16 - 1 التبريد والتخزين البارد : Refrigeration and cold storage

16 - 1 - 1 مقدمة :

يعتبر الحفظ بالتبريد من أقدم الطرق المستخدمة فى حفظ الأغذية . فقد سعى الإنسان منذ العصور القديمة للإستفادة من الأماكن الباردة فكان يحفظ الأغذية فى الكهوف والآبار العميقة حيث تنخفض درجة الحرارة بها عن الجو الخارجى كما إستخدم الأوانى المصدوعة من مواد مسامية فى تبريد الماء حيث يتم التبريد نتيجة التبخير.

وفى أوائل القرن التاسع عشر بدأ الإنسان فى إستخدام الثلج الطبيعى المتكون على أسطح البحيرات خلال فصل الشتاء فى حفظ الأغذية حيث إستخدم ما يسمى بالثلاجات الطبيعية Ice boxes .

وعندما حدث تقدم فى علم الديناميكا الحرارية بدأت صناعة الثلج على نطاق صناعى بكميات يمكن الإعتماد عليها فى حفظ الأغذية.

وفى عام 1864 أستطاع Ferdinand Carre أن يصمم أول آلة تبريد. وفى عام 1870 تم تصميم ماكينة تبريد تعمل بضغط غاز النشادر بواسطة العالم Carl Linde فى ألمانيا والعالم David Boyle فى الولايات المتحدة الأمريكية. ثم أتسع مجال هندسة التبريد مما أدى إلى إستخدام مخازن لتبريد وحفظ الأغذية.

وقد أصبح التبريد الآن عاملاً هاماً فى تداول ونقل وتخزين الأغذية. وحالياً فإن ما يقرب من 80 ٪ من الأغذية يتم تبريدها على درجات الحرارة المنخفضة بعد حصادها مباشرة حتى إستهلاكها وخلال المراحل المختلفة لتداولها. وأصبح من السهل تخزين الأغذية ونقلها إلى الأماكن البعيدة مما أدى إلى حدوث توازن فى أسعار الأغذية طوال العام.

يقصد بالتخزين البارد cold storage الإحتفاظ بالأغذية مبردة على درجات حرارة أعلى من درجات تجمدها وتتراوح عادة بين -2.2° إلى15.5° م (28-60 ف) . والثلاجات المنزلية تعمل على مجال حرارى من 4.5 إلى7° م (40 -45 ف) مع ملاحظة أن معظم الأغذية لا يبدأ تجمدها إلا بعد الوصول إلى درجة حرارة -2.2° م (28 ف) أو أقل من ذلك . والتبريد يتم فيه خفض درجة حرارة المادة الغذائية من درجة الحرارة المحيطة إلى درجة

حرارة التخزين المبرد. وقد يستخدم لفظ chilling على التبريد إذا كان خفض درجة حرارة المادة الغذائية يتم سريعاً بهدف الوصول إلى درجة حرارة قريبة من درجة التجميد.

ومن أهم عوامل فساد الأغذية هو نمو الكائنات الحية الدقيقة (بكتريا – عفن – خميرة) ولكل منها درجة حرارة ملائمة للنشاط والنمو. وتعمل درجات الحرارة المنخفضة على إبطاء نمو الأحياء الدقيقة أو توقف نشاطها كما أنها تعمل على إبطاء التفاعلات الكيماوية فى الأغذية (مثل أكسدة الدهون – التحلل الذاتى فى الأسماك) وتأخير النشاط الإنزيمى فيها. وكلما كانت درجة الحرارة أكثر إنخفاضاً ساعد ذلك على بطء التفاعلات الكيماوية والنشاط الإنزيمى والنمو الميكروبى.

والمواد الغذائية سواء نباتية أو حيوانية تحتوى على عدد كبير من الأحياء الدقيقة ولكل من هذه الأحياء درجة حرارة مثلى للنمو ولذلك فإن خفض درجة حرارة الأغذية سيكون له تأثير مختلف على الأحياء الدقيقة حيث أن خفض درجة حرارة الغذاء بمقدار10 ْم (يؤدى إلى خفض معدل أى تفاعل كيماوى إلى النصف) كما يوقف نمو بعض الأحياء الدقيقة ويبطئ نمو بعضها الآخر وكلما ازدادت درجة الحرارة إنخفاضاً بإتجاه الصفر المئوى (32ْف) سيقل عدد الأحياء الدقيقة التى يمكنها النمو ويحد من تكاثرها حيث سيقف نمو الكائنات الحية المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophiles والكائنات الحية المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة mesophiles بينما الكائنات الحية المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة إجباراً وإختياراً pscychrophiles , pscychrotrophes ستنمو ببطء.

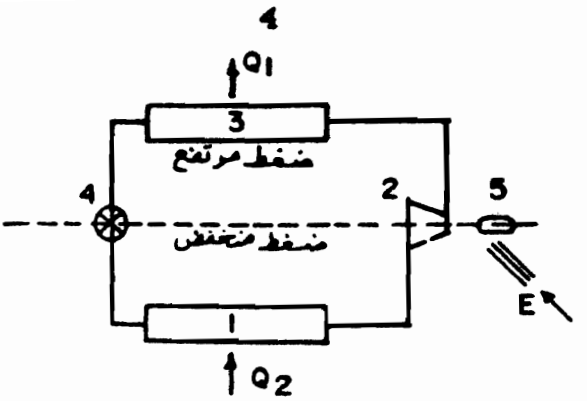
ولذلك فالتخزين على درجات حرارة منخفضة تتراوح بين 28 ْف ،50 ْف cold storage سيطيل من فترة حفظ الأغذية حيث أن التبريد يثبط من نشاط كثير من الأحياء الدقيقة ولكن لا يقتلها حيث وجد أن كثيراً من البكتريا المرضية التى تفرز السموم لا تستطيع النمو على درجات حرارة أقل من 30 ْف . كما أن نشاط الإنزيمات سواء كان مصدرها المادة الغذائية أو الأحياء الدقيقة سيظل مستمراً ولكن ببطء. وبذلك يقل الضرر الناتج من التفاعلات الكيماوية (الأكسدة – التغيرات فى اللون – الأكسدة الذاتية فى الأسماك) والتأثيرات السلبية على القيمة التغذوية.

وقد يستخدم التبريد لأغراض أخرى فى الأغذية بخلاف إطالة فترة الحفظ مثل البلورة وعملية إنضاج aging اللحوم والجبن والنبيذ ، وتسهيل إجراء بعض العمليات التصنيعية للأغذية مثل تقطيع اللحوم وتقطيع الخبز إلى شرائح.

16 - 1 - 2 نظم التبريد : Refrigeration Systems

أولاً : نظام التبريد بالضغط : Compression refrigeration System

تعتبر الطرق التى تعتمد على إستخدام الطاقة الميكانيكية لإزالة الحرارة من الوسط من أقدم طرق التبريد وأكثرها شيوعاً حتى عصرنا هذا. حيث تعتمد على التبخير لسائل التبريد وحدوث التوازن بين السائل وبخاره وتستمر هذه العملية بإعادة ضغط الغاز الناتج وتبريده حيث يتحول إلى سائل مرة أخرى لتستمر الدورة. وفى نظام التبريد الميكانيكى بالضغط (شكل رقم 16-1) يمر سائل التبريد المضغوط من الخزان receiver إلى أجهزة التبخير evaporators (مواسير حلزونية) خلال صمام التمدد expansion valve (الذى ينظم كمية سائل التبريد التى تمر إلى المبخر حيث يتحول من سائل إلى بخار ويمتص الحرارة من الوسط المحيط (جسم الثلاجة). والغاز الناتج المحمل بالحرارة يتم سحبه (بالموتور) إلى الكباس compressor لضغطه ومنه يدفع إلى المكثف condenser حيث يتم تبريده (بالماء أو الهواء) وتكثيفه إلى سائل لتعاد الدورة مرة أخرى حيث تبدأ من جهة الضغط المرتفع عند صمام التمدد. وتتوقف كفاءة عملية التبريد على مساحة سطح الأنابيب الحلزونية فى المبخر حيث تزداد الكفاءة بزيادة سطح هذه الأنابيب وكذا على نوع وخواص سائل التبريد المستخدم refrigerant ويمكن توضيح دورة التبريد بالضغط بواسطة الديناميكا الحرارية فى منحنيات درجة الحرارة – الانتروبى temperature - entropy (شكل رقم16-2 (أ)) أو الضغط – انثالبى pressure - enthalpy (شكل رقم 16-2 (ب)).



1- المبخر 2- الكباس 3- المكثف

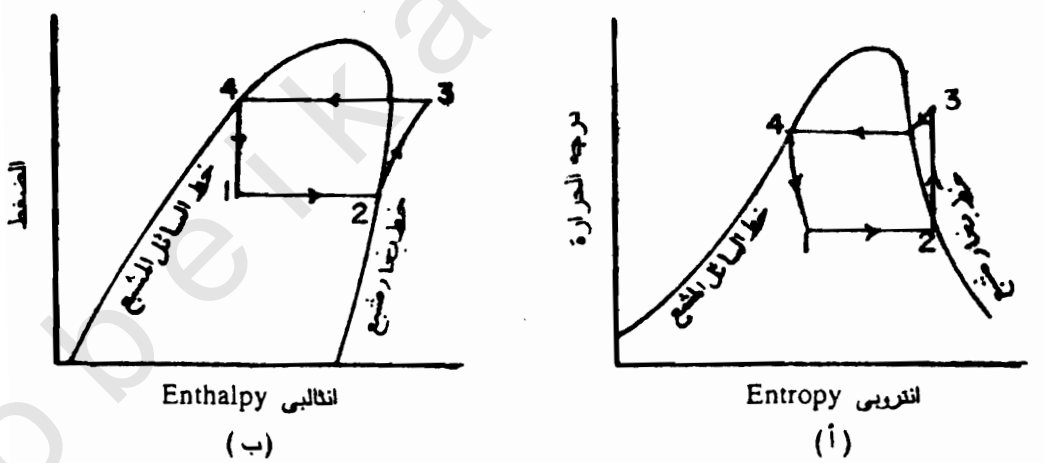
4- صمام التمدد 5- موتور

شكل رقم 16 - 1 : دورة التبريد بالضغط

المصدر : Hui (1992).

E- الطاقة الداخلة فى الموتور Q_2 - الطاقة الداتجة من المبخر Q_1- الطاقة الداتجة من المكثف

$$Q_1 = Q_2 + E$$



شكل رقم : 16 - 2

دياجرام الديناميكا الحرارية لدورة التبريد بالضغط

(أ) درجة الحرارة - انتروبى temperature - entropy

(ب) الضغط - انثالبى pressure - enthalpy

المصدر : Hui (1992).

obeikandl.com

حيث يتضح منها أن سائل التبريد ذا الضغط المرتفع ودرجة الحرارة المعتدلة يمر من الخزان (نقطة 4) ليصل إلى صمام التمدد (نقطة1) حيث يتمدد سائل التبريد ويتحول إلى غاز فى المبخر ويمتص الحرارة من جسم الثلاجة ويتحول إلى بخار مشبع ذى ضغط ثابت (نقطة2) ، ثم يتم ضغط الغاز المشبع الناتج (له درجة حرارة منخفضة وضغط منخفض) فى الكباس (نقطة3) لينتج بخاراً محمصاً (له درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع) ويصل إلى المكثف ليتم تكثيفه وتعاد الدورة مرة أخرى.

ثانياً : نظام التبريد بالإمتصاص : Absorption refrigeration system

يستخدم فى هذا النظام الطاقة الحرارية بدلاً من الطاقة الميكانيكية المستخدمة فى نظام التبريد بالضغط. ويعتبر هذا النظام أقل تكلفه من النظام السابق وغالباً تستخدم فيه الأمونيا كسائل تبريد حيث تمر الأمونيا من صمام التمدد إلى المبخر لتمتص الحرارة وتتحول إلى بخار أمونيا كما فى نظام التبريد بالضغط والذى يمر إلى absorber (خزان به أمونيا مخففة) حيث تمتص أبخرة الأمونيا به فيتكون محلول أمونيا مركز والذى يدفع بواسطة طلمبات إلى المولد generator من خلال مبادل حرارى heat exchanger وفى المولد يتم تسخين سائل الأمونيا المركز ليتحول إلى بخار أمونيا ذات ضغط مرتفع ثم يمر خلال عامود تقطير analyzer - rectifier ليتم فصل الماء الزائد منه ثم يمر بدوره إلى المكثف كما سبق فى نظام التبريد بالضغط ليتم تبريده وتكثيفه ليمر للخزان وتعاد الدورة مرة أخرى.

16 - 1 - 3 سوائل التبريد : Refrigerants

يوجد العديد من سوائل التبريد المستخدمة فى نظم التبريد وتختلف فى خواصها وكفاءتها فى عملية التبريد ويرمز لها بالحرف R ولكل منها رقم خاص ومن أهمها :

أولاً : الأمونيا : NH_3 : R. 717

تعتبر الأمونيا إقتصادية وسهلة الإستخدام ويسهل الكشف عنها عند التسرب خارج جهاز التبريد. والأمونيا ثابتة لا تحترق ولا تساعد على الإحتراق وإن كان الهواء المحتوى على 16 - 25 ٪ أمونيا يصبح قابل للإنفجار. درجة غليان سائل الأمونيا -28 ف (-33.3م) .

ثانياً : مركبات الكلورو والفلورو ميثان والإيثان:

The chloro and fluoro methanes and ethanes :

وهى مجموعة مركبات تباع تحت أسماء تجارية بإسم الفريون freons ولها أرقام مختلفة تبعاً للتركيب الكيماوى لها ومن أشهرها ما يلى : -

أ- ثلاثى كلورو أحادى فلورو ميثان :

R. 11 CCl_3F Tri chloro mono fluoro methane

درجة غليانه 74.7 ْف (23.8ْم) .

ب - ثنائى كلورو ثانى فلورو ميثان :

R. 12 CCl_2F_2 Dichloro difluoro methane

وهو أكثر مركبات الفريون إستخداماً ويباع أيضاً تحت إسم تجارى جنترون Genetron وهو غير سام وغير قابل للإشتعال أو الإنفجار ولا يسبب تآكلاً للمعادن ودرجة غليانه -22 ْف (-30ْم) .

جـ - ثنائى كلورو أحادى فلورو ميثان :

R. 21 ($CHCl_2F$) Dichloro monofluoro methane

درجة غليانه 48 ْف (8.9ْم) .

د - أحادى كلورو ثنائى فلورو ميثان :

R. 22 ($CHClF_2$) Monochloro difluoro methane

ويتميز بعدم السمية وعدم القابلية للإشتعال أو الإنفجار ودرجة غليانه 41 ْف (5ْم) .

هـ - ثنائى كلورو الإيثلين : R. 1130 (CH Cl = CH Cl) (Dieline)

درجة غليانه 118 ْف (47.8ْم) .

و - ايثـــل أمين : R. 631 ($C_2H_5NH_2$) Ethyl amine

درجة غليانه 61.6 ْف (16.5ْم) وهو سام بنسبة بسيطة ولكنه قابل للإشتعال.

obeikandl.com

ز – كلوريد الإيثايل : R. 160 (C_2H_5Cl) Ethyl chloride

درجة غليانه 55.6 ف (13.1م) وهو قابل للإشتعال.

ح – أيزوبيوتان : R. 600 (C_4H_{10}) Isobutane

درجة غليانه 10.6 ف (-11.9م) ، من المركبات القابلة للإشتعال وهو سام بدرجة بسيطة.

ثالثاً : السوائل المبردة بدرجات منخفضة جداً :

Very low temperature refrigerants (cryogens).

سوائل مبردة لدرجات منخفضة جداً ومعظم هذه السوائل غازات تستخدم حالياً فى التبريد لدرجات منخفضة وهذه السوائل يمكن إسالتها على درجات حرارة منخفضة جداً. وتستخدم فى تجميد الأغذية على درجات حرارة منخفضة جداً وبواسطتها يمكن المحافظة على خواص الأغذية وتكون مشابهة للأغذية الطازجة.

وأهم سوائل cryogens المستخدمه فى التجميد هى :

أ – الأرجـون : R. 740 (A) Argon

وهو غـاز خـامل ودرجـة غليـانه –302 ف (-185.5م) ودرجـة تجـمـده تصل إلى –309ف (–189.4م) وهو لا يستخدم فى تجميد الأغذية على نطاق صناعى.

ب – ثانى أكسيد الكربون : R. 744 (CO_2) : Carbon dioxide

غاز غير سام فى التركيزات المنخفضة وغير قابل للإشتعال ودرجة غليانه منخفضة –109.3 ف (-78.5م) وله مميزات cryogen إلا أنه يستخدم فى تبريد الأغذية.

جـ– الإيثـان : R. 170 (C_2H_6) Ethane

من الهيدروكربون ودرجة غليانه –127.6ف (–88.6م) وهو قابل للإشتعال ولكنه غير سام.

د – النيـــون : R. 720 (Ne) Neon

وهو من أكثر السوائل المبردة إنخفاضاً لدرجة الحرارة حيث أن درجة غليانه تصل إلى – 411 ْف (–246.1ْم) .

هـ – النيتـروجين : R. 728 (N_2) Nitrogen

النيتروجين السائل يعتبر ناتج ثانوى فى صناعة الأكسجين من الهواء ودرجة غليانه تصل إلى –320ْف (–195ْم) وهو غير قابل للإشتعال وغير سام ومتوافر فى الدول الصناعية وثمنه رخيص.

و – أكسيد النتـروز : R. 744 A (N_2O) Nitrous oxide

وهو سائل عديم اللون والرائحة وغير سام ودرجة غليانه تصل إلى –127.24ْف (–88.5ْم) (ويسمى الغاز المضحك) وإستخدم فى التجميد فى الحرب العالمية الثانية ولكنه مرتفع الثمن بالمقارنة بالنتروجين.

ز – أحادى كلورو ثلاثى فلورو الميثان :

R. 13 ($CClF_3$) Mono chloro trifluoro methane

ويعرف تجارياً بإسم فريون 13 ودرجة غليانه –114.6ْف (–81.51ْم) وهو غير سام وغير قابل للإشتعال.

ح – رابع فلورو الميثان : R. 14 (CF_4) Tetra fluoro methane

ويعرف تجارياً بإسم فريون 14 وله درجة غليان –198.4ْف (–128ْم) وغير سام وغير قابل للإشتعال.

وبصفة عامة يجب أن تتوافر عدة شروط فى سوائل التبريد refrigerants المستخدمة فى نظم التبريد وأهمها:-

أ- إنخفاض درجة حرارة الغليان لسائل التبريد.

ب- إنخفاض درجة حرارة التكثيف . جـ- إنخفاض درجة حرارة التجميد.

obeikandl.com

د- إرتفاع الحرارة الكامنة للتبخير. و- إرتفاع الحرارة النوعية.

هـ- غير قابل للإشتعال أو الإنفجار. ز- إنخفاض ثمنه.

ح - لا يسبب تسمم للإنسان إذا تسرب جزء منه.

بالإضافة إلى ما سبق يؤخذ فى الإعتبار مدى تأثير سائل التبريد على تلوث البيئة إذا حدث تسرب لجزء منه من أجهزة التبريد ، فسوائل التبريد المحتوية على مركبات الكلورو والفلوروكربون (مركبات الفريون) لها تأثير ضار على طبقة الأوزون التى تحمى الغلاف الجوى من التأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية ولذلك يجب الإهتمام بعدم تسرب هذه الغازات إلى الجو الخارجى والإتجاه الحديث هو الحد من إستخدام مثل هذه الغازات وإستخدام بدائل لهذه السوائل ومنها مركب رابع فلورو الإيثان CF_3CH_2F (R 134 A) tetrafluoroethane.

16 - 1 - 4 طرق التبريد الميكانيكى : Mechanical refrigeration methods

أولاً: التبريد المباشر : Direct expansion cooling

يتم التبريد بمرور مواسير سائل التبريد داخل غرف التخزين (الثلاجات) مباشرة وتكون ملاصقة للجدران الداخلية للغرف وبذلك يمتص سائل التبريد الحرارة مباشرة من المواد الغذائية. وميزة هذه الطريقة هى خفض درجة حرارة غرف التبريد بسرعة إلى درجة الصفر المئوى أو أقل . وتستخدم هذه الطريقة مع المواد الغذائية غير الحية مثل اللحوم والأسماك ومنتجات الألبان ولا تستخدم فى تخزين الفاكهة والخضر. مع ملاحظة أن الرطوبة المنبعثة من الثمار الحية نتيجة التنفس تتجمد على مواسير التبريد مما قد يؤدى إلى إنفجار المواسير وتسرب الغاز.

ثانياً : التبريد غير المباشر :

أ- التبريد بالمحلول الملحى : Brine cooling

يبرد محلول ملحى (كلوريد الصوديوم 21 - 22 ٪ أو كلوريد الكالسيوم) فى تنك مواسير سائل التبريد ثم يدفع المحلول الملحى البارد بواسطة طلمبات خاصة فى

أخرى تمر ملاصقة لجدران غرف التخزين الداخلية فتعمل على تبريدها.

ومن مميزات هذه الطريقة تلافى خطر تسرب الغاز أو إنفجار المواسير كما يمكن خفض درجة الحرارة إلى أقل من الصفر وذلك بزيادة تركيز المحلول الملحى.

ب- التبريد بالهواء البارد : Air blast cooling

يبرد تيار هواء من مراوح ميكانيكية على مواسير سائل التبريد مباشرة فى غرف مستقلة ثم يدفع الهواء البارد من فتحات خاصة إلى غرف التخزين مع إستخدام مراوح لتوزيع الهواء البارد فى جميع أنحاء غرف التبريد. ولتلافى جفاف الأغذية بإستخدام الهواء البارد فإنه يتم تبريد الهواء بإمراره فى محلول ملحى تمر به مواسير التبريد (بهدف رفع نسبة الرطوبة به) ثم يدفع الهواء الناتج إلى غرف التخزين عن طريق فتحات خاصة مزودة بأجهزة لإزالة الرطوبة الزائدة من الهواء.

16 - 1 - 5 التبريد المبدئى : Precooling

قد يتم التبريد المبدئى لكثير من الأغذية قبل تخزينها مبردة لفترة طويلة والهدف من هذه العملية هو تقليل الفساد الذى قد يحدث فى بعض الأغذية سريعة التلف مثل الفراولة والإسبرجس والسبانخ، وأيضاً المنتجات الحيوانية التى يسهل نمو الأحياء الدقيقة عليها مما يؤدى إلى سرعة فسادها. أما أصناف الفاكهة والخضر والتى تجمع غير ناضجة وينم نضجها أثناء التخزين البارد فإنها لا تحتاج إلى عملية التبريد المبدئى. ويمكن إجراء التبريد المبدئى بإحدى الطرق التالية:

أ - الهواء البارد المتحرك : Moving air

وهى طريقة شائعة الإستخدام لسهولة إستخدامها كما أنها إقتصادية ولا تسبب أى تلوث للأغذية ولكن من عيوب إستخدام الهواء البارد المتحرك فى التبريد المبدئى أنه يسبب جفافاً للأغذية خاصة غير المعبأة ، وقد يحدث تجميداً للأغذية إذا كانت درجة الحرارة المستخدمة أقل من الصفر المئوى. وقد تستخدم أنفاق للتبريد chilling tunnels بحيث يمكن ضبط سرعة الهواء البارد بها وتمر بداخلها المواد الغذائية محملة على عربات أو صوانى. وتستخدم هذه الطريقة لتبريد اللحوم والموالح والعنب والمشمش والبرقوق والفاصوليا.

ب - الماء البارد : Hydrocooling

وهذه الطريقة سهلة وإقتصادية وسريعة حيث يتم غمر أو رش المواد الغذائية بماء بارد (درجة حرارته 1 °م) وقد يحتوى على مواد مطهرة مثل الكلور أو أحد مركبات الفينول. وهذه الطريقة تمنع تجمد المواد الغذائية وتقلل الفقد فى الوزن نتيجة التبخر، وتستخدم هذه الطريقة لتبريد الخضروات والفواكه (البسلة - البقدونس - الإسبرجس - الخوخ) .

جـ - الثلج المجروش : Ice - slush

يعتبر إستخدام الثلج المجروش طريقة سهلة ولها تأثير سريع فى التبريد وعادة يتم تبريد الدواجن والأسماك بواسطة الرج مع مخلوط من الماء والثلج كما يستخدم الثلج المجروش فى تبريد الكرنب والجزر واللفت والخوخ.

د - التبريد بالتفريغ : Vacuum cooling

تستخدم هذه الطريقة مع الأغذية التى لها مساحة سطح كبيرة وتحتوى على نسبة مرتفعة من الماء الحر مثل الخضروات الورقية (الخس)، حيث يتم التفريغ إلى حد معين مما يسبب تبريد الأغذية نتيجة حدوث التبخير. وبصفة عامة يحدث إنخفاض فى درجة الحرارة مقداره 5 °م لكل تبخير يعادل 1 ٪ من الرطوبة، وميزة هذ الطريقة أنها سريعة وإقتصادية ولكن من عيوبها أنها تحتاج إلى أجهزة كثيرة.

16 - 1 - 6 أهم المصطلحات : Definitions المستخدمة فى التبريد :

الوحدة الحرارية البريطانية (Btu) : British thermal unit

كمية الحرارة اللازمة لرفع أو خفض درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنتية على الضغط الجوى العادى.

الكالورى : Calorie

كمية الحرارة اللازمة لرفع أو خفض درجة حرارة 1 جرام من الماء درجة واحدة مئوية من 14.5 إلى 15.5 °م تحت الضغط الجوى العادى

1 Btu = 252 كالورى = 1055 جول.

obeikandl.com

الحرارة النوعية : Specific heat

كمية الحرارة بالوحدات الحرارية البريطانية اللازمة لرفع أو خفض درجة حرارة رطل واحد من المادة درجة واحدة فهرنتية. أو كمية الحرارة بالكالورى اللازمة لرفع أو خفض جرام واحد من المادة درجة واحدة مئوية.

وبمعلومية الحرارة النوعية للمادة يصبح من السهل حساب عدد الوحدات الحرارية البريطانية اللازم إزالتها لإحداث التغيير فى درجة الحرارة:

عدد الوحدات Btu = الحرارة النوعية × الوزن × ($د_2$ – $د_1$)

حيث $د_2$ ، $د_1$ درجات الحرارة اللازمة لحدوث التغيير.

الحرارة المحسوسة : Sensible heat

وهى الحرارة التى يمكن الإحساس بها أو قياسها بواسطة الترمومتر أى الحرارة التى يمكن إضافتها أو إزالتها من المادة.

الحرارة الكامنة : Latent heat

كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة المادة بدون تغيير فى درجة حرارتها، مثل كمية الحرارة اللازم إضافتها للثلج عند درجة حرارة 32 ْف (صفر ْم) ليتحول إلى ماء عند32 ْف (صفر ْم) ويطلق عليها الحرارة الكامنة للإنصهار latent heat of fusion .

والحرارة الكامنة للإنصهار اللازم إضافتها لرطل من الثلج ليتحول إلى ماء عند درجة حرارة 32 ْف (صفر ْم) مقدارها 144 Btu أو (79.68 كيلو كالورى لكل كجم ثلج).

الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للأغذية مهمة وإستخدمت لتقدير احتياجات التبريد والتجميد والتخزين. وجدول رقم 16 - 1 يوضح هذه القيم لبعض الأغذية والتى يمكن الحصول عليها من المراجع (handbooks) أو يمكن حساب الحرارة النوعية من المعادلات التالية:

الحرارة النوعية للمادة الغير مجمدة = 0.008 × (النسبة المئوية للرطوبة فى المادة) + 0.20

الحرارة النوعية للمادة المجمدة = 0.003 × (النسبة المئوية للرطوبة فى المادة) + 0.20

ويمكن حساب الحرارة الكامنة كما يلى :

الحرارة الكامنة للإنصهار Btu / الرطل = (144× النسبة المئوية للرطوبة) / 100

جدول رقم 16 - 1 : الحرارة النوعية والحرارة الكامنة لبعض الأغذية

المـــادة الغذائيـــة	الحرارة النوعية (Btu / الرطل)		الحرارة الكامنة للإنصهار (Btu / الرطل)
	غير مجمدة	مجمـدة	
اللحم البقرى	0.77	0.40	100
لحم الضأن	0.67	0.30	83
السمـــك	0.76	0.41	101
الدجـــاج	0.79	0.37	106
البيـــض	0.76	0.40	100
اللبـــــن	0.93	0.49	124
التفـــاح	0.87	0.45	121
الجـــزر	0.90	0.46	126
البســـلة	0.82	0.42	108
الفاصوليا الخضراء	0.91	0.47	128
الكـــرنب	0.94	0.47	132
المـــــاء	1.00	0.48	144

المصدر : (1995) مختصر من , Potter & Hotchkiss .

obeikandl.com

وحدة التبريد : Refrigeràtion uint

الوحدة المستخدمة لقياس كفاءة الثلاجات تعرف بإسم طن التبريد ton of refrigeration وهو كمية الحرارة بالوحدات الحرارية البريطانية Btu اللازمة لتحويل طن (2000رطل) من الماء على درجة حرارة32 ْف (صفرْم) إلى طن من الثلج على درجة حرارة32 ْف (صفرْم) فى 24 ساعة.

وحيث أن الحرارة الكامنة لأنصهار الثلج = 144 Btu/ الرطل

فيكون طن التبريد = 2000 × 144 = 288000 Btu / 24 ساعة

= 12000 Btu/ الساعة

أو طـــن التبريد = 1000 × 79.68 = 79680 كيلو كالورى /24 ساعة

= 3320 كيلو كالورى / الساعة

(حيث أن 79.68 هى الحرارة الكامنة لأنصهار الثلج معبراً عنها بالكيلو كالورى / كجم).

16 - 2 - 7 العوامل المؤثرة فى التبريد الصناعى :

أولاً: درجة الحرارة : Temperature

يجب التحكم فى درجة الحرارة فى غرف التبريد (الثلاجات) المستخدمة لحفظ وتخزين الأغذية بحيث تظل ثابتة عند درجة الحرارة المطلوبة للتخزين، حيث أن تذبذب درجة الحرارة إرتفاعاً وإنخفاضاً يساعد على تكثيف بخار الماء على سطح المواد الغذائية مما يشجع نمو الأحياء الدقيقة خاصة الفطريات.

وعند تصميم غرف التبريد يراعى فيها العزل الجيد (إستخدام مواد عازلة جيدة) للمساعدة على ثبات درجة الحرارة فى الغرف، مع تحديد كل العوامل التى قد تؤدى إلى إرتفاع درجة الحرارة فى غرف التبريد مثل عدد لمبات الإضاءة المستخدمة وعدد العمال الذين يعملون بغرف التبريد. ويجب أن تزود غرف التبريد بترمومترات فى أماكن متفرقة للتأكد من درجات الحرارة. وتوجد درجة حرارة تعرف بإسم درجة حرارة الأمانsafe temperature وهى درجة الحرارة المثلى لتخزين كل نوع من المواد الغذائية وعندها يكون

نمو الأحياء الدقيقة أقل ما يمكن وهذه الدرجة تختلف من مادة لأخرى.

ثانياً : الرطوبة النسبية : Relative humidity

من الضروري التحكم في درجة الرطوبة النسبية في الثلاجات لإطالة فترة حفظ الأغذية المبردة بدون تلف . فإذا إنخفضت الرطوبة النسبية عن الحد المناسب في جو غرف التبريد أدى ذلك إلى جفاف وذبول الأغذية النباتية (الخضروات والفواكه)، وإلى مظهر غير مرغوب في الأغذية الحيوانية . ويحدث نقص في الوزن نتيجة فقد الرطوبة حيث يصل النقص من 3 إلى 6 ٪ من وزن الخضروات، وإذا أرتفعت الرطوبة النسبية عن الحد المناسب أدى ذلك إلى تشجيع نمو وتكاثر الفطريات. ولدرجة الرطوبة المثلى للأغذية علاقة بمحتواها من الرطوبة. فالأغذية التي تحتوى على نسبة رطوبة مرتفعة (الخضروات الورقية) تحتاج إلى رطوبة نسبية مرتفعة(90 - 95 ٪)بينما أنواع البقل (المكسرات) ذات نسب الرطوبة المنخفضة فإنها تخزن على رطوبة نسبية منخفضة (70 ٪) وتوجد درجة رطوبة تعرف بإسم الرطوبة النسبية الآمنة Safe relative humidity وهي درجة الرطوبة النسبية التي عليها أو أقل منها لا يلمو الفطر عند ظروف التخزين المبردة وفي نفس الوقت لا تسبب جفافاً للمادة الغذائية. ولذلك فإن الأغذية التي يتم تخزينها مبردة لفترة طويلة يمكن تعبئتها لتلافى تبخر الرطوبة منها فاللحوم (الأجزاء الكبيرة) يتم تعبئتها في عبوات من البلاستيك الرقيقةplastic film وأيضاً الجبن التي يتم تسويتها لفترة طويلة يتم تعبئتها أو يتم تغطيتها بطبقة من الشمع.

وصناعياً يتم رفع نسة الرطوبة في الثلاجات بإستخدام أجهزة خاصة تدفع رذاذ من الماء. ولخفض نسبة الرطوبة يدفع بها تيار من الهواء الجاف الساخن أو يمرر هواء الثلاجة على ملفات تبريد لتجميد الماء الزائد به. ويجب ملاحظة أن الفرق بين درجة حرارة مواسير التبريد ودرجة حرارة غرف التبريد له تأثير كبير على المحافظة على نسب الرطوبة.

ويتم قياس الرطوبة النسبية في بداية التخزين بحساب الفرق في درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة مواسير التبريد. ويجب أن يكون الفرق في درجات الحرارة صغيراً (0.5-1م أو 1-2ف) حتى يمكن المحافظة على رطوبة نسبية مرتفعة ولتحقيق ذلك يجب أن تكون مساحة سطح مواسير التبريد كبيرة بدرجة تكفى لتبريد كمية كبيرة من الهواء.

ثالثاً : التهـوية : Air circulation

تساعد التهوية الجيدة فى غرف التبريد على توزيع الحرارة والرطوبة توزيعاً منتظماً ويتم ذلك بتزويد غرف التبريد بمراوح مع ملاحظة ضرورة تخزين المواد الغذائية بطريقة تسمح بإنتقال وتبادل الحرارة بين أجزائها كما أن التهوية تساعد على تبريد المواد الغذائية سريعاً لتصل إلى درجة حرارة التبريد.

أحياناً يتم تنقية الهواء لإزالة المواد ذات الروائح غير المرغوبة الناتجة من المواد المخزنة وقد يستخدم الفحم النشط لهذا الغرض.

رابعاً : الضـوء : Light

بصفة عامة يجب أن يكون تخزين الأغذية فى غرف مبردة فى عدم وجود الضوء، ويؤخر الظلام من الإنبات فى درنات البطاطس والبصل ويقلل من حدوث الإسوداد فى كثير من الأغذية. وقد تستخدم الأشعة فوق البنفسجية لما لها من تأثير مطهر حيث تستخدم مع اللحوم مع الحذرعند إستخدامها حتى لا تؤدى إلى حدوث الأكسدة والتزنخ فى دهن اللحوم. ولكن هذه الأشعة لا تستخدم مع الفاكهة والخضروات.

16 - 1 - 8 تعديل جو غرف التبريد : Modification of gas atmosphere

أولاً : جو متحكم فيه : Controlled atmosphere (CA)

تخزن الفاكهة والخضروات فى غرف يختلف فيها الجو عن الجو العادى من حيث نسبة الأكسجين (O_2) وثانى أكسيد الكربون (CO_2) والنيتروجين(N_2) ليؤدى إلى إطالة فترة الحفظ ويقلل من النضج الزائد للفاكهة أثناء التخزين البارد. حيث أن الثمار كائن حى تقوم بجميع العمليات الفسيولوجية والحيوية أثناء التخزين مما ينتج عنه هدم فى مكونات الثمار، ويؤدى التحكم فى نسب الغازات فى جو المخازن إلى تأخير عملية التنفس والتمثيل الغذائى ويقلل من نمو الأحياء الدقيقة على سطح الفاكهة والخضروات مما يطيل من فترة الحفظ. ولتقليل عملية التنفس فى الفاكهة والخضروات يتم رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون (CO_2) وخفض نسبة الأكسجين (O_2) مع ضبط درجة الحرارة. وعادة يستخدم الجو المعدل لتأخير نضج ثمار الفاكهة وللتأخير من إنتشار كثير من الأمراض ومنع الروائح الغير مرغوبة بين وحدات

الفاكهة المخزنة وبصفة عامة المحافظة على جودة الأغذية.

والتعديل فى نسب الأكسجين وثانى أكسيد الكربون يختلف تبعاً لنوع الفاكهة المخزنة مثال ذلك تخزين التفاح صنف ماكنتوش McIntosh يتم عند درجة حرارة 3 °م (37°ف) ورطوبة نسبية 87٪ ويعدل الجو بحيث يحتوى على 3٪ أكسجين (العادى 21٪)، 3٪ ثانى أكسيد الكربون (العادى 0.03٪) لمدة شهر ثم يرفع ثانى أكسيد الكربون إلى 5٪.

والتخزين فى جو معدل يحمى بعض أنواع الفاكهة والخضروات الحساسة لدرجات الحرارة المنخفضة من حدوث التلف التبريدى chilling injury بها حيث يمكن تخزينها على درجات حرارة مرتفعة نوعاً بدون حدوث فساد بها مثل الخيار – الطماطم – البامية كما يقلل من حدوث الإسوداد داخل ثمار بعض أصناف الفاكهة مثل التفاح والكمثرى. ويمكن خفض نسبة الأكسجين فى جو غرف التبريد إما بطرق طبيعية أو بطرق صناعية. فالطرق الطبيعية تعتمد على إستهلاك الأكسجين الموجود فى الغرف بواسطة الأغذية النباتية المخزنة بها. ومميزات الطرق الطبيعية أنها سهلة وإقتصادية ولكن من عيوبها أنها تحتاج إلى وقت طويل للوصول إلى الحد المناسب من الأكسجين خاصة بالنسبة للفاكهة التى تحتاج إلى تبريد سريع كما أن الغرف المستخدمة لابد أن تكون مُقفلة تماماً حتى لا يتسرب الأكسجين إليها من الجو الخارجى ويجب ملؤها تماماً بالمواد الغذائية.

للتحكم فى جو غرف التبريد فى الطرق الصناعية يتم ملؤها بالفاكهة ثم يعدل الجو وتقفل الغرف طول فترة التخزين، والتحكم فى الجو قد ينتج من تعبئة الفاكهة تحت تفريغ فى عبوات محكمة القفل مع تعديل نسبة ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين. وأيضاً عند تعبئة اللحوم أو الأسماك فى عبوات منفصلة تحت تفريغ ويتم سحب الهواء من العبوات ودفع مخلوط من الغازات. وعادة يدفع غاز النيتروجين أو يستخدم هواء مزال منه الأكسجين فى وجود الميثان methane أو البروبان propane . وحديثاً فإنه عند تعديل جو غرف التبريد يتم إزالة غاز الإيثيلين منها وهذا يحسن من صفات الفاكهة المخزنة ويؤخر من نضجها.

وأحياناً قد تستخدم أبخرة غازات مضادة الميكروبات والفطريات فى غرف التبريد لمنع نمو الفطريات.

ومن مميزات إستخدام الطرق الصناعية أنه يمكن الوصول إلى المستوى المطلوب من الأكسجين فى وقت قصير (إذا إستخدم النيتروجين فإنه سيزيد من سرعة التبريد أيضاً) .

وغرف التبريد لا تحتاج إلى ملئها تماماً بالأغذية للمبردة ويمكن تفريغها وإعادة ملئها مرة أخرى أثناء فترة التخزين. أيضاً فإن مستوى الأكسجين فى غرف التبريد سيظل ثابتاً حتى إذا لم يكن العزل لهذه الطرق جيداً. وأهم عيوب الطرق الصناعية أنها مرتفعة التكاليف.

وقد أوضحت البحوث أن إستخدام تركيزات منخفضة من الأكسجين (0.5، 1.0، 2.0٪) ونسب مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون (10، 15، 20٪) قد أدى إلى إنخفاض كل من نسبة التنفس وإنتاج الإيثيلين فى الفراولة (صنف selva) عند تخزينها على درجة حرارة 2°م وعند نقلها من الجو المعدل إلى الجو العادى ازداد كل من معدل التنفس وإنتاج الإيثيلين ولكن بدرجة أقل مقارنة بحفظها فى الثلاجة بدون تعديل الجو، ولوحظ أن تعديل الجو إلى نسبة 1٪ أكسجين ، 15٪ ثانى أكسيد الكربون كذلك الجو المحتوى على 0.5٪ أكسجين ، 20٪ ثانى أكسيد الكربون قد أدى إلى حدوث تنفس لا هوائى وتجميع الإيثانول وكان له تأثير سلبى على قوام ولون الفراولة المخزنة.

وبصفة عامة فإنه إذا ما تم خفض نسبة الأكسجين فى الجو بدرجة كبيرة فإن ذلك يؤدى إلى حدوث تنفس غير هوائى ويتكون كحول الإيثايل وبعض المركبات السامة التى تتجمع فى أنسجة النبات وتتكون روائح غير مرغوبة وتقل فترة التخزين. وتتراوح النسبة المطلوبة من الأكسجين 1-4٪ حتى يتم التنفس هوائياً وذلك على درجات الحرارة المنخفضة (10-20°م) وبصفة عامة تستخدم نسبة من غاز ثانى أكسيد الكربون فى حدود 5-10٪ من هواء الثلاجة حيث أتضح أن إستخدام نسب مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون قد يؤثر على صفات جودة الأغذية حيث يؤدى إلى تغيير اللون والنكهة (اللون الأسود داخل ثمار التفاح والكمثرى) .

ويلاحظ أن كل نوع من أنواع الفاكهة والخضروات له ظروف مثلى من حيث نسبة ثانى أكسيد الكربون والأكسجين كما يتضح من جدول رقم 16-2 .

جدول رقم 16 - 2 : الظروف المناسبة لتخزين الفاكهة والخضروات فى جو معدل

المادة الغذائية	تركيز الغاز ٪ O_2	تركيز الغاز ٪ Co_2	درجة الحرارة م°	درجة الحرارة ف°	فترة التخزين	
تفاح صنف Golden	3 - 1	5 - 1	0	32	11 - 7	شهر
صنف McIntosh	3 - 1.5	5 - 1	3	37	9 - 7	شهر
المشمش	3 - 2	3 - 2	0 - 0.5-	32 - 31	7	أسبوع
التين	10 - 5	20 - 15	0 - 1-	32 - 30	2	أسبوع
العنب	5 - 2	3 - 1	0 - 1-	32 - 30	6 - 1	شهر
الخوخ	2 - 1	5 - 3	0 - 0.5-	32 - 31	9 - 6	أسبوع
الكمثرى	2 - 0.5	2 - 0.5	1-	30	9 - 7	شهر
البرقوق	2 - 1	5 - 0	0 - 0.5-	32 - 31	5 - 4	شهر
الفراولة	10 - 5	20 - 15	0 - 0.5-	32 - 31	1	أسبوع
الموز	5 - 2	5 - 2	14	58	6 - 1	شهر
جريب فروت	10 - 3	10 - 5	13	55	8 - 6	أسبوع
الليمون	10 - 5	10 - 0	13	55	6 - 1	شهر
الأناناس	5 - 2	10 - 5	10	50	4	أسبوع
المانجو	5 - 3	10 - 5	13	55	5	أسبوع
البرتقال	10 - 5	5 - 0	7	45	12 - 8	أسبوع
الفاصوليا	3 - 2	7 - 4	8	46	2	أسبوع
الكرنب	3 - 2	6 - 3	0	32	8 - 6	شهر
قرنبيط	3 - 2	4 - 3	0	32	1	شهر
الكرفس	4 - 1	5 - 3	0	32	3	شهر
الخيار	4 - 1	0	12	54	3	أسبوع
البصل	1 - 0	5 - 0	0	32	8	شهر
الفلفل (حلو)	5 - 2	0	12	54	3	أسبوع
السبانخ	10 - 7	10 - 5	0	32	3	أسبوع
الطماطم	5 - 3	3 - 2	12	54	6 - 4	أسبوع
الخرشوف	3 - 2	3 - 2	0	32	1	شهر

المصدر : مختصر من Hui (1992) .

obeikandl.com

ثانياً : التخزين البارد تحت ضغط منخفض : Subatmospheric storage

من الطرق المستخدمة فى تخزين الفاكهة والخضر هو التخزين المبرد تحت ضغط منخفض أقل من الضغط الجوى العادى مع رفع نسبة الرطوبة النسبية حيث يطلق عليه low pressure hypobaric storage . حيث يتم تقليل كمية الهواء الموجودة فى المخزن المبرد وبالتالى تقل كمية الأكسجين مما يؤدى إلى خفض معدل التنفس للمواد الغذائية المخزنة ويخفض من نسبة الإيثيلين والغازات الناتجة الأخرى وبذلك تزداد فترة الحفظ. وقد أوضحت البحوث أن التخزين فى جو ذى ضغط منخفض قد أدى إلى إطالة فترة التخزين لعديد من أنواع الفاكهة والخضر (جدول رقم 16-3)(الطماطم – البطاطس – الموز – المانجو

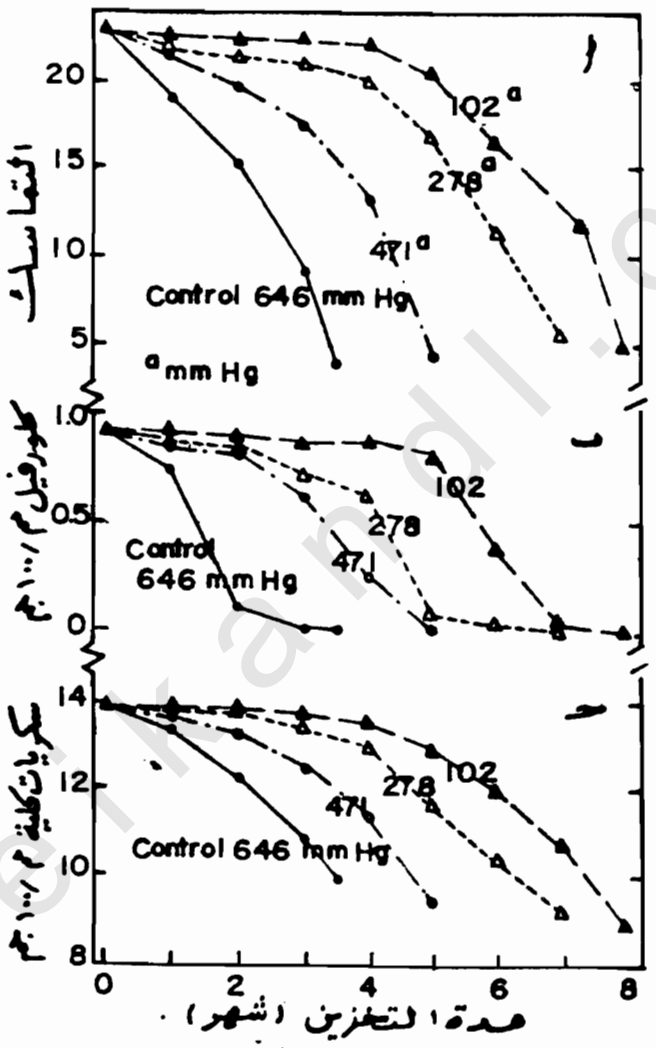
جدول رقم 16 - 3 : مقارنة مدة تخزين بعض أنواع الفاكهة والخضروات بالتبريد فى ضغط جوى عادى وتحت ضغط جوى منخفض

الصنف	مدة التخزين (يوم)	
	تبريد تحت ضغط جوى عادى	تبريد تحت ضغط جوى منخفض
فاكهة مكتملة النضج		
أناناس	12 - 9	40
جريب فروت	40 - 30	120 - 90
فراولة صنف tiogo	7 - 5	28 - 21
كريز	14	90 - 60
خضر		
فلفل أخضر	18 - 16	50
خيار	14 - 10	41
فاصوليا خضراء	13 - 10	30
بصل أخضر	3 - 2	15
ذرة	8 - 4	21
خس	14	50 - 40
فاكهة غير مكتملة النضج		
طماطم (خضراء)	21 - 14	100 - 60
موز	14 - 10	150 - 90
أفوكادو	30 - 23	100 - 90
الليمون البلدى	35 - 14	90 - 60
التفاح	90 - 60	300
كمثرى	60 - 45	300

المصدر : Burg (1975) .

obeikandl.com

– الجوافه – التفاح – الخوخ) وكذا فقد أدى إلى تحسن خواصها الطبيعية والكيماوية (شكل رقم 16-3).



شكل رقم 16 - 3 : تأثير التخزين تحت ضغط جوى منخفض على جودة الكمثرى

أ- التماسك firmness . ب - الكلوروفيل . جـ- سكريات كلية.

المصدر : Desioroser & Desioroser (1977) .

ثالثاً: إضافة مواد كيماوية لغرف التبريد :

يوجد العديد من المواد الكيماوية بخلاف ثانى أكسيد الكربون والأكسجين والتى يمكن إستخدامها عند تخزين الأغذية المبردة وهذه المواد تستخدم إما على هيئة أبخرة أو محاليل مائية أو قد تضاف إلى عبوات الأغذية المستخدمة وهذه المواد ليس لها أى تأثير غير مرغوب على جودة الأغذية أو القيمة التغذوية ومن هذه المواد الكيماوية نذكر الآتى :

أ - مواد كيماوية لتثبيط نمو الأحياء الدقيقة :

تستخدم مواد كيماوية مع الفاكهة وبنسبة قليلة مع الخضروات مثل الكلورين والاستيتات والأوزون وثانى أكسيد الكبريت وبروميد الميثيل.

ب - مواد كيماوية للتحكم فى نضج الفاكهة :

يمكن تأخير نضج الفاكهة مثل الموز والكمثرى بإضافة كمية قليلة من الإيثيلين إلى جو غرف التبريد ويمكن تأخير نضج المانجو بإستخدام 2, 4, 5 ثلاثى كلورو فينوكس حمض الخليك 2, 4, 5 tri chlorophenoxy acetic acid .

جـ - مواد مثبطة للإنبات :

مادة كربامات الفنيل phenyl carbamates (أيزوبروبايل فنيل كربامات Isopropyl phenyl carbamate) ومادة هيدرازيد حمض الماليك malic hydrazide ، تستخدم لتأخير الإنبات فى البطاطس والبصل والجزر.

د - مواد مضادة للأكسدة :

مضادات الأكسدة مثل بيوتايل هيدروكسى أنيسول I tylated hydroxyanisole (BHA) ، بيوتايل هيدروكسى تولوين butylated hydroxy toluene (BHT) ، حمض اسكوربيك L- ascorbic acid ، تضاف إلى بعض الأغذية المبردة لتثبيط الأكسدة بها مثل بعض العصائر.

هـ - مواد إزالة الرائحة :

الأوزون Ozone يستخدم أحياناً لأكسدة المواد الطيارة ذات الروائح الغير مرغوبة ولكن يجب الحذر عند إستخدامه حتى لا يؤدى إلى تفاعلات أكسدة غير مرغوبة فى بعض الأغذية ولذلك فإنه يفضل إستخدام الفحم النشط لإمتصاص الروائح غير المرغوبة من الأغذية أثناء حفظها بالتبريد.

و - مواد محسنة للون :

ومنها غاز الإيثيلين وهو يسبب إختزال الكلوروفيل ولذلك يستخدم بتركيز10 جزء / مليون (PPm) لإزالة اللون الأخضر من الموالح المخزنة.

16 - 1 - 9 الحرارة الناتجة من تنفس الأنسجة الحية :

الأغذية الطازجة مثل الفواكه والخضروات والحبوب والبقول تظل حية أثناء التبريد وتقوم الأنسجة بعملية التنفس وإنتاج الطاقة فى صورة حرارة، وكمية الحرارة الناتجة تختلف من صنف لآخر وتزداد كمية الحرارة الناتجة من التنفس إذا إرتفعت درجة حرارة التخزين كما يتضح من جدول رقم 16 - 4 .

جدول رقم 16 - 4 : كمية الحرارة الناتجة من تنفس بعض أصناف الفاكهة والخضر

المـادة الغذائيـة	كمية الحرارة × Btu/ للطن / 24 ساعة		
	0 م	4 م	15 م
التفاح	800 - 300	840 - 590	3.470 - 2.270
القاصوليا الخضراء	6.160 - 5.500	11.390 - 9.160	44.130 - 32.090
البروكلى	7.450	17.600 - 11.000	50.000 - 33.870
الكرنب	1.200	1.670	4.080
الجزر	2.130	3.470	8.080
الكرفس	1.620	2.420	8.220
الذرة السكرية	6.560	9.390	38.410
البصل	1.100 - 600	1.980 - 1.760 xx	-
البرتقال	1.030 - 420	1.500 - 1.300	5.170 - 3.650
الخوخ	1.370 - 850	2.030 - 1.440	9.310 - 7.260
الكمثرى	880 - 660	-	13.200 - 8.800
البسلة	8.160	13.220	39.250
البطاطس	880 - 440	1.760 - 1.100	3.520 - 2.200
السبانخ	4.860 - 4.240	11.210 - 7.850	38.000 - 36.920
الفراولة	3.800 - 2.730	6.750 - 3.660	20.280 - 15.460
البطاطا	2.440 - 1.190	3.350 - 1.710	6.300 - 4.280
الطماطم الخضراء	580	1.070	6.230
الطماطم الناضجة	1.020	1.250	5.640

× كمية الحرارة محسوبة من معدل التنفس (كجم CO_2 / كجم / ساعة) × 220

xx على درجة 10م .

المصدر : Desrosier & Desrosier (1977) .

لذلك فإن تخزين الفاكهة والخضروات ذات معدل التنفس المرتفع تحتاج لسعة تبريد مرتفعة مثل التفاح والبسلة والسبانخ بعكس البصل والبطاطا والجزر فهى محاصيل ذات معدل تنفس منخفض.

16 - 1 - 10 حساب سعة التبريد : Refrigeration load

عند حساب إحتياجات التبريد لأى مادة غذائية فإنه يجب معرفة درجة حرارة الغذاء المبدئية ودرجة حرارة التخزين ومعدل التنفس (الأنسجة الحية) ومقدار الحرارة الناتجة من التنفس والحرارة النوعية للغذاء وأيضاً كمية المادة الغذائية التى ستخزن.

ويلاحظ أن الأنسجة النباتية تظل حيه ونشطة أثناء التخزين البارد ولذلك فمن الضرورى أخذ هذا العامل فى الإعتبار عند حساب سعة التبريد. أى أنه لابد من حساب الحرارة المنطلقة من الخضروات والفاكهة أثناء تبريدها.

مثال :

إذا أريد تبريد طن من البسلة درجة حرارتها المبدئية 62 ف إلى درجة حرارة32 ف (الصفر المئوى) وتخزينها على هذه الدرجة لمدة 5 أيام مع العلم بأن الحرارة النوعيه للبسلة 0.82 والمطلوب حساب السعة التبريدية (بالأطنان).

لحساب سعة التبريد يتم حساب كمية الحرارة المتولدة من كمية البسلة طول فترة التخزين:

أ- كمية الحرارة اللازم إزالتها من طن البسلة = 2000 × 0.82 × (62 - 32)

= 2000 × 0.82 × 30 = 49200 وحدة حرارية بريطانية Btu

وهى الحرارة المحسوسة الموجودة فى طن من البسلة.

ب - نظراً لإستمرار البسلة فى التنفس أثناء التخزين لذلك يجب حساب كمية الحرارة المنطلقة أثناء فترة التخزين. وبالرجوع إلى الجداول الخاصة نجد أن الحرارة الناتجة من البسلة تعادل 8160 Btu فى درجة حرارة32 ف (صفر مئوى) خلال 24 ساعة. وتعادل 13220 Btu فى درجة حرارة 40 ف (4.4م) وتعادل 39250 Btu فى درجة

حرارة60 ف (15.5م) .

لذلك يحسب متوسط معدل الحرارة الناتجة من البسلة عند درجتى حرارة 32 ف،60 ف (الصفر ، 15.5 م) .

فينتج من طن واحد من البسلة خلال 24 ساعة كمية من الحرارة

$$= \frac{39250 + 8160}{2} = 23.705 \text{ Btu}$$

وبذلك تكون كمية الحرارة الناتجة خلال 5 أيام

$$= 23705 \times 5 = 118.525 \text{ Btu}$$

جـ – تضاف قيمة الحرارة المحسوسة من (أ) إلى الحرارة الناتجة من التنفس (ب) وبذلك تكون كمية الحرارة الكلية اللازم إزالتها:

$$49.200 + 118.525 = 167725 \text{ Btu}$$

طن التبريد ton of refrigeration يعادل 288000 Btu

∴ طن من البسلة يحتاج إلى :

$$\frac{167725}{288000} = 0.582 \text{ طن تبريد.}$$

أى يحتاج إلى ثلاجة كفاءتها 0.582 طن تبريد.

16 - 1 - 11 حفظ الأغذية بالتبريد :

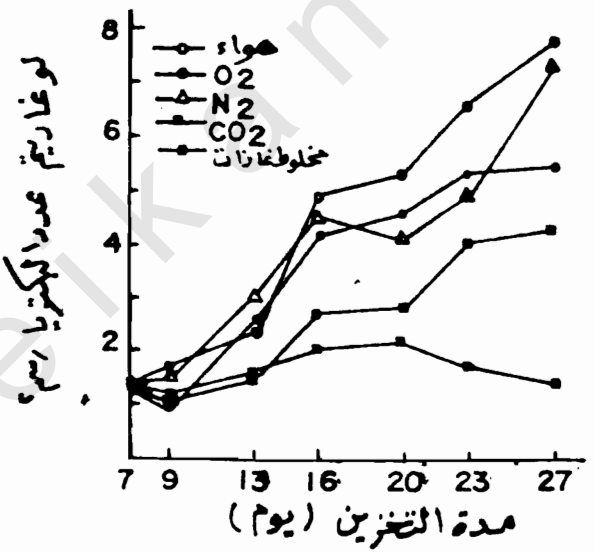
16 - 1 - 11 - 1 الأغذية الحيوانية :

أولاً : اللحـــوم

يتم تبريد اللحوم بمجرد ذبح الحيوان إلى درجة حرارة 32 - 34 ف وقبل مرور 24ساعة من الذبح حيث تبلغ درجة حرارة الذبائح حوالى100 ف (37.7م) ويتم التبريد بإستخدام تيار من الهواء البارد فى غرف التبريد والرطوبة النسبية تتراوح بين 90 - 95٪ فى المرحلة الأولى من التبريد وبعد إنخفاض درجة حرارة الذبائح إلى34 ف يتم خفض درجة الحرارة إلى 31-32 ف وخفض الرطوبة النسبية إلى 85 - 90٪ ويراعى ألا ترتفع الرطوبة النسبية عن ذلك الحد حتى لا تتعرض اللحوم لخطر نمو الفطريات، وألا تقل عن هذه النسبة

حتى لا تتعرض اللحوم لفقد محسوس فى الوزن نتيجة الجفاف، ولذلك فإنه عند حفظ اللحوم مبردة يفضل تعبئتها فى أكياس بلاستيك أو لفها فى قماش خفيف لحمايتها من تبخر الرطوبة حيث يصل الفقد فى الوزن إلى 2٪ من وزنها نتيجة بخر الرطوبة. ويلاحظ أن الإنخفاض السريع فى درجة حرارة اللحوم (الصفر المئوى) بعد الذبح مباشرة قد يؤدى إلى ما يطلق عليه الإنكماش التبريدى cold shortening وهذا يؤدى إلى خشونة فى قوام اللحوم.

وأحياناً تستخدم الأشعة فوق البنفسجية (طول موجة2700 A°) فى غرف التبريد لمنع نمو الفطريات . ويمكن تعديل جو غرف التبريد برفع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغرف مما يساعد على إطالة فترة تخزين اللحوم المبردة ويقلل من نمو الفطريات والبكتريا التى تسبب تكوين طبقة لزجة على سطح اللحم (شكل رقم 16 - 4) ويجب ألا تزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون عن 10٪ حتى لا تسبب تغيير لون اللحم . وقد يؤدى أيضاً إلى سرعة التزنخ فى طبقة الدهن المحيطة باللحوم وأثناء حفظ اللحوم فى غرف التبريد تحدث بها عملية الإنضاج aging ويتحسن قوامها وتزداد طراوتها.



شكل رقم 16 - 4: العدد الكلى للبكتريا الهوائية المعزولة من سطح عينات لحم بقرى مخزنة على درجة حرارة1 م° فى الظلام لفترات مختلفة فى جو معدل من الغازات المختلفة

× مخلوط الغازات (O_2 ٪5، CO_2 ٪25، N_2 ٪70)

المصدر : Desrosier & Desrosier (1977).

ويمكن حفظ لحوم الأبقار لفترة من 1 - 3 أسبوع بينما تقل فترة الحفظ للحم الضأن إلى أسبوع واحد (جدول رقم 16 - 5) . وطول فترة تخزين اللحوم مبردة تؤدى إلى حدوث تزنخ وأكسدة فى الدهن كما تسبب تغييرا فى لون اللحم حيث يتحول إلى اللون الأحمر الغامق ثم اللون البنى نتيجة أكسدة صبغات الميوجلوبين myoglobin وتحولها إلى صبغات الميتميوجلوبين metmyoglobin .

جدول رقم 16 - 5 : الظروف المناسبة للتخزين البارد للأغذية الحيوانية

المادة الغذائية	درجة حرارة التخزين ف°	الرطوبة النسبية ٪	فترة التخزين		نقطة التجميد ف°
اللحم البقرى	34 - 32	92 - 88	3 - 1	أسبوع	29 - 28
اللحم الضأن	34 - 32	90 - 85	12 - 5	يوم	29 - 28
الدجاج	32	90 - 85	10 - 7	يوم	27
السمك	40 - 33	95 - 90	20 - 5	يوم	28
البيض	31 - 29	90 - 85	4 - 3	شهر	28
الزبد	36 - 32	85 - 80	2	شهر	29 - 28

المصدر : Potter & Hotchkis (1995) .

ثانياً : الأسماك :

تفسد الأسماك سريعاً بمقارنتها باللحوم ويعزى ذلك إلى نشاط الإنزيمات والتحلل الذاتى وحدوث الأكسدة بالإضافة إلى نشاط الأحياء الدقيقة خاصة البكتريا . ولذلك يجب حفظ الأسماك عقب الصيد مباشرة فى ثلج مجروش فى طبقات متبادلة مع السمك وتخزن فى غرف مبردة لا تزيد درجة حرارتها عن 40 ف° (4.4م°) وينصح بغسيل الأسماك جيداً لتقليل

حمولتها من الأحياء الدقيقة قبل تخزينها فى الثلاجات وقد يستخدم ثلج المضادات الحيوية ويمكن حفظ الأسماك مبردة فى الثلج على درجة حرارة 32 - 40 ف لمدة 1-3 أسابيع.

ويسبب طول فترة التخزين للأسماك تغييراً فى لون الخياشيم حيث يتحول إلى اللون الباهت وتزداد ليونة أنسجة السمك وتتكون مادة ثالث ميثيل أمين trimethyl amine والأمونيا.

أما القشريات فيمكن حفظها مبردة فى الثلج لمدة أسبوع بينما الجمبرى والكابوريا تعتبر حساسة جداً للحفظ بالتبريد وتقل فترة حفظها لعدة أيام فقط فى حين تحفظ الإستاكوزا حية فى ماء البحر.

ثالثاً : الدواجـــن :

يتم تبريد الدواجن مباشرة بعد ذبحها وإزالة الريش وتنظيفها إلى درجة حرارة حوالى 35 ف بإستخدام تيار من الهواء البارد مع المحافظة على رطوبة نسبية 90 ٪ لتجنب حدوث جفاف ونقص فى الوزن إذا إنخفضت الرطوبة النسبية عن هذا الحد. ويمكن حفظ الدواجن مبردة على درجة الصفر المئوى لمدة 7 - 10 يوم وقد تغمر الدواجن فى ماء بارد مضاف إليه بعض المضادات الحيوية قبل حفظها مبردة ووجد أن هذه المعاملة تطيل من فترة الحفظ لبضعة أيام وقد تبين من البحوث أن درجة الحرارة المخزن عليها الدواجن لها تأثير على كمية ونوع البكتريا المسببة للفساد (جدول رقم 16 - 6).

حيث أتضح أن جنس *Pseudomaus* أكثر الأجناس المسببة للفساد على درجة حرارة1م ويقل تأثيرها بإرتفاع درجات الحرارة بينما جنس *Acinetobacter* ، *Enterobacteriaceae* ليس لهما تأثير ملحوظ على درجة حرارة 1 م ولكن تأثيرها يزداد بإرتفاع درجة الحرارة إلى 10 م ، 15 م.

جدول رقم 16 - 6 : العلاقة بين درجة الحرارة ونوع البكتريا المسببة لفساد لحم الدجاج

نوع البكتريا	درجة الحرارة		
	1 م°	10 م°	15 م°
	النسبة المئوية		
Pseudomonas	90	37	15
Acinetobacter	7	26	34
Entero bacteria ceae	3	15	27
Streptococci	-	6	8
Aeromonas	-	4	6
Others	-	12	10

المصدر : Desrosier & Desrosier(1977) .

رابعاً : البيض :

البيض الطازج بعد وضعه مباشرة يكون خالياً من الميكروبات وهذا يرجع إلى التركيب الطبيعى والكيماوى للبيض ، ويرجع فساد البيض الطازج إلى نمو الأحياء الدقيقة . ولحفظ البيض بالتبريد يجب أن يكون نظيفاً خالياً من القاذورات ويتم فحص البيض للتأكد من سلامة القشرة كما يفحص بإستخدام الضوء candling للتأكد من خلو البيض من أية عيوب، ويتم تعبئة البيض فى علب كرتون بها فتحات للتنفس أو صناديق من الخشب . والبيض قد يمتص الروائح من المواد الأخرى فى غرف التبريد ولذلك فإنه يجب تخزينه فى حجرات خاصة ويجب تجديد الهواء فى المخازن ، ويتم تخزين البيض على درجة حرارة 29 - 31 ف° بحيث تكون أعلى من درجة تجميد الصفار أو البياض ورطوبة نسبية تتراوح بين 85-90 ٪.

ويؤدى إنخفاض الرطوبة النسبية فى غرف التبريد إلى تبخير الرطوبة من البيض ويمكن ملاحظة ذلك بإنكماش الفجوة الهوائية فى البيض أثناء التخزين . وأيضاً كنتيجة

لإنخفاض الرطوبة يحدث فقد لغاز ثانى أكسيد الكربون خلال ثقوب القشر مما يسبب إرتفاع قلوية البيض.

ويمكن تعديل جو غرف التخزين برفع نسبة ثانى أكسيد الكربون لإطالة فترة التخزين، وحالياً ينصح بتغطية البيض بطبقة من زيت معدنى لتقليل الفقد فى الرطوبة، وغاز ثانى أكسيد الكربون يقلل من نفاذ الهواء مما يؤدى إلى تقليل التغيرات الكيماوية والفيزيقية وقد تبين أن هذه المعاملة لم تؤثر على طعم أو قوام الصفار أو البياض.

16 - 1 - 11 - 2 الأغذية النباتية :

تستمر الأنسجة النباتية حية أثناء تبريدها وتحتفظ بمظاهر الحياة التى تمكنها من مقاومة عوامل الفساد أى أنها تقاوم فعل الأحياء الدقيقة وبالتالى تؤخر من فسادها.

والفاكهة والخضروات تستمر فى التنفس أثناء حفظها بالتبريد وتحرق السكر وينتج عن ذلك حرارة تعمل ضد نظام التبريد ولذلك فإن الأغذية النباتية تحتاج إلى كفاءة فى التبريد أعلى عن تلك التى تحتاجها الأغذية الحيوانية. وتتفاوت الخضروات والفاكهة من حيث معدلات التنفس وبالتالى فى مقدار الحرارة الناتجة منها فمثلاً التفاح والخس والسبانخ والبسلة والفاصوليا الخضراء تحتاج إلى كفاءة تبريد أعلى لأن معدل التنفس بها مرتفع عكس البصل والبطاطس فمعدل التنفس بهما منخفض (جدول رقم 16 - 4).

ويراعى عند تخزين الفاكهة والخضروات أن تكون غرف التبريد جيدة التهوية وألا يتم التخزين فى عبوات محكمة القفل، وبصفة عامة يتم تخزين الفاكهة والخضروات على درجة حرارة تتراوح بين 31 ، 32 ف (-0.5، صفر م) ورطوبة نسبية بين 85 - 90 ٪.

ويلاحظ أن بعض الفواكه والخضروات لا تتحمل إنخفاض درجة الحرارة إلى قرب درجة التجميد وتحتاج إلى درجات حرارة أعلى مثل الموز – المانجو – الطماطم – الخيار – البامية – الليمون – البطاطس، ويوضح جدول رقم 16 - 7 الظروف المناسبة لحفظ بعض أصناف الخضر والفاكهة.

وقد يتم تغطية سطح بعض أصناف الفاكهة والخضر (التفاح – الكمثرى – الخيار – الفلفل – الشمام) بطبقة من شمع البرافين لتقليل الفقد فى الرطوبة ولتحسين المظهر.

ومع تقدم فترة تخزين الفاكهة والخضروات المبردة تحدث بها تغيرات نتيجة فعل الإنزيمات المؤكسدة وكذا طراوة وليونة فى الأنسجة بسبب فعل الإنزيمات المحللة للبكتين ولذلك فقد تجد بعض أنواع الفاكهة قبل تخزينها مبردة مثل الباباز – الخوخ –

جدول رقم 16 - 7 : الظروف المناسبة للتخزين البارد للخضر والفاكهة

المادة الغذائية	درجة حرارة التخزين ف°	الرطوبة النسبية ٪	فترة التخزين		نقطة التجميد ف°
الخرشوف	32	95 - 90	3 - 2	شهر	28.8
الأسبرجس	32	95 - 90	4 - 3	أسبوع	30.4
الفاصوليا الخضراء	45	90 - 85	10 - 8	يوم	30.2
البنجر	32	95 - 90	3 - 1	شهر	28.4
البروكلى	32	95 - 90	10 - 7	يوم	30.3
الكرنب	32	95 - 90	4 - 3	شهر	30.5
الجزر	32	95 - 90	5 - 4	شهر	28.8
القرنبيط	32	90 - 85	3 - 2	أسبوع	30.2
الكرفس	32 - 31	95 - 90	4 - 2	شهر	30.9
الذرة السكرية	32 - 31	90 - 85	8 - 4	يوم	30.8
الخيار	50 - 45	95 - 90	14 - 10	يوم	30.5
الباذنجان	50 - 45	90 - 85	10	يوم	30.4
الثوم	32	75 - 70	8 - 6	شهر	26.8
الخس	32	95 - 90	4 - 3	أسبوع	31.2
البامية	50	95 - 85	2	أسبوع	30.8
البصل	32	75 - 70	8 - 6	شهر	30
البسلة	32	90 - 85	2 - 1	أسبوع	30.1
الفلفل الأخضر (حلو)	50 - 45	90 - 85	10 - 8	يوم	30.5
البطاطس	50 - 38	90 - 85	9 - 6	شهر	29.8
السبانخ	32	95 - 90	14 - 10	يوم	31.3
البطاطا	60 - 55	90 - 85	6 - 4	شهر	29.2

obeikandl.com

تابع جدول رقم 16 - 7 : الظروف المناسبة للتخزين البارد للخضر والفاكهة

المادة الغذائية	درجة حرارة التخزين ف°	الرطوبة النسبية ٪	فترة التخزين		نقطة التجميد ف°
الطماطم					
(غير ناضجة)	70 - 55	90 - 85	5 - 2	أسبوع	30.4
ناضجة	32	90 - 85	10 - 7	يوم	30.4
التفاح	32 - 30	90 - 85	1	أسبوع	28.2
المشمش	32 - 31	90 - 85	2 - 1	أسبوع	29.6
أفوكادو	55 - 45	90 - 85	4	أسبوع	30.0
الموز	59 - 52	95 - 85	3 - 1	أسبوع	29.6
التوت	32 - 31	90 - 85	7	يوم	29.4
الكريز	32 - 31	90 - 85	14 - 10	يوم	27.7
التين	32 - 30	90 - 85	10	يوم	29.4
الجريب فروت	50 - 32	90 - 85	8 - 4	أسبوع	28.6
العنب	31 - 30	90 - 85	6 - 3	شهر	27.1
الليمون	58 - 55	90 - 85	4 - 1	شهر	29.0
الليمون الأضاليا	46 - 43	90 - 85	8 - 6	أسبوع	29.0
المانجو	50	90 - 85	3 - 2	أسبوع	29.4
الشمام	50 - 45	90 - 85	2 - 1	أسبوع	29.9
البطيخ	40 - 36	90 - 85	3 - 2	أسبوع	30.6
النقل	50 - 32	75 - 65	12 - 8	شهر	21
الزيتون	50 - 45	90 - 85	6 - 4	أسبوع	28.0
البرتقال	34 - 32	90 - 85	12 - 8	أسبوع	30.6
الخوخ	32 - 31	90 - 85	4 - 2	أسبوع	86.9
الكمثرى	31 - 29	90 - 85	7 - 2	شهر	27.7
الأناناس					
(غير ناضج)	60 - 50	90 - 85	4 - 3	أسبوع	29.1
ناضج	45 - 40	90 - 85	4 - 2	أسبوع	29.7
البرقوق	32 - 30	90 - 85	8 - 3	أسبوع	30
الفراولة	32 - 31	90 - 85	10 - 7	يوم	30.2

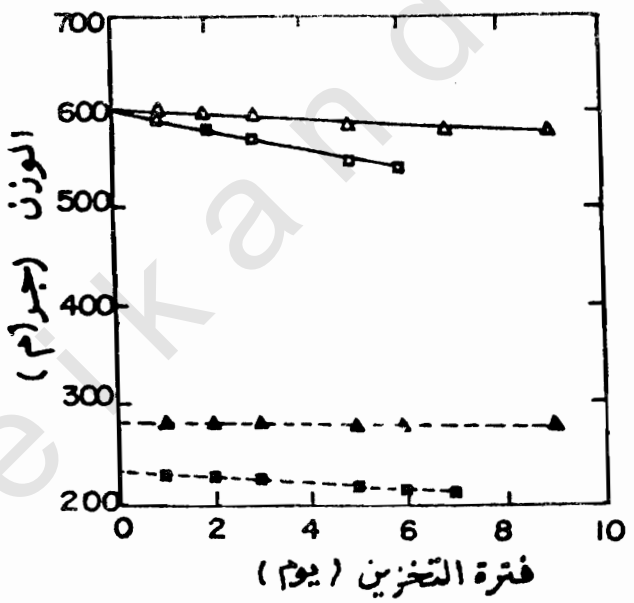
المصدر : مختصر من Potter & Hotchkiss (1995) .

obeikandl.com

البرقوق – النيكتارين (nectarine) حيث يتم غمرها فى ماء درجة حرارته 46 - 54°م (114 - 130°ف) لمدة 1 - 4 دقائق.

وقد ثبت نتيجة البحوث العديدة أن التخزين البارد للبطاطس يؤدى إلى إرتفاع نسبة السكر بها وتناقص النشا كذلك فإن تخزين البطاطس على درجات حرارة تتراوح بين40 ، 55°ف (4.4 - 12.8°م) يؤدى إلى تراكم السكريات بمعدل أقل مقارنة بالتخزين على درجات حرارة منخفضة.

وقد أوضحت بعض البحوث أنه يمكن تعبئة الخضروات مثل الفاصوليا الخضراء والفلفل الأخضر فى أكياس بولى – ايثيلين عند تخزينها مبردة على درجة حرارة 10°م وقد أدى ذلك إلى تقليل الفقد فى الوزن (شكل رقم 16 - 5) وفيتامين جـ (شكل رقم 16 - 6)، كما أدى أيضاً إلى تقليل الفقد فى بعض الفيتاميدات الهامة مثل فيتامين ب $_1$.

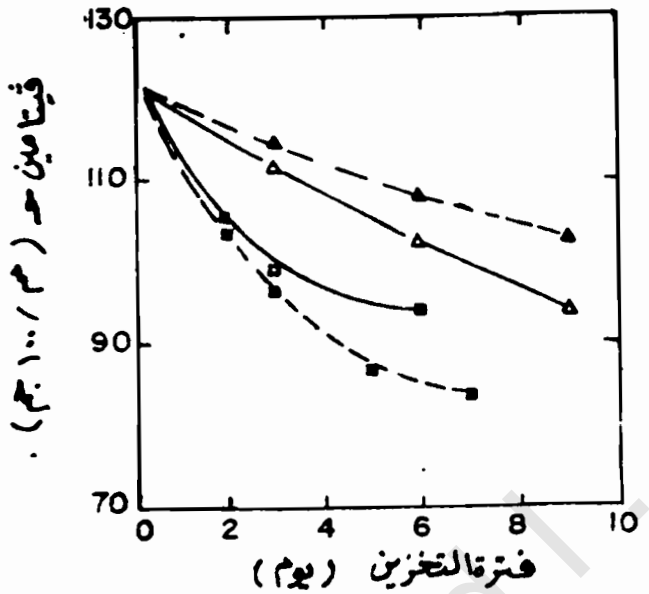


شكل رقم 16 - 5 : تأثير درجة الحرارة والتعبئة على الفقد فى الوزن فى الفلفل الأخضر

△ بدون تعبئة (10°م) ▲ تعبئة فى بولى ايثيلين (10°م)

□ بدون تعبئة (20°م) ■ تعبئة فى بولى ايثيلين (20°م)

المصدر : Watada *et. al* (1987).



شكل رقم 16 - 6 : تأثير درجة الحرارة والتعبئة على الفقد فى فيتامين جـ فى الفاصوليا الخضراء

▲ بدون تعبئة (10°م) ▲ تعبئة فى بولى ايثيلين (10°م)

□ بدون تعبئة (20°م) ■ تعبئة فى بولى ايثيلين (20°م)

المصدر : Watada *et. al* (1987) .

16 - 1 - 11 - 3 التغيرات فى الأغذية النباتية :

أولاً : تلف التبريد : Cold Injury

تتعرض بعض أصناف الفاكهة والخضر إلى التلف إذا ما خزنت على درجات حرارة أقل من درجة الحرارة المناسبة لتخزين كل صنف منها بالرغم من أن هذه الدرجات أعلى من درجة حرارة تجمد هذه المواد ويسمى هذا التلف بتلف التبريد، ولكل نوع من الفاكهة والخضر درجة حرارة يطلق عليها الدرجة الحرجة critical temperature وهى درجة الحرارة التى إذا إنخفضت عنها درجة حرارة التخزين يحدث هذا التلف للمادة المخزنة كما يتضح من جدول رقم (16 - 8) .

جدول رقم 16 - 8 : درجة حرارة التبريد الحرجة لبعض ثمار الفاكهة والخضروات

الصنـــــف	الدرجة الحرجة×		نوع تلف التبريد ××
	م°	ف°	
الليمون البلدى lime	7 - 9	45 - 48	تشقق وتكون طعم مر
الليمون الأصاليا lemon	14	58	تشقق وتبقع وتكون لون بنى محمر
البرتقال	3	38	ضمور وتبقع فى القشرة وتكون لون بنى
التفاح	2 - 3	36 - 38	لون بنى بالداخل – ليونة فى الأنسجة
المانجو	10 - 13	50 - 55	أسوداد بالداخل وانكماش فى الجلد
الشمام	7 - 10	45 - 50	تبقع – عدم نضج – تدهور فى الصفات
الموز	12 - 13	53 - 56	يكتسب لون غامق
البطاطس	3	38	اسوداد وتكون لون بنى وزيادة نسبة السكر
الخيار	7	45	تبقع وتقوب صغيرة
الفاصوليا الخضراء	7	45	بقع غامقة وبقع صدأ
الباميه	7	45	بقع سوداء وبقع مائية
البطاطا	13	55	بقع واسوداد فى الداخل
الباذنجان	7	45	انكماش – وفطريات بالداخل
الطماطم الخضراء	13	55	عدم إكتمال اللون عند النضج وليونة وفساد سريع
الطماطم الحمراء	7 - 10	45 - 50	ليونة وقابلية للتحلل والتلف

× الدرجة الحرجة تمثل أقل درجة حرارة يمكن التخزين عليها

×× التلف الملحوظ إذا تم التخزين بين 0° م والدرجة المثلى

المصدر : Fenemma (1975).

وبازدياد فترة تخزين الخضروات يزداد الفقد فى بعض العناصر الغذائية كما يتضح من جدول رقم 16 - 9 حيث يزداد الفقد فى فيتامين جـ بطول فترة التخزين.

oberkamdi.com

جدول رقم 16 - 9 : الفقد فى فيتامين جـ أثناء تخزين بعض أصناف الخضر مبردة

الصنف	ظروف التخزين			الفقد (٪)
	الفترة بالأيام	درجة الحرارة ف°	م°	
الأسبرجس	1	35	1.7	5
	7	32	0	50
البروكلى	1	46	7.8	20
	4	46	7.8	35
الفاصوليا الخضراء	1	46	7.8	10
	4	46	7.8	20
السبانخ	2	32	0	5
	3	34	1.1	5

المصدر : Desrosier & Desrosier (1977) .

ثانياً : التلف بالأمونيا :

تستخدم الأمونيا بكثرة فى أجهزة التبريد التجارى، وقد يتسرب الغاز من الأنابيب فتتعرض الفاكهة والخضر للتلف ويبدأ التلف بتلون أنسجة المواد الغذائية الخارجية باللون البنى المخضر ثم يزداد ظهور اللون تدريجياً فى الأنسجة الداخلية وكذا تزداد ليونة الأنسجة ، ويعتبر تركيز 1 ٪ من غاز الأمونيا كافياً لإتلاف التفاح والموز والكمثرى خلال ساعة واحدة.

ثالثاً : نمو الأحياء الدقيقة :

قد تصاب الفاكهة والخضروات بأنواع مختلفة من تلف الأنسجة (التعفن) أثناء التخزين البارد، ولتجنب ذلك فإنه يراعى عدم تجريح الثمار أو الأنسجة النباتية أثناء النقل أو التداول، ومن أهم أنواع التعفن الذى يصيب الفاكهة والخضروات أثناء التخزين البارد هو التعفن الطرى البكتيرى bacterial soft rot والتعفن الناتج من نمو بعض الأعفان التابعة للأجناس *Penicillium*، *Rhizopus* .

وبصفة عامة يمكن تلافى هذا التلف بخفض درجة الحرارة إلى الدرجة المناسبة لتخزين كل صنف من أصناف الفاكهة والخضروات مع ضبط الرطوبة النسبية فى غرف التخزين المبردة.