهتها، ودون ترك أى متبقيات غير مرغوب فيها على المنتج الطازج. فمثلاً .. وجد أن المعاملة بغاز الأسيتالدهيد acetaldehyde بتركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ٤ ساعات أدى إلى خفض الإصابة بالعفن الرمادى بنسبته ٢٠٪ مع تحسين طعم الثمار ونكهتها كذلك. هذا .. إلا أن الأسيتالدهيد يمكن أن يقلل من حموضة الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة، وإلى زيادة محتواها من الكحول الإثيلى، والإثيل أسيتيت ethyl acetate، والإثيل بيوتريت ethyl butyrate. كذلك يمكن للمركبين الطبيعيين اللذان تنتجهما ثمار الفراولة، وهما: benzylaldehyde، و 2-nonanone .. يمكنهما تثبيط نمو الفطر *B. cinerea* دون إحداث تأثير سلبى على طعم الثمار أو نكهتها (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

كذلك أثبت المركب (E)-2-hexenal فاعلية فى مكافحة أعفان الثمار، وظهر – فى البيئات الصناعية – أن عملية إنبات جراثيم الفطر *B. cinerea* كانت أكثر حساسية للمركب عن عملية نمو الغزل الفطرى. وقد أدت التركيزات المنخفضة من المركب إلى تحفيز النمو الفطرى، وهو الأمر الذى حدث – كذلك – عند معاملة الثمار ذاتها؛ مما يعنى ضرورة زيادة تركيز المركب لكى يكون فعّالاً فى تثبيط أعفان الثمار بعد الحصاد (Fallik وآخرون ١٩٩٨).

كذلك أدت معاملة الفراولة بهذا المركب العطرى المتطاير (E-2-hexenal) إلى إحداث نقص جوهرى فى الإصابة بالعفن الرمادى عند إجراء المعاملة أثناء تخزين الثمار لمدة ٧ أيام على ٢°م، ثم نقلها – بعد توقف المعاملة – إلى ٢٢°م لمدة ٣ أيام، وذلك مقارنة بثمار معاملة الكنترول. وبالمقارنة فإن المعاملة بأى من المركبات العطرية (E)-2-hexenal diethyl acetal، أو benzaldehyde، أو methyl benzoate لم تكن مؤثرة (Ntirampemba وآخرون ١٩٩٨).

وعندما عرضت ثمار فراولة مصابة طبيعيًّا بالفطر *B. cinerea* لأبخرة عديد من المركبات المتطايرة التى تتواجد طبيعيًّا فى الثمار، وجد أن الكثير من تلك المركبات، مثل: benzaldehyde، و methyl benzoate، و methyl salicylate، و 2-nonanone، و 2-

hexenal diethyl acetal، و hexanol، و E-2-hexen-1-ol تثبط نمو الفطر عند تركيزات منخفضة تقدر بالجزء فى المليون. كذلك كان لبعض المركبات تأثيرات سلبية على جودة الثمار. وبينما كانت بعض المركبات فعّالة بعد فترة قصيرة من المعاملة بها، لزم استمرار المعاملة على الدوام بمركبات أخرى لكى تكون فعّالة (Archbold وآخرون ١٩٩٧).

المعاملة بالمثيل جاسمونيت

تفيد معاملة ثمار الفراولة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate فى مكافحة الأعفان. وهذا المركب رخيص نسبيًّا ولا يلزم للمعاملة به سوى كميات بسيطة، فلا يحتاج الأمر لأكثر من ٢٥ مل (سم٣) منه لمعاملة حمولة شاحنة كاملة، وهو لا يترك أى أثر متبق.

تجرى المعاملة فى حرارة ٢٠°م باستعمال أبخرة المركب، ولهذا السبب فإنها ربما لا تكون مجدية مع محصول التصدير الذى يتعين تبريده أوليًّا فى خلال ساعة واحدة من حصاده، بينما تتطلب المعاملة بالمركب ساعتين على الأقل.

وقد درس Perez وآخرون (١٩٩٧) تأثير المثيل جاسمونيت على نضج ثمار الفراولة المقطوفة وذلك بحصادها وهى خضراء غير مكتملة النمو، وزراعتها فى بيئة تحتوى على ٨٨ مللى مولار سكروز فى إضاءة مقدارها ٣٠٠ ميكرومول لكل م^{٢} فى الثانية، لمدة ١٦ ساعة يوميًّا، مع حرارة مقدارها ٢٥°م نهارًا، و ١٥°م ليلاً، ورطوبة نسبية ٨٥٪ مع إضافة المثيل جاسمونيت إلى البيئة بتركيز ٥٠ ميكرومولار. وقد وجدوا أن إضافة المثيل جاسمونيت أحدثت زيادة معنوية فى كل من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين بكل من الثمار البيضاء والوردية. كما ازداد نمو الثمار المعاملة بالمثيل جاسمونيت بمقدار ٥٥٪، مقارنة بزيادة مقدارها ٣٣٪ فقط فى ثمار الكنترول. وأدت المعاملة كذلك إلى إحداث تأثيرات معنوية فى تلوين الثمار، حيث حفزت تمثيل الأنثوسيانين فى خلال يومين من المعاملة، مع زيادتها لمعدل تحلل كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، وبدرجة أقل البيتاكاروتين والزانثوفيل xanthophll.

ويستدل من دراسات Mukkun & Singh (٢٠٠٩) على الفراولة أن المثيل جاسمونيت methyl jasmonate الطبيعى ينظم نضج الثمار؛ حيث وجد أنه يصل إلى أعلى تركيز لـه فى الثمار البيضاء، ثم ينخفض تركيزه تدريجيًا مع تقدم النضج، كما أن معاملة الثمار بالمثيل جاسمونيت يزيد من إنتاج الإثيلين، وينشط كلا من الـ ACC oxidase والـ ACC synthase، تبعًا للتركيز المعامل به من المثيل جاسمونيت، ومرحلة تطور الثمار وقت معاملتها.

المعاملة بالـ 1-MCP

قام Ku وآخرون (١٩٩٩) بتبخير ثمار ٤ أصناف من الفراولة بالمركب 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) لمدة ساعتين على ٢٠°م بتركيزات تراوحت بين ٥، و ٥٠٠ نانوليتر/لتر، ثم تخزين الثمار على ٢٠ أو ٥°م فى هواء يحتوى على ٠,١ ميكروليتر من الإثيلين/لتر. وقد أدى تبخير الثمار بتركيز ٥–١٥ نانوليتر من المركب/لتر إلى زيادة فترة صلاحيتها للتخزين بنسبة حوالى ٣٥٪ فى حرارة ٢٠°م، و ١٥٠٪ فى حرارة ٥°م، ولكن زيادة تركيز الغاز عن ذلك أضعفت قدرة الثمار على التخزين بنسبة وصلت إلى ٣٠٪–٦٠٪ عند تركيز ٥٠٠ نانوليتر/لتر.

وأدت معاملة ثمار الفراولة بالمركب 1-MCP بتركيز ٥٠٠–١٠٠٠ نانوليتر/لتر لمدة ساعتين على ٢٠°م، ثم تركها فى عبوات مغلقة ومهواه لمدة ٣ أيام فى الظلام على ٢٠°م و ٩٥٪–١٠٠٪ رطوبة نسبية إلى تحفيز الإصابات المرضية، وإلى خفض إنتاج الثمار للإثيلين، وتثبيط نشاط الـ phenylalanine ammonia-lyase، وخفض الزيادة فى محتوى الأنثوسيانين والفينولات، وقد يكون لانخفاض محتواها من الفينولات علاقة بزيادة قابليتها للإصابة بالأعفان (Jiang وآخرون ٢٠٠١).

وبينما تأثر كأس ثمرة الفراولة سلبيًا بالتعرض للإثيلين بتركيز ٠,١ إلى ١,٠ حجم فى المليون، فإن المعاملة بالـ 1-MCP بتركيز حجم واحد فى البليون أدت إلى حماية كأس الثمرة من تلك التأثيرات. ولم تؤثر تلك المعاملة على جودة الثمار، ولكنها زادت قليلاً

من معدل إصابتها بالأعفان، مع تأثير قليل على الصلاحية للتخزين (Bower وآخرون ٢٠٠٣).

المعاملة بالحرارة

يذكر أنه أمكن مكافحة العفن الرمادى فى ثمار خمسة أصناف من الفراولة بعد الحصاد بمعاملة الثمار بالهواء الرطب على حرارة ٤٤°م لمدة ٤٠ دقيقة (عن Garcia وآخرين ١٩٩٦). كما وجد أن معاملة الثمار بالغمر فى الماء الساخن على حرارة ٤٤–٤٦°م لمدة ١٥ دقيقة أدت إلى منع الانتشار السريع للإصابة بالعفن الرمادى وحافظت فى الوقت ذاته على صلابة الثمار وجودتها؛ فلم تتكون رائحة غير مقبولة أو طعم غير مرغوب فيه (Garcia وآخرون ١٩٩٦).

وأدت معاملة ثمار الفراولة التامة التلون بالأحمر من صنف سلفا بالحرارة على ٣٩–٥٠°م لمدة ١–٥ ساعات، ثم وضعها فى حرارة الصفر خلال الليل، ثم حفظها على ٢٠°م لمدة ٣ أيام .. أدى ذلك إلى تحسين القدرة التخزينية للثمار ومنع الإصابة بالأعفان، وكانت أفضل المعاملات هى التعريض لحرارة ٤٢ أو ٤٨°م لمدة ٣ ساعات. وقد أدى التعريض لحرارة ٤٨°م إلى تقليل معدل فقد الصلابة مقارنة بما حدث فى معاملة الشاهد، بينما لم تؤثر معاملة التعريض لحرارة ٤٢°م جوهريًّا على تلك الخاصية. وقد أدت كلتا المعاملتين إلى خفض تراكم الأنثوسيانين وخفض نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia-lyase مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول. وأدت معاملة الحرارة على ٤٢ أو ٤٨°م إلى تراكم خمسة من بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins، بالإضافة إلى بروتين سادس ظهر فقط عند المعاملة بحرارة ٤٢°م (Civello وآخرون ١٩٩٧).

كذلك أدى تعريض ثمار الفراولة للهواء الدافئ على ٤٥°م لمدة ثلاث ساعات قبل تخزينها على الصفر المئوى لمدة ٧ أو ١٤ يومًا إلى احتفاظها بصلابتها بعد ٧ أيام من التخزين بدرجة أفضل من ثمار الكنترول، ولكن اختفى ذلك الفرق بينهما بعد ٧ أيام

أخرى، كذلك قللت المعاملة من إصابة الثمار بالأعفان وخفضت من الحمل الميكروبى الذى يوجد بها (Vicente وآخرون ٢٠٠٢).

المعاملة بأشعة جاما

تستخدم معاملة التعريض لأشعة جاما بجرعة تصل إلى واحد kGy – فى الولايات المتحدة – لأجل إبطاء النضج وتقليل الأعفان فى الخضروات والفواكه الطازجة. وفى الفراولة أدى تعريض الثمار لجرعة مقدارها ٠,٣–١,٠ kGy إلى نقص محتواها من الأنثوسيانين، دونما تأثير على حموضتها. ووجد أن معاملة قدرها واحد kGy قضت على الفطر *Rhizopus* بثمار الفراولة، ولكن لزم التعريض لجرعة مقدارها ٢ kGy للتأثير على الفطر بوتريتس *Botrytis*.

وقد كان الجمع بين التعبئة فى الهواء المعدل مع التعريض للإشعاع أكثر كفاءة فى تقليل الأعفان عن أى من المعاملتين منفردتين (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وأدت معاملة ثمار الفراولة من صنف ترای ستار Tristar بالإشعاع (electron-beam irradiation) بجرعات متزايدة من صفر إلى ٢ kGy عند ١٠ MeV إلى إحداث نقص مواز فى كل من شدة إحمرار الثمار وصلابتها، ولكنه أدى فى الوقت ذاته إلى تثبيط النمو الفطرى (*B. cinerea* بصورة أساسية) بالثمار المخزنة، وأدت جرعتا الإشعاع ١، و ٢ kGy إلى زيادة القدرة التخزينية بمقدار يومين وأربعة أيام، على التوالى.

هذا .. وتباع فى محلات السوبر ماركت بالولايات المتحدة ثمار الفراولة المعاملة بالإشعاع منذ عام ١٩٩٣ دونما اعتراض من المستهلكين (Gladon وآخرون ١٩٩٧).

سلسلة التبريد وأهميتها

يعنى بسلسلة التبريد cold chain بقاء المنتج (ثمار الفراولة المعبأة) فى حرارة منخفضة تتراوح بين صفر، و ١°م من وقت التبريد الأولى إلى حين وصوله إلى المستهلك، مروراً بمراحل التخزين المؤقت، والنقل، والشحن، والتسويق، وما يتطلبه ذلك من