تتلخص عوامل فساد الأغذية فى نمو الأحياء الدقيقة من بكتريا وفطريات وخمائر ، ونشاط بعض الإنزيمات مسببة بعض التغيرات ، وحدوث بعض التفاعلات الكيميائية كتفاعلات الأكسدة والاختزال والتحلل . وجميع عوامل الفساد هذه يمكن تخفيف حدتها بخفض درجة الحرارة . فالأحياء الدقيقة يقل نموها كثيراً بخفض درجة الحرارة إلى الصفر المئوى ، والإنزيمات يضعف نشاطها كثيراً على درجة ٣٢° فهرنهيت مقارناً بالنشاط على درجة ٧٠ فهرنهيت ، وتفاعلات الأكسدة والتحلل تبطؤ كثيراً بتأثير التبريد ، وتبخر الرطوبة من المواد الغذائية يقل مداه كثيراً بخفض درجة الحرارة . كما أن خفض درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد ذو أثر أكبر فى إيقاف فعل عوامل الفساد ، غير أنه فى هذه الحالة يخشى من تلف بعض المواد كالفواكه والخضروات . ويبدو أن تبريد المواد الغذائية إلى درجة تقل عن ١٠° فهرنهيت يسبب إيقاف نمو الفطريات والخمائر تماماً وتقليل تكاثر البكتريا إلى الحد الذى تصبح عنده البكتريا ليست عامل فساد يذكر ، إلا أن هذه الدرجة لا تكفى لإيقاف التغيرات الإنزيمية والكيمائية وتبخر الرطوبة . فلإيقاف هذه التفاعلات الإنزيمية والكيميائية والتبخر يلزم خفض درجة الحرارة إلى — ٤٠ فهرنهيت . ولهذا يمكن أن يقال بصفة عامة أن التبريد يقلل من حدة عوامل الفساد إلا أنه لا يوقف الفساد تماماً ، وتقل سرعة حدوث الفساد بانخفاض درجة الحرارة باستثناء بعض المواد الغذائية التى تتلف بتأثير انخفاض درجة الحرارة إلى حد كبير .

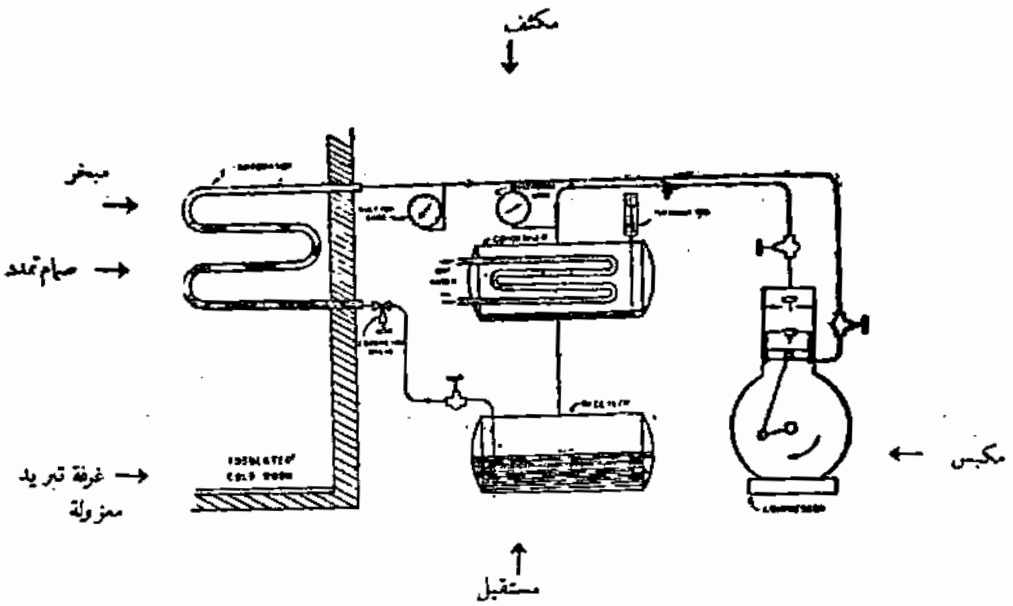
وتعتبر الفطريات أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة المنخفضة بينما بعض الأحياء الدقيقة تتلف جزئيًا بالتجميد لبضعة أسابيع . أما السلالات شديدة المقاومة فتبقى حية ولكن تبقى فى حالة سكون لمدة أشهر أو عدة سنين . فبعض أنواع الخميرة مثل torulopsis يمكنها أن تعيش على درجة — ١٥° مئوية لمدة ١٦٠ ساعة ، وبعض البكتريا مثل Pseudomonas تعيش على درجة — ١٨° مئوية لمدة ٤ سنوات .

ومن ذلك يتضح أن المواد الغذائية المبردة أو المجمدة تتعرض للفساد عند رفع درجة حرارتها. وعموماً تزداد مدة حفظ الأغذية كلما انخفضت درجةالحرارة. فمثلاً على درجة — ١٠° مئوية يقل نشاط معظم الأحياء الدقيقة بينما يتطلب وقف عمل الإنزيمات والتفاعلات الكيمائية التخزين على درجة—٤٠ إلى—٥٠°مئوية. وذلك مع مراعاة حالة ونوع ودرجة ونضج المادة الغذائية المخزنة ؛ حيث قد يتسبب انخفاض درجة الحرارة إلى الحد الذى يوقف عوامل الفساد فى حدوث تلف للمادة الغذائية وهو ما يسمى بالتلف التبريدى Cold injury

أسس نظام التبريد :

١ — نظام الضغط :

الأساس فى التبريد الميكانيكى بنظام الكبس The compression system هو ترك سائل التبريد للتبخر فيمتص حرارة من الوسط المحيط به ، ويمكن إعادة ضغط الغاز الناتج وتحويله إلى سائل لتستمر الدورة ، إلا أن تحول الغاز إلى سائل يؤدى إلى ارتفاع درجة الحرارة ولذلك يمرر الغاز المضغوط فى مكثف للتبريد بفعل ماء بارد أو بهواء مندفع من مروحة ، وهذا التبريد يؤدى إلى تحول الغاز المضغوط إلى سائل . وتعرف الأنابيب أو الصفائح التى يتبخر فيها سائل التبريد باسم أجهزة التبخير evaporators ، ويعرف الصمام الذى يسمح بمرور سائل التبريد وتبخره باسم صمام التمدد expansion valve ، وتعرف قابلة استقبال الغاز المضغوط المتحول إلى سائل باسم المستقبل Receiver. وبديهى أن الضغط يكون مرتفعاً عند المكبس Compressor والمكثف Condeaser وكذلك عند المستقبل وصمام التمدد ، لذلك يعرف هذا الجزء من الدورة أو من الجهاز باسم الجانب المرتفع الضغط high side or high - pressure side. أما الجانب الآخر من الدورة ، وهو الممتد من صمام التمدد خلال أنابيب التبخير إلى جهاز الضغط فيعرف بالجانب المنخفض الضغط low side or low - pressure side



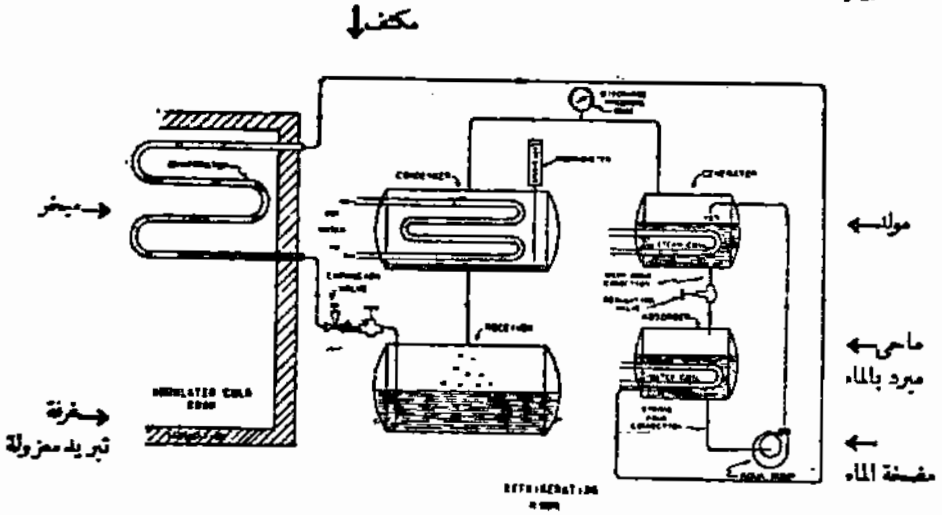
(شكل ٩٤) رسم توضيحى لنظام الضغط

وتغذى أنابيب التبخير بالسائل المبرد Refrigerant بإحدى طريقتين تعرفان باسم نظام صمام التمدد The conventional expansion valve type ونظام التدفق the flooded system. ففى الطريقة الأولى يمكن التحكم فى صمامات التبخير يدويا أو باستخدام ترموستات . وفى الطريقة الثانية تغذى أنابيب التبخير بالسائل المبرد عن طريق أسطوانة أو خزان surge drum يقع أعلى أنابيب التبخير يوضع به السائل المبرد ويحفظ مستواه عند الحد المناسب باستخدام جسم طاف ، أما مدى انتقال السائل المبرد إلى أنابيب التبخير فيتوقف على سرعة تبخر السائل .

٢ — نظام الامتصاص :

فى نظام الامتصاص the absorption system يزداد الضغط بتأثير رفع حرارة الأمونيا السائلة بدلاً من جهاز الضغط المستخدم فى النظام السابق . وتبرد الأمونيا الساخنة وتحول إلى سائل فى مكثف ، ثم تغذى أنابيب التبخير بالأمونيا السائلة خلال صمام التمدد وهذا التمدد يكون مصحوباً بامتصاص حرارة . ويمتص غاز الأمونيا القادم من أنابيب التبخير فى أمونيا سائلة مخففة مبردة بأنابيب المياه الباردة . وهذه الأمونيا السائلة يعاد دفعها فى مولد generator حيث تسخن وتعاود الدورة . وبعد أن يخرج معظم الغاز من الأمونيا السائلة تعاد هذه الأمونيا السائلة إلى

حوض الامتصاص absorber لتبرد وتعاود امتصاص غاز الأمونيا القادم من أنابيب التبخير .



(شكل ٩٥) نظام امتصاص الأمونيا

٣ — سوائل التبريد :

كانت الأمونيا أكثر سوائل التبريد refrigerants استخداماً فى غرف التبريد والتجميد الكبيرة ، أما الفريون ١٢ Freon—12 ، وهو ثانى كلورو ثانى فلورو ميثان ، فيستعمل فى غرف التبريد الصغيرة . وأما غاز ثانى أكسيد الكربون فيستعمل فى ثلاجات البواخر وفى غرف التبريد المطلوب خفض درجة حرارتها إلى حد كبير . ويستعمل الفريون فى الثلاجات المنزلية ، كما يستعمل كلوريد الميثايل وكلوريد الميثلين وكلوريد الإيثايل فى غرف التبريد التجارية الصغيرة وكذلك فى بعض الثلاجات المنزلية .

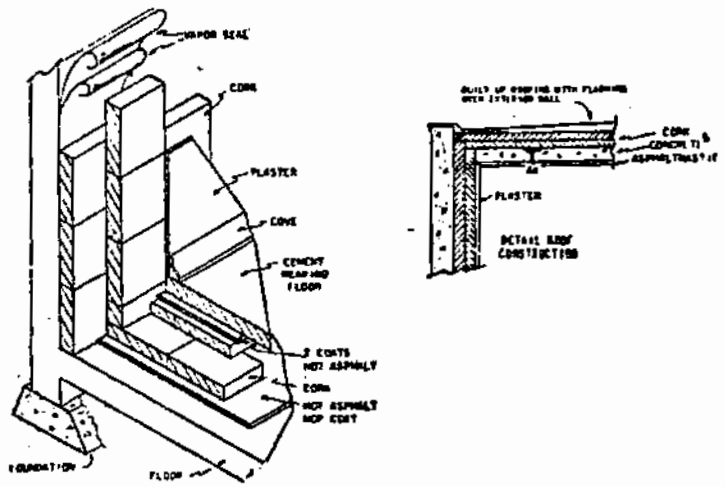
يوضع سائل التبريد فى أنابيب مثبتة على جدران أو سقف غرفة التبريد، ويمرر الهواء حول هذه المواسير فيفقد جزءاً من حرارته . ويعرف هذا النظام بنظام التمدد المباشر direct expansion cooling . وقد تستبدل هذه المواسير بصفائح معدنية يمرر بينها السائل المبرد فيعرف النظام حينئذ باسم plate coolers .

وفى نظام آخر يعرف باسم نظام التبريد بالمحلول الملحى brine cooling ،

يستخدم محلول كلوريد كالسيوم أو كلوريد صوديوم مركز مع أنابيب التمدد المباشر فتنخفض درجة حرارة المحلول الملحى ولذا يمرر فى أنابيب منتشرة فى الفراغ المراد تبريده فيمتص حرارة من الفراغ المراد تبريده وبعدها يعود إلى التانك لتبريده .

وبديهى أن هواء غرف التبريد يثقل وزنه بانخفاض درجة حرارته أى بملامسته لأنابيب التبريد ولذا فهو يهبط لأسفل ، لكنه يعود فترتفع درجة حرارته أثناء مروره فى جو الغرفة وبذا يخف وزنه ويرتفع لأعلى . وتعرف هذه الدورة باسم gravity coil circulation

وهناك نظام يعرف باسم forced air cooling وفيه توضع أنابيب التبريد داخل



(شكل ٩٦) طريقة عزل غرف التبريد

صندوق معدنى ذى فتحات مناسبة ويدفع الهواء بواسطة مروحة إلى أنابيب التبريد ثم خارجها فى اتجاه فراغ الغرفة المبردة .

وتتلخص الشروط الواجب توفرها فى سائل التبريد المستخدم تجاريًا أو فى المنازل فيما يلى :

١ ـ انخفاض نقطة غليان السائل .

٢ — انخفاض نقطة التكثف .

٣ — عدم إحداث تآكل المعادن .

٤ — عدم القابلية للاشتعال .

٥ — عدم إحداث انفجار .

٦ — الخلو من الرائحة غير المرغوبة .

٧ — عدم الإضرار بصحة الإنسان .

٨ — انخفاض الثمن .

٩ — سهولة إدراك تسرب السائل أو الغاز . .

ولا تعتبر الشروط الستة الأخيرة ضرورة حتمية لكنها مفضلة . وأشهر مركبات التبريد استخداماً هى الأمونيا، وكلوريد الميثايل، وثانى كلورو ثانى فلورو الميثان المعروف تجاريًّا باسم فريون ١٢ ، وثانى أكسيد الكربون ، وثانى أكسيد الكبريت . وفيما يلى وصف لكل من هذه المواد .

الأمونيا : تعتبر الأمونيا من بين مواد التبريد اقتصادية وسهلة الاستخدام ويسهل الكشف عنها إذا تسربت خارج جهاز التبريد نظراً لقوة رائحتها المميزة حتى فى حالة التركيزات المنخفضة ولتأثيرها المهيج على العين والأذن والأنف والحنجرة والرئة والجلد الرطب نتيجة لقابليتها للذوبان فى الماء .

وتعتبر الأمونيا ثابتة لا تحترق ولا تساعد على الاحتراق إلا أنه لا يخفى أن الهواء المحتوى على ١٦ إلى ٢٧ فى المائة أمونيا يكون عرضة للانفجار . ولا تؤثر الأمونيا الجافة فى المعادن بصفة عامة لكن محلولها يتفاعل مع النحاس والصلب . ودرجة غليان سائل الأمونيا — ٢٨° فهرنهيت ، أما درجة الحرارة الحرجة لها فهى ٢٧٢° فهرنهيت .

كلوريد الميثايل : يعتبر كلوريد الميثايل كبديل سامًّا للإنسان . ومن عيوبه أيضاً قابليته للاشتعال واحتمال إنفجاره فى ظروف معينة وإذابته لجميع

مواد التشحيم فيما عدا الجلسرين . لكن المركب يتميز بالثبات . ودرجة غليان السائل — ١٠° فهرنهيت .

الفريون ١٢ : اسم الفريون ١٢ هو الاسم التجارى للمركب ثانى كلورو ثانى فلورو ميثان ك كل$_{٢}$ فل$_{٢}$ ، ويباع هذا المركب أيضاً تحت اسم تجارى آخر هو جينترون Genetron . ومن مزايا هذا المركب أنه غير سام وغير قابل للاشتعال أو الانفجار وكفاءته الحرارية عالية ولا يسبب تآكل المعادن. ويغلى هذا السائل عند درجة — ٢٢° فهرنهيت .

الفريون ٢٢° : يدل اسم الفريون ٢٢ التجارى على مركب أحادى الكلورو ثنائى الفلورو ميثان ك يد كل فل$_{٢}$.. ويتميز هذا المركب بعدم سميته وعدم قابليته للاشتعال أو الانفجار . ويغلى هذا السائل عند درجة — ٤١° فهرنهيت .

الفريون ١١ : يطلق على مركب ثالث كلورو أحادى فلورو الميثان ك كل$_{٣}$ فل الاسم التجارى فريون ١١ . وهذا السائل يغلى على درجة — ٧٤,٤° فهرنهيت .

الفريون ١٣ : الاسم التجارى لمركب أحادى كلورو ثالث فلورو ميثان ك كل فل$_{٣}$ هو فريون ١٣ الذى درجة غليانه — ١١٤,٥° فهرنهيت .

الفريون ١٤ : هذا المركب عبارة عن رابع فلوروميثان ك فل$_{٤}$ الذى يغلى على درجة — ١٩٨,٢° فهرنهيت .

الفريون ٢١ : وهو عبارة عن ثانى كلورو أحادى فلوروميثان ك يد كل$_{٢}$ فل الذى درجة غليانه — ٤٨° فهرنهيت .

الفريون ١١٣ : وهو عبارة عن ثالث كلورو ثالث فلورو إيثان ك كل$_{٢}$ فل — ك كل فل$_{٣}$ الذى درجة غليانه — ١١٧,٦ فهرنهيت .

الفريون ١١٤ : وهو ثانى كلورو رابع فلورو إيثان ك كل فل$_{٢}$ — ك كل فل$_{٣}$ الذى يغلى على درجة — ٣٨,٤° فهرنهيت .

الفريون ١١٥ : وهو المركب ك كل فل$_{٢}$ — ك فل$_{٣}$.

الكارين ٧ : يطلق على مخلوط الجنترون ١٠٠ (ك يد$_{٣}$ ك يد فل$_{٢}$) والفريون ١٢ (ك كل$_{٢}$ فل$_{٢}$) الإسم التجارى Carrene 7 — . وهذا المخلوط متعدد المزايا وهو يغلى على درجة — ٢٨° فهرنهيت .

ثانى أكسيد الكربون : ويتميز هذا المركب ك ا$_{٢}$ بعدم قابليته للانفجار وعدم سميته فى التركيزات المنخفضة وعدم قابليته للاشتعال . والسائل يغلى على درجة — ١١٠° فهرنهيت . ولا يؤثر هذا المركب فى الزيت والشحوم ، لكنه ينصح بأن تكون مادة التشحيم المستخدمة معه عبارة عن جليسرين أو زيت معدنى روسى . وكان استخدام هذا المركب شائعاً فى ثلاجات البواخر ، وقد حل محله الفريون حالياً .

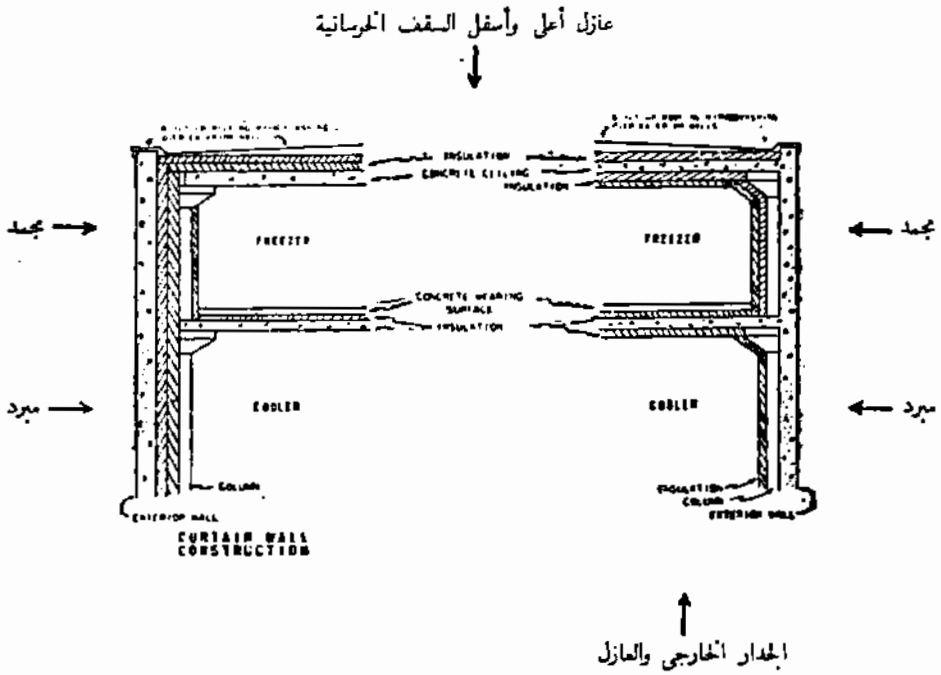
ثانى أكسيد الكبريت : وهذا المركب كب ا$_{٢}$ غير قابل للانفجار لكنه شديد السمية . ويخفف من مدى خطورته أنه يحدث تهيجاً فى الأغشية بمجرد استنشاقه مما يؤدى إلى إكتشافه والإبتعاد عنه . ويغلى هذا السائل عند درجة ١٤° فهرنهيت . ويعتبر هذا المركب من المركبات الثابتة .

التخزين فى جو معدل بالغاز gas storage atmosphere

قد يعدل جو غرف التبريد أحياناً بإضافة نسبة من غاز ثانى أكسيد الكربون فيساعد ذلك على احتفاظ بعض الفواكه كالتفاح والكمثرى بصفاتها الجيدة . فالثمرة كأى كائن حى تقوم بجميع العمليات الفسيولوجية والحيوية مما ينتج عنه هدم فى مكونات الثمرة . وبتعديل هواء الغرفة ، أى بتقليل كمية الأكسجين وزيادة ك ا$_{٢}$ إلى حد معين ، يعمل الغاز كمثبط للعوامل التى تعمل على هدم الثمرة وبذلك لا تستطيع الثمرة أن تقوم بعملية التنفس وبالتالى تتأخر عملية الهدم ويطول عمر الثمرة . ومن فوائد هذه الطريقة أنه يمكن التخزين على درجة حرارة مرتفعة نوعاً إلى الحد الذى لا يتلف الثمرة . فدرجات الحرارة المنخفضة تسبب تلفاً فسيولوجياً لثمار الفاكهة الاستوائية وتحت الاستوائية . وتتراوح النسب المستخدمة من غاز ك ا$_{٢}$ بين ٥ ٪ و ١٠ ٪

من هواء الثلاجة . ولا ينصح بزيادة التركيز عن ذلك لأن الزيادة تؤثر على صفات اللحوم وعلى الخضر والفاكهة ، فإذا وصل تركيز الغاز إلى ٢٠٪ فإن اللحوم تفقد اللمعة التى تتميز بها ويتحول لونها إلى البنى القاتم . وقد ظهر من التجارب أنه إذا رفع تركيز الغاز فى جو غرف التبريد إلى ٤٠٪ من جو الغرفة فإن هذا التركيز يوقف نمو البكتريا تماماً .

وقد يضاف الغاز المعدل إلى غرفة التبريد بطريقة معينة أو قد تعبأ الفاكهة المراد حفظها فى الثلاجات داخل أوانٍ محكمة القفل ذات فتحات صغيرة للغاية وتوضع هذه الأوانى فى الثلاجات فيتكون غاز ثانى أكسيد الكربون داخل الأوانى نتيجة لتنفس الفاكهة .



(شكل ٩٧) قطاعان عرضيان فى مبانى غرفتين للتبريد والتجميد

الخواص الطبيعية لمركبات التبريد

الخواص	ن يد$_3$	ك يد$_3$ كل	ك كل$_2$ فل$_2$	ك يد كل فل$_2$	ك كل$_2$ فل	ك ا$_2$	كب ا$_2$
نقطة الغليان تحت الضغط العادى °ف	— ٢٨	— ١٠,٦	— ٢١,٦	— ٤١,٤	٧٤.٧	—١٠٩,٣	١٤,٠
درجة الحرارة الحرجة °ف	٢٧١,٤	٢٨٩,٦	٢٣٢,٧	٢٠٤.٨	٣٨٨,٤	٨٧,٨	٣١٤,٨
الضغط عند ٥ °ف رطل / بوصة مربعة	٣٤.٣	٢١,٢	٢٦,٥	٤٣,١	٢,٩	٣٣٢,٠	١١,٨٢
الحجم عند ٥ °ف قدم مكعب / رطل	٨,١٥	٤,٤٧	١.٤٩	١,٢٤	١٢.٢٧	٠,٢٧	٦,٤
الضغط عند ٨٦°ف رطل / بوصة مربعة	١٦٩,٢	٩٤,٧	١٠٧.٩	١٧٤,٨	١٨,٣	١٠٤٣,٠	٦٦,٥
درجة حرارة الانطلاق °ف	٢٠٩,٨	١٧٧,٦	١٠٠,٣	١٣٤,٢	١١٢,٦	١٦٣,١	١٩١,٤
الحجم عند الانطلاق discharge قدم مكعب / رطل	٢.٤	١.٣٥	٠,٤١	٠.٣٦	٢,٣٩	٠,١٢	١,٦٣
الشغل عند الكبس وحدة حرارة بريطانية / رطل	٩٩.٦	٣٠,٦	١٠,٨	١٤,٩	١٣,٣	٢٥,٨	٢٩,١
الحرارة المنطلقة عند التكثيف وحدة / رطل	٥٧٤,٠	١٨٠,٨	٦١,٩	٨٤,٢	٨٠,٨	٨١,٣	١٧٠,٥
الحرارة الممتصة عند التبخير وحدة / رطل	٤٧٤,٤	١٥٠,٢	٥١,١	٦٩,٣	٦٧,٥	٥٥,٥	١٤١,٤
النسبة المئوية للسائل المتبخر من صمام التمدد ٪	١٦,٤	١٦,٩	٢٦,٥	٢٦.٠	١٩,٦	٥٢,٨	١٦,٥
عدد أرطال المركب فى الدقيقة للطن المبرد	٠,٤٢	١,٣	٣,٩	٢,٩	٢,٩٦	٣,٦	١,٤
حجم المركب فى الدقيقة للطن المبرد قدم مكعب	٣,٤٤	٦,٩	٥,٨	٣,٦	٣٦,٣	٠,٩٦	٩,١
القوة للطن المبرد حصان	٠,٩٩	٠,٩٦	١.٠٦	١,٠٣	٠.٩٣	٢,٢	٠,٩٧
معامل الكفاءة Doefficient of performance	٤,٧٦	٤,٩١	٤,٧١	٤,٦٣	٥,٠٩	٢,١٥	٤,٨٦

تبريد بعض الأغذية :

١ — اللحوم :

يلزم المبادرة إلى تبريد اللحوم بمجرد ذبحها للتخلص من حرارة جسم الحيوان بأقصى سرعة ممكنة مع تحاشى الفقد فى وزن اللحم ولإيقاف عوامل الفساد خلال فترة حفظ اللحوم قبل تسويقها . وتعتبر درجة ٣٢ إلى ٣٨° فهرنهيت المناسبة لتبريد اللحوم المعدة للتسويق السريع ، بينما تحفظ اللحوم بعض الوقت إلى حين تسويقها على درجة التجمد أى — ١٠° إلى الصفر الفرنهيتى . ويراعى فى غرف تبريد اللحوم الطازجة أن تكون أجهزتها قادرة على امتصاص كمية كبيرة من الحرارة بسرعة ومنع تكثف بخار الماء عندما تزداد كميته . لذلك يستفاد من تأثير الرذاذ الملحى حيث يدفع الهواء الدافىء خلال رذاذ دقيق من محلول ملحى بارد فيبرد الهواء ويمتص جزءاً من رطوبته . ويجب أن تكون سرعة الهواء مناسبة بالدرجة التى تؤدى إلى نقل الحرارة الممتصة والرطوبة إلى أجهزة التبريد ؛ إذ المعروف أن تبخر الرطوبة من اللحوم يؤدى إلى ارتفاع الرطوبة النسبية فى جو غرفة التبريد إلى حوالى ٩٥ فى المائة .

ويؤدى تأخير التخلص من حرارة جسم الحيوان إلى خسائر مادية إذ ينقص وزن اللحم نفسه ويبدأ حدوث الفساد . وعادة تخفض درجة حرارة اللحم نفسه إلى درجة ٤٥ أو ٦٠° فهرنهيت . وعادة يوضع الحيوان عقب الذبح مباشرة فى غرف التبريد المفاجئ Chill cooler للتخلص من حرارة جسم الحيوان ثم ينقل إلى غرف التبريد حيث يبقى بعض الوقت . ومن الممكن استخدام نفس الغرفة المبردة فى التبريد المفاجئ للحم ثم حفظه لحين التسويق ، إلا أن هذا ليس مرغوباً بسبب التغيرات التى تطرأ على درجة الحرارة نتيجة لإدخال الحيوانات الحديثة الذبح الدافئة وكذلك بسبب ارتفاع الرطوبة النسبية إلى الحد المناسب لمنع انكماش اللحوم مما يشجع على نمو الفطريات على اللحوم .

ويفيد تخزين اللحوم فى الغرف المبردة فى تليين قوام اللحم ، ولهذا يفضل أحياناً تخزين اللحم على درجة ٣٢° فهرنهيت بضعة أسابيع لتحسين طعمه ، ولو أن هذا يؤدى إلى نمو الفطريات على سطح اللحوم ويلزم كشطها قبل الاستهلاك . وحالياً تستخدم مصابيح كهربائية تنبعث منها أشعة فوق بنفسجية تتسلط على اللحوم المخزنة فى غرف التبريد فتمنع نمو الفطريات عليها .

٢ ــ اللحوم المحفوظة :

بعض المنتجات المصنعة كالسجق واللحم المملح تكون عرضة للتلف السريع ، ولذلك تخزن على درجة ٣٠ إلى ٣٢° فهرنهيت ، ويفضل التجميد لبعض المنتجات الدسمة لتقليل حدوث تزنخ الدهن .

٣ ــ الأسماك :

تفسد الأسماك بسرعة مقارنة باللحوم ، فالتخزين على درجة تعلو ٣٢° فهرنهيت يسبب ليونة لحم الأسماك وتكتلة لونها وفقد رائحتها المميزة واكتسابها رائحة غير مقبولة .

ويعزى فساد الأسماك إلى نشاط الأنزيمات ونمو الأحياء الدقيقة . وعادة تحفظ الأسماك الطازجة عقب صيدها مباشرة فى ثلج مجروش . وتتفاوت مدة حفظ الأسماك فى الغرف المبردة تبعاً لأنواع الأسماك إذ يتحمل بعضها التخزين لمدة ثلاثة أسابيع على درجة ٣٢° فهرنهيت مثل الحوت. ويفضل حفظ الأسماك على درجات التجمد. كذلك ينصح بغسل الأسماك جيداً لتقليل حمولتها من الأحياء الدقيقة قبل تخزينها فى الثلاجات .

٤ ـ الأسماك المحفوظة :

يؤدى التمليح والتدخين إلى منع الفساد البكتريولوجى فى الأسماك ، غير أن هذا لا يوقف حدوث التزنخ الأكسيدى فى الأسماك ، ولذلك يفضل حفظ هذه الأسماك على درجة ١٠ إلى ١٥° فهرنهيت لمدة قد تصل إلى أسبوعين . ويمكن تجميد هذه الأسماك المحفوظة دون تعرضها للتلف إذ أن رطوبتها منخفضة .

٥ ـ الفاكهة والخضروات :

يراعى تخزين الفاكهة والخضروات فى أماكن مهواة نظراً لأنها حية تتنفس فلا يجوز تخزينها فى عبوات محكمة القفل كما لا يجوز تجميدها . وأنسب درجة لتخزين الفاكهة الطازجة هى ٣٢° فهرنهيت ، وكلما انخفضت درجة الحرارة قل النشاط الفسيولوجى وقل احتمال حدوث التلف البكتريولوجى . ويلاحظ أن بعض الفواكه والخضروات لا يتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى قرب درجة التجمد ، مثال ذلك الموز والطماطم والليمون والبطاطس والخيار والأناناس والشمام . وتعتبر درجة ٣٥° فهرنهيت شائعة فى تخزين الفواكه والخضروات . ويلازم رفع الرطوبة النسبية فى جو غرف التبريد منعاً لذبول الفاكهة والخضر ، خصوصاً الورقية منها ، بسبب احتواء هذه الأغذية على نسبة مرتفعة من الرطوبة . لذلك تضبط الرطوبة النسبية عند ٨٥ إلى ٩٥ فى المائة . ويفضل فى حالة ارتفاع الرطوبة النسبية عن ٩٠ فى المائة أن تزاد سرعة الهواء فى الثلاجة إلى ٢٠٠ أو ٣٠٠ قدم فى الدقيقة لتساعد سرعة الهواء على تقليل نمو الفطريات .

ويبين الجدول التالى الظروف المناسبة لتخزين بعض الفاكهة والخضر فى الثلاجات

الفاكهة أو الخضر	درجة الحرارة °ف	الرطوبة النسبية ٪	مدة التخزين بالأيام	نقطة التجمد °ف
تفاح	٣٠ — ٣٢	٨٥ — ٨٨	—	٢٨,٤
مشمش	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	٧ — ١٤	٢٨,١
أسبرجس	٣٢	٨٥ — ٩٠	٢١ — ٢٨	٢٩,٨
موز	٥٦ — ٦٠	٩٠ — ٩٥	٧ — ١٠	—
فاصوليا خضراء	٣٢ — ٤٠	٨٥ — ٩٠	١٤ — ٢٨	٢٩,٧
بنجر	٣٢	٩٥ — ٩٨	٣٠ — ٩٠	٢٦,٩
بروكولى	٣٢ — ٣٥	٩٠ — ٩٥	٧ — ١٠	٢٩,٢
كرنب	٣٢	٩٠ — ٩٥	٩٠ — ١٢٠	٣١,٢
جزر	٣٢	٩٥ — ٩٨	١٢٠ — ١٥٠	٢٩,٦
قنبيط	٣٢	٨٥ — ٩٠	١٤ — ٢١	٣٠,١
كرفس	٣١ — ٣٢	٩٠ — ٩٥	٦٠ — ١٢٠	٢٩,٧
كريز	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	١٠ — ١٤	—
جوز هند	٣٢ — ٣٥	٨٠ — ٨٥	٣٠ — ٦٠	٢٥,٥
خيار	٤٥ — ٥٠	٨٥ — ٩٥	١٠ — ١٤	٣٠,٥
بلح	٠ — ٢٤	—	٣٦٥	— ٤,١
باذنجان	٤٥ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	١٠	٣٠,٤
تين	٣١ — ٣٢	٨٥ — ٩٠	١٠	—
ثوم	٣٢	٧٠ — ٧٥	١٨٠ — ٢٤٠	٢٥,٤
ليمون هندى	—	٨٥ — ٩٠	١٨٠ — ٢٤٠	٢٨,٤
عنب	٣٠ — ٣١	٨٥ — ٩٠	٩٠ — ١٨٠	٢٤,٩

الفاكهة أو الخضر	درجة الحرارة	الرطوبة	مدة التخزين	نقطة التجمد
كرات	٣٢	٨٥ — ٩٠	٣٠ — ٩٠	٢٩.٢
ليمون	٥٥ — ٥٨	٨٥ — ٩٠	٣٠ — ١٢٠	٢٨,١
خس	٣٢	٩٠ — ٩٥	١٤ — ٢١	٣١,٢
بطيخ	٣٦ — ٤٠	٧٥ — ٨٥	١٤ — ٢١	٢٩,٢
عيش الغراب	٣٢ — ٣٥	٨٠ — ٨٥	٢ — ٣	٣٠.٢
باميا	٥٠	٨٥ — ٩٥	١٤	٣٠,١
زيتون	٤٥ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	٢٨ — ٤٢	٢٨,٥
بصل	٣٢	٧٠ — ٧٥	١٨٠ — ٢٤٠	٣٠,١
برتقال		٨٥ — ٩٠	٥٦ — ٧٠	٢٨,٠
خوخ	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	١٤ — ٢٨	٢٩.٤
كمثرى	٢٩ — ٣١	٨٥ — ٩٠	—	٢٨,٥
بسلة	٣٢	٨٥ — ٩٠	٧ — ١٤	٣٠,٠
فلفل	٣٢	٨٥ — ٩٠	٢٨ — ٤٢	٣٠.١
أناناس	٤٠ — ٤٥	٨٥ — ٩٠	١٤ — ٢٨	٢٩.٩
برقوق	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	٢١ — ٥٦	٢٨.٠
بطاطس	٣٨ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	—	٢٨,٩
فجل	٣٢	٩٥ — ٩٨	٦٠ — ١٢٠	—
سبانخ	٣٢	٩٠ — ٩٥	٠ — ١٤	٣٠.٣
شليك	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	٧ — ١٠	٢٩,٩
بطاطا	٥٠ — ٥٥	٨٠ — ٨٥	١٢٠ — ١٨٠	٢٨,٥
طماطم	٤٠ — ٥٠	٨٠ — ٨٥	٧ — ١٠	٣٠,٤
لفت	٣٢	٩٥ — ٩٨	١٢٠ — ١٥٠	٣٠.٥
فاكهة مجففة	—	—	٩ — ١٢	—
نقل	٣٢ — ٤٥	٦٥ — ٧٥	٢٤٠ — ٣٦٥	—

٦ — التفاح :

يخزن التفاح على درجة ٣٠° إلى ٣٢° فهرنهيت ورطوبة نسبية قدرها ٨٥ إلى ٨٨ فى المائة . وينصح برفع نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى جو غرفة التبريد .

٧ — الموز :

يقطف الموز وهو ما زال أخضر وينضج صناعيا فى ظروف محددة من درجات الحرارة والرطوبة النسبية . ويحفظ الموز الناضج لمدة تصل إلى عشرة أيام على درجة حرارة تتراوح بين ٥٦ و ٦٠° فهرنهيت . ويلاحظ أنه على درجة حرارة تقل عن ٥٦° فهرنهيت يدكن لون القشور .

٨ — الموالح :

يحفظ الليمون على درجة ٥٠ إلى ٦٠° فهرنهيت ، ويحفظ البرتقال والجريب فروت على درجة ٣٢ إلى ٣٤° فهرنهيت .

٩ — الكمثرى :

تخزن الكمثرى فى الثلاجات على درجة ٢٩ إلى ٣١° فهرنهيت ورطوبة نسبية ٨٥ إلى ٩٠ فى المائة ، وقد ترفع الرطوبة عن ذلك قليلاً بشرط ضمان سرعة دوران الهواء . ويمكن تخزين الكمثرى لمدة تتراوح بين شهر وسبعة شهور تبعاً لصنف الكمثرى وظروف زراعتها . وتحتاج بعض أصناف الكمثرى إلى إنضاج عقب خروجها من غرف التبريد ويتم إنضاجها على درجة ٦٥ إلى ٧٠° فهرنهيت .

١٠ — الخوخ :

لا يتحمل الخوخ التخزين الطويل فى الثلاجات ، ولذا فهو يخزن لمدة تتراوح بين نصف شهر وشهر كامل على درجة ٣١ إلى ٣٢° فهرنهيت ، ويلاحظ أن

ارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٦ أو ٤٠° فهرنهيت يسبب فقداناً فى نكهة الخوخ. ويراعى تخزين الخوخ فى الثلاجات عندما يتم نضجه مع تحاشى ازدياد النضج.

١١ — الفاكهة والخضروات المجففة والمعلبة :

من المفضل أن تخزن المعلبات والأغذية المجففة فى غرف مبردة. ويراعى فى تخزين المعلبات أن يكون المكان جافاً منخفض الرطوبة منعاً لحدوث الصدأ وانفصال الملصقات على العلب. ولا يجوز خفض درجة حرارة تخزين علب الخضروات عن ٣٢° فهرنهيت وإلا انفجرت العلب بسبب ازدياد الحجم بتكون الثلج. أما علب الفاكهة فيمكن خفض درجة حرارة تخزينها إلى ٢٥° فهرنهيت نظراً لاحتوائها على نسبة عالية من السكر.

ولما كانت الفاكهة والخضروات المجففة عرضة للفساد على درجة حرارة تعلو ٧٠° فهرنهيت فمن الواضح أن حفظها فى غرف التبريد يطيل مدة بقائها. وتطول مدة الحفظ بانخفاض درجة الحرارة ونسبة الرطوبة، كما أن التجمد لايتلف هذه الأغذية المجففة.

١٢ — الأسبرجس :

يمكن تخزين الأسبرجس لمدة ثلاثة أو أربعة أسابيع على درجة ٣٢°فهرنهيت ورطوبة نسبية قدرها ٩٠ فى المائة.

١٣ — الفاصوليا :

تحفظ الفاصوليا الخضراء لمدة أسبوع على درجة ٤٠° فهرنهيت أو لمدة نصف شهر إلى شهر كامل على درجة ٣٢° فهرنهيت ورطوبة نسبية مرتفعة مع ضمان سرعة مرور الهواء عليها.

١٤ — البصل :

يترك البصل لمدة شهر ونصف إلى شهرين فى الحقل حتى ينضج قبل نقله إلى غرف التبريد. والظروف المناسبة للتخزين هى ٣٢° فهرنهيت ورطوبة

نسبية قدرها ٧٠ إلى ٧٥ فى المائة . ويفضل أن تكون الرطوبة النسبية منخفضة .

١٥ — البطاطس :

تخزن البطاطس على درجة ٥٠ إلى ٧٠ فهرنهيت ورطوبة نسبية قدرها ٨٥ إلى ٩٠ فى المائة ، أو على درجة ٤٠° فهرنهيت ورطوبة نسبية قدرها ٨٥ إلى ٩٠ فى المائة حيث تبقى ساكنة دون تزريع لمدة تتراوح بين خمسة وثمانية شهور . ويلاحظ أن التخزين على درجة ٤٠° فهرنهيت يسبب ارتفاع نسبة السكر فى البطاطس ، ولذلك تنقل هذه الدرنات إلى غرف حيث تبقى على درجة ٧٠ إلى ٨٠° فهرنهيت حتى تنخفض نسبة السكر . والمعروف أن درجة التجمد للبطاطس هى ٢٩° فهرنهيت .

١٦ — الطماطم :

تخزن الطماطم لمدة تتراوح بين أسبوع وعشرة أيام على درجة حرارة لا تقل عن ٤٠° فهرنهيت . وتخزن الطماطم الخضراء لتكتمل نضجها خلال ثلاثة إلى خمسة أسابيع على درجة ٥٥° فهرنهيت . ولا يتم النضج إذا خفضت درجة الحرارة عن ٥٥° فهرنهيت حتى لو رفعت درجة الحرارة بعد ذلك إلى ٧٠ أو ٧٥° فهرنهيت . ولا تتكون الصبغة الحمراء على درجة ٨٠° فهرنهيت .

١٧ — اللبن والقشدة :

يحتوى اللبن الطازج على كمية من الأحياء الدقيقة . ولذا يفضل العمل على عدم تكاثر هذه الميكروبات أثناء التخزين وذلك بخفض درجة الحرارة . فاللبن الطازج يمكن تخزينه لمدة عشرة أيام على درجة ٣٢° فهرنهيت أو لمدة أطول على درجة ٣٠° فهرنهيت . وبخفض درجة الحرارة إلى ٢٨° فهرنهيت تتكون بعض البلورات الثلجية . وفى حالة نزع القشدة من اللبن يبرد كل من القشدة واللبن الفرز إلى درجة ٥٠° فهرنهيت بمجرد فصل القشدة .

وعادة يبستر اللبن بمجرد استلامه وذلك بتسخينه إلى درجة ١٤٢ أو ١٤٥° فهرنهيت واستمرار التسخين على هذه الدرجة لمدة نصف ساعة ، ثم يبرد اللبن إلى درجة ٥٠° فهرنهيت أو أقل . وقد تجرى البسترة بالتسخين على درجة ١٦٠° فهرنهيت لمدة ١٥ إلى ٣٠ ثانية ثم يبرد اللبن إلى درجة ٥٠° فهرنهيت . وتبستر القشدة بنفس الطريقة . ويجرى التسخين بالكهرباء أو بالماء الساخن أو بالبخار .

١٨ — الزبد :

تخزن الزبد بعض الوقت على درجة ٣٢° إلى ٤٠° فهرنهيت ، أو لمدة أطول على درجة الصفر الفهرنهيتى أو أقل .

١٩ — الجبن :

تخزن الجبن الروكفورت والجافة على درجة ٣٨ إلى ٤٠° فهرنهيت . وتحتاج بعض أصناف الجبن لدرجة ٣١ إلى ٣٢° فهرنهيت . وتخزن بعض أنواع الجبن اللينة الدسمة على حالة مجمدة .

٢٠ — النقل والشيكولاته والخميرة :

تخزن النقل الجافة على درجة ٣٢° فهرنهيت لمنع حدوث التزنخ . وتخزن الشيكولاته على درجة ٤٥ إلى ٥٠° فهرنهيت أو على درجة الصفر الفهرنهيتى . وتخزن الخميرة المضغوطة على درجة حرارة تعلو درجة التجمد قليلاً .

٢١ — البيض :

يبرد البيض الطازج مباشرة لدرجة حرارة تقل عن ٦٠° فهرنهيت ويعبأ فى علب من الورق . ويجب أن تكون غرف التبريد نظيفة مهواة . وترفع الرطوبة النسبية إلى ٩٠ فى المائة . ويلاحظ أن انخفاض الرطوبة فى جو غرف التبريد يترتب عليه امتصاص العبوات الورقية أو الخشبية لبعض الرطوبة من البيض بدلاً من امتصاصها من جو الثلاجة ؛ ويمكن مشاهدة أثر ذلك بانكماش الفجوة الهوائية فى البيضة أثناء التخزين . ويكون الفقد فى وزن البيض كبيراً نسبياً خلال الأيام الأولى للتخزين . ويمكن رفع رطوبة جو غرف التبريد برش الأرضية بالماء أو بوضع

قطع من القماش مبللة بالماء أو بوضع أحواض ماء دافئة داخل الغرف . ويمكن دفع رذاذ دقيق من الماء فى جو غرف الثلاجات ، ويكون الرذاذ من الدقة بحيث يبقى الماء فى الجو ولا يصل لأرضية الغرف . وتوجد أجهزة Psychrometers لقياس الرطوبة النسبية فى جو غرف التبريد عند درجة حرارة ٢٩ إلى ٣١° فهرنهيت. وأحياناً يغطى البيض بطبقة من زيت معدنى لتقليل فقد الرطوبة وثانى أكسيد الكربون من البيض ، ويجرى ذلك بغمس البيض فى الزيت المسخن لدرجة ١١٠° فهرنهيت .

ويحفظ البيض المجفف والبياض بالصفار المجففين على درجة ٣٢° فهرنهيت، وتفضل درجة التجمد .

طرق التبريد الميكانيكى المستخدمة فى التخزين :

١ – طريقة التمدد المباشر : Direct expansion cooling

وفيها تمر مواسير التمدد لغاز التبريد داخل حجر التخزين مباشرة وتكون عادة ملاصقة للجدران الداخلية للغرف . ومن مميزات هذه الطريقة :

(ا) تعمل على خفض درجة حرارة المخزن بطريقة سريعة إلى ما تحت الصفر ، ولذلك لا تستعمل فى حالة تخزين الثمار الطازجة كالخضر والفاكهة ، وتستعمل فى تخزين المواد غير الحية مثل اللحوم والأسماك ومنتجات الألبان .

ومن عيوب هذه الطريقة : أن الرطوبة المنبعثة من الثمار الحية نتيجة لعمليات التنفس تتجمد على المواسير مما قد يؤدى إلى انفجار المواسير وتسرب الغاز أو يعمل كمادة عازلة تحول دون وصول الحرارة .

٢ – طريقة التبريد بالمحلول الملحى Brine cooling

وفى هذه الطريقة تمر مواسير تمدد الغاز داخل خزان مستقل يوضع به محلول ملحى . وعادة يوجد هذا الخزان بعيداً عن غرف التخزين فيبرد المحلول الملحى الذى يدفع بعد ذلك بواسطة طلمبات خاصة فى مواسير أخرى تدخل أو تمر مجاورة لجدران حجر التخزين الداخلية فتعمل على تبريدها . ومميزات هذه الطريقة أنها

تبعد خطر تسرب الغاز أو انفجار المواسير كما يمكن خفض درجة الحر ما دون الصفر بزيادة تركيز المحلول الملحى . وهذه الطريقة ليست شائعة الاستعمال الآن .

٣ ــ طريقة التبريد باستعمال الهواء المبرد Forced air cooling

وفيها يمر تيار هوائى من مروحة ميكانيكية على مواسير التمدد مباشرة فى غرفة مستقلة فيبرد ثم يندفع من فتحات خاصة إلى غرف التخزين . ومن عيوب هذه الطريقة أنها بتخفيضها لدرجة الحرارة فقط تعمل على إزالة الرطوبة من جو المخازن وهى حالة غير مرغوبة أى أنها تتحكم فى درجة الحرارة دون النظر إلى درجة الرطوبة المرغوبة . وتستعمل هذه الطريقة بكثرة فى تخزين بعض الثمار الجافة نسبيًا مثل أصناف النقل والبلح النصف جاف .

٤ ــ طريقة تبريد الهواء بتمريره فى رذاذ مبرد

وفى هذه الطريقة يمر الهواء فى محلول ملحى حول مواسير تمدد الغاز ثم يدفع الهواء الناتج من هذه العملية إلى غرف التخزين عن طريق فتحات خاصة مزودة بأجهزة لإزالة الرطوبة الزائدة من الهواء مما يسمح بتبريد جو المخزن مع المحافظة على الرطوبة النسبية . وفى هذه الطريقة يكيف الهواء من ناحية درجة الحرارة والرطوبة . وتنجح هذه الطريقة فى تخزين الثمار الطازجة بكافة أنواعها .

ويجب أن يراعى فى التبريد الصناعى أو الميكانيكى الاعتبارات الآتية :

١ ــ **درجة الحرارة** : يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة فى غرف التبريد بقدر الإمكان ، فتذبذب درجة الحرارة ارتفاعاً وانخفاضًا يساعد على تكثيف بخار الماء على سطح الخضر والفاكهة مما يشجع على نمو الفطريات والأحياء الدقيقة . ويساعد على ثبات درجة الحرارة فى غرف التبريد العزل الجيد وعدم فتح وقفل أبواب الثلاجة باستمرار واختيار سائل التبريد المناسب . ويجب أن تزود غرف التبريد بترمومترات فى أماكن متفرقة للتأكد من أن الحرارة موزعة توزيعاً متجانساً فى أجزاء الغرفة ، ويكون ذلك بتجهيز الغرفة بمراوح لتقوم

بعملية توزيع الهواء داخل الغرفة وبالتالى درجة الحرارة ، كما يراعى أن تكون الحامات المخزنة موزعة توزيعاً يسمح بانتقال وتبادل الحرارة بين أجزائها .

٢ — **درجة حرارة الأمان** : Safe temperature

هى الدرجة التى إذا ارتفعت عنها درجة حرارة الثلاجة تتحول الأحياء الدقيقة من الحالة الكامنة إلى الحالة النشطة . وتختلف هذه الدرجة باختلاف نوع البكتريا وكذا باختلاف المادة الغذائية . وتعتبر درجة حرارة الأمان بالنسبة لكل مادة غذائية هى أوفق درجات التخزين بالنسبة لها .

٣ — **درجة الرطوبة** : لدرجة الرطوبة النسبية علاقة مباشرة بمدى بقاء الخامات الزراعية دون تلف بالثلاجات . فإذا انخفضت الرطوبة النسبية عن اللازم فى جو الثلاجة تسبب ذلك فى ذبول الخامات الزراعية كنتيجة لتبخر الرطوبة منها وتراكمها على شكل جليد على المواسير الموجودة فى الثلاجة ، وإذا زادت الرطوبة عن اللازم فإنها تشجع نمو وتكاثر الفطريات وبالتالى تلف الخامات .

والرطوبة النسبية : Relative humidity تساوى

$$\frac{\text{وزن بخار الماء الموجود فى حجم معين من الهواء فى درجة حرارة معينة}}{\text{وزن بخار الماء الذى يشبع نفس الحجم على نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

وتقاس الرطوبة النسبية فى الثلاجات بنوعين من الترمومترات ، الأول هو الترمومتر الجاف العادى والثانى هو الترمومتر المبتل .

٤ — **درجة رطوبة الأمان** : Safe relative humidity

وهى درجة الرطوبة النسبية التى عليها أو أقل منها لا ينمو الفطر ، وفى نفس الوقت لا تسبب جفاف المادة الغذائية . ويمكن صناعيًّا التحكم فى الرطوبة النسبية فى الثلاجات بوسائل عديدة منها رش أرضية الثلاجة بالماء أو تعليق مناشر مبللة بالماء داخل الغرفة ، كما يمكن خفضها بدفع تيار من الهواء الجاف الساخن داخل الثلاجة . ويلاحظ أن زيادة حركة الهواء فى غرف التبريد تساعد على خفض الرطوبة . وعموماً تتراوح الرطوبة النسبية المناسبة لتخزين الخضر والفاكهة بين ٨٥٪ و ٩٠ ٪ .

٥ — **التهوية** : تساعد التهوية داخل الثلاجات على توزيع الحرارة والرطوبة توزيعاً منتظماً ، كما أن التهوية تساعد على التخلص من الروائح غير المرغوب فيها والتى تنشأ عادة من نمو الفطريات . ويمكن إجراء التهوية فى الثلاجات بما يلى :

١ — بواسطة مراوح لسحب الهواء وتمريره على مواد لامتصاص الرائحة كالفحم النباتى ثم يعاد نفس الهواء إلى الثلاجة .

٢ — إستبدال هواء الثلاجة من وقت لآخر ، إلا أن هذه الطريقة مكلفة اقتصادياً . وقد وجد أن احتواء هواء الثلاجة على ١ — ٢ جزء فى المليون فى غاز الأوزون يمنع نمو الفطريات بالإضافة إلى تأثيره على امتصاص الروائح ، كما أن الأشعة فوق البنفسجية تمنع أو توقف نمو الفطريات .

٦ — **المواد العازلة** : تتوقف عملية التبريد الصناعى على عاملين رئيسيين هما إزالة حرارة أماكن غرف التبريد ثم منع أو تقليل ارتفاع درجة الحرارة ثانية . وتقوم آلات التبريد بالغرض الأول بينما تقوم المواد العازلة بالغرض الثانى .

والشروط الواجب توافرها فى المواد العازلة هى :

١ — عدم ارتفاع ثمنها أو تكاليف إقامتها .

٢ — أن تكون عديمة الرائحة حتى لا تؤثر على المواد المخزنة .

٣ — أن تكون خفيفة الوزن حتى لا تتساقط وتتجمع فرق بعضها تاركة بين الجدارين مسافة غير معزولة .

٤ — ألا تكون قابلة للإصابة بالحشرات أو الحيوانات القارضة .

٥ — ألا تمتص رطوبة فتفقد خاصيتها فى عزل الحرارة .

أنواع المواد العازلة :

١ — **الهواء** : يستخدم فى حالة إقامة جدران غرف التبريد من طبقتين ويوجد بينهما الهواء . ويجب إقامة حواجز عرضية بين الجدران حتى تنخفض حركة الهواء إلى أقل حد ممكن . وأفضل طريقة هى تفريغ الفراغ الموجود بين الجدارين من

الهواء إلا أن هذه الطريقة مرتفعة التكاليف وغير منتشرة تجاريًّا .

٢ — الفلين : ويستخدم فى الثلاجات التجارية الكبيرة، ويستخدم كتراب دقيق لملء الفراغ الهوائى المحصور بين جدارين، أو كألواح مسطحة تلصق بجدران غرف التبريد .

٣ — الخشب : ويستخدم أيضاً كمادة عازلة ، إلا أنه يعاب عليه ارتفاع ثمنه وفقده لخاصية العزل عند امتصاص الرطوبة .

٤ — السلوتكس : وهو ناتج من فصل ألياف القصب وضغطها بعد التخلص من المواد الذائبة ، وهو يستعمل على شكل ألواح .

٧ — التلف التبريدى :

تعرض بعض الفاكهة والخضر إلى التلف عندما تبرد إلى درجات أقل من الدرجة الملائمة لكل منها — هذا بالرغم من أن هذه الدرجات تكون أعلا من درجة تجمد هذه الخامة . ويسمى هذا التلف بالتلف التبريدى Cold inJury . فكل نوع من الفاكهة أو الخضر له درجة حرارة للتخزين ملائمة، كما يوجد درجة حرارة حرجة Critical temperature لكل نوع من الفاكهة أو الخضر ، وهى الدرجة التى إذا انخفضت عنها حرارة التخزين حدث للمادة المخزنة هذا التلف . وفيما يلى بعض الأمثلة للتلف التبريدى :

الصنف	الدرجة الحرجة	نوع التلف التبريدى .
الموز	٤٥ ف	يكتسب لوناً معتماً .
الليمون الأضاليا	٤٨,٥ ف	يحدث له تفجر مع اكتساب اللون البنى .
الليمون البلدى	٤٥ ف	يحدث له تفجر .
البرتقال	٣٥ — ٣٧ ف	يحدث له ضمور وتبقع فى القشرة .
الطماطم الخضراء البالغة	٥٥ ف	عدم انتظام اللون مع سرعة القابلية للتلف .
الطماطم الحمراء	٥٠ ف	سرعة القابلية للتحلل والتلف .

٨ ــ وحدة التبريد أو طن التبريد :

هى كمية الحرارة بالوحدات البريطانية B.T.U. اللازمة لإذابة طن من الثلج على درجة ٣٢ ف . أو بعبارة أخرى أن الثلاجة التى قدرتها طن تبريد يمكن لها أن تمتص ٢٨٨٠٠٠ B.t.u. فى ٢٤ ساعة أى ٢٠٠ B.t.u. فى الدقيقة .

٩ ــ القدرة الإنتاجية للتبريد :

لحساب احتياجات البرودة اللازمة للتبريد فإنه يجب معرفة العوامل الآتية :

١ ــ درجة حرارة المادة الغذائية التى ستخزن .

٢ ــ درجة الحرارة المطلوب التخزين عليها .

٣ ــ نسبة التنفس والحرارة المتولدة فى حالة تخزين الثمار (خضر أو فاكهة).

٤ ــ الحرارة النوعية للمواد الغذائية .

٥ ــ كمية المواد الغذائية المطلوب تخزينها .

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند حساب درجة الحرارة اللازمة للتبريد طول فترة التبريد حتى تصل إلى الدرجة المطلوبة . ففى حالة تخزين الخضر والفاكهة تتولد طاقة أثناء فترة التخزين . وكقاعدة عامة فإنه كلما انخفضت درجة الحرارة ١٨ درجة فهرنهيتية فإن نسبة التنفس سوف تنخفض إلى النصف .

فمثلاً إذا كانت الحرارة النوعية للتفاح ٠,٨٨ وكانت درجة حرارته ٦٢°ف وأن المطلوب تخزين التفاح على درجة ٣٢° ف وأن الغرفة سوف تحترى على طن من الثمار وأن مدة التخزين هى خمسة أيام : فيحسب عدد أطنان التبريد أو احتياجات البرودة اللازمة كما يلى :

١ ــ حساب الحرارة الكامنة فى طن التفاح وهى كمية الحرارة المطلوب خفضها من درجة حرارة التفاح (٦٢° ف) إلى الدرجة المطارب التخزين عليها (٣٢° ف)

= ٦٢ ف ــ ٣٢ ف × ٠,٨٨ × ٢٠٠٠ وحدة حرارة بريطانية

= ٥٢٨٠٠ وحدة حرارة بريطانية

٢ ــ حساب كمية الحرارة المتولدة أثناء فترة التخزين وهى خمسة أيام فيؤخذ

متوسط نسبة التنفس على درجات ٣٢ ف ، ٦٠ ف من جداول خاصة ولنفرض أنها تساوى ١٧١٠ وحدة حرارة بريطانية لكل طن من التفاح خلال ٢٤ ساعة. وعلى ذلك تكون الحرارة الناتجة فى خلال خمسة أيام = ٥ × ١٧١٠ = ٨٥٥٠ وحدة بريطانية

٣ ــ تضاف الحرارة الكامنة إلى الحرارة المتولدة من التنفس أى

٥٢٨٠٠ + ٨٥٥٠ = ٦١٣٥٠ وحدة بريطانية

٤ ــ وبما أن طن التبريد (الحرارة الكامنة للإنصهار) = ٢٨٨٠٠٠ وحدة بريطانية

٥ ــ إذن طن التفاح يحتاج إلى ثلاجة قدرتها = $\frac{٦١٣٥٠}{٢٨٨٠٠٠}$ = ٢٤, طن تبريد

وبالإضافة إلى حساب الحرارة الكامنة والحرارة المتولدة فإنه يجب أن يراعى فى الحساب أيضاً الفقد فى الحرارة من الغرف نفسها .

المقاييس المترية metric والبريطانية British

الطول ١ متر = ٣٩,٣٧ بوصة = ٣,٢٨٠٨ قدم

المساحة ١ متر مربع = ١٠,٧٦٣٨ قدم مربع

الحجم ١ قدم مكعب = ١٧٢٨ بوصة مكعبة = ٢٨,٣٢ لتر

الكثافة ١ جم/م^٣ = ٠,٣٦١٣ رطل/بوصة مكعبة = ٦٢,٤٢٣٨
رطل.lb/قدم^٣ = ٨,٣٤٥٤ رطل/جالون .gal (أمريكى)

الكتلة والوزن ١ كجم = ١٥٤٣٢,٤ حبة grains = ٢,٢٠٤٦ lb/ avoirdupois

الضغط ١ رطل/بوصة مربعة = ٠,٠٧٠٣ كجم/سم^٢ = ٨,٠٧٠٣م عامود ماء
= ٢,٣٠٦٦ قدم عامود ماء

السرعة ١ ميل/ساعة = ١,٤٦٦٦ قدم/ثانية = ٠,٨٦٨٤ عقدة Knots = ١,٦٠٩٤
كيلومتر/ساعة Standard gravity = ٣٢,١٧ (قدم) (ثانية مربعة)
= ٩٨٠,٦٧ (سم) (ثانية مربعة)

الطاقة ١ قوة حصان hp ساعة = ١٩٨٠ ٠٠٠ قدم رطل = ٢٧٣٧٤٥ كجم م
= ٢٥٤٤,٦٥ وحدة حرارة بريطانية أو ٦٤١٢٤٠ kgm cal

الطاقة والحرارة ١ قوة حصان = ٥٥٠ قدم رطل فى الثانية = ٧٦,٠٤٠٤ Kgm
فى الثانية = ٠,٧٤٥٦٥ Kw

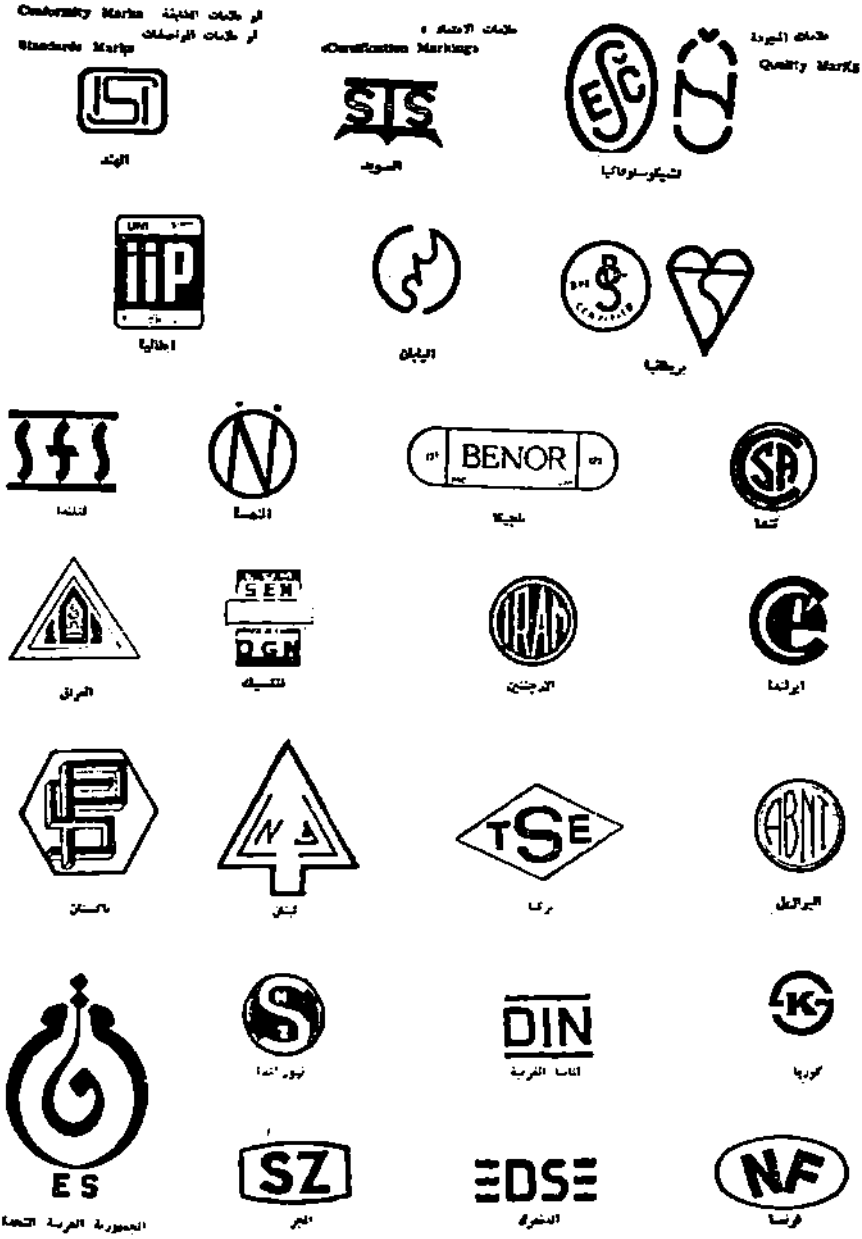
اللزوجة ١ جم/سم ثانية أو داين ثانية / سم مربع بويز = ١٠٠ رطل ثانية / قدم مربع

الطاقة المتاحة (ضابطة التغير) entropy ١ كجم سعر / (كجم) (°م) = ١ وحدة حرارة بريطانية / (رطل) (°ف)

التوصيل الحرارى ١ وحدة حرارة بريطانية (ساعة) (قدم) (°ف) = ١,٤٨٧ كجم سعر فى الساعة (م) (°م)

معامل انتقال الحرارة ١ وحدة حرارة بريطانية / ساعة / قدم مربع °ف = ٤,٨٨ كجم سعر / ساعة / متر مربع / °م = ١ وحدة حرارة مئوية Chu/(ساعة) (قدم مربع) / °م . ووحدة درجة الحرارة المئوية عبارة عن الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة مئوية — وهى تساوى ١,٨ وحدة حرارة بريطانية

Enthalpy ١ كجم سعر / كجم = ١,٨ وحدة حرارة بريطانية / رطل
١ وحدة حرارة بريطانية / رطل = ٠,٥٥٥٦ كجم/سعر / كجم



(شكل ٩٨) علامات الجودة