وقد أدت زيادة تركيز الأكسجين فى جو تخزين الأسبرجس إلى ١٠٠ كيلو باسكال إلى خفض إصابته بالأعفان. إلاّ أن تلك المعاملة صاحبتها زيادة فى إنتاج مواد متطايرة تعد من نواتج التخمر، مثل الإيثانول، والأسيتالدهيد، وخلات الإثيل؛ مما أثر سلبًا على خصائص الأسبرجس الأكلية؛ بما يعنى عدم إمكانية الاعتماد على تلك الطريقة فى خفض الإصابة بالأعفان (Wszelaki & Mitcham ٢٠٠٠).

ومن أهم العيوب التى صاحبت تخزين الأسبرجس فى الجو المتحكم فى مكوناته، ما يلى:

١- ظهرت أضرار التنقير pitting injury على مهاميز الأسبرجس لدى تخزينها لمدة أسبوع على ٦°م، وفى ٥٪ ثانى أكسيد كربون، وازدادت النقر اتساعًا وعمقًا وازداد انتشارها نحو قاعدة المهماز بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪.

٢- ظهرت أضرار السطح المتموج corrugated surface عندما كان التخزين فى ٣٠٪ ثانى أكسيد كربون، وكان ظهورها عند قاعدة المهاميز فى حرارة ٣°م. وعند قمتها فى حرارة ٦°م. وازدادت شدة الإصابة فى أى مستوى من ثانى أكسيد الكربون بارتفاع درجة الحرارة (Lougheed ١٩٨٧).

الظواهر والتغيرات الفسيولوجية والفيزيائية المصاحبة للتخزين

التنفس وإنتاج الإثيلين

ينفرد الأسبرجس بأعلى معدل تنفس عقب الحصاد مباشرة من بين أكثر من ٨٠ نوعًا من الخضر والفاكهة، لكن إنتاجه من الإثيلين يعد شديد الانخفاض (عن Papadopoulou ٢٠٠١).

ويتباين معدل تنفس مهاميز الأسبرجس حسب درجة الحرارة، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	١٤-٤٠

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
٥	٢٨–٦٨
١٠	٤٥–١٥٢
١٥	٨٠–١٦٨
٢٠	١٣٨–٢٥٠
٢٥	٢٥٠–٣٠٠

يقل إنتاج الأسبرجس من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م.

إلا أن تعرض الأسبرجس للإثيلين من مصدر خارجى يؤدى إلى إسراع لجننة المهاميز وتصلبها (عن Suslow ٢٠٠٧).

وقد وجد ارتباط سالب بين النشاط التنفسى المتراكم لمهاميز الأسبرجس بعد الحصاد (معبرًا عنه بإنتاج ثانى أكسيد الكربون) وبين فترة الصلاحية للتخزين المتبقية (r^2 = ٠,٩٥). كما وجد ارتباط سلبى قوى مماثل (r^2=٠,٩٢) بين عدد الوحدات الحرارية المتراكمة (معبرًا عنها بعدد الساعات التى تزيد فيها الحرارة عن الصفر المئوى) وبين فترة الصلاحية للتخزين المتبقية (Brash وآخرون ١٩٩٥).

ويتبين لدى مقارنة معدل التنفس وإنتاج الإثيلين فى كل من المهاميز الكاملة البيضاء والخضراء قبل وبعد الحصاد على حرارة ١٥°م، ما يلى:

١– كان معدل التنفس مرتفعًا (٥,٠–٨,٠ ملى مول ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة) فى المهاميز النامية، بينما كان معدل إنتاج الإثيلين شديد الانخفاض (٤٦–٨٥ نانو مول/كجم/ساعة).

٢– كان معدل التنفس أعلى بمقدار ١,٥٨ مرة، ومعدل إنتاج الإثيلين أعلى بمقدار ١,٨٤ مرة فى المهاميز الخضراء عما فى البيضاء.

٣– ربما نتيجة للجروح التى أحدثتها عملية الحصاد .. ازداد معدل التنفس ومعدل

إنتاج الإثيلين بعد الحصاد مباشرة فى كل من المهاميز البيضاء والخضراء، إلاّ أن تأثير تلك الجروح كان أكثر وضوحًا فى المهاميز البيضاء عما فى الخضراء.

٤- أعقب ذلك حدوث تناقص تدريجى فى معدل التنفس إلى أن وصل إلى حالة توازن بلغ فيه المعدل ٣,٤، و ٢,٣ ملى مول ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة فى كل من المهاميز الخضراء والبيضاء على التوالى.

٥- كذلك فإن معدل إنتاج الإثيلين – بعد تناقصه لمدة ٦ ساعات عقب الزيادة الأولية – عاد وتضاعف تقريبًا بعد مرور ٢٤ ساعة من الحصاد، ثم انخفض إلى مستوى حوالى ٢١ نانومول/كجم/ساعة فى كل من المهاميز الخضراء والبيضاء (Papadopoulou وآخرون ٢٠٠١).

التدهور العام فى صفات الجودة

يحدث عديد من التغيرات فى مهاميز الأسبرجس أثناء التداول والتخزين والتسويق، تؤدى إلى تدهور جودتها، ومن أهمها ما يلى:

١- يتحلل الكلوروفيل – تدريجيًّا – حتى مع التخزين على ٢°م.

٢- تزداد المهاميز فى الطول إذا غمرت قواعدها فى الماء، وتحدث أكبر زيادة فى الطول خلال اليوم الأول من الغمر فى الماء. وتكون الزيادة أكبر كلما ارتفعت درجة الحرارة فيما بين الصفر المئوى، و ٣٥°م.

٣- يحدث نقص فى محتوى المهاميز من السكريات المختزلة والسكريات الكلية، خاصة خلال اليوم الأول بعد الحصاد، ويتناسب معدل الفقد فى السكريات طرديًّا، مع درجة الحرارة فيما بين الصفر المئوى، و ٣٥°م.

٤- تحدث زيادة فى محتوى المهاميز من الألياف، ويزيد ترسيب اللجنين فى خلايا الحزم الوعائية، خاصة خلال اليوم الأول بعد الحصاد، وتتناسب الزيادة طرديًّا مع درجة الحرارة فيا بين الصفر المئوى، و ٣٥°م.

ومن أهم التغيرات فى التركيب الكيمائى التى تحدث فى مهاميز الأسبرجس بعد

الحصاد الزيادة فى محتوى الزيلوز xylose والجلوكوز من الألياف غير الذائبة، والنقص فى الجالاكتوز.

وتزداد سرعة تدهور مهاميز الأسبرجس إذا كانت قمتها قد بدأت بالتفتح بالفعل وقت تعبئتها، حيث تكون أسرع تحللاً، وأسرع تليفًا.

وتكون المهاميز ذات القواعد البيضاء أقل عرضة للتلف من المهاميز الخضراء على امتداد طولها.

ولقد كان أفضل مجال حرارى لتخزين الأسبرجس هو صفر–٢°م (وذلك مقارنة بالمجالين ١٠–١٢°م، و ٢٠–٢٢°م)، وفيه احتفظت المهاميز بجودتها لمدة ٧ أيام، وبزيادة حرارة التخزين أو مدته حدثت زيادة فى كل من: طول المهاميز، وصلابتها، ومحتواها من الألياف، بينما حدث نقص فى محتوى المهاميز من كل من: حامض الأسكوربيك، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة، والكلوروفيل، وكذلك فى نشاط إنزيم السيليوليز cellulase؛ مما أثر سلبيًا على الصفات الأكلية للمهاميز (Zheng وآخرون ١٩٩٤).

وقد وجدت علاقة تربيعية quadratic قوية بين محتوى قمة المهاميز من الأسبرجين aspargine وبين عدد الساعات الحرارية المتراكمة الأعلى من الصفر المئوى (R^2 = ٠.٨٧٨). وهى التى ارتبطت بشدة بالفترة المتبقية من الصلاحية للتخزين. ولم تكن تلك العلاقة مرتبطة بالصنف؛ مما يجعل لها أهمية فى تحديد درجة نضارة المهاميز (Hurst وآخرون ١٩٩٨).

اللجننة والتصلب

مع ازدياد الفترة التى تنقضى على مهاميز الأسبرجس بعد الحصاد فإن عملية اللجننة تبدأ عند القاعدة وتتقدم إلى أعلى بصورة تدريجية؛ مما يقلل من طول الجزء الصالح للاستعمال إلى أن لا يتبقى منه سوى سنتيمترات معدودة بالقرب من القمة (عن Lipton ١٩٩٠).

ونجد فى الحرارة العالية أن المهاميز تزداد طولاً. وينخفض محتواها من السكر، وتدخل مرحلة الشيخوخة. كذلك تصاب المهاميز بالشيخوخة إذا تعرضت للإثيلين. ويتناسب تكوين اللجنين فى المهاميز طرديًا مع طولها وعمرها ودرجة الحرارة التى تتعرض لها بعد الحصاد. ويعد جزء المهماز الذى يتقصف بسهولة هو بداية المنطقة المتليفة (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

وقد ازداد محتوى مهاميز الهليون من الألياف وازدادت صلابتها فى كل من قمتها ومنتصفها لدى تخزينها فى حرارة ٢٫٥، و ٥°م، على التوالى. بينما لم تزدد صلابة الجزء القاعدى من المهاميز بارتفاع درجة الحرارة (Siomos وآخرون ١٩٩٤).

وأدى وضع قواعد مهاميز وهى بطول ٢١ سم فى محلول مائى من الجلايفوسيت glyphosate بتركيز ١-١٠ أجزاء فى المليون .. أدى إلى التقليل جوهريًا من الزيادة فى صلابة المهاميز وفى محتواها من الألياف واللجنين بعد تخزينها على ٢٫٥°م لمدة ١٠ أو ٢٠ يومًا، وازداد التأثير بزيادة التركيز المستخدم وفترة التخزين، ولكنه قل بالابتعاد عن الجزء المقطوع من المهماز (Saltveit ١٩٨٨).

وازدادت مقاومة المهاميز للقطع (بسبب تليفها) بزيادة الفترة بين الحصاد وتبريدها مبدئيًا، وبزيادة فترة التخزين، بينما أدى التبريد الأولى السريع بعد الحصاد إلى تأخير بدء الزيادة فى مقاومة المهاميز للقطع. وأدى تأخير التبريد الأولى لمدة أربع ساعات إلى زيادة المقاومة للقطع بنسبة حوالى ٤٠٪. وأدى نقل المهاميز من المخزن المبرد إلى ١٥°م لمدة يوم واحد - فى محاكاة لظروف العرض للبيع فى الأسواق - إلى زيادة المقاومة للقطع فى المهاميز التى بردت أوليًا بسرعة عما فى تلك التى تأخر تبريدها. وتباينت نسبة زيادة المقاومة للقطع أثناء التخزين بين صفر٪، و ٥٠٪ حسب حرارة التخزين ومدته ومدى التأخير فى إجراء التبريد الأولى. كذلك ازدادت المقاومة للقطع فى المهاميز التى شذبت بقاعدة بيضاء عما فى تلك التى كانت كلها خضراء. وبعد ٢٤ يومًا من التخزين كانت نوعية المهاميز التى حفظت على ٠٫٥°م أو ٢٫٥°م أفضل من تلك التى حفظت على ٥°م (Hernández & Rivera وآخرون ١٩٩٢).

فقد الكلورفيل

تتفاوت أصناف الأسبرجس فى شدة فقدها للكلورفيل أثناء التخزين. فمثلاً .. كان الصنفان UC 157، و Syn 4-56 أكثر اخضرارًا وأقل ترييشًا (أقل تفتحًا للقمة) عن الصنفين Mary Washington، و Viking KB3 بعد ٣ أسابيع من التخزين على ٢ ± ٠,٥°م، مع ٩٥٪ رطوبة نسبية (Perkins-Veazie وآخرون ١٩٩٣). هذا بينما يؤدى تعرض الأسبرجس الأبيض للضوء إلى اكتسابه لونًا ورديًّا فاتحًا.

عفن القمة

ازدادت حالات الإصابة بعفن قمة المهاميز بزيادة الأضرار الميكانيكية غير المنظورة – التى تعرضت لها تلك القمم. فأدى إسقاط المهاميز من ارتفاع صفر، و ٥٠، و ١٠٠، و ١٥٠ مم – فى محاكاة لما يمكن أن يحدث لها أثناء التداول – إلى التسبب فى عفن قمة المهاميز بنسبة صفر، و ٣٤، و ٣٦، و ٦٤٪ – على التوالى – بعد ٥ أيام من حفظها على حرارة ٢٠°م مع رطوبة نسبية ٩٣٪-٩٥٪. وأدى غسيل المهاميز بعد تعرضها لمعاملات الإسقاط هذه إلى زيادة معدل الإصابة بعفن القمة. هذا وتحدث أعفان القمة نتيجة لتلك الأضرار الفيزيائية. وكذلك الأضرار الفسيولوجية التى تحدثها الضغوط الفيزيائية، والتى تجعل قمة المهماز أكثر حساسية للإصابة بالكائنات الدقيقة التى تتواجد عليها، وكذلك تلك التى تنتقل إليها مع ماء الغسيل (Lallu وآخرون ٢٠٠٠).

ظهور العيوب الفسيولوجية

إن من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر على الأسبرجس بعد الحصاد – والتى سبقت الإشارة إليها – ما يلى:

١- الاستطالة والالتواء elongation and bending:

يستمر الأسبرجس فى النمو والاستطالة بعد الحصاد إن لم يبرد فى الحال إلى أقل من ٥°م. كما أن ملامسة الأسبرجس عند قاعدته للماء يحفز – كذلك – نموه واستطالته. ويحدث الالتواء عندما تنمو المهاميز وهى فى وضع أفقى. كذلك قد يحدث الالتواء

والمهاميز فى وضع رأسى إذا ما وصلت قمتها إلى قمة العبوة وأعيق نموها الرأسى بسبب ذلك. وقد وجد أن معاملة مهاميز الأسبرجس بعد الحصاد بالغمر فى الماء الساخن على حرارة ٤٥-٥٠°م لمدة ٢-٥ دقائق يمنع حدوث ظاهرة التواء القمة.

٢- صلابة المهاميز spear toughening:

تحدث الصلابة نتيجة لجننة الأنسجة وتكوين الألياف بها، بدءًا من القاعدة باتجاه القمة. يحدث ذلك فى حرارة تزيد عن ١٠°م. وبسرعة واضحة على ١٥°م. وتزداد السرعة فى وجود الإثيلين.

٣- التريبش feathering:

يُعنى بالتريبش تفتح قنابات قمة المهماز بسبب نمو البراعم التى توجد تحتها، ويعد ذلك من علامات الشيخوخة، ويحدث عند التعرض لحرارة عالية، أو عند التأخر فى حصاد المهاميز عما ينبغى.

٤- أضرار التجمد freezing injury:

يحدث التجمد على حرارة تقل عن -٠,٥°م، ويؤدى إلى أن تصبح المهاميز مائية المظهر (عن Luo وآخرون ٢٠٠٤).

٥- أضرار البرودة

على الرغم من أن الأسبرجس يعد من محاصيل الجو البارد فإنه يتعرض للإصابة بأضرار البرودة chilling injury. وتظهر الأعراض على صورة طراوة وارتخاء لا علاقة له بأى فقد رطوبى، وتصبح قمة المهماز خضراء قاتمة إلى رمادية اللون. وتؤدى تلك الأعراض — التى تظهر بعد تعرض المهاميز لحرارة الصفر المئوى لمدة تزيد عن ١٠ أيام — إلى تقصير فترة الصلاحية للتخزين. وقد تراوحت نسبة الإصابة بأضرار البرودة بين ٥٠٪ عند التخزين على ٣°م إلى ١٠٠٪ عند التخزين على الصفر المئوى (عن Lipton ١٩٩٠).

ولمزيد من التفاصيل المتعلقة بكافة التغيرات التى تحدث فى مهاميز الأسبرجس بعد

الحصاد (الفسيولوجية، والكيميائية، والفيزيائية، والمظهرية) .. يراجع مقال Lipton (١٩٩٠) الشامل فى هذا الخصوص.

التصدير

تقسم السوق الأوروبية المشتركة مهاميز الأسبرجس إلى الفئات التالية:

١- بيضاء.

٢- قرمزية ذوى قمة يتراوح لونها بين الوردى، والقرمزى أو البنفسجى، بينما يظهر اللون الأبيض على جزء من المهماز.

٣- قرمزية/خضراء، يظهر فيها اللونين القرمزى والأخضر.

٤- خضراء، تكون فيها القمة ومعظم الساق خضراء اللون.

ولا تنطبق شروط السوق الأوروبية على الفئتين الأولى والثانية إذا قل قطر مهاميزها عن ٨ ملليمترات، ولا على الفئتين الثالثة والرابعة إذا قل قطر مهاميزها عن ٦ ملليمترات، وكانت تعبئتها فى حزم متجانسة.

وتتطلب السوق الأوروبية أن تتوفر فى مهاميز الأسبرجس – التى تسوق فيها – الشروط التالية:

١- أن تكون كاملة. وخالية من الأعفان.

٢- أن تكون خالية من كافة الأضرار الميكانيكية. والخدوش.

٣- أن تكون نظيفة وخالية من أى مواد غريبة منظورة ملتصقة بها.

٤- أن تكون طازجة وذو رائحة طازجة.

٥- أن تكون خالية من الحشرات ومن أضرار الحشرات والقوارض.

٦- أن تكون خالية من الرطوبة الحرة وتم تجفيفها جيدًا بعد الغسيل أو التبريد المبدئى بالماء المثلج.

٧- أن تكون خالية من أى روائح غريبة أو طعم غير مقبول.

٨- أن يكون مكان القطع فى قاعدة المهماز نظيفاً.