وقد وجد أن رش نباتات الفراولة مرة واحدة أسبوعيًا أثناء فترتى الإزهار ونمو الثمار بأى من المبيدات الفطرية: iprodione، أو metameclan، أو captafol أدى إلى إحداث نقص جوهرى فى إصابة الثمار بالفطر *B. cinerea* خلال فترة تخزين امتدت لمدة ١٠ أيام بعد الحصاد على ٢°م، ثم الحفظ لمدة يومين على حرارة ٢٠°م – فى محاكاة لظروف الشحن البحرى – ثم العرض للبيع (Aharoni & Barkai-Golan ١٩٨٧).

المعاملة بالشيتوسان

قام Reddy وآخرون (٢٠٠٠) برش نباتات الفراولة بمحلول الشيتوسان (لمزيد من التفاصيل عن الشيتوسان .. يراجع الموضوع التالى) بتركيز ٢، و ٤، و ٦ جم/لتر عندما بدأت الثمار فى التلون بالأحمر، ثم رشت مرة أخرى بعد ١٠ أيام، وتم حصاد الثمار بعد ٥، و ١٠ أيام من كل رشة، ولقحت بالفطر *B. cinerea*، وخزنت فى حرارة ٣ أو ١٣°م. أحدثت معاملة الشيتوسان نقصًا جوهريًا فى الإصابة بعفن الثمار بعد الحصاد، وحافظت على جودتها مقارنة بالكنترول، كما ازداد تأثير المعاملة فى مكافحة العفن بزيادة تركيز الشيتوسان، بينما ازداد العفن بزيادة كل من فترة التخزين وحرارة التخزين. وكانت الثمار التى قطفت من النباتات التى عوملت بالشيتوسان أكثر صلابة وأبطأ نضجًا، كما انعكس ذلك على محتواها من كل من الأنثوسيانين والحموضة المعايرة مقارنة بثمار الكنترول. ولم تكن لمعاملة الشيتوسان أية تأثيرات سامة على النباتات عند أى تركيز. وقد أدى الرش بالشيتوسان بتركيز ٦ جم/لتر مرتان بفاصل ١٠ أيام بينهما إلى حماية الثمار من العفن والمحافظة على جودة الثمار عند مستوى مقبول خلال فترة التخزين التى دامت ٤ أسابيع على ٣°م. وكان التأثير الوقائى للشيتوسان أكثر فاعلية فى ثمار القطفة الأولى بعد المعاملة عما فى ثمار القطفة التالية. وبدا واضحًا أن الشيتوسان يعوض التدهور الذى يحدث عند التخزين فى حرارة ١٣°م.

معاملات بعد الحصاد لتحسين الجودة والقدرة التخزينية

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 يوميًّا على حرارة ٢°م إلى التغلب على مشكلة ضعف التلوين فى أوفرا، ومشكلة الأكتاف الخضراء فى أوريت، مع إحداث تحسين فى لون الثمار داخليًّا وخارجيًّا. 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 (Saks وآخرون ١٩٩٦).

التعريض للأشعة فوق البنفسجية الصناعية

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 الصناعية تراوحت بين ٠,٥، و ١,٠ كيلو جول/م٢ قللت أعفان الثمار المخزنة على ٢٠° ± ١°م جوهريًّا. 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 كيلو جول/م٢)، وبلغ إنتاج الإثيلين ذروته بعد ٦ ساعات من المعاملة.

تغليف العبوات

يحقق تغليف عبوات الفراولة هدفين رئيسيين، هما: (١) تقليل فقد الرطوبة من الثمار، ومن ثم احتفاظها بنضارتها لفترة أطول، و(٢) زيادة مستوى ثانى أكسيد الكربون ونقص مستوى الأكسجين فى العبوات نتيجة لتنفس الثمار، ومن ثم الحد من نشاط الفطريات المسببة للأعفان.

وقد وجد أن تغليف عبوات الفراولة الحديثة الحصاد غير المعاملة بالمبيدات الفطرية بأغشية البولى فينيل كلورايد PVC المنفذة لغازات الهواء الجوى أدى إلى المحافظة على صفات الجودة بصورة كبيرة، حيث احتفظت الثمار بصلابتها وقل الفقد فى الوزن، وتأخر جفاف الكأس، وانخفضت جوهريًا الإصابة بالعفن الرمادى. وقد صاحبت عملية التغليف زيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء داخل العبوات (Aharoni & Barkai-Golan ١٩٨٧).

وعبأ Perez وآخرون (١٩٩٧) ثمار الفراولة من صنف كاماروزا فى بنتس سعة ٢٥٠ جم ثم غلفوها بأغشية البولى فينيل كلورايد، أو البولى بروبلين، أو لم يغلفوها، ثم وضعوا البنتس فى حرارة ٢°م لمدة ٣ أيام، ثم فى حرارة ١٦°م لمدة ٤ أيام لمحاكاة فترتى الشحن والعرض بالأسواق، على التوالى. وقد وجد الباحثون أن مستوى ثانى أكسيد الكربون ازداد فى اليوم السابع إلى ٥٪ عند التغليف بالبولى فينيل كلورايد وإلى ١٥٪ عن التغليف بالبولى بروبلين. وفى هذا اليوم السابع كانت ثمار العبوات المغلفة بالبولى بروبلين أصلب جوهريًا عن كل من الثمار المغلفة بالبولى فينيل كلورايد والكنترول. وعلى الرغم من ازدياد دكنة اللون بصورة غير مرغوب فيها فى جميع المعاملات، إلا أن الثمار المغلفة كانت أفضل لونًا. وقد كان تركيز الكحول الإثيلى (الذى كان أهم المركبات المسئولة عن الطعم غير المرغوب فيه) فى اليوم السابع ٥٧، و ١٠٧، و ٧٥ جزءًا فى المليون فى الثمار المغلفة بالبولى فينيل كلوريد، والمغلفة بالبولى بروبلين، وثمار الكنترول غير المغلفة، على التوالى.

وقام Garcia وآخرون (١٩٩٨) بدراسة تغليف عبوات الفراولة بأنواع مختلفة من الأغشية، هى أغشية السيليلوز، والبولى بروبلين المثقب وغير المثقب، والبولى فينيل كلورايد، مع التخزين على حرارة ١٨°م لمدة ٤ أيام، ووجدوا أن التغليف فى البولى بروبلين غير المثقب أحدث أكبر زيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون وأكبر خفض فى نسبة الأكسجين داخل العبوات، وأن ثمار تلك العبوات كانت أعلى الثمار جودة، ولكن مظهرها لم يكن مرغوبًا فيه بسبب التكثف الرطوبى. وبالمقارنة حدث انكماش – بسبب الفقد فى الوزن – عندما غلفت العبوات بالسيليلوز، بينما كانت أفضل الثمار مظهرًا هى التى غلفت عبواتها بالبولى بروبلين المثقب والبولى فينيل كلورايد، ولكن

الثمار التى غلفت بالبولى بروبلين المثقب تدهورت جودتها سريعًا. وفى دراسة أخرى (Garcia & Olias ١٩٩٨) خزنت الثمار على حرارة ٢°م لمدة ٣ أيام، ثم على حرارة ١٨°م، ووجد أن العبوات التى غلفت بالبولى فينيل كلورايد احتفظت بجودتها لمدة ٤ أيام على الأقل.

كما قام Nunes وآخرون (١٩٩٨) بدراسة تأثير تخزين ثمار الفراولة لمدة ٨ أيام على حرارة ١ أو ١٠°م، أو لمدة ٤ أيام على حرارة ٢٠°م، مع تغطية العبوات أو عدم تغطيتها بغشاء من البولى فينيل كلورايد على كل من الفقد الرطوبى والفقد فى حامض الأسكوربيك. وقد وجدوا أن الفقد فى حامض الأسكوربيك كان منخفضًا ولم يختلف بين معاملتى التغطية أو عدم التغطية على حرارتى ١، و ١٠°م، ولكن الفقد كان أكبر كثيرًا على حرارة ٢٠°م. وأدى التغليف إلى خفض الفقد فى حامض الأسكوربيك إلى الخُمس على حرارة ١، و ١٠°م، وإلى النصف على حرارة ٢٠°م، علمًا بأن ذلك التأثير لم يكن راجعًا إلى حدوث أى تغيرات فى مستوى الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون فى حالة التغليف لأن تلك التغيرات كانت محدودة للغاية؛ بما يعنى أن الفقد الرطوبى كان له تأثيرًا أكبر على حامض الأسكوربيك عن درجة حرارة التخزين. وقد أدى التغليف مع التخزين على حرارة ١ أو ١٠°م إلى خفض الفقد فى حامض الأسكوربيك إلى ١٣,٣٪ فقط من الفقد الذى حدث عند عدم التغليف مع التخزين على ٢٠°م.

امتصاص الإثيلين المحيط بالثمار

أدى استعمال المواد المتصة للإثيلين – وهى التى تتكون من الفحم المشبع بالبروم، أو من برمنجنات البوتاسيوم – إلى امتصاص الإثيلين، وربما إلى زيادة صلابة الثمار قليلاً، ولكنها لم تقلل من الإصابة بأعفان الثمار (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وبينما أدت إضافة الإثيلين بتركيز ٢٠ ميكروليتر/لتر إلى تحفيز نمو الفطريات والإسراع بشيخوخة الثمار، فإن إضافة المركبات المتصة للإثيلين – مثل برمنجنات البوتاسيوم – أدت – عند تخزين الفراولة على ٢°م – إلى تقليل الأعفان والمحافظة على صلابة الثمار.

وأدى تعريض ثمار الفراولة إلى تركيزات متناقصة من الإثيلين ما بين ١,٠، و ٠,٠٠٥ ميكروليتر/لتر على ٢٠°م، وصفر °م إلى المحافظة على صفات الجودة لفترة أطول، وتقليل الإصابة بالأعفان، مع بقاء الثمار أكثر صلابة مما فى الكنترول.

وعندما أضيفت برمنجنات البوتاسيوم للثمار المخزنة على ٢°م فى ٧٪ ثانى أكسيد الكربون، كانت الثمار أكثر صلابة (عن Kim & Wills ١٩٩٨).

ولقد أوضحت دراسات Kim & Wills (١٩٩٨) أن إضافة ثانى أكسيد الكربون وبرمنجنات البوتاسيوم معًا أدت إلى نقص تركيز الإثيلين فى الهواء أثناء التخزين، ونقص معدل تدهور الثمار. وكانت فترة احتفاظ الثمار بجودتها متناسبة عكسيًّا مع لوغاريتم تركيز الإثيلين، وطرديًّا مع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربونن. وقد أظهرت هذه الدراسة أهمية فعل التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون فى تثبيط إنتاج الإثيلين.

المكافحة الحيوية لأعفان الثمار

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

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

تغطية الثمار بأغشية صالحة للأكل

لايتم 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

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 يكوّن 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 المرضة 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).

أغطية أخرى مأكولة

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

وقد تكوّن أحد الأغطية الموصى بها من ١١ مل (سم^{٣}) 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 فيما 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 أ).

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 مرغب 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 سيكلوبروبين

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.

المعاملة بالمثيل جاسمونيت

تفيد معاملة ثمار الفراولة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate فى مكافحة الأعفان. وهذا المركب رخيص نسبيًا ولا يلزم للمعاملة به سوى كميات بسيطة، فلا يحتاج الأمر لأكثر من ٢٥ مل (سم^{٣}) منه لمعاملة حمولة شاحنة كاملة، وهو لايترك 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 أوليًا 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 م٢ فى الثانية، لمدة ١٦ ساعة يوميًا، 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 xanthophyll.

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 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 جوهريًا على تلك الخاصية. وقد أدت كلا 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).

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 تراى 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).