الفصل الخامس

خزن الفواكه والخضار

Storage of Fruits and Vegetables

تمت مراجعة هذا الفصل من قبل الأستاذ الدكتور فهمي شتات
قسم البستنة والمحاصيل بالجامعة الأردنية

(٥,١) مقدمة

تعد الفواكه والخضار أغذية حساسة وتحتاج إما إلى خزن لفترات قصيرة لتسويقها بنجاح أو لفترات طويلة لزيادة عمرها التسويقي. وتتأتى العديد من الفوائد نتيجة الخزن المناسب للفواكه والخضار، ومن هذه الفوائد:

١- توفير الفواكه والخضار لفترات طويلة.

٢- المحافظة على جودة الفواكه والخضار.

٣- ضبط عملية التسويق.

تهدف عمليات خزن الفواكه والخضار إلى تحقيق الفوائد سالفة الذكر من خلال:

١- خفض النشاط الحيوي للفواكه والخضار عن طريق السيطرة على معدل التنفس وتجنب أضرار التبريد في نفس الوقت.

٢- الحد من الإصابات المرضية والفسيولوجية والحشرية.

٣- حفظ المحصول في أفضل صورة له، قابلة للاستعمال.

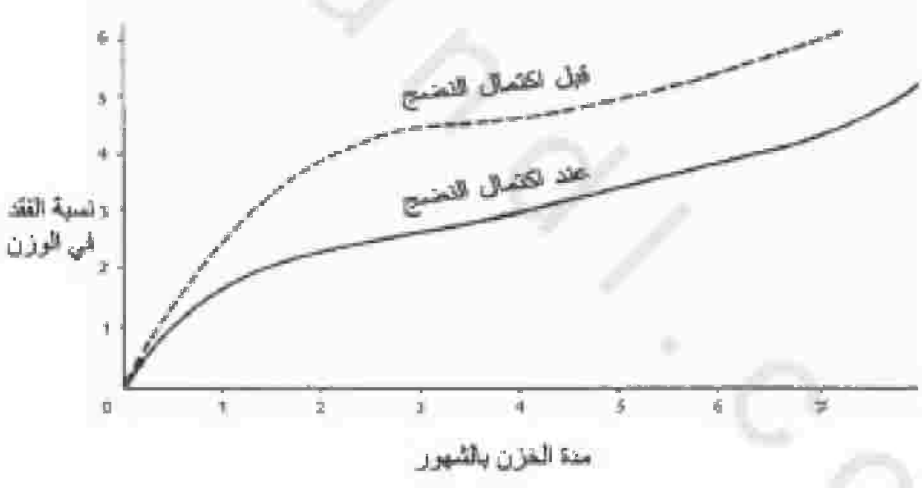
٤- خفض الفقد نتيجة عمليات النتج.

وهنالك العديد من العوامل التي تساعد على زيادة الفترة التخزينية للفواكه والخضار وتشمل:

١- ضرورة جمع المحصول عند درجة النضج المناسبة وكلما زاد النضج كلما قلت مدة الخزن، كما يتضح من الشكل رقم (٥,١).

وتتوفر العديد من درجات النضج للفواكه والخضار، فقد يكون النضج متكاملاً أو جزئياً أو بدرجة متوسطة. وفي حالة البندورة مثلاً فإنها تمر بست مراحل من النضج وهي كما يلي:

أ) أخضر ناضج: Mature green ويكون فيها أقل من ١٠٪ من الثمرة ذي لون وردي أو أحمر.



الشكل رقم (٥,١). تأثير درجة النضج على نسبة الفقد في وزن البطاطا أثناء خزنها.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

ب) مرحلة الانكسارBreaker ويكون ١٠٪ من الثمرة ذي لون وردي أو أحمر.

ج) مرحلة التحول Turning ويكون ١٠-٣٠٪ من الثمرة ذي لون وردي أو أحمر.

د) مرحلة اللون الوردي Pink ويكون فيها ٣٠-٦٠٪ من الثمرة ذي لون وردي أو أحمر.

هـ) مرحلة اللون الأحمر الخفيف Light red ويكون فيها ٦٠-٩٠٪ من الثمرة ذي لون وردي أو أحمر.

و) مرحلة اللون الأحمر Red ويكون فيها أكثر من ٩٠٪ من الثمرة ذي لون وردي أو أحمر.

٢- التحكم في الإصابات المرضية لما بعد الحصاد للفواكه والخضار.

٣- استخدام الكيماويات (الجدولين رقمي ٥,١ ، ٥,٢).

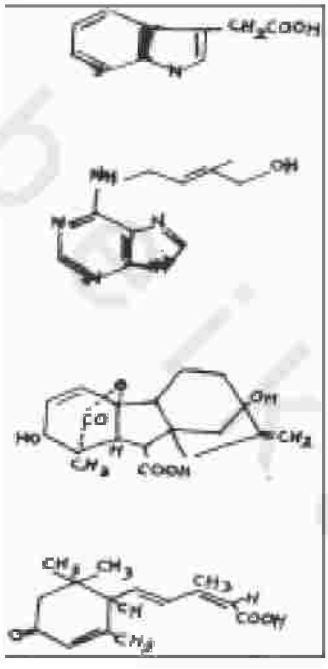
٤- استخدام التشعيع.

الجدول رقم (٥,١). تأثير منظم النمو (Benzylaminopurine) على التبرعم والتجذير في الجزر المخزن لمدة أربعة أشهر على درجة صفر مئوي في الهواء (في الهواء أي في ظروف غير متحكم فيها).

المعاملة والتركيز (جزء بالمليون)	التبرعم (٪)	التجذير (٪)	التبرعم والتجذير معا (٪)	القيمة الخسية
ماء (الشاهد) *	صفر	صفر	٦٠	٧
١٠٠	صفر	٦٤	٣٣	٧
٥٠٠	١٢	٧٠	صفر	٧
١٠٠٠	صفر	١٠٠	صفر	٧
١٠٠	٢٣	صفر	صفر	٩
٥٠٠	صفر	صفر	٣٠	٩
١٠٠	١٠	صفر	١٠	٩
٥٠٠	٢٤	صفر	٢٤	٧
١٠٠	صفر	٣٣	٦٠	٥
٥٠٠	صفر	صفر	٤٢	٥
Benzylaminopurine (BA)				
١٠٠	صفر	صفر	٨٠	٧
٥٠٠	صفر	صفر	٥٣	٧

* يقصد بالشاهد نموذج المقارنة أي لم يتم إضافة منظم النمو.

(المصدر: Salunkhe et al.1991,).

EXAMPLE	CLASS	
	Indole-3-acetic	Axin
	Zeatin	Cytokinin
	Gibberellin A_3	Gibberellin
	Abscisin II	Abscisin

الشكل رقم (٥,٢). الصيغة التركيبية لبعض محفزات النمو النباتية.

(المصدر: Sahnkhe et al.1991,).

٥- التبريد الأولي Precooling

٦- الخزن في أجواء معدلة متحكم فيها.

تلحق بالفواكه والخضار العديد من التغيرات غير المرغوبة نتيجة الخزن غير الملائم، ومن هذه التغيرات:

١- التجذير أو التبرعم Sprouting or rooting كما في الثوم والبصل والبطاطا.

٢- الاخضرار وارتفاع نسبة السولانين كما في البطاطا عند التعرض للضوء.

٣- التليف أو الاخشوشان Toughening نتيجة الخزن على درجات حرارة مرتفعة كما في الفاصولياء الخضراء.

(٥,٢) متطلبات الخزن الناجح

إن الوصول إلى خزن جيد وناجح للفواكه والخضار يتطلب أخذ العوامل التالية بعين الاعتبار:

(٥,٢,١) درجة الحرارة Temperature

يجب المحافظة على درجة حرارة ثابتة في المخزن، حيث يعرض انخفاض درجة الحرارة عن درجة حرارة الخزن المثلى أو ما يمكن تسميته بالدرجة الآمنة The lowest safe temperature الفواكه أو الخضار المخزنة إلى أضرار التبريد، في حين يعمل ارتفاع درجة الحرارة عن درجة الحرارة المثلى للخزن على خفض العمر التخزيني للمنتج وقابليته للتسويق ويزيد من نسبة الفقد. إن التذبذب الكبير في درجة حرارة الخزن يضر بالفواكه والخضار المخزنة، وعليه يراعى أن لا يزيد هذا التذبذب عن (٠,٥–١ °م)، ويمكن الوصول إلى ذلك عن طريق التصميم الجيد للمخازن وعمل العزل المناسب Proper insulation وضبط حركة الهواء Air circulation عند الحدود المثلى. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام أدوات القياس والضبط المناسبة وبصورة دورية.

وحديثاً تم دراسة تأثير الخزن على ١ و ٥ °م ولمدة ١٢٠ يوماً على جودة صنف العنب الحلواني المزروع في البيئة الأردنية. وأشارت النتائج (الجدول رقم ٥,٢، والأشكال أرقام ٥,٣–٥,٦) إلى أن نسب التعفن (Decay) بلغت ٥٪ بعد الخزن لمدة ١٢٠ يوماً عند درجة حرارة ١ °م و٩٠٪ رطوبة نسبية. وارتفعت نسبة التعفن لتصل إلى ٤٣ ٪ للثمار المخزنة لمدة ١٢٠ يوماً عند ٥ °م و٩٠ ٪ رطوبة نسبية. وتراوح الفقد في الوزن ما بين ١٥– ١٩ ٪ عند درجتي حرارة الخزن بعد ١٢٠ يوماً. وبلغت نسبة الثمار المتساقطة من العناقيد (Shatter) ١٦٪ عند الخزن لمدة ٢٠ يوماً على ١ °م وارتفعت هذه النسبة إلى ٣٠ ٪ عند الخزن لنفس المدة على ٥ °م. وبناءً على نتائج

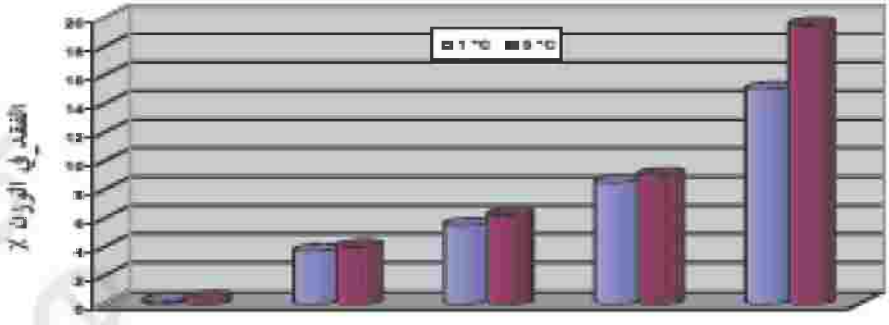
تلك الدراسة فقد أوصى الباحث بضرورة خزن عنب الخلواني على ١ °م و٩٠ ٪ رطوبة نسبية، ويمكن في الحالات الطارئة خزن عنب الخلواني على ٥ °م و٩٠ ٪ رطوبة نسبية ولمدة لا تتجاوز ٣٠ يوماً. كما أوصت الدراسة بضرورة تكثيف الدراسات في مجال صلاحية أصناف العنب المزروعة في البيئة المحلية نظراً لظروف الخزن المختلفة.

الجدول رقم (٥,٢). تأثير الخزن عند ١ و٥ °م و٩٠ ٪ رطوبة نسبية على بعض الصفات الطبيعية والكيميائية لعنب الخلواني.

مدة الخزن (يوم)	الفقد في الوزن (٪)	اللون (٪)	الفرط (٪)	التركيز (٪)	الرقم الهيدروجيني	الحموضة (٪)	درجات التقييم الحسي
عنب الخلواني المخزن عند ١ °م و٩٠٪ رطوبة نسبية							
صفر	صفرهـ	صفرأ	صفرج*	٢٠,٢٠ ج	٤,٩١ أ	٠,٢٠ د	١٨,٥٠
٢	٣,٠٨ د	١,٧٠	٨,٤٢ ب	٢٢,٥٠ ب	٤,٢١ ب	٠,٢٢ ج	١٨,٣٠
٤	٤,٩٠ ج	١,٨٠	٨,٦٥ ب	٢٣,٦٠ ب	٤,٢٠ ب	٠,٢٤ ج	١٨,٢٠
٦	٨,١٥ ب	١٤,١٠	١٢,٠٣ ب	٢٣,٧٠ ب	٣,٩٨ ج	٠,٢٧ ب	٧,٣٠ ب
١٦	١٤,٧٠ أ	١٤,٦٠	١١٦,٠٩ أ	٢٦,٤٠ أ	٣,٩٢ ج	١,٣٣ أ	٧ ب
عنب الخلواني المخزن عند ٥ °م و٩٠٪ رطوبة نسبية							
صفر	صفرهـ	صفرد	صفرهـ	٢٠,٢٠ د	٤,٩١ أ	٠,٢٠ هـ	١٨,٥٠
٢	٣,٤٢ د	٠,٦٣ د	٣,٩٨ د	٢٣,٥٠ ج	٤,٣٦ ب	٠,٢٢ د	٧,٩٠ ب
٤	٥,٧٠ ج	١٠,١٧ ج	٧,٧١ ج	٤,٩٠ ب ج	٤,٠٧ ج	٠,٢٤ ج	٧,٧٠ ب
٦	٨,٧٨ ب	١٥,٤٠ ب	١٤,٥٦ ج	٢٥,٢٠ ب	٣,٩٧ د	٠,٣٢ ب	٦,٠٠ ج
١٦	١٨,٩٠ أ	١٤٣,٣٢ أ	١٣٠,٤٩ أ	٢٨,٠٠ أ	٣,٩٢ د	١,٣٧ أ	—

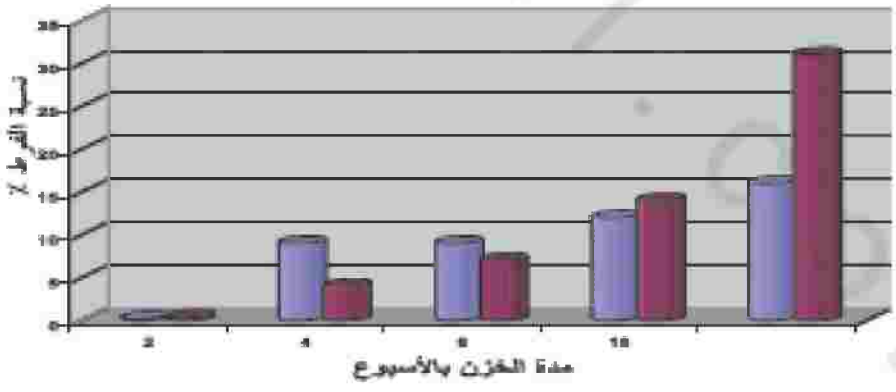
* القيم في العمود الواحد والتي تحمل نفس الأحرف لا تختلف عن بعضها معنوياً عند درجة احتمال مقدارها ٠,٠٥.

المصدر: يوسف، علي كامل (٢٠٠١).



الشكل رقم (٥,٣). الفقد في وزن عنب الحلواني نتيجة التخزين.

الشكل رقم (٥,٤). تعفن عنب الحلواني نتيجة التخزين.



الشكل رقم (٥,٥). الفرط في عنب الحلواني نتيجة التخزين.

المصدر: يوسف، علي كامل (٢٠٠١).

وفي دراسة أخرى حول تقنيات الخزن بالتبريد والتجميد للتمور السعودية في مرحلة الرطب تم دراسة مدى مناسبة ثمانية أصناف من تمور الإحساء للحفظ باستخدام التبريد والتجميد. وتناولت الدراسة تأثير درجة حرارة الخزن ومدته على كل من النسجة واللون ونسبة الترطيب والطعم والمحتوى السكري (الجداول أرقام ٥,٣–٥,٥). أشارت النتائج إلى تفوق رطب أم رحيم والهلالي على رطب الأصناف الأخرى من التمور وذلك من ناحية صلاحيتها للحفظ بالتجميد. وامتاز رطب هذين الصنفين بعد خزنهما لمدة أربعة أشهر على — ٢٠ °م بلونٍ جذاب وقوام جيد وطعم فاخر وتجانس بدرجة النضج أو معدل الترطيب وأوضحت نتائج هذه الدراسة أيضاً أن الخزن المبرد على ٥ °م ملائم لحفظ التمور (الرطب) لمدة قصيرة وفي حدود شهر واحد فقط. وكان رطب أم رحيم والخلاص والهلالي أكثر صلاحية للخزن المبرد من الأصناف الأخرى وذلك عند الأخذ بعين الاعتبار لعوامل الجودة كاللون والطعم ونسبة الترطيب ودرجة تهتك الأنسجة ووجود نموات ميكروبية.

الجدول رقم (٥,٣). الصفات الطبيعية لبعض أصناف الرطب السعودية الطازجة.

الأصناف	نسبة الترطيب	معدل وزن التمر (جم)	اللون	تركيز المواد الصلبة الذائبة (البركس)
رزيز	١٠	١١,٦٠	كهرماني غامق	٥٣,٧٠
خلاص	٥٠	١٥	كهرماني فاتح	٤٥,٨٠
تناجيب	٣٠	١٠,٧٠	أحمر قابض	٥٢,٣٠
خصاب	١٠	١٦	أحمر قابض	٥٣,٧٠
أم رحيم	١٥	١٢	كهرماني	٤٥,٨٠
هلالي	١٥	١٨	أصفر قابض	٥٢,٣٠
شهل	٣٠	٩,٥٠	كهرماني فاتح	٤٤,٦٠
شيشي	٢٠	١٨,٥٠	ذهبي فاتح	٥٠,٧٠

المصدر: يوسف وجماعته (١٩٩٣).

الجدول رقم (٥,٤). صلاحية بعض أصناف الرطب السعودية للتخزن المبرد(٥ °س)

الصفات	فترة	أصناف التمور في مرحلة الرطب						
الحسية	الخزن	رزيز	عجلاني	تناجيب	عصاب	أم رحيم	هلالي	شهل	شيشي
نسبة	طازج	١٠	٥٠	٣٠	١٠	١٥	١٥	٣٠	٢٠
الترطيب %	شهر	٧٥	١٠٠	٨٥	٧٠	٧٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠
	شهران	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
الطعم	طازج	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	مقبول	مقبول
	شهر	جيد جداً	جيد [أ]	جيد جداً	جيد جداً	جيد جداً	جيد	جيد	جيد
	شهران	–	جيد	–	–	جيد	جيد	–	–
تغذف الأنسجة	طازج	ب ج	٠ د	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهر	+	++	+	+	+	++	++	++
الاكتان الفول	طازج	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهر	+	++	+	+	+	++	++	++
	شهران	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++
وجود غوات	طازج	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
ميكروبية	شهر	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهران	+	٠	+	+	٠	٠	++	++

(أ): (–) لا يصلح للاستهلاك لوجود غوات ميكروبية أو تفتك أنسجة.

(ب): (٠) لا يوجد، ج: (+) بسيط، د: (++) وسط هـ: (+++) كثير.

المصدر: يوسف وجماعته (١٩٩٣).

الجدول رقم (٥,٥). صلاحية بعض أصناف الرطب السعودية للتخزن بالتجميد (-٢٠ °م).

الصفات الحسية	فترة التخزن	أصناف التمور في مرحلة الرطب						
		رزيز	خلاص	تاجيب	عصاب	أم رحيم	هلالي	شهل	شيشي
نسبة الترطيب%	طازج	١٠	٥٠	٣٠	١٠	١٥	١٥	٣٠	٢٠
	شهر	٧٥	٧٥	٧٠	٧٠	٦٠	٦٠	٥٠	٦٠
	شهران	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
	4 شهور	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
الطعم	طازج	مقبول	جيد	مقبول	مقبول	مقبول	جيد	مقبول	مقبول
	شهر	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	مقبول	مقبول
	شهران	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد جداً	جيد جداً	مقبول	مقبول
	4 شهور	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد جداً	جيد جداً	جيد	جيد
قتك الأنسجة	طازج	ب	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهر	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهران	٠	++	+	+	٠	٠	+	+
	4 شهور	٠	+++	+	++	٠	٠	++	+
ادكتان اللون	طازج	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهر	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	شهران	٠	٠	++	++	٠	٠	++	٠
	4 شهور	٠	+	++	+++	٠	٠	++	٠

(أ): (-) لا يصلح للاستهلاك لوجود نموات ميكروبية أو قتك أنسجة.

(ب): (٠) لا يوجد، ج: (+) بسيط، د: (++) وسط، هـ: (+++) كثير.

المصدر: يوسف وجماعته (١٩٩٣).

(٥,٢,٢) الرطوبة النسبية Relative Humdity

تتراوح الرطوبة النسبية المثلى لخزن معظم الفواكه والخضار ما بين (٨٥–٩٠٪) ويؤدى الخزن عند رطوبة نسبية منخفضة إلى حدوث فقد في الوزن (الجدول رقم ٥.٦)، في حين أن الخزن عند نسب مرتفعة من الرطوبة النسبية يشجع على زيادة النموات الميكروبية. وعلى العموم فإن حدوث فقد في وزن الخضار والفواكه يتراوح ما بين (٥–١٠٪) يؤدي إلى الذبول Shrivilling والبيات Staling أو ما يسمى بفقد الطزاجة.

(٥,٢,٣) أجواء الخزن Storage Atmosphere

يمكن التحكم بأجواء الخزن إما بإضافة بعض الغازات أو التخلص منها أو بالعمليتين معاً. وكما هو معروف فإن الفواكه والخضار عبارة عن أنسجة حية تتنفس حيث تأخذ الأكسجين وتطرد ثاني أكسيد الكربون. ويتم في كثير من الأحيان التخلص من الغازات Scrubbing في المخازن حيث إن زيادة تركيزها عن حدود معينة يضر كثيراً بالفواكه والخضار المخزنة. فمثلاً يتم التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون عن طريق امتصاصه باستخدام الماء أو الجير، ويتم امتصاص الإثيلين ببيرمنجنات البوتاسيوم أو تكسيره بالأشعة فوق البنفسجية، أما الأكسجين فيتم التخلص من الزائد منه باستخدام المناخل الجزيئية Molocular sieves.

(٥,٢,٤) الضوء والمعاملة بالكيماويات Light and Chemical Treatments

سبق الإشارة إلى تأثير الضوء في تكون الجلايكوألكالويدات السامة في البطاطا ناهيك عن تأثير الضوء على تكسر بعض المغذيات كالفيتامينات. أما استخدام الكيماويات فقد أصبح معروفاً أن زيادة تركيز المبيدات أو الهرمونات أو مضادات الميكروبات عن حدود معينة في الفواكه والخضار يضر بصحة المستهلك ولذا جاء تدخل الجهات المشرعة لحماية المستهلك ضد التجاوزات في استعمال الكيماويات الزراعية.

الجدول رقم (٥,٦). تأثير الحرارة والرطوبة وحركة الهواء على الفقد في الوزن لبعض الفواكه المخزنة لمدة أربعة أشهر.

الفواكه/الخضار	درجة الحرارة (°س)	حركة الهواء متر/الساعة	الرطوبة النسبية (٪)	الفقد في الوزن كنسبة مئوية من الوزن الأصلي نتيجة الخزن لمدة تتراوح ما بين ٣٠–١٢٠ يوم		
				٣٠	٦٠	١٢٠
الكمثرى	٠	٤–٣	٦٥	٢,٩٠	٥,٨٠	١٠,٧٠
	٠	٤–٣	٨٠	٢,٥٠	٤,٨٠	٨,٣٠
	٠	٤–٣	٩٨	٢	٣,٥٠	٥,٥٠
	٥	٤	٦٥	٥,٦٠	٩,٩٠	١٩,٧٠
	٠	٤–٣	٨٠	٣,٥٠	٦,٢٠	١١,٣٠
	٠	٤–٣	٩٨	٢,٦٠	٤,٢٠	٦,٤٠
التفاح	٤	٤	٦٥	٢,٥٠	٤,٧٠	٩,٣٠
	٤	٤	٧٥	٢,١٠	٤	٨,٣٠
	٤	٤	١٠٠	١,٢٠	١,٨٠	–
القرنفلة	٠	٤	٦٥	٤,٧	٧,٣٠	١٥
	٠	٤	٩٠	٤,٤	٦,٨٠	١٤
	٠	٩	٦٥	٤,٧٠	٨,٤٠	٢٠,٤٠
	٠	٩	٩٨	٤,٢٠	٦,٦٠	١٣,٩٠
العنب	١	–	٩٠	٥	٨	١٥
	٥	–	٩٠	٦	٩	١٩

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

(٥,٣) عمليات التخزين
Storage Operations

تصنف عمليات خزن الفواكه والخضار بناءً على مدة الخزن Duration إلى ما يلي:

١– عمليات الخزن المؤقت Temporary Storage

وهي تلاءم الفواكه والخضار ذات القابلية المرتفعة للفساد ومن الأمثلة عليها الخزن للبيع في محطات القطار Railway stations، والبيع في الساحات Shipping yards والبيع في الأسواق والحدائق.

٢- الخزن لفترات قصيرة ومتوسطة Short and Midterm Storage

قد يمتد هذا الخزن ما بين (١-٦) أسابيع وذلك بناءً على نوع المنتج ودرجة نضجه، ويهدف إلى تنظيم عملية تسويق بعض الفواكه والخضار كالموز، والمانجو والملفوف والباذنجان والبندورة والقرنبيط.

٣- الخزن لفترات طويلة Longterm Storage

ومن الأمثلة عليها خزن كلٍ من البطاطا والكوسة والتفاح والبرتقال والجزر والبصل والثوم.

كما يمكن تصنيف عمليات الخزن إلى خزن طبيعي وخزن اصطناعي.

(٥,٣,١) الخزن الطبيعي Natural Storage

يبقى المنتج في الخزن الطبيعي دون أية معاملة ويضم هذا النوع من الخزن:

(٥,٣,١,١) الخزن في التربة In-Soil Storage

يترك المنتج في هذا النوع من الخزن في التربة إلى أن تصبح هناك حاجة ماسة لتسويقه قبل حلول موسم الشتاء. ومن الأمثلة على المنتجات التي تخزن بهذه الطريقة البصل والبطاطا والثوم.

(٥,٣,١,٢) الخزن تحت الأرض Underground Storage

يتم في هذا النوع من الخزن عمل حفر تحت الأرض حيث يوضع المنتج كالبطاطا والملفوف والبصل والجزر والشمندر داخلها، ويغطى بالقش أو التراب مع مراعاة التهوية المناسبة.

(٥,٣,١,٣) الخزن مع التهوية Ventilated Storage

تكون المخازن في هذه الحالة أما تحت الأرض وإما فوق الأرض، ويتم تغطية المنتج بالبطانيات في المناطق الباردة لتجنب أضرار التبريد كما تجهز هذه المخازن بالتسهيلات الخاصة بتوفير التهوية المثلى. ويمكن خزن كل من البطاطا والبصل والثوم بنجاح في مثل هذا النوع من المخازن.

(٥,٣,١,٤) المخازن الثلجية Ice Refrigeration Storage

يستخدم الثلج في مثل هذا النوع من الخزن كوسيلة للتبريد Refrigerant وتعمل درجة الحرارة المنخفضة على إطالة العمر التخزيني للمنتج، ومن سلبيات هذه الطريقة من طرق الخزن ضرورة التخلص من الثلج الذائب.

(٥,٣,٢) الخزن الاصطناعي Artificial Storage

ويمكن تقسيمه أيضاً إلى عدة أنواع تشمل:

(٥,٣,٢,١) الخزن المبرد آلياً Mechanical Refrigerated Storage

لقد تم نتيجة للخزن المبرد توفير الفواكه والخضار على مدار العام في أجزاء كثيرة من العالم. ويعتمد التبريد الآلي على امتصاص سائل التبريد للحرارة وتحوله إلى غاز. وتعد الأمونيا والفريون من أكثر سوائل التبريد استعمالاً في التبريد الآلي. ويتبين من الشكلين رقمي (٥,٦ ، ٥,٧) المكونات الأساسية لنظام التبريد الآلي.

إذ يتم خزن سائل التبريد في جهاز الاستقبال Receiver ثم يمرر على صمام التمدد Expansion valve حيث يتم خفض ضغطه ويبدأ بالتبخر والتحول إلى غاز، ويقوم في هذه المرحلة بامتصاص الحرارة من المخزن والمنتج. يمرر سائل التبريد بعدها إلى المبخر Evaporator أو ما يسمى بأنابيب التبريد Cooling coils ومن ثم إلى الضاغط Compressor حيث يضغط ثم إلى المكثف والمستقبل حيث تتكرر دورة سائل التبريد وبصورة مستمرة.

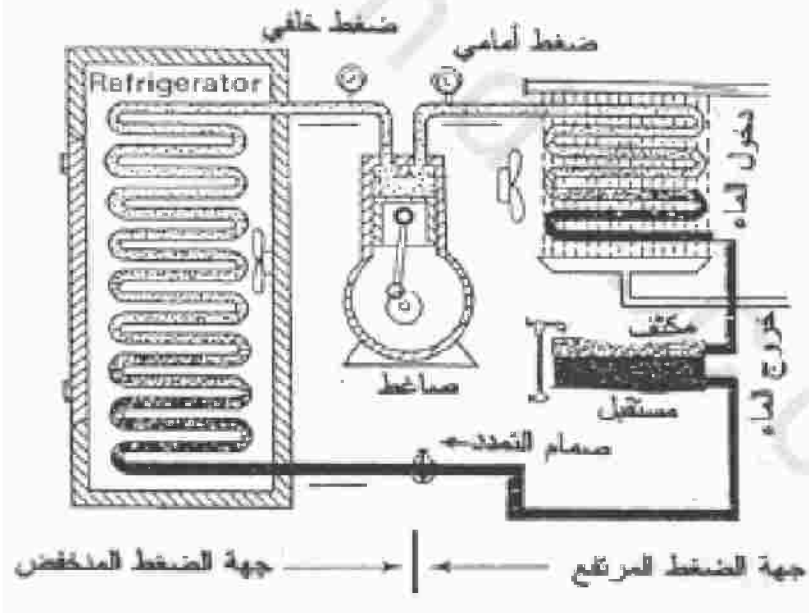
عند اختيار سائل التبريد يجب أخذ ثلاثة عوامل بعين الاعتبار وهي الكلفة والملاءمة للاستعمال وسميته للمنتج. وكما سبق القول فإن التبريد الميكانيكي يعتمد بصورة أساسية على عدة عوامل بيئية سبق التعرض لها وهي درجة الحرارة والرطوبة النسبية وحركة الهواء. ويجب ضبط حركة الهواء بإحكام عند الحدود المثلى وخاصة في حالة المخازن التي

تجمع بين التبريد الميكانيكي والأجواء المعدلة أو المتحكم فيها. ويتم في الوقت الحاضر في الدول المتقدمة السيطرة على مثل هذه الأمور باستخدام الحاسبات الإلكترونية.

(٥,٣,٢,٣) الخزن في أجواء معدلة أو متحكم فيها

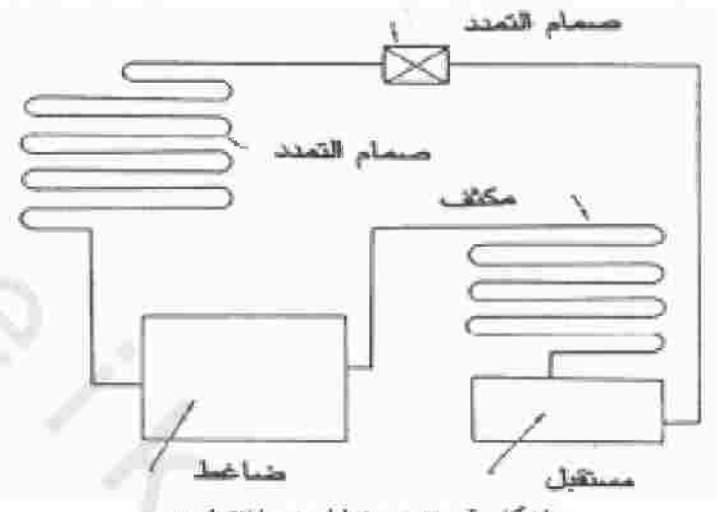
Controlled and Modified Atmosphere Storage

يشير الخزن في أجواء متحكم فيها CA أو في أجواء معدلة MA إلى التخلص من أو إلى إضافة غازات في جو المخازن الأمر الذي يؤدي للوصول إلى أجواء مختلفة في تركيبها عن الأجواء الطبيعية. ومن المعروف أن الجو الطبيعي Normal atmosphere يحتوي على (٧٨٪) نيتروجين و(٢١٪) أوكسجين و (٠,٠٣٪) ثاني أكسيد الكربون. ويختلف الخزن في أجواء متحكم فيها CA عن الخزن في أجواء معدلة في الأمور الخاصة بدرجة التحكم بنسب الغازات. ويعد الخزن في أجواء متحكم فيها أكثر دقة



الشكل رقم (٥,٦). المكونات الأساسية لوحدة تبريد ميكانيكي.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)



الشكل رقم (٥,٧). مخطط بياني لحلقة التبريد.

(المصدر: Salunkhe et al.1991)

في درجة التحكم، إذ أنه في الخزن في أجواء معدلة يصعب ضبط الغازات عند تركيز محدد.

الخزن في أجواء متحكم فيها CA: يستخدم هذا النوع من الخزن في الوقت الحاضر على نطاق تجاري إذ أن ما يزيد عن (٥٠٪) من التفاح الأمريكي والبرتقال الفلسطيني يتم خزنه بهذه الطريقة. ويتم في هذا النوع من الخزن خفض نسب الأكسجين وزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون الأمر الذي يؤدي إلى خفض معدل التنفس للفواكه والخضار ومن ثم تأخير الطراوة والاصفرار والحد من العمليات الحيوية وعمليات الفساد وتكسر الأنسجة. وتبين الجداول أرقام (٥,٧-٥,١٠) الأنواع المختلفة من الخزن في أجواء متحكم فيها أو معدلة للعديد من الفواكه والخضار.

ومع أن الخزن في أجواء متحكم فيها له العديد من الفوائد إلا أنه أحياناً تصاحبه بعض السلبيات التي تلحق بالفواكه والخضار. فقد يسبب التركيز المرتفع من ثاني أكسيد الكربون والمنخفض من الأكسجين إلى تعفن الثمار Decay، والتلون الداخلي للأنسجة

وأحياناً تحطم الأنسجة وكذلك تراكم الأحماض العضوية وبتراكيز تعد سامة كحامض السكسنيك والى اكتساب الفواكه والخضار طعماً غير مرغوب فيه Off-flavor.

التأثير الفسيولوجي لتركيز الأكسجين في المخازن ذات الأجواء المتحكم فيها: يجب أن لا يقل تركيز الأكسجين بصفة عامة في مخازن الفواكه والخضار عن (١-٢٪)، إذ أن تركيز الأكسجين يؤثر على عمليات النضج وعلى عملية التنفس (إنتاج الفواكه والخضار لثاني أكسيد الكربون) كما أن هناك علاقة بين تركيز الأكسجين وكلٍ من درجة الحرارة وتركيز الإثيلين، وبناءً عليه ينصح بتجنب السماح بتراكم الإثيلين في المخازن ذات الأجواء المتحكم فيها.

التأثير الفسيولوجي للتراكيز المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون: إن للتراكيز المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون أثناء الخزن في أجواء متحكم فيها العديد من التأثيرات على الفواكه والخضار ومنها التأثير على النضج، والنشاط الإنزيمي وإنتاج المواد الطيارة، كما تؤثر على تمثيل الأحماض العضوية وتحلل المواد البكتينية وتخليق الكلوروفيل. ويؤثر التركيز المرتفع من ثاني أكسيد الكربون أيضاً على الرقم الهيدروجيني أحياناً حيث يعمل على رفعه، ويساعد على إنتاج نكهات غير مقبولة وخفض محتوى الفواكه من فيتامين ج وتأخير نمو الفطريات.

وبالإضافة إلى عمليات السيطرة على درجات الحرارة وثاني أكسيد الكربون والأكسجين أثناء عمليات الخزن في أجواء مسيطر عليها يراعى أيضاً السيطرة على الرطوبة النسبية والإثيلين، وينصح باستخدام المبيدات الفطرية لتجنب نمو الفطريات أثناء الخزن في أجواء متحكم فيها.

وقد تكون فترة الخزن في المخازن ذات الأجواء المتحكم فيها لفترات قصيرة كما هو الحال في عمليات نقل الفواكه والخضار لأغراض التصدير أو لفترات طويلة تمتد عدة شهور. وما زالت هناك حاجة ماسة للبحث العلمي لدراسة احتياجات مختلف الفواكه والخضار أثناء الخزن في أجواء متحكم فيها.

ومما يجدر ذكره أنه في مجال الخزن تحت أجواء متحكم فيها لا تتوفر خلطة مثلى من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون Single best combination of Co_2 and O_2 لخزن الفواكه والخضار المخلوطة Mixed fruits and vegetables. وعلى العكس من ذلك فإن لكل نوع بل لكل صنف من الفواكه والخضار متطلباته من الخزن تحت أجواء متحكم فيها، ويبين الجدولان رقما (٥,٨ ، ٥,٩) احتياجات بعض أنواع الفواكه والخضار من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون أثناء الخزن تحت أجواء متحكم فيها.

الجدول رقم (٥,٧). النسب المئوية للغازات عند خزن ونقل الفواكه تحت ظروف جوية معدلة أو متحكم فيها.

الفواكه/ الخضار	مخزن/ نقل	درجة الحرارة (°م)	تركيز الأكسجين (٪)	تركيز ثاني أكسيد الكربون (٪)	التركيز الضار من الأكسجين (٪)	التركيز الضار من ثاني أكسيد الكربون (٪)	العمر التسويقي باليوم عند الخزن تحت ظروف متحكم فيها
تفاح	خزن	صفر	٣	٣	١	٥	٢٠٠
مشمش	خزن	صفر	٢—١	٣—٢	–	–	١٤
كرز حلو	خزن ونقل	صفر	٣—١	١٠—٥	–	–	٢١
نكتارين	خزن	صفر	٣—١	٥	٢٥,٠	٦	٢١
خوخ	خزن	صفر	٢—١	٥	٢٥,٠	٦	٢١
جريب فروت	خزن	٧	٥—٢	٥—٢	١	–	٢٨
ليمون	خزن	١٥	٥—٣	صفر—٥	–	٦	١٣٠
برتقال (فالنسيا)	خزن	١	١٥	صفر	٥	٥	٤٢
مانجه	خزن	١٣	٥	٥	١	٦	١٤
كمثرى (بارليت)	خزن	صفر	١	٥	–	–	٦٠
برقوق	خزن	صفر	٧—١	صفر—٧	–	–	٢١
قرابولة	خزن ونقل	صفر	١٠—٤	صفر—٢٠	١	–	٧
عنب	خزن	صفر	٥	٥—٢	–	–	١٢٠
موز	نقل	١٣	٢	٥	١	٨	٢١
أناناس	نقل	٧	٥—٢	صفر	–	–	١٢

(المصدر: Salunkhe et al.1991).

الجدول رقم (٥,٨). بعض ظروف الأجواء المعدلة أو المتحكم فيها المقترحة لخزن ونقل بعض أنواع الفواكه.

الفواكه	درجة الحرارة (م°)	تركيز الأكسجين (٪)	تركيز ثاني أكسيد الكربون (٪)
تفاح	صفر–٥	٢–٣	١–٢
مشمش	صفر–٥	٢–٣	١–٢
كرز حلو	صفر–٥	٣–١٠	١٠–١٢
تين	صفر–٥	٥	١٥
نكتارين	صفر–٥	١–٢	٥
خوخ	صفر–٥	١–٢	٥
جريب فروت	١٠–١٥	٣–١٠	٥–١٠
ليمون	١٠–١٥	٥	صفر–٥
برتقال	٥–١٠	١٠	٥
مانجه	١٠–١٥	٥	٥
كمثرى	صفر–٥	٢–٣	صفر–١
برقوق	صفر–٥	١–٢	صفر–٥
المكسرات والفواكه الجافة	صفر–٢٥	صفر–١	صفر–١٠٠
فراولة	صفر–٥	١٠	١٥
عنب	صفر–٥	بدون	بدون
موز	١٢–١٥	٢–٥	٢–٥
أناناس	١٠–١٥	٥	١٠
الزيتون	٨–١٢	٢–٥	٥–١٠
الكيوي	صفر–٥	٢	٥

(المصدر: Salunkhe et al.1991).

الجدول رقم (٥,٩). بعض ظروف الأجواء المعدلة أو المتحكم فيها المقترحة لخزن ونقل بعض أنواع الخضار.

الخضار	درجة الحرارة (°م)	تركيز الأكسجين (٪)	تركيز ثاني أكسيد الكربون (٪)
البنجر	صفر–٥	بدون	بدون
الملفوف	صفر–٥	٣–٥	٥ — ٧
الشمام	٤– ٧	٣–٥	١٠– ١٥
الجزر	صفر–٥	بدون	بدون
القرنبيط	صفر– ٥	٢–٥	٢–٥
الكرفس	صفر–٥	٢–٤	صفر
الهيليون	صفر–٥	هواء	٥ — ١٠
الذرة السكرية	صفر–٥	٢ – ٤	١٠–٢٠
الخيار	٨ – ١٢	٣ – ٥	صفر
الكرات	صفر– ٥	٢–٣	صفر–١
الحس	صفر– ٥	٢ – ٥	صفر
الفطر	صفر– ٥	هواء	١٠–١٥
البامية	٨–١٢	٣–٥	صفر
بصل جاف	صفر–٥	١ — ٢	صفر
بصل أخضر	صفر– ٥	١ — ٢	١٠ — ٢٠
فلفل حلو	٨–١٢	٣–٥	صفر
فلفل حار	٨–١٢	٣–٥	صفر
بطاطا	٤ – ١٢	بدون	بدون
فجل	صفر–٥	بدون	بدون
سبانخ	صفر– ٥	هواء	١٠ — ٢٠
بندورة (ناضجة جزئياً)	٨–١٢	٣–٥	صفر

(المصدر: Salunkhe et al.1991).

الجدول رقم (٥,١٠): المتطلبات الخزنية ومدى ملاءمة بعض أنواع التخزين والحساسية لأضرار التبريد لبعض الفواكه والخضار.

الفواكه/ الخضار	الأصناف المفرقة	درجة الحرارة م°	الرطوبة النسبية (٪)	نوع الخزن ومدته			أقل درجة حرارة تبريد آمنة (°م)	الحساسية لأضرار التبريد
				تبريد + جو خازني معدل (١٥٪ أكسجين + ٥٪ ثاني أكسيد الكربون)	تبريد	تبريد منخفض		
البرتقال	أبو صرة، الشموطي، الفالنسيا، المرس اللولي، البلدي أبيل	١	٨٥-٩٥	ثلاثة أشهر	ستة أسابيع	غير مستعمل	١٠	متوسطة
العنب	مبكرة: سوبريور، توم سون، سيلتس، بيوليت، بيوتي سيلتس، تدمي سيلتس متوسطة: سلطي، حضاري، حزاويني متأخرة: حلواني، بلوطي، زيني، رومي أسود	صفر	٨٥-٩٠	ثمانية أشهر	أربعة أشهر	غير مستعمل		
التمور	برحي، برهم، خلاص، زهدي، أحمر طلال	صفر إلى -١٨	٦٥-٧٥	غير مستعمل	٦-١٢ شهراً	غير مستعمل		
الليمون الحامض	الفارسي	٩-١٠	٨٥-٩٠	ستة أسابيع	ثلاثة أسابيع	ثلاثة أشهر	٧	متوسطة
البطيخ	شيلان بلاك، شوجر بيبي، كرمزون سويت	٥-٧	٨٠-٨٥	غير مستعمل	٢-٣ أشهر	غير مستعمل	ليس هناك دراسة حولها	ليس هناك دراسة حولها
الشمام	آناناس، برذي، أمكو سويت	١٠	٨٠-٨٥	أربعة أسابيع	أسبوعان	غير مستعمل	٧-١٠ بناء على الصنف	قليلة

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٥,١٠).

الفواكه/ الخضار	الأصناف المفرقة			نوع الخزن وعدته			أقل درجة حرارة لتبريد آمنة (°م)	الحساسية لأضرار التبريد
		درجة الحرارة م	الرطوبة النسبية (٪)	تبريد + جو خازي معدل (١٥٪ أكسجين + ٥٪ ثاني أكسيد الكربون	تبريد	خفض منخفض		
التفاح	جولدن ديليشس، ستار كينج، جولدكاب، ريد يوتي، توب رد	صفر	٩٠-٩٥	عشرة أشهر	ستة أشهر	١٦شهر	٣	متوسطة
الخيار	هسا، صحاري، بيكاليلو، داركوبيلو، دينا	٨	٩٠	أربعة أسابيع	أسبوعان	ستة أسابيع	٧	مرتفعة
الباذنجان	كلاسيك، بلاك يوتي	١٠-١٢	٩٠-٩٥	لم يستخدم بعد ان لوحظ ان زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون عن٧٪ يؤثر على جودة الباذنجان	٢-٣ أسابيع	لم يستخدم	٧	عالية
الباميه♣	كلمسون سابلي، بيركز سابلس	٧-١٠	٩٥	أسبوعان	أسبوع واحد	لم يستخدم بعد	٥	متوسطة♣
البندورة	رقا، فريدة، عيسرا	٨-١٢ للبندورة الناضجة جزئياً ١٩-٢٠ للبندورة ذات درجة النضج "أختر ناضج"	٨٥-٩٠	ستة أسابيع	ثلاثة أسابيع	١٢ أسبوعاً	٧-١٢	قليلة للثمار الناضجة ومرتفعة للثمار الخضراء الناضجة♣♣

♣ يلاحظ التبريد السريع للباميه المراد تخزينها وذلك إلى أقل من١٠ °م للحفاظ على جودتها المرتفعة.

(المصدر: Salunkhe et al.1991).

obeikandl.com

(٥,٣,٢,٣) الخزن في عبوات مرنة Storage in Polymeric Films

وهي أحد أنواع الخزن تحت أجواء متحكم فيها أو معدلة، وحدث تقدم كبير في مجال تطوير عبوات لأغراض الخزن تحت أجواء متحكم فيها. وتتصف هذه العبوات بأنها مثقبة Perforated، وشبه منفذة Semipermeable، وتهدف إلى تقليل فقد رطوبة المنتج وحمايته من التلف الميكانيكي وتحسين مظهره. وعند خزن المنتج في العبوات المرنة فإنه يأخذ الأكسجين ويعطي ثاني أكسيد الكربون والإثيلين والمواد الطيارة، وتقوم العبوة بناء على نفاذيتها بالسماح الجزئي لطرد هذه الغازات. وعلى كل حال فإن نظام تركيب العبوة يجب أن يكون قادراً على خلق حالة اتزان Steady state condition يمكن بموجبها الوصول إلى تركيز متزن من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون. وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على الوصول إلى حالة الاتزان تلك ومن هذه العوامل نوع المنتج، ووزنه وصنفه ومعدل تنفسه ودرجة نضجه ودرجة الحرارة ونسب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون المطلوبة، وتركيز الإثيلين والضوء وسماكة العبوة ونفاذيتها، وغير ذلك. ويجب أخذ جميع العوامل السابقة عند اختيار العبوة المناسبة لخزن أي منتج طازج بعين الاعتبار. وتمكنت إحدى الجامعات الأمريكية من استخدام الحاسب الآلي لضبط العوامل العديدة السابقة والوصول إلى حالة الاتزان المطلوبة وتم تحقيق نتائج مشجعة. وقد أمكن زيادة فترة خزن التفاح قرابة الشهرين باستخدام مثل هذه العبوات المرنة.

(٥,٣,٢,٤) الخزن تحت تفريغ Vacuum Storage

يصنف هذا النوع من الخزن إلى نوعين يتم في الأول طرد جزء من الهواء Gas flush packaging واستبداله بغاز آخر كالنيتروجين أو ثاني أكسيد الكربون. ويستخدم هذا النوع من الخزن في حالة السلطات وعصائر الفواكه والفواكه المصنعة بصورة أولية Minimally processed fruits. أما النوع الثاني من الخزن المفرغ فيتم فيه طرد الهواء بالكامل وخلق تفريغ. وتستخدم رقائق عديد الإثيلين عالي الكثافة لهذا

النوع من التخزين، ويستعمل لخزن الفواكه المصنعة بطريقة أولية. ومما يجب مراعاته في مثل هذا النوع من الخزن ضرورة ترك بعض الأكسجين في العبوة للسماح بالتنفس الطبيعي للمنتج كما يجب خزن المنتج على (٥°م) أو في ظروف التبريد لتجنب فساده.

(٥,٣,٢,٥) الخزن تحت ضغط منخفض

Sub-atmospheric or hypobaric or low pressure storage

وهو أحد أنواع الخزن في أجواء متحكم فيها، ووجد أن الخزن تحت ظروف من الضغط المنخفض وفي وجود التبريد يعمل على خفض معدل التنفس والتخلص من الإثيلين تلقائيا الأمر الذي يعمل على زيادة العمر التخزيني للفواكه والخضار. ويوضع المنتج المراد خزنه في مثل هذا النوع من التخزين في حاويات محكمة الإغلاق على درجة حرارة مناسبة ويتم خفض الضغط عن طريق التفريغ المستمر، ويتم تهوية المنتج بهواء مشبع ببخار الماء يحتوي على مبيد فطري ويعمل مثل هذا النوع من الخزن على تثبيط نمو الميكروبات.

(٥,٣,٢,٦) البسترة بالأشعة Radurization

يتم استخدام الأشعة المؤينة لحفظ الأغذية. تستخدم المواد المشعة كالكوبالت-٦٠ للحصول على طاقة الإشعاع، وتستخدم فقط الأشعة من النوعين (جاما، وبيتا) لهذا الغرض أي حفظ الأغذية. ويمكن باستخدام أشعة بيتا الوصول إلى بسترة الأغذية بينما في حالة أشعة جاما فيمكن الوصول إلى التعقيم Sterilization. يستخدم التشعيع في الوقت الحاضر على نطاق تجاري لتأخير ومنع التبرعم Sprouting والتجذير Rooting. ويستخدم في حالة البسترة جرعة مقدارها ١ ميجاراد Mrad، بينما في حالة التعقيم فيكون مقدار الجرعة من الأشعة أعلى من ١ ميجاراد.