واحد/لتر، كما كانت المعاملة لمدة ٣ ساعات بنفس درجة فاعلية المعاملة لمدة ٢٤ ساعة على ٥°م. هذا إلا أن المعاملة بالـ 1-MCP لم تؤثر فى الزيادة فى المحتوى الفينولى الذى يُستحث بواسطة الجروح (Saltveit ٢٠٠٤).

معاملة التعريض المؤقت لهواء شبه خالٍ من الأكسجين

أدت معاملة الخس بتركيزات شديدة الانخفاض ultralow من الأكسجين (٠,٠٠٣٪) إلى موت أكثر من ٩٩,٦٪ من أفراد التربس التى تواجدت عليه فى خلال يومين على ١٠°م، وقد أعطت المعاملة لمدة ثلاثة أيام على ٥°م ولمدة أربعة أيام على ١°م نتائج مماثلة، ولم تُحدث أى منها أضرارًا بأوراق الخس الخارجية، إلاّ أن نحو ٩٪-٣٣٪ من الرؤوس ظهرت بها أضرارًا فى أوراق القلب. وكانت أقل الأضرار فى أوراق القلب هى عند المعاملة لمدة يومين على ١٠°م، وازدادت الأضرار بزيادة مدة المعاملة. وعمومًا .. كانت أنسجة الأوراق الداخلية المضارة أقل من ٢ جم/رأس، ووجدت اختلافات بين الأصناف فى مدى حساسيتها للمعاملة، حيث لم تُظهر أربعة أصناف من بين ثمانى أصناف تم اختبارها أية أضرار بعد معاملة الرؤوس لمدة يومين على ١٠°م (Liu ٢٠٠٨).

التخزين

التخزين المبرد العادى

يخزن الخس فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية تزيد عن ٩٥٪، حيث يمكن أن تحتفظ الرؤوس بجودتها تحت هذه الظروف لمدة ٣-٤ أسابيع، بشرط أن تكون بحالة جيدة عند بدء تخزينها. كما يمكن تخزين الخس على ٥°م لمدة أسبوعين بحالة جيدة، ما لم يتعرض للإثيلين من مصادر خارجية. ويؤدى ارتفاع حرارة التخزين، أو نقص الرطوبة النسبية عن الحدود المبينة إلى سرعة تدهور الرؤوس؛ حيث تذبل الأوراق، وتفقد لونها الأخضر الزاهى، وتظهر بها بقع بنية اللون، خاصة على العرق الوسطى.

وتجدر الإشارة إلى أن مدة احتفاظ الخس بجودته أثناء التخزين تتضاعف بخفض درجة الحرارة من ٣°م إلى الصفر المئوى؛ ويرجع ذلك إلى أن سرعة التنفس تزيد بشدة فى الخس مع ارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المئوى. وتختلف الأصناف فى هذا الشأن؛ فنجد أن معدل التنفس فى الخس الورقى يبلغ ضعف معدل التنفس فى خس الرؤوس. ويجب عدم تعريض الخس لدرجة التجمد فى أى وقت أثناء التخزين، علمًا بأن الخس يمكن أن يتجمد على -٠,٢°م (Lutz & Hardenburg ١٩٨٦). ويظهر أثر التجمد على صورة مساحات مائية المظهر بالأوراق، تصبح زلقة وسريعًا ما تتدهور بعد التفكك.

تبدأ الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى فى الأجزاء المجروحة من الأوراق، ولكن معدل الإصابة ينخفض كثيرًا فى درجة الصفر المئوى.

هذا ويجب عدم تخزين الخس مع الثمار المنتجة للإثيلين، مثل التفاح، والكمثرى، والكنتالوب، لأن الإثيلين يؤدى إلى إصابة الخس بالتبقع الصدئ.

التخزين المبرد فى الجو المتحكم فى مكوناته

يفيد تخزين الخس فى هواء متحكم فى مكوناته يحتوى على ٣٪ أكسجين، و ١,٥٪ ثانى أكسيد كربون فى المحافظة على جودته، ومنع إصابته بالتبقع الصدئ والعرق الوردى. ويؤدى انخفاض تركيز الأكسجين عن ١٪ أو زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٢,٥٪ إلى الإضرار بالخس. تؤدى التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون إلى تكون الصبغة البنية بعد نقل الخس – عند تسويقه – إلى ١٠°م فى الهواء. وتزداد شدة تكون الصبغة البنية عند انخفاض نسبة الأكسجين إلى ٢٪-٣٪. وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٪ إلى تقليل الفاقد بالأعفان عند شحن الخس أو تخزينه لأكثر من شهر. ونظرًا لأن هذه الميزة تفوق احتمالات حدوث الأضرار؛ لذا يوصى – عند الرغبة فى تخزين الخس لفترات طويلة – زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٪.

ويوصى Saltveit (١٩٩٧) بتخزين وشحن الخس على حرارة -٥°م فى هواء، يحتوى

على ١٪-٣٪ أكسجين، وصفر٪ ثانى أكسيد كربون. أما الخس المقطع فيفضل تخزينه فى هواء يحتوى على ١٪-٥٪ أكسجين، و ٥٪-٢٠٪ ثانى أكسيد كربون. وبينما تطبق تلك التوصيات تجاريًا بدرجة متوسطة فقط (فى الولايات المتحدة) على خس الرؤوس ذات الأوراق القصِمة والخس الورقى، فإنها تطبق على نطاق واسع بالنسبة للخس المجهز للاستهلاك بالتقطيع.

وقد وجد أن وقت حصاد الخس من اليوم يؤثر فى حساسية الخس للتركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون بعد الحصاد، وتبين أن ذلك الأمر يرتبط بمحتوى الأوراق من المواد الكربوهيدراتية الذى يتباين على مدار الساعة. ففى دراسة أجريت على صنف الخس Salinas (وهو من طراز خس الرؤوس ذى الأوراق القصِمة) ازداد محتوى الأوراق الخارجية من النشا عندما أجرى الحصاد قبل الظهر عما كان عليه الحال عندما أجرى الحصاد بعد الظهر، ولكنه لم يتغير فى الأوراق الأخرى. كان تركيز السكروز أقل من ٥ مجم/جم وزن جاف قبل الظهيرة، ولكن الأوراق الخارجية، والورقة رقم ٢٠، ونسيج الساق كان تركيز السكروز فيها بعد الظهر ٤٣، و ٢٤، و ٦١مجم/جم وزن جاف، على التوالى. وفى المنتج الذى تم حصاده قبل الظهر ازداد محتوى الجلوكوز بمقدار ٧٠٪-٢٦٠٪. والفراكتوز بمقدار ٢٠٪-١٢٠٪ عما فى المنتج الذى تم حصاده بعد الظهر. وكان تركيز الجلوكوز والفراكتوز أعلى ما يمكن فى الورقة رقم ١٠ (١١٠، و ١٢٠ مجم/جم وزن جاف، على التوالى)، وانخفض بنسبة ٢٠٪-٥٠٪ فى الأوراق الداخلية والخارجية. وأدى تعريض الخس لتركيز ٧,٥٪ أو ١٠٪ من ثانى أكسيد الكربون لمدة ١٢ يومًا على ٢,٥°م ثم تعريضه للهواء لمدة ٣ أيام على ١٠°م إلى زيادة شدة الأضرار فى المنتج الذى تم حصاده فى الصباح عما فى المنتج الذى كان حصاده بعد الظهر، وكانت الأضرار محصورة فى الأوراق بين رقم ٧ ورقم ١٧، إلاّ أن أشد الأضرار كانت فى الأوراق من رقم ١٠ إلى رقم ١٥ (Forney & Austin ١٩٨٨).

وقد كان الفقد فى الوزن ومعدل التنفس أقل ما يمكن عندما كان التخزين فى هواء يحتوى على ٣٪ أكسجين. و ٣٪ ثانى أكسيد كربون، واعتبرت تلك النسب — وكذلك

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