الفصل الثامن

الكرنبيات

نتناول بالشرح فى هذا الفصل جميع الخضر التى تتبع العائلة الكرنبية Brassicaceae (الصليبية Cruceferae) فيما عدا الجذرية منها — وهى اللفت والفجل والروتاباجا — والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الثالث.

الكرنب

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

يحصد الكرنب بمجرد وصوله إلى الحجم الذى يصلح معه للتسويق، عندما تكون الأسعار مرتفعة فى بداية الموسم وتكون الرؤوس فى هذه الحالة صغيرة، ولم تصل بعد إلى أقصى نمو لها أما بعد ذلك فإن الحصاد يؤخر لحين اكتمال تكوين الرؤوس ويكمل الكرنب نموه عادة بعد ٢,٥–٣ شهور من الشتل فى الأصناف الأجنبية، وبعد ٤ أشهر من الشتل فى الصنف البلدى ويمتد موسم الحصاد لمدة شهر إلى شهرين

وأهم علامات اكتمال النمو، هى وصول الرؤوس إلى أكبر حجم لها وصلابتها، كما تبدو الأوراق المغلفة للرأس مشدودة، ولامعة ويمكن الاعتماد على هذه الصفة بدلاً من الضغط على الرؤوس باليد للتعرف على صلابتها؛ لأن ذلك يؤدى إلى تلفها ويؤدى تأخير الحصاد بعد اكتمال تكوين الرؤوس إلى تفلقها

ترجع صلابة رؤوس الكرنب إلى تزاحم وتكدس الأوراق الجديدة — غير المتمددة — داخل الرأس، وتلك صفة وراثية تختلف باختلاف الأصناف، ولكنها تتأثر بالعوامل البيئية، فتقل صلابة الرؤوس بارتفاع الحرارة أثناء تكوينها، وبتبكير الحصاد أو تأخيره عما ينبغى

كذلك يتأثر حجم رأس الكرنب بالصنف؛ فهى تكون صغيرة فى الأصناف المبكرة،

وكبيرة فى المتأخرة، ولكن الحجم يتأثر – كذلك – بالعوامل البيئية، فيقل الحجم عند زيادة كثافة الزراعة، وضعف التسميد، علمًا بأنه تزداد أهمية التسميد بالفوسفور والبوتاسيوم أثناء نمو الأوراق الخارجية، وبالنيتروجين عند بدء تكوين الرؤوس كذلك فإن أى عامل يحد من النمو يؤدى إلى صغر حجم الرؤوس المتكونة، ومن بين تلك العوامل اندماج التربة، والجفاف، وغدق التربة

يتراوح وزن رأس الكرنب الصالح للتصدير بين ١,٥، و ٢,٥ كجم حسب الصنف، ويجب حصاد الكرنب بمجرد أن تصبح الرؤوس صلبة ومكتملة التكوين. ويؤدى تأخير الحصاد ولو لأيام قليلة بعد اكتمال تكوين الرؤوس إلى تفلقها – بسبب الضغط الذى يتولد عن نمو الأوراق الداخلية المتكونة – وزيادة الإصابة بالأمراض، وخاصة بتبقع أوراق ألترناريا والبياض الزغبى؛ الأمر الذى تزداد حدته عند تواجد الأمطار أو الرى بالرش كذلك يمكن أن تنتشر الإصابات أثناء الحصاد وتداول المحصول وفى المقابل فإن حصاد الرؤوس غير المكتملة التكوين يقلل المحصول، وتكون الرؤوس قليلة الصلابة وأكثر عرضة للإصابة بالأضرار أثناء التداول، كما أن قدرتها على التخزين تكون أقل من قدرة الرؤوس المكتملة التكوين

وبينما يمكن حصاد حقول الكرنب المعدة للتصنيع آليًا، فإن كل حقول الكرنب المعدة للاستهلاك الطازج تحصد يدويًا

وتحصد الرؤوس يدويًا بإمالتها نحو أحد الجوانب، ثم تقطع ساقها بالسكين، مع سنّ نصل السكين على فترات متقاربة لتقليل الجهد المبذول فى عملية الحصاد ولا يجب إجراء الحصاد بقصف ساقها يدويًا أو بلفها، لأن ذلك يضر بالرؤوس ويجعل الساق غير متجانسة الطول أو القطع

يجب أن يكون قطع الساق أفقيًا وقريبًا من الرأس قدر الإمكان ولكن مع جعلها طويلة بقدر يكفى لحمل ٢–٤ ورقات مغلفة تعمل تلك الأوراق كوسائد تحمل الرؤوس وتحميها أثناء التداول، حيث تكون هى التى تتعرض للصدمات والاحتكاكات بدلاً من

الرأس. كما أنها تحسِّن من مظهر الرأس، وتزيد من قدرتها على التخزين، وقد تتطلبب بعض الأسواق، إلا أن المصفر منها والمضار والمصاب بالأمراض يجب أن يتم التخلص منه قبل عرضها للبيع بالأسواق. وتعرف نضارة الرؤوس بحك رأسين معًا حيث تحدث الرؤوس النضرة صوتًا كالصرير

وغنى عن البيان أن الرؤوس التى توجد بها عيوب واضحة وتلك التى توجد بها إصابات حشرية يتعين التخلص منها وتجب المحافظة على الرؤوس المتبقية فى الحقل دون إحداث أضرار بها لأن حصاد الحقل الواحد يتم على ثلاث دفعات للحصول على أعلى محصول (Boyette وآخرون ١٩٩٢)

تتعين معاملة رؤوس الكرنب برفق إذ إن تجريحها — جراء إسقاطها من ارتفاع ١٠٠ سم أثناء تداولها — يؤدى إلى تعرضها للإصابة بالخدوش والأعفان. فضلاً عن زيادة الانخفاض فى محتواها من حامض الأسكوربيك أثناء التخزين

ويمكن أن يضار العرق الوسطى للأوراق الخارجية — بسهولة — أثناء تداول الكرنب، مما يؤدى إلى سرعة تلونها بالبنى وتعرضها للإصابه بالأعفان، كما أن تلك العروق يمكن أن تتشقق بسهولة (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الكرنب حسب درجة الحرارة، كما يلى (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	٢-٣
٥	٤-٦
١٠	٨-١٠
١٥	١٠-١٦
٢٠	١٤-٢٥

ويقل معدل إنتاج الكرنب من الإثيلين عن ١ ٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

هذا إلا أن الكرنب يعد حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية، حيث يؤدى إلى انفصال الأوراق واصفرارها وليس للإثيلين أى دور فى ظهور العيب الفسيولوجى المعروف باسم النقط السوداء black speck (أو بقع الفلفل pepper spot)

التبريد الأوّلى

إذا كان الجو باردًا وقت حصاد الكرنب فإنه لا يحتاج إلى تبريد أوليّ وإنما يوضع – مباشرة – فى المخازن المبردة وبخلاف ذلك فإن الكرنب يبرد أوليًا بالماء المثلج، أو بطريقة الدفع الجبرى للهواء ذات الرطوبة العالية، أو تحت تفريغ، لأجل التخلص من حرارة الحقل

أما إذا كان الجو معتدلاً وقت الحصاد فإنه يكفى وضعه فى المخازن المبردة على الصفر المئوى مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، ففى هذه الظروف تنخفض حرارة مركز الرؤوس من ٢٧ إلى ٢°م فى خلال ١٨ ساعة (Boyette وآخرون ١٩٩٢)

التخزين المبرد العادى

لا تخزن إلاّ الرؤوس الصلبة المندمجة السليمة الخالية من الأضرار الميكانيكية، والإصابات المرضية، والحشرية ويتم قبل التخزين نزع الأوراق الصفراء، والأوراق السائبة، ويكتفى بورقتين أو ثلاث فقط من الأوراق المغلفة للرأس ويفيد التخلص من هذه الأوراق فى تحسين التهوية بين الرؤوس عند التخزين ويلزم تكرار عملية تقليم الرؤوس مرة أخرى، والتخلص من الأوراق الخارجية الذابلة بعد انتهاء فترة التخزين

وتفقد أوراق الكرنب رطوبتها سريعًا عندما تكون الرطوبة النسبية فى هواء المخزن منخفضة كما أن الكرنب المخزن على الصفر المئوى يكون أقل تعرضًا للإصابة بالأعفان

عندما تكون الرطوبة النسبية قريبة من التشبع (٩٨٪-١٠٠٪) عما يكون عليه الحال فى رطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪.

وأفضل الظروف لتخزين الكرنب، هى درجة الصفر إلى ١°م، مع رطوبة نسبية من ٩٨٪-١٠٠٪، وهى ضرورية لمنع ذبول أوراق النبات، كما يلزم الاهتمام بالتهوية ويمكن أن تحتفظ رؤوس الكرنب بجودتها تحت هذه الظروف لمدة تتراوح من ٣-٦ أسابيع فى الأصناف المبكرة، ومن ٥-٨ أشهر فى الأصناف المتأخرة الأكثر صلاحية للتخزين.

وعلى الرغم من أن موعد الحصاد له تأثير كبير على المحتوى الكربوهيدراتى لرؤوس الكرنب، وأن التسميد الآزوتى المتأخر يقلل محتواها من المادة الجافة، فإن أى من العاملين لم يكن مؤثرًا فى قدرة رؤوس الكرنب على التخزين فى حرارة صفر إلى ١°م، ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪ (Nilsson ١٩٩٣).

وتتوقف فترة التخزين على الصنف (تزيد فى الأصناف المتأخرة عما فى المبكرة)، والجودة (الخلو من الأعفان)، وظروف التخزين ويصاحب انتهاء فترة الصلاحية للتخزين ارتفاعًا فى معدل التنفس، ونموًا بالساق.

لا يعد الكرنب حساسًا لأضرار البرودة إلا أن تخزينه على الصفر المئوى لمدة ثلاثة شهور يمكن أن يؤدى إلى حدوث تغيرات لونية فى العرق الوسطى؛ الأمر الذى تتباين شدة حدوثه باختلاف الأصناف (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

ولقد اقترح أن الكثافة النوعية المثلى لرؤوس الكرنب التى يُرغب فى تخزينها يجب أن تتراوح بين ٠,٧٢، و ٠,٨٠ كجم/لتر، علمًا بأن الرؤوس غير المكتملة التكوين تكون أصغر حجمًا وأقل صلابة وأكثر ميلاً للذبول والفقد الرطوبى، وتقل فيها الرائحة المميزة للكرنب عما يكون عليه الحال فى الرؤوس المكتملة التكوين. وبالمقارنة .. فإن الرؤوس الزائدة التكوين تكون أكثر عرضة للتنلق والإصابة بالأمراض والعيوب الفسيولوجية وتكوين الشمراخ الزهرى بها (Prange ٢٠٠٤)

وتفيد إضاءة المخازن فى الحد من ظهور العيوب الفسيولوجية، وخاصة اصفرار الأوراق والفقد فى الوزن.

تجب عدم زيادة الأوراق المغلفة التى يُبقى عليها عن ٣–٦ أوراق بكل رأس، كما يجب التخلص من جميع الأوراق السائبة قبل التخزين لأنها سوف تتعارض مع حركة الهواء حول الرؤوس؛ الأمر الذى يعد ضروريًا لضمان تجانس الحرارة والرطوبة النسبية حول جميع الرؤوس وإذا ما خزن الكرنب سائبًا فإن تهويته يجب أن تكون من أسفل إلى أعلى، وألا يزيد ارتفاعه عن ثلاثة أمتار (Prange ٢٠٠٤)

ويجب أن يكون تخزين الكرنب بعيدًا عن الثمار المنتجة للإثيلين؛ إذا إن تعرض الكرنب لتركيز ١٠–١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين يؤدى إلى انفصال الأوراق وفقدان اللون فى خلال خمسة أسابيع

وأكثر إصابات الأعفان شيوعًا فى الكرنب المخزن، هى العفن الطرى المائى، والعفن الطرى البكتيرى، والعفن الرمادى، وتبقع أوراق ألترناريا

وتتجمد أنسجة الكرنب على درجة حرارة –٩ °م أول أقل من ذلك، ولا تحدث بها أضرار إذا تعرضت لهذه الدرجة لفترة قصيرة إلاّ أن التجمد الشديد يحدث أضرارًا كثيرة. حيث تأخذ الأنسجة مظهرًا مائيًا وتتدهور سريعًا بعد التفكك (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨)

ومن أهم المشاكل التى تظهر على الكرنب خلال فترة التخزين الطويلة: نمو الساق أو الشمراخ الزهرى، ونمو الجذور، والتحلل الداخلى، وانفصال الأوراق، والتغيرات اللونية، والأعفان، والنقط السوداء وغالبًا ما يتطلب الأمر تقليم شديد للأوراق المضارة فى حالات تخزين الكرنب لفترات طويلة

ولقد أمكن تقليل الفقد فى الكرنب أثناء التخزين بمعاملته بعد الحصاد بأى من الأنواع البكتيرية *Pseudomomonas fluorescens* (سلالة CL42 أو CL66 أو CL82)، أو *Serrata plymuthica* (سلالة CL43)، أو *S. liquefaciens* (سلالة CL80). وكانت

CL80، و CL82 أكثر السلالات فاعلية، وخاصة الأخيرة التى تساوت فى فاعليتها فى تقليل الإصابة بالأعفان مع فاعلية المعاملة بالمبيدات الفطرية. وتحت ظروف التخزين المبرد التجارى كانت CL42 أكثر السلالات فاعلية فى مقاومة الأعفان (Stanley وآخرون ١٩٩٤).

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

يخزن الكرنب تجاريًا فى الهواء المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصارًا CA)، ولكن بصورة أساسية لأجل السلطات (coleslaw)، والتصنيع (sauerkraut)، منه لأجل الاستهلاك الطازج

ومن أهم مزايا التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته تقليل الفقد فى الوزن قليلاً، وتأخير ظهور أعراض الشيخوخة، مثل: الاصفرار، وصلابة الأوراق، وفقدها لطعمها الجيد، وتقليل الفقد الناتج عن عملية تشذيب (تقليم) الرؤوس بعد انتهاء التخزين.

يستفيد الكرنب من خفض نسبة الأكسجين إلى ٢,٥٪-٥٪ وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢,٥٪-٦٪ أثناء التخزين على حرارة صفر-٥°م. ويفيد الجو المتحكم فيه بهذا الشكل فى المحافظة على لون الأوراق، وتثبيط نمو الساق والجذور، وتقليل سقوط الأوراق هذا إلا أن خفض نسبة الأكسجين إلى أقل من ٢,٥٪ يؤدى إلى حدوث تخمرات، بينما تؤدى زيادة ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ إلى حدوث تغيرات لونية داخلية (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

يفيد التركيز المنخفض من الأكسجين فى خفض الفقد الناشئ عن اصفرار وتقليم الأوراق. وفى منع نمو الجذور، بينما يقلل التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون من الإصابة بالأعفان والتزريع. وقد تُضار رؤوس الكرنب من هواء تقل فيه نسبة الأكسجين عن ١,٥٪ إلى ٢٪ أو تزيد فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٨٪ إلى ١٠٪، وتتطور تلك الأضرار ببطء فى المخازن، وقد يستغرق الأمر بضعة أسابيع أو شهور. يبدأ ظهور تلك الأضرار على الأنسجة الميرستيمية بالقمة النامية للساق فى منتصف الرأس، ثم ينتشر

نحو الأوراق المحيطة بها كبقع سوداء (فى الأكسجين المنخفض) أو برونزية (فى ثانى أكسيد الكربون المرتفع) (Prange ٢٠٠٤)

وإذا ما انخفضت نسبة الأكسجين إلى الصفر، أو إذا ما ارتفعت نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٥٪ أو أعلى من ذلك لمدة شهر أو أطول من ذلك فإن لون الأوراق الداخلية برؤوس الكرنب يتغير بالرغم من بقاء الأوراق الخارجية طبيعية المظهر وأدى تركيز ١٪ إلى ٥ ٢٪ أكسجين + ٥,٥٪ ثانى أكسيد الكربون إلى تأخير مظاهر الشيخوخة وتثبيط الإصابة بمرض التبقع البكتيرى المعروف باسم pepper spot وبزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ حدث نقص فى الإصابة بالأعفان حتى عندما كانت الرطوبة النسبية قريبة من درجة التشبع، شريطة خفض درجة حرارة التخزين إلى الصفر المئوى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

ويوصى بعدم انخفاض تركيز الأكسجين فى هواء المخزن عن ٥ ٢٪، وإلا أثر ذلك سلبيًا على طعم الكرنب ونكهته، وعلى قدرة المحصول على تحمل أضرار التجمد (عن Lougheed ١٩٨٧)

ومن المعروف أن تخزين البروكولى فى هواء يحتوى على أكثر من ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، وأقل من ٥ ٠٪ أكسجين يؤدى إلى ظهور رائحة غير مقبولة ترجع أساسًا إلى إنتاج المركب ميثان ثيول methanethiol (اختصارًا MT) تحت هذه الظروف، كما أن المركبين دايمثيل داى سلفايد dimethyl disulfide (اختصارًا DMDS)، وداى مثيل تراى سلفايد dimethyl trisulfide (اختصارًا DMTS) يمكن أن يسهما فى تلك الرائحة المنفرة وقد وجد Forney & Jordan (١٩٩٩) أن الأنسجة الخضراء من مختلف الصليبيات – بما فى ذلك الكرنب – كانت أكثر إنتاجًا للمركب MT عن الأنسجة غير الخضراء. وأن الكرنب الأخضر أنتج أعلى تركيز من المركب DMDS، وتلاه الكرنب المجعد، ثم رؤوس البروكولى وبينما كان إنتاج المركب DMTS مماثلاً لإنتاج الـ MT، فإن إنتاج المركب DMDS لم يكن مرتبطًا بدرجة عالية مع إنتاج الـ MT

وقد وجد أن التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته CA ثم يقلل من إصابة الكرنب بالفطر *Botrytis cinerea* مقارنة بالتخزين فى الهواء العادى، إلا أن التغليف بأغشية البولى فينيل كلورايد PVC والـ CA قلّلا الإصابة بتبقع الأوراق البكتيرى المعروف باسم pepper spot بأكثر من ٥٠٪ مقارنة بالتخزين فى الهواء، وقد تم التخلص من هذا المرض كلية بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ وقد ظهرت أضرار نقص الأكسجين بنسبة ٣٣٪، و ٥٠٪ بعد التخزين لمدة ٨٩، و ١٠٩ أيام — على التوالى — فى CA يحتوى على ١٪ أكسجين، و ١٪ ثانى أكسيد كربون. وقد قلل الـ CA والـ PVC الفقد فى الوزن إلى ١٪، مقارنة بفقد وصل إلى ١١٪ فى الهواء، ظهر معه ذبولاً بالأوراق وأدى CA يحتوى على ٣٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون مع غشاء الـ PVC إلى تأخير الاصفرار مقارنة بالتخزين فى الهواء. وأدت تركيزات ١٪-٣٪ أكسجين مع ١٠٪ ثانى أكسيد كربون إلى إنتاج رائحة وطعم غير مقبولين بعد ٧٤ يومًا من التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة كبيرة فى تركيز الكحول الإثيلى. وقد كان أفضل محتوى لهواء المخزن هو ٣٪ أكسجين مع ٥٪ ثانى أكسيد كربون، إلاّ أن الإصابة بالفطر *B. cinerea* كانت عائقًا أمام إطالة فترة التخزين (Menniti وآخرون ١٩٩٧)

التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للتخزين

تغيرات فى المحتوى الكيميائى

بينما تتراكم المادة الجافة والسكريات، وتزداد صلابة رؤوس الكرنب خلال فترة الحصاد، فإن تغيرات معاكسة لذلك غالبًا ما تظهر بعد الحصاد هذا إلا أن الجودة لم تتدهور بصورة خطيرة خلال ٦-٧ شهور من التخزين تحت ظروف جيدة (فى فنلندة) ومع اقتراب نهاية فترة التخزين حدثت تغيرات فى المحتوى الكربوهيدراتى، وخاصة زيادة السكروز فى الساق الداخلى للرأس؛ الأمر الذى يعكس حالة التهيؤ للنمو الجديد (Suojala ٢٠٠٣)

وقد احتوى الكرنب الطازج — بعد الحصاد مباشرة — على أعلى تركيز من مضادات

الأكسدة حامض الأسكوربيك والبيريدوكسين pyridoxine وفى الشهور الثلاثة الأولى من التخزين تحت ظروف الهواء العادى شتاءً (فى ويلز بالمملكة المتحدة) فُقد كل البيريدوكسين وحوالى ٨٠٪ من حامض الأسكوربيك كذلك وجد فى الكرنب الطازج عددًا كبيرًا من المركبات الفلافونية flavonoids، ولكن أكثر من نصفها فقدت تمامًا خلال ستة شهور من التخزين ومن بين أحد عشر مركبًا فينوليًا أمكن رصدها فى هذه الدراسة استمر وجود سبعة منها طوال فترة التخزين التى استمرت لمدة ستة شهور، بينما فقد اثنان منها، وظهرت ثلاثة مركبات أخرى أثناء التخزين (Hounsome وآخرون ٢٠٠٨)

ظهور العيب الفسيولوجى: النقط السوداء

يظهر العيب الفسيولوجى نقط الأوراق السوداء black epeck (أو بقع الفلفل pepper spot أو بقع الأعناق petiole spot) على الكرنب فى صورة بقع صغيرة جدًا إلى متوسطة المساحة متغيرة اللون على العرق الوسطى للأوراق وتفرعاته الرئيسية قد تظهر تلك الأعراض بعد التعرض لفترة من الحرارة المنخفضة فى الحقل، أو عند حصاد رؤوس زائدة التكوين، ولكنها غالبًا ترتبط بظروف شحن وتخزين معينة كأن تتعرض الرؤوس لحرارة منخفضة، ثم لحرارة مرتفعة وتتباين الأصناف فى مدى حساسيتها للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى ويمكن أن يقلل التخزين فى ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون من ظهور ذلك العيب (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

التصدير

يجب أن تكون رؤوس الكرنب المعدة للتصدير إلى السوق الأوروبية سليمة، وطازجة المظهر، وغير منشقة، وغير مصابة بالأعفان، ولا يظهر عليها أى تدهور، وخالية من الجروح والأضرار الميكانيكية ومن الحشرات والمتطفلات، ومن أضرار الصقيع، ونظيفة، وخالية من أى مواد غريبة، وخالية من الرطوبة الخارجية غير العادية، وخالية من أى طعم أو روائح غير مرغوب فيها

ويجب أن تكون ساق الرأس مقطوعة أسفل مستوى الأوراق الخارجية مباشرة، وأن تبقى الأوراق ثابتة فى مكانها، وأن يكون مكان قطع الساق نظيفًا.

ويجب أن تكون الرؤوس بحالة تسمح بتحمل النقل والتداول وأن تصل إلى الأسواق المستوردة بحالة مرضية.

وتقسم عادة رؤوس الكرنب على درجتين. الأولى والثانية.

يجب أن تكون رؤوس الدرجة الأولى مرضية من كافة الوجوه ومندمجة تمامًا، ولكن يسمح فيها بوجود بعض الشقوق والجروح البسيطة بالأوراق الخارجية، وأن يكون تقليمها فى أضيق الحدود.

أما رؤوس الدرجة الثانية فإنها تتشابه فى مواصفاتها مع رؤوس الدرجة الأولى، ولكن يسمح فيها بأن تكون الرؤوس أقل اندماجًا، وبدرجة أكبر قليلاً من الشقوق والجروح بالأوراق الخارجية، التى يسمح فيها – كذلك – بدرجة أكبر من التقليم.

وفى كل الحالات يجب ألاّ يقل وزن الرأس عن ٣٥٠ جم

ويمكن تدريج الرؤوس على أساس الوزن الصافى للرأس، ويعد التدريج إجباريًا عند عرض الكرنب فى العبوات، حيث يجب ألا يزيد وزن أكبر الرؤوس عن ضعف وزن أصغر الرؤوس فى العبوة الواحدة وعندما لا يقل وزن أكبر الرؤوس فى العبوة عن كيلو جرامين فإن الفرق الذى يسمح به بين أكبر وأصغر الرؤوس فى العبوة الواحدة يصل إلى كيلو جرام واحد.

ويسمح بتجاوز شروط الجودة فى كل درجة بنسبة ١٠٪ بالعدد أو بالوزن، ولكن يجب أن تنطبق مواصفات الدرجة الثانية على الرؤوس المخالفة المسموح بها فى الدرجة الأولى، وألاّ تكون الرؤوس المخالفة المسموح بها فى الدرجة الثانية مصابة بالأعفان أو متدهورة إلى درجة تجعلها غير صالحة للاستهلاك

كما يسمح كذلك بتجاوز شروط الحجم فى كل درجة بنسبة ١٠٪ بالعدد أو بالوزن

فيما يتعلق بالتجانس فى الحجم وفى الحد الأدنى للوزن، ولكن على ألاّ يقل وزن أى رأس عن ٣٠٠ جم

الكرنب المجهز للمستهلك

يجهز الكرنب للمستهلك ممزقًا إلى قطع طولية shredded، ومقطعًا إلى مكعبات صغيرة diced

يجب أن يكون الكرنب الأخضر المجهز طازجًا، ذا لون أخضر فاتح، وطعم معتدل الحرافة، وبدون رائحة كبريتية، ويجب أن يكون للمنتج رائحة الكرنب المعروفة بدون روائح غريبة. كذلك يجب أن يخزن المنتج على ١-٣°م لتأمين الجودة ولتجنب أى احتمال للتجمد أثناء التداول والتزريع والتخزين

تتراوح الأجزاء المقطعة بين ٠,٥ إلى ١٠٠ سم فى البداية يتم التخلص من الأوراق المغلفة للرأس، ثم يُتخلص من الساق، ويلى ذلك تقطيع الرأس وغسيلها بماء يحتوى على ١٠٠ جزء فى المليون كلورين لمدة دقيقة قبل تجفيفها بالطرد المركزى والتعبئة

يوصى بتخزين الكرنب الطازج المجهز للمستهلك فى جو متحكم فى مكوناته يحتوى على ٥-٧٪ أكسجين + ١٥٪ ثانى أكسيد كربون ويؤدى خفض الأكسجين إلى أقل من ٥٪ إلى سرعة تكاثر بكتيريا التخمر وتكوّن رائحة غير مقبولة فى خلال ستة أيام على حرارة ٥°م وقد وجد أنه فى حرارة ١١°م، نمت *Listeria* sp. أسرع على الكرنب المجهز عندما احتوى الهواء على أقل من ١,٨٪ أكسجين + أكثر من ٢٠٪ ثانى أكسيد الكربون، عما كان عليه النمو فى الهواء

وقد احتفظ الكرنب المجهز للمستهلك fresh-cut بلونه الجيد بصورة أفضل عندما كانت تعبئته فى أغشية مثقبة مقارنة بما كان عليه الحال عند التعبئة فى غير المثقبة ولقد ثُبّطت أكسدة حامض الأسكوربيك وعملية التلون بالبنى بصورة جيدة. كما كان لعد الميكروبى منخفضًا لدى استعمال تلك الأغشية المثقبة. مع بدء التخزين بتركيز ٥٪ من

الأكسجين وحفظ الكرنب على طعمه الجيد تحت هذه الظروف مع التخزين عند ٥°م (Hu وآخرون ٢٠٠٧)

وحدث تغير من التنفس الهوائى إلى التنفس اللاهوائى فى الكرنب المجهز للمستهلك عندما كانت تعبئته فى ٢ ١٪-٥ ١٪ أكسجين ولقد ازداد تركيز حامض الأسكوربيك وحامض الدى هيدروكسى أسكوربيك فى بداية التخزين جراء تمثيل حامض الأسكوربيك، ولكن تركيزهما سرعان ما انخفض جراء حدوث زيادة فى معدل أكسدة حامض الأسكوربيك وقد أمكن المحافظة على جودة الكرنب المجهز بحفظه فى أغشية بسمك ٢٥-٣٠ ميكرونًا على ٥°م (Hu وآخرون ٢٠٠٧)

ويتباين معدل تنفس الكرنب المعد للمستهلك fresh-cut حسب درجة التقطيع ودرجة حرارة التخزين، كما يلى (عن Prange ٢٠٠٤)

معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) فى حالة التقطيع إلى

الحرارة (°م)	قطع كبيرة (١ × ٣سم)	قطع صغيرة (٠,٥ × ١,٥سم)
٢	١٦-١٨	١٨-٢٤
٥	٢٢-٣٤	٢٦-٤٠
١٠	٤٢-٤٨	٥١-٥٧
٢٣	١١٧-١٥٣	١٥٣-١٧١

هذا ويؤدى فرم الكرنب إلى زيادة محتواه من مركبات الثيوسيانات (Wojciechowska وآخرون ١٩٩٩) كما أدى فرم الكرنب بعد تخزينه لفترة قصيرة إلى زيادة محتواه من المركبات الفينولية، وأدى تجريحه إلى زيادة محتواه من البرولين الحر، كذلك ازداد نشاط إنزيم البيروكسيديز بشدة بكل من الفرم والتجريح (Leja وآخرون ١٩٩٩)

وازداد التغير فى لون الكرنب المفروم بزيادة نشاط كلا من الـ catechol oxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase، والمحتوى الكلى من الفينولات، وذلك بعد ساعة

على حرارة الغرفة، فى الوقت الذى قلت فيه التغيرات اللونية بزيادة محتوى الكرنب من الـ allylisothiocyanate هذا ولم يوجد ارتباط بين التغير اللونى وأى من معدل التنفس أو معدل إنتاج الإثيلين. وقد حدث أكبر تغير لونى عند تعبئة الكرنب المفروم فى أكياس من البوليثيلين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط كلا من الإنزيمين catechol oxidase، و phenylalanine ammonia lyase (Shyr وآخرون ١٩٩٩أ).

وجدير بالذكر أن معاملة الكرنب المفروم بالأليل أيزوسيانات allylisothiocyanate (بالتخلل infiltration تحت تفريغ أو بالتبخير) بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون أدى إلى خفض الزيادة فى تلون الكرنب المفروم بنسبة ٥٠٪، وخفض نشاط إنزيم catechol oxidase بنسبة ٨٧٪، ونشاط إنزيم phenylalanine ammonia lyase بنسبة ٦٤٪، ومنع تراكم الفينولات بعد ٢٤ ساعة كذلك قللت المعاملة التلون البنى الإنزيمى للكرنب المفروم (Shyr وآخرون ١٩٩٩ب)

القنبيط

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

تصبح أقراص القنبيط عادة جاهزة للحصاد بعد شهرين ونصف إلى أربعة أشهر ونصف من الشتل، وتتوقف المدة على الصنف والظروف الجوية ويستمر الحصاد – عادة – لمدة حوالى ٢٠–٣٠ يومًا ويجرى الحصاد بعد أن تصل الأقراص إلى أكبر حجم لها، ولكن قبل أن تتفكك، أو تصبح محببة أو زغبية

يبدأ الحصاد – عادة – عندما تكون ١٠٪ من النباتات قد أكملت تكوين أقراصها، ثم يستمر بعد ذلك كل يومين فى الجو الحار، وكل أربعة أيام فى الجو البارد، وذلك بقطع النبات بسكين تحت الرأس بمسافة كافية

من الأهمية بمكان حصاد الأقراص وهى مازالت مندمجة، وخاصة عند الرغبة فى شحنها إلى أسواق بعيدة وبينما لا توجد مخاطر تذكر إذا ما قطعت الأقراص قبل

وصولها إلى أنسب حجم لحصادها. فإن قطعها بعد اكتمال تكوينها يعرضها إلى سرعة التفكك أثناء التداول والتخزين وإنه يفضل دائما عدم إعطاء حجم الأقراص أهمية كبيرة، مع التركيز على حصاد الرؤوس التى تكون أقراصها مندمجة وبحالة جيدة

هذا .. وتكمل أقراص القنبيط نموها سريعًا فى الجو الدافئ، وما لم تكن فترات ارتفاع درجة الحرارة متوقعة — بحيث يتم توفير العمالة اللازمة للحصاد مسبقاً — فإن نسبة كبيرة من النباتات قد تُفقد بسبب انفراج أقراصها قبل حصادها وإذا ما أصبح جزء من الحقل زائد النضج فإنه يفضل القبول بهذه الخسارة والاستمرار فى حصاد الأقراص الجيدة فقط حتى لا تصبح هى الأخرى زائدة النضج إذا ما تركت جانبًا لحين حصاد الجزء الزائد النضج (Jones & Roza ١٩٢٨)

التداول

التقليم

تنظف الرؤوس من الأوراق الزائدة بسكين، وتقلم الأوراق المحيطة بالرأس jacket leaves حتى ارتفاع ٢–٣ سم فوق مستوى القرص وتعمل الأجزاء المتبقية من الأوراق على حماية الرؤوس من الاحتكاك ببعضها البعض عند التعبئة. كذلك تقطع ساق النبات، ويترك منها جزء صغير يحمل دائرة واحدة من الأوراق الخارجية الكبيرة، بالإضافة إلى الأوراق الداخلية الصغيرة

التبريد الأولى

يبرد القنبيط أوليًا إما بالثلج المجروش — حيث يخلط الثلج المجروش مع الأقراص، وتحفظ على هذه الحال لعدة أيام بحالة جيدة — وإما بالتفريغ

كما يمكن تبريد القنبيط أوليًا بالماء البارد (hydrocooling) بسرعة كبيرة، فمثلاً . أمكن خفض حرارة الرؤوس من ٢١ ١ إلى ٤ ٤°م فى خلال ٢٠ دقيقة بالغمر فى الماء المثلج على حرارة ١ ١°م؛ هذا . فى الوقت الذى تطلب التبريد الأولى تحت تفريغ ٣٠

دقيقة لتحقيق نفس الدرجة من التبريد عندما تم بل الأقراص بالماء، بينما لم يمكن تبريد الأقراص غير المبللة لنفس الفترة (٣٠ دقيقة) تحت تفريغ إلاّ لحوالى ١٠°م. وهو أمر غير كافٍ

التخزين المبرد العادى

يؤدى تعرض الأقراص لحرارة عالية بعد الحصاد إلى اصفرار الأوراق المحيطة بها وسقوطها قبل عرضها بالأسواق. وتقل سرعة اصفرار الأوراق وفقدها بانخفاض درجة الحرارة، ففى ٧°م تصفر ٣-٦ أوراق فى خلال أسبوع واحد، وتصفر كل الأوراق بعد أسبوع آخر. وفى ٥°م يكون الاصفرار أقل سرعة، أما فى الصفر المئوى فلا يبدأ الاصفرار قبل مرور شهر على الحصاد (Jones & Roza ١٩٢٨)

وأفضل الظروف لتخزين الرؤوس الجيدة، هى حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية مقدارها ٩٥٪ تحتفظ الرؤوس بجودتها تحت هذه الظروف لمدة ٣-٤ أسابيع ويمكن تخزين لرؤوس الأقل نضجًا لمدة أطول من الرؤوس الزائدة النضج

ويتوقف نجاح التخزين على تجنب ما يلى:

١- تجمد الرؤوس، لأن ذلك يؤدى إلى ظهور مناطق مائية بها. ثم تبقعها باللون البنى

٢- ارتفاع درجة الحرارة، لأن ذلك يؤدى إلى سرعة تدهور الرؤوس وتحببها. وتلونها باللون البنى كذلك (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨)

٣- انخفاض الرطوبة النسبية، لأن ذلك يؤدى إلى ذبول الأوراق المحيطة بالرأس

وربما يؤدى تخزين القنبيط فى تركيز منخفض من الأكسجين (أقل من ٢٪)، وتركيز مرتفع من ثانى أكسيد الكربون (أعلى عن ٥٪) إلى إكساب المحصول نكهة غير مرغوب فيها تظهر عند طهى الأقراص. ويكون التأثير السلبى لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون على النكهة أطول بقاء بعد إخراج المحصول من المخزن عن التأثير السلبى الذى يُحدثه نقص تركيز الأكسجين (عن Lougheed ١٩٨٧)

التخزين فى أغشية معدلة للهواء المحيط بالأقراص

قد تنظف الرؤوس من الأوراق كلية، ثم تعبأ فى أغشية من ورق السوليفان الشفاف وقد يقطع القرص ذاته إلى أجزاء، توضع فى صوان ورقية وتغطى بالسوليفان

وعندما غلفت أقراص القنبيط بأنواع مختلفة من الأغشية (هى: البولى فينايل كلورايد PVC بسمك ١٤ ميكروميتر، والبولى إثيلين قليل الكثافة LDPE بسمك ١١، أو ١٥، أو ٢٠ ميكروميتر (ميكرون)، والـ microwavable LDPE بسمك ١١ ميكرون) وخزنت لمدة أسبوع على حرارة ١,٥°م لمحاكاة فترة الشحن التجارى، ثم لمدة ٢,٥ يوم على ٢٠°م لمحاكاة فترة العرض فى الأسواق كانت أفضل النتائج عندما كان تغليف الأقراص فى LDPE بسمك ١١ ميكروميتر وقد تساوت جميع الأغشية التى استعملت فى تأثيرها على تركيب الهواء الداخلى (حوالى ١٦٪ أكسجين، و ٢٪ ثانى أكسيد كربون أثناء التخزين البارد، وحوالى ١١٪ أكسجين، و ٣,٥٪ ثانى أكسيد كربون أثناء محاكاة فترة العرض بالأسواق) وصفات الجودة بصورة عامة، واصفرار الأقراص وتلونها باللون البنى، وفى إصابتها بالألترناريا. هذا بينما كان الفقد فى الوزن أقل كثيرًا عندما استعملت أغشية الـ LDPE عما كان عليه الحال عندما استعمل غشاء الـ PVC (Artes & Martinez ١٩٩٩)

التصدير

تشترط السوق الأوروبية المشتركة أن تكون رؤوس القنبيط المسوقة بها طازجة، وكاملة، ونظيفة، وخالية من الرطوبة الحرة الخارجية غير العادية ومن الروائح الغريبة والطعم غير العادى، وأن تكون مطابقة لمواصفات الرتبة.

ويصنف القنبيط إلى ثلاث رتب، كما يلى:

١- رتبة الإكسترا:

يجب أن تكون الرؤوس مطابقة فى مواصفاتها للصنف، وجيدة التكوين، وصلبة، وكاملة، وذات لون أبيض متجانس أو كريمية فاتحة، وخالية من أى عيوب. وإذا

سوقت الرؤوس مع بعض الأوراق المشذبة فإنها يجب أن تكون طازجة المظهر (غير ذابلة)

٢- الرتبة الأولى:

يجب أن تكون الرؤوس مطابقة فى مواصفاتها للصنف وجيدة النوعية، ولكن يسمح بعيوب بسيطة فى الشكل، واللون، وبدرجة بسيطة جدًا من "الزغبية" woolliness هذا . إلا أن أجزاء القرص يجب أن تكون متماسكة وصلبة، وبيضاء إلى عاجية اللون، وخالية من الجروح وأوراق القرص (التى قد تبرز منه) وأضرار الحشرات و لأمراض كذلك يجب أن تكون أوراق الرأس المشذبة (فى حالة التسويق بالأوراق) طازجة المظهر.

٣- الرتبة الثانية:

يسوق فى هذه الرتبة رؤوس القنبيط التى تصلح للتسويق فى الرتب الأعلى. حيث يجب أن تتوفر فيها الشروط العامة، ولكن يسمح بوجود عيوب بسيطة فى الشكل، والتماسك، والتلون الأصفر، كما يسمح فيها بوجود درجة بسيطة من لفحة الشمس، وما لا يزيد عن خمس أوراق بلون أخضر باهت، وبدرجة بسيطة من الزغبية woolliness كذلك يسمح فيها بوجود آثار من الأضرار الحشرية والمرضية والخدوش بشرط ألاّ تؤثر تلك العيوب فى قدرة الرؤوس على التخزين.

كذلك يدرج القنبيط على أساس الحجم، ويتحدد ذلك بأكبر قطر للقرص، أو بطول القوس الذى يمر بقمة القرص ويمتد إلى أقصى قطر له ويعتبر الحد الأدنى لحجم الأقراص هو ١١ سم للقطر، و ١٣ سم للقوس. ويجب ألا يزيد الفرق بين أصغر الأقراص وأكبرها فى العبوة الواحدة عن ٤ سم عند التدريج على أساس القطر، و٥ سم عند إجراء التدريج على أساس القوس.

هذا . ويسمح فى الرتبة الإكسترا بنسبة رؤوس لا تتجاوز ٥٪ لا تكون مطابقة للرتبة ولكنها تكون مطابقة للرتبة الأولى، كما يسمح فى الرتبة الأولى بنسبة رؤوس لا تتجاوز ١٠٪ لا تكون مطابقة للرتبة ولكنها تكون مطابقة للرتبة الثانية، ويسمح فى الرتبة

ثانية بنسبة رؤوس لا تتجاوز ١٠٪ لا تكون مطابقة للرتبة، ولكنها تكون صالحة للاستهلاك

ويسمح فى جميع الرتب بنسبة ١٠٪ من الرؤوس – بالعدد فى العبوة الواحدة – تكون مخالفة فى الحجم، ولكنها تكون فى حدود الحجم الأكبر أو الأصغر مباشرة لحجم رؤوس العبوة. ويجب ألا يقل حجم الرأس فى أصغر الأحجام عن ١٠ سم فى القطر أو ١٢ سم فى القوس.

وفى جميع الحالات يجب ألاّ تزيد نسبة التجاوزات الكلية عن ١٠٪ فى رتبة الإكسترا، وعن ١٥٪ فى الرتبتين الأولى والثانية.

البروكولى

الظروف والظواهر السابقة للحصاد المؤثرة فى الجودة

الرى

يؤدى تعرض البروكولى لظروف نقص الرطوبة الأرضية قبل الحصاد (0.4 MPa) إلى زيادة محتواه من الزياتين zeatine، والزياتين ريبوز zeatine ribose، وإلى تأخير اصفراره بعد الحصاد، الأمر الذى يُعتقد بأن مرده إلى الزيادة فى محتواه من السيتوكينينات .. على الأقل تلك التى تم تقديرها (Zaicovski وآخرون ٢٠٠٨)

العيوب الفسيولوجية السابقة للحصاد

تظهر بالبروكولى بعض العيوب الفسيولوجية، بسبب تعرضه لظروف معينة قبل الحصاد، وهى عيوب تؤثر فى جودة المنتج، ومن بينها ما يلى

التكوين المبكر للرؤوس Premature Heading:

يعتبر التكوين المبكر للرؤوس حالة فسيولوجية شبيهة بظاهرة التزريع فى القنبيط، حيث تتكون رؤوس طرفية صغيرة غير اقتصادية. وقد تبين من دراسات Baggett & Mack (١٩٧٠) على تسعة أصناف من البروكولى أن استخدام شتلات كبيرة الحجم فى

الزراعة أدى إلى زيادة نسبة النباتات التى اتجهت – مبكرًا – نحو تكوين رؤوس صغيرة الحجم

البراعم البنية:

تظهر حالة البراعم البنية Brown buds حينما تبلغ رؤوس البروكولى حجمًا مناسبًا للتسويق، حيث لا تكمل بعض الزهيرات نموها وتموت ويتغير لونها من الأخضر إلى الأصفر، فالبنى، ويلى ذلك تحلل البراعم التى ظهرت بها الإصابة، ثم موتها وسقوطها تاركة وراءها منفذًا للإصابة بالبكتيريا المسببة للأعفان من جنسى *Erwinia*، و *Pseudomonas*. وتتباين أصناف البروكولى فى مدى حساسيتها للإصابة بتلك الحالة

وكثيرًا ما تظهر هذه الحالة الفسيولوجية حينما تأتى فترة من الحرارة العالية والنمو السريع مع الرطوبة الأرضية العالية، وخاصة أثناء تكوين البراعم وقد يسهم فى ظهور هذه الحالة – كذلك – التباين الشديد فى الرطوبة النسبية ونقص البورون (Pascual وآخرون ١٩٩٦)

وقد أظهرت دراسات Pascual وآخرون (١٩٩٦) أن تركيز الكالسيوم فى رؤوس البروكولى المتأثرة بحالة البراعم البنية كان دائمًا أعلى عما فى الرؤوس السليمة، كما كانت نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم + المغنيسيوم أعلى فى الرؤوس السليمة عما فى تلك المصابة

الرؤوس المتورقة:

تحدث ظاهرة نمو الأوراق فى الرؤوس Leafy Heads عند ارتفاع درجة الحرارة مع توفر ظروف محفزة للنمو الخضرى الغزير، مثل زيادة الرطوبة والتسميد الآزوتى

وفى دراسة أجريت على أربعة أصناف من البروكولى (هى Baccus، و Citation، و Packman، و Southern Comet) . وجد أن توريق الرأس (ظهور الأوراق بها) لم يكن حساسًا لأى من متوسط درجة الحرارة الصغرى خلال موسم النمو (التى تراوحت بين ٧,٠، و ٥ ٢٣°م)، أو متوسط درجة الحرارة العظمى (التى تراوحت بدورها بين ٥ ١٧، و ٥ ٣٢°م) (Dufault ١٩٩٦)

الساق الأجوف:

تبدو حالة الساق الأجوف على صورة تجوف بحامل النورة عند مكان القطع، قد يتغير لونه بعد القطع. وتلك حالة تتأثر بالصنف والظروف التى تحفز النمو السريع

اصفرار الزهيرات floret yellowing:

قد يعود الاصفرار إلى التأخير فى الحصاد، أو التخزين فى حرارة مرتفعة، أو التعرض للإثيلين ويعنى اصفرار الزهيرات بأى درجة انتهاء الصلاحية للتسويق.

ويجب عدم الخلط بين اصفرار الزهيرات الذى يرجع إلى الشيخوخة، وبين اللون الأخضر الضارب للصفرة للزهيرات التى لم تتعرض لضوء الشمس أثناء نموها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

ينضج البروكولى بعد ٦٠-٩٠ يومًا من الشتل، ويتوقف ذلك على الصنف والظروف الجوية السائدة. ويحصد البروكولى على مدى فترة زمنية طويلة، نظرًا لأن النبات يكون رؤوسًا جانبية فى آباط الأوراق بعد حصاد الرأس القمية. يتراوح قطر الرأس الطرفية من ٨-١٥ سم، والرؤوس الجانبية من ٣-١٠ سم، وتحصد الرؤوس بنحو ٢٠-٢٥ سم من الساق ويؤدى تأخير الحصاد عن الموعد المناسب إلى تفكك الرؤوس وتفتح البراعم تدريجيًا، ويتراوح المحصول بين ٥ و ٧ أطنان للفدان.

يجب حصاد رؤوس البروكولى وبراعمها مازالت صغيرة ومغلقة جيدًا، وقبل أن تبدأ أجزاء الرأس فى الانفصال عن بعضها البعض، وقبل أن تظهر بالنورة بتلات صفراء اللون، فتكون بلون أخضر داكن أو لامع. كما يجب أن تحصد النورات بحامل نورى بطول مناسب ومقطوع قطعًا نظيفًا.

ويؤدى تأخير الحصاد مع ارتفاع درجة الحرارة إلى إحداث زيادة غير مقبولة فى نمو البراعم أو تفتحها، وهى الحالة التى تعرف باسم coarse buds وتختلف الأصناف فى

أحجام براعمها فى مرحلة النضج المناسبة للحصاد، وكذلك فى مدى قدرة براعمها على البقاء بحالة جيدة قبل حصادها.

وقد أدى الحصاد الآلى مرة واحدة للحقل (لحصاد الرؤوس الأولية القمية فقط) إلى نقص المحصول بنسبة ٤٩٪–٦٠٪ أما الجمع بين الحصاد اليدوى للرؤوس القمية والحصاد الآلى للنورات الجانبية فقد أسهم فى تقليل النقص فى المحصول إلى ٢٣٪ فقط.

التنبؤ بموعد الحصاد

وجدت ارتباطات جوهرية سالبة بين عدد الأيام حتى تكوين البراعم وكل من درجة الحرارة الدنيا التى تعرضت لها النباتات خلال الأيام العشرة الأولى بعد الشتل، ودرجة حرارة الهواء القصوى بعد ٢٠، و ٣٠، و ٤٠ يومًا من الشتل. ومتوسط درجة حرارة الهواء بعد ١٠، و ٢٠، و ٣٠ يومًا من الشتل. كذلك ارتبط تكوين البراعم جوهريًا مع درجة حرارة التربة بعد ٢٠ يومًا من الشتل. وكانت معظم هذه التأثيرات لدرجتى حرارة الهواء والتربة مرتبطة جوهريًا – كذلك – بموعد الحصاد (Fujime & Okuda ١٩٩٤)

وكانت أفضل طريقة للتنبؤ بموعد حصاد البروكولى بأقل قيمة لمعامل الاختلاف Coefficient of variation هى بجمع الفرق بين متوسط درجة حرارة موسم النمو growing season mean temperature – خلال الفترة من الزراعة إلى الحصاد – ودرجة حرارة أساس مقدارها ٧,٢°م وإذا كان متوسط درجة الحرارة القصوى خلال موسم النمو يزيد عن ٢٦ ٧°م يحسب متوسط درجة حرارة عظمى معدل بطرح ٧ ٢٦°م من متوسط درجة الحرارة العظمى الفعلى، ثم يطرح الناتج من متوسط درجة الحرارة لموسم النمو. ويلى ذلك حساب مجموع درجات حرارة النمو اليومية بطرح درجة حرارة الأساس ومقدارها ٢ ٧°م من درجة الحرارة العظمى المعدلة خلال موسم النمو أعطت هذه الطريقة معامل اختلاف قدره ٣,٩٦ مقارنة بمعامل اختلاف قدره ١٣ ٤ حُصل عليه عند اتباع الطريقة القياسية بجمع الفرق اليومى بين متوسط درجة الحرارة (اليومى) ودرجة حرارة

أساس مقدارها ٤,٤°م. وكانت الطريقة الأفضل من الطريقتين السابقتين هى بجمع الفرق بين متوسط درجة الحرارة العظمى خلال موسم النمو (من الزراعة إلى الحصاد) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٧,٢°م، ولكن إذا كان متوسط درجة الحرارة العظمى خلال الموسم أعلى عن ٢٩,٤°م، فإن درجة حرارة الأساس تطرح من ٢٩,٤ وليس من متوسط درجة الحرارة العظمى الفعلية. أعطت هذه الطريقة معامل اختلاف قدره ٣,٧١، مقارنة بمعامل اختلاف قدره ٤,١ عند اتباع الطريقة القياسية بجمع الفرق اليومى بين متوسط درجة الحرارة (اليومى) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٤,٤°م (Dufault ١٩٩٧)

كذلك أمكن التوصل لى معادلة تربيعية quadratic تربط بين لوغاريتم قطر الرأس ومجموع الحرارة الأعلى من حرارة أساس مقدارها صفر°م بسقف حرارى مقداره ١٧°م بداية من مرحلة تهيئة الرأس للتكوين (حينما يبلغ قطر القمة الميرستيمية ٦ ٠ مم) . هذه العلاقة فسّرت ٩٧,٣٪ من الاختلافات فى قطر الرأس فى بيانات ٦٨ زرعة بروكولى وأدى أخذ الكثافة النباتية والصنف المزروع فى الحسبان إلى تحسين ملاءمة العلاقة التربيعية جوهريًا (R^2 = ٠,٩٨١٩) كذلك أدى أخذ الإشعاع الشمسى المتراكم بداية من مرحلة تهيئة الرأس للتكوين أو شهر الزراعة فى الاعتبار . أدى ذلك إلى تحسين مدى ملاءمة العلاقة التربيعية (R^2 = ٠,٩٨٧٣ ، و ٠,٩٨٤٧ على التوالى) ويمكن استعمال العلاقة البسيطة بين قطر رأس البروكولى والحرارة المتجمعة من بداية مرحلة تهيئة الرأس للتكوين .. يمكن استعمالها فى معادلة للتنبؤ بموعد وصول الرأس إلى حجم معين، وأظهر تطبيق تلك المعادلة اختلافات فى موعد التنبؤ فى حدود ٤-٥ أيام عن الموعد الملاحظ هذا . ولم تبدأ أبدًا تهيئة رأس البروكولى للتكوين قبل ظهور مالا يقل عن ٧ أوراق، أو قبل ظهور وتهيئة تكوين مالا يقل عن ١٤ ورقة وقد فسّرت علاقة خطية بين عدد الأوراق الظاهرة والعدد الكلى للأوراق التى تهيأت للتكوين . فسّرت ٩٥٪ من التباينات ولذا .. فإن عدد الأوراق الظاهرة يمكن اتخاذه كأساس للتنبؤ بأبكر موعد محتمل لأخذ عينات للتنبؤ بموعد الحصاد، ولكن ليس للتنبؤ بحجم الرأس بسبب اعتماد الحجم على الحرارة (Grevsen ١٩٩٨).

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس البروكولى حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	١٠-١١
٥	١٦-١٨
١٠	٣٨-٤٣
١٥	٨٠-٩٠
٢٠	١٤٠-١٦٠

ويقل كثيرًا إنتاج البروكولى من الإثيلين إلى أقل من ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

هذا إلا أن البروكولى شديد الحساسية للإثيلين الذى يمكن أن يتعرض له من مصادر خارجية، وأبرز مظاهر تلك الحساسية اصفرار الزهيرات ويؤدى التعرض للإثيلين بتركيز جزأين فى المليون على ١٠°م إلى تقصير فترة الصلاحية للتخزين بنسبة ٥٠٪.

ويستدل من دراسات Kato وآخرين (٢٠٠٢) أن مجرد عملية قطع ساق البروكولى (الحامل النورى) يؤدى إلى تمثيل الـ ACC والإثيلين؛ مما قد يحفز نشاط الـ ACC oxidase وزيادة وفرة شفرة هذا الإنيزم بالزهيرات.

التداول

التقليم والتدريج

تقلم سيقان الرؤوس بعد الحصاد؛ بحيث تكون متساوية وبطول ١٥ سم، ثم تربط فى حزم، وقد يدرج المنتج قبل التعبئة.

التبريد الأولى

تفقد براعم البروكولى عند الحصاد حوالى ١٪ من محتواها من المادة الجافة — بالتنفس — فى كل ساعة. وبالمقارنة .. فإن تنفس السيقان (الحوامل النورية) يكون أبطأ من ذلك وثابت نسبيًا. ولذا .. فإن التبريد المبدئى السريع للبروكولى بعد الحصاد يعد أمرًا حتميًا للمحافظة على جودته (عن Pogson & Morris ١٩٩٧)، مع ضرورة تخزينه على درجة الصفر المئوى بعد ذلك لحين عرضه فى الأسواق.

يناسب التبريد الأولى للبروكولى طريقة الدفع الجبرى للهواء على أن تكون رطوبة الهواء مرتفعة، كما يناسبه طريقة التبريد تحت تفريغ، والتبريد بالثلج.

وقد كان التبريد الأولى بالماء المثلج hydrocooling أفضل وسيلة لسرعة تبريد البروكولى قبل تخزينه على ٢°م، وذلك مقارنة بطريقتى تبريد الغرفة room cooling (أى ترك المنتج فى غرفة مبردة إلى أن تنخفض حرارته إلى الدرجة المطلوبة) والتبريد بطريقة إضافة الثلج المجروش إلى المنتج المعبأ فى الحقل ice topping، كما احتفظ البروكولى المبرد مبدئيًا بهذه الطريقة برطوبته بصورة أفضل هذا علمًا بأن البروكولى المبرد بأى من طريقتى الماء البارد أو إضافة الثلج احتفظ بلونه وصلابته بصورة أفضل من المبرد بطريقة الغرفة. وأدى تبريد البروكولى مبدئيًا بالماء المثلج ثم تعبئته فى أغشية مثقبة إلى تقليل فقده للرطوبة وزيادة احتفاظه بلونه وصلابته عن معاملات إضافة الثلج، وتبريد الغرفة، والتبريد المبدئى باستعمال الماء المثلج ولكن بدون تغليف (Gillies & Toivonen ١٩٩٥).

ولا يحتاج البروكولى إلى خلطة بالثج المجروش أو إلى وضع بدائل الثلج (مثل الـ gel packs) فى الكراتين أثناء التخزين والشحن، بشرط تبريده أوليًا بشكل جيد، مع المحافظة على سلسلة التبريد بعد ذلك (Klieber وآخرون ١٩٩٣)

معاملات يعطاها البروكولى لزيادة قدرته على التخزين

إن من بين أهم العاملات التى يعطاها البروكولى — بعد الحصاد — لزيادة احتفاظه بجودته وقدرته على التخزين، ما يلى:

المعاملة بالحرارة

○ أدى غمس البروكولى فى الماء الساخن على ٤٥°م لمدة ١٤ دقيقة إلى تأخير الاصفرار بمقدار يومين إلى ثلاثة أيام على ٢٠°م، وإلى إبطاء فقد البروتينات الذائبة وحامض الأسكوربيك، وتقليل سرعة التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين (عن Forney ١٩٩٥).

○ كذلك أدى غمس البروكولى فى الماء الساخن على ٤٢°م إلى تأخير الاصفرار بنحو يوم أو يومين، بينما أدى غمسه على حرارة ٤٥، أو ٤٨، أو ٥٠، أو ٥٢°م إلى منع الاصفرار لمدة لم تقل عن سبعة أيام كذلك أدى الغمر فى الماء الساخن إلى تقليل الإصابة بالأعفان على ٢٠°م، وكان الغمر على ٥٠ أو ٥٢°م لمدة دقيقتين أكثر المعاملات فاعلية فى مكافحة الإصابة بالعفن ولم تختلف نوعية البروكولى فى معاملتى الكنترول والنقع فى الماء الساخن وذلك بعد ثمانية أيام من التخزين على الصفر المئوى وكانت أفضل معاملات الغمر فى الماء الساخن هى الغمر على حرارة ٥٠°م لمدة دقيقتين، حيث كانت أكثر المعاملات كفاءة فى تقليل الاصفرار والعفن، فى الوقت الذى لم تؤدى فيه إلى تكوين روائح غير مرغوب فيها أو تسرع من الفقد فى الوزن (Forney ١٩٩٥)

○ كما وجد أن غمر البروكولى – بعد الحصاد مباشرة – فى الماء الساخن على ٤٧°م لمدة ٧,٥ دقيقة – قبل تخزينه لمدة ٥ أيام على ٢٠°م – أعطى أفضل نتيجة فيما يتعلق بتقليل الاصفرار (Tian وآخرون ١٩٩٦)

○ ومقارنة بمعاملة الكنترول فإن غمر البروكولى فى الماء على حرارة ٤٥°م أدى إلى تأخير الاصفرار، وخفض سرعة التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين، ولكن لفترة محدودة استمرت لمدة ٢٤ ساعة بالنسبة لإنتاج الإثيلين، ولمدة ٤٨ ساعة بالنسبة للتنفس (فى الظلام على ٢٠°م) عادت بعدها سرعتا التنفس وإنتاج الإثيلين مثلما فى الكنترول وبالمقارنة لم تحدث تلك العودة إلى معدل التنفس أو إنتاج الإثيلين العاديين عندما كان الغمر فى الماء الساخن على ٤٧°م وقد أحدث الغمر على ٤٧°م لمدة ٥ ٧ دقيقة نقصًا شديدًا فى تنفس الأزهار، وفى محتواها من النشا، والسكروز، والبروتين الذائب خلال العشرة ساعات إلى الأربع وعشرين ساعة الأولى بعد

الحصاد، ولكن سبق ذلك زيادة كبيرة فى محتوى البراعم من السكروز (Tian وآخرون ١٩٩٧).

● وقد أدى غمر رؤوس البروكولى فى ماء ساخن على حرارة ٤٥°م لمدة ١٠، أو ١٥، أو ٢٠ دقيقة، أو على حرارة ٥٢°م لمدة دقيقة واحدة، أو دقيقتين، أو ثلاث دقائق إلى منع اصفرار البراعم. هذا .. إلاّ أن المعاملة بحرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق أسرعت تكوين الروائح غير المرغوبة، وأحدثت أضرارًا ظاهرة بالبراعم الزهرية ولقد زادت معاملات الغمر فى الماء الساخن من إنتاج المركبات المتطايرة التالية:

enthanol	1-propanol
1-hexanol	cis-3-hexen-1-ol
hexy acetate	cis-3-hexenyl acetate
dimethy sulfide	dimethyl disulfide
dimethyl trisulfide	methyl thiocyanate

● ويمكن التعرف على أضرار معاملة الغمر فى الماء على حرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق — بعد ساعتين من المعاملة — بوجود زيادة مقدارها ٣٧٠ ضعفًا فى إنتاج الإيثانول، وأخرى مقدارها ٢٧ ضعفًا فى إنتاج المركب cis-3-hexen-1-ol. وفى هذه الدراسة كانت المركبات cis-3-hexen-1-ol، و dimethyl trisulfide، و dimethyl disulfide هى المسئولة عن الرائحة الكريهة التى أعقبت معاملة الغمر فى الماء على حرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق (Forney & Jordan ١٩٩٨)

● أدت معاملة البروكولى بالحرارة على ٥٠°م لمدة ساعة قبل تخزينها على ١٥°م إلى خفض تحلل الكلوروفيل بسبب تثبيط المعاملة للإنزيمات المحللة للكلوروفيل (Funamoto وآخرون ٢٠٠٢).

● أدت معاملة البروكولى بالحرارة العالية قبل التخزين إلى تثبيط التعبير عن الجينات التى تشفر لتمثيل الإثيلين (Suzuki وآخرون ٢٠٠٥)

● أدت معاملة البروكولى بالحرارة (هواء على ٤٨°م) لمدة ثلاث ساعات مع التعريض

للأشعة UV-C بجرعة ٨ كيلوجول/م^{2} قبل تخزينها فى الظلام على ٢٠°م إلى المحافظة على لونها الأخضر وخصائصها الأكلية، حيث انخفض فيها تحلل الكلوروفيل، واحتفظت بمحتواها من البروتين بصورة أفضل مما فى معاملة الكنترول (Lemoine وآخرون ٢٠٠٨).

o أدت معاملة البروكولى بالهواء الحار على ٤٨°م لمدة ٣ ساعات قبل تخزينه على الصفر المئوى إلى تأخير اصفراره، حيث ازداد محتواه من الكلوروفيل – بعد ٢١ يومًا من التخزين – بمقدار ٤٠٪ عن المحتوى فى الكنترول ولم تؤثر المعاملة على الفقد فى الوزن أو النشاط التنفسى، ولكنها حدَّت من التسرب الأيونى؛ بما يعنى أن المعاملة حافظت على سلامة الأنسجة وقد أدت المعاملة الحرارية إلى خفض المحتوى الفينولى وقدرة تضادية الأكسدة خلال الأسبوعين الأول والثانى من التخزين، ولكنها ازدادت بعد أسبوع آخر ووصلت إلى قيم مماثلة للقيم فى معاملة الكنترول. هذا وقد احتوى البروكولى المعامل بالحرارة على مستويات أعلى من كل من السكريات والبروتينات الذائبة – بعد ثلاثة أسابيع من التخزين – عما فى معاملة الكنترول (Lemoine وآخرون ٢٠٠٩)

المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية

عندما عُومل البروكولى الطازج المجهز للاستهلاك minimally processed بالأشعة الـ UV-C (بجرعة ٨ كيلوجول/م^{2} 8 kJ m^{-2})، ثم خُزِّن لمدة ٢١ يومًا على حرارة ٤°م، أدت معاملة الأشعة إلى تأخير الاصفرار وتحلل الكلوروفيل أثناء التخزين. وأظهرت زهيرات florets البروكولى المعامل درجة أقل من التسرب الأيونى والنشاط التنفسى، مع زيادة فى محتواها الفينولى ومن حامض الأسكوربيك، وكذلك زيادة فى نشاطها المضاد للأكسدة، وفى محتواها من السكريات الذائبة. كما أثرت المعاملة سلبيًّا على أعداد البكتيريا والفطريات المسببة للأعفان ويعنى ذلك أن المعاملة بالـ UV-C تحفظ البروكولى المجهز جزئيًّا والمخزن على ٤°م من التدهور والنمو الميكروبى وتحفظ له قيمته الغذائية (Lemoine وآخرون ٢٠٠٧)

وقد أفاد تعريض البروكولى لجرعة مقدارها ٨,٨ كيلو جول kJ – لكل متر مربع – من الأشعة فوق البنفسجية بى UV-B أثناء التخزين على ١٥°م فى تأخير اصفرار الزهيرات وتحلل الكلوروفيل، وبالتالى المحافظة على لونها الأخضر أثناء التخزين (Aiamla-or ٢٠٠٩).

التبخير بالإيثانول (الكحول الإثيلى)

أدى تعريض رؤوس البروكولى لأبخرة الكحول الإثيلى بتركيز ٥٠٠ أو ١٠٠ أو ٢٥٠٠ جزءًا فى المليون (± ١٠٪-١٥٪) إلى احتفاظها بلونها الأخضر بدرجة أكبر مما حدث فى الكنترول، وذلك بعد ٦ أيام من التخزين على حرارة ١٣°م ورطوبة نسبية ١٠٠٪. وأدت المعاملة – تحت هذه الظروف – إلى خفض الإصابات المرضية – فى نهاية فترة التخزين – إلى ٦ ٢٨٪، و ٢٥,٠٪، وصفر ٪ فى معاملات تركيزات الكحول الإثيلى الثلاث، على التوالى. كذلك أدت المعاملة بأبخرة الإيثانول إلى تقليل الفقد فى الوزن، إلاّ أنها ساعدت فى تكوين روائح كريهة، ربما بسبب تراكم الإيثانول والأسيتالدهيد بالأنسجة وقد استخلص من هذه الدراسة أن معاملة البروكولى بأبخرة الإيثانول قبل تخزينه فى حرارة معتدلة (١٣°م) يزيد من قدرته التخزينية (Corcuff وآخرون ١٩٩٦)

ويستفاد مما تقدم بيانه أن معاملة البروكولى بأبخرة الكحول الإثيلى بعد الحصاد تؤدى إلى تأخير الشيخوخة ومن المعلوم أن المركبات التى تتفاعل مع الأكسجين reactive oxygen species (اختصارًا: ROS) ترتبط بشدة مع جودة المنتجات البستانية بعد الحصاد، وأن دورة الـ ascorbate-glutathione تلعب دورًا حاسمًا فى التحكم فى مستوى الـ ROS وقد وجد أن نشاط الـ ascorbate peroxidase فى البروكولى المعامل بالإيثانول كان ثابتًا أثناء التخزين، بينما انخفض النشاط فى البروكولى غير المعامل بصورة خطية تقريبًا كذلك وجد أن نشاط الـ glutathione reductase فى البروكولى المعامل بالإيثانول كان أعلى عما فى الكنترول بعد خمسة أيام من التخزين أما نشاط الـ dehydroascorbate reductase فى البروكولى المعامل بالإيثانول فقد انخفض تدريجيًا

وقد أستنتج أن المعاملة بأبخرة الإيثانول ربما تثبط الانخفاض فى لمواد المختزلة والأنشطة الإنزيمية ذات الصلة بدورة الـ ascorbete-glutathione لخفض الشدّ التأكسدى من خلال التخلص الفعال من فوق أكسيد الأيدروجين، وأن هذا التثبيط ربما يُسهم جزئيًا فى تثبيط الشيخوخة فى البروكولى المعامل بأبخرة الإيثانول (Mori وآخرون ٢٠٠٨)

وقد وجد أن معاملة البروكولى ببخار الإيثانول من مسحوق الكحول أدت إلى إطالة فترة صلاحية التخزين بتثبيطه لإنتاج الإثيلين من خلال منع نشاط الـ ACC oxidase (Suzuki وآخرون ٢٠٠٤)

وقد وجد أن تعرض البروكولى لمصدر خارجى من الإثيلين يُسرع اصفرار الزهيرات ويحفز إنتاج البروكولى ذاته للإثيلين، كما يحفز الكلايمكتيرك التنفسى، وقد ثبطت تلك التأثيرات التى يُحدثها الإثيلين بالمعاملة ببخار الإيثانول، وهى المعاملة التى ثبطت – كذلك – الزيادة فى نشاط الإنزيمات التى تحدث بفعل المعاملة بالإثيلين، وهى إنزيمات

1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)

ACC oxidase

والإنزيمات التى تُستحث على النشاط بفعل المعاملة بالإثيلين، وهى.

BO-ACO1

BO-ACO2

BO-ACS1

ويعنى ذلك أن معاملة البروكولى ببخار الإيثانول بعد الحصاد يثبط الشيخوخة من خلال تثبيط الاستجابات للإثيلين، وكذلك تثبيط تمثيل الإثيلين (Asoda وآخرون ٢٠٠٨)

كما وجد أن معاملة البروكولى بأبخرة الإيثانول بعد الحصاد تؤدى إلى تأخير

اصفراره؛ بسبب إبطاء المعاملة لعملية تحلل الكلوروفيل. وقد تبين أن المعاملة بأبخرة الإيثانول تثبط التعبير الجينى الخاص بالجينات المتحكمة فى هدم الكلوروفيل، وفى نشاط تلك الإنزيمات، مثل إنزيمات الـ chlorophyllase، والـ Mg-dechelatase، والـ Chl-degrading peroxidase (Fukasawa وآخرون ٢٠١٠)

المعاملة بمضادات الإثيلين AVG، و MCP

وجدأن معاملة نورات البروكولى بالمركب المضاد لتمثيل الإثيلين aminoethoxyvinyl glycine (اختصارًا: AVG) تؤخر اصفرار البراعم (عن Fan & Mattheis ٢٠٠٠)

كذلك أدت معاملة نورات البروكولى بالمركب المضاد لنشاط الإثيلين 1-methylcyclopropene (اختصارًا: MCP) بتركيزات منخفضة تراوحت بين ٠,٠٢، و ١٠ ميكروليتر/لتر لفترات تراوحت بين ساعة واحدة، وست ساعات فى هواء يحتوى على إثيلين بتركيز ٠,١ ميكروليتر/لتر إلى إحداث تأخير معنوى فى بداية اصفرار البراعم على حرارة ٥، و ٢٠°م، وفى سرعة ظهور الأعفان على حرارة ٥°م وقد تأثر مدى التأخير فى بداية الاصفرار بكل من التركيز المستعمل من الـ MCP وحرارة التخزين؛ فمثلاً . عندما كان التخزين على ٢٠°م .. ازدادت فترة صلاحية البروكولى للتخزين بأكثر من ١٠٠٪ عندما كان التعريض للمركب MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات، بينما كانت الزيادة ٥٠٪ فقط عندما كانت المعاملة لمدة ساعة وعندما كان التخزين على ٥°م كانت المعاملة بالمركب أكثر فاعلية فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين، حيث أعطت المعاملة بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات على حرارة ٢٠°م زيدة مقدارها ٢٥٠٪، مقارنة بزيادة مقدارها ٢٠٠٪ عندما كانت المعاملة على ٥°م (Ku & Wills ١٩٩٩) وفى دراسة أخرى وجد أن اصفرار البروكولى يحدث بفعل الإثيلين، وأن المعاملة بالـ MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ١٢ ساعة يمنع الاصفرار ويقلل التنفس حتى ولو تعرض البروكولى للإثيلين بصورة دائمة بعد ذلك لمدة ١٢ يومًا على حرارة ١٠°م (Fan & Mattheis ٢٠٠٠)

وقد أدت المعامله بالـ 1-MCP بتركيز ١٢ حجمًا فى المليون (1 ul 12) لمدة ١٦ ساعة إلى زيادة فترة صلاحية البروكولى للتخزين على ١٠°م أكثر من ٢٠ ٪، ولكن تلك المعامله لم تزد فترة صلاحية أوراق الباك شوى (*Brassica rapa* var. *chinensis*) للتخزين تحت نفس الظروف سوى بنسبة ١٠٪–٢٠٪. وكان من الضرورى إجراء تلك المعاملة بعد الحصاد مباشرة كى تكون مؤثرة. وقد وفرت تلك المعاملة – كذلك – حماية للبروكولى والباك شوى من المعاملة – التالية لها – بالإثيلين بتركيز ٠,١ إلى ١٠ حجم فى المليون؛ بما يعنى أنها يمكن أن تفيد عند شحنهما مختلطين بغيرهما من المنتجات المنتجة للإثيلين (Able وآخرون ٢٠٠٢)

وفى دراسة أخرى أدت معاملة البروكولى بالـ 1-MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ١٤ ساعة – قبل التخزين على ١٢°م – إلى تأخير اصفرار الزهيرات عما حدث فى زهيرات الكنترول، كما أحدثت المعاملة خفضًا فى تنفس الزهيرات لمدة خمسة أيام، وحافظت على مستوى عال من فلورة الكلوروفيل لمدة ١٢ يومًا من التخزين، وخفضت إنتاج الـ dimethyl trisulfide الذى يُسهم فى تكوين الروائح غير المرغوب فيها فى الزهيرات

ومقارنة بالكنترول فإن الزهيرات التى خزنت على ١٢°م فى ٢٠٠ نانوليتر/لتر من الأوزون أصيبت بالعفن بدرجة أقل واصفرَّت بصورة أبطأ، ولكن لم تكن بينهما أى فروق فى التنفس وإنتاج الإثيلين، كذلك كانت الزهيرات التى خزنت فى ٧٠٠ نانوليتر/لتر أكثر اخضرارًا عن أى من تلك التى خزنت فى الهواء أو فى ٢٠٠ نانوليتر/لتر، ولكن فلورة الكلوروفيل فيها انخفضت جوهريًا، حيث كانت القراءة بعد ١٢ يومًا من التخزين ٣٠٪ عما كانت عليه عند البداية كذلك أدى التخزين فى التركيز المرتفع من الأوزون إلى تحفيز إنتاج الإثيلين والتنفس فى الزهيرات بعد يوم واحد من التخزين، وأحدث أضرارًا فيزيائية تمثلت فى زيادة الفقد فى الوزن وتلون نهاية سيقان الزهيرات بالبنى.

وعمومًا أدت معاملة البروكولى بالـ 1-MCP منفردًا أو مع التخزين فى ٢٠٠

نانوليتر/لتر من الأوزون إلى المحافظة على جودة الزهيرات وزيادة فترة احتفاظها بصلاحيتها للتخزين (Forney وآخرون ٢٠٠٣)

المعاملة بمنظمات النمو

يعتبر فقدان الكلوروفيل من البراعم الزهرية وارتفاع معدل التنفس بها أهم العوامل التي تؤدى إلى سرعة تدهور رؤوس البروكولى أثناء التخزين. وقد وجد أن معاملة الرؤوس بعد الحصاد بالسيتوكينين ABG 3062 (إنتاج Abbott Lab)، ثم تعبئتها فى أكياس بوليثيلين مثقبة وتخزينها فى حرارة ١٦°م أدت إلى خفض معدل التنفس بنسبة ٥٠٪، ومنع تحلل واختفاء الكلوروفيل، وزيادة القدرة التخزينية للرؤوس بمقدار ٩٠٪ بالمقارنة بالرؤوس غير المعاملة (الكنترول) التى ازداد فيها إنتاج الإثيلين بمقدار ٤٠٪، ونقص محتواها من الكلوروفيل (أ، ب) بنسبة ٦٠٪ (Rushing ١٩٨٨)

كذلك أدت معاملة رؤوس البروكولى المخزنة فى أكياس من البوليثيلين على حرارة ١٦°م بالسيتوكينينات cytokinins (الزياتين zeatin، والبنزيل أدينين benzyladenine) بتركيز ١٠ أو ٥٠ جزءًا فى المليون إلى خفض معدل التنفس بنسبة ٥٠٪، وإنتاج الإثيلين بنسبة ٤٠٪ خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين مقارنة بالكنترول وبينما انخفض المحتوى الكلوروفيلى بنسبة ٦٠٪ فى معاملة الكنترول، فإنه لم يتأثر فى معاملة السيتوكينين التى ازدادت فيها القدرة التخزينية للرؤوس بنسبة ٩٠٪ مقارنة بالكنترول وقد ازداد التأثير بزيادة التركيز المستعمل، وكان البنزيل أدنين أفضل تأثيرًا عن الزياتين (Rushing ١٩٩٠)

هذا ويلعب كل من الإثيلين والبنزيل أدنين دورًا رئيسيًّا فى اصفرار البروكولى بعد الحصاد وقد أدى غمس رؤوس البروكولى فى البنزيل أدنين إلى تحفيز إنتاج الإثيلين، ونقص معدل التنفس، وتأخير اصفرار البراعم، ولم توجد علاقة ثابتة بين معدل الإنتاج الأوّلى للإثيلين، ومعدل اصفرار البراعم (Tian وآخرون ١٩٩٥).

وقد كان اصفرار البراعم الموجودة فى حافة الرأس أسرع من تلك التى توجد فى وسطها وأدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٢.٢١ × ١٠$^{-٤}$ مولار إلى تأخير بداية تحلل

الكلوروفيل كذلك يستفاد من تأثير معاملة البراعم بالـ ACC، وبأيون الفضة أن الإثيلين ربما كان له دور فى التحكم فى تحلل الكلوروفيل وقد ألغت معاملة السيتوكينين التأثير المحفز للشيخوخة الذى أحدثته معاملة الـ ACC (Clarke وآخرون ١٩٩٤)

كما أدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٢٠ جزءًا فى المليون إلى إبطاء تحلل الكلوروفيل والبروتين، وزيادة نشاط الإنزيمين superoxide dismutase، و catalase، وتقليل محتوى الـ malondialdehyde، وتأخير أكسدة الدهون، وتقليل التسرب الأيونى؛ مما أدى إلى تأخير شيخوخة البراعم (Ye وآخرون ١٩٩٦)

هذا إلاّ أن غمس البراعم الزهرية للبروكولى فى البنزيل أدنين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون لمدة ٦٠ ثانية لم يمنع حدوث فقد سريع فى السكروز، حيث وصل الفقد خلال الساعات الست الأولى بعد الحصاد إلى حوالى ٥٠٪ فى كل من البروكولى المعامل بالسيتوكينين وفى الكنترول هذا إلاّ أن معاملة منظم النمو أخّرت بنحو ٤٨ ساعة الزيادة الكبيرة فى محتوى الأسباراجين والجلوتامين التى حدثت فى الكنترول (Downs وآخرون ١٩٩٧)

التخزين المبرد العادى

تؤدى عمليات حصاد وتداول البروكولى إلى تجريحه، وفصله عن مصادر الغذاء والهرمونات، وفقده للرطوبة وكنسيج غير مكتمل النمو . فإن البروكولى لا يكون بعد حصاده قادرًا على الاستمرار فى المحافظة على حيوية أنسجته بصورة ذاتية؛ مما يؤدى إلى سرعة دخوله فى مرحلة الشيخوخة

ويراعى عند تخزين البروكولى أن أزهاره تستمر فى النمو النشط بعد الحصاد؛ مما يجعلها غير صالحة للتسويق ويعتبر البروكولى من أشد الخضروات حساسية لظروف التخزين السيئة؛ نظرًا لأنه من أكثر الخضروات فى معدل التنفس، وهو يتشابه فى هذا الشأن مع كل من الأسبرجس، والفاصوليا الخضراء، والذرة السكرية

لا يخزن البروكولى عادة إلا لفترات قصيرة عند وجود مشاكل فى التسويق وأفضل ظروف لتخزينه، هى درجة حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية >٩٥٪، والتهوية

الجيدة حول العبوات لمنع تراكم الحرارة، حيث يبقى بحالة جيدة – تحت هذه الظروف – لمدة ١٤-٢١ يومًا، وتحدث بعد ذلك تغيرات فى اللون، وتسقط بعض البراعم، وتفقد الأنسجة صلابتها (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨). وتزداد سرعة هذه التحولات عند التخزين فى درجة حرارة أعلى من الصفر المئوى، حيث لا تزيد فترة التخزين عن ١٠ أيام على ٥°م، وعن ٥ أيام على ١٠°م

وقد وُجدَ أن فلورة الكلوروفيل فى البروكولى تكون مستقلة عن مدى اكتمال نمو الرؤوس؛ مما يعنى إمكان استعمال تلك الخاصية كدليل على الحالة الفسيولوجية للرأس – ومن ثم مدى صلاحيتها للتخزين – دونما اعتبار لمرحلة النمو والتكوين (Toivonen & DeEll ١٩٩٨)

ويجب عدم تخزين البروكولى مع الثمار المنتجة للإثيلين، مثل. الكنتالوب، والتفاح، والكمثرى؛ وذلك لأن هذا الغاز يسرع اصفرار البراعم.

ويعد اصفرار براعم البروكولى – الذى يحدث فى خلال ثلاثة أيام على حرارة الغرفة – نتيجة لإنتاج الإثيلين – أهم مشاكل تخزين المحصول (عن Rangavajhyala وآخرين ١٩٩٨).

كذلك فإن من أهم المشاكل الأخرى التى تظهر عند تخزين البروكولى تفتح البراعم، وصلابة الحوامل النورية. وتكون روائح غير مرغوبة، وحدوث العفن الطرى والأعفان المرضية الأخرى

هذا وتتباين أصناف البروكولى كثيرًا فى قدرتها على التخزين والبقاء بحالة جيدة، ومن أكثرها قدرة الأصناف Galaxy، و Marathon، و Mercedes، و Permium Crop (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

ويتعرض البروكولى للتجمد إذا تعرض لحرارة تقل عن -١°م تبدو المساحات المفككة بعد التجمد داكنة اللون بشفانية، وقد تكتسب لونًا بنيًّا، وتكون شديدة القابلية للإصابة بالتحلل البكتيرى

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

○ تزداد فترة احتفاظ البروكولى بجودته – فى حرارة تزيد عن ٥°م – إذا ما خزن فى هواء يحتوى على ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، و ١٪ أكسجين تؤدى نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة إلى تأخير اصفرار الرؤوس وصلابتها، ولكن زيادتها إلى ١٥٪ يترتب عليها تكوين روائح غير مرغوب فيها ويؤدى خفض نسبة الأكسجين إلى ١٪ إلى تأخير اصفرار الرؤوس، ولكن الانخفاض بنسبته إلى ١ ٠٪–٢٥ ٠٪ يمكن أن يترتب عليه أضرار شديدة، مع ظهور طعم ورائحة غير مقبولين فى البروكولى عند طهيه

○ وأظهرت دراسات Makhlouf وآخرون (١٩٨٩) أن فقد الكلوروفيل من نورات البروكولى المخزنة قلّت حدته عندما كان التخزين فى جو متحكم فى مكوناته يحتوى على تركيز عال من ثانى أكسيد الكربون، كما ساعدت تلك الظروف – كذلك – فى خفض شدة الإصابة بالعفن الطرى والإصابات المرضية الأخرى. هذا إلاّ إنه بعد ستة أسابيع من التخزين فى جو يحتوى على ١٠٪ أو أكثر من ثانى أكسيد الكربون ازداد معدل التنفس، وتكونت روائح غير مرغوب فيها، وحدثت أضرار فسيولوجية وكانت أفضل الظروف لتخزين البروكولى على ١°م هى جو يحتوى على ٦٪ ثانى أكسيد كربون، و ٢ ٥٪ أكسجين، حيث احتفظت الرؤوس بجودتها لمدة ثلاثة أسابيع على الأقل دون أن تظهر بها أية أضرار فسيولوجية.

○ وقد ساعد تخزين البروكولى فى هواء تقل فيه نسبة الأكسجين وتزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة احتفاظ المنتج بلونه فى حرارة ١٠°م، ولكنها لم تكن مؤثرة فى حرارة صفر أو ٥°م وبينما أدت ظروف الأكسجين المنخفض وثانى أكسيد الكربون المرتفع إلى تقليل التلون البنى والإصابة بالعفن الطرى، فقد تكونت رائحة كريهة عندما كان تركيز الأكسجين ٢٥ ٠٪ أيًا كانت حرارة التخزين، أو ٥ ٠٪ فى حرارة ١٠°م وقد كانت أفضل الظروف للتخزين هى ٥ ٠٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة صفر أو ٥°م، و ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٠°م (Izumi وآخرون ١٩٩٦)

● وأوصى Saltveit (١٩٧٧) بتخزين وشحن البروكولى على حرارة صفر إلى ٥°م فى هواء يحتوى على ١٪-٢٪ أكسجين، و ٥٪-١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، علمًا بأن تلك التوصيات تطبق بالفعل فى الولايات المتحدة على نطاق واسع هذا إلاّ أن أى ارتفاع فى حرارة الشحن أو التخزين عن ٥°م يؤدى إلى ظهور روائح غير مرغوب فيها

● وقد قام Ishikawa وآخرون (١٩٩٨) بدراسة التغيرات التى تحدث فى بعض مكونات البروكولى لدى تخزينه فى جو متحكم فى مكوناته، والذى تراوحت فيه نسبة الأكسجين بين صفر ٪، و ١٠٪، ونسبة ثانى أكسيد الكربون بين ٢٪، و ٢٠٪ وقد أوضحت الدراسة أن تركيز الجلوتاثيون glutathione انخفض فى التركيزات المنخفضة من الأكسجين، بينما انخفض المحتوى الكلوروفيللى، وتركيز حامض الأسكوربيك جوهريًّ فى الهواء الذى احتوى على تركيز مرتفع من الأكسجين وتركيز منخفض من ثانى أكسيد الكربون وكانت أنسب الظروف للمحافظة على الصبغات، وحامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون هى التخزين فى هواء يحتوى على ٢٪ أكسجين مع ٤٪-١٠٪ ثانى أكسيد كربون. وقد أمكن تحقيق هذا الهدف — بالحصول على جو معدل يحتوى على ٢٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون — بالتعبئة فى أغشية ذات معدل نفاذية يومى مقداره ١٠٠٠ مل أكسجين/ضغط جوى.

● وأدى تخزين البروكولى فى تركيز منخفض من الأكسجين (٠,١٢٥٪ إلى ٥ ٠٪)، أو تركيز مرتفع من ثانى أكسيد الكربون (٢٠٪ ثانى أكسيد كربون)، أو بالمعاملتين معًا إلى تأخير اصفرار الزهيرات على ١٠°م عما فى معاملة الكنترول وقد ازداد تركيز الأسيتالدهيد والإيثانول مع انخفاض تركيز الأكسجين، سواء أكان ذلك مع زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أم بدون تلك الزيادة هذا إلا أن تهوية البروكولى لمدة يومين خفضت من تركيز الأسيتالدهيد والإيثانول (Hansen وآخرون ٢٠٠١).

التخزين فى الجو المعدل

● أدى تخزين البروكولى فى عبوات من أغشية شبه منفذة للغازات إلى تكون جو

معدل modified atmosphere بداخلها ساعد فى زيادة محتوى المنتج من كل من الكلوروفيل والأحماض الدهنية غير المشبعة (C-18 PUFA) بعد ٩٦ ساعة من التخزين مقارنة بالقيم الأولية، هذا بينما انخفض محتوى المنتج غير المعبأ فى كل من الكلوروفيل والأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتين الذائب أما فى العبوات المهواه vent packages فقد بقى فيها المحتوى الكلوروفيللى ثابتًا تقريبًا، بينما انخفض فيها محتوى المنتج من الأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتين الذائب (Zhuang وآخرون ١٩٩٤) وقد بدا واضحًا وجود علاقة طردية بين أكسدة الدهون وشيخوخة براعم البروكولى، وأن ارتفاع درجة حرارة التخزين من ٢ إلى ٢٣°م يسرع كلا من أكسدة الدهون وشيخوخة البراعم (Zhuang وآخرون ١٩٩٥)

○ وقد حافظ التغليف فى تلك الأغشية المُحَوَّرَة لمكونات هواء العبوة modified atmosphere packaging – مقارنة بالأغشية المثقبة للتهوية، والتعريض المتقطع للرذاذ الدقيق automatic misting – حافظ بصورة أفضل على محتوى المنتج من كل من الكاروتين الكلى وحامض الأسكوربيك خلال فترة ٦ أيام على ٥°م، مقارنة بفقد – فى المعاملات الأخرى – تراوح بين ٤٢٪، و ٥٧٪ فى الكاروتينات الكلية، وبين ١٤ ، و ٤٦٪ فى حامض الأسكوربيك كذلك حافظت تلك الأغشية على اللون والمحتوى الرطوبى للبروكولى بصورة أفضل (Barth & Zhuang ١٩٩٦)

○ كذلك فإن كلا من أغشية البوليثيلين القليل الكثافة بسمك ١٥ ميكرون، وأغشية البولى مثيل بنتين polymethylpentene بسمك ٣٤ ميكرون كانتا أفضل الأغشية – من عشرة أنواع تم اختبارها – لحفظ نوعية البروكولى المخزن بحالة جيدة ولقد حافظ هذان الغشاءان على جو معدل احتوى على ٢٪-٥٪ أكسجين، و ٣٪-٦٪ ثانى أكسيد كربون بداخل العبوات، كما ثبطا اصفرار البراعم وتكوين الروائح الكريهة، وقللا من فقد حامض الأسكوربيك (Nakanishi وآخرون ١٩٩٦)

○ وأمكن حفظ البروكولى لمدة ٨ أيام بحالة صالحة للتسويق بتعبئته فى غشاء من البوليثيلين بسمك ٣٠ ميكرون ثم تخزينه على ١٠°م (Yamashita وآخرون ١٩٩٣)

● كذلك وجد أنه فى خلال ٢٤ ساعة من تعبئة البروكولى فى عبوات المستهلك على حرارة ٢٠°م ورطوبة نسبية ٦٠٪ انخفض تركيز الأكسجين إلى ٢.٥٪، بينما ارتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٪، وبقيت تلك النسب ثابتة تقريبًا لمدة ٩٦ ساعة وقد أدت تعبئة البروكولى تحت تلك الظروف لمدة ٩٦ ساعة — مقارنة بتخزينه فى الهواء العادى — إلى تقليل الفقد فى حامض الأسكوربيك، والرطوبة، وخفض نشاط إنزيم البيروكسيديز، وتقليل فقد الكلوروفيل (Barth وآخرون ١٩٩٣)

● وتستعمل فى تعبئة البروكولى عدة أنواع من تلك الأغشية التى تسمح بتعديل الجو الداخلى للعبوة فى خلال ساعات قليلة (نتيجة لاستهلاك الأكسجين بالتنفس وإنطلاق ثانى أكسيد الكربون) تعرف باسم modified atmosphere packages (اختصارًا MAP)، ومن أمثلتها أغشية Cryovac، التى يتوفر منها عدة أنواع وقد وُجد أن النوع Cryovac PD941 كان أفضلها لتخزين البروكولى، حيث احتفظ بجودته العالية لمدة لا تقل عن أربعة أسابيع فى حرارة الصفر المئوى. وبالمقارنة كان النوعان Cryovac B900، و Cryovac PD961EZ، أقل كفاءة حيث لم يكونا منفذين للغازات بالقدر الكافى الذى يلزم لتعويض النقص الحاد فى الأكسجين الذى حدث نتيجة لتنفس البروكولى؛ مما أدى إلى تكوين روائح منفرة، وخاصة فى الحرارة الأعلى عن الصفر (Cabezas & Richardson ١٩٩٧)

● وعندما كان تخزين البروكولى لمدة ٣ أيام فقط على ١°م فإن أيًا من التبريد الأولى بالماء المثلج أو التغليف بأغشية ذات ثقوب دقيقة كان كافيًا للمحافظة على صلابة وجودة المنتج على حرارة ١٣°م — بعد ذلك — خلال فترة العرض للبيع. هذا إلا أن التخزين لمدة ١٠ أو ١٧ يومًا تطلب الجمع بين التبريد الأولى والتغليف للمحافظة على جودة المنتج. وقد كان الاصفرار خلال خمسة أيام على ١٣°م أشدّ فى البروكولى الذى كان قد سبق تخزينه على ١°م لمدة ٣ أيام عما فى المنتج الذى خُزِّن لمدة ١٠ أو ١٧ يومًا على ١٣°م (Toivonen ١٩٩٧)

● هذا إلا أن التعبئة فى أغشية لا تسمح بسرعة تبادل الغازات بشكل كاف أدت

إلى إحداث نقص كبير فى تركيز الأكسجين وزيادة مقابلة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون، وهى ظروف ساعدت على إنتاج الأسيتالدهيد، والكحول الإثيلى، وحامض الخليك، وجميعها مركبات تضفى على البروكولى طعمًا غير مرغوب فيه (Chachin وآخرون ١٩٩٩)

● ولذا يفضل – دائمًا – أن تسمح الـ MAP بتوازن لهواء العبوة يحتوى على ١٠٪ من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

● وكان قد وجد أن خفض معدل التهوية بما يسمح بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٨٪ وخفض تركيز الأكسجين إلى ١٪ على ٢,٥°م يؤدى إلى تكوين روائح غير مرغوب فيها فى البروكولى، إلا أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون مع التهوية لعادية على ٢,٥°م يثبط اصفرار الزهيرات دون التأثير على الرائحة إلا بعد ١٧ يومًا من التخزين، حيث تكونت رائحة ضعيفة غير مرغوب فيها، اختفت بعد يومين من حفظ البروكولى فى لهواء على ٥°م (Kasmire وآخرون ١٩٧٤)

● وقد وجد أنه يمكن الاعتماد على خاصية فلورة الكلوروفيل chlorophyll fluorescence كطريقة سهلة وسريعة ودقيقة للدلالة على جودة البروكولى المعبأ فى الأغشية التى يزداد فيها تركيز ثانى أكسيد الكربون ويقل تركيز الأكسجين بعد فترة قصيرة من تعبئتها، كما يمكن الاستفادة منها فى تحديد ما إذا كان البروكولى قد أفرز روائح غير مقبولة أم لا دون فتح العبوة أو إتلاف محتوياتها، علمًا بأن شدة فلورة الكلوروفيل تضعف مع شيخوخة البراعم وفقدها للونها الأخضر وزيادة معدل تنفسها (DeEll & Toivonen ١٩٩٩، ٢٠٠٠)

● وأوضحت الدراسات وجود علاقة بين التغيرات فى مستوى فلورة الكلوروفيل فى البروكولى وتراكم ثانى أكسيد الكربون فى العبوات المُعدَّلة للهواء modified atmosphere packages أثناء التخزين.

● وقد استخدم Toivonen & DeEll (٢٠٠١) أكياس تعبئة من النوع PD-961EZ

التى تسمح لثانى أكسيد الكربون بالتراكم حتى حوالى ١١ كيلو باسكال (١١٪) وخلال ٢٨ يومًا من التخزين فى هذه العبوات على ١°م تكون بالبروكولى تدريجيًا مستويات بسيطة إلى متوسطة من روائح كحولية، وتراكم بأنسجته الإيثانول، والأسيتالدهيد، وخلات الإيثايل، وقد انخفضت مستويات تلك الروائح والمركبات قليلاً لدى فتح العبوات وحفظ البروكولى فى الهواء على ١°م لمدة ٤ أيام كذلك انخفضت قياسات فلورة الكلوروفيل مع تراكم تلك المركبات فى الظروف اللاهوائية، ثم ارتفعت القياسات إلى مستواها الأولى بعد فتح العبوات وإبقاء البروكولى فى الهواء على ١°م لمدة ٤ أيام. ووجد أن قياسات فلورة الكلوروفيل ترتبط بدرجة عالية بإنتاج البروكولى من تلك المركبات خلال فترة التخزين فى الظروف اللاهوائية وبعد فتح تلك العبوات، وكذلك مع الروائح غير المرغوب فيها التى ظهرت بالبروكولى المخزن فى تلك الظروف لفترة طويلة

• أدت تعبئة البروكولى فى الـ MAP إلى إطالة فترة احتفاظه بجودته سواء أكان تخزينه على ٤، أم ٢٠°م. وقد قللت المعاملة من الانخفاض الذى يحدث بعد الحصاد فى تركيز مختلف الجلوكوسينولات خلال فترة ٢٤ يومًا من التخزين على ٤°م أو ٥ أيام على ٢٠°م وقد حافظ البروكولى المعبأ فى الـ MAP على مظهره ومحتواه من الجلوكوسينولات لمدة ١٣ يومًا على ٤°م ولمدة ثلاثة أيام على ٢٠°م (Jia وآخرون ٢٠٠٨).

التغيرات الفسيولوجية التالية للحصاد

• صاحب تخزين البروكولى على ٢٠°م فى الظلام تغيرات كبيرة فى محتواه من مختلف المركبات الكيميائية خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين، ففى خلال الساعات الست الأولى حدث فقد كبير فى السكريات والأحماض العضوية والبروتين من كل أجزاء الرأس وبين ١٢، و ٩٦ ساعة من بداية التخزين ازدادت الأحماض الأمينية الكلية، وخاصة الجلوتامين والأسباراجين، بينما تراكمت الأمونيا فى الأجزاء الزهرية من الرأس (King & Morris ١٩٩٤ ب)

● كما صاحب تخزين البروكولى على ٤°م ثباتًا فى محتوى النتج من كل من حامض الأسكوربيك والبيتا كاروتين، والكلوروفيل، ولكن المحتوى الكلوروفيللى ازداد فى الضوء وبالمقارنة صاحب التخزين على ٢٠°م نقصًا فى محتوى النتج من كل من حامض الأسكوربيك والكلوروفيل، بينما تبقى البيتا كاروتين ثابتًا (Paradis وآخرون ١٩٩٥)

● وفى خلال ٦ ساعات بعد الحصاد انخفض تركيز السكروز فى البراعم الزهرية للبروكولى بنحو ٥٠٪، بينما ازداد تركيز الأسباراجين ٧ مرات بين ٢٤، و ٧٢ ساعة بعد الحصاد وتوافق ازدياد تركيز الأسباراجين مع حدوث زيادة مبكرة فى نشاط الإنزيم asparagine synthetase (أو aspartate-ammonia ligase) (Downs & Somerfield ١٩٩٧)

● ويعتقد بأن الـ acid invertase قد يكون أحد الإنزيمات الرئيسية التى تؤدى إلى خفض محتوى السكروز الذى يصاحب التدهور السريع للبروكولى بعد الحصاد (Coupe وآخرون ٢٠٠٣)

● وأظهر تزويد البروكولى بالسكروز بعد الحصاد بعدة ساعات – من خلال تيار الماء المتص والمفقود بالنتج (بغمر قواعد الفروع النورية فى محلول سكرى) - بهدف زيادة كمية السكروز المتوفرة للتنفس، وتحديد تأثير ذلك على قدرة البروكولى على التخزين بحالة جيدة على ٢٠°م – أظهر أن محلول سكروز بتركيز ٨٪ (وزن/حجم) كان كافيًا لمدّ أنسجة البروكولى بالمادة اللازمة للتنفس، إلاّ أن معدل التنفس مع الوقت – بعد الحصاد – لم يتأثر بإمدادات السكر، وبدأت البراعم فى الاصفرار بعد يومين وعندما تم التزويد بالسكروز بعد الحصاد مباشرة حدث تأخير فى الاصفرار وبينما أدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون إلى تأخير الاصفرار فإنه لم تكن مؤثرة على تركيز السكروز بالنورات بعد ٥ ٤ يومًا وبدا أن الشيخوخة – ومن ثم الاصفرار – تصاحب النقص الذى يحدث فى مستوى السكروز بعد الحصاد. وأن البنزيل أدنين يؤخر الاتجاه نحو الشيخوخة (Irving & Joyce ١٩٩٥)

○ وبينما كان الفقد فى الكلوروفيل فى معظم أصناف البروكولى محدودًا بعد خمسة أسابيع من التخزين البارد على ١°م + يومين على ٢٠°م، فقد استهلكت السكريات سريعًا أثناء التخزين البارد، وخاصة السكروز وكان استهلاكها كاملاً بعد ١٠ أسابيع من التخزين على ١°م، بينما كان الفقد فى البروتين الكلى خلال تلك الفترة ٢٠٪ فقط (Pogson & Morris ١٩٩٧).

● وقد وُجد أن محتوى براعم البروكولى من الكلوروفيل (أ، ب) انخفض عند التخزين فى الهواء، وازدادت سرعة هذا الانخفاض لدى المعاملة بالإثيلين، بينما ثبطت السرعة عند التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته. وبينما انخفض كذلك محتوى الزانثوفيللات xanthophylls مع التخزين فإن صبغات جديدة — أُقترح أنها esterified xanthophylls — تكونت مع اصفرار البراعم (Yamaguchi & Watada ١٩٩٨).

● وتختلف أصناف البروكولى فى سرعة اصفرار براعمها؛ ففى حرارة ١٣°م احتفظ الصنف Greenbelt بالكلوروفيل لمدة ٤ أيام، بينما تدهور محتوى الصنف Emperor من الكلوروفيل بوضوح خلال تلك الفترة. وقد كان نشاط كلا من Superoxide dismutase، و Peroxidase أعلى بمقدار ٣٠٪ فى Greenbelt عما فى Emperor. ويبدو أن الحماية ضد الأكسدة التى وفرتها هذين الإنزيمين كانت عاملاً هامًا فى الاحتفاظ باللون الأخضر (Toivonen & Sweeney ١٩٩٨).

● ويصاحب اصفرار البراعم فقد البلاستيدات الخضراء لشكلها المميز، حيث تصبح غير واضحة المعالم ويبهت لونها تدريجيًا أثناء شيخوخة البراعم (Terai وآخرون ٢٠٠٠).

● وقد صاحب تخزين البروكولى صنف Piracicaba Precoce على حرارة ٢٥°م ورطوبة نسبية ٩٦٪ فى الظلام التغيرات التالية:

١- أظهرت النورة الزهرية فقدًا فى صلابتها عندما وصل الفقد فى الوزن إلى ٥٪؛ الأمر الذى حدث بعد الحصاد بنحو ٤٨ ساعة.

٢- ظل المحتوى الكلوروفيللى ثابتًا لمدة ٢٤ ساعة بعد الحصاد، وبعدها حدث له تحلل شديد

٣- ظهر الاصفرار الكامل للبراعم بعد ٧٢ ساعة من الحصاد، الأمر الذى تزامن مع انخفاض مستوى الكلوروفيل إلى ٣٠٪ من مستواه الابتدائى عند الحصاد

٤- ازداد نشاط إنزيم البيروكسيديز بمقدار ١,٤ ضعفًا خلال الساعات الست الأولى بعد الحصاد. ثم انخفض إلى أدنى مستوى له بعد حوالى ٢٤ ساعة من الحصاد. وبعد ذلك ازداد نشاطه بصورة مستمرة حتى مرور ٧٢ ساعة من الحصاد

٥- انخفض مستوى التنفس بعد ٢٤ ساعة من الحصاد بمقدار ٥٠٪، ولكن ظل معدل التنفس ثابتًا فى البراعم، ولكن عند مستوى أقل من مستواه الذى كان عليه عند الحصاد

٦- حدثت انخفاضات حادة فى محتوى البراعم الزهرية من النشا والسكريات المختزلة فى خلال ٢٤ ساعة بعد الحصاد، واستمرت الانخفاضات بعد ذلك ولكن بمعدلات أقل (Finger وآخرون ١٩٩٩)

o ولقد ازداد إنتاج الإثيلين من رؤوس صنف البروكولى شوجن Shogun المخزنة على ٢٠°م فى الظلام مع اصفرار سبلات البراعم وأدت إزالة الأعضاء الجنسية للبراعم (الطلع والمتاع) إلى تقليل معدل اصفرار السبلات وقد أظهرت تلك الأعضاء زيادة فى نشاط إنزيم ACC oxidase بمقدار ٧ أمثال، وفى إنتاج الإثيلين بمقدار الضعف عما فى الأنسجة الأخرى للأجزاء النورية (Tian وآخرون ١٩٩٤)

o وبالمقارنة لم يجد King & Morris (١٩٩٤أ) علاقة ثابتة بين إنتاج الإثيلين واصفرار سبلات البراعم، إلا أن وقت بداية الاصفرار ارتبط بصورة عامة بالمستوى الذى بدأ به إنتاج الإثيلين

o واتضح من دراسات Kasai وآخرين (١٩٩٦) أن إنتاج الإثيلين بواسطة رؤوس البروكولى يلعب دورًا فى شيخوخة البراعم، وينظم فى الوقت ذاته نشاط الإنزيم ACC oxidase

○ وازداد إنتاج الإثيلين من البراعم الزهرية للبروكولى أثناء تخزينها على ٢٠°م ومع دخول البراعم مرحلة الشيخوخة ازداد — كذلك — بشدة نشاط إنزيم ACC oxidase إلى أن وصل إلى أعلى مستوى له ثم انخفض؛ الأمر الذى توازى مع معدل إنتاج الإثيلين (Kasai وآخرون ١٩٩٨).

● وقد تأكد أن شيخوخة البراعم الزهرية فى البروكولى ترتبط بزيادة فى إنتاج الإثيلين، ترتبط — بدورها — بزيادة مماثلة فى نشاط الإنزيم ACC oxidase (Hyodo وآخرون ١٩٩٥، و Kasai وآخرون ١٩٩٨).

● ومن المعتقد أن الإثيلين يعلب دورًا هامًا فى اصفرار سبلات البراعم الزهرية للبروكولى بعد حصاده ويتضمن تمثيل الإثيلين فعل الإنزيمين. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (اختصارًا ACC synthase) الذى يقوم بتحويل المركب S-adenosyl methionine إلى ACC، و ACC oxidase، الذى يقوم بتحويل الـ ACC إلى إثيلين. ويمكن تثبيط الإثيلين باستعمال antisense RNA لأى من هذين الإنزيمين.

● وقد درس Henzi وآخرون (٢٠٠٠) ١٢ سلالة بروكولى محولة وراثيًا وتحتوى على جين الطماطم antisense ACC oxidase، وذلك من ثلاثة أصناف، هى: Shogun، و Green Beauty، و Dominator ومن بين هذه السلالات كانت ثلاث منها (هى: Gy/7، و D/1، و D/2) ذات صفات جودة مناسبة. وقد كان إنتاج الإثيلين من سيقان (حوامل النورات) ٤ سلالات محولة وراثيًا من الصنف Green Beauty أقل جوهريًا من الصنف الأصلى بعد ٤٨ ساعة من الحصاد. كذلك أظهرت سلالتا الصنف Dominator (D/1، و D/2) تحسنًا جوهريًا فى لون الرأس مقارنة بالصنف الأصلى بعد ٤٨ ساعة من الحصاد. ويستفاد من هذه الدراسة أن شيخوخة البروكولى ترتبط بنظامين إنزيميين، يعطى كل منهما زيادة كبيرة فى إنتاج الإثيلين، وأن جين الـ antisense ACC oxidase المستعمل ثبط الزيادة الكبيرة الثانية.

● وقد أدت معاملة البروكولى — المخزن على ٢٥°م — بالإثيلين إلى إسراع فقده

للكلوروفيل، وازداد التأثير بزيادة تركيز الإثيلين حتى ١٠٠ جزء في المليون من هواء المخزن، ولكن تأثير الإثيلين انخفض بشدة عندما كان التخزين في ١°م كذلك أسرعت معاملة الإثيلين من الوصول إلى الكلايمكترك التنفسي (Makhlouf وآخرون ١٩٩١)

○ كذلك أحدثت معاملة البراعم الزهرية بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز ١ ملي مولار زيادة جوهرية في إنتاج الإثيلين ونشاط إنزيم الـ ACC oxidase، وتدهور الكلوروفيل خلال مرحلة الشيخوخة (Watanabe وآخرون ٢٠٠٠)

تطور تكوين النكهة والطعم الكريهين أثناء التخزين

○ يؤدي تجريح أو تقطيع البروكولي إلى تكوين الميثان ثيول methanethiol، وهو مركب يكسب البروكولي رائحة غير مرغوب فيها ويستدل من دراسات Dan وآخرين (١٩٩٧) أن مركب ميثان ثيول سلفينيت methanethiolsulfinate يتكون أولاً – إنزيميًا – في أنسجة البروكولي المتهتكة، ثم يتفاعل – لاإنزيميًا – مع الحمض الأميني L-cysteine أو مع الجلوتاثيون المختزل لتكوين الميثان ثيول.

○ كذلك يؤدي تخزين البروكولي في مستويات منخفضة من الأكسجين (أقل من ٠,٢٥٪) أو في مستويات مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون (أعلى من ١٥٪) إلى تكوين نكهة ومذاق غير مقبولين ويوصى عند تخزين البروكولي في تركيزات عالية من ثاني أكسيد الكربون بألاّ يقل تركيز الأكسجين عن ١٪، علمًا بأن تركيز المركبات التي تؤدي إلى رداءة الطعم يزداد بزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون، وبنقص تركيز الأكسجين، وأن المركبات التي تتكون بفعل التركيز المرتفع من ثاني أكسيد الكربون تختفي سريعًا بعد إخراج المحصول من الجو المعدل، بينما تبقى تلك التي تتكون بفعل التركيز المنخفض للأكسجين لفترة أطول (عن Lougheed ١٩٨٧)

○ ويعتبر المركبان methanthiol، و dimethyl trisulfide هما المسئولان عن الرائحة الكريهة التي تظهر بالبروكولي في الظروف اللاهوائية أو تلك التي ينخفض فيها كثيرًا تركيز الأكسجين ويزيد فيها كثيرًا تركيز ثاني أكسيد الكربون يحدث ذلك عندما

ينخفض تركيز الأكسجين فى هواء المخزن إلى ١٪ أو أقل، وعندما يرتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٦٪ أو أعلى، وتظهر الرائحة المنفرة فى غضون ثلاثة أيام على ٢٠°م، وفى نحو أسبوع على ٢,٥°م (Hansen وآخرون ١٩٩٣).

● وقد أدت تعبئة البروكولى فى أغشية من البوليثيلين بسمك ١٠٠ ميكرون وحفظه على ٢٠°م إلى نقص تركيز الأكسجين فى داخل العبوات إلى أقل من ٠,٥٪، وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى أكثر من ٢٠٪ فى خلال ٨ ساعات من التخزين، وظهرت الروائح الكريهة سريعًا تحت هذه الظروف ومن بين المركبات المتطايرة التى أنتجت الإيثانول، والأسيتالدهيد، والميثان ثيول، والدى ميثيل داى سلفيد، ولكن كانت أكثر تلك الغازات إسهامًا فى النكهة الكريهة الميثان ثيول، والدى ميثيل سلفيد وقد ازداد التسرب الأيونى فى البروكولى المعبأ فى أغشية البوليثيلين عما فى البروكولى غير المعبأ وقد استدل من هذه الدراسة على أن المركبات الكبريتية القابلة للتطاير التى تظهر فى الظروف اللاهوائية تتكون نتيجة لتدهور الدهون بالأغشية الخلوية وفقد الخلايا لقدرتها على فصل مكوناتها عن بعضها البعض (intracellular compartmentation)، مما يسمح بحدوث تفاعلات إنزيمية لا تحدث — عادة — فى الظروف الطبيعية (Dan وآخرون ١٩٩٧أ، ١٩٩٧ ب).

● كما أدى خفض تركيز الأكسجين فى الهواء المحيط بالبروكولى — بإمرار غاز النيتروجين بصورة دائمة عليه — إلى إنتاج المنتج للميثان ثيول فى خلال ساعة واحدة من وصول تركيز الأكسجين إلى ٠,٥٪، وأعقب ذلك زيادة مستمرة فى إنتاج الغاز خلال الساعات العشر التالية التى استمر فيها متابعة إنتاجه. وبالمقارنة أدى إمرار الأكسجين فى المنتج المخزن الذى كان قد بدأ فى إنتاج الميثان ثيول إلى انخفاض إنتاج هذا الغاز بنسبة ٧٩٪ فى خلال ١٥ دقيقة، وإلى توقف إنتاجه تمامًا فى خلال ١٥ دقيقة أخرى وعندما أعيد تمرير غاز النيتروجين بدأ البروكولى فى إنتاج الميثان ثيول مرة أخرى خلال أقل من ساعة. هذا وقد أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون حتى ٢٦,٥٪ إلى وقف إنتاج الميثان ثيول (Obenland وآخرون ١٩٩٤)

• وأدى حفظ براعم البروكولى فى جو خال من الأكسجين (يحتوى على نيتروجين بنسبة ١٠٠٪) إلى إنتاجها للميثان ثيول والدى ميثيل داى سلفيد، وازداد معدل إنتاج الغازين بارتفاع درجة الحرارة من ١٠ إلى ٣٠°م وعندما حفظت البراعم على ١°م لمدة ثلاثة أسابيع، ثم وضعت فى ١٠٠٪ نيتروجين على ٢٠°م لمدة ٤٨ ساعة انخفض إنتاج الغازين ولقد كان معدل إنتاج الميثان ثيول والدى ميثيل داى سلفيد أعلى فى البراعم الزهرية عما فى السيقان (الحوامل) النورية، كذلك كان إنتاج المادة البادئة لكلا الغازين، وهى: S-methyl-L-cysteine sulfoxide أعلى فى البراعم الزهرية بمعدل أربعة أضعاف إنتاجها من السيقان، كما كان نشاط الإنزيم C-S lyase الذى يحلل المادة البادئة إلى الغازين أعلى جوهريًا فى البراعم الزهرية عمّا فى السيقان (Dan وآخرون ١٩٩٨).

• ولدرجة حرارة التخزين أثناء فترة انخفاض تركيز الأكسجين إلى المستوى المنخفض الذى يحدث معه التنفس اللاهوائى تأثير كبير على إنتاج الميثان ثيول، حيث يزداد إنتاجه فى درجة الصفر المئوى، وفى ٧,٥°م مقارنة بـ ٢٥ أو ٥°م، كما يزيد إنتاجه فى حرارة ٥٥°م، وينخفض فى حرارة ٤٠، و ٤٥°م، وينعدم فى ٦٠°م (Obenland وآخرون ١٩٩٥)

• وجدير بالذكر أن عديدًا من الكائنات الدقيقة اللاهوائية التنفس يمكنها إنتاج الميثان ثيول إلى درجة أن ذلك حدا بالبعض إلى الاعتقاد بأن هذا المركب ينتج فى البروكولى – المخزن فى الجو المعدل – بواسطة الكائنات الدقيقة التى تلوثه سطحيًا، إلا أنه ثبتت قدرة بادرات البروكولى المعقمة على إنتاج المركب (Forney وآخرون ١٩٩٣).

• كذلك أوضحت دراسات Derbali وآخرون (١٩٩٨) أن بادرات البروكولى المعقمة تنتج – فى الظروف اللاهوائية – الغازات: ميثان ثيول، وداى ميثيل سلفيد، وداى مثيل داى سلفيد، وهيدروجين سلفيد، مما يثبت أن تلك الغازات ذات الرائحة المنفرة ذات أصل نباتى

• ولا يقتصر إنتاج الميثان ثيول methanethiole – وهو المركب الرئيسى المسئول عن

الرائحة الكريهة التى تتكون فى البروكولى المخزن فى ظروف يقل فيها تركيز الأكسجين عن ٠,٥٪ – لا يقتصر إنتاجه على البروكولى، فقد أنتجته عديد من الخضر الصليبية الأخرى، ولكن تدرج تركيزه فى الانخفاض حسب الترتيب التالى للخضر: براعم البروكولى، ثم أنصال أوراق الكرنب الصينى (pak choi)، ثم الكرنب ذات الأوراق المجعدة، ثم الـ broccoflower، ثم الكرنب الأخضر والأحمر. أما سيقان (حوامل نورات) البروكولى، والكيل، وكرنب بروكسل، وأعناق أوراق الكرنب الصينى (pak choi)، وجذور الروتاباجا، وأقراص القنبيط، والكرنب الصينى (Chinese cabbage)، والسيقان المتدرنة للكرنب أبو ركبة فقد كان إنتاجها من الميثان ثيول أقل من ٣٪ من إنتاج البراعم الزهرية للبروكولى. كذلك كانت الأنسجة الخضراء أكثر إنتاجًا للميثان ثيول عن الأنسجة غير الخضراء. ولم يرتبط إنتاج الخضر اللاهوائى للإيثانول مع إنتاجها من الميثان ثيول كذلك استحثت الظروف الهوائية إنتاج الداى مثيل داى سلفيد، والداى مثيل تراى سلفيد وكان الكرنب الأخضر أكثر الصليبيات إنتاجًا للداى مثيل داى سلفيد، وتلاه الكرنب الأحمر وبراعم البروكولى الزهرية. هذا بينما كان الارتباط قويًا بين إنتاج الداى مثيل تراى سلفيد والميثان ثيول (Forney & Jordan ١٩٩٩).

الشحن

يتعين تبريد الحاويات التى تستخدم فى شحن البروكولى إلى الصفر المئوى، على ألا تزيد حرارتها عن ١°م، مع ٩٥٪–١٠٠٪ رطوبة نسبية، ومع التهوية بمعدل ٦٠م³/ساعة (٣٥ قدم³/دقيقة) للحاويات الـ ٢٠ قدمًا، وبمعدل ١٢٠م³/ساعة (٧٠ قدم³/دقيقة) للحاويات الـ ٤٠ قدمًا يحتفظ البروكولى بجودته فى هذه الظروف لمدة ٣٥–٥٠ يومًا هذا مع العلم بأن البروكولى يتجمد على حرارة –٠,٦°م (Optimal Fresh ٢٠٠١ – الإنترنت).

البروكولى المجهز للمستهلك

يجهز البروكولى الطازج للمستهلك fresh-cut على صورة زهيرات florets (وهى مجموعة صغيرة من البراعم الزهرية تمثل أحد الفروع الصغيرة للنورة)

يجب أن تكون الزهيرات المجهزة مندمجة وممتلئة turgid غير ذابلة، وخضراء قاتمة اللون، ولا يظهر بها أى براعم متفتحة، كما يجب ألا يظهر بها أى رائحة كبريتية أو أى تلون غير طبيعى بامتداد ساق الزهيرة ونهايته المقطوعة

ويجب أن تكون حرارة مركز ساق الزهيرة فى البروكولى الخام أقل من ١,٥°م، أما بعد تجهيزه للاستعمال الطازج فإنه يخزن على ١–٣°م لحفظ الجودة ولتقليل أى احتمال لتجمده أثناء التداول، والتوزيع، والتخزين

يعد الاصفرار أحد المشاكل الشائعة، وهى التى تنتج من فقد الكلوروفيل، أو تفتح البراعم كذلك فإن الأسطح المقطوعة والسيقان المضارة قد تكتسب لونًا أسودًا أثناء التخزين كما أن تكون روائح منفرة قد يصبح مشكلة رئيسية إذا ما استعملت عبوات الجو المعدل MAP هذا مع العلم بأن ارتفاع درجة الحرارة عن المدى الموصى به أو تقلبها نحو الارتفع يحفز الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى ونمو الأعفان الفطرية

وعند تجهيز رؤوس البروكولى فإنها تقطع إلى زهيرات يتراوح طولها بين ٢,٥ إلى ٥سم تغسل تلك الزهيرات فى ماء يحتوى على كلورين كلى بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون لغسيل المواد المتبقية من الزهيرات ذاتها وكذلك لخفض العد الميكروبى (Barth وآخرون ٢٠٠٤)

إن مزايا تخزين البروكولى المجهز للمستهلك فى الجو المتحكم فيه (٥٪ أكسجين + ٤٪ ثانى أكسيد الكربون) قد تكون هامشية عندما يكون التخزين لمدة ١٤ يومًا على صفر–٥°م مقارنة بالهواء العادى ويؤدى خفض الأكسجين إلى٠,٢٥٪ أو زيادة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ على صفر–٥°م إلى خفض معدل التنفس بمقدار النصف تقريبًا وقد أدى استعمال غشاء بوليميرى polymeric film مناسب لعبوات الجو المعدل MAP إلى المحافظة على اللون الأخضر للزهيرات على صفر–٥°م لأكثر من ٢١ يومًا هذا مع العلم أنه قد تتكون رائحة منفرة قوية وتتلون الأطراف المقطوعة بشدة أثناء التخزين فى الـ MAP على ١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٢,٥٪ – أو أقل – أكسجين. ويفيد استخدام الأغشية المثقبة – ولو

بثقوب دقيقة جدًا micro perforation — فى الحد من تكون الرائحة المنفرة ويساعد إبقاء تركيز الإثيلين أقل من ١–١٠ أجزاء فى المليون فى تقليل فقد اللون جوهريًا على حرارة ١ °م، ولكن ذلك لم يكن مؤثرًا فى الحرارة الأعلى من ذلك

وعلى الرغم من ارتفاع العد الميكروبى للبروكولى المجهز للاستعمال — حيث يزيد — عادة — عن ١٠٠ ألف cfu (وحدة تكوين مستعمرة نمو على البيئات الصناعية) لكل جرام واحد من المنتج الطازج — فإنه لم تظهر أى مشاكل صحية لاستعمال البروكولى المجهز

ويختلف معدل تنفس البروكولى المجهز للمستهلك حسب حرارة التخزين، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم من المنتج فى الساعة)
صفر	٢٦
٥	٤٤
١٠	٧٨

كما أظهرت دراسات Bastrash وآخرون (١٩٩٣) أن تجزئة رؤوس البروكولى إلى أجزاء نورية صغيرة florets — كنوع من التصنيع الجزئى minimal processing أحدث زيادة فى معدل التنفس خلال كل فترة التخزين فى الهواء على ٤°م، بسبب التجريح الذى حدث بها. وقد أدى تخزين تلك الأجزاء النورية فى هواء يحتوى على ٦٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين إلى ٧ أسابيع مقارنة بخمسة أسابيع فقط فى الهواء كذلك أظهرت الدراسة أن التصنيع الجزئى لم يغير من الظروف المثلى للتخزين، بما يعنى أن توصيات تخزين رؤوس البروكولى الكاملة تصلح أيضًا لتخزين الرؤوس المصنعة جزئيًا

الكرنب الصينى

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

تكمل نباتات الكرنب الصينى نموها وتكون جاهزة للحصاد بعد نحو ٤٥ يومًا من

الشتل بالنسبة لأصناف الخردل الصينى، وبعد ٢-٣ أشهر من الشتل بالنسبة لأصناف الكرنب الصينى ويتم الحصاد فى كليهما بقطع النبات – بالسكين – أسفل الرأس بقليل. وإذا تأخر الحصاد – فإن النباتات قد تتجه نحو الإزهار، وبذا تفقد قيمتها الاقتصادية.

يفضل إجراء الحصاد فى الصباح الباكر، مع عدم ترك النباتات معرضة للشمس بعد حصادها

العيوب الفسيولوجية السابقة للحصاد

إن من بين أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالكرنب الصينى – بسبب تعرضه لظروف معينة قبل الحصاد – وتؤثر فى جودته، ما يلى

احتراق حواف الأوراق

لتلك الظاهرة علاقة بكل من توفر الظروف المحفزة للنمو السريع، مع نقص الكالسيوم فى التربة، أو توفر العنصر ولكن مع نقص امتصاصه بسبب تعرض النباتات لظروف جفاف أو زيادة فى الملوحة الأرضية، أو توفر الكالسيوم وامتصاصه ولكن فى ظروف النتح الشديد (الجو الحار الجاف) الذى يتوجه فيها كل الماء الممتص – مع ما يحمله من كالسيوم – نحو الأوراق الخارجية التى يزداد فيها النتح

بقع الفلفل

تظهر أحيانًا على أوراق الكرنب الصينى وأعناق أوراقه بقع صغيرة سوداء بشكل بذرة السمسم تؤثر سلبيًا على قيمته التسويقية تعرف باسم "بقع الفلفل" pepper spot ومن بين مسببات هذه الحالة الفسيولوجية غزارة التسميد الآزوتى، والتسميد الآزوتى بعد تكوين الرؤوس، وزيادة النحاس، ونقص الحديد (عن Etoh ١٩٩٤)

اصفرار العرق الوسطى والتفاف الأوراق

تفرز صغار (حوريات) الذبابة البيضاء (من النوع *Bemisia argentifolii*) أثناء

تغذيتها سمًا أو سمومًا بطيئة التحرك فى النبات، تؤدى إلى اصفرار العرق الوسطى للورقة المصابة والتفافها وإذا ما أزيلت الصغار من على النباتات التى تظهر بها هذه الأعراض، ثم عوملت بمبيد حشرى لوقف أية إصابات جديدة بالحشرة، فإن النموات الجديدة تكون خلوًا من تلك الأعراض (Costa وآخرون ١٩٩٣).

تحلل الكلوروفيل

يؤدى تعرض نباتات الكرنب الصينى لدرجات حرارة مرتفعة قبل الحصاد إلى سرعة تحلل الكلوروفيل أثناء التخزين، بينما يؤدى تعرضها للوحة عالية إلى زيادة احتفاظها بالكلوروفيل خلال الفترة الأولى من التخزين (Mahmud وآخرون ١٩٩٩).

التخزين المبرد العادى

يمكن تخزين الكرنب الصينى على حرارة صفر°م ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪ لمدة ٤-٦ شهور (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وقد تراوحت درجة التخزين المثلى بين صفر، و ٣°م، حيث احتفظت الرؤوس بصلاحيتها للتسويق لمدة ١٠٠ يوم (Grzegorzewska وآخرون ١٩٩٨)

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته والجو المعدل

أدى تخزين الكرنب الصينى فى ٠,٥٪ أو ٢,٥٪ ثانى أكسيد كربون مع ١٪ أكسجين إلى ظهور طعم ردئ ورائحة غير مقبولة، بينما أعطى التخزين فى ٥٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون أفضل النتائج (عن Lougheed ١٩٨٧)

وكان أفضل جو متحكم فى مكوناته لتخزين الكرنب الصينى هو الذى احتوى على ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، حيث احتفظت الرؤوس بصلابتها، وقل فقدها للكلوروفيل، وكانت مازالت صالحة للتسويق بعد ٦٠ يومًا من التخزين (Yang & Pek ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى كانت أفضل الظروف لتخزين الكرنب الصينى بحالة جيدة هى ٢ ٥ ٪ ثانى أكسيد كربون + ١,٥٪–٣٪ أكسجين وأدت زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٪ إلى زيادة الإصابة بالأعفان. كما كانت حرارة تخزين مقدارها ٢°م أفضل من الصفر المئوى (Adamicki & Gajewski ١٩٩٩)

أما بالنسبة للمسترد الصينى pak-choi فقد حافظ على جودته بصورة أفضل فى الأكياس المثقبة عما فى الكنترول. وكانت أفضل ظروف الجو المعدل لتخزينه هى ٢٪ أكسجين مع ٢٪ ثانى أكسيد كربون، حيث حافظ المنتج على جودته لمدة ٩ أيام على ٢°م وأدت معاملة الباك شوى بالماء الساخن على ٤٦°م لمدة ٨–١٠ دقائق قبل التخزين إلى تقليل الاصفرار بعد ذلك خلال ٧ أيام من التخزين على ٢°م كذلك أدت إزالة الإثيلين أثناء التخزين إلى تحسين نوعية المنتج (Shen وآخرون ١٩٩٩)

التغيرات المصاحبة للتخزين

أظهر الكرنب الصينى المخزن فى الحرارة العالية (٢٠ ± ١ أ ٢٥ ± ٥ °م) ارتفاعًا كلايمكتيريًا فى كل من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى نشاط إنزيمى الـ superoxide dismutase والكاتاليز catalase، وفى محتوى حامض الأسكوربيك والكاروتينات، مع زيادة فى محتوى الـ malondialdehyde وفى نفاذية الأغشية الخلوية، وتقدم فى شيخوخة المنتج وبالمقارنة لم تحدث الزيادة الكلايمكتيرية فى حرارة ١٠ ± ١ أو ٥ ± ١°م (Yu & Xi ١٩٩٧أ، و ١٩٩٧ب)

ولم يفقد الكرنب الصينى المجهز جزئيًا للاستهلاك (minimum processing) سوى ١٣٪ من محتواه من حامض الأسكوربيك فى نهاية فترة التخزين على ٤°م (Klieber & Franklin ٢٠٠٠)

وقد ازداد تركيز حامض الأبسيسك abscisic acid فى الكرنب الصينى بعد التخزين فى درجة الصفر المئوى فى الهواء، ولكن تلك الزيادة انخفضت عندما كان التخزين فى هواء يحتوى على ١٪ أكسجين، فقد كان محتوى أنصال الأوراق الخارجية من الحامض

فى الرؤوس المخزنة فى ١٪ أكسجين أقل من نصف محتواها عند التخزين فى الهواء العادى. كذلك ساعد خفض نسبة الأكسجين فى تأخير اصفرار الأوراق الخارجية وحافظ على الكلوروفيل عند مستوى أكثر ارتفاعًا (Wang & Ji ١٩٨٨)

كذلك صاحب تخزين الكرنب الصينى فى حرارة الغرفة (٢٠°م) لفترة طويلة (٤٥ يومًا) انخفاضًا كبيرًا فى محتوى الأوراق من النترات nitrate، فى الوقت الذى تراكم فيه النيتريت nitrite، ولكن هذا التحول — وهو تحول ضار بصحة الإنسان — تم وقفه بتخزين الرؤوس فى حرارة منخفضة مع تعبئتها فى أغشية البوليثيلين (Yang وآخرون ٢٠٠٠).

الكولارد والكيل

التنبؤ بموعد الحصاد

كانت أفضل طريقة للتنبؤ بموعد أول حصاد فى الكولارد بأقل قدر من معامل الاختلاف coefficient of variation، هى بجمع الفرق بين أعلى درجة حرارة ودرجة حرارة أساس مقدارها ٤ ١٣°م يوميًا خلال الفترة من الزراعة إلى الحصاد.وإذا كانت الحرارة العظمى أعلى عن ٢٣,٩°م فإن حرارة الأساس تطرح من حرارة عظمى معدلة تساوى ٢٣,٩°م، ثم يطرح الفرق بين الحرارة القصوى، و ٢٣,٩°م أعطت هذه الطريقة الأخيرة معامل اختلاف قدره ٩,١٪ مقارنة بنحو ١١,٤٪ للطريقة القياسية بجمع الفرق بين متوسط درجة الحرارة وحرارة أساس ٤,٤°م يوميًا من الزراعة إلى الحصاد. ومقارنة بمعامل اختلاف قدره ٤ ١٣٪ بحساب عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد (Dufault وآخرون ١٩٨٩)

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

تصبح النباتات جاهزة للحصاد بعد ٢-٣ أشهر من الزراعة حسب الصنف.

يعتبر الكولارد مكتمل النمو حينما يكون النبات مجموعة متزاحمة من الأوراق فى

تاجه ويمكن حصاد النباتات آليًا أو يدويًا وبعد الحصاد تتم إزالة الأوراق الخارجية المتحللة والمصابة بالأضرار، ويكفى ترك أربع أوراق مغلفة للأوراق المتراحمة المركزية

أما الكيل – الذى يعامل مثل الكولارد – فيمكن حصده بواحدة من ثلاث طرق النبات الكامل، والأوراق المتزاحمة معًا، والأوراق الفردية وفى كل الحالات يتعين التخلص من الأوراق الصفراء والمصابة بالأضرار فى الحقل

يحصد الكولارد إما على صورة أوراق فردية أو رؤوس ويمكن تعبئة الأوراق المفردة – التى تكون بحجم مناسب وفى درجة مناسبة من اكتمال التكوين. سائبة أو فى حزم بكل منها ٨–١٢ ورقة تربط معًا بأستك أما الرؤوس الكاملة فإنها تحصد عندما يتكون بها ١٦–٢٠ ورقة ويجب التخلص من جميع الأوراق التى تظير بها أى نوع من الأضرار (Boyette وآخرون ١٩٩٢)

التداول

يتعين تبريد المحصول أوليًا بطريقة التبريد تحت التفريغ

وقد أدى تعريض الكيل بعد الحصاد للهواء الرطب على حرارة ٤٥°م لمدة ٣٠ دقيقة إلى المحافظة على نوعية المنتج وجودته، وتأخير الاصفرار، وتقليل فقد السكريات والأحماض العضوية لدى تخزينه – بعد المعاملة – على حرارة ١٥°م (Wang ١٩٩٨)

كذلك أدى تعريض الكولارد لهواء رطب على حرارة ٤٠°م لمدة ساعة إلى تأخير اصفرار المنتج والمحافظة على الأوراق من الارتخاء (Wang ١٩٩٨)

التخزين

يخزن الكبل والكولارد على درجة الصفر المئوى مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن يحتفظ المنتج بجودته تحت هذه الظروف لمدة ١٠–١٤ يومًا

وتؤدى تعبئة الكيل والكولارد فى عبوات مبطنة بالبوليثيلين وإضافة الثلج المجروش إليها إلى احتفاظها بجودتها لمدة ٣ أسابيع على درجة الصفر المئوى، ولمدة أسبوع واحد

على ٤.٤°م، ولمدة ثلاثة أيام فقط على ١٠°م هذا . ويقل الفقد فى حامض الأسكوربيك من المنتج كلما تأخر ذبول الأوراق خلال فترة التخزين.

الكرنب بروكسل

العيوب الفسيولوجية السابقة للحصاد

يصاب كرنب بروكسل – مثل الكرنب والكرنب الصينى – بالعيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم احتراق قمة الأوراق tipburn. وهو ينتج عن نقص وصول الكالسيوم إلى الأوراق الداخلية بالكرينبات مما يؤدى إلى احتراقها.

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

يبدأ الحصاد بعد الشتل بنحو ٣–٣,٥ شهرًا، ويستمر لمدة شهر أو أكثر. تحصد الكرينبات الناضجة أولاً – وهى السفلية – قبل اصفرارها ثم تحصد الكرينبات التالية لها فى النضج أولاً بأول

ويعرف النضج بوصول الكرينبات إلى أكبر حجم لها، وهو عندما يبلغ قطرها من ٣–٥ سم حسب الصنف. ويؤدى تأخير الحصاد لحين اصفرار الأوراق السفلى إلى تليف البراعم وتدهور نوعيتها.

ويجرى الحصاد بكسر الورقة التى يوجد البرعم فى إبطها ثم قطع البرعم ويستمر النبات فى تكوين أوراق – وكرينبات جديدة – من أعلى أثناء حصاده من أسفل.

وقد أمكن إنتاج أصناف من الكرنب بروكسل تكمل فيها جميع الكرينبات نموها وتكون جاهزة للحصاد فى نفس الوقت، بما يسمح بحصادها آليًا.

صفات الجودة

يبلغ قطر كرينبات الكرنب بروكسل ذو الجودة العالية حوالى ٢,٥ سم يجب أن

تكون الأوراق الداخلية صفراء فاتحة اللون ومندمجة معًا دون تواجد لجيوب هوائية كبيرة بينها، الأمر الذى يحدث عند نمو الساق الداخلية (Forney & Toivonen ٢٠٠٤)

كما يتميز كرنب بروكسل ذو النوعية الجيدة باللون الأخضر الزاهى دون اصفرار أو تغيرات لونية، مع القوام الصلب. وقد يتغير لون طرف ساق الكرينية قليلاً، ولكن دون أن يكون داكنًا يجب أن يكون كرنب بروكسل حلوًا غير حريف بعد طهيه تختلف المرارة باختلاف الأصناف. وهى ترتبط بوجود تركيزات عالية من جلوكوسينولات معينة (هى السينجرين sinigrin والبروجويترين progoitrin) (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

معالجة اصفرار أوراق الكرينبات قبل الحصاد وبعده

يعنى اصفرار أوراق كرينبات الكرنب بروكسل قبل الحصاد ضرورة بذل جهد إضافى فى التخلص من تلك الأوراق لكى يكون المنتج عالى الجودة

ويلعب التسميد الآزوتى الجيد – وخاصة عند بداية نمو الكرينبات وقبل الحصاد بفترة قصيرة – دورًا هامًا فى زيادة محتوى أوراقها من الكلوروفيل عند الحصاد وإبطاء معدل اصفرارها أثناء التخزين (عن Everaarts & Vlaswinkel ٢٠٠٠)

وكما أسلفنا فإنه يحدث اصفرار بأوراق كرينبات الكرنب بروكسل بعد الحصاد وتزداد سرعة الاصفرار مع التأخير فى عملية الحصاد، ويرتبط إيجابيًا بحجم الكرينبات عند الحصاد وقد وجد فى الصنف المبكر Maximus أن الوقت الذى يمر حتى تصفر ٢٥٪ من الكرينبات ارتبط سلبيًا مع عمر المحصول عند الحصاد، بينما لم يوجد ذلك الارتباط فى الصنف المتأخر Philemon. ويبدو أن عمر الكرينبات عند الحصاد هو العامل السائد المحدد لسرعة اصفرارها بعد الحصاد (Everaarts & Vlaswinkel ٢٠٠٠)

هذا ولم تؤثر المعاملة بالحرارة العالية بين ٤٠، و ٥٥°م لمدة ٣٠–٩٠ دقيقة فى الهواء الرطب لم تؤثر تأثيرًا يذكر على معدل شيخوخة الكرينبات أو جودتها أثناء التخزين بعد المعاملة على ١٥°م (Wang ١٩٩٨)

التنفس

يتباين معدل تنفس كرنب بروكسل (بالملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) حسب درجة الحرارة، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	٥-١٥
٥	١١-٢٤
١٠	٢٠-٤٠
١٥	٣٠-٥٠
٢٠	٤٥-٧٥

يقل إنتاج الكرنب بروكسل للإثيلين عن ٠,٢٥ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢,٥-٥°م. ويزداد معدل إنتاج الإثيلين عند ظهور أى اصفرار بالكرينبات (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

ويعد الكرنب بروكسل حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية، حيث يؤدى إلى إحداث تحلل سريع بالكلوروفيل، واصفرار الأوراق وسقوطها، مع زيادة فى طول السلاميات التى توجد بداخل الكرينبات؛ مما يجعلها تبدو متفتحة، وهى الحالة التى توصف فيها الكرينبات بأنها "منفوخة" blown. وتلك الكرينبات تكون عديمة القيمة التجارية (عن Thompson ٢٠٠٣).

التبريد الأولى

غالبًا ما يبرد كرنب بروكسل أوليًا بالماء المثلج، كما يمكن تبريده بالدفع الجبرى للهواء

التخزين

التخزين المبرد فى الهواء العادى

يمكن تخزين الكرينبات بحالة جيدة لمدة ٣-٥ أسابيع فى درجة الصفر إلى ١°م،

ورطوبة نسبية تتراوح من ٩٥٪–٩٨٪، مع توفير تهوية جيدة ويؤدى رفع حرارة التخزين إلى ١٠°م إلى اصفرار الكرينبات، كما تؤدى زيادة فترة التخزين عن خمسة أسابيع إلى ظهور بقع صغيرة سوداء اللون على الكرينبات التى تفقد – أيضًا – لونها الأخضر، وتذبل وتتعفن ونظرًا لأن الكرنب بروكسل من الخضر التى تفقد رطوبتها بسرعة – حتى فى ظروف التخزين الجيدة، لذا تفيد تعبئته فى أكياس بلاستيكية أثناء التخزين

كذلك تتناقص فترة الصلاحية للتخزين – بشدة – مع ارتفاع الحرارة عن ١°م، إلى أن تصل إلى ثلاثة أيام فقط على ٨°م.

هذا ويتجمد كرنب بروكس على حرارة –٠,٦°م، ويؤدى التجمد الخفيف إلى ظهور مساحات صغيرة داكنة اللون وشفافية بالأوراق الخارجية، أما التجمد الشديد فيؤدى إلى ظهور تلك الأعراض على كل الكرينبة، مع إصابتها بالعفن الطرى البكتيرى بعد تفككها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

يستفيد كرنب بروكسل من خفض الأكسجين إلى ١٪–٤٪ وزيادة ثانى أكسيد الكربون إلى ٥٪ إلى ١٠٪ على ٢,٥–٥°م. وأهم أوجه الاستفادة هى تأخير الاصفرار والتحلل، وتلون أعناق الكرينبات وتثبيط إنتاج الإثيلين هذا إلا أن كرنب بروكسل لا يستفيد من الجو المتحكم فى مكوناته إذا كان التخزين على الصفر المئوى. وقد يؤدى خفض الأكسجين إلى أقل من ١٪ إلى زيادة مرارة الكرنب بروكسل بشدة، كما قد تحدث تغيرات لونية داخلية بالكرينبات. كذلك فإن التخزين فى ١٠٪–١٢٪ ثانى أكسيد كربون قد يؤدى إلى ظهور روائح غير مرغوب فيها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته وفى الجو المعدل

يفيد رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن فى تثبيط اصفرار الكرينبات وتأخير تغير لون سطح القطع فى ساقها وتأخير تعفنه

كذلك وجد أن إنتاج الإثيلين توقف تقريبًا خلال فترة تعرض المحصول المخزن للتركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون، ولكنه ازداد بشدة أثناء تهوية المحصول بعد إخراجه من المخزن

وقد توصل Lipton & Mackay (١٩٨٧) إلى أن نسبة الأكسجين المخفضة (٢٪) تؤخر اصفرار الكرينبات، بينما تحد نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة (١٠٪) من الإصابة بالأعفان، ولذا .. فإن الجمع بين نسبة الأكسجين المنخفضة ونسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة كان أفضل بكثير من التخزين فى الجو العادى سواء أكان ذلك على حرارة ٥°م أو ٧,٥°م. علمًا بأن الكرينبات احتفظت بلونها الجيد لمدة ٤ أسابيع على حرارة ٢,٥°م سواء أكان تخزينها فى الهواء المتحكم فى مكوناته، أم فى الهواء العادى. وأدى نقص نسبة الأكسجين إلى ٠,٥٪ إلى تلون أوراق القلب أحيانًا بلون أخضر، واكتساب الأجزاء غير الخضراء طعمًا شديد المرارة

ويوصى عند الرغبة فى التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته أن يتراوح تركيز ثانى أكسيد الكربون بين ٥٪، و ٧٪، وأن يبلغ تركيز الأكسجين حوالى ٢,٥٪ (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ومن المناسب تعبئة كرينبات الكرنب بروكسل فى أغشية تسمح بتبادل الغازات بالقدر الذى يتكون معه جو معدل تزيد فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون وتنخفض نسبة الأكسجين إلى الحدود المرغوب فيها، بغرض زيادة قدرتها على تحمل التخزين. ومن الأغشية المناسبة لذلك ما تعرف بالبوليثيلين سيراميك PE-ceramic، والتى أمكن باستعمالها فى تعبئة الكرينبات تخزينها لمدة ١٦ أسبوعًا على حرارة الصفر، و ١١ أسبوعًا على حرارة ٥°م، و ١١ يومًا على حرارة ٢٠°م، بينما استمر تخزينها فى أغشية البوليثيلين العادية لمدة أسبوع واحد فقط على حرارة ٢٠°م (Park وآخرون ١٩٩٣).

التصدير

يجب أن يكون الكرنب البروكسل المعد للتصدير إلى السوق الأوروبية المشتركة نظيفًا،

وخاليًا من الأعفن، وطازجًا فى مظهره، وخاليًا من أى مواد غريبة، ومن الحشرات والطفيليات، ومن الرطوبة الخارجية الحرة غير العادية، ومن الروائح الغريبة والطعم الغريب، وأن تكون الكرينبات كاملة

ويجب أن تكون ساق الكرينبات مقطوعة أسفل مستوى الأوراق الخارجية مباشرة، وأن يكون مكان القطع نظيفًا ومستويًا

ويجب أن تكون الكرينبات فى حالة تسمح لها بتحمل عمليات الشحن والتداول والوصول بحالة جيدة للعرض بالأسواق

ويقسم الكرنب البروكسل المعد للتسويق بالسوق الأوروبية المشتركة إلى ثلاث درجات، كما يلى:

الدرجة الأولى Class I

يجب أن تكون كرينبات الدرجة الأولى صلبة، ومغلقة، وخالية من أضرار الصقيع كما يجب أن تكون الكرينبات المشذبة جيدة التلوين، بينما يسمح ببعض التغير اللونى الخفيف فى الأوراق القاعدية بالكرينبات غير المشذبة كذلك يُسمح بالأضرار الخفيفة بالأوراق الخارجية، وهى التى قد تنتج عن الحصاد، والتدريج، والتعبئة شريطة ألا تؤثر على الحالة الجيدة للمنتج

٢- الدرجة الثانية Class II

تتضمن هذه الدرجة الكرينبات التى لا تصلح لوضعها فى الدرجة الأولى. حيث تكون أقل صلابة، وأقل انغلاقًا ولكنها ليست مفتوحة، وقد تظهر بها أضرار بسيطة من جراء الصقيع

٣- الدرجة الثالثة Class III:

تتضمن هذه الدرجة الكرينبات التى لا تصلح لوضعها فى الدرجة الثانية. حيث قد يظهر بها بعض التغير اللونى، وبعض الجروح البسيطة، والقليل جدًا من الأضرار المرضية والحشرية. كما قد يعلق بها آثار من التربة، وقد تظهر بها بعض أضرار الصقيع

ويتم التدريج حجميًا حسب أكبر قطر بالجزء الاستوائى من الكرينبة. ويكون الحد الأدنى للقطر المناسب هو: ١٠ مم للكرينبات المشذبة من الدرجتين الأولى والثانية، ولكرينبات الدرجة الثالثة سواء أكانت مشذبة أم غير مشذبة، و ١٥ مم للكرينبات غير المشذبة من الدرجتين الأولى والثانية. ويجب ألاّ يزيد الفرق فى القطر بين أصغر الكرينبات وأكبرها فى العبوة الواحدة من الدرجة الأولى عن ٢٠ مم.

هذا .. ويسمح فى الدرجة الأولى بنحو ١٠٪ بالوزن من الكرينبات التى لا ينطبق عليها شروط الدرجة الأولى، ولكنها تفى بشروط الدرجة الثانية، كما يسمح بنحو ١٠٪ بالوزن من كرينبات الدرجة الثانية التى لا تفى بشروطها، شريطة ألا تكون مصابة بالأعفان أو متدهورة إلى درجة تجعلها غير صالحة للاستهلاك كذلك يسمح بنحو ١٥٪ من كرينبات الدرجة الثالثة التى لا تفى بشروطها، شريطة ألا تكون متعفنة أو متدهور إلى درجة لا تصلح معها للاستهلاك

وفى جميع الدرجات يسمح بنحو ١٠٪ بالوزن من الكرينبات التى لا تطابق متطلبات الحجم.

كرنب أبو ركبة

الحصاد وصفات الجودة

يحصد كرنب أبو ركبة وهو صغير الحجم والعمر لأن المكتمل التكوين يكون متخشبًا وقويًا وتعد قواعد الأوراق دليلاً جيدًا على الجودة؛ فهى يجب أن تكون عصيرية وغضة. ويتراوح القطر المناسب للكرنب أبو ركبة بين ٥-٦ سم فى الأصناف المبكرة إلى ١٠-١٣ سم فى الأصناف المتأخرة نظرًا لأنها تكون أقل قابلية لأن تصبح متخشبة.

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس كرنب أبو ركبة حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	١٠
٥	١٦
١٠	٣١
١٥	٤٦

ويقل إنتاج كرنب أبو ركبة من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠ °م، كما أنه قليل الحساسية للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية

التبريد الأوّلى

يمكن تبريد الكرنب أبو ركبة أوليًا بالماء المثلج أو بإضافة الثلج المجروش إلى العبوات، أو بطريقة الدفع الجبرى للهواء سواء أكان بالأوراق، أم بدونها

التخزين

يمكن تخزين كرنب أبو ركبة بدون أوراقه لمدة ٢–٣ شهور على الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٨٪–١٠٠٪، ولكن فترة الصلاحية للتخزين – تحت تلك الظروف تقصر إلى ٢–٤ أسابيع فقط إذا كان بأوراقه. ويمكن إطالة فترة التخزين بتعبئة كرنب أبو ركبة فى أغشية مثقبة؛ لأجل المساعدة على بقاء الرطوبة النسبية عالية، ولكن كرنب أبو ركبة لا يستفيد من الجو المتحكم فى مكوناته CA. كذلك لا يعد كرنب أبو ركبة حساسًا لأضرار البرودة، ولكنه يتجمد على –١°م

هذا ويتخشب كرنب أبو ركبة إذا ما خزن لفترة تزيد عما يُتوقع له، أو عند انخفاض الرطوبة النسبية فى المخزن عن الحدود الموصى بها (Toivonen & Forney ٢٠٠٤)

التجريح

تُعد المعاملة الحرارية وسيلة لتأخير اصفرار الخضر الورقية والمحافظة على جودتها

بعد الحصاد. ولقد وجد فى الجرجير *Eruca sativa* أن معاملة أوراقه بماء الصنبور المدفأ على ٥٠°م لمدة ٢٠–٤٠ ثانية أخّر اصفرار الأوراق دون إحداث أى أضرار بها. وعلى الرغم من أن المعاملة الحرارية على ٥٠°م لمدة ٣٠ ثانية أسرعت من إنتاج الإثيلين فى عبوات الجرجير، فإنها أطالت فترة حياة المنتج على ٨°م من ٥ أيام فى الكنترول غير المعامل إلى ١٠ أيام فى المعامل، دون إحداث المعاملة لأى تأثير يذكر على صفات الجودة (Siomos وآخرون ٢٠٠٩)