تابع جدول (١٣-١).

| المحصول | الحرارة ( م) | الأكسجين (٪) | ثانى أكسيد الكربون (٪) | الأهمية النسبية للتخزين بهذه الطريقة وملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| التين | صفر-٥ | ١٠-٥ | ٢٠-١٥ | استخدام قليل فى الشحن البحرى |
| العنب | صفر-٥ | ٥-٢ | ٣-١ | لا تتوافق مع التبخير بالـ $SO_2$ |
| | أو صفر-٥ | ١٠-٥ | ٢٠-١٥ | بديل للتبخير بالـ $SO_2$ أثناء الشحن البحرى حتى أربعة أسابيع |
| الجوافة | ١٥-٥ | ٥-٢ | صفر-١ | |
| الليمون الأضاليا | ١٥-١٠ | ١٠-٥ | صفر-١٠ | |
| الليمون البنزهير | ١٥-١٠ | ١٠-٥ | صفر-١٠ | |
| النكتارين | صفر-٥ | ٢-١ | ٥-٣ | يستفاد منها فى الشحن البحرى |
| | أو صفر-٥ | ٦-٤ | ١٧-١٥ | يستفاد منها فى تقليل أضرار البرودة (الانهيار الداخلى) فى بعض الأصناف |
| الزيتون | ١٠-٥ | ٣-٢ | صفر-١ | استعمال محدود لإطالة موسم التصنيع |
| البرتقال | ١٠-٥ | ١٠-٥ | صفر-٥ | |
| الخوخ | صفر-٥ | ٢-١ | ٥-٣ | استعمال محدود فى الحشن البحرى وأثناء موسم التصنيع |
| | أو صفر-٥ | ٦-٤ | ١٧-١٥ | لخفض شدة الإصابة بالتحلل الداخلى (أضرار البرودة) فى بعض الأصناف |
| الكاكى | صفر-٥ | ٥-٣ | ٨-٥ | استعمال محدود |
| الرمان | ١٠-٥ | ٥-٣ | ١٥-١٠ | |
| الراسبرى | صفر-٥ | ١٠-٥ | ٢٠-١٥ | يستعمل أثناء الشحن |
| الجزر | صفر-٥ | ٥-٢ | ٥-٢ | متوسطة الفائدة |

## 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 الإثيلين فلا يتراكم أبدًا فى جو المخزن؛ ويفيد ذلك فى تقليل معدل تدهور المنتجات المخزنة. كما يسمح بتخزين خضر مثل الكرنب والجزر فى حرارة واحدة مع ثمار منتجة للإثيلين مثل التفاح.

٢– خفض ضغط الأكسجين جزئيًا؛ فيقل بذلك معدل وصول الثمار إلى مرحلة اكتمال النضج.

٣– تعمل هذه الظروف على بطء فقد الخضروات الورقية وغيرها من الخضروات – مثل البروكولى – 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 ١٩٨٤أ).

نجد أنه مع انخفاض الضغط داخل المخزن ينخفض كذلك الضغط النسبى للأكسجين، ومن ثم يقل تيسره للمنتج بمقدار يتناسب مع النقص فى الضغط.

ومن أكبر تحديات تلك التقنية أن الرطوبة النسبية يجب أن تبقى – دائمًا – عالية جدًّا، وإلاّ فقدت المنتجات الطازجة المخزنة رطوبتها بمعدلات عالية؛ ذلك لأن انخفاض الضغط المخزن يعنى انخفاض درجة غليان الماء؛ بما يعنى أن رطوبة أنسجة الخضر والفاكهة يمكن أن تتبخر بسرعة متزايدة. ولهذا السبب فإن الهواء المُدخل إلى المخزن يجب أن تكون رطوبته النسبية قريبة من درجة التشبع، فإذا قلت عن ذلك يمكن أن يحدث جفاف شديد للمنتج (Thompson ١٩٩٨).

إن بخار الماء فى هواء المخزن يجب أن يؤخذ فى الحسبان عند حساب الضغط النسبى للأكسجين فى المخزن. وللتعامل مع هذا الأمر يجب قياس الرطوبة النسبية فى المخزن ثم حساب الفرق فى ضغط بخار الماء water pressure deficit (اختصارًا: VPD) من اللوحة السيكرومترية psychrometric chart، ومن ثم يدخل فى المعادلة التالية:

$$P_1 - VPD \times 21/P_0 = PPO_2$$

حيث إن:

$P_0$ = الضغط الجوى الخارجى فى الحرارة العادية.

$P_1$ = الضغط الجوى داخل المخزن.

VPD = الفرق فى ضغط بخار الماء داخل المخزن.

$PPO_2$ = الضغط الجزئى للأكسجين partial pressure of $O_2$ داخل المخزن.

ويتم خفض الضغط داخل المخزن باستعمال مضخة تحدث تفريغ بطرد الهواء خارج المخزن. يتسبب هذا الإجراء فى حد ذاته فى تغيير دائم لهواء المخزن (لا يوجد مخزن محكم الإغلاق بنسبة ١٠٠٪)؛ مما يؤدى إلى التخلص من الغازات التى ينتجها المحصول المخزن أولاً بأول. ويتم إحداث التوازن بين الهواء الداخل والهواء المسحوب لتحقيق الضغط المنخفض المطلوب داخل المخزن.

يتعين تصميم هذه النوعية من المخازن لتتحمل الضغط المنخفض دون أن ينهار داخليًا، ويتحقق ذلك بأن يستخدم فى الإنشاء ألواح من الصلب.

ويمكن التحكم فى مستوى الأكسجين فى المخزن وقياسه بسهولة وبدقة، وذلك عن طريق قياس الضغط داخل المخزن باستعمال مقياس الضغط المنخفض vacuum gauge.

وإذا ما استعملت درجة الحرارة المناسبة للمحصول، فإن التخزين تحت ضغط منخفض يطيل من فترة بقاء المنتج بحالة جيدة (جدول ١٣-٢)، وإن لم يمكن التثبيت من هذا التأثير فى كل الحالات (Thompson ١٩٩٨)؛ ففى إحدى الدراسات، لم يمكن الحصول على أى فروق تذكر بين الحاصلات المعبأة فى العبوات العادية وتلك المعبأة تحت تفريغ حتى ٥٠ كيلو باسكال. وقد اشتملت تلك الدراسة على الكرفس والخس والبروكولى والعنب والفاصوليا الخضراء والكنتالوب والفراولة على ٤°م، والبروكولى والبامية والطماطم على ٨°م (Knee & Aggarwal ٢٠٠٠).

## التخزين تحت ضغط أعلى من الضغط الجوى

يعد تعريض الخضر والفاكهة لضغط أعلى من الضغط الجوى من تقنيات ما بعد