النسب: ٥٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون – هى أفضل الظروف لتخزين الخس (Eris وآخرون ١٩٩٤).

وأدى التخزين فى ١,٥٪ أكسجين – مقارنة بالتخزين فى الهواء العادى – إلى خفض الإصابة بالتبقع الصدئ – الذى يحدثه الإثيلين – بشدة، وكان ذلك مصاحبًا بخفض فى نشاط إنزيمى الـ PAL والـ IAA oxidase، وفى محتوى الفينولات الذائبة. كذلك أدى المستوى المنخفض للأكسجين إلى تثبيط إنتاج الإثيلين، ومعدل التنفس. ونشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز (Ke & Saltveit ١٩٨٩).

إلاّ أن تخزين الخس لمدة ثلاثة أسابيع على ١°م فى هواء متحكم فى مكوناته (٣٪ ثانى أكسيد كربون + ٥٪ أكسجين، أو ١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ١٠٪ أكسجين)، ثم لمدة ٢٤ ساعة على ٥°م فى الهواء العادى أدى إلى إحداث زيادة كبيرة فى الفينولات الكلية وفى نشاط كل من البولى فينول أكسيديز (الكايتكول أكسيدين) والبيروكسيديز، وانخفاض محتوى حامض الأسكوربيك بمقدار ٩٠٪ من محتواه الابتدائى (Leja وآخرون ١٩٩٦).

العيوب الفسيولوجية المصاحبة لظروف التخزين غير المناسبة

نتناول بالشرح تحت هذا العنوان العيوب الفسيولوجية التى تظهر برؤوس الخس أثناء التخزين – وهى التى تسببها ظروف تخزينية غير مناسبة – وكيف يمكن الحد من أضرارها.

التبقع الصدئ

يعتبر التبقع الصدئ Russet Spotting من العيوب الفسيولوجية الهامة التالية للحصاد، والتى تظهر فى خس الرؤوس من مجموعة الأوراق القصِمة Crisphead، وهو أحد أعراض الشيخوخة الهامة. تظهر الإصابة فى شكل بقع صغيرة، بقطر ١–٤ مم بيضاوية، أو غير منتظمة الشكل وغائرة قليلاً ذات لون رمادى مائل إلى الأحمر، أو أسمر

ضارب إلى الصفرة، أو زيتونية اللون على السطح السفلى للعرق الوسطى، وخاصة على امتداد جانبى العرق الوسطى.

وقد أظهرت الدراسات التشريحية ازدياد فى سمك الجدر الخلوية وتغير لون الخلايا فى أماكن الإصابة (عن Ke & Saltveit ١٩٨٩ب).

ويعد تواجد الإثيلين فى الجو المحيط بالخس هو العامل الأساسى فى ظهور تلك الحالة التى تتناسب شدتها طرديًا مع تركيز الإثيلين. ويمكن أن يتعرض الخس للإثيلين فى الحقل، وأثناء التداول، والشحن، وفى أسواق الجملة والتجزئة، وفى المنازل. ويكفى التعرض لتركيز ٠,١ جزء فى المليون من الإثيلين خلال فترة ٥-٨ أيام لحدوث الظاهرة. هذا كما أن التعرض للإثيلين يُسرع من الوصول إلى حالة الشيخوخة. ومن بين العوامل الأخرى التى تُسرع من حدوث الظاهرة تأخير الحصاد، والتعرض لحرارة تزيد عن ٥°م، وارتفاع الحرارة نهارًا إلى ٣٠°م أو أكثر لمدة يومين متتاليين خلال الفترة التى تسبق الحصاد بنحو ٩-١٤ يومًا، وزيادة طول الفترة من الحصاد إلى الاستهلاك، فضلاً عن تباين الأصناف فى حساسيتها للظاهرة.

وعلى الرغم من أن إنتاج الخس السليم من الإثيلين منخفض للغاية (٠,٠١ ميكروليتر/كجم فى الساعة)، فإن معدل إنتاج الإثيلين يزداد بشدة لدى تعرض الخس للأضرار الفيزيائية، أو إصابته بالأمراض، أو تعرضه لمصدر خارجى من الإثيلين. ولعل أكبر مصدرين للإثيلين الخارجى هما الرافعات الشوكية - التى تعمل بوقود البروبين - فى المخازن الباردة، وحجرات التخزين المؤقت فى أسواق التجزئة حيث يتوفر الغاز من الثمار الناضجة المخزنة معه (Morris وآخرون ١٩٧٨).

وقد درس Ke & Saltveit (١٩٨٩أ) الإصابة بالتبقع الصدئ فى العرق الوسطى لستة أصناف من الخس خزنت على ٥°م مع التعرض للإثيلين بتركيز ١٠ ميكروليتر/لتر، ووجد أن حالة التبقع الصدئ بدأ ظهورها فى الأوراق التى كانت بعمر ٥٠ يومًا وازدات مع زيادة عمر الأوراق حتى ١٠٠ يوم. وقد كانت أكثر الأصناف

قابلية للإصابة Winter Haven، و Salinas وأكثرها مقاومة Calmar، كما وجد ارتباط بين شدة الإصابة (فى مختلف الأصناف ومختلف أعمار الأوراق) ونشاط إنزيم الـ Phenylalanine ammonia-lyase.

ومن الدراسات التى أجريت على علاقة الإثيلين، والأكسجين وثانى أكسيد الكربون بالظاهرة، ما يلى:

ظهرت حالة التبقع الصدئ russet spotting عند تواجد الإثيلين فى هواء المخزن، ولو بتركيزات منخفضة وصلت إلى ٠,١ ميكروليتر/لتر، ووصلت الحالة إلى أقصى مداها فى تركيز ١٠ ميكروليتر/لتر على ٣°م. هذا بينما أدى خفض تركيز الأكسجين فى هواء المخزن إلى ٨٪، أو زيادة تركيز الأكسجين إلى ٥٪ – أو إلى أعلى من ذلك – إلى منع ظهور هذه الحالة الفسيولوجية. وعمليًا .. لا يجب استعمال التركيزات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون لأنها تحفز ظهور الصبغة البنية (عن Lougheed ١٩٨٧).

وأدت معاملة الخس بالإثيلين بتركيز ١٢٦ ميكرومول/م^{٣} على ٦°م إلى ظهور أعراض التبقع الصدئ على ٥٪–١٠٪ من نسيج العرق الوسطى بحلول اليوم الثالث من بدء المعاملة بالإثيلين، وعلى ٣٠٪–٣٥٪ بحلول اليوم التاسع، بينما أدت المعاملة السابقة لمعاملة الإثيلين بالمركب 1-methylcyclopropene وهو مثبط لفعل الإثيلين – لمدة ٤ ساعات على ٦°م إلى منع ظهور أعراض التبقع الصدئ (Fan & Mattheis ٢٠٠٠).

ومن الدراسات التى أجريت حول التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للظاهرة ما يلى:

وُجد أن الإثيلين يؤدى إلى زيادة نشاط إنزيم PAL فى الصنف الحساس سالیناس، بينما لم تكن للمعاملة بالغاز أى تأثير على الصنف كالمار المقاوم للظاهرة.

كما وجد Ke & Saltveit (١٩٨٦) أن معاملة الخس أيسبرج بالكالسيوم بتركيز ٠,٣–

٠,٥ مول، أو بالأوكسين ٢،٤-د 2,4-D بتركيز ٠,١-١,٠ ملل مول تمنع ظهور الظاهرة، وتقلل جوهريًا من نشاط إنزيم PAL فى الأوراق.

وأدى تخزين خس الآيس برج فى ١,٥٪ أكسجين — مقارنة بالهواء العادى — إلى إحداث تثبيط شديد فى الإصابة بالتبقع الصدئ (الذى يسببه التعرض للإثيلين)، وكذلك إلى تثبيط نشاط PAL، والبيروكسيديز، والـ IAA oxidase، وإلى خفض محتوى الفينولات الذائبة. كذلك فإن المستوى المنخفض من الأكسجين ثبط كلا من إنتاج الإثيلين والتنفس (Ke & Saltveit ١٩٨٩ب).

كذلك أدى تعريض أوراق الخس للإثيلين على ١٥ أو ٢٠°م إلى سرعة وصول نشاط إنزيم PAL إلى أقصى معدل له ولكن على مستوى من النشاط أقل مما كان عليه الحال على ٥°م. وقد توافقت الزيادة فى نشاط PAL مع تراكم فى الفينولات الذائبة الكلية والإصابة بالتبقع الصدئ (Ritenour وآخرون ١٩٩٥).

وارتبطت المستويات النهائية لكل من نشاط الـ PAL وشدة الإصابة بالتبقع الصدئ المحدثتان بفعل الإثيلين .. ارتبطتا بشدة فى مختلف الأصناف، وظروف التخزين، ومواعيد الحصاد. وفى المقابل كان الارتباط ضعيفًا بين محتوى إندول حامض الخليك الحر فى العرق الوسطى للأوراق وشدة الإصابة النهائية بالتبقع الصدئ فى مختلف الأصناف. وظروف الزراعة، ومواعيد الحصاد، كذلك لم يرتبط تطور تكوين البراعم الجانبية جوهريًا مع أى من أعراض التبقع الصدئ أو محتوى العرق الوسطى من إندول حامض الخليك الحر (Ritenour وآخرون ١٩٩٦).

ولقد اقترح أن الإثيلين يحفز نشاط إنزيم PAL الذى يؤدى إلى تراكم المركبات الفينولية فى الخلايا، وهى التى تؤدى إلى تلونها ثم موتها. وعلى الرغم من إمكان زيادة أيض المركبات الفينولية بالشدِّ الفيزيائى، فإن الأعراض المميزة للتبقع الصدئ لا تظهر إلا بعد تعرض الأنسجة للإثيلين فى الحرارة المناسبة؛ مما يعنى أن للإثيلين تأثيرات أخرى إلى جانب تحفيز أيض الفينولات (عن Peiser ١٩٩٨).

وقد تبين أن أولى مراحل ظهور أعراض التبقع الصدئ تكون مستقلة عن الزيادة التى تحدث فى نشاط الـ PAL وفى تمثيل المركبات الفينولية على خلاف ما اقترح سابقاً. هذا إلاّ أن تراكم المركبات الفينولية يسهم فى التلون البنى الذى يظهر بعد ذلك والذى يميز أعراض التبقع الصدئ (Peiser وآخرون ١٩٩٨).

ويرتبط تحفيز الإثيلين لنشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase بزيادة فى كل من تكوين اللجنين وسمك الجدر الخلوية، وهى التى تعد أحد مظاهر الإصابة بالتبقع الصدئ. هذا .. وتتأكسد النواتج الأيضية الأخرى مثل الفلافونات وحامض الكلورجنك – بمساعدة إنزيم البولى فينول أوكسيديز polyphenoloxidase – لتكوين الصبغات البنية (عن Fan & Mattheis ٢٠٠٠).

ولقد أظهرت دراسة على صنفين حسّاسين (هما: Salinas، و Red Coach) وآخرين مقاومين (هما: El Toro، و Calmar) للتبقع الصدئ عدم وجود ارتباط قوى بين محتوى العرق الوسطى للأوراق من إندول حامض الخليك الحر وشدة الإصابة النهائية بالتبقع الصدئ بعد ثمانية أيام من التخزين على ٥°م (Ritenour وآخرون ١٩٩٦).

وتقل الإصابة بالتبقع الصدئ فى الظروف التالية:

١- عند تجنب تراكم الإثيلين فى هواء المخزن.

٢- عند التخزين على الصفر المئوى.

٣- عند انخفاض نسبة الأكسجين فى هواء المخزن إلى ١٪-٨٪.

٤- عند زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن، إلاّ أن ذلك يتسبب فى الإصابة بالصبغة البنية.

٥- عند عدم اكتمال تكوين الرؤوس وضعف صلابتها.

٦- عند عدم سبق تعرض الرؤوس لأى شدٍّ بيئى.

٧- فى الأصناف غير الحساسة، مثل كالمار (عن Ryder ١٩٧٩، و Lipton ١٩٨٧، و Ritenour وآخرين ١٩٩٥).

هذا .. ويتعين دائمًا تجنب كل مصادر الإثيلين فى مخازن الخس، وهى: الثمار المنتجة للإثيلين (مثل الطماطم والكنتالوب)، والآليات التى تستخدم الوقود الحفرى كمصدر للطاقة (حيث تستبدل بتلك التى تعمل بالبطاريات الكهربائية).

الصبغة البنية

تظهر الحالة الفسيولوجية المعروفة باسم الصبغة البنية Brown Stain على صورة بقع كبيرة غائرة بلون بنى ضارب إلى الحمرة أو إلى الصفرة، قد تزداد دكنة واتساعًا فى المساحة مع الوقت، كما قد تظهر على صورة تخطيط بنى ضارب إلى الحمرة، وذلك على سطح الورقة، أو بالعرق الوسطى فقط بالقرب من قاعدة النصل، كما تتلون حواف أوراق القلب غالبًا باللون الأحمر.

وتحدث الإصابة لدى تخزين الخس فى جو متحكم فى مكوناته يزيد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون عن ٣٪، وخاصة فى الحرارة المنخفضة. وتزداد الحالة سوءًا بنقص الأكسجين إلى ٣٪.

وقد ازدادت شدة الإصابة بالتخزين على الصفر المئوى مقارنة بالتخزين على ٢,٥°م.

وتباينت أصناف الخس فى شدة حساسيتها للإصابة بالصبغة البنية. ومن بين ١١ صنفًا تم اختبارها كانت الأصناف Greenland، و Climax، و Francisco أقلها إصابة وإن لم تكن مقاومة (Brecht وآخرون ١٩٧٣).

وأدى خفض مستوى الإثيلين عند تخزين الخس (على صفر أو ٢٠°م) من ميكروليتر واحد/لتر إلى ٠,٠٠٥ ميكروليتر/لتر إلى زيادة فترة صلاحيته للتخزين وتأخير التلون البنى بالأوراق. وقد وجد أن مستوى الإثيلين العادى حول الخس المعد للتسويق التجارى يتراوح — عادة — بين ٠,١١، و ٠,٨٥ ميكروليتر/لتر. وقد ازدادت فترة تخزين الخس جوهريًّا على كل من الصفر، و ٢٠°م بتعبئته فى أكياس من البوليثيلين لخفض الفقد الرطوبى، مع تزويد العبوات ببرمنجنات البوتاسيوم لأجل خفض مستوى الإثيلين (Kim & Wills ١٩٩٥).

وعلى الرغم من أن تركيز ١٥٪ ثانى أكسيد كربون أحدث أضرارًا بالخس المخزن على الصفر المئوى فى خلال ١٠ أيام من التخزين، فإنه عمل على منع تكون الصبغات البنية، دون أن يكون لذلك علاقة بنشاط الإنزيم Phenylalanine ammonia-lyase. ويبدو أن تأثير ثانى أكسيد الكربون كان مرده إلى تثبيطه لإنتاج الفينولات ولنشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز (Siriphanich & Kader ١٩٨٥).

العرق الوردى

يعتبر العرق الوردى Pink Rib حالة فسيولوجية تظهر على صورة تلون وردى فى قاعدة العرق الوسطى للورقة. وتكون الإصابة فى الأوراق الخارجية فقط فى الحالات البسيطة، وتزداد – فى الحالات الشديدة – لتشمل كل أوراق النبات فيما عدا الأوراق الداخلية الصغيرة. وقد يمتد التلون الوردى من العرق الوسطى إلى العروق الفرعية الرئيسية. ويزداد حدوث الظاهرة فى الرؤوس التى يتأخر حصادها عما ينبغى.

قد يظهر المرض فى الحقل قبل الحصاد، ولكن الأغلب هو ظهوره بعد الحصاد، خاصة فى الرؤوس الزائدة النضج. وتزداد شدة الإصابة عند ارتفاع درجة حرارة التخزين عن الصفر المئوى، أو نقص نسبة الأكسجين فى المخازن. وقد أمكن عزل البكتيريا *Pseudomonas marginalis* من البقع المصابة، وأدت عدوى النباتات السليمة بها إلى ظهور بقع وردية اللون بعد ٧ أيام فى الحرارة المنخفضة، وبقع بنية اللون فى الحرارة المتوسطة، والمرتفعة.

هذا .. وليس للإثيلين أو لتركيز ثانى أكسيد الكربون أى تأثير على الظاهرة.

التصدير

يكون الخس المصرى من طراز الآيس برج مطلوبًا فى الأسواق الأوروبية خلال الفترة من ديسمبر إلى مايو.

تُحدد السوق الأوروبية ما تتطلبه من شروط في الخس المسوق فيها – بعد إعداده وتعبئته – فيما يلي:

١– أن تكون الرؤوس كاملة. وغير مصابة بأية أعفان، وطازجة. والأوراق غير مرتخية.

٢– أن تكون الرؤوس نظيفة، وخالية تمامًا من الأوراق الملوثة بالتربة أو بيئة الزراعة. أو أى مادة غريبة أخرى.

٣– أن تكون الرؤوس خالية من جميع الأضرار التى تسببها الآفات.

٤– ألا تكون الرؤوس قد بدأت فى الاتجاه نحو التزهير.

٥– أن تكون الرؤوس خالية من الرطوبة الحرة غير العادية ومن جميع الروائح الغريبة والطعم غير الطبيعى.

٦– يجب أن يكون قطع الساق قريبًا من قاعدة الأوراق الخارجية.

ولكن يسمح بوجود تلون أحمر خفيف (الأمر الذى يحدث عند تعرض الخس للحرارة المنخفضة قبل حصاده) إلا إذا أثر ذلك بصورة جوهرية على مظهر الخس.

وبصورة عامة .. يجب أن يكون المنتج بحالة جيدة تسمح له بتحمل النقل والتداول والوصول إلى الأسواق بحالة مرضية.

يصنف الخس إلى ثلاث درجات، كما يلي:

١– الدرجة الأولى Class I:

يجب أن تكون رؤوس هذه الدرجة ذو نوعية جيدة، وتظهر بها الصفات المميزة للصنف أو الطراز. وخاصة اللون، كما يجب أن تكون الرؤوس جيدة التكوين، وصلبة (ويستثنى من شرط الصلابة الخس المنتج فى الزراعات المحمية)، وخالية من الأضرار الفيزيائية، والتدهور، وأضرار الصقيع.

وفى الطرز التى تكون رؤوسًا يجب أن تحتوى الرأس على قلب واحد جيد التكوين (ويستثنى من ذلك الشرط الخس المنتج فى الزراعات المحمية).

٢- الدرجة الثانية Class II:

تضم هذه الدرجة الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الدرجة الأولى. ولكنها تكون جيدة التكوين بشكل كافٍ، وخالية من الأضرار التى يمكن أن تحط من نوعيتها. ويمكن لرؤوس الدرجة الثانية أن يظهر عليها تغيرات لونية بسيطة، وأضرار بسيطة من فعل الآفات. ويمكن أن يوجد بالطرز التى تكون رؤوسًا قلبًا صغيرًا، ولكن – حتى هذا القلب الصغير – لا يشترط تواجده فى الخس المنتج فى الزراعات المحمية.

٣- الدرجة الثالثة Class III:

يجب أن تتوفر فى منتج هذه الدرجة الشروط ذاتها التى أسلفنا بيانها بالنسبة لمنتج الدرجة الثانية، ولكن يسمح بتلوث الأوراق قليلاً بالتربة أو بيئة الزراعة شريطة ألاّ يؤثر ذلك كثيرًا على مظهر الرؤوس.

يحدد الحد الأدنى لوزن الرؤوس فى الرتبتين الأولى والثانية، كما يلى:

١- فى خس الآيس برج (خس الرؤوس ذات الأوراق القصِمة): ٣٠٠ جم بالنسبة للمحصول المنتج فى الزراعات الحقلية، و ٢٠٠ جم بالنسبة لمحصول الزراعات المحمية.

٢- فى طرز الخس الأخرى: ١٥٠ جم بالنسبة للمحصول المنتج فى الزراعات الحقلية، و ١٠٠ جم بالنسبة لمحصول الزراعات المحمية.

أما بالنسبة لرؤوس الدرجة الثالثة فإن الحد الأدنى لوزنها – أيًّا كانت طريقة إنتاجها – هو ٨٠ جم.

فى كل الرتب .. يجب ألاّ يزيد الفرق بين أكبر الرؤوس وأصغرها فى العبوة الواحدة عن الحدود التالية:

وزن الرؤوس فى العبوة (جم)	الفرق المسموح به (جم)
< ١٥٠	٤٠
١٥٠-٣٠٠	١٠٠

وزن الرؤوس فى العبوة (جم)	الفرق المسموح به (جم)
٣٠٠-٤٥٠	١٥٠
< ٤٥٠	٣٠٠

يسمح فى كل عبوة من عبوات الدرجة الأولى بنسبة ١٠٪ من الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الدرجة فيما يتعلق بالجودة والحجم، شريطة أن تحقق تلك الرؤوس شروط الدرجة الثانية. كما يسمح فى كل عبوة من عبوات الدرجة الثانية بنسبة ١٠٪ من الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط تلك الدرجة فيما يتعلق بالجودة والحجم والشروط العامة للدرجة. شريطة أن تكون خلوًا من الأعفان والتدهور الذى يجعلها غير صالحة للاستهلاك. ويسمح كذلك فى كل عبوة من عبوات الدرجة الثالثة بنسبة ١٥٪ من الرؤوس التى لا تحقق الحد الأدنى لمواصفات تلك الدرجة، شريطة أن تكون خلوًا من الأعفان والتدهور الذى يجعلها غير صالحة للاستهلاك.

وفى كل الدرجات يسمح بنسبة ١٠٪ بالعدد من الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الحجم. ولكنها تزن مالا يزيد عن ١٠٪ بالزيادة أو بالنقص عن الحجم المطلوب.

يجب أن يكون محتوى كل عبوة متجانسًا، وأن تكون كل الرؤوس من أصل واحد وصنف واحد وأن تكون متماثلة فى الجودة والحجم.

كما يجب أن تكون الطبقة المرئية فى كل عبوة ممثلة للعبوة كلها.

يجب وضع الرؤوس فى العبوة فى صفوف، فيما لا يزيد عن ثلاث طبقات. وإذا كانت الرؤوس فى طبقتين فإنهما يجب أن تكونا متقابلتين، وفى حالة وجود طبقة ثالثة فإن إثنتان منها يجب أن تكونا متقابلتين.

وتجب تعبئة الخس بطريقة لا تسمح بشدة انضغاطه أو بوجود فراغات بين الرؤوس. كما يجب أن تكون العبوة نظيفة تمامًا وخاصة من الداخل، ويسمح بوضع ملصقات على الرؤوس، شريطة ألاّ تحتوى على أحبار أو صموغ سامة.

ويجب أن توضع على كل عبوة البيانات التالية:

١- اسم المصدر وعنوانه.

٢- اسم المنتج (الخس) وطرازه.

٣- فى حالة الإنتاج فى زراعات محمية يوضح ذلك.

٤- اسم الصنف (اختيارى).

٥- اسم الدولة المصدرة.

٦- الدرجة (الرتبة)، والحجم بالحد الأدنى للوزن أو بالعدد.

٧- الوزن الصافى (اختيارى).

الخس المجهز للمستهلك

عمليات التداول والإعداد للتصنيع الجزئى

يجب أن يكون الخس المراد تجهيزه للمستهلك من أفضل نوعية وأن يصل إلى المصنع فى حرارة ٢°م، وأن يخزن على ١-٣°م قبل تشغيله وبعد تجهيزه.

وبالنسبة للخس الآيس برج Icberg (خس الرؤوس ذو الأوراق القَصِمة crisphead) فإنه يجب عند وصوله للمصنع ألا تصل فيه نسبة التلون الوردى للعروق إلى ٦٪. ونسبة التبقع الصدئ واحتراق الأوراق إلى ١٪.

يتم تداول الخس – الذى يسوق مقطّعًا وجاهزًا للاستهلاك – بطريقة مختلفة عن الخس العادى؛ فبعد حصاده يدويًا تزال الساق حتى مركز الرأس، ثم يوضع فى حاويات كبيرة تنقله إلى محطة التصنيع الجزئى، وفيها يقطع الخس ويغسل فى ماء بارد، ثم يُعّرض للطرد المركزى للتخلص من الماء الزائد، وغالبًا ما يخلط معًا عدة طرز من الخس والخضر الورقية الأخرى. والجزر المجزأ إلى قطع طولية صغيرة، والكرنب الأحمر. وقد يعامل هذا المزيج بالكلورين، أو بمركبات مضادة للأكسدة، أو بمركبات حافظة، وذلك إما أثناء الغسيل، وإما قبل التعبئة.

ويتعين التخلص من الرطوبة الزائدة التى تؤثر سلبًا على قوام المنتج وتشجع النمو

الميكروبى – بتعريضه إما للدفع الجبرى للهواء، وإما للطرد المركزى، علمًا بأن تلك المعاملة تؤدى – كذلك – إلى خفض التلون البنى.

إن تجهيز الخس للمستهلك (fresh-cut) يجرى بتبريد الخس بعد الحصاد ثم تقليمه يدويًا من الأوراق الخارجية غير المرغوب فيها، يلى ذلك إزالة الساق coring، ثم تقطيع الرؤوس بعد ذلك إلى قطع السلاطة التى تغسل ثم تجفف للتخلص من الرطوبة الزائدة.

يمكن إجراء التجفيف بالدفع الجبرى للهواء، ولكن تلك العملية تجرى – غالبًا – فى سلات مثقبة من الصلب الذى لا يصدأ توضع فى أجهزة طرد مركزى يتم إدارتها على سرعة عالية للتخلص من الماء الزائد. وهذه القوة العالية للطرد المركزى لا تزيل الماء الزائد فقط، ولكنها تؤدى إلى تشقق وسحق الأنسجة، علمًا بأن الأنسجة المضارة هى التى يظهر عليها التلون البنى والتحلل فيما بعد. ويلى الطرد المركزى وضع الخس المجهز فى أغشية بلاستيكية تملأ بهواء منخفض فى محتواه من الأكسجين ومرتفع فى محتواه من ثانى أكسيد الكربون. وتجرى كل تلك الخطوات على حرارة قريبة من الصفر المئوى.

تفيد معاملة الصدمة الحرارية للخس المجهز للمستهلك فى الحد من ظاهرة التلون البنى، بالإضافة إلى أنها تجعل من الممكن التخلص من الرطوبة الزائدة – مع مراعاة التبريد إلى الصفر المئوى – بالتعريض للتفريغ؛ فهذه العملية تكون كفيلة بخفض الحرارة من ٤٥°م (معاملة الصدمة الحرارية) إلى الصفر المئوى، مع التخلص من الماء الزائد الذى يؤدى تبخره إلى حدوث الخفض الحرارى. هذا بينما لا يمكن إجراء تلك العملية على الخس الذى يكون – ابتداءً – فى درجة الصفر المئوى (الخس الذى لم يُعَرض للصدمة الحرارية). وحتى إذا تم التخلص من الرطوبة الزائدة فى الخس المعامل بالصدمة الحرارية بطريقة الطرد المركزى فإن ذلك يمكن أن يتم على سرعات أقل لا تحدث معها أضرار تذكر، وذلك لأن لزوجة الماء وسرعة حركته تكون أعلى عند ٤٥°م منها عند الصفر المئوى.

ومن المزايا الأخرى المحتملة للجوء إلى الصدمة الحرارية أنها تقلل من تراكم المواد الفينولية فى الخس الذى تقل فيه تلك المركبات طبيعيًّا؛ الأمر الذى يجعل من غير الضرورى تعبئته فى أغشية معدلة للجو، وهى التى يُلجأ إليها – أساسًا – لأجل الحد من ظاهرة التلون البنى. حيث يمكن الاستعاضة عنها بأغشية البوليثيلين الأقل تكلفة.

وغنى عن البيان أن تلك الطريقة لا يُستعمل فيها أى معاملات كيميائية يمكن أن تكون لها متبقيات. علمًا بأن البروتينات التى يتم تمثيلها جراء المعاملة الحرارية هى مركبات طبيعية تتواجد بصورة طبيعية فى عديد من المنتجات الطازجة (Saltveit ٢٠٠٠).

معدل التنفس

يتباين معدل تنفس خس الأيس برج المجهز (بالمليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب درجة الحرارة كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس
٢,٥	١٢–١٥
٥	١٥,٦–٢٧,٣
٧.٥	٢٣,١–٣٢.٧
١٠	٣٠.٤–٣٩,٩

كذلك يتفاوت معدل تنفس الخس الدهنى المظهر المقطع إلى أجزاء صغيرة حسب درجة حرارة التخزين، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
٢	١٢–١٤
٤.٥	٢٠–٢٥
١٠	٣٨–٤٨

التغيرات الفسيولوجية

تؤدى الأضرار الميكانيكية التى تحدث بالخس الآيس برج أثناء حصاده وتداوله وأثناء تجهيز الخس المقطع الطازج fresh-cut إلى زيادة إنتاج إنزيم phenylalanineammonia lyase، وتركيز عديد من المركبات الفينولية الذائبة (مثل الـ chlorogenic acid، والـ dicaffeoyltartaric acid، والـ isochlorogenic acid)، وهى التى يمكن أن تتأكسد إلى مركبات بنية اللون بفعل الإنزيم polyphenol oxidase (أو catechol oxidase)، كذلك يزيد التجريح من نشاط الإنزيم peroxidase وتكوين اللجنين، خاصة فى العرق الوسطى (عن Tomás-Barberán وآخرون ١٩٩٧).

إن أهم مشاكل الخس المجهز للاستهلاك بالتقطيع، هى: سرعة تعرض الأوراق للذبول، وتغير لون الأسطح المقطوعة، وسرعة فقد المنتج لفيتامين C، والتلوث بالميكروبات الضارة بصحة الإنسان.

وقد ازداد الفقد فى حامض الأسكوربيك – جوهريًا – عند تقطيع الخس – لأجل الإعداد للاستهلاك – يدويًا، مقارنة بالتقطيع بالسكين يدويًا؛ بينما ازداد الفقد فى الطريقة الأخيرة جوهريًا عمّا كان عليه الحال عند إجراء التقطيع آليًا. وأدى التخزين على ٣°م إلى انخفاض الفقد فى حامض الأسكوربيك مقارنة بالفقد عندما كان التخزين على ٨°م (Barry-Ryan O'Beirne ١٩٩٩).

كذلك وجد بعد ثلاثة أيام من تخزين الخس من طرز: الرؤوس ذات الأوراق القصِمة، والرؤوس ذات المظهر الدهنى، والرومين على ٥ أو ١٠°م حدوث زيادة كبيرة فى محتوى الأنسجة المجروحة من العرق الوسطى من كل من: الـ chlorogenic acid، والـ isochlorogenic acid، والـ caffeoyltartaric acid، والـ dicaffeoyltartaric acid. ولكن حامض الكلوروجنك كان هو الوحيد الذى تراكم فى الطرز الثلاثة (Tomás-Barberán وآخرون ١٩٩٧).

وتجدر الإشارة إلى أن الزيادة فى نشاط الإنزيم PAL – التى تحدث عند إعداد

الخس للمستهلك fresh-cut – تكون أعلى ما يمكن فى الخس الآيس برج. وأقل ما يمكن فى الخس الدهنى، بينما يحتل الخس الرومين والورقى الأخضر والورقى الأحمر وضعًا وسطًا فى هذا الشأن (López-Gálvez وآخرون ١٩٩٦ب).

ومما يؤكد أن نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia lyase يعد ضروريًا لتلون أنسجة الخس المجروحة بالبنى أن معاملة الخس المقطع (fresh-cut) بمثبطات هذا الإنزيم: 2-aminoindan-2-phosphonic acid بتركيز ٥٠ ميكومول، أو α-aminooxi-β-phenylpropionic acid (بتركيز ٢٠٠ ميكرومول) يمنع التلون البنى (Peiser وآخرون ١٩٩٨).

التخزين فى الجو المعدل والمتحكم فى مكوناته

بينما ازداد التلون البنى بشدة فى الخس المجهز للاستهلاك – بالتقطيع – والمخزن فى الهواء العادى، فإن رفع تركيز ثانى أكسيد الكربون أدى إلى تقليل هذا العيب، وإلى التخلص منه نهائيًا عند تركيز ٥٪ أو ١٠٪ من الغاز (Mateos وآخرون ١٩٩٣).

ولذا .. يوصى بتعبئة الخس بعد تجهيزه للمستهلك فى أغشية بلاستيكية شفافة خاصة تحافظ على جو معدل بداخل العبوة يحتوى على تركيز منخفض من الأكسجين (٢٪–٥٪) وتركيز عال من ثانى أكسيد الكربون (١٠٪). وعلى خلاف الرؤوس الكاملة للخس، فإن الخس المجهز بالتقطيع لا يُضار من تركيزات ثانى أكسيد الكربون العالية، والتى تصل إلى ١٠٪. تجرى جميع عمليات التداول فى أقل درجة حرارة ممكنة يمكن للعاملين تحملها، ويتم الشحن والتخزين والتسويق على صفر–١°م.

وتوجد تباينات وراثية بين أصناف الخس فى قدرتها على تحمل منتجها المجهز للمستهلك fresh-cut للتخزين فى MAP أو CA (Hayes & Liu ٢٠٠٨).

ويفيد مع خس الرؤوس ذى المظهر الدهنى butterhead ضخ النيتروجين فى عبوات الـ

١٨٨٢ يوصى سريعا إلى جو يحتوى على ١٪-٣٪ أكسجين مع ٥٪-١٠٪ ثانى أكسيد الكربون . يفيد ذلك فى تقليل ظاهرة التلون البنى للأسطح المقطوعة. أما خفض الأكسجين إلى أقل من ١٪ مع زيادة ثانى أكسيد الكربون إلى أكثر من ١٠٪ فإنه يساعد على ظهور ما يعرف بالصبغة البنية brown stain. وهى التى يزداد معدل ظهورها مع زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون من ٢,٥٪ إلى ١٠٪.

كما يفيد فى خس الآيس برج الجو الذى يحتوى على ٠,٥٪-٣٪ أكسجين مع ١٠٪-١٥٪ ثانى أكسيد كربون حيث يؤدى إلى تقليل التلون البنى للأسطح المقطوعة وحفظ الجودة وخفض النمو البكتيرى. ويجب تحزين خس الآيس برج المجهز على حرارة ١-٣ °م. وعلى ٥ °م .. كانت فترة احتفاظ المنتج بجودته ٦ أيام فى الهواء، و ١٢ يومًا فى ٢,٠٪ أكسجين. ومع زيادة ثانى أكسيد الكربون إلى ٧٪-١٥٪ .. ازدادت فترة الصلاحية للتخزين إلى ١٦ يومًا.

كذلك أدت تعبئة الخس الرومين المعد للاستهلاك – بالتقطيع فى أكياس مصنوعة من أغشية خاصة من البولى بروبلين مع البوليثيلين وذات نفاذية خاصة للأكسجين .. أدت تعبئته فيها إلى إحداث توازن فى مستوى الأكسجين داخل الأكياس عند مستوى ٧٪-١١٪. ولعب هذا الجو المعدل دورًا كبيرًا فى تأخير تلون الأنسجة وإلى زيادة فترة الصلاحية للتخزين بنحو ٥٠٪. وذلك مقارنة بالوضع عند التخزين فى الهواء العادى (Segall & Scanlon ١٩٩٦).

هذا .. إلاّ أن أفضل الظروف لتخزين الخس الرومين المجهز للمستهلك هى الظروف ذاتها التى تناسب الخس الآيس برج؛ وهى ٣٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون.

وقد دُرس مدى صلاحية الخس المجهز للمستهلك fresh-cut من مختلف الطرز (الآيس برج. والرومين. والدهنى. والورقى الأخضر. والورقى الأحمر) للتخزين لمدة ١٦ يومًا على ٥ °م فى الهواء. مقارنة بالجو المتحكم فيه CA (٣٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون). وقد فُحصت عينات منها للتعرف على الجودة الظاهرية. والتلون

البنى السطحي وعند الحواف، والتبقع الصدئ. لوحظ بعد ثماني أيام من التخزين وجود فروق في الجودة العامة الظاهرية للخس بين التخزين في الهواء، وفي الـ CA. وبعد ١٢ يومًا كان الخس المخزن في الهواء دون حدود الصلاحية للتسويق. بينما حافظ الخس المخزن في الـ CA على صفات الجودة العامة في كل الطرز عدا الدهني. ولقد كانت فائدة الـ CA أعلى ما يمكن للخس الآيس برج، مع وجود بعض الاختلافات بين الأصناف في هذا الشأن. أما الخس الدهني فلم يستفد من الـ CA الذي صاحبه تغيرات لونية سطحية وطراوة في الأنسجة (López-Gálvez وآخرون ١٩٩٦أ).

وبينما لا تتحمل رؤوس الخس الكاملة التخزين في هواء معدل يحتوي على ٢٠٪ ثاني أكسيد كربون – حيث يتغير طعمه نتيجة لتراكم الإيثانول والأسيتالدهيد فيه تحت هذه الظروف – فإن هذا التركيز من ثاني أكسيد الكربون – مع التخزين في حرارة ٢,٥ °م لمدة ٢٠ يومًا، ثم في حرارة ٢٠ °م لمدة ١٢ ساعة – يمنع تلون العرق الوسطي باللون البني أو يقلله كثيرًا في الخس المجهز للاستعمال بالتقطيع (الـ minimally processed)، وكان ذلك مصاحبًا بنقص في نشاط إنزيم phenylalanine ammonia-lyase، الأمر الذي حدث – بدوره – نتيجة لانخفاض رقم pH السيتوبلازم في تلك الظروف؛ وهو ما أدى في النهاية إلى انخفاض المحتوى الفينولي الكلي للعرق الوسطي المقطع (Mateos وآخرون ١٩٩٣أ، ب).

هذا .. ولم تؤد تعبئة الخس المجهز للمستهلك fresh-cut في ٩٠٪ أرجون + ٢٪ أكسجين إلى تأخير تراكم الفينولات بدرجة أكبر مما حدث عند تخزينه في الأكسجين المنخفض مع الهليوم والنيتروجين (Jamie & Saltveit ٢٠٠٢).

وأدى ملأ عبوات الخس والكرنب – المعدّلة للهواء MAP – بالنيتروجين بنسبة ١٠٠٪- إلى تكوين جو معدل – في خلال خمسة أيام – يحتوي على ١,٢٪ إلى ٠,٥٪ أكسجين، و ٠,٥٪ إلى ٣,٥٪ ثاني أكسيد كربون بصورة طبيعية. هذا مع العلم بأن الخضر الطازجة السابقة التجهيز fresh-cut المخزنة تأخر فقدها لجودتها في هذه

العبوات بمقدار خمسة أيام، وذلك عندما خزنت على ٥°م. وأسهمت معاملة الخضر بالماء الحامضى المكهرب acidic electrolysed فى المحافظة على جودتها على كل من ٥، و ١٠°م. هذا .. ولم يؤثر ملأ العبوات بالنيتروجين على النمو الميكروبى (البكتيريا الهوائية الكلية، و *E. coli*، و *Bacillus cereus*، والـ Psychtrophic bacteria) فى الخضروات المجهزة أو عليها على ١,٥ أو ١٠°م لمدة خمسة أيام، حيث ثُبِّطَ النمو الميكروبى على ١°م لمدة خمسة أيام أيًا كان تركيب هواء العبوات (Koseki & Itoh ٢٠٠٢).

واحتفظ الخس المجهز للمستهلك بجودته لمدة ١٠ أيام عندما كانت تعبئته تحت تفريغ؛ مقارنة بمدة ٦ أيام فقط عندما كانت تعبئته فى MAP؛ وذلك على ٤°م (Cha وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة الحرارية للحد من التلون البنى

يعد التلون البنى لأماكن القطع أكبر مشاكل الخس المجهز للمستهلك أثناء تخزينه. وأفضل وسيلة للحد من هذه الظاهرة هى تخفيض تركيز الأكسجين إلى أقل من ٣٪. وعلى الرغم من أن المعاملة بمضادات الأكسدة والصدمة الحرارية قد تمنعا حدوث تلك الظاهرة إلا أنهما يؤديا إلى فقد ظاهرى فى الجودة. وما لم يكن الخس قد تعرض لشدٍّ بيئى قبل الحصاد فإن محتواه من المواد الفينولية — المسئولة عن التلون البنى — يكون منخفضًا. ولكن ذلك المحتوى يزداد بعد تجريح الأنسجة أثناء إعداد المنتج. وقد أدت معاملة الصدمة الحرارية لمدة ٩٠ ثانية على حرارة ٤٥°م إلى منع حدوث التلون البنى المستحث بواسطة التجريح فى كل من الخس الآيس برج (الكابوتشا أو خس الرؤوس ذو الأوراق القَصِمة) والرومين.

وقد دُرس تأثير المعاملة بالصدمة الحرارية على التلون البنى وأيض الفينولات فى العرق الوسطى للخس المقطع إلى أجزاء صغيرة، ووجد أنه برفع حرارة الصدمة الحرارية من ٢٠ إلى ٧٠°م انخفضت الزيادات التالية فى كل من نشاط الـ PAL وتراكم الفينولات، وكانت

أكثر المعاملات فاعلية هى التعريض لحرارة ٤٥°م لمدة ١٢٠ ثانية، أو ٥٠°م لمدة ٦٠ ثانية، أو ٥٥°م لمدة ٣٠ ثانية، حيث أحدثت خفضًا جوهريًا فى كل من الزيادة فى نشاط الـ PAL والتلون البنى الذى شوهد فى أعناق أوراق معاملة الكنترول بعد تجريحها. هذا بينما أدى التعريض لحرارة ٤٥°م لمدة ٤٨٠ ثانية، أو ٥٠°م لمدة ٦٠ ثانية، أو ٥٥°م لمدة ٤٥ ثانية إلى منع زيادة نشاط الـ PAL عن مستواه الابتدائى. وقد بقيت المركبات الفينولية لمدة ثلاثة أيام عند مستواها الابتدائى فى أعناق الأوراق المقطعة التى عوملت بحرارة ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية أو ٥٥°م لمدة ٦٠ ثانية. هذا إلاّ أن حرارة ٥٥°م أضرت بالأنسجة. وقد خفضت هذه المعاملات بشدة من تمثيل الأحماض الفينولية ونشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز، وبدرجة أقل إنزيم البيروكسيديز (Loaiza-Velarde وآخرون ١٩٩٧).

تؤدى المعاملة الحرارية (بالغمر فى الماء على ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية) للخس إلى دفعه إلى إنتاج ما يعرف باسم بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins؛ الأمر الذى يكون على حساب إنتاج الأنسجة للبروتينات الأخرى، والتى منها PAL؛ مما يؤدى إلى منع تلونها بالبنى. ويستمر تأثير تلك الصدمة الحرارية فى منع التلون البنى فى الخس حتى بعد تخزينه لمدة ١٥ يومًا على ٥°م.

ويمكن – عمليًا – إجراء تلك الخطوة بين تقطيع الخس وتعريضه للطرد المركزى كبديل لعملية الغسيل فى الماء، علمًا بأن الماء الدافئ يسهل التخلص منه بالطرد المركزى عن ماء الغسيل البارد الذى يكون على درجة الصفر، والذى يصعب التخلص منه بسبب لزوجته العالية (Saltveit ١٩٩٨).

إن الجروح والأضرار التى تحدث بالخس أثناء تحضيره للمستهلك fresh-cut تحفز أيض الفينولات، الأمر الذى يتبعه تلون الأنسجة بالبنى كما أسلفنا. ويعتبر إنزيم Phenylalanine ammonia-lyase أول الإنزيمات الفاعلة فى مسار الـ phenylpropanoid. ويزداد نشاط الإنزيم سريعًا بعد رفع حرارة التخزين من صفر إلى ٢٥°م. ويؤدى تعريض الخس لصدمة حرارية على ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية إلى حماية الخس المجهز للمستهلك من التلون بالبنى والمحافظة على لونه الأخضر، وخفض إنتاج

الأنسجة من الفينولات. سواء أعطيت المعاملة الحرارية قبل التقطيع. أم بعده. لكن افضل تأثير للمعاملة الحرارية كان عندما أعطيت المعاملة قبل التقطيع بست ساعات. كذلك فإن المعاملة بمثبط تمثيل البروتين سيكلوهيكسيميد cycloheximide قللت من نشاط إنزيم الـ PAL المستحث بفعل التجريح، ولكنها لم تمنع تلون الأنسجة بالبنى. وعندما أعطيت المعاملتان معًا (الصدمة الحرارية والسيكلوهيكسيميد) لم يحدث التلون البنى (Loaiza-Velarde & Saltveit ٢٠٠١).

هذا .. وتتم إزالة جزء من ساق الخس فى الحقل بعد الحصاد — فيما يعرف باسم coring — بهدف التقليل من أحمال الشحن التى يتطلب الأمر التخلص منها فى محطة التعبئة ومصانع التجهيز للاستهلاك الطازج fresh-cut، بالإضافة إلى تقليل المخلفات فى تلك المواقع. وتؤدى تلك العملية إلى تلون القواعد المقطوعة للأوراق وأنسجة الأوراق المجاورة لها باللون البنى بسبب الجروح التى تصاحبها زيادة فى أيض الفينولات. وقد وجد أن تعريض تلك الأسطح المقطوعة — بعد القطع مباشرة — لجسم رطب ساخن إلى ٥٥°م لمدة ١٠-١٥ ثانية يؤدى إلى خفض تراكم الفينولات وما يعقبها من تلون بنى. وقد دام ذلك التثبيط لمدة ستة أيام على حرارة ١٠°م، ولم يكن ذلك مصاحبًا بزيادة فى أعفان النسيج المعامل (Saltveit & Qin ٢٠٠٨).

وجدير بالذكر أن معاملة الخس المجهز للمستهلك fresh-cut بالغمر فى الماء الساخن على ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية قبل تخزينه على ٥°م لمدة ١٨ يومًا أو على ١٥°م لمدة سبعة أيام أدت إلى زيادة أعداد البكتيريا *Listeria monocytogenes* بصورة منتظمة طوال فترة التخزين. وكانت الزيادة أسرع على ١٥°م منها على ٥°م. ويعنى ذلك أن المعاملة الحرارية — التى تقلل من تلون الأنسجة بالبنى — يمكن أن تُحدث مخاطر صحية بتحفيزها تكاثر البكتيريا (Li وآخرون ٢٠٠٢).

معاملات أخرى للحد من التلون البنى

تستحث الجروح التى تحدث بأنسجة الخس عند تجهيزه للمستهلك fresh-cut

إشارة فى موقع التجريح تنتقل إلى الأنسجة المجاورة حيث يُستحث عددًا من الاستجابات الفسيولوجية، تتضمن تمثيل إنزيم phenylalamine ammonia lyase، وتمثيل وتراكم مركبات فينولية معينة (مثل حامض الكلوروجنك chlorogenic acid) الذى يسهم فى تلون الأنسجة بالبنى كما أسلفنا. وقد انخفض المحتوى الفينولى لأوراق الخس المقطعة والتى غمست بعد التقطيع مباشرة لمدة ساعتين فى محلول مانيتول mannitol بتركيز عال hypertonic (٠,٣–٠,٩ مول)، كما لم تحدث فيها زيادة فى نشاط الـ PAL، ولقد استمر هذا التأثير عندما أعيد تجريح الخس المقطع بعد يوم من المعاملة بالمانيتول؛ بما يعنى احتمال حث المعاملة لمقاومة عامة ضد عوامل الشدّ غير الحيوى (Kang & Saltveit ٢٠٠٣).

كذلك أدى تعريض أنسجة العرق الوسطى المقطوعة لأبخرة (٢٠ ميكرمول/جم وزن طازج) أو محاليل مائية (١٠٠ ملى مول) للـ n-alcohols إلى تثبيط التلون البنى الذى يتبع التجريح بنسبة ٤٠٪، و ٦٠٪ على التوالى. إن فاعلية الكحول ازدادت خطيًا من الإيثانول ethanol إلى الهبتانول heptanol ذى السبع ذرات كربون، ثم اختفى ذلك التأثير للـ n-alcohols الأطول: 1-octanol، و 1-nonanol (Choi وآخرون ٢٠٠٥).

وكانت أكثر معاملات الخس المجهز للمستهلك fresh-cut تأثيرًا فى تثبيط التلون البنى فى الأسطح المقطوعة هى التبخير بأكسيد النيتريك NO بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ساعة، أو النقع فى محلول للمركب 2,2'-(hydroxynitrosohydrazino)-bisethanamine (اختصارًا: DETANO) – المعطى لأكسيد النيتريك – بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون لمدة خمس دقائق، حيث أعقب المعاملتان زيادة فى القدرة التخزينية مقدارها ٧٠٪، و ١٠٠٪، على التوالى (Wills وآخرون ٢٠٠٧).

التطهير السطحى والتلوث الميكروبى

إن أكثر الأنواع البكتيريا الممرضة تواجدًا فى الخس المقطع للاستهلاك والمعبأ فى

أكياس بلاستيكية مغلقة والمخزن على ٢ أو ١٠°م، هى ما يلى (Freire & Robbs ٢٠٠٠):

Pseudomonas aeruginosa	*P. fluorescens*
Klebsiella oxytoca	*Enterobacter cloacae*
Bacillus cepacia	*Escherichia coli*
Serratia marcescens	*Erwinia* spp.

كذلك يكثر به عددًا من الخمائر مثل *Cryptococcus*، و *Pichia*، و *Torulaspora*، و *Trichospora*.

تعيش تلك الأنواع البكتيرية والخمائر على الإفرازات النباتية وتتكاثر أثناء تخزين المنتج، ويزداد معدل تكاثرها فى الحرارة العالية وفى الجو المعتدل، ولكنها تستمر فى التكاثر – كذلك – فى الحرارة المنخفضة.

وعندما قورن غسيل الخس والهندباء – قبل تجهيزها للمستهلك fresh-cut – بكل من الماء المكلور وغير المكلور بعدد من المطهرات (هى: Sanova، و Sanoxol 20، و Tsunami 100، و Purac FCC 80، و Citrox 14W، و Catallix) .. وجد أنها – جميعًا – انقصت الحمل الميكروبى بعد التطهير مباشرة، ولكن الأعداد ازدادت تدريجيًّا بعد ثلاثة أيام حتى وصلت إلى المستوى الذى وصلت إليه الأعداد فى معاملة الكنترول (٦–٨ لو cfu/جم). ومع ذلك فإن مظهر وجودة الخس والهندباء المجهزتين لم يتأثرا سلبًا (Allende وآخرون ٢٠٠٨).

وقد كانت معاملة الخس المجهز للمستهلك fresh-cut بماء دافئ (٥٠°م) يحتوى على ٢٠ جزءًا فى المليون من الكلورين أفضل من المعاملة بأى من الماء الساخن أو الكلورين منفردًا فى مكافحة النمو الميكروبى على الخس – بعد ذلك – عند تخزينه على ٥°م لمدة أربعة أيام. كما ثبطت المعاملة الحرارية تكوين اللون البنى خلال اليومين الأوليين من التخزين (Li وآخرون ٢٠٠١).

ويُستدل من دراسات López-Gálvez وآخرين (٢٠١٠) على الخس المجهز

للمستهلك fresh-cut أن التطهير بثانى أكسيد الكلورين chloride dioxide يتساوى فى كفاءته مع التطهير بهيبوكلوريت الصوديوم. فيما عدا أن أعداد الخمائر كانت أعلى بعد ١٠ أيام من التخزين عندما كان التطهير بثانى أكسيد الكلورين. وبينما لم تتكون أى trihalomethanes (اختصارًا: THMs) – ذات التأثير المسرطن – عندما استعمل ثانى أكسيد الكلورين، فإنها تكونت بتركيزات ضئيلة للغاية لا يعتد بها عندما كان التطهير بهيبوكلوريت الصوديوم، ولم يكن تركيز الـ THMs المتكونة محسوسًا إلا عندما وصل تواجد المادة العضوية العالقة فى ماء الغسيل إلى ١٨٠٠ مجم/لتر ووصل تركيز هيبوكلوريت الصوديوم المستخدم إلى ٧٠٠ مجم/لتر.

كذلك أعطت معاملة غسيل الخس المجهز للمستهلك فى ماء مكلور لمدة دقيقة واحدة على ٥٠°م أفضل نوعية، وقد تحسنت عملية تطهير الخس – بالماء المكلور – بفعل الحرارة بمقدار لوغاريتم واحد من الوحدات المكونة للمستعمراتcfu 1 log لكل جرام من الخس المجهز، وذلك مقارنة بالغسيل على ٤°م. وقد تساوى تأثير الكلوربين عند تركيز ٢٥ جزءًا فى المليون مع تأثيره عند ١٠٠ جزء فى المليون (Delaquis وآخرون ٢٠٠٤).

وأعطت معاملة غمر الخس المجهز للمستهلك fresh-cut فى الماء المحتوى على الأوزون (ozonated water) بتركيز ثلاثة أجزاء فى المليون لمدة خمس دقائق، ثم تعبئتها فى أغشية تحتوى على ١٥٪ ثانى أكسيد كربون أفضل النتائج فيما يتعلق بكل من العد الميكروبى وصفات الجودة الفسيولوجية والفيزيائية (Poubol وآخرون ٢٠٠٧).

ويمكن أن تحل معاملة غمر الخس المجهز للمستهلك فى حامض اللاكتيك (٥ مل/لتر) وحامض الستريك (٥ جم/لتر) محل معاملة الغمر فى الماء المكلور (١٠٠ جزء فى المليون) فى إطالة فترة صلاحية المنتج للتخزين. حيث قللت المعاملتين من أعداد البكتيريا بدرجة أكبر رمن أى من معاملة الماء المكلور أو المحتوى على الأوزون بتركيز ٤ أجزاء فى المليون (Akabas & Olmez ٢٠٠٧).