المركب ونوعيته	التركيز الممكن استعماله
ficin (من التين)، و bromelain (من الأناناس)، والـ papin (من الباباظ)	٠,٥٪ (وزن/حجم)
عسل النحل (يحتوى على ببتيدة صغيرة مثبطة للـ PPO	٢٠٪

وسائل المحافظة على المنتجات المجهزة للمستهلك من التدهور

تتراوح – عادة – فترة بقاء المنتجات المُصنّعة جزئيًّا وهى محتفظة بنضارتها (فى حرارة ٠,٦–٣,٣°م) بين ٥ أيام بالنسبة لعيش الغراب المقطع إلى شرائح، و ١٨ يومًا بالنسبة للخس المنظف والمُزال منه السيقان.

ومن أهم الوسائل المتبعة للمحافظة على المنتجات البستانية المُصنّعة جزئيًّا من التدهور ما يلى:

١- الخفض السريع لحرارة المنتج:

يتم وقف تدهور المنتجات المُصنّعة جزيئًّا بتخزينها على أقل درجة حرارة ممكنة لكل منها، وهى الحرارة التى تلى حرارة التجمد مباشرة بالنسبة للمنتجات غير الحساسة للبرودة، وأقل درجة حرارة لا تظهر معها أضرار البرودة بالنسبة للمنتجات الحساسة للبرودة.

وترتفع قيمة Q_{10} لتنفس وتدهور المنتجات البستانية المُصنّعة جزئيًّا إلى ٧ ما بين ١ °م، و ١٠°م، بينما تكون عادة ٢–٣ فى حرارة أعلى من ١٠°م، ويعنى ذلك أن تخزين المنتجات المُصنّعة جزيئًّا غير الحساسة للبرودة – على حرارة تزيد بدرجة واحدة مئوية أو درجتين مئويتين عن حرارة تجمدها – قد يزيد من فترة احتفاظها بجودتها بمقدار ٣–٥ أضعاف، مقارنة بتلك التى تخزن على ١٠°م؛ ولذا .. فإن أهم ما يجب الاهتمام به بالنسبة للمنتجات المُصنّعة جزئيًّا بقاؤها فى أقل درجة حرارة مناسبة طوال مراحل تصنيعها، وتوزيعها، وتسويقها (عن Brecht ١٩٩٥).

إن المحافظة على بقاء المنتجات البستانية الطازجة السابقة التجهيز فى الحرارة المنخفضة يعد أمرًا أساسيًّا للمحافظة على جودة تلك المنتجات لحين وصولها إلى

المستهلك. وبينما لا يشكل ذلك أى مشكلة بالنسبة للمنتجات غير الحساسة لأضرار البرودة، فإن المشكلة تكون كبيرة بالنسبية للمنتجات الحساسة للبرودة، مثل الفلفل، والطماطم، والكوسة، والخيار. وتزداد المشكلة تعقيدًا إذا كان قد سبق تعرض تلك المنتجات للحرارة التى يمكن أن تحدث معها أضرار البرودة قبل وصولها مصانع التجهيز.

ويلزم لتجنب تلك المشكلة مراعاة ما يلى:

١- عدم سبق تعريض تلك المنتجات الحساسة لأضرار البرودة فى حرارة تقل عن تلك الموصى بها قبل تجهيزها للمستهلك.

٢- سرعة تخزين المنتجات الطازجة السابقة التجهيز بمجرد الانتهاء من تجهيزها للمحافظة على جودتها وللحد من النمو الميكروبى بها.

٣- يلاحظ أن التغيرات الميكروبية تحدث بصورة أسرع بكثير من أى أعراض خاصة بأضرار البرودة.

٤- غالباً ما تكون توصيات حرارة التخزين وتركيزات الأكسجين وثانى أكسيد الكربون الخاصة بالمنتجات الحساسة للبرودة غير مناسبة لها بعد تجهيزها للمستهلك (Cantwell وآخرون ١٩٩٨).

٢- وقف الفقد الرطوبى من المنتج:

يؤدى فقد الرطوبة من المنتجات المصنّعة – جزئيًا – إلى ذبولها، وانكماشها، وفقدها لطزاجتها. ويفيد – كثيرًا – تعبئتها فى عبوات غير منفذة للرطوبة فى منع فقدها للماء، وفى احتفاظها بمظهرها الجيد.

وتستخدم لهذا الغرض أغشية بوليمرية، وكثيرًا ما تكون هذه الأغشية مثقبة لمنع تولد ظرف لا هوائية داخل العبوات.

٣- وقف أو إبطاء التلون البنى:

يفيد فى هذا الشأن إضافة الكلور إلى ماء الشطف، كما تستعمل عدة مركبات لوقف النشاط الإنزيمى؛ منها: حامض الأسكوربيك، و sodium dehydroacetic acid.

وحامض الستريك، وكلوريد الزنك مع كلوريد الكالسيوم، والسيستين cysteine، وثانى أكسيد الكربون، وأول أكسيد الكربون.

٤- خفض معدل تنفس المنتج بكل وسيلة ممكنة مع تطبيق تقنية الـ MAP:

تحتوى الخضر المُصنّعة جزئيًا على أنسجة حية تتنفس وتمر بتحولات أيضية، وتؤدى أية وسيلة تُتخذ لإبطاء معدل التنفس إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها؛ ولذا .. يفيد تغليفها فى أغشية بوليمرية مثقبة فى خفض مستوى الأكسجين وزيادة ثانى أكسيد الكربون داخل العبوات؛ الأمر الذى يؤدى بدوره إلى خفض معدل تنفسها.

ويفيد وضع المنتجات المُصنّعة جزئيًا فى جو معدل أو جو متحكم فى مكوناته فى خفض معدل تنفس تلك المنتجات، ومعدل إنتاجها للإثيلين، ومعدل تدهورها، ويعنى ذلك ضرورة خفض تركيز الأكسجين وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون. ولكن يتعين الانتباه إلى أن ظروف الجو المعدل التى تناسب المنتجات البستانية غير المُصنّعة تختلف كثيرًا عن تلك التى تناسب المنتجات المُصنّعة جزئيًا، وتلك أمور لم تحسم علميًا بصورة تامة بعد.

وقد أدت إضافة palladium chloride – على الفحم – إلى العبوات إلى امتصاص كل الإثيلين المنطلق من المنتجات المُصنّعة جزئيًا، وترتب على ذلك وقف تحلل الكلوروفيل فى الخس (عن Brecht ١٩٩٥).

إن أقصى تركيز لثانى أكسيد الكربون الذى يمكن أن تحدث بعده أضرار للمنتجات البستانية المجهزة للمستهلك يمكن أن يزيد عن التركيز الذى تظهر عنده الأضرار فى المنتجات الكاملة غير المجهزة، أو يساويه، أو يقل عنه؛ ويمكن أن تحدث تلك الاختلافات لسببين رئيسيين، هما:

١- يمكن أن تختلف ظروف تخزين المنتجات المجهزة للمستهلك – كثيرًا – عن تلك التى تناسب المنتجات الكاملة. و تكون فترة تخزين المنتجات المجهزة أقصر بكثير عن فترة تخزين المنتجات الكاملة. ويكون للمنتج المجهز مساحات خارجية كبيرة؛ مما

يجعله أكثر عرضة لفقد الرطوبة، وتزداد فيه الأجزاء المجروحة، ومعدل التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين، والنمو الميكروبى عما يحدث فى المنتج الكامل.

٢- نظرًا لزيادة السعر الذى يباع به المنتج المجهز للمستهلك فإنه يتم توفير الجو المثالى له للمحافظة على جودته، ومن الطبيعى أن صفات الجودة تختلف باختلاف المنتج، كما يختلف تأثرها بكل من حالة المنتج المجهز مقارنة بغير المجهز، وبتركيز ثانى أكسيد الكربون (Watkins ٢٠٠٠).

إن صناعة الخضر والفاكهة الطازجة سابقة التجهيز لا تُصبح ممكنة إلا بعد تطوير عملية التعبئة فى الجو المعدل modified atmosphere packaging، والمحافظة على سلسلة التبريد، وتطوير التكنولوجيا ذاتها (جدول ١٥-٤). علمًا بأن الأساس فى تكنولوجيا الـ MAP هو التعرف على الجو المعدل المثالى لكل منتج على حدة، الأمر الذى يحدد الاختيار الأمثل لمادة التغليف. كما أن هذا التغليف يؤدى إلى جعل الهواء المحيط بالمنتج المجهز شبه مشبع بالرطوبة؛ مما يعنى عدم فقد المنتج لأية رطوبة. هذا إلا أن التكثف المائى داخل العبوة قد يشجع النمو الميكروبى ويقلل من قدرة المستهلك على فحص المنتج قبل الشراء.

إن الأغشية المستعملة فى الـ MAP للخضر والفاكهة الطازجة سابقة التجهيز تسمح بنفاذ الأكسجين من خارج العبوة إلى داخلها، وبمرور ثانى أكسيد الكربون نحو الخارج. ويتحدد تركيب الهواء داخل العبوة عند نقطة التوازن على معدل استهلاك المنتج للأكسجين ومعدل إنتاجه لثانى أكسيد الكربون، وعلى نفاذية الغشاء للغازين، ومساحة سطح الغشاء، وكمية المنتج بداخل العبوة. وتعد سرعة الوصول إلى توازن عند مستوى منخفض من الأكسجين، ومستوى مرتفع من ثانى أكسيد الكربون - أو أى من العاملين - حاسمًا فى منع تلون الأسطح المقطعة للمنتج باللون البنى. ويمكن الإسراع بالوصول لحالة التوازن تلك بتفريغ العبوة من الهواء وضخ هواء جديد فيها يحتوى على الغازين بالتركيز المطلوب عند التوازن (Gorny ١٩٩٧).

ويعد هذا الضخ للهواء المعدل منذ بداية التغليف ضروريًّا فى حالة الخس السابق

التجهيز، الذى يلزمه أقل من ١٪ أكسجين لإبطاء تفاعل التلون البنى الذى يتم بواسطة الإنزيم polyphenol oxidase وأكثر من ١٠٪ ثانى أكسيد كربون لتثبيط تمثيل المواد الأولية لذلك التفاعل. هذا .. ولا يفيد هذا الإجراء فى منع التلون البنى فى الثمار المجهزة التى تكون غنية جدًّا فى إنزيم البولى فينول أوكسيديز؛ ومن ثم فإن التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون لن يمكنه الحد من كمية المواد الأولية المتوفرة لتفاعل التلون البنى، ويلزم فى تلك الحالة خفض تركيز الأكسجين إلى الصفر لمنع نشاط البولى فينول أوكسيديز كلية.

جدول (١٥–٤): ملخص بتوصيات الـ CA والـ MA لبعض الخضر والفاكهة المجهزة للمستهلك (عن Gorny ٢٠٠١).

المنتج	الحرارة (°م)	الجو		الكفاءة
		الأكجسين (٪)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	
بنجر مقشر أو مكعبات أو مبشور	صفر–٥	٥	٥	متوسطة
زهيرات بروكولى	صفر–٥	٣–٢	٧–٦	جيدة
كرنب ممزق	صفر–٥	٧,٥–٥,٠	١٥	جيدة
كرنب صينى ممزق	صفر–٥	٥	٥	متوسطة
جزر شرائح أو عصى	صفر–٥	٥–٢	٢٠–١٥	جيدة
كرات شرائح	صفر–٥	٥	٥	متوسطة
خس دهنى مقطع	صفر–٥	٣–١	١٠–٥	متوسطة
خس ورقى أخضر مقطع	صفر–٥	٣,٠–٠.٥	١٠–٥	جيدة
خس آيس برج مقطع أو ممزق	صفر–٥	٣,٠–٠.٥	١٥–١٠	جيدة
خس ورقى أحمر مقطع	صفر–٥	٣,٠–٠,٥	١٠–٥	جيدة
خس رومين مقطع	صفر–٥	٣,٠–٠.٥	١٠–٥	جيدة
عيش غراب شرائح	صفر–٥	٣	١٠	لا يوصى بها
بصل شرائح ومكعبات	صفر–٥	٥–٢	١٥–١٠	جيدة
فلفل مكعبات صغيرة	صفر–٥	٣	١٠–٥	متوسطة
بطاطس شرائح أو مقشرة	صفر–٥	٣–١	٩–٦	جيدة

تابع جدول (١٥-٤).

المنتج	الحرارة (م)	الجو		الكفاءة
		الأكجسين (٪)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	
قرع عسلى مكعبات	صفر-٥	٢	١٥	متوسطة
روتاباجا شرائح	صفر-٥	٥	٥	متوسطة
سبانخ منظفة	صفر-٥	٣,٠-٠,٨	١٠-٨	متوسطة
طماطم شرائح	صفر-٥	٣	٣	متوسطة
كوسة زوكينى شرائح	٥	١,٠-٠,٢٥	--	متوسطة
تفاح شرائح	صفر-٥	١ >	١٢-٤	متوسطة
كنتالوب مكعبات	صفر-٥	٣-٥	١٥-٦	جيدة
جريب فروت شرائح	صفر-٥	١٤-٢١	١٠-٧	متوسطة
شهد العسل مكعبات	صفر-٥	٢	١٠	جيدة
كيوى شرائح	صفر-٥	٢-٤	١٠-٥	جيدة
مانجو مكعبات	صفر-٥	٢-٤	١٠	جيدة
برتقال شرائح	صفر-٥	١٤-٢١	١٠-٧	متوسطة
خوخ شرائح	صفر	١-٢	١٢-٥	ضعيفة
كمثرى شرائح	صفر-٥	٠,٥	١٠ >	ضعيفة
كاكى شرائح	صفر-٥	٢	١٢	ضعيفة
رمان مفصص	صفر-٥	—	٢٠-١٥	جيدة
فراولة شرائح	صفر-٥	١-٢	١٠-٥	جيدة
بطيخ مكعبات	صفر-٥	٣-٥	١٠	جيدة

غنى عن البيان أن الـ MAP يحد من معدل التنفس ومن فقد الطاقة – المحدودة أصلاً فى المنتج المجهز – إلاّ أن المعول الأساسى فى خفض معدل التنفس يكون التخزين على الحرارة المنخفضة فى المجال المناسب للمحصول، ومع المحافظة التامة على سلسلة التبريد، وإلاّ اختل التوازن بين تركيز غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، وانعكس ذلك على فترة التخزين الممكنة وجودة المنتج، حيث يمكن أن يبدأ فى التخمر وتنمو بكتيريا حامض اللاكتيك، وهما أمران يكسبان المنتج مذاقًا ورائحة غير مقبولين.

وإلى جانب ما تقدم بيانه فإن الجروح التى تحدث فى المنتج سابق التجهيز تحفز إنتاج الإثيلين الذى يساعد على سرعة انهيار الأنسجة، إلا أن سرعة الوصول إلى تركيز منخفض من الأكسجين وآخر عالٍ من ثانى أكسيد الكربون يخفض من إنتاج المنتج للإثيلين (Gorny ١٩٩٧).

٥- اتخاذ إجراءات نظافة صارمة لمنع التلوث الميكروبى:

يمكن أن تتلوث الخضروات المُصنّعة جزئيًا بعديد من الميكروبات التى تسبب فسادها؛ مثل الخمائر، والفطريات، والبكتيريا. كما أن بعض البكتيريا التى قد تتواجد بها – مثل *Clostridium botulinum*، و *Listeria monocytogens* – تعد سامة للإنسان، وبينما يبدأ تكاثر النوع الأول فى حرارة ٧°م، فإن النوع الثانى يتكاثر جيدًا فى الصفر المئوى. كذلك قد تتلوث هذه الخضروات – عن طريق القائمين بإعدادها – ببكتيريا أخرى تصيب الإنسان؛ مثل *Staphylococcus aureus*، و *Streptococcus* spp.. ولذا .. فإن اتخاذ إجراءات النظافة الصارمة أثناء إعداد هذه المنتجات يعد أمرًا حيويًا، وخاصة أن معظمها يستهلك طازجًا (عن Hurst ١٩٩٥).

ويعد الغسيل ضروريًا لإزالة التربة والمواد الملوثة للخضر، كما يتعين الشطف بالماء المضاف إليه الكلور قبل تعبئة المنتجات، وذلك لتقليل أعداد الميكروبات التى قد تتواجد بها.

ويجب أن يحافظ على pH المحاليل المضاف إليها الكلور قريبًا من التعادل لكى يبقى الكلورين فى الحالة النشطة (حالة الـ hypochlorous acid form).

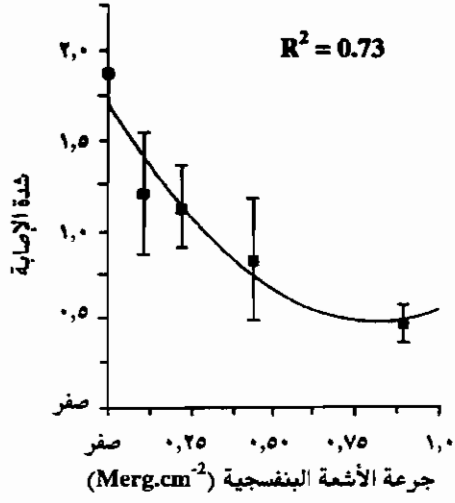
وقد تستعمل كذلك محاليل من أحماض عضوية أو حامض السوربيك sorbic acid لمكافحة البكتيريا.

ومن الميزات الإضافية لاستعمال الكلور فى ماء الشطف تقليل التلون البنى.

ونظرًا لأن الرطوبة الحرة تساعد على سرعة تكاثر الكائنات الدقيقة؛ لذا .. يتعين التخلص من الماء السطحى الزائد – قبل التعبئة – بالطرد المركزى، أو بأية طريقة أخرى مناسبة.

٦- المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية:

تفيد المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية فى الحد من الإصابة بالبوتريتس *Botrytis cinerea* فى الجزر على سبيل المثال (شكل ١٥-٤).



شكل (١٥-٤): تأثير التعريض للأشعة فوق البنفسجية على قابلية الجزر المجهز للمستهلك للإصابة بالفطر ***Botrytis cinerea*** مسبب مرض العفن الرمادى (**Arul** وآخرون ٢٠٠١).