التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

يبين جدول (٢١-١٠) تقسيمًا لمحاصيل الخضر حسب فترة التخزين المختلفة لها.

جدول (٢١-١٠) تقسيم محاصيل الخضر حسب درجة الحرارة المثلى للتداول والتخزين، وطول فترة التخزين الممكنة (عن عبدالقادر ١٩٨٦)

طول فترة التخزين الممكنة	درجات الحرارة المثلى للتداول والتخزين (°م)			
	صفر	٥	١٠	١٣
أقل من أسبوع	البسلة – الفول البلدى الأخضر – البصل الأخضر – الفراولة		الطماطم المكتملة – التلوين	
١-٢ أسبوع	الخرشوف – السبانخ – الخس الورقى – البروكولى – عيش الغراب	القاوون – اللوبيا الخضراء	الخيار – قرع الكوسة الطماطم (نصف – الفلفل – الباذنجان تلون) – البامية	
٢-٣ أسابيع	الأسبرجس – الكرفس – الشيكوريا – الخس – الكرنب		كيزان العسل – الشمام الطماطم (أقل من – البطيخ – القثاء – ربع تلون)	
٣-٤ أسابيع	القنبيط – الفجل – البقدونس			الطماطم المكتملة النمو الخضراء
٤-٦ أسابيع	الكرنب – الكرنب الصينى – الكرات			
أكثر من ٦ أسابيع	الجزر – بنجر المائدة – اللفت – الطرطوفة – البصل – الثوم	البطاطس (للاستهلاك الطازج)	البطاطس (للتصنيع)	البطاطا – القلقاس – القرع العسلى

ويبين جدول (٢١-١١) درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لتخزين مختلف محاصيل الخضر.

جدول (٢١-١١): درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لتخزين محاصيل الخضر، وفترة التخزين التى تظل خلالها الخضر بحالة جيدة تحت هذه الظروف.

الخضر	الظروف المناسبة للتخزين		فترة التخزين
	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	
الخرشوف	صفر	٩٥	٢-٤ أسابيع

الطرطوفة	صفر	٩٠–٩٥	٢–٥ شهور

تابع جدول (٢١–١١).

	الظروف المناسبة للتخزين		
الخضر	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	فترة التخزين
الأسبرجس	صفر–٢	٩٥	٢–٣ اسابيع
فاصوليا الليما	صفر–٤	٩٠	١–٢ أسبوع
الفاصوليا الخضراء	٤–٧	٩٠–٩٥	٧–١٠ أيام
البنجر (بالأوراق)	صفر	٩٥	١٠–١٤ يومًا
البنجر (بدون أوراق)	صفر	٩٥	٣–٥ شهور
البروكولى	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
كرنب بروكسل	صفر	٩٠–٩٥	٣–٥ أسابيع
الكرنب	صفر	٩٠–٩٥	٣–٦ أسابيع
الكرنب الصينى	صفر	٩٠–٩٥	١–٢ شهر
الجزر (بدون أوراق)	صفر	٩٠–٩٥	٤–٥ شهور
القنبيط	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ أسابيع
الكرفس	صفر	٩٠–٩٥	٢–٣ شهور
الكولارد	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
الذرة السكرية	صفر	٩٠–٩٥	٤–٨ أيام
الخيار	٧–١٠	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
الباذنجان	٧–١٠	٩٠	أسبوع واحد
الهندباء	صفر	٩٠–٩٥	٢–٣ أسابيع
الثوم	صفر	٦٥–٧٠	٦–٧ شهور
فجل الحصان	-١ إلى صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٢ شهرًا
الكيل	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
كرنب أبو ركبة	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ أسابيع
الكرات أبو شوشة	صفر	٩٠–٩٥	١–٣ شهور
الخس	صفر	٩٥	٢–٣ أسابيع
القاوون			

الشبكى (¼ انفصال)	٢–٤	٨٥–٩٠	١٥ يومًا
الشبكى (انفصال كامل)	صفر–٢	٨٥–٩٠	٥–١٤ يومًا
الكاسابا	٧–١٠	٨٥–٩٠	٤–٦ أسابيع

تابع جدول (٢١–١١).

الخضر	الظروف المناسبة للتخزين		
	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	فترة التخزين
شهد العسل	٧–١٠	٨٥–٩٠	٣–٤ أسابيع
الفارسى	٧–١٠	٨٥–٩٠	أسبوعان
البطيخ	٤–١٠	٨٠–٨٥	٢–٣ أسابيع
عيش الغراب	صفر	٩٠	٣–٤ أيام
البامية	٧–١٠	٩٠–٩٥	٧–١٠ أيام
البصل (الرؤوس)	صفر	٦٥–٧٠	١–٨ شهور
البصل الأخضر	صفر	٩٠–٩٥	––
البقدونس	صفر	٩٠–٩٥	١–٢ شهر
الجزر الأبيض	صفر	٩٠–٩٥	٢–٦ شهور
البسلة الخضراء	صفر	٩٠–٩٥	١–٣ أسابيع
الفلفل الأخضر	٧–١٠	٩٠–٩٥	٢–٣ أسابيع
الفلفل الأحمر	٤–٧	٩٠–٩٥	أسبوع واحد
البطاطس	٤	٩٠	٤–٥ شهور
القرع العسلى	١٠–١٣	٧٠–٧٥	٢–٣ شهور
الفجل	صفر	٩٠–٩٥	٣–٤ أسابيع
الروبارب	صفر	٩٥	٢–٤ أسابيع
الروتاباجا	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ شهور
السلسفيل	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ شهور
السبانخ	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
الكوسة	٧–١٠	٩٠	٥–١٤ يومًا
قرع الشتاء	١٠–١٣	٥٠–٧٥	١–٦ شهور حسب الصنف

البطاطا	١٣–١٦	٨٥–٩٠	٤–٦ شهور
طماطم خضراء مكتملة التكوين	١٣–٢١	٨٥–٩٠	١–٣ أسابيع
طماطم حمراء	٧–١٠	٨٥–٩٠	٤–٧ أيام
اللفت	صفر	٩٠–٩٥	٤–٥ شهور
الكرسون المائى	صفر–٢	٩٠–٩٥	٣–٤ أيام

لقد كان المتبع فى الماضى هو الاعتماد على التنفس الطبيعى للخضر فى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون وخفض نسبة الأكسجين، مع تنظيم مكونات هواء المخزن بعد ذلك بالتحكم فى التهوية. ويسمى ذلك بـ "التخزين فى الجو المعدل" Modified Atmosphere (MA)، لكن المتبع الآن – غالبًا – هو التحكم التام فى نسب الغازات الموجودة بالمخازن بخلطها بالخارج آليًّا، بالنسبة المرغوبة، ثم دفعها إلى الداخل بانتظام. ويسمى ذلك بـ "التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته" Controlled Atmosphere (CA). ويراعى فى كلتا الطريقتين عدم خلو المخزن تمامًا من الأكسجين لأية فترة، وإلا حدث تنفس لا هوائى، وتكونت مركبات غير مقبولة الطعم نتيجة لذلك. ولا تحفى أهمية أن تكون المخازن ذات الجو المعدل محكمة الإغلاق تمامًا؛ بحيث لا تتسرب منها الغازات.

عادة ما يستعمل عند التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته تركيزًا من الأكسجين يقل عن ٨٪ (مقارنة بتركيز ٢١٪ فى الهواء العادى)، وتركيزًا من ثانى أكسيد الكربون يزيد على ١٪ (مقارنة بتركيز ٠,٠٣٪ فى الهواء العادى)، ويكون الباقى نيتروجينًا (مقارنة بنحو ٧٨٪ فى الهواء العادى)، كما قد يضاف غاز أول أكسيد الكربون – كذلك – بنسبة ٢٪–٣٪، وخاصة أثناء شحن الخس؛ لمنع تغيرات اللون البنى فى الأوراق، ولذلك محاذيره.

وللتخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته أهميته بالنسبة لكل من الحاصلات السريعة التلف، وتلك التى تكمل نضجها بعد الحصاد.

وبرغم نجاح التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته فى عديد من

الحاصلات، إلا أن البعض منها يتأثر بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن، وتظهر بعض العيوب الفسيولوجية بها، وهو الأمر الذى لا يحدث إلاّ فى الأنسجة النباتية الخالية من الكلوروفيل. فمثلاً .. تحدث أضرار بالقنبيط فى جو به ٥٪ CO_2، و ٢٪ O_2، بينما يظل البروكولى بحالة جيدة فى جو بـه ١٠٪ CO_2، و ٠,٢٥٪ O_2. كما يتأثر خس الرؤوس ذو الأوراق السهلة التقصف بجو معدل به ٢٪ CO_2، بينما يتحمل الخس الرومين ذو الأوراق الخضراء نسبة CO_2 تصل إلى ١٢٪ (Isenberg ١٩٧٩).

ويعتقد بصورة عامة أن خفض تركيز الأكسجين (فى صورة CA أو MA) يخفض معدل التنفس بمقدار ٥٠٪ فى حرارة ٢٠–٢٥°م، وبمقدار ٧٤٪ فى الحرارة المنخفضة التى يتحملها المنتج.

التخزين فى الجو المعدل

إن الجو المعدل modified atmosphere (اختصارًا: MA) هو الجو الذى ينخفض فيه تركيز الأكسجين عن التركيز الطبيعى (٢١٪)، ويزيد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون عن التركيز الطبيعى (٠,٠٣٪)، ولكن لا يتم التحكم فى نسب الغازين بصورة دقيقة كما فى حالة الجو المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصارًا: CA).

ويتم توفير الجو المعدل بعدة وسائل، وأكثرها شيوعًا التعبئة فى عبوات من أغشية خاصة تسمح بنقص تركيز الأكسجين فى هواء العبوة – تدريجيًّا – إلى المستوى المناسب، فى الوقت الذى يزيد فيه – تدريجيًّا كذلك – تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء العبوة إلى المستوى المناسب، وتعرف تلك العبوات باسم "عبوات الجو المعدل" modified atmosphere packages (اختصارًا: MAP).

إن تعبئة الخضر والفاكهة الطازجة فى عبوات الجو المعدل يعنى بها وضع المنتجات النشطة فى التنفس داخل عبوات من أغشية بوليمرية polymeric films مع لحامها لكى يصبح الهواء داخل العبوة معدلاً مع تنفس المنتج بداخلها؛ حيث ينخفض تركيز الأكسجين،

ويزاداد فى الوقت ذاته تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ فينخفض بذلك أيض المنتج وما قد يوجد به من مسببات مرضية؛ فتزداد فترة تحمله للتخزين. وإلى جانب ذلك التأثير للـ MAP فإنها تعمل على تحسين المحافظة على رطوبة المنتج، التى قد يكون لها تأثير أكبر على حفظ جودته عن تأثير الهواء المعدل. هذا إلى جانب أن العبوات تعزل المنتج عن الجو الخارجى؛ بما يمنع تعرضه لأى ملوثات مرضية خارجية (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

وتستعمل لذلك أغشية رقيقة نسبيًّا (١٠ ميكرون) لتوفير حاجز أمام فقد بخار الماء دون التأثير فى انتشار أى من الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون أو الإثيلين.

مزايا وعيوب التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

المزايا

يحقق التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته — عندما يكون تركيز غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى المجال المناسب للمحصول – المزايا التالية:

١- تأخير الوصول إلى الشيخوخة (اكتمال النضج) وما يتصل بها من تغيرات حيوية وفسيولوجية؛ مثل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وفقد الصلابة، والمحتوى الكيميائى.

٢- خفض حساسية الثمار لفعل الإثيلين عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٨٪، أو يزيد تركيز ثانى أكسيد الكربون على ١٪، ويكون ذلك التأثير جمعيًّا additive. ولكن يلزم التخلص من غاز الإثيلين المتراكم عندما تمتد فترة التخزين لعدة شهور.

ويكون تأثير الـ CA والـ MA فى تأخير النضج أو منعه أعلى فى الحرارة العالية؛ الأمر الذى يكون له أهمية خاصة مع الثمار الحساسة لأضرار البرودة، مثل الطماطم والكنتالوب.

٣- خفض معدل التنفس طالما بقيت نسبتا الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الحدود التى يتحملها المحصول. ويؤدى انخفاض معدل التنفس بالإضافة إلى انخفاض معدل إنتاج الإثيلين، وانخفاض الحساسية لفعل الإثيلين إلى تأخير الشيخوخة؛ الأمر الذى يتبدى فى المحافظة على الكلوروفيل (اللون الأخضر)، والقوام (قلة اللجننة)،

والصفات الأكلية، وذلك بالنسبة للخضر غير الثمرية.

٤- تجنب الإصابة ببعض العيوب الفسيولوجية؛ مثل أضرار البرودة فى الزبدية وبعض الخضر، والتبقع الصدئ فى الخس.

٥- يفيد الجو المتحكم فى مكوناته بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى تقليل الإصابة بالأعفان؛ فمثلاً .. يثبط التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون (١٠٪-١٥٪) من عفن بوتريتس فى الفراولة والمنتجات الأخرى.

٦- يمكن أن يكون المستوى المنخفض من الأكسجين (الأقل من ١٪) والمرتفع من ثانى أكسيد الكربون (٤٠٪-٦٠٪) مفيدًا فى مكافحة الحشرات فى بعض المنتجات الطازجة والجافة من الثمار، والأزهار، والخضر، والنقل، والحبوب (Kader ٢٠٠٤).

٧- يحقق توفير غاز أول أكسيد الكربون فى هواء المخازن المزايا التالية:

أ- يمنع الغاز تغيرات اللون التى تحدث فى الخس وغيره من الخضر أثناء التخزين عندما يتواجد بتركيز ١٪-٥٪، ويختفى هذا التأثير بمجرد إخراج المنتج من الجو المعدل.

ب- يمنع الغاز (عند تواجده بنسبة ٥٪-١٠٪) نمو كثير من الكائنات الدقيقة المسببة للعفن، وتزداد فاعلية أول أكسيد الكربون فى هذا الشأن عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٥٪.

جـ- قد يفيد تواجد أول أكسيد الكربون — مع النسب العالية من ثانى أكسيد الكربون والمنخفضة من الأكسجين — فى مكافحة الحشرات التى تصيب الخضر المخزنة.

العيوب

غالبًا ما يكون الفرق بين التركيزات المفيدة والتركيزات الضارة من مختلف الغازات قليلاً. كما أن التركيزات اللازمة لمكافحة الأعفان أو الحشرات قد لا يتحملها المحصول المخزن، وقد تزيد من معدل تدهوره.

ويبين جدول (٢١-١٢) ملخصًا بتوصيات تخزين محاصيل الخضر فى الجو المتحكم فى مكوناته.

جدول (٢١-١٢): ملخص بتوصيات الظروف المناسبة لتخزين محاصيل الخضر فى الجو المتحكم فى مكوناته[أ] (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

المحصول	الحرارة (°م)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	الأكسجين (٪)	الأهمية النسبية للتخزين وملاحظات
الخرشوف	صفر-٥	٢-٣	٣-٥	الطريقة جيدة، ولكنها عير متبعة تجاريًّا
الأسبرجس	صفر-٥	الهواء	١٠-٥	الطريقة جيدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًّا

تابع جدول (٢١-١٢).

المحصول	الحرارة (°م)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	الأكسجين (٪)	الأهمية النسبية للتخزين وملاحظات
الفاصوليا الخضراء	١٠-٥	٢-٣	١٠-٥	الطريقة متوسطة الفائدة، وخاصة لمصانع الحفظ
البنجر	صفر-٥	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر. تفضل رطوبة نسبية ٩٨-١٠٠٪
البروكولى	صفر-٥	١-٢	١٠-٥	الطريقة جيدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًّا
كرنب بروكسل	صفر-٥	١-٢	٧-٥	الطريقة جيدة، ولكنها غير متبعة تجاريًّا
الكرنب	صفر-٥	٣-٥	٧-٥	الطريقة جيدة، وتستعمل تجاريًّا أحيانًا
القاوون	٣-٧	٣-٥	١٥-١٠	الطريقة جيدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًّا
الجزر	صفر-٥	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر. تفضل رطوبة نسبية ٩٨-١٠٠٪
القنبيط	صفر-٥	٢-٥	٢-٥	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير متبعة تجاريًّا
الكرفس	صفر-٥	٢-٤	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، وقليلة الاستعمال تجاريًّا

الذرة السكرية	صفر–٥	٢–٤	١٠–٢٠	الطريقة جيدة، ولكنها محدودة الاستعمال تجاريًّا
الخيار	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير متبعة تجاريًّا
شهد العسل	١٠–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير متبعة تجاريًّا
الكرات أبو شوشة	صفر–٥	١–٢	٣–٥	الطريقة جيدة، ولكنها غير متبعة تجاريًّا
الخس	صفر–٥	٢–٥	صفر	الطريقة جيدة، وتتبع تجاريًّا أحيانًا مع إضافة أول أكسيد الكربون بنسبة ٢–٣٪

تابع جدول (٢١–١٢).

المحصول	الحرارة (°م)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	الأكسجين (٪)	الأهمية النسبية للتخزين وملاحظات
عيش الغراب	صفر–٥	الهواء	١٠–١٥	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكن استعمالها محدود تجاريًّا
البامية	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير مستعملة تجاريًّا تفيد إضافة أول أكسيد الكربون بنسبة ٥–١٠٪ فى حرارة ٥–٨°م
البصل الرؤوس	صفر–٥	١–٢	صفر	الطريقة جيدة، ولكنها غير مستعملة تجاريًّا، وتكون الرطوبة النسبية ٧٥٪.
البصل الأخضر	صفر–٥	١–٢	١٠–٢٠	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها محدودة الاستعمال تجاريًّا
الفلفل الأخضر الحريف	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًّا
البطاطس	٤–١٢	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر، ولا تستعمل تجاريًّا
الفجل	صفر–٥	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر، وتفضل رطوبة

				نسبية من ٩٨–١٠٠٪
السبانخ	صفر–٥	الهواء	١٠–٢٠	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها لا تتبع تجاريًّا
الطماطم:				
المكتملة النمو الخضراء	١٢–٢٠	٣–٥	صفر	الطريقة جيدة، وتستعمل تجاريًّا على نطاق محدود
الناضجة جزئيًّا	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة جيدة، وتستعمل تجاريًّا على نطاق محدود

(أ) تتراوح الرطوبة النسبية المناسبة بين ٩٠٪ و ٩٥٪، إلا إذا ذكر خلاف ذلك تحت الملاحظات.

تداول وتخزين الخضر المجهزة للمستهلك

بمجرد موت الخلايا المكونة لأنسجة المنتجات البستانية بسبب العمليات التصنيعية — مثل التعليب، أو التجميد، أو التجفيف، أو التجفيد — فإن دراستها تنتقل — تلقائيًّا — إلى المهتمين بعلوم الصناعات الغذائية والتغذية. ولكن عندما تدخل المنتجات — بعد حصادها — فى عمليات تصنيعية بسيطة لا تموت بسببها الخلايا المكونة لأنسجتها، فإنها تظل ضمن اهتمامات دارسى البساتين. فمثل هذه المنتجات تكون أكثر عرضة للتدهور، وتستمر فيها التحولات الحيوية بمعدلات أعلى من نظيرتها من المنتجات غير المصنعة جزئيًّا؛ الأمر الذى يجعلها أكثر احتياجًا إلى الحرص الشديد فى عمليات تداولها وتخزينها.

والمنتجات المصنعة جزئيًّا partially processed produce، هى تلك التى تجرى لها عمليات تصنيعية معينة لا تؤدى إلى موت خلاياها (حيث تبقى فى حالة طازجة)؛ وذلك بهدف توفير وقت المستهلك؛ فلا يبذل وقتًا أو جهدًا فى عمليات التقطيع إلى أجزاء cutting أو إلى شرائح slicing، أو البشر shredding، أو التقشير peeling، أو إزالة الأجزاء غير المرغوب فيها trimming، أو إزالة القلب (التقوير) coring ... إلخ.

وتعرف هذه المنتجات بمسميات أخرى؛ منها: المصنّعة قليلاً lightly processed، و minimally processed، والمصنّعة الطازجة fresh processed، والسابقة التقطيع pre-