الفصل الثالث عشر

وسائل إطالة فترة احتفاظ الخضر بجودتها أثناء التخزين

مقدمة

نتناول بالشرح فى هذا الفصل كافة العوامل التى يجب أخذها فى الحسبان ، والوسائل التى يمكن اتباعها بغرض إطالة فترة احتفاظ الخضر بجودتها أثناء التخزين .

وبداية . . تجب مراعاة ما يلى :

١ - قَصْر التخزين على الخضروات التى تكون قد وصلت إلى طور النضج المناسب :

يجب أن تكون الخضروات المخزنة فى طور النضج المناسب لعملية التخزين ؛ فتكون قد وصلت إلى مرحلة النضج البستانى ، ولم تصبح زائدة النضج بعد .

٢ - عدم تخزين الخضروات المخدوشة والمصابة بالآفات :

يصاحب التخزين دائمًا نقص مستمر فى نوعية الخضروات ، بالرغم من توفير أفضل الظروف للتخزين ؛ وعليه . . فلا يجب أن تخزن إلا أفضل المنتجات ؛ حتى لا يصبح هذا النقص فى النوعية شديدًا بعد فترة قصيرة من التخزين :

أ - فتلزم معاملة المنتجات برفق ؛ لتجنب إحداث أية خدوش أو أضرار ميكانيكية بها ، أو تقليل ذلك إلى أدنى حدٍّ ممكن .

ب - كما تستبعد كل الثمار والنباتات المصابة بالعفن ؛ لأنها غالبًا ما تضر غيرها من الثمار أو النباتات السليمة .

جـ - ويلزم إجراء عملية العلاج لدرنات البطاطس ، وجذور البطاطا ، وأبصال البصل والثوم .

د ـ ولا تجب محاولة تخزين درنات البطاطا التى حدثت بها أضرار من جراء تعرضها لأشعة الشمس القوية المباشرة عند الحصاد .

٣ - العناية بنظافة المخازن والحماية من القوارض :

ليس من الحكمة تخزين منتجات عالية الجودة فى أماكن غير نظيفة . فيجب إبقاء المكان نظيفًا قدر المستطاع ، مع تعقيمه من آن لآخر كلما أفرغ المخزن من محتوياته . وبرغم أن تنظيف المكان وتعقيمه لا يمنع حدوث العفن كلية ، إلا أنه يقلله إلى أدنى مستوى ممكن .

هذا . . ويمكن استعمال هيبوكلوريت الصوديوم sodium hypochlorite أو فوسفات الصوديوم الثلاثى trisodium phosphete فى تنظيف الأرضيات والحوائط . أما العبوات فيمكن غسلها بمحلول هيبوكلوريت الكالسيوم بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو بالتعريض للبخار لمدة دقيقتين .

كما تجب تنقية الهواء من الغازات التى قد تكسب الخضروات مذاقًا غير مرغوب . ويستخدم لذلك نوع خاص من الفحم (6-14 mesh activated coconut shell carbon) .

كما يجب أن تكون المخازن محكمة تمامًا ضد القوارض ؛ مثل الفئران وغيرها ، فهذه الحيوانات تزيد من الفاقد فى المحصول بطريقة مباشرة ، وبطريقة غير مباشرة من خلال زيادة العفن بسبب مهاجمة الكائنات المسببة للعفن للأجزاء المقروضة (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨) .

٤ - الاهتمام بإجراء عمليات التداول ـ التى سبق بيانها فى الفصل الثانى عشر ـ بأفضل صورة ممكنة .

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه . . فإنه تجرى للخضروات عديد من المعاملات الأخرى التى تعمل على إطالة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين ، والتى نناقشها ـ فيما يلى ـ بشئ من التفصيل .

المعاملة بالمطهرات والمركبات الكيميائية للحماية من الإصابة بالأعفان

يستخدم للوقاية من الكائنات الدقيقة المسببة للعفن عدد من المركبات التى لا تترك أثرًا ضارا على الخضر المخزنة ، أو على الإنسان . وتستخدم هذه المواد فى صورة

محاليل مائية ترش بها الخضر ، أو تغمس فيها ، أو تشبع بها الأوراق التى تلف فيها الثمار ، أو تبطن بها صناديق التعبئة .

ومن أهم المركبات التى تستخدم لهذا الغرض ما يلى :

١ - البوراكس ، أو حامض البوريك ، أو مخلوط منهما .

٢ - هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite - وهو يستخدم بكثرة - وهيبوكلوريت الكالسيوم .

٣ - التدخين بمادة ثلاثى كلوريد النيتروجين nitrogen trichloride .

٤ - المبيدات الفطرية ، مثل: البنليت Benlate ، و الكابتان Captan ، والثيرام Thiram ، والبوترام ، و OPP ، و SOPP .

٥ - غاز ثانى أكسيد الكبريت sulfur dioxide .

كما يستعمل - فى تطهير الأجهزة المستخدمة فى التداول ، والعبوات ، والمخازن - عديد من المركبات التى سبق بيانها ، ومركبات أخرى ؛ مثل : الفورمالدهيد ، و zinc petroleum sulfonate .

ونقدم - فيما يلى - قائمة ببعض المعاملات التى تفيد فى حماية الخضر من الإصابة بالأعفان فى المخازن (عن Ogawa & Manji ١٩٨٤) :

المركب ومحصول الخضر	الكائن الذى تجرى المعاملة لأجل مكافحته	طريقة المعاملة	التركيز المناسب (جزء فى المليون)	التركيز المتبقى المسموح به (جزء فى المليون)
هيبوكلوريت الكالسيوم Calcium Hypochlorite :				
مختلف الخضروات	البكتيريا	الغمس دقيقتين ثم الشطف	٢٥ كلورين	حتى ٢٠ كلورين
الكابتان Captan :				
الفاصوليا والخيار والبطاطس	مسببات العفن	الغمس أو الرش	١٥٠٠	٢٥
البصل	أعفان المخازن	الغمس أو الرش	١٥٠٠	٥٠ (بصل أخضر) ٢٥ (بصل رءوس)

(يتبع)

المركب ومحصول الخضر	الكائن الذى تجرى المعاملة لأجل مكافحته	طريقة المعاملة	التركيز المناسب (جزء فى المليون)	التركيز المتبقى المسموح به (جزء فى المليون)
البطاطس صناديق التعبئة	أعفان المخازن الكائنات المسببة للعفن: Rhizopus Botrytis Colletotrichum	الغمس	١٥٠٠	٢٥
دى هيدروخلات الصوديوم Sodium dehydroacetate (DHAS) :				
الفراولة	الكائنات المسببة للعفن: Aspergillus Botrytis Penicillium Rhizopus	الغمس لمدة ٣٠ ثانية	٤٠٠٠	٦٥
الكوسة	أعفان المخازن	الغمس	٢٠٠٠	٦٥
البوتران Botran (DCNA) :				
الجزر	Sclerotinia	الغمس لمدة ١٠ ثوان	٩٠٠	١٠
البطاطا	Rhizopus	الرش أو الغمس	٩٠٠	١٠
الفورمالدهيد :				
أجهزة تداول البطاطس	البكتيريا والفطريات	سائلة	لتر/ ٦٠ لتر محلول	
المخازن	البكتيريا والفطريات	تبخير	لتر + ٥٠٠جم برمنجنات البوتاسيوم / ٢٧ م٣ لمدة ٥ ساعات ثم التهوية	
أورثوفينيل فينول Orthophenylphenol (OPP) :				
الجزر	الفطريات	تجارية	٥٠٠٠	٢٠
الخيار والفلفل	الفطريات	تجارية	١٠٠٠٠ - ٢٥٠٠٠	١٠
الطماطم	الفطريات	تجارية	٢٠٠٠٠ - ٢٥٠٠٠	١٠

(يتبع)

المركب ومحصول الخضر	الكائن الذى تجرى المعاملة لأجل مكافحته	طريقة المعاملة	التركيز المناسب (جزء فى المليون)	التركيز المتبقى المسموح به (جزء فى المليون)
صوديوم ثنائى ميثيل الداى ثيوكاربامیت Sodium dimethldithyocarbamate :				
القاوون	مسببات العفن			٢٥
هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite :				
الخضروات الطازجة	البكتيريا والفطريات والخمائر	الغمس ثم الشطف	٥٠ - ٧٠ كلورين	-
مركب Sodium O-phenylphenate (SOPP) :				
القاوون	البكتيريا والفطريات	الغمس أو الرش ثم الشطف	٠,٥ - ٢,١٥٪	١٢٥ (١٠ فى الجزء المأكول)
الجزر	الفطريات	الغمس أوالرش بدون شطف	٠,٥ - ٠,١٪	
الخيار والفلفل	البكتيريا والفطريات	الغمس أو الرش ثم الشطف	٠,٥ - ١,٠٪	١٠
البطاطا	العفن الأسود عفن بوتريتس الطرى	الغمس أو الرش	٠,٤ - ١,١٪	١٥
الطماطم	البكتيريا والفطريات	الغمس أو الرش ثم الشطف	٠,٤٥٪ لمدة دقيقتين ١٪ لمدة ٢٠ - ٣٠ ثانية	١٠ ١٠
معدات التعبئة	البكتيريا والفطريات	الغمس أو الرش أو التفريش	٠,١ - ٠,٣٪	-
مركب Zinc petroleum sulfonate :				
العبوات	الأعفان	الغمس أو التفريش		-

وإلى جانب المطهرات والمبيدات الفطرية والبكتيرية التى سبق بيانها . . فإن معاملة الخضروات ببعض المركبات الأخرى أو منظمات النمو - وخاصة قبل الحصاد - تزيد من مقاومتها الطبيعية للكائنات المسببة للعفن خلال التخزين . ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ - الكالسيوم : تزداد مقاومة البطاطس لبكتيريا العفن الطرى ، والتفاح للفطر Penicillium expansum بزيادة محتوى أنسجتهما من عنصر الكالسيوم (عن Con-

way وآخرين ١٩٩٤) .

٢ - حامض الجبريلليك :

أدت معاملة الكرفس بحامض الجبريلليك قبل التخزين على ٢°م إلى خفض نسبة الإصابة بالعفن - بعد شهر من التخزين - إلى ٧٪ فقط مقارنةً بنسبة ٣٤٪ فى معاملة الشاهد. ويبدو أن هذا التأثير كان مرده إلى إبطاء الجبرالين لتحول مركب mamesin (+) الشديد الفاعلية ضد الفطريات إلى مركب psoralens الأقل فاعلية والمسئول فى نفس الوقت عن الحالة الطبية phytophotodermatitis التى تصيب العاملين فى حقول الكرفس والمشتغلين بتداول المحصول بعد الحصاد (Afek وآخرون ١٩٩٥) .

٣ - حامض الخليك :

أدى تبخير ثمار الطماطم - المحقونة بالفطر Botrytis cinerea - فى المخازن - بأبخرة حامض الخليك بتركيز ٢,٠ - ٢,٧ ملليجرام من الحامض / لتر من هواء المخزن إلى مكافحة الفطر ووقف تعفن الثمار . وكان لهذه المعاملة تأثيرات مماثلة - كذلك - على هذا الفطر وعلى الفطر Penicilljum expansum فى ثمار التفاح ، والكيوى ، والبرتقال (Sholberg & Gaunce ١٩٩٥) .

معاملات منع التزريع فى المخازن وآثارها الجانبية الأخرى

يمكن منع تزريع بعض الخضر - كالبطاطس ، والبصل ، والثوم - فى المخازن بالمعاملة ببعض المركبات الكيميائية ، أو بتعريضها للإشعاع .

المعاملة بالمركبات الكيميائية

تفيد المعاملة ببعض المركبات الكيميائية فى منع تزريع الخضروات التى لا يمكن تخزينها فى درجات حرارة منخفضة ؛ لعدم توفر المخازن المبردة ، أو لأن الحرارة المنخفضة تحدث أضراراً بالخضروات المخزنة . وقد تجرى هذه المعاملات قبل الحصاد أو بعده .

وجميع المعاملات السابقة للحصاد تكون برش النباتات بالماليك هيدرازيد . فترش نباتات البطاطس عندما يكون قطر الدرنات حوالى ٥ سم . ويجب أن تظل الأوراق خضراء لعدة أسابيع بعد المعاملة . وترش نباتات البصل عند ميل نحو ٥٠٪ من

الأوراق لأسفل . ويجب أن تكون الأبصال ناضجة عند الرش وأعناقها طرية ، مع وجود ٥ - ٧ أوراق خضراء على الأقل .

أما المعاملات التالية للحصاد ، فتكون بمركبات كيميائية مختلفة . فدرنات البطاطس ترش أو تعفر بالـ Methyl ester of naphthalene acetic acid أثناء وضعها فى المخازن ، أو قد يمكن خلط الدرنات بورق مشبع بهذه المادة . وتؤدى المعاملة إلى بقاء الدرنات ساكنة لمدة ٤ - ٥ أشهر فى درجات حرارة ١٠ - ١٣م . كما يستخدم الـ Nonanol alcohol تجاريا بتبخيره بمعدل معين بأجهزة خاصة وإمراره فى جو المخزن من خلال أجهزة التهوية . تبدأ المعاملة عند بدء نمو البراعم ، وتكرر عند الضرورة . وكذلك يستخدم chloro-IPC فى المخازن بعد الحصاد بنحو ٢ - ٣ أسابيع (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

المعاملة بالإشعاع

استعملت الإشعاعات فى منع تزريع درنات البطاطس وأبصال البصل ومحاصيل أخرى أثناء التخزين .

ففى البطاطس أمكن تقليل انكماش الدرنات وتزريعها ـ إلى حد كبير ـ بمعاملتها بـ ٥٠٠٠ رونتجن ، كما أمكن وقف الانكماش والتزريع كلية بالمعاملة بـ ٢٠٠٠٠ رونتجن من أشعة جاما باستعمال كوبالت ٦٠ .

وقد أدت الجرعات الأعلى إلى إحداث فقد كبير فى الوزن مع انكماش الدرنات . كذلك دلت اختبارات التذوق على وجود طعم حلو فى الدرنات بعد الإشعاع ، كما أثبتت التجارب التى تلت ذلك وجود اختلافات بين الأصناف فى استجابتها للإشعاع ، ولكن لا يوجد أى شك فى فائدة وجدوى هذه الطريقة فى منع انكماش وتزريع درنات البطاطس . وقد أمكن تخزين البطاطس بهذه الطريقة لعدة سنوات .

كذلك أدت معاملة أبصال البصل إلى منع تزريعها ، سواء أكانت الأبصال كبيرة ، أم صغيرة ، برغم أن النسيج الميرستيمى المسئول عن التزريع يوجد فى وسط البصلة ، بعكس عيون البطاطس التى يوجد فيها النسيج المرستيمى قريبًا من سطح الدرنة .

كما وجد أن التعريض للإشعاع يمنع التزريع فى الجزر ، والبنجر ، واللفت ،

والطرطوفة ، لكن حدثت أيضًا نسبة عالية من العفن . وبرغم أنه أمكن التغلب على العفن فى حالة الجزر بالغسيل والتنظيف والتخزين فى أكياس بلاستيكية ، إلا أن الضرر المحتمل حدوثه للخلايا الخارجية السطحية يجعل الجذور أقل مقاومة للعفن . كما أن الإشعاع يقلل من تكوين طبقة البيريدرم ؛ وبالتالى من فرصة التآم الجروح كما هو حادث فى البطاطس . وعمومًا . . فإن سرعة التعفن تتوقف على درجة حرارة المخزن .

وتستعمل الإشعاعات كذلك فى تقليل أمراض المخازن بتقليل الميكروبات السطحية . وقد أدت هذه المعاملة بالفعل إلى زيادة مدة التخزين ، وكان التغير طفيفًا فى الطعم والرائحة . ومن المحاصيل التى استجابت بدرجة جيدة للإشعاعات . . الكرنب ، والسبانخ ، والهليون ، والبروكولى ، وكذلك الفاصوليا ، والبسلة ، والذرة السكرية (عن Grosch ١٩٦٥) .

وبصفة عامة . . فإن أشعة جاما تعتبر مكلفة فى استخدامها ، ونتائجها ليست دائمًا إيجابية . فمن بين ٢٢ نوعًا من الخضر والفاكهة التى عوملت بالإشعاع كانت هناك آثار سلبية للمعاملة فى عشرين نوعًا منها ، كظهور لون غير طبيعى ، أو طراوة ، أو نضج غير طبيعى ، أو فقد فى الطعم ، بينما لم تظهر آثار سلبية فى أى من عيش الغراب أو التين . وبرغم أن الإشعاع بجرعة صغيرة (٨ - ١٠ كيلوراد) يفيد فى منع تبرعم البطاطس والبصل ، إلا أن هذه المعاملة لا تمنع حدوث العفن . وإلى جانب ذلك . . فإن معاملات الإشعاع تحدث زيادة فى التبقع الأسود الداخلى فى البطاطس ، وتلون النموات القمية الداخلية فى البصل .

وفى البطاطا . . أدى تعريض الجذور لأشعة جاما (بجرعات وصلت إلى ١٠٠٠ Gy) إلى التخلص من سوسة البطاطا Cylas formicarius ، كما أحدثت المعاملة زيادة فى نسبة السكر فى الجذور المشوية (MeGuire & Sharp ١٩٩٥) .

المعاملة بالكالسيوم والكاتيونات الأخرى لإبطاء اكتمال النضج

تعامل بعض المنتجات البستانية بالكالسيوم ـ بصورة مباشرة بعد الحصاد ـ لإبطاء التغيرات الحيوية المؤدية إلى اكتمال نضجها ؛ وبذا . . تزداد فترة صلاحيتها للتخزين . وتجرى المعاملة بغمس الثمار غير المكتملة النضج (مثل : الكمثرى ، والزبدية ، والمانجو ، والطماطم) فى محلول كلوريد الكالسيوم تحت تفريغ جزئى (١٢٥ ـ ٣٧٥

مم زئبق) . تؤدى هذه المعاملة إلى تأخير وصول الثمار إلى مرحلة اكتمال النضج دون التأثير على جودتها .

ويكون الكالسيوم فعّالا فى الطماطم عندما يزيد تركيزه على ٤٠ مجم / ١٠٠جم من الوزن الطازج ؛ حيث يؤدى إلى إبطاء كل من عمليات : التلوين ، وإنتاج الإيثيلين ، والتنفس . وكان تأثير المعاملة كبيرا ؛ حيث لم يظهر بالثمار أية علامات للنضج حتى بعد أن استمر تخزينها لمدة ٦ أسابيع على حرارة ٢٠م ، ولم تُجْد معها المعاملة بالإيثيلين بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ثلاثة أسابيع . كذلك أوقفت المعاملةُ بالكالسيوم أيةَ تحولات حيوية خاصة بالنضج كانت قد بدأت من قبل بالفعل ؛ حيث أدت المعاملة بالكالسيوم فى أية مرحلة من التلوين إلى وقف التغيرات فى اللون وخفض معدل التنفس وإنتاج الإيثيلين .

وفى دراسات أخرى وجد أن الخصائص السابقة لإبطاء النضج ليست مقصورة على أيون الكالسيوم ؛ حيث أظهرت كاتيونات أخرى ثنائية الشحنة ـ مثل المنجنيز ، والكوبالت ، والمغنيسيوم ـ تأثيرات مماثلة للكالسيوم . هذا . . بينما كانت الكاتيونات الأحادية الشحنة ـ مثل الصوديوم والبوتاسيوم ـ أقل تأثيرا من الكالسيوم (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤ ب) .

معاملات منظمات النمو لإبطاء مظاهر التدهور غير التزريع

يعتبر السيتوكينتين بنزيل أدنين من أهم منظمات النمو المؤثرة فى حفظ الخضر من التدهور بعد الحصاد ؛ حيث يحافظ على اللون الأخضر والمظهر الطازج لكل من الهندباء ، والسبانخ ، والفجل ، والبقدونس ، والبصل الأخضر ، وكذلك النموات الخضرية للمحاصيل الجذرية التى تسوّق بعروشها ؛ مثل : الجزر ، والفجل .

كذلك يستعمل البنزيل أدنين بتركيز ٥ - ١٠ أجزاء فى المليون فى المحافظة على المظهر الطازج ومنع التدهور فى كل من : الكرنب ، والخس ، والهليون ، والبروكولى ، والكرفس ، وكرنب بروكسل (عن Weaver ١٩٧٢) .

ويستدل من دراسات Rushing (١٩٨٨) على أن معاملة رءوس البروكولى ـ بعد الحصاد ـ بالسيتوكينين ABG 3062 (إنتاج Abbott Laboratories) بتركيز ٥٠ جزءا فى المليون أعطت نتائج جيدة جدا ـ مقارنة بالكنترول ـ عند تعبئتها فى أكياس من

البوليثيلين المثقب وتخزينها على حرارة ١٦م . فقد أدت المعاملة إلى خفض معدل التنفس بنحو ٥٠٪ خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين ، مع الإبقاء على الكلورفيل فى الأنسجة المعاملة ، وزيادة القدرة التخزينية للرءوس بمقدار ٩٠٪ مقارنة بالكنترول .

التبريد المبدئى أو الأولى

تعريف التبريد المبدئى

يجرى التبريد المبدئى pre-cooling بغرض التخلص من حرارة الحقل field heat (خاصة عندما يكون الحصاد فى الجو الحار) لتقليل سرعة نضج وتدهور المحصول ، بإبطاء التنفس ، وتقليل نشاط الكائنات الحية ، وتقليل الفقد الرطوبى من المحصول أثناء النقل .

وتجرى عملية التبريد المبدئى قبل التحميل على الشاحنات ، أو بعد التحميل مباشرة . وتتراوح مدة العملية بين ٣٠ دقيقة و٢٤ ساعة حسب الطريقة المتبعة .

وتختلف عملية التبريد المبدئى عن التخزين المبرد فى أمرين :

١ - يتم خفض درجة حرارة المنتج فى مدة وجيزة فى حالة التبريد المبدئى ، بينما قد يستلزم ذلك ٣ - ٥ أيام فى حالة مجرد وضع المحصول فى المخازن المبردة.

٢ - تستعمل لأجل ذلك وسائل متنوعة ودرجات حرارة أكثر انخفاضًا من تلك المستخدمة فى التخزين العادى حتى تتم العملية بسرعة .

العوامل المؤثرة فى سرعة التبريد المبدئى

تتوقف سرعة التبريد المبدئى على العوامل الآتية :

١ - الفرق فى درجة الحرارة بين المنتج ووسط التبريد .

٢ - نوع وسط التبريد المستخدم .

٣ - سرعة نفاذية البرودة خلال المنتج .

وتتحدد سرعة التبريد بما يسمى بمدة نصف التبريد Haf-cooling time ، وهى المدة اللازمة لخفض الفرق فى درجة الحرارة بين المحصول ووسط التبريد إلى النصف . وتبقى هذه القيمة ثابتة خلال عملية التبريد المبدئى، وهى مستقلة عن درجة

حرارة المحصول الأولية ، وتختلف باختلاف المحصول وطريقة التبريد المبدئى المستخدمة .

ويجب أن يتبع التبريد المبدئى دائمًا بقاء المنتج باردًا أثناء الشحن والتخزين والتسويق ، وكذلك بعد الشراء حتى الاستهلاك .

طرق التبريد المبدئى

فيما يلى عرض لأهم الطرق المستخدمة فى التبريد المبدئى :

التبريد المبدئى فى غرف التبريد أو فى العربات المبردة

تقام غرف التبريد على أرصفة الشحن ، أو ملحقة ببيوت التعبئة ؛ حيث يوضع بها المحصول لتبريده مبدئيا قبل شحنه ، أو قد يبرد مبدئيا فى عربات الشحن المبردة مباشرة . وتعد هذه الطريقة بطيئة ، لكن يمكن إسراعها بخفض درجة حرارة الهواء المستخدم فى التبريد إلى صفر - ٣م ، وزيادة سرعته حتى يتخلل المحصول جيدًا . وتصلح هذه الطريقة لتبريد جميع محاصيل الخضر . وتعتبر هذه هى الطريقة الوحيدة المتبعة لتبريد البطاطس ، والثوم ، والبصل ، ويعيبها بطء عملية التبريد ؛ حيث تتوقف سرعتها على الحمولة ، وعدد الرصات ، ونوع العبوات المستخدمة ، كما قد تتكثف الرطوبة على سطح المنتجات .

التبريد المبدئى برضع ثلج بالعبوات مخلوطًا بالمنتج أو على سطحه

تعتبر إضافة الثلج إلى العبوات من أقدم طرق التبريد المبدئى . وبرغم بساطتها إلا أن عيوبها كثيرة ؛ حيث تؤدى إلى زيادة تكاليف عملية التعبئة ، وإتلاف العبوات عند ذوبان الثلج ، ولا تعطى نتائج جيدة . وعمومًا . . فهى لا تصلح إلا للمحاصيل التى تتحمل ملامسة الثلج لها ، ومع العبوات التى لا تتلف من جراء تعرضها للماء . وتصلح هذه الطريقة للخضر الجذرية والورقية ، وكذلك مع البسلة ، والهليون ، والذرة السكرية .

التبريد المائى

يتم التبريد المائى Hydrocooling بالغمس فى الماء المثلج ، أو بإمرار المنتج تحت رذاذ من الماء المثلج . وهى من أكفأ وأسرع طرق التبريد المبدئى ، لكن يشترط لنجاحها

أن تكون درجة حرارة الماء قريبة من الصفر المئوى ، وأن يظل المحصول معرضًا للماء لفترة كافية حتى يتم تبريده . ومما يقلل من كفاءة هذه الطريقة ألا يكون الماء المستخدم باردًا بالقدر الكافى ، أو ألا يتعرض المحصول له لمدة كافية .

ومن مزايا هذه الطريقة : سرعة التبريد ، وزيادة نضارة الخضروات الذابلة ، ولكن يعيبها المساعدة على انتشار الكائنات المسببة للعفن فى حالة إعادة استخدام الماء المثلج . وتصلح هذه الطريقة لتبريد كل من : الجزر ، والفجل ، والكرفس ، والذرة السكرية ، والهليون (Stewart & Couey ١٩٦٣ ، Lutz & Hardenburg ١٩٦٨) .

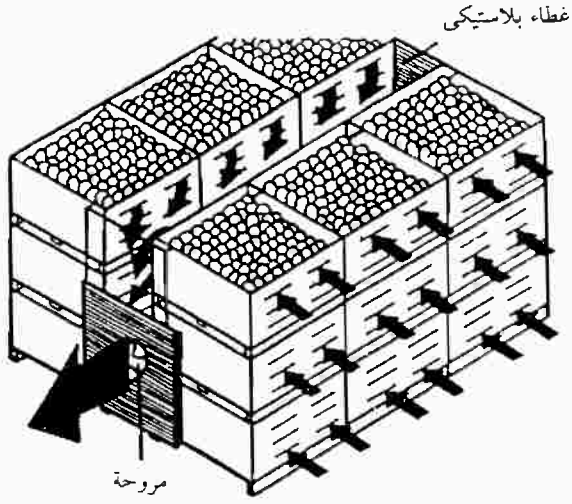
التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء

يتشابه التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء Forced Air Cooling مع الطريقة الأولى من حيث إجرائها على الخضر المعبأة والموضوعة فى غرف ثابتة ، وتختلف عنها فى أن الهواء يتم توجيهه فى مسارات محددة يتخلل خلالها العبوات التى يتم رصها بطريقة معينة (شكل ١٣ - ١) . وهى تعطى تبريدًا سريعًا جدا ، بالمقارنة بالطريقة الأولى . ويلزم لنجاحها أن يكون التثقيب فى صناديق الكرتون فى حدود ٥٪ من السطح الخارجى للعبوة . وهى تصلح للبطاطس والخضر الثمرية .

التبريد بالتفريغ

يعتمد التبريد بالتفريغ Vacuum Cooling على أساس أن تعرض الخضر للتفريغ وهى فى حيز مغلق يؤدى إلى تبخر الرطوبة منها ، ويؤدى ذلك تلقائيا إلى انخفاض درجة حرارتها ؛ لأن عملية تبخر الماء تلزمها طاقة يُتحصّل عليها من الخضر ذاتها . وتصلح هذه الطريقة للخضروات ذات الأسطح التبخيرية الكبيرة ؛ مثل الخضر الورقية عمومًا . ويلزم إجراؤها على الخضروات وهى مبتلة ؛ حتى لا تفقد نسبة كبيرة من رطوبتها .

وعند إجراء التبريد بهذه الطريقة توضع الخضروات معبأة فى حجرات من الصلب محكمة الإغلاق ، ومجهزة بوسائل لتخفيض الضغط الجوى فيها بسرعة حتى يصل إلى ٤,٦ مم زئبق ؛ حيث يغلى الماء حينئذ فى درجة حرارة الصفر المئوى (شكل ١٣ - ٢) .



شكل (١٣ - ١) : مسار الهواء فى التبريد الآلى بطريقة السريان الجبرى للهواء (عن Wills وآخرين ١٩٨١) .

شكل (١٣ - ٢) : جهاز التبريد الأولى بالتفريغ (عن الزراعة فى العالم العربى ـ المجلد الثانى ـ العدد الخامس ١٩٨٦) .

وتفقد الخضر الورقية من ١,٥ - ٤,٧٪ من وزنها ؛ بسبب فقد الرطوبة أثناء لتبريد ، ويكون الفقد بمعدل ١٪ لكل انخفاض قدره ٦°م فى حرارة المنتج .

وتتوقف سرعة التبريد على سرعة فقد الرطوبة ، ولهذا يفضل رش بعض الماء على الخضروات قبل تعريضها للتفريغ . ويساعد ذلك على سرعة تبريد بعض الخضر ؛

كالذرة السكرية ، كما يقلل من الفقد فى الوزن ؛ حيث يكون التبخر من الماء المستخدم فى بلِّ المحصول .

وتختلف الخضروات فى سرعة انخفاض درجة حرارتها عند تبريدها مبدئيا بهذه الطريقة . فبمقارنة عدة أنواع من الخضر عند تعريضها للتفريغ لمدة ٢٥ - ٣٠ دقيقة مع وصول أقصى تفريغ إلى ٤ - ٤,٦ مم زئبق ، وجد أن درجة الحرارة النهائية قد تراوحت بين ١,٠ و ١٨م . وتوقف ذلك على سرعة فقد الرطوبة من الأنسجة النباتية . وكان أعلى معدل لفقد الرطوبة فى محصولى الخس والبصل الأخضر ؛ حيث اقتربت درجة حرارة المحصول من ١م ، بينما كان الفقد الرطوبى قليلا فى البطاطس والكوسة ، ونتج عن ذلك بطء عملية التبريد .

ويحدث معظم التبخر المائى والتبريد فى فترة قصيرة ، لكن من الضرورى المحافظة على الضغط المنخفض لفترة إضافية للتخلص من الحرارة بالأنسجة اللحمية . ويعتبر ضغط ٤ مم زئبق لمدة ٢٥ - ٣٠ دقيقة كافيًا لمعظم الخضروات (Barger ١٩٦٣) . وينصح فى حالة تبريد الخس المعبأ فى كرتونات خفض الضغط إلى ٣,٨ مم زئبق ؛ حيث تصل درجة حرارة المنتج إلى ١م خلال ١٥ دقيقة فقط ، دون وجود أى خطر من التعرض للتجمد ، بينما يلزم مرور ٢٣ دقيقة فى حالة خفض الضغط إلى ٤,٦ مم زئبق . ويعد التوفير فى الوقت ذا أهمية كبيرة ، خاصة فى ذروة موسم الحصاد ؛ حيث تشتد الحاجة إلى التبريد بالتفريغ (Barger ١٩٦٢) .

تقسيم الخضروات حسب طرق التبريد المبدئى التى تناسبها

تُقسم الخضروات ـ حسب طرق التبريد الأولى المناسبة لها ـ كما يلى :

أولا : الخضر الورقية والساقية الغضة والزهرية

تضم هذه المجموعة ما يلى :

١ - الخضر الورقية : الخس ، والكرنب ، والكرنب الصينى ، وكرنب بروكسل ، والكرفس ، والروبارب ، والسبانخ ، والسلق ، والكيل ، والهندباء ، والبقدونس ، والبصل الأخضر .

٢ - الخضر الساقية الغضة : الهيلون ، وكرنب أبو ركبة ، والفينوكيا .

٣ - الخضر الزهرية : الخرشوف ، والبروكولى ، والقنبيط .

وتتبع مع هذه الخضروات طرق التبريد الأولى التالية :

١ - التبريد بالتفريغ : يناسب خس الرؤوس ذا الأوراق الغضة السهلة التقصف Crisphead ، والخس الورقى ، والسبانخ ، والقنبيط ، والكرنب الصينى ، والكرنب وغيرها من الخضر الورقية .

٢ - التبريد بالتفريغ مع البل بالماء : يناسب الكرفس وغيره من الخضر الورقية .

٣ - التبريد المائى : يناسب الخس الورقى ، والكرفس ، والسبانخ ، والبصل الأخضر ، والكرات أبو شوشة ، وغيرها من الخضر الورقية .

٤ - التبريد بالثلج داخل العبوات : يناسب البروكولى ، والسبانخ ، والبقدونس ، والبصل الأخضر وكرنب بروكسل .

٥ - التبريد فى غرف التبريد : يناسب الخرشوف والكرنب .

٦ - التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء : يناسب القنبيط بصفة أساسية ، كما يستعمل إلى درجة محدودة مع الخضر الساقية وبعض الخضر الورقية .

ثانيًا : الخضر الدرنية والبصلية

تضم هذه المجموعة ما يلى :

١ - الخضر الجذرية : البنجر ، والجزر ، والفجل ، وفجل الحصان ، والجزر الأبيض ، واللفت ، والبطاطا ، والكاسافا .

٢ - الدرنات : البطاطس ، والطرطوفة ، واليام .

٣ - الكورمات : القلقاس .

٤ - الأبصال : البصل ، والثوم .

وتتبع مع هذه الخضروات طرق التبريد الأولى التالية :

١ - التبريد المائى : يناسب البنجر ، والجزر ، والفجل ، وفجل الحصان ، والجزر الأبيض ، واللفت ، ويستعمل ـ كذلك ـ مع البطاطس فى الجو الشديد الحرارة .

٢ - التبريد فى غرف التبريد : يناسب البطاطس ، والبصل ، والثوم ، والبطاطا ، والكاسافا ، والطرطوفة ، واليام والقلقاس .

٣ - التبريد فى عربات الشحن المبردة : يناسب البطاطس التى تشحن فى الجو الحار .

٤ - التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء : يناسب البطاطس والبصل .

ثالثًا : الخضر الثمرية

تضم هذه المجموعة ما يلى :

١ - الخضر ذات الثمار غير المكتملة التكوين : البقوليات (فاصوليا الليما ، والفاصوليا العادية الخضراء ، والبسلة الخضراء ، واللوبيا الخضراء) ، والخيار ، والكوسة ، والباذنجان ، والفلفل ، والبامية ، والذرة السكرية .

٢ - الخضر ذات الثمار المكتملة التكوين : القاوون ، والبطيخ ، والقرع العسلى ، وقرع الشتاء ، والطماطم ، والفراولة .

وتتبع مع هذه الخضروات طرق التبريد الأولى التالية :

١ - التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء : يناسب القاوون ، والبسلة ، والفلفل ، والكوسة ، والطماطم .

٢ - التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء مع بل المُنتَج Forced-air Evaporative Cooling : يستعمل بدرجة محدودة مع الكوسة ، والفلفل ، والباذنجان ، والطماطم الكريزية .

٣ - التبريد المائى :

يستعمل قبل التدريج والتعبئة فى تبريد القاوون ، والذرة السكرية . ويجرى الفرز قبل فترة التبريد الأولى وبعدها ، والتى نادرًا ما تكفى لتبريد المنتج إلى درجة الحرارة المطلوبة .

٤ - التبريد بالثلج : يستعمل بدرجة محدودة مع القاوون ، وكتبريد إضافى للذرة السكرية المعبأة (عن Kader وآخرين ١٩٨٥) .

التخزين فى حرارة منخفضة

تعد البرودة بمثابة درجة منخفضة من الحرارة ، والتبريد هو طرد الحرارة من المنتج ولا يكون بدفع البرودة فيه . هذا . . ويعمل التخزين فى درجة حرارة منخفضة على تثبيط كلٍّ من :

١ - التنفس والأنشطة الحيوية الأخرى .

٢ - التدهور الذى يحدث مع زيادة النضج وفقدان الثمار لصلابتها والتغيرات فى القوامٍ واللون .

٣ - الفقد فى الرطوبة والذبول .

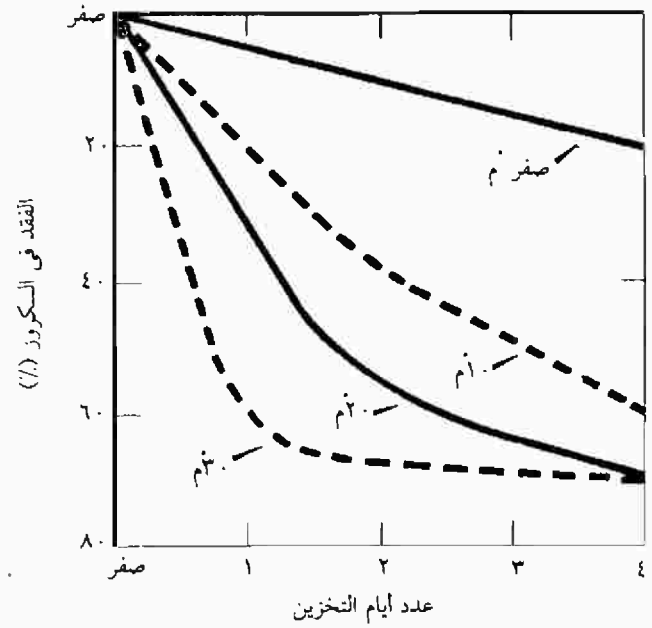
٤ - التلف الناتج من الإصابة بالبكتيريا والفطريات والخمائر .

٥ - النموات غير المرغوبة ، كما يحدث فى البصل والبطاطس .

وكما أسلفنا فى الفصل الثانى عشر . . فإن سرعة التنفس تتضاعف من ١ - ٥ مرات مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية بين الصفر المئوى و٣٥م . وتصاحب ذلك زيادة فى معدل التدهور سبق تناولها بالشرح كذلك . ونكتفى - فى هذا المقام - بمثالين يوضحان التغير فى معدل التدهور فى السبانخ (جدول ١٣ - ١) ، وفى الفقد فى نسبة السكر فى الذرة السكرية (شكل ١٣ - ٣) ، مع التغير فى درجة حرارة التخزين .

جدول (١٣ - ١) : معدل التدهور فى السبانخ مع التغير فى درجة الحرارة (عن Claypool وآخرين ١٩٥٨) .

درجة الحرارة (م°)	فترة التخزين	معدل التدهور نسبة إلى التدهور فى الصفر المئوى (ضعف)
صفر	٦٦	١
٥	٤٢	١,٥
١٠	١٣	٥
١٥	٧	٩
٢٠	٤	١٦
٢٥	٣	٢١
٣٠	٢	٣١



شكل (١٣ - ٣) : النسبة المئوية للفقد فى محتوى الذرة السكرية من السكروز أثناء التخزين فى درجات الحرارة المختلفة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨) .

ومن الأهمية بمكان أن تكون درجة حرارة المخزن متجانسة تمامًا ؛ إذ إن عدم التجانس يعنى أن الثمار الموجودة فى حرارة مرتفعة تنضج أسرع من غيرها ؛ وبالتالى يحدث خلط لثمار فى درجات مختلفة من النضج . وقد تصبح بعض الثمار زائدة النضج ، وتبدأ فى التعفن .

ويمكن تحقيق التجانس فى درجة حرارة المخزن بالعناية بترتيب العبوات واستعمال مبردات جيدة ، وبقراءة درجة الحرارة فى أماكن مختلفة من المخزن بصفة دورية . كما تجب قراءة الحرارة فى وسط العبوات أيضًا .

التحكم فى الرطوبة النسبية مع توفير التهوية المناسبة فى المخازن

للرطوبة النسبية أهمية كبيرة بالنسبة للخضروات المخزنة ؛ لأن نقص الرطوبة يسرع من ذبول الخضروات ، وزيادتها عن اللازم ـ أى عندما تكون قريبة من ١٠٠٪ ـ تؤدى إلى نمو العفن على الجدران والأرضيات والعبوات ، وعلى الخضر نفسها . وينصح

غالبًا برطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪ و٩٥٪ فى معظم الخضروات مع بعض الاستثناءات ، كما فى البصل ، والثوم ، والبطاطس .

ويتوقف توفير الرطوبة النسبة المناسبة على إحكام عزل المخازن عن الجو الخارجى ، وتوفير أجهزة تبريد قوية ؛ حتى تصل البرودة بسرعة إلى كل المنتج .

كما يجب العمل على تحريك هواء المخزن بصورة مستمرة ؛ لأن الفشل فى تحقيق ذلك يؤدى إلى اختلاف فى درجة الحرارة فى الأجزاء المختلفة من المخزن . وبعد تبريد المنتج والتخلص من حرارة الحقل يكفى أن يكون تحرك الهواء خلال المنتج بسرعة ٢٠ - ٢٥ مترًا فى الدقيقة ؛ للتخلص من الحرارة الناتجة من التنفس ، والحرارة التى تدخل من الأبواب المفتوحة . هذا . . ولا تعد سرعة الهواء الذى يتخلل الخضر كافيةً إذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج من المخزن أعلى بأكثر من ١م عن حرارة الهواء الداخل إليه .

ويتبع الهواء أثناء تحركه المسارات التى يجد فيها أقل مقاومة ؛ وعليه . . فإن عدم تجانس ترتيب العبوات قد يؤدى إلى حدوث عدم تجانس فى درجة حرارة المخزن ؛ حيث يمر الهواء بمعدلات أكبر فى الممرات الواسعة . ولهذا السبب يجب تجنب عمل ممرات واسعة فى اتجاه تيار الهواء ، كما يجب ترك مسافة ٥ - ٨ سم بين الصناديق المرتبة فوق بعضها ، وأن يكون تيار الهواء فى اتجاه الصفوف ، وليس متعامدًا عليها . كذلك يجب ترك مسافة ١٠ - ٢٠ سم على امتداد الحوائط الجانبية لتسهيل مرور الهواء على الجوانب أيضًا .

التحكم فى الإضاءة

يجب أن تخزن معظم الخضروات فى الظلام ، أو على الأقل فى إضاءة منخفضة جدا ، ولكن القليل من الضوء لا يضر البطاطا ، أو القرع العسلى . ولضوء الشمس المباشر تأثير ضار على الخضروات المخزنة بصورة عامة .

التخزين فى الجو المعدل أو فى الجو المتحكم فى مكوناته

الجو المعدل هو الجو الذى تقل فيه نسبة الأكسجين وتزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون عما هى فى الهواء الجوى . والفرق بين الجول المعدل modified atmosphere والجو

المتحكم فيه Controlled atmosphere أن درجة التحكم فى نسبتى الغازين تكون فى الأول قليلة أو منعدمة ؛ حيث تعتمد على النقص الطبيعى للأكسجين والزيادة الطبيعية لثانى أكسيد الكربون مع التنفس . أما فى الحالة الثانية ، فيتم التحكم فى نسبتى الغازين طوال فترة التخزين .

وبالإضافة إلى غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون ، فإن غاز النيتروجين يشكل النسبة المتبقية (من المائة) من مكونات الهواء فى المخازن ذات الجو المعدل . كما كان غاز أول أكسيد الكربون يضاف ـ كذلك ـ بنسبة ٢٪ - ٣٪ أثناء نقل الخس ؛ لمنع تغيرات اللون التى تحدث فى الأوراق ، ولكنه أصبح يضاف ـ حاليا ـ إلى هواء المخازن المعدل مع مختلف الحاصلات البستانية ؛ ولذلك مزايا ومحاذير كثيرة .

مزايا وعيوب التخزين فى الجو المعدل

المزايا

يحقق التخزين فى الجو المعدل المزايا التالية :

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

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

٣ - تجنب الإصابة ببعض العيوب الفسيولوجية ؛ مثل أضرار البرودة فى بعض الخضر ، والتبقع البنى فى الخس .

٤ - يفيد الجو المعدل بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى تقليل الإصابة بالأعفان ؛ فمثلا .. يثبط التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون (١٠ - ١٥٪) من عفن بوتريتس فى الفراولة .

٥ - يمكن أن يكون الجو المُتَحكَّم فى مكوناته أداة فعّالة لمكافحة الحشرات فى بعض المنتجات .

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

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

العيوب

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

ومن المخاطر المحتملة للتخزين فى الجو المعدل ما يلى :

١ - بدء العمليات الحيوية التى تؤدى إلى ظهور بعض العيوب الفسيولوجية أو تنشيطها ، كما فى حالة القلب الأسود فى البطاطس ، والصبغة البنية فى الخس .

٢ - عدم انتظام نضج ثمار الطماطم عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٢ ٪ ، أو يزيد تركيز ثانى أكسيد الكربون على ٥٪ .

٣ - تكوّن طعم ورائحة غير مرغوب فيها فى مستويات الأكسجين الشديدة الانخفاض ؛ بسبب التنفس اللاهوائى الذى يحدث فى هذه الظروف .

٤ - زيادة القابلية للإصابة بالأعفان نتيجة للأضرار الفسيولوجية التى تتعرض لها المنتجات المخزنة عند نقص الأكسجين بشدة ، أو زيادة ثانى أكسيد الكربون كثيرا .

٥ - يثبط الجو المعدل تكوين البيريدرم ، وينشط التبرعم فى بعض الخضر الجذرية والدرنية ؛ مثل البطاطس .

٦ - كما أن تواجد غاز أول اكسيد الكربون فى الهواء المعدل يحمل معه المحاذير التالية :

أ ـ قد يؤدى الغاز إلى زيادة ظهور بعض العيوب الفسيولوجية ؛ فمثلا . . يعمل الغاز على زيادة شدة الإصابة بالصبغة البنية brown stain فى الخس عند زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن عن ٢٪ .

ب ـ يعطى أول أكسيد الكربون تأثيرات مماثلة للتأثيرات التى يحدثها الإيثيلين ؛ مثل إسراع نضج الثمار ، وتحفيز ظهور بعض العيوب الفسيولوجية ، ولكن هذه التأثيرات تختفى عندما تقل نسبة الأكسجين ، أو تزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون ، ولا يصبح لغاز أول أكسيد الكربون أية تأثيرات يعتدّ بها فى هذا الشأن إلا على المنتجات البستانية الشديدة الحساسية لغاز الإيثيلين مثل ثمار الكيوى .

جـ ـ يعتبر غاز أول أكسيد الكربون عديم اللون والطعم والرائحة ؛ الأمر الذى يزيد من خطورته لعدم الإحساس بتواجده . وترجع خطورته إلى سميته الشديدة للإنسان (من خلال تأثيره على هيموجلوبين الدم) ، وقابليته الشديدة للاشتعال ـ مع الانفجار ـ عند يتراوح تركيزه فى الهواء بين ١٢,٥٪ و٧٤,٢٪ ؛ ولذا . . يتعين دائمًا أتخاذ إجراءات أمنيّة مشددة عند استعمال الغاز فى المخازن (عن Kader وآخرين ١٩٨٥) .

استخدامات الجو المعدل

تزداد أهمية التخزين فى الجو المعدل فى إطالة فترة احتفاظ الخضر بجودتها عندما تكون درجة حرارة التخزين غير ملائمة للمنتج ، وعندما تكون فترة التخزين المطلوبة أطول مما يُمكّن من تأمينها بوسائل التخزين الأخرى . فمثلا . . لا يكون التخزين فى الجو المعدل اقتصاديا إذا رُغب فى تخزين الخس لمدة ٧ أيام فى حرارة صفر - ٢,٢م . أما إذا شحن محصول الخس من بلد لآخر واستغرق ذلك ثلاثين يومًا ، فإن وضع المحصول فى الجو المعدل يكون أمرًا اقتصاديا حتى لو كان التخزين فى الحرارة المنخفضة . كما يكون الجو المعدل اقتصاديا كذلك لو أريد المحافظة على

المحصول بحالة جيدة لمدة ٧ أيام فى مخازن لا يمكن ـ عمليا ـ خفض حرارتها عن ٥ - ٧,٢م .

ويتعين دائمًا ملاحظة أن نسب الغازات المناسبة للتخزين تختلف كثيرًا باختلاف المحصول والصنف المخزن ، ودرجة حرارة التخزين ، وطول فترة التخزين المطلوبة .

وفيما يلى أمثلة لاستخدامات الجو المعدل فى تخزين محاصيل الخضر :

١ - الطماطم :

تمكن Parsons وآخرون (١٩٧٠) من تخزين ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين مدة ٦ أسابيع فى جو معدل به ٣٪ O_2 ، وصفر ٪ CO_2 مع حرارة ١٣م . وعندما رفعت نسبة CO_2 إلى ٣٪ أو ٥٪ مع الاحتفاظ بالنسبة المخفضة من الأكسجين لم يحدث نقص فى نسبة العفن ، بل حدث ـ أحيانًا ـ ضرر من CO_2 . وعندما نقلت الثمار الخضراء إلى الجو العادى بعد ٦ أسابيع من التخزين تحت هذه الظروف ، تلونت بصورة طبيعية .

٢ - الفراولة :

تخزن الفراولة بحالة جيدة لمدة ٧ - ١٠ أيام فى الصفر المئوى ، ولمدة ٣ - ٥ أيام فى حرارة ٥م ، ولمدة ١ - ٢ يوم فى حرارة ٢١م . ويمكن زيادة فترة التخزين إلى الضعف ، مع وقف عفن الثمار بالتخزين فى جو معدل به ٢٠٪ CO_2 . ويفيد ذلك عند الشحن فى الحرارة المرتفعة نسبيا .

٣ - الخس :

تظهر على عروق الخس أثناء التخزين على حرارة ٢ - ٥م بقع عديدة ذات لون بنى محمر . وتعرف هذه الظاهرة باسم التبقع الصدئ russet spotting . ويحدث ذلك أثناء الشحن ، وفى المخازن المبردة ، وحتى لدى المستهلك فى الثلاجات المنزلية . وأسباب هذه الظاهرة غير معروفة على وجه التحديد ، إلا أنه يمكن الحد منها كثيرًا بتخزين الخس فى جو معدل به ٢ - ٦٪ O_2 ، علمًا بأن التركيزات الأقل من ذلك تضر بالخس ، والأعلى من ذلك لا تجدى ؛ فلا تجب زيادة نسبة CO_2 ؛ لأن ذلك عديم الفائدة بالنسبة لظاهرة التبقع الصدئ ، بل إن زيادته قد تحدث أضرارًا شبيهة بهذه الحالة (Lipton ١٩٧٥) .

٤ - الكرنب :

يعتبر الكرنب من أصلح الخضروات للتخزين فى الجو المعدل . ومن دراسات Isenberg & Sayles (١٩٦٩) وجدا أنه عند التخزين فى درجة حرارة الصفر المئوى ، كان الجو المعدل (٥٪ CO_2 ، ٥٪ O_2) أفضل من الهواء العادى . وقد ازدادت فترة التخزين عند إنقاص نسبة الغازين (CO_2، O_2) إلى ٢,٥٪ لكل منهما ، لكن صاحبت ذلك زيادة حلاوة أوراق الكرنب . . وكان أفضل جو معدل هو المحتوى على ٥٪ CO_2 و ٥٪ O_2 ؛ حيث كانت فترة التخزين أطول ما يمكن ، مع احتفاظ الرؤوس بالطعم العادى ، إلا أن الأصناف اختلفت فى مدى مقدرتها على التخزين تحت هذه الظروف .

التخزين تحت تفريغ جزئى

نال التخزين تحت تفريغ جزئى hypobaric (أو partial vacuum) اهتمام الباحثين ؛ نظرًا لأنه يحقق المزايا التالية :

١ - التخلص المستمر من غاز الإيثيلين فلا يتراكم أبدًا فى جو المخزن ، ويفيد ذلك فى تقليل معدل تدهور الخضرالمخزنة ، كما يسمح بتخزين خضر مثل الكرنب والجزر فى حرارة واحدة مع ثمار منتجة للإيثيلين مثل التفاح .

٢ - خفض ضغط الأكسجين جزئيا ؛ فيقل بذلك معدل وصول الثمار إلى مرحلة اكتمال النضج .

٣ - تعمل هذه الظروف على بطء فقد الخضروات الورقية وغيرها من الخضروات ـ مثل البروكولى ـ للونها الأخضر .

٤ - يعد وسيلة سهلة للتحكم فى الرطوبة النسبية ؛ إما قريبًا من التشبع للخضر الورقية ، وإما فى المستوى المنخفض المناسب لبعض الخضر مثل البصل (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤ أ) .