الباب الثانى عشر

التبريد الصناعى : أقسامه ، المبادىء الأولية ، الوسائل المبردة ، آلات التبريد ، طرق الانتشار المباشر وغير المباشر ، الثلاجات المنزلية ، المواد العازلة ، الخواص الحرارية للمواد العازلة ، علاقتها بالرطوبة ، تصميم الثلاجات الصناعية ، تقدير السعة العملية للتبريد ، طرق التجمد ، العوامل المختلفة للاشعع الحرارى البارد ، تبريد اللحوم ، تبريد الفاكهة والخضروات ، حفظ الفاكهة والخضروات بالتجمد .

التبريد الصناعى :

التبريد الصناعى هو أحدث الطرق المعروفة لحفظ المواد الغذائية ومنتجاتها وأكثرها صلاحية للاحتفاظ بمعظم خواصها الطبيعية والكيمائية والحيوية ، ولقد عرفت مزايا عملية التبريد منذ قديم الزمن ، فكان المصريون القدماء يحضرون الثلج بملئهم أوانى غير عميقة من الفخار بالماء ودفنها داخل قش فى مواضع هبوب النسيم الجاف من الصحراء وذلك بعد الغروب بقليل ثم يتركونها طول الليل ، ويجمعون قطع الثلج المتكونة على سطحها فى الصباح الباكر ، كذلك تمكن اليابانيون والصينيون فى القرن الخامس قبل الميلاد من حفظ اللبن والقشدة فى درجات التجمد ، وكان يعمد المحاربون القدماء من الاغريق بتبريد مؤونتهم أثناء حروبهم الطويلة بحفر خنادق عميقة وفرش قاعها بقليل من القش وملئها بعد ذلك بثلج قمم جبال المناطق التى يغزونها ودفن مؤونتهم داخلها ، كما درج الرومانيون القدماء على تبريد موادهم الغذائية بثلج قمم جبال الألب .

وهكذا عرف الانسان منذ القدم فوائد عملية التبريد واستعان على ذلك بالثلج الطبيعى ، ثم أخذ استعماله فى التوسع والازدياد كلما تقدمت سبل المدنية حتى بلغ فى أوائل القرن السابع عشر بعد الميلاد حداً حمل الحكومة الفرنسية على التفكير فى احتكار نقل الثلج الطبيعى وبيعه ، وكان لهذا التوسع فى استعماله أثره العلمى الذى دفع العلماء والمهندسين نحو محاولة تحضيره صناعياً فتمت صناعة أول آلة لعمل الثلج فى عام ١٧٧٥ بواسطة (وليم كولين) ولم تكن وافية بالغرض التجارى مما عاق انتشارها الصناعى فى ذلك الوقت ، ولم تأخذ هذه الصناعة فى

الازدهار والتقدم الحديث إلا منذ عام ١٨٧٥ عند ما تمكن (كارل ليند) من استنباط آلات التبريد الصناعى المبردة بغاز الأمونيا ، وكان له الفضل فى إدخال نظام الآلات الكابسة للغازات فى هذه الصناعة ، كما كان أول من أنتج مقادير كبيرة من الهواء السائل ، ولربما تكون أهم أعماله العلمية مواصلته لأبحاث العالمين (چول وثومبسون) مما أدى إلى اكتشافه لنظرية التظام المتجدد للغازات .

وليس هناك نزاع فى أثر علوم الميكانيكا والطبيعة والكيمياء والقوانين الحرارية للتبريد فى تقدم صناعة الآلات المختلفة للتبريد فى الوقت الحالى ، ولربما كانت للاعتبارات الاقتصادية المحلية لبعض البلدان الأجنبية وخاصة انجلترا والولايات المتحدة الفضل الأول فى تقدم هذه الصناعة ، فان عدم كفاية ما تنتجه انجلترا من اللحوم يضطرها لاستيرادها بمقادير كبيرة من الخارج وخاصة من استراليا والأرجنتين ، كما أدى ارتفاع مستوى المعيشة فى الولايات المتحدة واتساع مساحتها وطبيعة نظامها الزراعى إلى تقدم هذه الصناعة أيضاً فيها حتى بلغت مركزها الاقتصادى الحالى هناك .

أقسام التبريد الصناعى :

ينقسم التبريد الصناعى إلى ثلاثة أقسام رئيسية هى :

١ — التبريد الصناعى فى درجات البرودة العادية : ويتلخص فى تخزين المواد الغذائية داخل ثلاجات مبردة إلى درجات ترتفع عن درجات التجمد ، وتتراوح درجة حرارتها فى المعتاد بين ٢٩° — ٤٠° فرنهيتية ، وتختلف مدة التخزين بين عدة أيام إلى بضعة شهور .

٢ — التبريد الصناعى فى درجات التجمد : ويتلخص فى تخزين المواد الغذائية داخل ثلاجات مبردة إلى درجات التجمد التى تتراوح فى المعتاد بين صفر و — ٤٥° فرنهيتية ، وتنقسم هذه الطريقة إلى قسمين هما : التجمد البطىء وبها تتم عملية التجمد خلال مدة تتراوح بين يوم كامل إلى خمسة أيام ، والتجمد السريع وبها تتم عملية التجمد خلال مدة تقل فى المتوسط عن الساعة الواحدة ، وتخزن المواد الغذائية فى هذه الحالة مدة طويلة من الوقت قد تبلغ عدة سنين .

٣ — التبريد الصناعى فى درجات البرودة العادية وفى جو من غاز ثانى أكسيد الكربون : ويتلخص فى تخزين المواد الغذائية (وخصوصاً اللحوم) داخل ثلاجات فى درجة تقرب من ٢٩° فرنهيتية ثم تعديل درجة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هوائها الداخلى إلى مقدار يتراوح بين ١٥ — ٢٠٪ ، وتبلغ مدة التخزين نحواً من خمسين يوماً للحوم ، وبضع شهور للفاكهة .

المبادىء الأولية للتبريد الصناعى :

تتوقف النظرية العامة للتبريد الصناعى على إزالة مقدار من حرارة مكان محدود الحجم معزول عما يحيط به من الأماكن لخفض درجة حرارته عن حرارة الهواء الجوى ثم المحافظة عليها دون الارتفاع ثانيـــة بفعل أى عامل خارجى ، وتوجد لذلك خمس طرق معروفة هى كالآتى :

١ — استخدام الثلج الطبيعى : ويقتصر مجالها على المناطق ذات الصقيع الشديد التى يتوفر فيها الثلج الطبيعى (الجليد) بمقدار وافر ومثالها شمال كندا والنرويج .

٢ — المخاليط الكيمائية المبردة : وتستخدم فى معامل البحث وأنواعها المهمة مبينة بعد (على أن تراعى درجات الحرارة الأولية المذكورة مع كل مخلوط) كما هو مبين بالصحيفتين التاليتين .

٣ — طريقة تمدد سائل ما واسترجاعه لحالته الغازية واستخدامه فى أداء عمل خارجى : وشرحها مبين بالنوع الأول من آلات التبريد المذكورة بعد .

٤ — طريقة تمدد غاز موجود على حالة سائلة واسترجاعه لحالته الغازية خلال صمام اختناق:وهى طريقة (كارل لايند) وشرحها مبين بالنوع الثانى من آلات التبريد المذكورة بعد .

٥ — طريقه التبريد باستخدام خاصية تبخر السوائل المبردة : وهى أكثر طرق التبريد انتشاراً ، وتتوقف نظريتها على سرعة تبخر سائل ما عند تعريضه للهواء الجوى وامتصاصه لجزء من حرارة الهواء المحيط به ، ويختلف هذا المقدار الحرارى باختلاف درجة الحرارة الكامنة لتبخر السائل المبرد ، وتقوم عملية التبريد هنا على أساس ثلاث قوانين طبيعية مهمة هى :

(ا) تمتص السوائل عند التبخر مقداراً من حرارة الهواء المحيط بها .

(ب) تتوقف قيمة درجة الحرارة التى يتبخر فيها سائل ما على مقدار الضغط الواقع عليه .

(حـ) تتحول الغازات وبخار الماء إلى الحالة السائلة عند تعرضها لضغط معين فى درجات معينة من الحرارة .

وتتضح مما تقدم علاقة التبريد بالقانون الأول إذ يمكن استغلاله فى إزالة مقدار من حرارة مكان محدود الحجم معزول عما يجاوره وخفض درجة حرارته بالتالى ، وأنه بواسطة القانون الثانى يتسنى تبريد المكان المذكور إلى درجة معينة من الحرارة مع تنظيم مقدار الضغط الذى يتبخر فيه السائل المستخدم للتبريد إذ يتوقف على قيمة هذا الضغط المقدار المتبخر من

رقم المخلوط	التركيب بالوزن	درجة الحرارة الفرنهيتية الابتدائية	درجة الحرارة الفرنهيتية النهائية
١	٥ أجزاء كبريتات الصوديوم + ٤ أجزاء حامض الكبريتيك المخفف	+ ٥٠°	+ ٣°
٢	٥ « كلورور الامونيا + ٥ « نترات البوتاسيوم + ٨ أجزاء كبريتات الصوديوم + ١٦ جزء ماء	+ ٥٠°	+ ٤°
٣	٥ « كلورور الامونيا + ٥ « نترات البوتاسيوم + ١٦ جزء ماء	+ ٥٠°	+ ٤°
٤	جزء واحد نترات الأمونيا + جزء واحد ماء	+ ٥٠°	+ ٤°
٥	جزء ثلج + جزء كلورور الصوديوم	+ ٣٢°	صفر°
٦	٨ أجزاء كبريتات الصوديوم + ٩ أجزاء حامض الكلوردريك	+ ٥٠°	«
٧	٣ « نترات الصوديوم + جزءان حامض الأزوتيك المخفف	+ ٥°	— ٣°
٨	جزءان ثلج + جزء واحد كلورور الصوديوم		— ٥°
٩	جزء نترات الأمونيوم + جزء كربونات الصوديوم + جزء ماء	+ ٥٠°	— ٧°
١٠	٦ أجزاء كبريتات الصوديوم + ٤ أجزاء كلورور الأمونيا + جزءان نترات البوتاسيوم + ٤ أجزاء حامض الأزوتيك المخفف	+ ٥٠°	— ١٠°
١١	٥ « ثلج + جزءان كلورور الصوديوم + جزء كلورور الأمونيا		— ١٢°
١٢	٩ « فوسفات الصوديوم + ٤ أجزاء حامض الأزوتيك المخفف	+ ٥٠°	— ١٢°
١٣	٦ « كبريتات الصوديوم + ٥ أجزاء نترات الأمونيا + ٤ أجزاء حامض الأزوتيك المخفف		— ١٤°
١٤	٢٤ جزء ثلج + ١٠ أجزاء كلورور الصوديوم + ٥ أجزاء كلورور الأمونيا + ٥ أجزاء نترات البوتاسا		— ١٨°
١٥	٣ أجزاء ثلج + جزءان حامض كبريتيك مخفف	+ ٣٢°	— ٢٣°
١٦	١٢ جزء ثلج + ٥ أجزاء كلورور الصوديوم + ٥ أجزاء نترات الأمونيا	— ١٨°	— ٢٥°
١٧	٣ أجزاء ثلج + ٥ « حامض كلوردريك	+ ٣٢°	— ٢٧°

obeikandl.com

رقم المخلوط	التركيب بالوزن	درجة الحرارة الفرنهيتية الابتدائية	درجة الحرارة الفرنهيتية النهائية
١٨	٧ أجزاء ثلج + ٤ أجزاء حامض أزوتيك مخفف	+ ٣٢°	— ٣٠°
١٩	٥ « فوسفات الصوديوم + ٣ أجزاء نترات الأمونيا + ٤ أجزاء حامض أزوتيك مخفف	صفر°	— ٣٤°
٢٠	٨ « ثلج + ٥ أجزاء كلورور الكالسيوم	+ ٣٢°	— ٤٠°
٢١	٤ « ثلج + ٥ أجزاء كلورور الكالسيوم	+ ٣٢°	— ٤٠°
٢٢	٣ « ثلج + جزءان حامض أزوتيك مخفف	صفر°	— ٤٦°
٢٣	٣ « ثلج + ٤ أجزاء كلورور الكالسيوم	+ ٢٠°	— ٤٨°
٢٤	٥ « فوسفات الصوديوم + جزءان نترات الأمونيا + ٤ أجزاء حامض أزوتيك مخفف	— ٣٤°	— ٥٠°
٢٥	جزءان ثلج + ٣ أجزاء بللورات الكالسيوم	+ ٣٢°	— ٥٠°
٢٦	٣ أجزاء ثلج + ٤ أجزاء بوتاسيوم	+ ٣٢°	— ٥١°
٢٧	٨ أجزاء ثلج + ٣ أجزاء حامض كبريتيك مخفف + ٣ أجزاء حامض أزوتيك مخفف	— ١٠°	— ٥٦°
٢٨	جزءان ثلج + جزء حامض كبريتيك مخفف + جزء حامض أزوتيك مخفف	— ١٠°	— ٥٦°
٢٩	جزء ثلج + جزء حامض كبريتيك مخفف	— ٢٠°	— ٦٠°
٣٠	جزء ثلج + جزءان بللورات كلورور الكالسيوم	صفر°	— ٦٦°
٣١	جزءان ثلج + ٣ أجزاء كلورور الكالسيوم	— ١٥°	— ٦٨°
٣٢	جزءان ثلج + ٣ أجزاء بللورات كلورور الكالسيوم	— ٤٠°	— ٧٣°
٣٣	٨ أجزاء ثلج + ١٠ أجزاء حامض كبريتيك مخفف	— ٦٨°	— ٩١°

obeikandl.com

السائل أى درجة التبريد بالتالى ، وفضلا عن ذلك يتميز القانون الثالث بأهميته الاقتصادية فيستخدم فى تكثيف الغازات المتبخرة وتحويلها ثانية إلى الحالة السائلة عند ضغطها بشدة داخل مكابس بدلا عن تركها تمر للهواء الخارجى .

ويعرف السائل المستخدم الذى يتبخر عند تقليل الضغط الواقع عليه (بالسائل المبرد)

الشروط التى يجب توفرها فى السوائل المبردة : يراعى فى السوائل المبردة المستخدمة فى عملية التبريد الصناعى توفر الخواص الآتية وهى :

١ — انخفاض درجة الغليان .

٢ — انخفاض درجة التكثف .

٣ — أن تكون عديمة التأثير على المعادن الملامسة لها .

٤ — أن تكون غير قابلة للالتهاب أو للانفجار .

٥ — خلوها من الرائحة النفاذة .

٦ — أن تكون عديمة التأثير الضار على أنسجة الجسم .

٧ — رخص الثمن .

٨ — تيسر كشف موضع تسربها قبل فقد مقدار كبير منها عند اختلال آلات التبريد .

الأنواع المختلفة للسوائل المبردة : وهى كالآتى :

١ — النشادر : ورمزه الكيمائى (NH_3) وهو أكثر السوائل المبردة انتشاراً ، ويغلب استخدامه فى تبريد الثلاجات التجارية الكبيرة نظراً لسعته الحرارية العظيمة ، ويفضل دائماً عدم استخدامه فى تبريد الثلاجات المنزلية لرائحته النفاذة وتعرضه للالتهاب عند ما يبلغ تركيزه فى الهواء حداً معيناً ، ويتميز هذا الغاز بقابليته للانفجار عند ارتفاع درجة تركيزه فى الهواء الجوى إلى مقدار يتراوح بين ١٣,١ ٪ إلى ٢٦,٨ ٪ ، وبعدم انفجاره عند انخفاض أو ازدياد درجة تركيزه عن ذلك الحد ، ويحتفظ بحالته الغازية فى الظروف المعتادة ويغلى فى درجة قدرها — ٢٨° فرنهيتية ، وهو غاز سريع الذوبان فى الماء ولذلك يجب أن يكون خالياً تماماً من الرطوبة عند استعماله فى أعمال التبريد ، نظراً لتفاعل مادة إيدرات الأمونيا مع معدن آلات التبريد مما يؤدى إلى اختلالها وخفض سعتها الحرارية ، وفضلا عن ذلك يتفاعل هذا الغاز بسرعة مع بعض الزيوت ، ولذلك يقتصر فى آلات التبريد على استعمال الزيوت التى تحتفظ بقوامها السائل دون أن تتجمد والتى لا تتفاعل معه مكونة لمركبات حمضية ، ولا يتفاعل هذا الغاز مع زيوت البترول ما دامت جافة ، فاذا لامست هذه الزيوت أى مقدار ضئيل من الرطوبة ذاب الغاز فيها مكوناً لايدرات الأمونيا ومؤدياً إلى اختلال آلات التبريد بالتالى .

٢ — كلورور الميثيل : ورمزه الكيمائى (ك ١م كل) ويتميز بكونه غاز سام سريع الاشتعال قابل للانفجار تحت ظروف معينة ، ويستعمل بكثرة رغما عن ذلك فى تبريد الثلاجات الكهربائية المنزلية نظراً لصلاحيته التامة لخفض حرارتها حتى الدرجات التى تتطلبها الأغراض المنزلية . ويغلى هذا الغاز فى درجة — ١٠° فرنهيتية ، ويذيب معظم الدهون والزيوت المستخدمة (للتشحيم) ما عدا الجليسرين ، ولذلك يراعى فى الزيوت المعدنية المستعملة فى الآلات المبردة بواسطة هذا الغاز أن تكون ذات درجة غليان قدرها ٣٢٠° — ٤٢٠° فرنهيتية ، ودرجة تجمد بين — ١٠° إلى — ٢٠° فرنهيتية ، وأن تحتوى على ٠,١٥ ٪ من تركيبها الكيمائى على عنصر الكبريت ، وأن تتراوح لزوجتها بين ١٥٠ — ٣١٠ بواز ، وعلى العموم يتميز هذا الغاز بعدم تأثيره على أنسجة الأنف والعينين كالنشادر ، ويقل عنه فى ذلك بنحو خمسين مرة ، ويبدأ تأثيره المخدر عند ارتفاع درجة تركيزه فى الهواء إلى ٥ — ١٠ ٪ وتبلغ درجة تركيزه السامة عند تسربه للهواء نحواً من عشر ما يماثله من السوائل المبردة الأخرى .

٣ — ثانى أكسيد الكربون : ورمزه الكيمائى (ك ١م) ويتميز بعدم التهابه وانفجاره ، وهو غير سام عند وجوده بالهواء بواقع ٠,٠١ ٪ ، ويبدأ تأثيره المخدر عندما يرتفع تركيزه إلى ٢ ٪ ، ويصبح ساماً عندما يبلغ ٤ ٪ فى الهواء وخصوصاً عند انخفاض مقدار الأكسيجين إلى ١٣ ٪ فى الجو المقفل ، ثم يصبح مميتاً عند ارتفاع درجة تركيزه إلى ١٠ ٪ حيث لا يتحمل الجسم تأثيره أكثر من دقيقة واحدة ، ويغلى الغاز السائل فى درجة — ١١٠° فرنهيتية ويفضل استعماله فى الأغراض التى تتطلب شدة انخفاض الحرارة ويغلب استخدامه فى تبريد ثلاجات البواخر لعدم التهابه أو انفجاره ، ويتميز سائله المبرد بعدم تفاعله مع الدهون أو الزيوت المستخدمة (للتشحيم) على شرط أن تكون عديمة التصلب فى درجات التجمد وأفضلها البترول الروسى والجليسرين .

٤ — ثانى أكسيد الكبريت : ورمزه الكيمائى (كب ١م) ويتميز بعدم التهابه أو انفجاره ، وهو غاز سام ورائحته نفاذة خانقة مما يشعر بتسربه ، ويغلى فى درجة ١٤° فرنهيتية ، ويحتفظ بخواصه العامة كسائل مبرد فى آلات التبريد المختلفة ، ويتميز بتفاعله الشديد مع زيوت البترول المستخدمة فى مكابس آلات التبريد ، ويزداد فعله بارتفاع الحرارة والضغط ، وكذلك عند استخدام الزيوت ذات اللون الداكن التى قد تمتص مقداراً منه يبلغ ٣٠ ٪ من حجمه تحت ضغط قدره ٧٥ رطلا على البوصة المربعة الواحدة (فى حين تمتص الزيوت الفاتحة والزيوت المعدنية مقداراً لا يتجاوز عن ١١ ٪ من حجمه) .

٥ — فريون نمرة ١٢ (Freon 12) : ورمزه الكيمائى (ك كل$_{٢}$ ف$_{٢}$) ويعرف علمياً باسم دايكلورو — دايفلورو — ميثان (Dichlorodifluoromethane) وهو سائل مبرد حديث الاستعمال ويتميز بعدم التهابه أو انفجاره وهو غير سام وذو سعة حرارية كبيرة تعده لأن يكون أوفق السوائل المبردة لتبريد الثلاجات الكهربائية المنزلية ، ويغلى فى درجة ٢٩,٨ مئوية تحت الضغط الجوى العادى . ويستخدم فى حالة تشغيل المكابس ذات النظام المتبادل

٦ — فريون نمرة ١١ (Freon-11) : ورمزه الكيمائى (ك كل$_{٣}$ ف) ويعرف علمياً باسم ترايكلورو — مونو — فلورو — ميثان (Trichloromonofluoromethane) ويغلى فى درجة ٢٣,٧ مئوية تحت الضغط الجوى العادى ويستعمل فى حالة تشغيل المكابس ذات النظام المركزى الطارد .

٧ — فريون نمر ٢١ (Freon-21)ورمزه الكيمائى (ك ن كل$_{٢}$ ف) ويعرف علمياً باسم دايكلورو — مونوفلورو — ميثان (Dichloromonofluoromethane) ويغلى فى درجة ٨,٩ مئوية تحت الضغط الجوى العادى ويستخدم فى حالة تشغيل المكابس ذات النظام الرحوى

٨ — فريون نمرة ١١٣ (Freon-113) : ورمزه الكيمائى (ك$_{٢}$ بد$_{٣}$ ف$_{٣}$) واسمه العلمى ترايكلورو — ترايفلورو — إثيان (Trichlorotrifluoroethane) : ويغلى فى درجة ٤٧,٧ مئوية تحت الضغط الجوى العادى ويستخدم فى حالة تشغيل المكابس ذات النظام المركزى الطارد .

٩ — فريون نمرة ١١٤ (Freon-114) : ورمزه الكيمائى (ك$_{٢}$ كل$_{٢}$ ف$_{٤}$) واسمه العلمى دايكلورو — تترافلورو — إيثان (Dichlorotetrafluoroethane) ويغلى فى درجة ٣,٥٥ مئوية تحت الضغط الجوى العادى ويستخدم فى حالة تشغيل المكابس ذات النظام الرحوى .

آلات التبريد الصناعى :

تتشابه آلات التبريد الصناعى ، والطلمبات المائية الماصة الكابسة فى غرضيهما المتماثلين ، فكما تستخدم الثانية فى رفع مياه الآبار الارتوازية ، تعمل الأولى على خفض حرارة مكان التبريد بازالتها لمقدار من حرارته وطرده إلى الهواء الجوى الخارجى ، ولا تعنينا هنا الوجهة النظرية البحتة فيما يعترى الحرارة الممتصة وطريقة التخلص منها ، فالأصل التبريد وخفض درجة حرارة المواد والأمكنة المعزولة المحيطة بها ومنع استرجاعها للحرارة المرتفعة الممتصة ثانية ، ولذلك يجب إزالة الحرارة الممتصة ونقلها للخارج حال امتصاصها (لاستحالة أداء هذه الآلات لوظيفتها المبردة عند تجمع الحرارة المرتفعة بها) .

وتنحصر طريقة التخلص من هذه الحرارة المتجمعة فى إمرار ماء عادى حول مكثف

الآلات وهو الجزء المتعلق بتكثيف وتبريد الغازات بعد ضغطها داخل المكابس ، وفضلا عن ذلك يستخدم هذا الماء فى خفض حرارة الغازات بعد ضغطها إلى الحالة السائلة بفعل الجهد الآلى المستخدم ، وعلى ذلك يتكون المقدار الحرارى المنقول إلى مكثفات آلات التبريد من جزئين رئيسيين أولهما الحرارة المزالة من أماكن التبريد (الثلاجات) وثانيهما الحرارة المعادلة لمقدار الجهد الذى بذل فى ضغط أبخرة السائل المبرد المستخدم . وتتوقف السعة العملية لآلات التبريد على قيمة حسابية تتمثل بالمعادلة الآتية :

$$\frac{\text{مقدار الحرارة المزالة من الأماكن التى يرغب فى تبريدها (الثلاجات)}}{\text{مقدار الحرارة المعادلة لقيمة الجهد الذى بذل فى ضغط أبخرة السائل المبرد المستخدم}}$$

وتبين قيمة هذه المعادلة المقدار الحقيقى للتبريد الذى يمكن الحصول عليه من الوحدة الآلية الواحدة للمجهود المستخدم فى إدارة آلات التبريد .

وفضلا عن ذلك إذا رمز لدرجة الحرارة المرتفعة القصوى التى تبلغها الحرارة عند انتقالها لمياه التكثيف بالرمز $ت_1$ ولدرجة الحرارة المنخفضة الدنيا التى يتبخر فيها السائل المبرد (لامتصاصه حرارة من المكان المحيط به) بالرمز $ت_2$ مع مراعاة تقدير قيمة هذه الدرجات كدرجات حرارية مطلقة وعلى اعتبار آلات التبريد كمضخات حرارية فانه تبعاً للقوانين الحرارية المعروفة تكون قيمة السعة العملية الحقيقية لآلات التبريد معادلة للقيمة الآتية :

$$\frac{ت_2}{ت_1 - ت_2}$$

وتكون هذه القيمة ثابتة تماماً فى جميع الأنواع النموذجية لآلات التبريد ، بمعنى أنه يجب إزالة حرارة الأجسام المراد تبريدها فى درجة حرارة مطلقة ثابتة قدرها $ت_2$ ، ويمكن الحصول على أكبر قيمة للسعة العملية لآلات التبريد فى حالة صغر الفرق بين قيمتى $ت_1$ و $ت_2$ وذلك عند استعمال مقدار وافر من ماء التكثيف (على شرط خفض درجة حرارته إلى أقل قيمة ممكنة حتى يتسنى خفض قيمة $ت_1$ إلى أقل حد ممكن) مع عدم خفض درجة حرارة تبخر السائل المبرد عن الدرجة المناسبة (حتى تزداد قيمة $ت_2$ إلى أكبر حد ممكن) .

غير أنه لا يتيسر عملياً الحصول على سعة عملية حقيقية لأية آلة للتبريد تماثل سعة الآلات النموذجية ، لأسباب شتى لا داعى لذكرها . ولاسيما فى حالة الاستغلال التجارى الوافى للحصول على أكبر مقدار ممكن من التبريد الصناعى من آلة للتبريد محدودة الحجم مما يستحيل معه تطبيق المعادلة $\frac{ت_2}{ت_1 - ت_2}$

الأنواع المختلفة لآلات التبريد : لا توجد أقسام ثابتة لها . ومن المعتاد تقسيمها بالنسبة لنوع السائل المبرد أو لطريقة التبريد (وهما طريقتا الضغط والامتصاص) . أو لطريقة مرور السائل المبرد خلال أماكن التبريد (وهما طريقتا التبريد المباشر وغير المباشر) . أو بالنسبة لحجم الآلات (وهى الآلات المنزلية والتجارية والصناعية) ، ونذكر فيما يلى أهم الأنواع المعروفة منها :

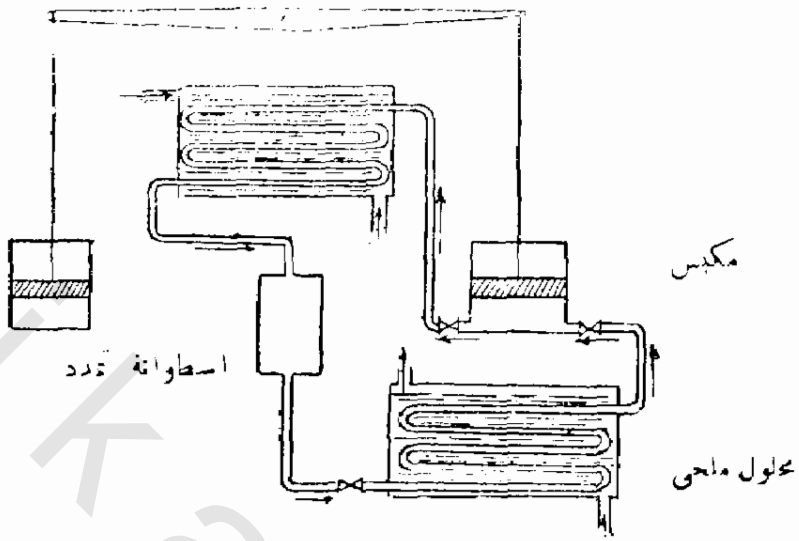
١ — آلات التبريد الصناعى المبردة بالهواء السائل . وهى أقدم الأنواع المعروفة وقد بطل استعمالها فى الوقت الحاضر لشدة انخفاض سعتها العملية ، رغما عن ارتفاع ثمنها وضخامة حجمها وثقل وزنها وارتفاع تكاليف إدارتها (بسبب انخفاض قيمة الحرارة النوعية للهواء وحاجته لاسطوانات كبيرة الحجم وضعف سرعتها لبطء انتقال الحرارة داخلها) ، فضلا عما تؤدى إليه المكابس ذات الحجم الكبير والوزن الثقيل من الاحتكاك الشديد وارتفاع الحرارة وخفض السعة العملية لها ، كما قد تتكون بللورات من الثلج داخل الاسطوانات المعدة لتمدد الهواء ، وكذلك بداخل أنابيب مروره بسبب رطوبة الهواء المستعمل . ولقد أمكن التغلب على الصعوبة الأخيرة فى آلات التبريد المبردة بالهواء الكثيف إلا أن ذلك قد أدى بالتالى إلى خفض قيمة معامل السعة العملية أكثر مما قبل .

وتنقسم هذه الآلات على وجه عام إلى قسمين رئيسيين ، أحدهما يعرف بآلات التبريد ذات الدورة المفتوحة (Open Cycle) والثانى بآلات التبريد ذات الدورة المقفلة (Closed Cycle) ويتوقف كلاهما على دورة چول العكسية (Reversed Joule Cycle) ، وتتكون آلات التبريد ذات الدورة المفتوحة من مكبس لضغط الهواء المار إليه من حجرة التبريد (من ضغط معادل للضغط الجوى إلى ضغط قدره ٦٥ رطلا على البوصة المربعة الواحدة) ثم يمر الهواء المضغوط إلى مبرد لخفض درجة حرارته ومنه إلى اسطوانة التمدد حيث ينخفض ضغطه المرتفع بالتدريج حتى يتساوى مع قيمة الضغط الجوى . وتؤدى هذه العملية إلى خفض درجة حرارته بالتالى ، ثم يمر هذا الهواء البارد إلى حجرة التبريد فيمتص قدراً من حرارتها ثم يستمر ثانية فى دورته وهكذا .

وتختلف آلات النوع الثانى عنه فى مرور الهواء البارد الخارج من اسطوانة التمدد خلال أنابيب حلزونية الشكل مغمورة داخل أحواض تحتوى على محاليل ملحية فتبردها ثم تمر منها مباشرة إلى المكبس وتتم دورتها وهكذا .

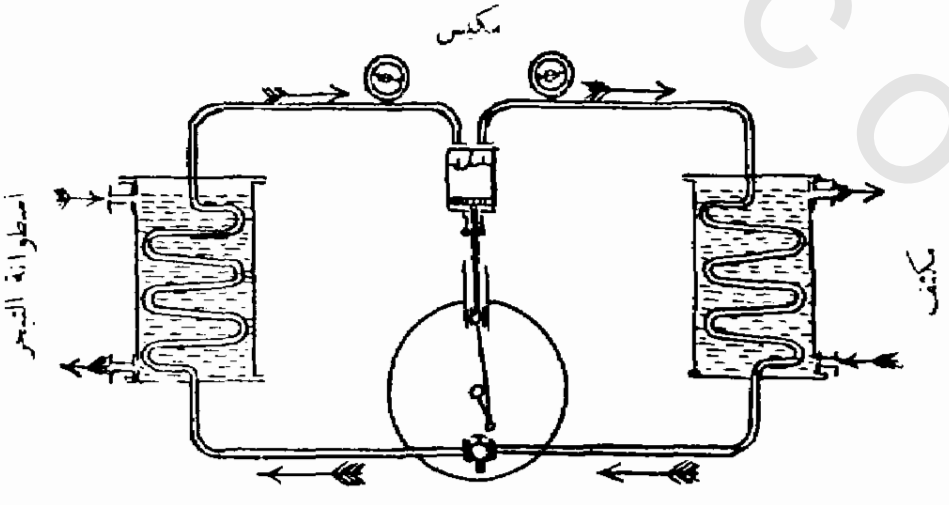
ويجب ألا يقل مقدار الضغط الواقع على المكبس عند موقع صمام الامتصاص عن ٤٠ — ٦٥ رطلا على البوصة المربعة ، وعند موقع صمام التصريف عن ١٨٠ — ٢٣٠ رطلا على البوصة

المربعة ، حتى يتسنى خفض المساحة الفعالة فى الآلات وخصوصاً عند ارتفاع وزن الهواء المار خلالها . وتعرف أحياناً آلات هذا النوع بآلات التبريد ذات الهواء الكثيف .



رسم تفصيلى لآلة للتبريد بالهواء

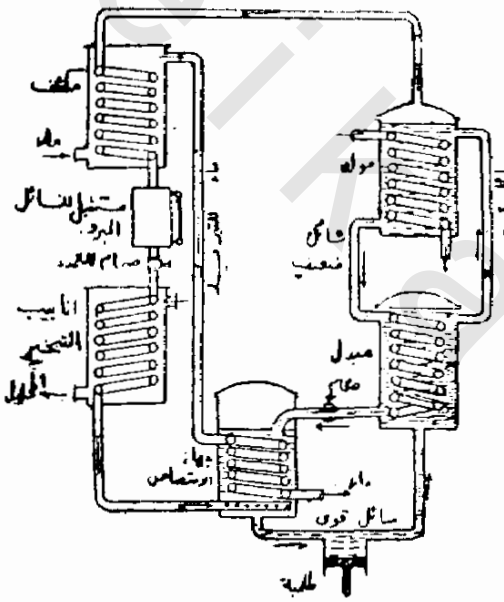
٢ — آلات التبريد ذات النظام الضاغط : ولا تختلف عن آلات التبريد ذات الدورة المقفلة المتقدم ذكرها فيما عدا عدم احتوائها على اسطوانة للتمدد واستعاضتها بصمام للتمدد يعرف بصمام الاختناق (Throttle Valve) يمر خلاله السائل المبرد المنصرف من المكثف إلى اسطوانة التبخر ومنها إلى باقى أجزاء الدورة المماثلة للدورة المقفلة . وتنتهى دورته برجوعه إلى المكبس حيث يسترجع حالته السائلة ثانية تحت ضغط مرتفع . وتنحصر وظيفة صمام الاختناق فى تنظيم مقدار ضغط السائل المار به إلى اسطوانة التبخر أى فى درجة التبريد



رسم تفصيلى لآلة للتبريد من النوع الضاغط

بالتالى ، ويقصد باسطوانة التبخر الأنابيب الموضوعة بحجرات التبريد فى نظام التبريد المباشر أو الأنابيب الموضوعة داخل محاليل ملحية (لاستعمالها فى تبريد حجرات التبريد بعد ذلك) فى نظام التبريد غير المباشر .

٣ — آلات التبريد ذات النظام المماص : وتتوقف نظريتها على استخدام خاصية غاز الأمونيا فى سرعة الذوبان فى الماء تبعاً لدرجة حرارته . وتتركب من مكثف ومستقبل للسائل المبرد وصمام للتمدد (لا تختلف مواصفاتها عن مثيلاتها فى الآلات ذات النظام الضاغط) وعند انسياب الأمونيا من صمام التمدد يمر خلال أنابيب للتبخير مغمورة داخل حوض لمحلول ملحى (يستخدم المحلول بعد تبريده فى أعمال التبريد) ثم يستمر الغاز فى حركته نحو جهاز للامتصاص يحتوى على ماء فينساب الغاز إلى الماء من خلال ثقوب تنتهى بها الأنبوبه الحاملة للغاز من موضع التبخر إلى جهاز الامتصاص . ويزداد تدريجياً ذوبان الأمونيا فى ماء جهاز الامتصاص متحولا فى النهاية إلى سائل قوى أى إلى محلول أكثر تشبعاً بالأمونيا فينقل



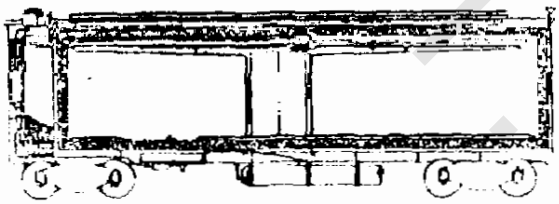
رسم تفصيلى لآلة للتبريد بالأمونيا

بواسطة طلمبة إلى مولد بعد أن يمر بمبدل يقوم بخفض حرارة المحلول النشادرى الضعيف المنطلق من المولد كما يقوم فى نفس الوقت برفع حرارة المحلول النشادرى القوى وذلك بتبادل حرارى بينهما . وتنحصر مهمة المولد فى تسخين المحلول النشادرى وتبخير الأمونيا فيتحول السائل القوى بذلك إلى سائل ضعيف ثم ينطلق الأمونيا فى دورته نحو المكثف وهكذا . ويتم التسخين فى المولد بواسطة بخار حى يمر خلال أنابيب موضوعة داخل المولد ذاته . وبذلك يقوم المولد بعمل المكبس فى الآلات ذات النظام الضاغط . ويحتوى هذا النوع من الآلات على أجهزة لتنقية الأمونيا وفصل الرطوبة عنه عند انطلاق الغاز من المولد وانسيابه نحو المكثف .

٤ — آلات التبريد ذات النظام المماص بجل السليكا : تعرف مادة جل السليكا كيمائياً بثانى أكسيد السليكون ، وهى مادة صلبة لامعة تشبه إلى حد كبير رمل الكوارتز . وتتميز بعدم تفاعلها الكيمائى بأية مادة كيمائية أخرى عدا الأمونيا (ولذلك تستخدم فى هذا النوع من

آلات التبريد للقيام بغرض مهم نذكره بعد) وتوجد هذه المادة فى الطبيعة كقطع غروية ، ولاستخدامها تجفف تماماً فتتحول إلى حالة أسفنجية ثم تطحن جيداً وتنخل حبيباتها خلال غرابيل تحتوى على ثقوب عددها ٨ — ٢٠ ثقب فى البوصة المربعة ، وتنحصر أهم خواص هذه المادة فى قابليتها الشديدة لتشرب مقدار كبير من الأبخرة أو السوائل عند تبريدها بغاز ثانى أكسيد الكبريت . ويقدر الحجم الداخلى الموجود بين حبيباتها بمقدار ٥٠٪ من الحجم الكامل لها ، ويبلغ ما يتشرب الرطل الواحد منها من غاز ثانى أكسيد الكبريت فى عمليات التبريد مقداراً يتراوح بين ٠,٢٥ — ٠,٣٥ من الرطل ، وتنطلق أثناء عملية التشرب المذكورة حرارة كامنة تعادل قيمة حرارة التبخر ، ويجب إزالة الحرارة الكامنة للتشرب حال انطلاقها حتى لا تتجمع وتؤدى إلى رفع قيمة الحرارة الابتدائية للمادة ، ولاسترجاع غاز ثانى أكسيد الكبريت الذى تشربت به حبيبات چل السليكا تسخن المادة الأخيرة ، ويتطاب ذلك حرارة يبلغ مقدارها ضعف مقدار الحرارة الكامنة .

ويستخدم عادة هذا النوع من آلات التبريد فى عربات التبريد الصناعى الملحقة بقطارات السكك الحديدية ، وهى عربات معدة لتبريد المواد الغذائية المختلفة حتى لا تتعرض للفساد أثناء الشحن وخصوصاً حال نقلها لمسافات بعيدة ، وتتكون الآلات فى هذه الحالة من أجهزة معدة



عربة تبريد صناعى تلحق بقطارات السكك الحديدية

للامتصاص والتكثيف والتبخر ، وتحتوى أنابيب التبخر عند موضع اتصالها بجهاز الامتصاص على صمام من النوع ذى العوامة (Float Valve) وتتكون أجهزة الامتصاص من أنابيب من الصلب ذات قطر قدره ¾ بوصة تحتوى بداخلها على مادة چل السليكا . ويكفى ألف رطل مثلا من چل السليكا لتبريد ٠,٥ — ٠,٧٥ طناً تبعاً لدرجة حرارة أنابيب التبخر وجهاز الامتصاص ، كما قد يبلغ مقدار هذا التبريد طنين عند تعريض السائل المبرد إلى فعل ضغط شديد ، ويبلغ مقدار الوقود اللازم فى هـــذه الحالة (غاز البروپين عادة) ١٣٥ رطلا فى المتوسط للطن الواحد فى اليوم الواحد ، وتقدر السعة الحرارية لهذه المادة بواقع ١١٪ فى المتوسط .

وتتلخص دورة ثانى أكسيد الكبريت المستخدم فى عملية التبريد فى مروره من المكثف إلى صمام للتمدد من نوع العوامة ومنه إلى أنابيب التبخر حيث يتبخر عند امتصاصه مقدار من حرارة المكان المراد تبريده . ثم يمر الغاز بعد ذلك إلى جهاز الامتصاص حيث تتشرب به حبيبات مادة چل السليكا حتى ما قبل نقطة التشبع . فيؤخذ فى تسخين أنابيب جهاز الامتصاص لطرد غاز ثانى أكسيد الكبريت فيمر فى حالته الغازية إلى المكثف حيث يسترجع حالته السائلة ثانية وهكذا .

وعند ماتحتوى آلات التبريد على أكثر من جهاز واحد للامتصاص فان العملية المتقطعة لامتصاص وانطلاق غاز ثانى أكسيد الكبريت تتحول إلى عملية مستمرة بمعنى أن ثانى أكسيد الكبريت يمر باستمرار الى أجهزة الامتصاص ثم إلى أنابيب التبخر . وفى هذه الحالة تقوم صمامات ضابطة بتنظيم مرور الغاز إلى المكثف أو إلى أنابيب التبخر إما برفع الضغط الآلى الواقع عليها (وبذلك ينعدم مرور الغاز إلى المكثف) أو بخفضه (فينعدم مرور الغاز إلى أنابيب التبخر) ويتم ذلك بتنظيم الاحتراق فى المواقد باطفاء بعضها أو باشعال البعض الآخر آلياً .

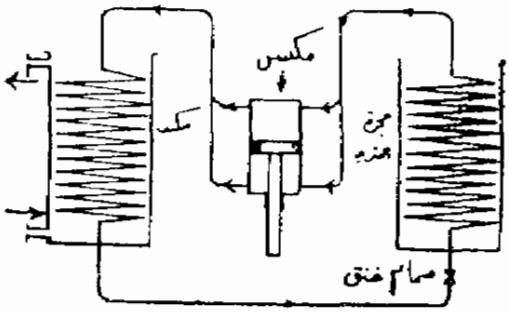
٥ — آلات التبريد المبردة بغاز ثانى أكسيد الكربون : ولا تختلف عن النوع الثانى المتقدم ذكره فيما عدا استخدامها لغاز ثانى أكسيد الكربون كسائل مبرد ، ويغلب استعمال آلات هذا النوع فى تبريد ثلاجات البواخر وفى جميع الحالات التى تتطلب شدة انخفاض درجات الحرارة .

طرق الانتشار المباشر وغير المباشر :

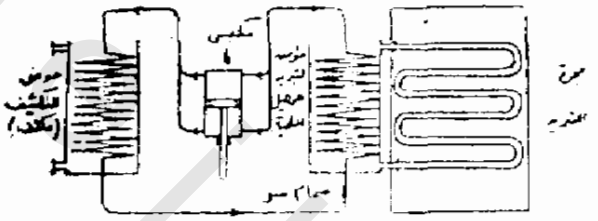
قد مر الذكر بانقسام التبريد الصناعى إلى قسمين تبعاً لطريقة استعمال السائل المبرد . فيقوم السائل المبرد فى أحدها بامتصاص الحرارة مباشرة من الأمكنة المراد تبريدها وذلك بامراره خلال أنابيب معدة للتبخر موضوعة داخلها . ويتميز هذا النظام بقلة تكاليفه وبساطة تركيبه وسهولة مراقبته وصغر الحجم الذى تتطلبه آلاته مما يؤهلها للاستعمال فى تبريد الثلاجات ذات الحجم الصغير ، فى حين يقوم السائل المبرد فى القسم الثانى منهما بتبريد محلول ملحى (Brine) يتركب عادة من الماء وكلورور الكالسيوم ، ويستخدم هذا المحلول بعد تبريده فى خفض درجة حرارة حجر التبريد ، بمعنى أن هذا المحلول المبرد يمر خلال حجر التبريد ثم يرجع ثانية إلى آلات التبريد بعد امتصاصه لجزء من حرارتها ثم يبرد ثانية عند رجوعه إلى آلات التبريد بواسطة السائل المبرد وهكذا .

ويتميز النوع الثانى بكثرة انتشاره عن النوع الأول لتعرض أنابيب التبخر فى الحالة

الأخيرة للتثقب وانسياب الغاز المبرد خلالها إلى داخل حجر التبريد ، فضلا عن الرائحة النفاذة لبعض هذه الغازات كالأمونيا وثانى أكسيد الكبريت أو لخواصها السامة مثل كلورور الايثيل وثانى أكسيد الكبريت . ولقد كان يفضل قبل كشف غاز الفريون نمرة ١٢ استخدام طريقة



طريقة التبريد المباشر

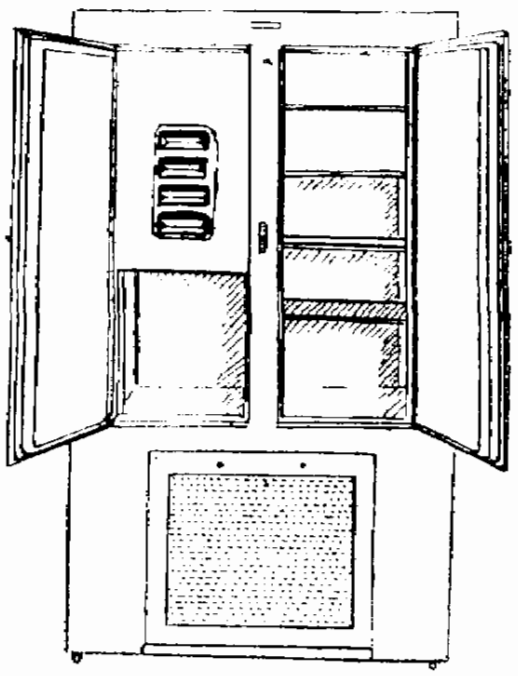


طريقة التبريد غير المباشر

التبريد غير المباشر رغما عن ارتفاع تكاليفها ونقص سعتها العملية عن الطريقة الأخرى ، غير أنه بالنسبة لصلاحية خواص السائل المبرد الحديث فان استعماله آخذ فى الانتشار فى الوقت الحاضر مما يبشر بانتشار طريقة التبريد المباشر وتوسعها .

الثلاجات الكهربائية المنزلية :

وهى وحدات كاملة للتبريد الصناعى صغيرة الحجم يتكون كل منها من آلة للتبريد وصندوق للتخزين (يقابل حجرات التبريد الصناعية التجارية) . ولقد تمت صناعتها لأول مرة فى عام ١٩١٠ ثم اخذ استعمالها يزداد منذ ذلك الوقت بدلا عن الثلاجات العادية المعدة للتبريد بالثلج الصناعى ، ويتوقف مدى انتشارها بطبيعة الأمر على مستوى المعيشة ورخص سعر التيار الكهربائى ولقد دفعت هذه الاعتبارات مصانع إنتاجها على العمل على خفض ثمنها وإنقاص مقدار التيار الكهربائى اللازم لادارتها ، غير أنها لا تزال رغما عن ذلك فى غير متناول يد الطبقات المتوسطة فى بلد كالقطر المصرى .

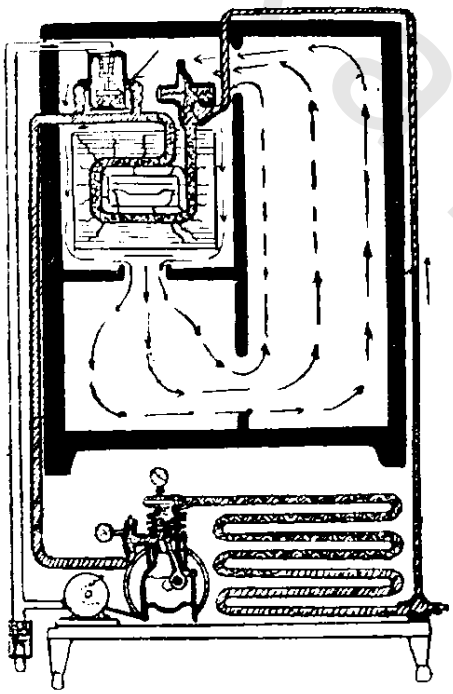


ثلاجة منزلية

وتنقسم هذه الثلاجات على وجه عام إلى قسمين رئيسيين هما :

١ — الثلاجات المنزلية المحتوية على آلات للتبريد من النوع الضاغط : وتستخدم الكهرباء فى إدارتها وأشهر أنواعها التجارية هى : (Frigidaire) و (General Electric) و (Kelvinator) . وتنقسم هذه الثلاجات إلى قسمين أحدهما يعرف بالنظام الجاف والثانى بالنظام الرطب ، ويتميز الأول بمرور السائل المبرد إلى أنابيب التبخر على حالة شبه سائلة أو على حالة رذاذ بفعل صمام للتمدد ينظم مقدار الضغط الواقع عليه . ويتميز النظام الرطب بمرور السائل المبرد إلى أنابيب التبخر على حالة أكثر سيولة ويقوم صمام من النوع ذى العوامة بتنظيم مقداره فيها .

٢ — الثلاجات المنزلية المحتوية على آلات للتبريد من النوع الماص : ويستخدم غاز الاستصباح أو زيت البترول فى إدارتها وأشهر أنواعها التجارية هو (Electrolux) وهى وحدات صغيرة للتبريد تنتمى للنظام الماص وتخلو من المكابس والأجزاء الآلية ذات الحركة ويتميز ضغط السائل المبرد (الأمونيا) بتعادل قيمته فى جميع أجزاء دورته ، ويحتوى على موقد صغير معد لتوليد وتبخير وامتصاص الأمونيا وينظم قوة اشتعاله صمام للتمدد يتصل بمسجل معدنى للحرارة فى صندوق التبريد ، ويشتعل الموقد أو ينطفىء آلياً تبعاً لحركة الصمام المذكور ، ويثبت بالقرب من الموقد مشعل صغير دائم اللهب لاشتعاله عند انطلاق غاز الاستصباح أو زيت البترول إليه .



رسم تفصيلى لثلاجة منزلية

وتصنع أحجام مختلفة من الثلاجات المنزلية تتراوح بين ٤ — ١٠ أقدام مكعبة (أى بين ٠,١٠٨ — ٠,٢٧٠ متر مكعب) . وكانت تصنع فى أول الأمر من الخشب المبطن بالفلين كمادة عازلة ثم استبدل بألواح معدنية مطلاة بالميناء البيضاء ومبطنة بالفلين أيضاً لعدم كفاية صلابة النوع الأول ، وتبلغ درجة حرارة هذه الثلاجات نحواً من ٤٥° فرنهيتية فى المتوسط (٧,٥° مئوية) وهى قيمة تناسب غالباً الاستعمال المنزلى ، على شرط عدم تخزين المواد الغذائية بها أكثر من يوم أو يومين حتى لا تتعرض للفساد ، فان الدرجة السابقة ترتفع عما يتطلبه حفظ المواد الغذائية فى حالة سليمة غير تالفة

وينحصر الغرض الرئيسى من استعمالها عن الثلاجات المنزلية المبردة بالثلج الصناعى فى انتظام التوزع الحرارى داخل أجزائها المختلفة ، فضلا عن نظافتها لعدم الحاجة لاستخدام ثلج صناعى بها للتبريد . بل يكفى اتصالها بالتيار الكهربائى حتى تتحرك آلاتها وتقوم بتبريد صناديقها المعدة لتخزين المواد الغذائية .

ويبين الجدول الآتى درجات الحرارة المناسبة لتخزين المواد الغذائية داخل هذه الثلاجات لمدة لا تزيد عن اليومين وهو :

اسم المادة الغذائية	درجة الحرارة القصوى داخل صناديق التبريد ف°	م°	الحالة التى يجب أن تخزن عليها المادة الغذائية
اللبن والقشدة	٤٥	٧,٢	معبأة فى زجاجات مغطاة
عصير الفواكه ومستخلصات اللحوم	٤٥	٧,٢	معبأة فى أوانى مغطاة
الزبدة	٤٥	٧,٢	ملفوفة فى ورق زبدة أو مغطاة
اللحم الطازج والدواجن	٤٥	٧,٢	موضوعة على أطباق بدون غطاء
السمك	٤٥	٧,٢	» » » مغطاة جيداً
المواد الغذائية المطبوخة والتى تحتوى على اللبن فى تركيبها	٤٦	٧,٧	» » » » »
اللحوم والخضروات المطبوخة	٤٦ — ٥٠	١٠ — ٧,٧	» » » مغطاة بدون أحكام أو مغطاة بورق زبدة
خضروات السلاطه وثمار الطماطم والخيار	٤٦ — ٥٠	١٠ — ٧,٧	موضوعة داخل أوانى مغطاة
الزيوت والدهون	٤٦ — ٥٠	١٠ — ٧,٧	معبأة فى أوانى مقفلة
الجبن	٤٦ — ٥٠	١٠ — ٧,٧	ملفوفة بلفافات محكمة
الفاكهة المطبوخة	٤٦ — ٥٠	١٠ — ٧,٧	معبأة فى أوانى مغطاة
البيض والفاكهة العصيرية كالأناناس والخوخ والبرقوق	٥٠	١٠	يترك البيض فى صناديقه المعبأ بها وإلا فيوضع فى علب كرتون مغطاة ويفضل تبريد الفاكهة داخل ثلاجات تحتوى على نظام للتهوية
الخضروات والفاكهة غير العصيرية	٦٠	١٥,٥	كما سبق فى الخوخ
الفطائر التى تحتوى على اللبن أو منتجاته	٤٥	٧,٢	موضوعة على أطباق نظيفة أو داخل صناديق من الكرتون المبطن بورق الزبدة

المواد العازلة :

تتوقف عملية التبريد الصناعى على عاملين رئيسيين ينحصران فى إزالة حرارة أماكن التبريد أولا ثم فى منع أو تقليل ارتفاع حرارته ثانية . وتقوم الآلات المبردة المختلفة فى أداء الغرض الأول منهما فى حين تقوم المواد العازلة بأداء الغرض الآخر ، أى فى منع أو تقليل

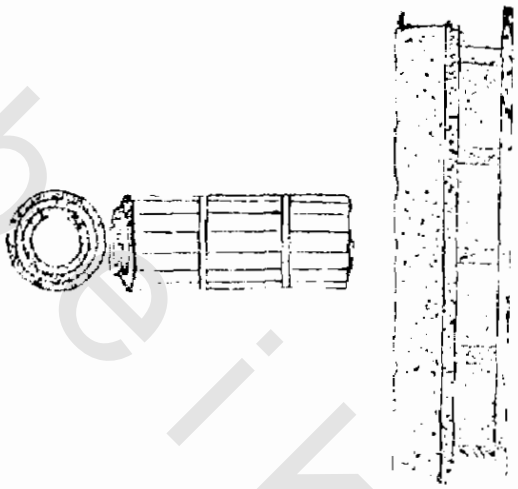
استرجاع المكان المعزول باحدى هذه المواد لحرارته الابتدائية ثانية بعد تبريده وإزالة مقدار من حرارته . ولما كان من المستحيل عملياً عزل مكان ما عزلا تاماً عما يحيط به من الحرارة بالنسبة لطبيعة البناء ، وتعرضه إلى التشقق الدقيق . الذى لا يرى بالعين المجردة والذى ينشا عن فعل التقلبات الجوية والظواهر الطبيعية المختلفة الأخرى كالهزات الأرضية . فضلا عن التقلصات الطبيعية بالبناء كلما ازداد به القدم ، فانه يستحيل عزل أى مكان ما عزلا تاماً من الوجهة العملية . إلا أنه يمكن تقليل مقدار تأثر درجة حرارة هذا المكان بالحرارة الخارجية بانتخاب أنواع مناسبة من المواد العازلة مع مراعاة الاعتبارات الفنية الخاصة عند إقامتها .

ويتوقف اختيار نوع المواد العازلة على مدى صلاحيتها لعزل الحرارة ، على شرط عدم ارتفاع ثمنها أو تكاليف إقامتها عن الحد الذى يمنع استخدامها تجارياً ، فلا ترتفع قيمتها ارتفاعاً كبيراً عن مجموع التكاليف التى تستدعيها عملية إزالة الحرارة التى قد تتسرب من الخارج إلى داخل المحال المعزولة إذا كان هذا المقدار من الحرارة ممثلا للفرق الحقيقى بين سعة مادتين من المواد العازلة .

وفضلا عن ذلك يتوقف اختيار المواد العازلة على عوامل أخرى مهمة كأن تكون عديمة الرائحة حتى لا تكسب المواد الغذائية التى يراد تخزينها داخل حجر التبريد رائحة أو طعما غير مرغوب فيهما ، كذلك يجب أن تكون غير ثقيلة الوزن فى حالة استعمالها للملء بدون تثبيت حتى لا تتساقط وتتجمع فوق بعضها تاركة بذلك فراغات بينها غير معزولة ، كذلك يجب ألا تكون قابلة للاحتراق الذاتى ، أو أن تكون قابلة للتشعث وأن تكون ذات مناعة طبيعية ضد اكتهاف أو نقب الحيوانات القارضة كالفيران أو توالدها أو لنمو الهوام ، كذلك يجب ألا تكون قابلة لامتصاص الرطوبة نظراً لفقد بعض المواد العازلة خاصيتها فى عزل الحرارة عند امتصاصها للرطوبة ، وبالنسبة لقلة عدد أنواع هذه المواد غير القابلة لامتصاص الرطوبة فلقد جرت العادة على طلاء سطح هذه الأنواع بمواد لا تنفذ خلالها الرطوبة .

أنواع المواد العازلة : وأهمها الهواء ، وتنحصر طريقة استخدامه فى إقامة جدران حجرات التبريد من طبقتين مزدوجتين ، ونظراً لاستحالة الاحتفاظ بالهواء المحبوس بينهما على حالة ساكنة تماماً فانه يفضل إقامة حواجز عرضية بين الجدارين حتى تسكن حركة الهواء أو حتى تنخفض إلى أقل حد ممكن ، غير أنه رغماً عن ذلك يستمر الهواء المحبوس داخل كل حيز مقفل صغير فى حركة دائمة لتبادل ارتفاع وانخفاض حرارة الجو . ولذلك يحسن ملء هذه الفراغات الصغيرة بمواد دقيقة كمساحة أو نشارة الخشب أو تراب الفلين أو القش ، ولاشك فى أن أفضل طرق العزل تنحصر فى إزالة الهواء الموجود بين الجدارين أى فى إجراء تفريغ هوائى ، غير أن ارتفاع تكاليفها يمنع انتشارها التجارى .

ويقع الفلين فى المرتبة الثانية بعد الهواء ، وهو أكثر المواد صلاحية من الوجهة التجارية فى عزل الثلاجات الكبيرة . ويتحصل على هذه المادة من قلف شجرة الفلين النامية بكثرة فى أسبانيا والبرتغال . ويبدأ نزعه بعد بلوغ الأشجار نحواً من ١٠ — ١٥ عاما من حياتها غير أن انحطاط صفاته فى ذلك الوقت يقلل أهميته العازلة . ويفضل نزع القلف بعد بلوغ الأشجار عامها الثانى والعشرين ، ثم ينزع بعد ذلك مرة كل سبع سنين ، وتغمر القطع المنحنية من الفلين داخل ماء وتوضع عليها أثقال حتى يستوى سطحها ، ثم يصقل سطحها بالتسخين باليخار الساخن حتى يقل عدد مسامها المتصلة بالهواء ، وتزداد القيمة العازلة للفلين كلما ازداد عدد مسامه الهوائية المقفلة . ويستخدم الفلين إما كتراب دقيق لملء فراغ هوائى محصور بين جدارين أو كألواح مسطحة تلصق إلى جدران أماكن التبريد مع طلاء سطحه بمادة مانعة لتآكله بالهوام ولمنع اتصاله بالهواء ، والمعتاد طلاء سطحه الملتصق بالجدران بطبقة رقيقة من الأسفلت السائل وسطحه الخارجى بطبقة من الأسمنت المخلوطة بمادة عازله للرطوبة ، ويكتفى فى حالة الجدران المقامة من الخشب لصق ورق عازل للرطوبة على سطحه الملتصق بها .



طريقة العزل

ويصلح الخشب لعزل حجر التبريد غير أن ارتفاع ثمنه وسرعة فقده لخاصيته العازلة عند امتصاصه للرطوبة يمنعان انتشار استخدامه كمادة عازلة ، ولذلك يكتفى فى كثير من الحالات باستعماله فى إقامة الجدران المزدوجة لحجر التبريد ثم ملء الفراغ الموجود بينهما بمواد أخرى أكثر رخصاً عنه كنشارة أو مساحة الخشب أو تراب الفلين ، ويجب أن يكون الخشب عديم الرائحة قليل الامتصاص للرطوبة ، ويعتبر الفحم البلدى كمادة عازلة جيدة ، ويستعمل بكثرة فى البلدان الأوربية فى هذا الغرض ، كذلك يتميز الورق بخواصه العازلة الجيدة غير أنه غير شائع الاستعمال ، ويقتصر استخدامه مع المواد العازلة الأخرى لوقايتها من الرطوبة . وأفضل أنواع الورق العازلة هى ما كانت سميكة ومغطاة بطبقة من القطران ، وفضلا عن ذلك تعتبر مادة الصوف المعدنى كأفضل أنواع المواد العازلة لا سيما وأنها غير قابلة للاحتراق أو لتوالد الهوام بداخلها إلا أن سرعة امتصاصها للرطوبة يمنع نجاح استعمالها عمليا فى عزل حجر التبريد ما لم تتخذ احتياطات كافية لمنع تسرب الرطوبة إليها ، كذلك قد تستخدم أيضاً مادة

السيلوتكس (Celotex) الناتجة من ضغط ألياف تصب السكر بعد فصل جميع المواد الذائبة بالمصاص حتى تتبقى فقط مادة اللجنين . وتحضر هذه المادة على حالة ألواح مسطحة ثم تغطى بمادة عازلة للرطوبة .

ويعتبر السيلتون (Celton) كأحدث المواد العازلة ولكنه يقل فى القوة العازلة عن الفلين ، ويحضر من الأسمنت والصودا الكاوية والطمى بعد خلطها معاً بمقادير معينة . ويصنع على حالة قوالب أبعادها ٤٠ × ٤٠ × ٢٠ سم أو ٤٠ × ٣٠ × ٢٠ سم ويتميز بخفة الوزن وتجب العناية الشديدة عند استعماله مما يتطلب عدم تداوله إلا بواسطة يد فنية اخصائية .

وعلى العموم فان الفلين هو أكثر المواد العازلة انتشاراً نظراً لصفاته المختلفة التى تعده للاستعمال فى جميع أعمال العزل وأغراضه المتنوعة .

الخواص الحرارية للمواد العازلة :

تتوقف خواص المواد العازلة على مدى مقاومة طبقاتها السطحية لمرور الحرارة ، وتستثنى من ذلك جميع الحالات التى يقل فيها سمك المواد العازلة عن ربع البوصة الواحدة حيث تتشعع الحرارة داخلها بفعل النقل الحرارى ، وتتوقف قيمة عمق المادة العازلة الذى يزول عنده التشعع الحرارى عن سبيل النقل على عدة اعتبارات رئيسية كنوع السوائل والغازات الموجودة بذلك العمق ، فضلا عن قيمة حرارته الابتدائية ، ومقدار الفرق بين درجتى حرارة كلا جانبى المادة العازلة ، وطبيعة وسطح هذه المادة وخلافها .

ولا يستخدم الهواء فى الوقت الحاضر فى عزل حجر التبريد ويقتصر مجاله على ثلاجات العرض وما يماثلها حيث يقوم بين الألواح البللورية بمثابة المادة العازلة الرئيسية ، وتتعرض مثل هذه الثلاجات للتغير الحرارى بفعل التوصيل ، والنقل ، والاشعاع الحرارى ، فضلا عن تعرضها لفعل الحرارة المتولدة من الضوء الطبيعى لانحلال جزء منه إلى حرارة ، وهى فى ذلك تشبه الصوبات الزجاجية النباتية المعروفة ، ولهذه الاعتبارات لا يستخدم الهواء فى عزل حجر التبريد التجارية ولا سيما وأنه معرض باستمرار لتجمع الرطوبه وتكثفها ، غير أنه يوجد فى الخلايا الدقيقة لبعض المواد العازلة كالفلين ، وهو فى الواقع العامل الرئيسى فى اكتساب الفلين لخاصيته العازلة وتتوقف قيمته العازلة بالتالى على عدد خلاياه الدقيقة وحجمها ، وكلما ازداد عددها وصغر حجمها كلما ارتفعت قيمته العازلة .

ولا يزال تحت البحث العلمى كثير من الموضوعات المرتبطة بالعزل الحرارى كالعلاقة بين

تركيب المواد العازلة وخواصها الطبيعية ، ومدى ما تتعرض له من التغير فى الحالات العملية المختلفة .

علاقة المواد العازلة بالرطوبة :

يؤدى تشبع المواد العازلة ببخار الماء أو بالرطوبة إلى فقد خواصها العازلة (بسبب ارتفاع قيمة التوصيل الحرارى للرطوبة) ، وكذلك لانحلالها انحلالا عضوياً شديداً ، وتمتص المواد العازلة الرطوبة عند تعرض سطحها لبخار الماء ويستمر امتصاصها له حتى تتكون حالة توازن ثابتة بينهما بأن يتغطى سطحها بطبقة رقيقة من الماء ، وتزداد قيمة التوصيل الحرارى للمواد العازلة بازدياد حجم الماء الممتص ، فضلا عما يؤدى إليه تجمع الرطوبة على سطحها من خفض مقاومة طبقاتها السطحية لمرور الحرارة .

ويتوقف منع امتصاص المواد العازلة للرطوبة على عاملين مهمين ، يتعلق أحدهما بتصميم حجر التبريد وطريقة إقامة المواد العازلة حول جدرانها ، ويتعلق الثانى بطريقة وقاية المواد العازلة دون امتصاصها للرطوبة ، ويجب دائماً طلاء سطح هذه المواد بمركبات غير منفذة للرطوبة أو لامتصاصها ، ولا يزال البحث جار عن مادة مناسبة تمنع نفاذ بخار الماء ، حيث تتميز معظم المواد المقاومة لنفاذ الرطوبة بعدم صلاحيتها التامة فى أداء هذا الغرض ، وتوجد عدة مركبات تجارية معروفة كمادة السيكا تمنع تماماً نفاذ بخار الماء ، غير أنها تتعرض للتشقق الدقيق بفعل تقلصات البناء مما يفقدها خاصيتها .

ويمثل مقدار التجمع الحقيقى للرطوبة داخل المواد العازلة قيمة الفرق بين ضغطى بخار الماء المار أحدهما من الخارج إلى الداخل والثانى من الداخل إلى الخارج ، بعد مراعاة مقدار المقاومة التى تعترض سبيل كل منهما خلال المواد العازلة ، ونظراً لارتفاع حرارة الهواء الجوى المحيط بحجر التبريد عن درجات فضـــلا عن ارتفاع ضغط بخار مائه عنها ، فانه يجب مراعاة هذين الاعتبارين عند تصميم حجر التبريد مع إقامة المواد العازلة على أساس منع انتقال الحرارة المرتفعة وبخار الماء من الخارج إلى داخل حجر التبريد ، وتستثنى من هذه القاعدة الحالات المتميزة بشدة جفاف الهواء الجوى ، أو بانخفاض درجة حرارته انخفاضاً شديداً خلال فترة من العام ، إذ يجب مراعاة تعرض الحرارة الداخلية وبخار الماء للانتقال من داخل الحجر إلى الهواء الخارجى ، وعلى العموم يجب ملاحظة الاعتبارات الآتية عند إقامة المواد العازلة وهى :

١ — قلة امتصاص المواد العازلة لأبخرة الماء إلى أقل حد ممكن عملياً حتى يقل تكثفه بداخلها .

٢ — وقاية المواد العازلة بمواد مناسبة مانعة أو مقللة لنفاذ بخار الماء إلى داخل المواد العازلة .

٣ — عدم طلاء السطح الكامل للمواد العازلة بمواد مانعة لنفاذ الرطوبة . بل تركها معراة فى مواضع قليلة مناسبة حتى يتسنى تفادى تكثف بخار الماء داخل المواد العازلة مما يؤدى إلى خفض قيمتها العازلة .

٤ — تتراوح ثخانة طبقات الفلين الملائمة لعمليات التبريد المتنوعة فيما يلى :

(درجة التبريد الفرنهيتية)	(ثخانة ألواح الفلين بالبوصات)
— ٢٠ إلى — ٥	٨
— ٥ إلى + ٥	٦
٥ إلى ٢٠	٥
٢٠ إلى ٣٥	٤
٣٥ إلى ٤٥	٣
٤٥ أو أكثر	٣

تصميم الثلاجات الصناعية :

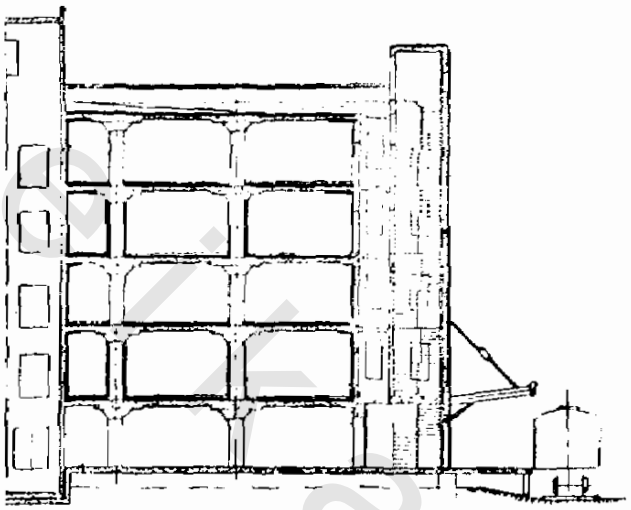
يقصد بالثلاجات الصناعية أماكن التبريد التجارية الكبيرة المعدة لتخزين مقادير عظيمة من المواد الغذائية المستخدمة فى أعمال التموين اليومى ، وتراعى الاعتبارات الآتية عند إقامتها:

١ — الموقع : ويتوقف انتخابه على طبيعة العمل التجارى . ولذلك تقام هذه الثلاجات بالمدن بالقرب من مراكز التوزيع الرئيسية . ويتوقف هذا الاختيار أيضاً على حالة التركيب الميكانيكى للارض ومدى صلابتها ومصدر المياه وخواصها والقرب من سبل المواصلات الرئيسية والقوة المحركة .

٢ — المبانى : ويراعى فى تصميمها صغر مجموع مسطحات الجدران والسقوف والأرضيات إلى أقل حد ممكن بالنسبة للحجم الكامل منها ، حتى يتسنى استعمال أقل مقدار من المواد العازلة وخفض تكاليف إقامتها بالتالى ، فضلا عما فى تقليل مسطحاتها من خفض قيمة الفقد اليومى فى درجات البرودة خلال الشقوق الدقيقة التى قد تتكون بها عند تقلص المبانى .

ولا يختلف تصميم مبانى هذه الثلاجات عن تصميم المخازن الكبيرة العادية وتراعى فيها

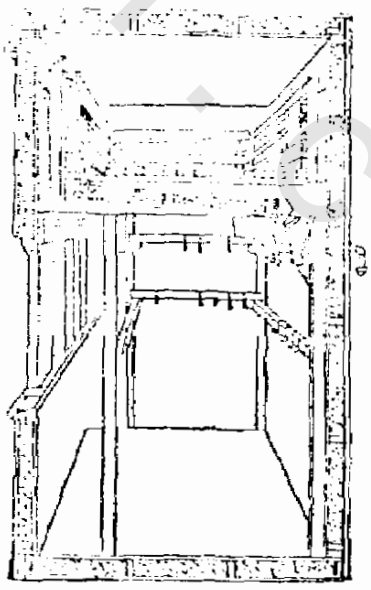
البساطة مع وفائها بالغرض والصلابة ومقاومة الاشتعال . وتقام مبانيها من الخشب أو الخرسانة المسلحة أو كمرات الحديد والطوب . وتتكون عادة من طابق واحد (أو أكثر عند ارتفاع ثمن الأرض) ويلاحظ تزويده بحوامل وروافع معدنية أفقية ورأسية تبعاً لحاجة العمل .



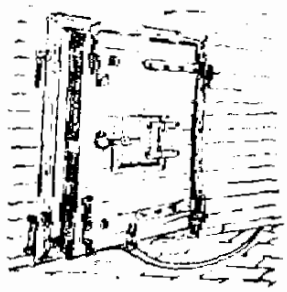
تصميم ثلاجة تجارية كبيرة

وتنقسم الثلاجات تبعاً لحجم ونوع المواد الغذائية المعدة للتخزين، ويفضل إحاطتها بممرات دائرية لعزل جدرانها عن الهواء الجوى وأشعة الشمس . كما يعزل الجو الداخلى للثلاجات عن الهواء الخارجى بطرقات غير متسعة تحتوى على أكثر من باب واحد منعاً لتغير حرارتها ، وتزود حجرات التبريد بأبواب سميكة عازلة يتناسب حجمها مع حالة العمل وأن تكون محكمة عند القفل سهلة التحريك عند العمل .

٣ — الاضاءة : يستخدم الضوء الكهربائى فى إضاءة الثلاجات . ويحسن دائماً عدم

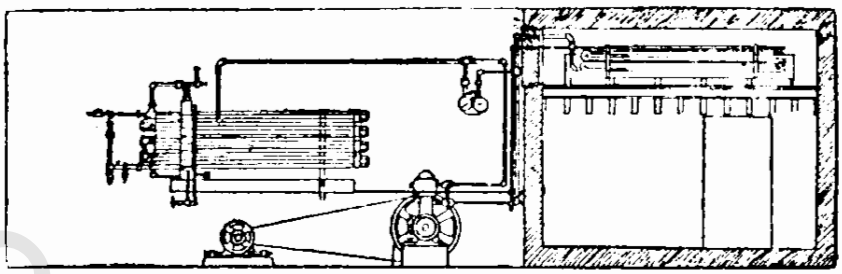


رسم تفصيلى لحجرة تبريد .



باب حجرة تبريد

إقامة نوافذ بجدر الثلاجات . فان الألواح البللورية (المزدوجة عادة والتى تحبس بينها طبقة من الهواء) المثبتة فوق فتحاتها تساعد على تشعع الحرارة جزئياً .

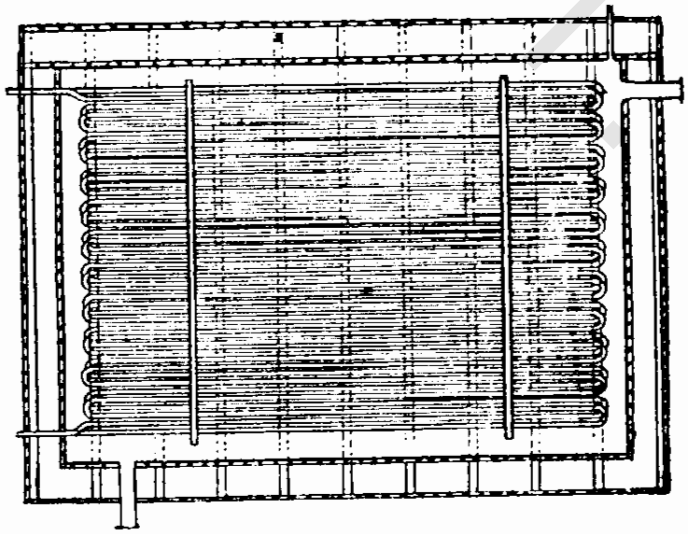


رسم تفصيلى لآله للتبريد وحجرة مبردة

٤ — الغرض : تنقسم الثلاجات الصناعية بالنسبة لهذا الاعتبار إلى القسمين الآتيين .

(ا) ثلاجات معدة لتخزين نوع واحد من المواد الغذائية : وتتميز بدرجة حرارة ثابتة فى جميع أجزاء بنائها ، وتستخدم فى تبريدها طرق التبريد المباشر أو غير المباشر أو الهواء الحر ، وتصميمها على العموم أكثر بساطة عن النوع التالى .

(ب) ثلاجات معدة لتخزين عدة أنواع من المواد الغذائية : وتتميز باختلاف ما تتطلبه من درجات التبريد ، وتتكون من حجرات مختلفة معزولة تماماً عما يجاورها ، وهى أكثر تعقيداً عن النوع السابق وتتطلب تجاور الحجرات ذات الدرجات المتقاربة ، فضلا عن ضرورة تخزين



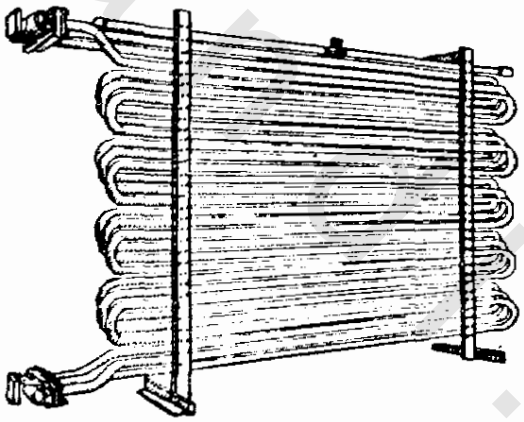
طريقة تثبيت أنابيب التبريد إلى حائط حجر التبريد

كل نوع من المواد الغذائية فى مكان مستقل ، ويراعى فى التصميم العام سهولة نقل وتخزين المواد المختلفة بواسطة عربات النقل أو بالحوامل المعدنية المعدة لهذا الغرض .

٥ — تقدير السعة العملية للتبريد : ويتوقف ذلك على عدة اعتبارات مهمة كحجم حجرة

التبريد ، والوزن والحجم النهائيين للمواد المعدة للتخزين بها ونوعها ودرجة حرارتها الفعلية عند التخزين وكذلك حرارتها النوعية ودرجة الحرارة الخارجية ، وطريقة عزل الثلاجات ومدى صلاحية المواد العازلة لهذا الغرض ، ووزن المواد الغذائية التى يمكن نقلها للثلاجات فى الدفعة الواحدة وعدد هذه الدفعات فى اليوم الواحد ، وطول مدة التخزين وعدد الدفعات التى يتم فيها فتح أبواب الثلاجات فى اليوم الواحد وخلافها مما يصعب ، لتنوعها واختلافها ، وضع قواعد أو قوانين ثابتة لحساب السعة العملية للتبريد ، ويكفى هنا إيراد السعة الفعلية للقدم الطولى الواحد من أنابيب التبريد المباشر وغير المباشر وهى كالآتى :

(ا) الثلاجات العادية (٢٠° — ٤٠° فرنهيتية) : يكفى القدم الطولى من أنابيب التبريد ذات قطر قدره بوصتان لتبريد ٤٥ قدم مكعب فى حالة التبريد المباشر و ١٥ قدم مكعب فى حالة التبريد غير المباشر .



أنابيب التبريد

(ب) الثلاجات ذات الدرجات المتوسطة (صفر إلى — ٢٠° فرنهيتية) : يكفى القدم الطولى من أنابيب التبريد ذات قطر قدره بوصتان لتبريد ١٤ قدم مكعب فى حالة التبريد المباشر وثمانى أقدام مكعبة فى حالة التبريد غير المباشر .

(ح) الثلاجات المجمدة (صفر إلى — ٩٠ درجة فرنهيتية) : يكفى القدم الطولى من أنابيب التبريد ذات قطر قدره بوصتان لتبريد ثمانى أقدام مكعبة فى حالة التبريد المباشر ، وثلاث أقدام مكعبة فى حالة التبريد غير المباشر .

ويبين الجدول الآتى السعة العملية للتبريد مقدرة على أساس الطن الواحد من التبريد (ويعادل ٢٠٠٠ رطل من التبريد) :

حجم حجرة التبريد				عدد الأقدام المكعبة المبردة بطن التبريد الواحد فى الدرجات المبينة بعد						
				درجات الحرارة الفرنهيتية						
ابعاد البناء بالقدم الطولى	الحجم بالقدم المكعب	المسطح بالقدم المربع	النسبة بين الحجم المسطح	صفر°	٨°	١٦°	٢٤°	٣٢°	٤٠°	٤٨°
٥ × ٤ × ٥	١٠٠	١٣٠	١,٣	٩٠٠	١١٠٠	١٣٠٠	١٥٠٠	١٧٠٠	١٩٠٠	٢١٠٠
٨ × ١٠ × ١٠	٨٠٠	٥٢٠	٠,٦٥	١٨٠٠	٢٢٠٠	٢٦٠٠	٣٠٠٠	٣٤٠٠	٣٨٠٠	٤٢٠٠
١٠ × ١٠ × ١٠	١٠٠٠	٦٠٠	٠,٦	١٩٤٠	٢٣٧٦	٢٨٠٨	٣٢٤٠	٣٦٧٠	٤١٠٤	٤٥٣٠
٢٥ × ٤٠ × ١٠	١٠٠٠٠	٣٣٠٠	٠,٣٣	٣٦٠٠	٤٤٠٠	٥٢٠٠	٦٠٠٠	٦٧٠٠	٧٦٠٠	٨٤٠٠
٢٠ × ٥٠ × ٢٠	٢٠٠٠٠	٤٨٠٠	٠,٢٤	٤٨٦٠	٥٩٤٠	٧٠٢٠	٨١٠٠	٩١٨٠	١٠٢٦٠	١١٣٤٠
٣٠ × ٥٠ × ٢٠	٣٠٠٠٠	٦٢٠٠	٠,٢٠٦	٥٦٧٠	٦٩٣٠	٨١٩٠	٩٦٥٠	١٠٧١٠	١١٩٧٠	١٣٢٣٠
٤٠ × ٥٠ × ٢٠	٤٠٠٠٠	٧٦٠٠	٠,١٩	٦٣٠٠	٧٧٠٠	٩١٠٠	١٠٥٠٠	١١٩٠٠	١٣٣٠٠	١٤٧٠٠
٥٠ × ٥٠ × ٢٠	٥٠٠٠٠	٩٠٠٠	٠,١٨	٦٤٨٠	٧٩٢٠	٩٣٦٠	١٠٨٠٠	١٢٢٤٠	١٣٦٨٠	١٥١٢٠
٦٠ × ٥٠ × ٢٠	٦٠٠٠٠	١٠٤٠٠	٠,١٧	٦٨٤٠	٨٣٦٠	٩٨٨٠	١١٤٠٠	١٢٩٢٠	١٤٤٤٠	١٥٩٦٠
٨٠ × ٥٠ × ٢٠	٨٠٠٠٠	١٣٢٠٠	٠,١٦٥	٧٢٠٠	٨٨٠٠	١٠٧٠٠	١٢٠٠٠	١٣٦٠٠	١٥٢٠٠	١٦٨٠٠
١٠٠ × ٥٠ × ٢٠	١٠٠٠٠٠	١٦٠٠٠	٠,١٦	٧٢٠٠	٨٨٠٠	١٠٤٠٠	١٢٠٠٠	١٣٦٠٠	١٥٢٠٠	١٦٨٠٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٢٠	٢٠٠٠٠٠	٢٨٠٠٠	٠,١٤	٨١٠٠	٩٩٠٠	١١٧٠٠	١٣٠٠٠	١٥٣٠٠	١٧١٠٠	١٨٩٠٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٣٠	٣٠٠٠٠٠	٣٢٠٠٠	٠,١٠٦	١١٠٣٠	١٣٤٨٦	١٥٩٣٨	١٨٣٩٠	٢٠٨٤٠	٢٣٢٩٠	٢٥٧٤٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٤٠	٤٠٠٠٠٠	٣٦٠٠٠	٠,٠٩	١٣٠٥٠	١٥٩٥٠	١٨٨٥٠	٢١٧٥٠	٢٤٦٥٠	٢٧٥٥٠	٣٠٤٥٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٥٠	٥٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠	٠,٠٨	١٤٤٠٠	١٧٦٠٠	٢٠٨٠٠	٢٤٠٠٠	٢٧٢٠٠	٣٠٤٠٠	٣٣٦٠٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٦٠	٦٠٠٠٠٠	٤٤٠٠٠	٠,٠٧٣	١٦٢٠٠	١٩٨٠٠	٢٣٤٠٠	٢٧٠٠٠	٣٠٦٠٠	٣٤٢٠٠	٣٧٨٠٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٧٠	٧٠٠٠٠٠	٤٨٠٠٠	٠,٠٧	١٦٦٥٠	٢٠٣٥٠	٢٤٠٥٠	٢٧٧٥٠	٣١٤٥	٣٥١٥٠	٣٨٨٥٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٨٠	٨٠٠٠٠٠	٥٢٠٠٠	٠,٠٦٥	١٨٠٠٠	٢٢٠٠٠	٢٦٠٠٠	٣٠٠٠٠	٣٤٠٠٠	٣٨٠٠٠	٤٢٠٠٠
١٠٠ × ١٠٠ × ٩٠	٩٠٠٠٠٠	٥٦٠٠٠	٠,٠٦٢	١٨٩٠٠	٢٣١٠٠	٢٧٣٠٠	٣١٥٠٠	٦٥٧٠٠	٣٩٩٠٠	٤٤١٠٠
١٠٠ × ١٠٠ × ١٠٠	١٠٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠	٠,٠٦	١٩٣٥٠	٢٣٦٣٩	٢٧٩٥٠	٣٢٢٥٠	٣٢٥٥٠	٤٠٨٥٠	٤٥١٥٠

obeikandl.com

ويبين الجدول الآتى عدد الوحدات الحرارية البريطانية اللازمة لتبريد القدم المكعب من حجر التبريد إلى الدرجات المبينة بعد ، ويراعى مضاعفة قيمة تلك الوحدات فى حالة العزل الردىء وهو :

حجم حجر التبريد مقدرة بالقدم المكعب	درجات الحرارة الفرنهيتية					
	صفر°	١٠°	٢٠°	٣٠°	٤٠°	٥٠°
١٠٠	١٨٠٠	٤٨٠	٣٦٠	٢٨٤	١٨٠	٩٥
١٠٠٠	٥٥٠	١١٠	٩٥	٧٠	٤٧	٢٤
١٠٠٠٠	٤٠٠	٩٥	٧٠	٤٧	٣٠	١٦
٣٠٠٠٠	٢٨٠	٥٥	٤٧	٣٥	٢٢	١١
١٠٠٠٠٠	١٩٠	٣٨	٣٠	٢٠	١٤	٧

٦ — تقدير وحدات التبريد اللازمة لخفض درجة حرارة المواد الغذائية : ويتطلب ذلك الإلمام بوزن المادة عند التخزين بالثلاجات ، ودرجة حرارتها ، ودرجة حرارة التبريد المطلوبة ، والحرارة النوعية لها فوق درجة تجمد الماء ، والحرارة الكامنة لتجمد الماء ودرجة تركيز الرطوبة بها والحرارة النوعية لها تحت درجة تجمد الماء ، ونذكر لذلك المثالين الآتيين :

(ا) ما هو مقدار الحرارة الباردة اللازمة لتبريد طن واحد من البطاطس من درجة ٨٠° إلى ٤٠° فرنهيتية مع العلم بأن الحرارة النوعية للبطاطس هى ٠,٨٠ ؟

∴ عدد الوحدات الحرارية البريطانية اللازم إزالتها = ٢٢٠٠ × (٨٠ — ٤٠) × ٠,٨٠

= ٧٠٤٠٠

ولما كان الطن الواحدة من التبريد يساوى ٢٠٠٠ رطلا من التبريد ، والرطل الواحد منه ١٤٤ وحدة حرارية بريطانية ، فان الطن الواحد من التبريد يساوى ٢٨٨٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية وعلى ذلك يكون مقدار الحرارة الباردة اللازمة لتبريد الطن الواحد من البطاطس تبعاً لما تقدم بالمثال هو ٧٠٤٠٠ ÷ ٢٨٨٠٠٠ أى ٠,٢٤٤ طناً من التبريد .

(ب) ما هو مقدار الحرارة الباردة اللازمة لتجمد ١٠٠٠٠ رطل من لحم البقر إلى درجة الصفر الفرنهيتى إذا كانت درجة حرارته الأولية هى ٦٨° درجة فرنهيتية والنوعية فوق التجمد هى ٠,٧٧ والكامنة للتجمد هى ١٠٢ والنوعية تحت التجمد (أقل من ٣٢° فرنهيتية) هى ٠,٤١ ؟

∴ عدد الوحدات الحرارية البريطانية اللازمة لخفض درجة حرارة اللحم إلى درجة الصفر الفرنهيتى

= ١٠٠٠٠ × ٦٨ × ٠,٧٧ = ٥٢٣٦٠٠

وعدد الوحدات اللازمة لتجمده = ١٠٠٠٠ × ١٠٢ = ١٠٢٠٠٠٠

وعدد الوحدات الإضافية للتبريد إلى درجة الصفر الفرنهيتى = ١٠٠٠٠ × ٣٢ × ٠,٤١

= ١٣١٢٠٠

وبذلك يكون مقدار التبريد اللازم لخفض درجة حرارة اللحم إلى الصفر الفرنهيتى ، والتجمد فى درجة ٣٢° فرنهيتية ، والتبريد بعد التجمد إلى درجة الصفر الفرنهيتى ، هو (٥٢٣٦٠٠ + ١٠٢٠٠٠٠ + ١٣١٢٠٠) أى ١٦٧٤٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية وهو ما يساوى ٥,٨ طناً من التبريد تقريباً .

ويبين الجدول الآتى الحرارة النوعية فوق التجمد والكامنة للتجمد والنوعية تحت التجمد لبعض المواد الغذائية الرئيسية وهو :

المـــــــادة الغذائية	الحرارة النوعية فوق درجة ٣٢°ف	الحرارة الكامنة لتجمد الرطل الواحد	الحرارة النوعية تحت درجة ٣٢° ف
لحوم :			
لحم بقرى مرمرى . . .	٠,٧٧	١٠٢	٠,٤١
« « سمين . . .	٠,٦٠	٧٢	٠,٣٤
« « صغير . . .	٠,٧٠	٩٠	٠,٣٩
« خنزير سمين . . .	٠,٥١	٥٥	٠,٣٠
« دجاج	٠,٨٠	٩٣	٠,٤٢
« ضأن	٠,٦٧	٩٦	٠,٨١
منتجات حيوانية :			
بيض	٠,٧٦	١٠٠	٠,٤٠
سمك	٠,٨٢	١٠٩	٠,٤٣
منتجات ألبان :			
لبن	٠,٩٠	١٢٤	٠,٤٧
قشدة	٠,٦٨	٨٤	٠,٣٨

المـــــــادة الغذائية	الحرارة النوعية فوق درجة ٣٢° ف	الحرارة الكامنة لتجمد الرطل الواحد	الحرارة النوعية تحت درجة ٣٢° ف
زبدة	٠,٦٤	١٥	٠,٨٤
دندرمة	٠,٧٨	٩٠ — ١٠٥	٠,٤٥
فاكهة :			
تفاح	٠,٩٢	١٢٢	٠,٤٨
كمثرى	٠,٨٩	١٢٠	٠,٤٦
خوخ	٠,٩٣	١٢٥	٠,٤٨
شليك	٠,٩٣	١٣٠	٠,٤٨
برتقال	٠,٩١	١٢٤	٠,٤٧
خضروات			
بطاطس	٠,٨٠	١٠٥	٠,٤٢
كرنب	٠,٩٣	١٢٩	٠,٨٤
جزر	٠,٨٧	١١٨	٠,٤٥

٧ — تقدير السعة العملية لآلات التبريد : يستحيل هنا إيراد جميع القواعد والاعتبارات المتعلقة بهذا الشأن ، نظراً لشدة اختلاف العوامل المرتبطة بعمليات التبريد ولذلك لا يمكن وضع قوانين ثابتة لتقدير هذه السعة ، وهى على العموم تتوقف على حجم بناء الثلاجات ، ووزن وحجم ما يطلب تخزينه فيها من المواد الغذائية ، ونوعها ، وطريقة تبريدها ، فضلا عن ارتباطها بعوامل أخرى كطريقة البناء وتصميمه ، وطبيعة المواد العازلة ، ومسطح الجدران والسقوف والأرضيات ، ودرجة حرارة التبريد ، وكذا الدرجة القصوى للهواء الجوى ، كما تتوقف على طريقة التبريد ذاته ، وتبلغ السعة الحقيقية للآلات التجارية على وجه عام نحواً من ١٠٠٠ قدم مكعب لكل طن تبريد للآلات الصغيرة التى لا تتجاوز سعتها طنان و ٤٠٠٠ قدم مكعب للطن للآلات التى تتراوح سعتها بين ١٠ — ١٥ طن و ١٠٠٠٠ قدم مكعب للطن للآلات التى تزيد سعتها عن ذلك ، ويبلغ حجم الماء اللازم للتكثيف نحواً من ٤٠٠٠ لتر للطن من التبريد لخفض درجة الحرارة من ٧٠° إلى ٤٠° فرنهيتية .

طرق التجمد :

التجمد هو خفض درجة حرارة المواد الغذائية إلى درجات تجمدها التى تختلف باختلاف تركيبها الكيمائى ، وما تحتويه من الرطوبة ، وينقسم إلى قسمين رئيسيين هما :

١ ــ التجمد البطىء : ويتلخص فى تخزين المواد الغذائية داخل حجرات مبردة إلى درجة ــ ٢٠° مئوية وتركها بداخلها لمدة ٤ ــ ٥ أيام حتى يتم تجمدها ، ثم تنقل بعد ذلك إلى حجرات مبردة إلى درجة ــ ١٠° مئوية (١٤° فرنهيتية) ، وهى طريقة قديمة أمكن استغلالها صناعياً لأول مرة فى عام ١٨٧٣ عندما تمكن الإنجليز من استيراد اللحم البقرى والضأن من استراليا .

٢ ــ التجمد السريع : ويتلخص فى تبريد المواد الغذائية حتى التجمد بواسطة درجة قدرها ــ ٤٥° فرنهيتية فى المتوسط خلال مدة لا تزيد عن الساعة الكاملة ، وهى طريقة حديثة يرجع عهدها إلى عام ١٩٠٧ عندما اكتشفها (بيكر) الأمريكى ، ولم تتم دراساتها الكيمائية والحيوية إلا فى عام ١٩١٦ ، وتشمل طرق مختلفة أغلبها مسجل بواسطة واضعى قواعدها .

مقارنة عامة بين طريقتى التجمد البطىء والسريع : يفضل التجمد السريع النوع الآخر للأسباب الآتية :

١ ــ صغر حجم بللورات الثلج المتكونة مما لا يؤدى إلى تمزق الأنسجة ، ويعمل التجمد البطىء على تكوين بللورات كبيرة يزداد حجمها بالتدريج كلما طالت مدة التخزين مما يؤدى إلى تمزق الأنسجة أى إلى فقد صلابة قوامها ، ويتحول نحواً من ٧٥٪ من رطوبة المواد الغذائية المتنوعة إلى بللورات ثلج بين ٣١ و ٢٣° درجة فرنهيتية .

٢ ــ قصر مدة التبريد المجمد فى حالة التجمد السريع عن البطىء ، فالأصل فى التبريد الصناعى على وجه عام هو الاحتفاظ بجميع الصفات والخواص العامة المميزة للمواد الغذائية ، أى مقاومة كل تلف بها كالأكسدة وتبخر الرطوبة وتغير اللون ، وبطبيعة الأمر فان مدى هذا التلف يتوقف على قيمة درجة الحرارة وعلى طول الوقت الذى يتطلبه خفض حرارة هذه المواد إلى تلك القيمة .

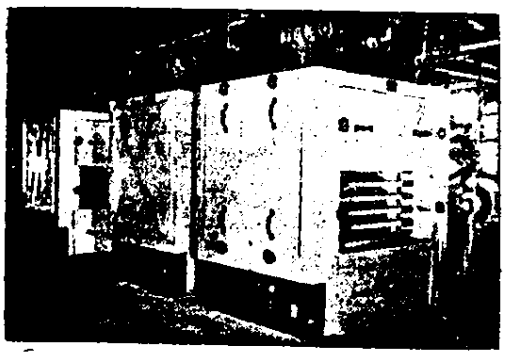
٣ ــ يؤدى استخدام درجات الحرارة المنخفضة وقصر المدة فى عملية التجمد السريع إلى تثبيط ثم إيقاف فعل الأحياء الدقيقة .

٤ — احتفاظ المنتجات الحيوانية والنباتية المجمدة بالطريقة السريعة بخواصها الطبيعية مما يسمح بطبخها مباشرة على حالتها المجمدة بخلاف المنتجات المجمدة بالطريقة البطيئة التى تتطلب الانصهار البطىء أولا قبل الاستعمال .

طريقة التجمد البطىء : وتتلخص فى تبريد المواد الغذائية أولا يوماً كاملا ثم نقلها إلى حجر التجمد (صفر° إلى — ١٠° فرنهيتية) حتى يتم تجمدها بعد عدة أيام ثم تخزينها بعد ذلك داخل حجرات مبردة إلى درجة ١٤° فرنهيتية .

طرق التجمد السريع : ويتلخص شرحها فيما يلى :

١ — طريقة بيردذآى (Birdseye) : وتنسب إلى واضعها كلارنس بيردذآى الأمريكى فى عام ١٩٢٤ ، وتشمل نوعين من الأجهزة ، الأول منهما وهو القديم يتكون من حصيرتين مصنوعتين من ألواح الصلب المحتوى على معدنى الكروم والنيكل ، ويبلغ عرض العليا منهما ٤٤ بوصة والسفلى ٣٦ بوصة ، كما يبلغ الطول الحقيقى لمنطقة التجمد خمسين قدماً ، وعند العمل توضع المواد الغذائية المعبأة داخل صناديق صغيرة من الورق المقوى فوق سطح الحصيرة السفلى ثم ترفع الحصيرة الأخيرة بحمولتها بضغط إيدروليكى مناسب حتى تنحصر الصناديق بين سطحى الحصيرتين ، ثم يرسل رشاش دقيق من محلول ملحى (محلول كلورور الكالسيوم) مبرد إلى درجة تتراوح بين — ٤٥° فرنهيتية إلى — ٥٠° فرنهيتية فوق السطح العلوى للحصيرة العليا والسطح السفلى للحصيرة السفلى ، ويراعى عدم تبلل الصناديق بالمحلول المبرد ، ولهذا الغرض يزيد عرض الحصيرة العليا عنه للسفلى فضلا عن انحناء الطرفين الطوليين للحصيرة العليا حتى يتساقط المحلول إلى حوض العادم بدون أن يلوث الحصيرة السفلى ، ويعرف هذا الجهاز (بذى الحصيرتين) وهو جهاز ثابت .



جهاز بيردذآى من النوع ذى الألواح المتعددة

ويتكون الجهاز الثانى من ألواح عديدة من ألواح الألومنيوم ، وهى ألواح مزدوجة

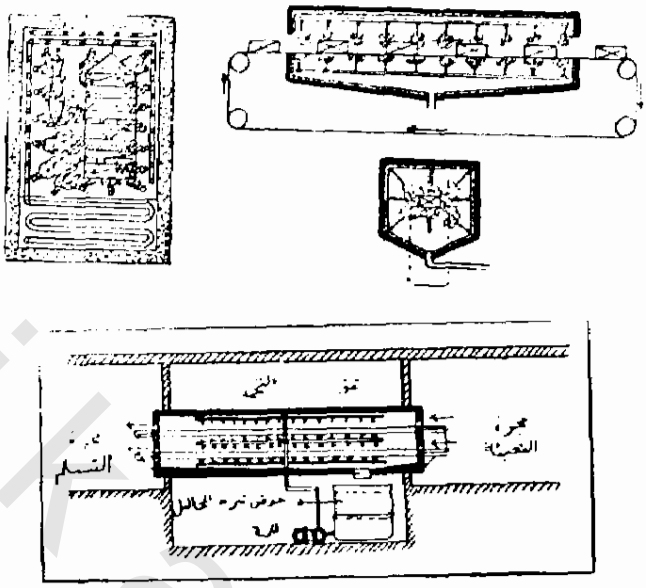
الجدران مرنة تحصر بينهما قنوات دقيقة متموجة تتصل ببعضها من أحد الطرفين الطوليين إلى الطرف الآخر (الجانبين) ، ثم توضع المواد المعبأة داخل صناديق فوق سطح اللوح ، الأول ويرفع بحمولته بضغط إيدروليكى مناسب حتى يلامس تماماً السطح السفلى للوح الثانى وهكذا حتى يتم تعبئة الجهاز ، فيقفل ثم يرسل المحلول المبرد أو الغاز ليمر داخل طبقتى كل لوح حتى تنخفض درجة الحرارة إلى — ١٧,٨° مئوية (صفر° فرنهيتى) . وتتصل الألواح بحوض عام لتوزيع المحلول المبرد أو بآلة التبريد مباشرة (تبعاً لطريقة التبريد) ويمر المحلول المبرد أو الغاز إلى الطبقات المزدوجة للألواح عن سبيل أنابيب مرنة أو خراطيم مطاط كما يخرج المحلول أو الغاز العادم من الطرف المقابل ثم يجمع ويعاد بعد التبريد أو الضغط للاستعمال ثانية فى أعمال التبريد ، ويعرف هذا الجهاز (بذى الألواح المتعددة) وهو جهاز متحرك .

٢ — طريقة « Z » : وتنسب إلىواضعها (Zarotschenzeff) فى عام ١٩٣٠ ، وتتلخص فى نقل المواد الغذائية (المراد تبريدها حتى التجمد) داخل صوانى خشبية أو فوق سطح

جهاز « Z »

حصر من الشبك المعدنى تتحرك داخل نفق معزول حيث تبرد مباشرة برشاش مبرد إلى

درجة — ٣° فرنهيتية ، وهو رشاش محاليل سكرية أو ملحية أومزيجاً منهما تبعاً لنوع المادة ، وترفع المواد بعد تجمدها حيث تعبأ بسرعة داخل علب من الورق المقوى .

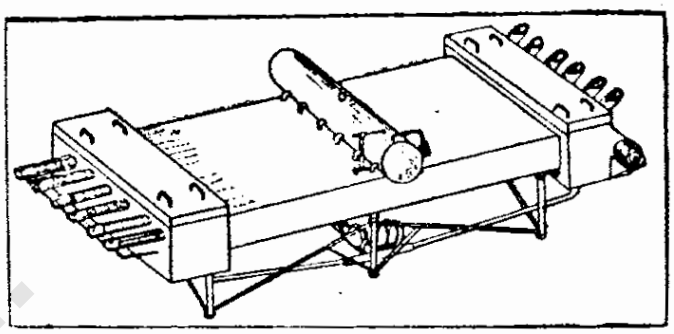


رسوم تفصيلية لطريقة " Z "

٣ — طريقة هاسلاخر (Haslacher) : وواضعها الأستاذ هاسلاخر فى عام ١٩٣٧ ، وتتلخص فى تعبئة المادة الغذائية بعد تجهيزها داخل علب من الورق المقوى وإضافة محلول سكرى للفاكهة وماء صافى للخضروات ، ثم توضع كل علبة داخل أخرى أكبر منها بقدر ضئيل للغاية بحيث يتلامس السطح الخارجى للعلبة الداخلية ، المعبأة بالمادة الغذائية ، بالسطح الداخلى للعلبة الأخرى ، وتغطى العلبة الداخلية بثقل (غامر) مثقوب معلق إلى حامل ، وتنحصر فائدة هـذا الثقل فى غمر العلب تحت سطح المحلول المبرد عند التبريد ، فضلا عن إنتاج مادة متكافئة فى حجم ما تحتويه من المواد الصلبة والمحلول . وتطرد الرطوبة الزائدة عند زيادة الحجم بسبب التجمد خلال ثقوب الغامر . وتمر العلبة بعد ذلك داخل حوض معزول يحتوى على محلول ملحى مبرد إلى درجة ١٠° فرنهيتية ، وتبقى بداخل المحلول حتى يتم تجمدها . ثم تحمل العلب إلى حوض به ماء دافىء حيث تغمر فيه عدة دقائق حتى ينصهر ما قد يكون عالقاً بها ثم تنقل إلى ثلاجات للتخزين .

٤ — طريقة فينيجان (Finnegan) لتجمد عصير الفاكهة : وواضعها (W. J. Finnegan) الأمريكى فى عام ١٩٣٣ ، وتستخدم فى تجمد عصير البرتقال والليمون والجريب فروت ، وتتلخص فى تعبئة العصير داخل علب من الصفيح بعد تبريده إلى درجة ٣٠° فرنهيتية مع التعبئة تحت تفريغ هوائى ، ثم نقل العلب إلى جهاز التجمد الذى يحتوى على أنابيب من الصلب

ذات طول قدره ٢٠ قدماً ، فتمر العلب من أحد الطرفين إلى الطرف الآخر وتبرد محتوياتها حتى التجمد بمحلول ملحى مبرد إلى درجة — ٣٥° فرنهيتية أو كحول مبرد إلى درجة — ٢٠° فرنهيتية ، ويحيط السائل المبرد أثناء العمل بالعلب إحاطة تامة ، وتكفى هذه الأجهزة لتبريد



رسم تفصيلى لجهاز فينيجان لتجمد عصير الفاكهة

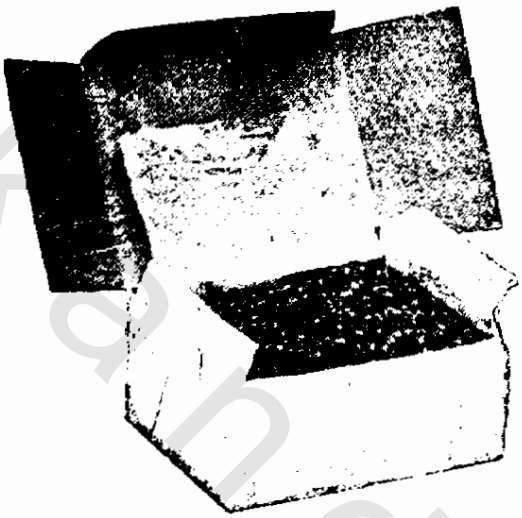
نحواً من ١١٢٥ اتراً من العصير خلال الساعة الواحدة أو نحواً من ثلاثين طناً خلال ٢٤ ساعة ، ويبلغ حجم العلبة الواحدة ٣,٧٥ اتراً وقطرها ست بوصات ويتم تجمدها بعد ٤٦ دقيقة عند استعمال الكحول المبرد .

٥ — طريقة فينيجان لتبريد ثمار الفاكهة والخضروات : وتنسب أيضاً إلى فينيجان فى عام ١٩٣٨ . وتتلخص فى تبريد الثمار بعد تجهيزها بواسطة الهواء المبرد ، وتتم عملية التجمد فى

جهاز فينيجان لتجمد ثمار الفاكهة والخضروات

عدة مراحل ، تبدأ الأولى بتبريد الثمار إلى درجة ٢٠° فرنهيتية والتجمد فى أربع مراحل حيث تخفض درجة الحرارة فى أولها إلى ١٢° فرنهيتية وفى آخرها إلى ٤° فرنهيتية (أى يتم خفض درجة الحرارة تدريجياً خلال المراحل الأربع) ثم تنقل الثمار إلى المرحلة السادسة حيث يتم

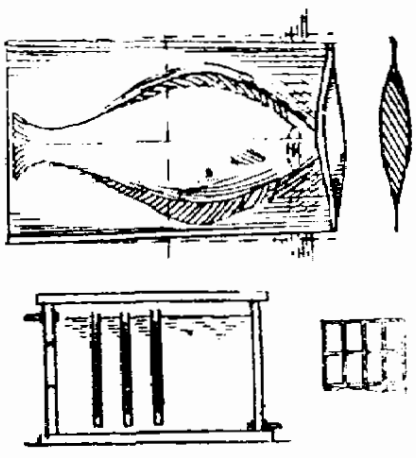
فيها تعديل درجة الحرارة النهائية الملائمة لعملية التجمد . ويتكون الجهاز من نفق مستطيل يعد لمرور عربات تحمل كل منها عشر صوانى معدنية ذات مسطحات من الشبك الدقيق ، ويحيط بجانبى النفق حجرات مقسمة تبعاً لأقسام النفق (ست عادة) لتنظيم حركة مرور الماء البارد حول الثمار الذى تبلغ سرعته فى أقسام التجمد نحواً من ١٠٥٠ قدم فى الدقيقة . ويبلغ طول المسافة التى تقطعها التيارات الهوائية فى أقسام التجمد من حين تركها المراوح إلى حين رجوعها لمنافذ الخروج نحواً من ١٧ قدم . ويتحرك الهواء البارد فى جميع أجزاء النفق طبيعياً أى بدون



طريقة تعبئة الفاكهة والخضروات بعد تجمدها

استخدام أية وسيلة صناعية ، وتفصل أقسام النفق أبواباً محكمة تفتح آلياً عند مرور العربات من قسم إلى آخر ، وتتحرك العربات داخل النفق بواسطة حصيرة ذات جهاز لتنظيم حركتها تبعاً لنوع المادة المطلوب تجمدها وطول الوقت الذى يتطلبه هذا الغرض .

٦ — طريقة بيترسون (Peterson) لتجمد الأسماك : وقد وضعها بيترسون فى عام ١٩٢٢ لتجمد الأسماك ، وتتلخص فى تعبئة الأسماك داخل علب صفيقة مستطيلة الشكل ذات غطاءات محكمة ، ثم تغمر طولياً داخل محلول كلورور الكالسيوم مبرد إلى درجة تتراوح بين — ٢٠° إلى — ٣٠° فرنهيتية ثم ترفع منها الأسماك بعد التجمد بعد غمر العلب داخل ماء دافىء ، وتجمد الأسماك إما على حالة مفردة أو كمجموعة .



طريقة بيترسون

درجات التجمد للمواد الغذائية : ويبينها الجدول الآتى :

المادة الغذائية	درجة التجمد الفرنهيتية	النسبة المئوية للرطوبة بالمادة	المادة الغذائية	درجة التجمد الفرنهيتية	النسبة المئوية للرطوبة بالمادة
فاكهة			ذرة سكرية	٢٨,٩٥	٧٥,٤
تفاح	٢٨,٤٤ — ٢٨,٥١	٨٤,٦	خيار	٣١,٤٦	٩٤,٥
مشمش	—	٨٥	باذنجان	٣٠,٤١	٩٢,٢
كريز	٢٧,٨١	٨٨,٩	خس	٣١,٢	٩٤,٤
تين	٢٧,١	٧٩,١	بصل	٣٠,٠٩	٨٧,٦
عنب	٢٨,١٦	٧٧,٤	بسلة خضراء	٣٠,٠٣	٧٤,٦
جريب فروت	٢٨,٣٦	٨٨,٣٨	بطاطس	٢٨,٩٢	٧٨,٣
ليمون	٢٨,١٤	٨٩,٣	بطاطا	٢٨,٤٤	٧٨,٣
برتقال	٢٨,٠٣	٨٦,٩	طماطم	٣٠,٣٨	٩٤,٣
خوخ	٢٩,٤١	٨٩,٤	لفت	٣٠,٢٣	٨٩,٦
كمثرى	٢٧,٨٣ — ٢٨,٤٦	٨٤,٤	**ألبان**		
برقوق	٢٨,٥٣	٧٨,٤	لبن كامل طازج (بقرى)	٣١,٠٨٩ — ٣١,٠٩٣	٨٦ — ٨٧
شليك	٢٩,٩٣	٩٠,٤	لبن مكثف (بقرى)	٢٩,٥	٦٨,٢
خضروات			لبن محلى (بقرى)	٥ — ١٠,٥	٢٦,٩
هليون	٢٩,٨	٩٤	جبن سويسرى	١٤,٧	٣١,٤
فول أخضر	٢٩,٧٤	٦٨,٥	جبن شيدر	٨,٨	٢٧,٤
بنجر	٣١,١	٨٨,٧	جبن روكفور	٢,٧	٣٩,٣
كرنب	٣١,١٨	٩١,٥	دندرمة	٢٧,٩ — ٢٨,٧	٦٢ — ٦٦
جزر	٢٩,٥٧	٨٨,٢	زبدة	٥ — ١٠	١١
قنبيط	٣٠,٠٨	٩٢,٣	قشدة	—	٥٩ — ٧٤
كرفس	٢٩,٧٣	٩٤,٥	**لحوم**		
			لحم مرمرى	٣٠,٢	٨٦ — ٨٧

obeikandl.com

العوامل المختلفة للتشعع الحرارى البارد فعلل المواد الغذائية أثناء التجمد :

تتوقف صلاحية المواد الغذائية المتنوعة للحفظ بالتجمد على مدى تشعع البرودة خلالها وخصوصاً نحو أجزائها الداخلية ، ويجب القيام دائماً بالتجمد السريع نظراً لمزاياه العديدة وتنحصر العوامل المرتبطة بهذا الموضوع فيما يأتى :

١ — التركيب الكيمائى للمواد الغذائية : تتراوح درجات الحرارة الباردة التى يبدأ فيها التجمد بين ٣١,٥° و ٢٧,٥° فرنهيتية ، والتى يتم فيها تجمد الرطوبة المنفردة بين — ٦٠° إلى — ٨٠° فرنهيتية ، كما يتم تجمد نحواً من ٧٥٪ من هذه الرطوبة بين ٣١° و ٢٣° فرنهيتية ، ويتم تجمد الرطوبة المتحدة بالبروتينات فى درجات شديدة الانخفاض ، فيبدأ تجمد اللحم المرمرى الذى يحتوى على مقدار من الرطوبة يتراوح بين ٨٦ — ٨٧٪ فى درجة — ١° مئوية (٣٠,٢° فرنهيتية) تقريباً ، ويتم تجمد الماء المنفرد فى درجة تتراوح بين — ٤٠° و — ٦٠° فرنهيتية ، والماء المتحد بالبروتينات (نحواً من ٠,٣ — ٠,٤ من الجرام لكل جرام من المواد البروتينية) فى درجة — ٢٧٣° مئوية (— ٤٥٩,٤° فرنهيتية) .

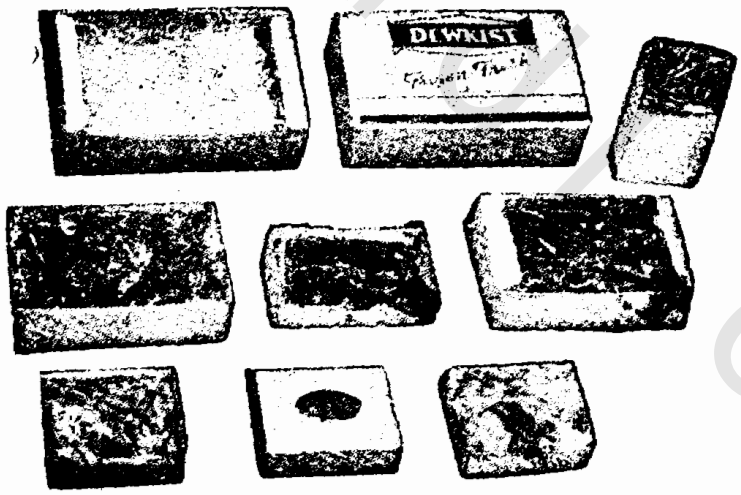
٢ — طريقة التحضير : وتشمل حجم الجزء المستخدم فى عمليات التعبئة والتبريد ومقدار تركيز المواد الصلبة الذائبة بالمحاليل المضافة إليه أحياناً ، فيزداد التشعع بطئاً بزيادة الحجم والكثافة ، وتعبأ ثمار الفاكهة بعد تجزئتها إلى أجزاء صغيرة حتى يتسنى تعبئتها واستهلاكها ، كما يؤدى ذلك إلى تبريدها خلال وقت وجيز ، ونظراً لتأثير درجات التجمد على ماتحتويه المنتجات الغذائية من الأحياء الدقيقة كلما انخفضت قيمة تلك الدرجات ، فضلا عن تأثيرها على الأنزيمات المتنوعة ، يجرى دائماً رفع درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة بثمار الفاكهة على وجه خاص باضافة قدر من السكر اليها ، ويتوقف مقداره على النوع وطول مدة التخزين، فيزداد فى حالة الثمار اللينة كالشليك والمشمش وكذلك فى حالة التخزين الطويل ، ويضاف السكر لثمار الفاكهة بعد تجهيزها بواقع نصف وزنها بأن يضاف إلى كل رطلين من الثمار المجهزة رطل من السكر ويعبر عن ذلك بالرمز (٢ + ١) ، وتفضل إضافة السكر للثمار على حالة محلول قوة ٢٠ ٪ فى المتوسط ، كذلك يفضل تجزئة اللحوم إلى أجزاء صغيرة وتحضير الخضروات البقولية كالبسلة وأنواع الفول بفصل حبوبها عن القرون حتى يتسنى تجمدها فى أقصر وقت .

٢ — حجم ونوع وشكل أوانى التعبة : تعبأ ثمار الفاكهة المعدة لعمل المربيات داخل

براميل خشبية مبطنة جدرانها بمادة ورنيشية عازلة مناسبة تتراوح سعتها بين ٥٠ — ٢٠٠ لتراً أو داخل علب كبيرة من الصفيح سعة ثلاث كيلو جرام (حجم نمرة ١٠) أو فى صفائح أكبر حجما تتراوح سعتها بين ٢٠ — ٣٠٠ لتراً ، كذلك يعبأ عصير الفاكهة داخل علب من الصفيح مطلاة جدرانها الداخلية بمادة ورنيشية أو داخل علب من الورق المقوى مطلاة بالبرافين . وتستخدم فى تعبئة الخضروات غالباً علب من النوع الأخير سعتها تتراوح بين ربع رطل إلى رطل كامل .

أوانى مختلفة لتعبئة المنتجات المجمدة

ويتوقف مدى التشعع الحرارى على حجم الأوانى (القطر الأكبر) ، وشكل الأوانى ، ومقدار ثخانة جدرانها ، ونوع المادة المصنوعة منها ، ومقدار السطح المعرض منها للتشعع الحرارى .



أوانى متنوعة لتعبئة ثمار الفاكهة والخضروات بعد تجمدها

٤ — طريقة التجمد : وقد مر ذكر أقسامها المختلفة ، ويجب التنويه هنا بأهمية خفض درجة حرارة المواد الغذائية إلى درجات التجمد فى أقصر وقت ممكن عملياً ، حتى لا تتعرض للفساد البكتريولوجى أو الكيمائى ، وكذلك حتى لا تتعرض للفساد الطبيعى الميكانيكى الناشىء عن تكون بللورات كبيرة من الثلج داخل الأنسجة الحيوانية والنباتية ، ويجب ألا يزيد حجم البللورة الثلجية الواحدة عن ٦٠٠٠٠ ميكرون مكعب أى عن ٢٠ ميكرون فى العرض و٥٠ فى

الأرتفاع و ٦٠ فى الطول، ويتسنى فى هذه الحالة احتفاظ الأنسجة بقوة صلابتها دون أن تتهشم، ويجب أن يتم تجمد نحواً من ٣,٠ من السنتيمتر (على أساس العمق) من الأنسجة فى الدقيقة، وبذلك تحتفظ المواد الغذائية بصلابتها بعد الانصهار عند نقلها من حجر التخزين.

التبريد الصناعى للحوم :

تتميز صناعة تبريد اللحوم فى الوقت الحاضر بكونها أهم الصناعات الرئيسية للتبريد الصناعى، وتعتبر البلدان الآتية بكونها أكثر الممالك الأجنبية اشتغالا بهذه الصناعة وهى : استراليا ونيوزيلندة والبرازيل والأرجنتين، وتعتمد انجلترا على ما تستورده منها من اللحوم المختلفة لكفاية حاجتها، ويتأتى على المشتغل بهذه الصناعة الالمام بالاعتبارات الآتية :

(١) صفات اللحم المعد للحفظ بالتبريد الصناعى.
(٢) سلالات الحيوانات المستخدمة لحومها للحفظ بالتبريد الصناعى.
(٣) إعداد حيوانات اللحم المعد للحفظ بالتبريد الصناعى.
(٤) طرق حفظ اللحوم بالتبريد الصناعى.

١ — صفات اللحم المعد للحفظ بالتبريد الصناعى :

ليست جميع أنواع حيوانات اللحم صالحة لحومها للحفظ بالتبريد الصناعى، ولذلك يجب انتخاب السلالات الصالحة لحوم حيواناتها للحفظ، قبل البدء فى محاولة حفظ أى نوع من اللحوم، ثم يجب بعد ذلك اتباع الطرق المناسبة من التربية والتغذية المؤهلة للحصول على لحم مرمرى غير سمين تتشعب بين أنسجته الدهون دون أن تكسو سطحه بطبقة سميكة، وهو النوع المعروف باسم (Lean Meat)، فان اختلاف درجتى تجمد (Freezing Points) اللحم والدهن يؤدى إلى تجمد اللحم فى فترة طويلة نوعا ما عن الدهون التى تكسو سطحه، مما يعمل انفصال الدهن عن اللحم وتكوينه لطبقة منفصلة عنه فيتكون بينهما فراغاً هوائياً لا يلبث أن يتشبع بالرطوبة التى تتحول فى زمن قصير إلى بللورات من الثلج الرفيع، فضلا عن تبخر الرطوبة من اللحم إلى هواء ذلك الفراغ، وتعرض السطح إلى الأكسدة البطيئة، وتحول مادة الهيماجلوبين الحمراء إلى المادة السمراء باسم الميتاجلوبين، ولذلك يفقد سطح معظم أنواع هذه اللحوم الدهنية لونه الطبيعى، ويكتسب لوناً أسمر داكناً، ويعبر عن هذه الحالة فى هذه الصناعة بالاصطلاح (Loss of Bloom).

٢ — سلالات الحيوانات المستخدمة للحفظ بالتبريد الصناعى :

إن نوع ثيران شورتهورن (Shorthorn) هو أكثر الأنواع المعـــدة لحومها للحفظ بالتبريد الصناعى ، وهو النوع السائد تربيتـــه للذبح فى استراليا ، ثم يليه نوع (Aderdeen Angus) ، ثم يليهما نوع (Red Poll) ولكن بمقدار يقل عنهما بكثير ، كما أن ثيران الشورتهورن تكون نحواً من ٧٠ ٪ من مجموع ما يذبح من حيوانات اللحم المعدة للحفظ فى الأرجنتين ، ثم يليها الأنواع الآتية على التوالى وهى : (Hereford) ثم (Aderdeen Angus) ثم (Holstein Friessian) ، فى حين أن النوع السائد تربيته فى أرجواى للذبح والتصدير الخارجى كلحم مبرد هو نوع (Hereford) ثم يليه فى الأهمية هناك الأنواع الآتية على التوالى (Shorthorn) ثم (Polled Angus) ثم (Red poll) .

ولا توجد سلالة خاصة للحم فى اتحاد جنوب أفريقيا ، بل إن أكثر الثيران التى توجد بها معدة للعمل فى حراثة الأرض وجر العربات ، ولذلك فانها تكون الأغلبية العظمى من الحيوانات التى تذبح هناك بعد أن تعجز عن العمل ، وتنتسب هذه الثيران لسلالة (Afrikander) ، وأما أكثر أنواع الضأن انتشاراً المعدة لحومها للحفظ بالتبريد الصناعى فى أستراليا فهو نوع (Corriedale) الذى أستولد لأول مرة فى نيوزيلندة من نوعى (Merino & Lincolin) ، ثم انتقل إلى استراليا بعد ذلك وأصبح النوع السائد بهـا للحفظ بالتبريد الصناعى ، كما أن هذا النوع يكون تقريباً النوع المستخدم فى نيوزيلندة للحفظ ، غير أن نوع (Merino) لا زال يذبح فيها ولكن بمقادير ضئيلة جداً .

٣ — إعداد حيوانات اللحم للحفظ بالتبريد الصناعى :

لما كان الغرض من حفظ اللحم بواسطة التبريد الصناعى : هو المحافظة عليه من الفساد ، وخصوصاً من التعرض للفساد البكتريولوجى ، لذلك يتأتى دائماً عند إعداد الحيوانات للحفظ منع تعرضها للتلوث بالأحياء الدقيقة على قدر الاستطاعة ، ومحاولة خفض عدد هذه الأحياء إلى أقل عدد ممكن عملياً ، وننصح باتباع القواعد الآتية وتنفيذها بدقة متناهية للتقليل من مدى تلوثها البكتريولوجى على قدر الاستطاعة العملية وهى :

(١) الكشف على الحيوانات قبل الذبح كشفاً طبياً كاملا ، وحرق المريضة منها بعد ذبحها فى مكان منعزل .

(٢) إراحة الحيوانات قبل الذبح لمدة لاتقل عن ٢٤ ساعة (وتنص لوائح بعض البلدان كالأرجنتين بضرورة إراحة الحيوانات لمدة لا تقل عن ٤٨ ساعة) ، وذلك فى حالة نقلها من

محال تربيتها إلى محطات التبريد ، مع مراعاة عدم تغذيتها أثناء هذه المدة بتاتاً والاكتفاء باعطائها كميات وافرة من الماء .

(٣) تطهير جلد الحيوانات قبل الذبح مباشرة بمادة مطهرة ، لخفض مقدار تلوث اللحم عند ذبح الحيوان بالأحياء الدقيقة الموجودة بالجلد .

(٤) ذبح الحيوانات مع شدة العناية بالمحافظة عليها من التلوث بالأحياء الدقيقة التى قد تكون عالقة بالسكين المستخدم للذبح . أو بأدوات السلخ . أو بخرق الغسيل . ولذلك ينصح دائماً بتطهير أدوات الذبح والسلخ والأدوات الأخرى ، التى قد تتطلبها هذه العملية بغليها فى الماء لمدة مناسبة أو بغسيلها جيداً على الأقل قبل الاستعمال مباشرة .

(٥) المحافظة الشديدة على نظافة الحيوانات بعد الذبح والسلخ ، وعدم استخدام ماء بارد لغسيلها بتاتاً إذ يفضل غسلها بماء مسخن إلى درجة قدرها ٦٠° مئوية تقريباً مع تكرار عملية الغسيل عدة مرات ، ويمكن الاستعانة بقطعة مطهرة من القماش أثناء الغسيل .

(٦) وبالنسبة إلى تعرض سطح اللحم للتلوث بالأحياء الدقيقة الموجودة بالهواء الجوى الذى يحيط بها ، تفضل محطات التبريد تطهير السطح بمادة مطهرة كالخل أو ما ماثله ، إلا أن القانون الانجليزى (خوفاً من عدم اتباع الشروط الصحية المناسبة أثناء الذبح والسلخ والاعتماد على استخدام مادة مطهرة لتعقيم سطح اللحم ، وكذلك خوفاً من التسمم إذا استخدمت مادة كيمائية سامة بمقدار غير مناسب) يمنع بتاتاً استخدام أية مادة مطهرة .

(٧) وكذلك يجب عدم استخدام أدوات الذبح والسلخ المطهرة أكثر من مرة واحدة حيث يجب تعقيمها أو غسيلها ثانية جيداً قبل استعمالها فى ذبح حيوان آخر .

(٨) يجب عدم سحب جثة الحيوان بعد ذبحه وسلخه على الأرض أو بجانب حوائط حجر الذبح ، كذلك يفضل دائماً عدم تنظيف الأحشاء الداخلية للجثة وهى ممدة على الأرض بل يفضل تنظيفها والجثة معلقة رأسياً . كذلك يجب غسيل أرضية حظيرة الذبح بمجرد ذبح الحيوان لإزالة آثار الدم والبراز واستخدام خرطوم يتدفق منه ماء ساخن لغسيلها .

(٩) ويفضل كذلك نقل الحيوانات إلى صالات التبريد حال الانتهاء من تجهيزها وقبل نقلها نهائياً إلى حجر التبريد الصناعى .

(١٠) مراعاة الشروط الصحية فى حظائر الذبح من توفر المجارى المناسبة لنقل البقايا السائلة ، وعدم ركود المواد بها حتى لا تتعفن وتنبعث روائح كريهة داخلها أو أن تكون عاملا مساعداً على تلوث جثث الحيوانات بالأحياء الدقيقة ، كما يجب أن تكون حوائط وأرضية حظائر الذبح مغطاة بالبلاط الخالى من الشقوق ، وأن تنظف الحوائط والأرضية عدة مرات فى اليوم

وأن تطهر بمادة مطهرة كيمائية فى نهاية يوم العمل .

٤ — طرق حفظ اللحوم بواسطة التبريد الصناعى :

تنقسم طرق حفظ اللحوم بواسطة التبريد الصناعى إلى ثلاثة أقسام رئيسية هى :

(١) طريقة التجمد : (The Freezing Method) .

(٢) « التبريد : (The Chilling Method) .

(٣) « التبريد فى جو من غاز ثانى أكسيد الكربون (The Gas Cold Storage Method) .

أولا — طريقة التجمد : وهى أقدم طرق التبريد الصناعى المستخدمة لحفظ اللحوم . ولا تزال تتميز بخواصها عنها جميعاً بالنسبة لعدم تعرض اللحوم المجمدة بتاتاً لأى نوع من أنواع الفساد البكتريولوجى إذا خزنت لأية مدة مهما طال أمدها ، ولذلك لا تزال تستخدم حتى الوقت الحاضر لنقل اللحوم المسافات الطويلة التى يستغرق قطعها سفراً طويلا يتجاوز الخمسين يوماً ، وهى فى ذلك تنفرد دون سائر طرق التبريد الأخرى ، كما أنها لا تزال الطريقة الوحيدة التى يمكن استخدامها زمن الحروب عند تعذر النقل السريع ، وعند ما يتطلب تخزين اللحوم بمقادير كبيرة لمدة طويلة لتموين الجيوش أو الشعوب ، ولهذا تعتبر حتى الوقت الحاضر بمثابة طريقة للطوارىء (An Emergency Method) وليس هناك سبب يمنع استخدامها فى حفظ اللحوم أيام السلم عند ما تتوفر سبل النقل لإردامة صفات اللحوم المحفوظة من تغير شديد فى اللون وانحلال الأنسجة عند الطبخ بالنسبة لتكوين بلورات الثلج بين خلاياها وتمزيقها لأنسجتها المختلفة .

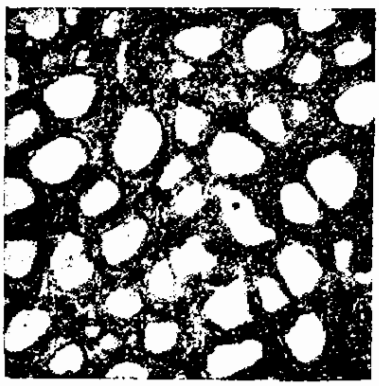
ويتوقف مقدار هذا الثلج على قيمة درجة الحرارة المستخدمة للتبريد ، ففى درجة حرارة قدرها ٢٦° فرنهيتية يتجمد ما يقرب من ٦٩ ٪ من مجموع ماء عضلات لحم الثيران ، فى حين ترتفع قيمة هذا المقدار إلى ٩٠ ٪ عند ما تنخفض درجة الحرارة إلى ٤ فرنهيتية ، وفى حين يتم تجمد العضلات ذاتها تماماً فى درجة قدرها — ٤٠° فرنهيتية ، ويتعرض قوام الأنسجة الحيوانية على وجه عام ما عدا لحم الضأن والطيور إلى التلف الشديد بفعل التجمد ثم الانصهار عند الاستعمال ، ولذلك يلاحظ عند انصهارها (بعد نقلها من حجرة التبريد إلى الهواء العادى) انفصال محلول يعرف اصطلاحاً باسم (Drip) يحتوى على البروتينات والأملاح وبعض المركبات الأخرى ، وبسبب انفصال هذا السائل من الجسم بعد انصهاره تغيرات واضحة فى مظهره الخارجى وفى طعمه أيضاً ، ولقد ثبت أخيراً أن العامل المباشر فى انفصال هذا السائل يرجع إلى تحلل المواد البروتينية بسبب تغير درجات تركيز الأملاح وتغير

قيمة الأس الأيدروجينى لعصير الأنسجة المجمدة بالتالى .

ويتوقف مقدار السائل الذى ينفصل من اللحوم المجمدة بعد الانصهار على نوعها ، فلا ينفصل من لحم الضأن المجمد إلا مقدار يسير للغاية من هذا السائل ، فى حين يزداد مقداره إلى عدة أضعاف عند حفظ لحوم الثيران بالتجمد ، ولم يتيسر بعد التوصل إلى إدخال أية تغييرات على طريقة التجمد هذه لتلافى هذه الحالة .

وتتلخص أنواع الفساد الهامة التى تتعرض لها اللحوم بعد الذبح بمدة قصيرة فى نمو الفطريات على سطحها ، وتكوين البكتريا لطبقات رقيقة هلامية عليها ، وفى تزنخ دهونها وفقد مظهرها الخارجى الطبيعى لها ، وانحلال البروتينات والدهون كيمائياً بفعل الأنزيمات الموجودة طبيعياً باللحوم ، وليس لهذا العامل الأخير أهمية كبيرة عند تخزين هذه المواد فى درجة ٣٢° فرنهيتية لمدة لا تتجاوز ست شهور ، إلا أنه نظراً للتلوث الطبيعى للحوم عادة ، وخصوصاً لحوم الثيران ، بالفطريات والبكتريا التى تتميز بقدرتها على توليد الأنزيمات المحللة للبروتينات والدهون ، كان من المستحيل تخزين اللحوم فى تلك الدرجة من الحرارة للمدة المذكورة دون أن تتعرض للتلف الشديد .

بللورات دقيقة من الثلج فى أنسجة لحم مخزن لمدة ٤ ساعات



بللورات كبيرة من الثلج فى أنسجة لحم مخزن لمدة ١٨٠ يوم

وكما يرجع تزنخ دهن اللحم إلى فعل الأحياء الدقيقة فانه قد يرجع أيضاً إلى عوامل كيمائية الأصل لتأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة ، وقد تتحلل هذه الأحماض المؤكسدة بعد ذلك إلى الديهيدات وكيتونات ، وهى مواد تكسب اللحم عند تكوينها طعما غير مرغوب فيه يشبه طعم زيت الكتان ، ويزداد فعل هذه الأكسدة بارتفاع الحرارة أو فى حالة وجود عوامل مساعدة (Catalyzers) كآثار المعادن ، وخصوصاً النحاس أو بفعل الأشعة الزرقاء والأشعة فوق البنفسجية .

وقد يكون من حسن الحظ ألا تحتوى لحوم الثيران والضأن إلا مقادير ضئيلة للغاية من الأحماض غير المشبعة ، ولذلك كانت الأكسدة فيها (أثناء التخزين) بطيئة جداً ، وخصوصاً عند تخزينها فى درجة ١٤° فرنهيتية ، إذ قد ثبت أخيراً أن مدى الأكسدة ضئيل للغاية المتناهية فى هذه الدرجة عند تخزين اللحوم لمدة تقرب من الثمانية عشر شهراً ، وعلى عكس ذلك تتعرض دهون لحوم الخنزير وخصوصاً النوع المعروف منها باسم (Bacon) للأكسدة الشديدة التى تمنع صلاحيتها للتخزين لمدة طويلة .

جفاف أنسجة اللحم

وتوجد طريقتان لتخزين اللحوم على وجه العموم على حالة مجمدة هما :

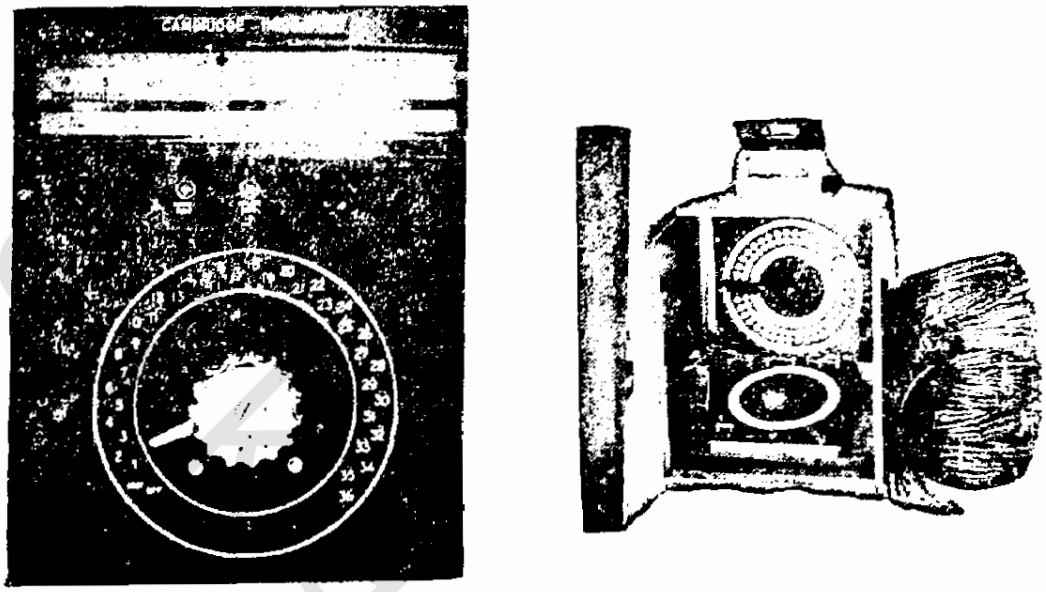
١ — تخزين اللحم بعد تجزئته إلى قطع صغيرة لا يتجاوز وزن كل منها خمسة أرطال ، ثم تلف بعد تجهيزها فى ورق من السلافين (أو فى ورق الزبدة) ، ثم توضع فى علب من الورق المقوى ويجمد اللحم بعد ذلك فى درجة — ٤٠° فرنهيتية فى جهاز (Birdseye) خلال مدة لا تزيد عن ٢٧ — ٣٠ دقيقة ، ثم تخزن مباشرة فى حجرة مبردة إلى ١٤° فرنهيتية .

١ — تخزين اللحم على حالته الكاملة أو بعد تجزئته إلى أربعة أجزاء ، ويخزن اللحم مباشرة فى هذه الحالة داخل حجرات مبردة إلى درجة — ٢٠° مئوية وتترك لمدة تتراوح بين ٤ — ٥ أيام حتى يتم تجمدها ، ثم تنقل بعد ذلك إلى حجرات مبردة إلى — ١٠° مئوية أى ما يوازى ١٤° فرنهيتية .

ويفضل فى كلا هاتين الطريقتين تنظيم الرطوبة النسبية فى هواء حجرات التبريد المعدة لتخزين اللحوم بعد تجمدها (أى الحجر المبردة إلى درجة ١٤° فرنهيتية) بحيث لا يقل مقدارها عن ٧٠٪ ولا يزيد عن ٨٥٪ ، وليس لمقدار الرطوبة أهمية كبيرة فى طريقة التجمد هذه ، وخصوصاً عند تخزين اللحوم فى درجة قدرها ١٤° فرنهيتية .

ونظراً لرداءة صفات لحوم الثيران المجمدة ، فانه يفضل صهرها عند الاستعمال بسرعة شديدة ، بغمسها فى ماء ساخن حتى لا تفقد مقداراً كبيراً من السائل المحمل بالبروتينات والأملاح الذى يعرضها انفصاله إلى فقد طعمها ، وعلى عكس ذلك لا تتغير الصفات الحيوية والطبيعية والكيمائية للحوم الضأن والطيور المجمدة ، ولذلك لا تزال تستخدم طريقة التجمد فى نقل معظم صادرات لحوم الضأن من أستراليا ونيوزيلنده إلى الأسواق البريطانية بنجاح تام .

ثانياً — طريقة التبريد : وتتلخص فى تخزين اللحوم فى حجرات مبردة إلى درجات تتراوح بين ٢٨ — ٢٩,٥ فرنهيتية . ونظراً لبدء لحوم الثيران بالتجمد فى درجة ٣٠,٢ فرنهيتية

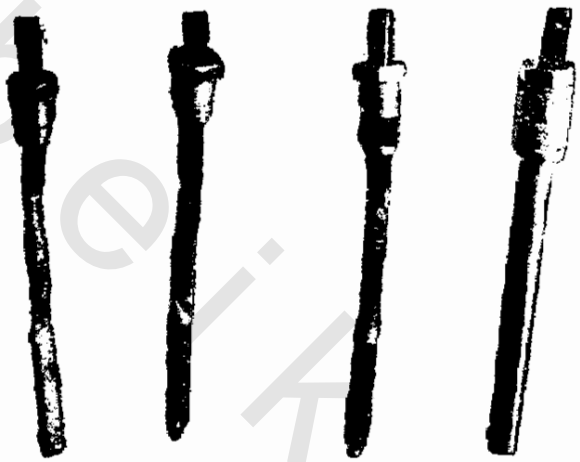


جهاز لقياس الحرارة باستعمال الثرموكبل

(أى ما يوازى — ٩,٠ مئوية) . فان اللحوم المبردة ما هى فى الواقع إلا لحوماً بجمدة جزئياً ، إلا أن مقدار الثلج المتكون فى اللحم فى هذه الحالة ضئيل جداً . ولا يؤثر بتاتاً على صفات اللحم المحفوظ بدرجة كبيرة ، غير أنه لا يمكن تخزين هذا النوع من اللحوم أكثر من أربعين يوماً من وقت الذبح إلى حين التسويق . ولذلك يصدر أغلب لحم الثيران المبرد (Chilled Beef Meat) إلى انجلترا من بلدان قارة أمريكا الجنوبية ، وخصوصاً من بلاد الأرجنتين والبرازيل وأرجواى . ولقد عجزت البلدان البريطانية عن منافستها لطول المسافة التى يستدعيها نقل تلك اللحوم من أستراليا ونيوزيلنده إلى انجلترا .

وتتعرض اللحوم المبردة بعد التخزين أكثر من أربعين يوماً للتلف البكتريولوجى السريع بالفطريات والبكتريا . ولذلك يجب استهلاكها خلال تلك المدة فقط . ويتوقف تماماً نجاح استعمال هذه الطريقة على مدى تلوث اللحوم بالأحياء الدقيقة بعد الذبح مباشرة ، ولذلك يجب القيام بجميع القواعد التى سبق ذكرها المتعلقة باعداد حيوانات اللحم للحفظ بالتبريد الصناعى ، واتباعها بدقة حيث قد ثبت عملياً أن خفض مقدار هذا التلوث (وهى حالة لا يمكن منعها تماماً عملياً) يساعد على حفظ اللحوم لعدة أيام أو لبضع أسابيع فى بعض الأحيان أكثر من تلك المدة .

ويتضح مما تقدم العيب الرئيسى لهذه الطريقة الذى ينحصر فى تعرض اللحوم للتلف إذا لم يتم تسويقها فى بحر تلك المدة ، ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بالتنظيم السريع لنقل اللحوم المبردة وتسويقها حال وصولها لانجلترا خلال مدة لا تتجاوز أربعين يوماً .



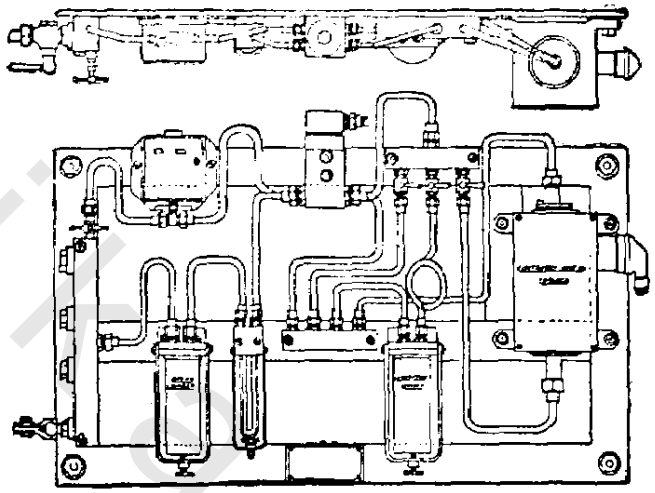
الثرموكيل

وتتميز اللحوم المبردة بالصفات الطبيعية للحوم الطازجة مع تغيرات طفيفة فى اللون والقوام ، غير أنها تفضل بكثير جميع صفات اللحوم المجمدة وخصوصاً فى عدم انفصال السائل المحمل ببعض البروتينات والأملاح المعروف باسم (Drip) ، والمشاهد فى اللحوم المجمدة وهو السائل الذى تتعرض اللحوم عند انفصاله إلى فقد طعمها الخاص بها .

ولقد قامت مصلحة البحث العلمى والصناعى الأسترالية (The Australian Sceintific & Industrial Research Station) بواسطة محطة التجارب التابعة لها والمقامة ببلدة (Brisbane) بمختلف الأبحاث لإنجاح تصدير لحوم الثيران مبردة إلى انجلترا بحيث لا تقل صفات اللحوم الأسترالية المبردة عن مثيلتها المصدرة من بلدان أمريكا الجنوبية ، ولقد حاولت هذه المحطة بدون جدوى تنظيم مقدار الرطوبة النسبية داخل حجر التبريد وحفظه فى درجة ثابتة والتخلص من الرطوبة المتبخرة من اللحوم أثناء التخزين لمنع نمو الأحياء الدقيقة وخصوصاً الفطريات على سطح اللحوم المبردة ، وقد أدت هذه الاعتبارات المختلفة برجال هذه المحطة وبرجال محطة تجارب التبريد الصناعى الكائنة بمدينة كمبردج بانجلترا إلى القيام بتعديل مكونات هواء الجو الداخلى لحجر التبريد لتقليل أو منع نمو الفطريات والبكتريا على سطح اللحوم المبردة ، ولقد نجحت هذه الطريقة وتمكنت بذلك أستراليا منذ عام ١٩٣٣ من تصدير اللحوم المبردة إلى الجزر البريطانية بالرغم من طول المسافة التى يستغرقها النقل البحرى .

ثالثاً — طريقة التبريد الصناعى فى جو هوائى معدل : وتتلخص هذه الطريقة فى حفظ اللحوم بعد تجهيزها والمحافظة عليها دون التلوث بالأحياء الدقيقة بعد الذبح ، فى حجر مبردة إلى درجة ٢٩ فرنهيتية ثم رفع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء جوها الداخلى إلى مقدار يتراوح بين ١٥ إلى ٢٠ ٪ بحيث لا يقل تركيزه عن ١٥ ٪ ولا يزيد عن ٢٠ ٪ ،

ويفضل استخدام تركيز قدره ١٥ ٪ تقريباً، والغرض من استخدام غاز ثانى أكسيد الكربون فى هذه الحالة هو تقليل نمو الفطريات والبكتريا على سطح اللحوم المبردة . وفى زيادة مدة التخزين بالتالى . ولقد أمكن بهذه الطريقة تخزين اللحوم لمدة تقرب من ضعف مدة التخزين العادية للحوم المبردة بالطريقه السابقة ، ولقد وجد لحسن الحظ أن درجة التركيز المرتفعة من



جهاز لتقدير مكونات الهواء الجوى

غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدمة فى هذه الطريقة عديمة الأثر على صفات اللحوم المحفوظة وخصوصاً على مظهرها الخارجى ، وتتعرض اللحوم عند زيادتها عن ٢٠ ٪ فى هذه الحالة لفقد لونها ومظهرها الخارجى .

التبريد الصناعى لثمار الفاكهة والخضروات

ثمار الفاكهة :

ـ ثمار البرتقال : تتراوح درجات حرارة التبريد الملائمة لتخزين ثمار البرتقال فى الثلاجات بين ٣٢ إلى ٣٤ درجة فرنهيتية ، وتعتبر درجة ٣٢° فرنهيتية كأفضل درجات التبريد المناسبة لتخزين هذه الثمار لمدة تتراوح بين ٨ ـ ١٠ أسابيع فى حالة صالحة للاستهلاك ، لاحتفاظها بجميع الصفات والخواص المميزة لها . غير أنها تتعرض عند زيادة مدة التخزين فى هذه الدرجة عن الشهرين لنمو بعض الفطريات فى موضع اتصالها بالأعناق الثمرية وعلى سطحها ، وإلى تغير لون قشرها واكتسابه لون برتقالى داكن .

ويجب مراعاة القواعد الفنية عند قطف وتجهيز ونقل هذه الثمار ، كما يجب تنظيم طريقة

تخزين الصناديق المعبأة بها داخل حجر التبريد بحيث يتيسر تحرك تيار مستمر من الهواء المبرد حولها ، ويجب أن يتراوح مقدار الرطوبة النسبية فى هواء هذه الثلاجات بين ٨٥ — ٩٠ ٪ لمنع أو تقليل مدى تجعد قشور الثمار المخزنة . ويجب حفظ هذا المقدار من الرطوبة طول مدة التخزين حيث يؤدى ارتفاعها عن هذه القيمة إلى نمو وتكاثر الفطريات على الثمار .

ونظراً لشدة امتصاص ثمار البرتقال لرائحة ما يحيط بهـــا من المواد ، فانه يجب عدم تخزين مواد أخرى معها ذات رائحة مميزة، كالبيض والزبدة والجبن ، وبعض أنواع الخضروات كالكرنب والقنبيط ، حتى لا تكتسب رائحة غير مقبولة تقلل قيمتها التجارية .

٢ — ثمار الليمون الأضاليا : تقطف الثمار المعدة للتخزين فى الثلاجات وهى خضراء بعد اكتمال تكونها الثمرى وقبل تلونها باللون الأصفر ، وتتراوح درجات التبريد المناسبة لحفظها فى حالة صالحة للاستهلاك دون أن يتطرق اليها الفساد البكتريولوجى (وخصوصاً بالفطريات) أو الفساد الكيمائى بين ٥٥° — ٥٨° فرنهيتية ، كما تتراوح الرطوبة النسبية الملائمة لمنع تجعد قشورها بين ٨٥ — ٩٠ ٪ وتتراوح مدة تخزين الثمار فى حالة صالحة للتسويق فى الدرجات المذكورة للبرودة والرطوبة بين شهر واحد إلى أربعة شهور .

وتراعى عند إعداد الثمار للتخزين جميع الاعتبارات الفنية الخاصة بكل من عمليات القطف والتجهيز والتعبئة ، كما يراعى عدم تخزين مواد أخرى معها ذات رائحة مميزة كمنتجات الألبان والبيض حتى لا تكتسب رائحتها .

وتتعرض ثمار الليمون الأضاليا لنموفطرزغبى أزرق اللون عند ارتفاع درجة تشبع الهواء بالرطوبة ، ولذلك تخزن داخل ثلاجات مزودة بأجهزة لتكييف الهواء (Air Conditioning) لتنظيم الرطوبة فى فضائها لمنع تكون العفن على سطح الثمار ، فضلا عن لف كل ثمرة منها بالورق لمنع انتقال الاصابات العفنية من ثمرة مصابة إلى ما يجاورها من الثمار الأخرى المعبأة معها .

٣ — ثمار الليمون البلدى : تتراوح درجات حرارة تبريد ثمار الليمون البلدى بين ٤٥°—٤٨° فرنهيتية . كما يتراوح تركيز الرطوبة النسبية بهواء حجر التبريد بين ٨٥—٩٠٪ ، وتبلغ مدة التخزين للثمار فى هذه الدرجات نحواً من ثمانية أسابيع على شرط عدم انخفاض الرطوبة النسبية للهواء المبرد داخل الثلاجات عن ٨٥٪ ، ويفضل لف الثمار فى ورق شفاف غير قابل لامتصاص الرطوبة ، وكذلك يجب مراعاة جميع القواعد الفنية الخاصة بالقطف والنقل والتجهيز .

ونظراً لتعرض هذه الثمار على وجه خاص للجفاف فانه يجب قطفها وهى خضراء اللون بعد اكتمال تكونها الثمرى وقبل تلونها باللون الأصفر أو فقد نضارتها الثمرية)

٤ — ثمار الجريپ فروت : تتراوح الرطوبة النسبية الملائمة لتخزين ثمار الجريپ فروت فى الثلاجات فى حالة صالحة للاستهلاك بين ٨٥ — ٩٠ ٪ . ويؤدى انخفاض مقدار الرطوبة عن ٨٥ ٪ إلى تجمد الثمار وجفاف قشورها فى حين يؤدى ارتفاعها عن ٩٠ ٪ إلى شدة نمو الفطريات على سطحها ، وتتوقف درجات التبريد الصالحة للاحتفاظ بجميع الصفات والخواص المميزة للثمار على طول مدة تخزينها فى الثلاجات وحالتها وعوامل الفساد . فتستخدم درجة ٣٢° فرنهيتية عند التخزين الطويل ، ودرجة تتراوح بين ٣٢° — ٣٤° فرنهيتية عند تخزين الثمار النامية فى مناطق زراعية تكثر بها الاصابات العنقية (فى مواضع اتصال الثمار بأعناقها الثمرية الخضراء) ودرجة من الحرارة تتراوح بين ٤٥° — ٥٥° فرنهيتية عند تعرض الثمار أثناء التخزين للتثقب الموضعى (أى لانفجار الغدد الزيتية الموجودة بقشورها) ويلاحظ اقتصار الانفجار فى هذه الحالة على غدة واحدة ، بخلاف التبقع الثمرى الذى ينشأ عن انفجار أكثر من غدة زيتية واحدة (متجاورة) كما تتعرض الثمار للانحلال ، وخصوصاً عند التخزين فى درجة ٤٠° فرنهيتية أو أقل . وأنه رغما عن صلاحية هذه الدرجات المرتفعة من الحرارة لنمو بعض الفطريات على سطح الثمار ، فان شدة تعرض الثمار للتثقب الموضعى أو الانحلال عند تخزينها فى الدرجات الأولى من البرودة تقضى باستخدامها لتخزين الثمار ، وعلى العموم يمكن تخزين الثمار السليمة الناضجة الصلبة المتميزة بعدم تعرض مواقع أعناقها للتعفن لمدة تبلغ نحواً من ستة أسابيع فى حالة صالحة للاستهلاك ، دون أن تتعرض لتلف يذكر فى تلك الدرجات المرتفعة من الحرارة . كما قد يتيسر فى بعض الأحيان تخزين الثمار فى حالة جيدة نوعاً ما لمدة تبلغ نحواً من اثنى عشر أسبوعاً .

ويراعى عند تخزين الثمار شديدة النضج فى درجات التبريد السابقة أن تراقب بدقة ، وتفصل ما قد يتعرض منها للتلف ، ويفضل غسيل الثمار فى محلول مخفف من البوراكس أو من ميتابورات الصوديوم قبل التخزين مباشرة لمقاومة إصابة مواضع الأعناق ، كما قد يفضل أحياناً قطف الثمار من الأشجار بالجذب اليدوى ، أى بدون استخدام مقصات القطف المعروفة لقطعها عنها .

٥ — ثمار العنب : يفضل تخزين معظم أصناف العنب رغما عن انخفاض درجة تجمد معظمها إلى درجة ٢٤,٩° فرنهيتية (لارتفاع محتوياتها من المواد السكرية) فى درجة من الحرارة تتراوح بين ٣١° — ٣٢° فرنهيتية ، وفى رطوبة نسبية قدرها ٨٥ — ٩٠ ٪ ، ويكفى عند بطء حركة الهواء المبرد داخل الثلاجات ، التخزين فى رطوبة نسبية قدرها ٧٥ ٪ ،

وعند زيادة سرعته إلى مقدار يتراوح بين ١٠٠ — ١٥٠ قدم فى الدقيقة ، التخزين فى رطوبة نسبية قدرها ٩٠ ٪ ، ويقتصر التبريد على الثمار السليمة الناضجة المتميزة بشدة تماسك حبيباتها بالأعناق الخضرية ، وتعبأ فى صناديق أو براميل خشبية سعتها نحواً من ٤٠ كيلو جرام ، وتعبأ الثمار فيها مباشرة ، كما قد تضاف إليها نشارة الخشب (أو تراب الفلين) ، ويراعى عند التعبئة جفاف الثمار وكذا النشارة تماماً إذ تتعرض الثمار عند ابتلالها أو عند ابتلال النشارة إلى نمو الفطريات على سطحها نمواً شديداً ، وتتراوح المدة المناسبة لتخزين الثمار فى حالة صالحة للاستهلاك عند تعبئتها داخل النشارة بين ٢ — ٤ شهور وذلك فى درجة من الحرارة تبلغ ٣٢° فرنهيتية .

وفضلا عن ذلك فمن المعتاد تبخير عناقيد العنب المعدة للتبريد قبل التخزين بغاز ثانى أكسيد الكبريت ، وذلك إما بخلط الملح الحمضى لمادة كبريتيت الصوديوم بالنشارة أو بتوزيعه فى أركان الصناديق المستخدمة للتعبئة أو بنثره على سطح القماش المغطى للثمار حتى تتعرض الثمار لتأثير الغاز المتصاعد من هذه المادة طول مدة التخزين ، ويتراوح مقدار الملح المستعمل فى هذا الغرض بين ٥ — ١٠ جرام لكل ٤٠ كيلوجرام من الثمار .

٦ — ثمار الخوخ : تتميز ثمار الخوخ على وجه عام بعدم صلاحيتها للتخزين بالتبريد . ويمكن تخزين بعض أصنافها فى حالة صالحة للاستهلاك محتفظة بمعظم صفاتها وخواصها الثمرية المميزة لها عند الاقتصار على تخزين الثمار السليمة الناضجة (غير شديدة النضج إلى حد يفقدها صلابتها) ، فى درجة من التبريد تتراوح بين ٣١° — ٣٢° فرنهيتية ، وفى رطوبة نسبية تتراوح بين ٨٠ — ٨٥ ٪ لمدة من الوقت تتراوح بين عشرة أيام إلى أربعة أسابيع ، وتتعرض الثمار عند التخزين لمدة تزيد عن ذلك لفقد طعمها ، وكذلك لفقد لونها الطبيعى ولجفاف أنسجتها وتصلبها أو إلى شدة لينها وتعجنها ، ويتلون لحم الثمار ، وخصوصاً المنطقة الثمرية المحيطة بالنوى فى كلا الحالتين بلون أسمر داكن .

٧ — المشمش : تبلغ المدة المناسبة لتخزين ثمار المشمش فى حالة صالحة للاستهلاك نحواً من عشرة أيام ويراعى الاقتصار عند إعدادها للتبريد على الثمار المكتملة لمرحلة النضج الثمرى الكامل ، دون أن يزيد نضجها عن حد معين يفقدها قوة تماسك أنسجتها النباتية ، وتتراوح درجة الحرارة الملائمة للتبريد بين ٣٠° — ٣٢° فرنهيتية ، والرطوبة النسبية بين ٨٠ — ٨٥ ٪ ، ولاعداد هذه الثمار للتسويق يجرى نقلها أولا الى الهواء الجوى ، حيث تترك لمدة تقرب من أربعة أيام حتى يتم نضجها دون أن يتغير لونها الطبيعى ، ومن المعتاد أن تتعرض الثمار لفقد طعمها أو انصاب الأنسجة أو لزيادة لينها عند التخزين فى درجات من الحرارة أكثر ارتفاعاً .

٨ — الموز : تتعرض ثمار الموز للتلف الشديد عند النقل للأسواق بعد إنضاجها ، ويفضل لذلك دائماً نقل الثمار للأسواق وهى خضراء صلبة القوام ثم إنضاجها صناعياً ، ويمكن تخزين الثمار الناضجة لمدة تتراوح بين ٧ — ١٠ أيام فى درجات من الحرارة تتراوح بين ٥٦° — ٦٠° فرنهيتية ورطوبة نسبية تقدرها ٨٥٪ ، وتبلغ درجة الحرارة المناسبة لتخزين ثمار الموز الخضراء ٥٦ فرنهيتية ، ويراعى عدم تخزينها فى درجات أكثر انخفاضا عن هذه الدرجة حتى لاتتعرض الثمار لحالة فسيولوجية خاصة تمنع تلونها بلون أصفر طبيعى ، حيث تكتسب فى هذه الحالة لوناً أغبر غير زاهى بعد إنضاجها صناعياً عند إعدادها للتسويق ، وتصلح الثمار للبقاء مخزنة فى هذه الدرجة من الحرارة محتفظة بصفاتها وخواصها الطبيعية لمدة تتراوح بين ٢ — ٨ شهور تبعاً لصنفها .

٩ — ثمار التفاح : تتوقف صلاحية التفاح للبقاء بدون تلف إلى حد كبير عند تخزينها داخل الثلاجات على عمليات الفلاحة ، إذ يجب أن تتميز الثمار المعدة للتبريد باكتمال تكونها الثمرى وتلونها الطبيعى ، وفضلا عن ذلك يجب مراعاة القواعد الفنية المختلفة المتعلقة بكل من عمليات القطف والتدريج والتعبئة والنقل ، بمعنى أنه يجب عدم تعريض الثمار خلال هذه العمليات للخدش أو للتمزق أو للتهشم ، وأن تخزن الثمار فى أقصر وقت بعد القطف ، وتتراوح درجات الحرارة الملائمة لتخزين معظم أصناف ثمار التفاح بين ٣١° - ٣٢° فرنهيتية ، والرطوبة النسبية بين ٨٥ — ٨٨ ٪ ، ويتوقف طول مدة التخزين على الصنف المخزن ، فتتراوح مدة تخزين صنف (Mc. Intosh) بين ٢ — ٤ شهور ، وصنف (Delicious) بين ٥ — ٦ شهور ، وصنف (Baldwin) بين ٥ — ٧ شهور ، وصنف (Winesap) بين ٧ — ٨ شهور ، ومن المعتاد إخراج الثمار من الثلاجات عند إعدادها للتسويق بمدة تتراوح بين أسبوعين إلى شهر واحد نظراً لشدة لين أنسجتها بعد إخراجها من الثلاجات مما يمنع الاحتفاظ بها فى حالة صالحة للتسويق لمدة طويلة عند تعرضها للهواء الجوى المعتاد ، وتتوقف سرعة تعرضها للتلف بعد اخراجها من الثلاجات على قيمة درجة حرارة الهواء الجوى الملامس لها ، فتتلف فى درجة قدرها ٧٠° فرنهيتية بسرعة مضاعفة لما تتلف بها فى درجة ٥٠° فرنهيتية ، وبسرعة فى الدرجة الأخيرة لما تتلف بها فى درجة ٤٠ فرنهيتية ، وبسرعة مضاعفة فى الدرجة الأخيرة لما تتلف بها فى درجة ٣٢ فرنهيتية ، وفضلا عن ذلك يجب معاينة الثمار المبردة حال تخزينها من وقت لآخر ، وفصل ماقد يلين لبيعه قبل تلفه ، ومن المهم أن تلف الثمار المعدة للتبريد فى ورق زيتى ثم تعبأ فى الصناديق المعدة للتعبئة بعد ذلك ، وقد يكتفى فى هذه الحالة

بتعبئتها معراة فى براميل خشبية أو فى صناديق ثم ملء ما قد يوجد بينها من الفراغات المختلفة بقطع رقيقة مجزأة إلى أجزاء صغيرة من الورق الزيتى الرقيق . والغرض من هاتين العمليتين هو منع تلف أنسجتها عند التصاق الثمار المعراة ببعضها .

١٠ — ثمار الكمثرى : تنقسم أصناف ثمار الكمثرى من وجهة صلاحيتها للتبريد إلى قسمين : يشمل الأول صنف البارتلت ويشمل الثانى الأصناف الناضجة فى الخريف، وتقطف ثمار الكمثرى البارتلت بمجرد بدء فقدها اللون الأخضر الغزير ، وتتراوح مدة تخزينها فى حالة صالحة للاستهلاك بين ٤٥ — ٦٠ يوماً فى درجة تتراوح بين ٣٠° — ٣١° فرنهيتية ، ورطوبة نسبية قدرها ٨٥ — ٩٠٪ ، وتتوقف طول مدة تخزين ثمار كمثرى الخريف كصنف السيكل . وصنف الكوميس ، على نوع الصنف المعدة للتبريد، وتتعرض هذه الثمار عادة لتوفطر البوتريتس . ولذلك يرتبط طول مدة التخزين ارتباطاً كبيراً بسرعة إتمام عملية التبريد . ويفضل تخزين الثمار بعد قطفها مباشرة ، وتتراوح مدة التخزين بين ٢ — ٣ شهور لصنف نيليس الشتاء ، ويراعى عند النقل الطويل تبريد الثمار أولا بمجرد قطفها ثم نقلها مبردة إلى أماكن التخزين لمنع نمو الفطريات على سطحها .

ونورد فيما يلى جدولا ببيان درجات الحرارة والرطوبة النسبية ومدة التخزين ودرجات التجمد لثمار بعض الفاكهة وهو :

الفاكهة	درجة حرارة التبريد مقدرة بالدرجات الفرنهيتية	النسبة المئوية للرطوبة النسبية	مدة التخزين	درجات تجمد الثمار مقدرة بالدرجات الفرنهيتية
للتفاح	٣١ — ٣٢	٨٥ — ٨٨	مختلفة	٢٨,٤
المشمش	٣٠ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	١٠ أيام	٢٨,١
الزبدية	٤٠ — ٥٥	٨٥ — ٩٠	شهر إلى شهرين	٢٧,٢
الموز	٥٦	٨٩	٣ — ٨ شهر	—
الكريز	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	١٠ — ١٤ »	٢٤ — ٢٨
الجريب فروت	٤٥,٣٢ — ٤٥	٨٥ — ٩٠	٦ — ٨ أسابيع	٢٨,٤
العنب	٣١ — ٣٢	٨٥ — ٩٠	٤ — ٦ »	٢٤,٩
الليمون الأضاليا	٥٥ — ٥٨	٨٥ — ٩٠	٤ أسابيع - ٤ شهور	٢٨,١

الفاكهة	درجة حرارة التبريد مقدرة بالدرجات الفرنهيتية	النسبة المئوية للرطوبة النسبية	مدة التخزين	درجات تجمد الثمار مقدرة بالدرجات الفرنهيتية
الليمون البلدى	٤٥ — ٤٨	٨٥ — ٩٠	٦ — ٨ أسابيع	٢٩,٣
الزيتون	٤٥ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	٤ — ٦ »	٢٨,٥
البرتقال	٣٢ — ٣٤	٨٥ — ٩٠	٨ — ١٠ »	٢٨
الخوخ	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	٢ — ٤ »	٢٩,٤
الكمثرى	٢٩ — ٣١	٨٥ — ٩٠	مختلفة	٢٨,٥
الأناناس	٤٠ — ٤٥	٨٥ — ٩٠	٢ — ٤ أسابيع	٢٩,٩
البرقوق	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	١ — ٢ »	٢٨
الشليك	٣١ — ٣٢	٨٠ — ٨٥	٧ — ١٠ يوم	٢٩,٩
الفاكهة الجافة	٣٢ — ٥٠	٧٠ — ٧٥	١ — ٢ سنة	—
المكسرات	٣٢ — ٥٠	٧٥ — ٨٠	٨ — ١٢ شهر	٢٣,٢٠

الخضروات :

١ — درنات البطاطس : تتوقف الخواص المهمة لدرنات البطاطس أثناء التخزين على درجات حرارة أماكن التخزين ، وتعتبر الدرجات المتراوحة بين ٥٠° — ٦٠° فرنهيتية كأفضل الدرجات الملائمة لاحتفاظ الدرنات بصفاتها المختلفة ، غير أنه لايتيسر تخزينها لمدة طويلة فى هذه الدرجات نظراً لنشاط عيونها وانبثاقها (تنبيتها) فى هذه الحالة مما يقلل أهميتها التجارية بالتالى ، ويمكن تخزين الدرنات فى درجة من الحرارة تبلغ ٤٠° فرنهيتية لمدة تتراوح بين ٣ — ٥ شهور بدون أن تفقد عيونها سكونها النباتى ، ويتوقف فى الواقع طول مدة التخزين الحقيقية على صنف الدرنات المخزنة ، ومن المعتاد أن تنبت عيونها عند زيادة طول مدة تخزين الدرنات على وجه عام عن خمسة شهور فى الدرجة المذكورة ، وفضلا عن ذلك يمكن تخزينها لمدة طويلة للغاية بدون أن تفقد عيونها سكونها النباتى عند التخزين فى درجة تتراوح بين ٣٦° — ٣٨° فرنهيتية ، وتعبأ الدرنات المعدة للتخزين فى الثلاجات داخل أكياس تتراوح سعتها بين ١٠٠ — ١٥٠ رطلا ، وتتراوح الرطوبة النسبية للهواء المبرد المحيط بها بين ٨٥ — ٩٠٪ ، كما يجب الاقتصار على تخزين الثمار السليمة الخالية من الفساد أو العطب أو الخدوش حتى يمكن الاحتفاظ بها فى حالة صالحة للتسويق أو للزراعة طول فترة التخزين .

التغير الكيمائى فى البطاطس أثناء التخزين .

تنحصر المكونات الرئيسية للبطاطس فى النشاء والسكريات ، فينطلق غاز ثانى أكسيد الكربون عند تخزين البطاطس لتنفس الدرنات واحتراق السكريات بفعل الأكسيجين . وقد أثبتت التجارب العديدة لباركر وجود علاقة للسكروز بانزيمات التنفس ، والتفاعلات الكيمائية المتعلقة بعملية التنفس هى سلسلة يدخل فيها مركبات السكريات الفوسفاتية (Phosphorylation).

ويتوقف تركيب السكريات بالبطاطس على درجة الحرارة المستخدمة فى أعمال التخزين ، فيتنفس البطاطس بشدة فى درجات الحرارة المرتفعة ، وتأخذ السكريات فى الانحلال بالتأكسد كما يتحلل النشاء بسرعة إلى مكوناته السكرية ، ويؤدى تخزين الدرنات فى درجات منخفضة (١ — ٢° مئوية) إلى انحلال النشاء وتجمع السكر وتعترف هذه الحالة (Sweatening) .

وتختلف الاعتبارات المتعلقة بالتنفس اللاهوائى للبطاطس على تخزين الدرنات فى جو خال من الأكسيجين تماماً ، أى فى وجود غاز متعادل كالأزوت ، فقد أثبتت أبحاث الدكتور الصيفى فى عامى ١٩٣٩ ، ١٩٤٠ بطء عملية تنفس البطاطس وانحلال السكروز واحتفاظ الجلوكوز والفركتوز بتركيبهما الكيميائى تقريبا ، وتتجمع فى الوقت ذاته كميات كبيرة من حامض اللكتيك بالدرنات ، ويرجع تكون معظم هذا الحامض إلى السكريات المعقدة والنشاء ، ولقد دلت أيضاً الأبحاث السابقة على صلاحية البطاطس للتخزين فى جو خال من الأكسيجين فى حالة صالحة للتسويق لمدة تتراوح بين ١٠ — ١٤ يوماً .

ويؤدى إخراج البطاطس ثانية للهواء الجوى إلى تنشيط الأنزيمات المتعلقة بعملية التنفس تنشيطاً شديداً ، ويتأكسد الجزء الأكبر من حامض اللكتيك الموجود بالدرنات إلى غاز ثانى أكسيد الكربون . ويتحول غالباً الجزء الباقى من الحامض إلى مواد كربوايدراتية ، كما يزداد فى نفس الوقت تركيز السكريات إلى حد يماثل مقداره الأصلى . ويحسن التنويه هنا باختلاف تنفس البطاطس عن الفاكهة كالتفاح فى جو لاهوائى . فتكون الأخيرة كحول الايثايل واسيتالدهيد ، ولم يجد الصيفى أثراً ما للمادتين السابقتين فى درنات البطاطس عند تخزينها فى جو لاهوائى .

٣ — البصل : يتعرض البصل بشدة لنمو فطر رمادى اللون فى قمة البصيلات يعرف بالتعفن القمى (Neck-rot) ويتميز هذا الفطر بصلاحيته الشديدة للنمو فى الدرجات المنخفضة من التبريد وينموه كذلك فى درجة ٣٢ فرنهيتية المستعملة فى تبريد البصل . وتعتبر هذه الدرجة كأفضل الدرجات الملائمة لاحتفاظه بسكونه النباتى وبعدم تعرضه إلا لمقدار يسير من التلف ، ويجب الاقتصار على تخزين البصل الناضج السليم الخالى من الفساد وخصوصاً من

إصابات التعفن القمى ، كما يفضل دائماً تجفيفه لمدة تتراوح بين ٤ — ٣ أسابيع قبل إعداده للتبريد مع فصل التالف منه من وقت لآخر .

ويتوقف نجاح تبريد البصل إلى حد كبير على مقدار الرطوبة النسبية الموجودة بهواء الثلاجات المخزن فيها ، ويفضل حفظه فى درجة تتراوح بين ٧٠ — ٧٥ ٪ ، ويتعرض البصل عند ارتفاع درجة تركيز الرطوبة فى الهواء المحيط به عن المقدار السابق إلى نمو جذوره وانحلاله ، ويعبأ البصل المعد للتبريد فى أكياس تتراوح سعتها بين ٥٠ — ١٠٠ رطل ، ويجب تنظيم تخزينها داخل حجر التبريد حتى يتسنى للهواء المبرد أن يتخللها ، كما يجب وضع الأكياس الملاصقة لأرضية الثلاجات على كتل خشبية مرتفعة قليلا عن سطح الأرضية ومتباعدة عن بعضها بمسافات ضيقة .

٣ — الثوم : لا يختلف تبريد الثوم عما تقدم بالنسبة للبصل ، وتتراوح مدة تخزينه فى حالة صالحة للاستهلاك فى درجة ٣٢° فرنهيتية بين ٦ — ٨ شهور على شرط الاقتصار على تخزين البصيلات الناضجة والخالية من الفساد والتى تم جفافها قبل التخزين .

ويبين الجدول الآتى درجات حرارة التبريد والرطوبة النسبية ومدة التخزين ودرجة التجمد لبعض الخضروات وهو :

اسم الخضار	درجة حرارة التبريد مقدرة بالدرجات الفرنهيتية	النسبة المئوية للرطوبة النسبية فى الهواء المبرد	مدة التخزين	درجة التجمد للخضروات مقدرة بالدرجات الفرنهيتية
الهليون	٣٢	٨٥ — ٩٠	٣ — ٤ أسابيع	٢٩,٨
الفول الأخضر	٣٢ — ٤٠	٨٥ — ٩٠	٣ — ٤ »	٢٩,٧
البنجر	٣٢	٩٠ — ٩٥	١ — ٣ شهر	٢٦,٩
الكرنب	٣٢	٨٥ — ٩٠	١٠ أيام	٢٩,٢
الجزر	٣٢	٩٠ — ٩٥	٢ — ٤ شهر	٢٩,٦
القنبيط	٣٢	٨٥ — ٩٠	٢ — ٣ أسابيع	٣٠,١
الكرفس	٣١ — ٣٢	٩٠ — ٩٥	٢ — ٤ شهور	٢٩,٧
الذرة (غير الجافة)	٣١ — ٣٣	٨٥ — ٩٥	٤ — ٨ »	٢٨,٩
الخيار	٤٥ — ٥٠	٨٠ — ٨٥	٦ — ٨ »	٣٠,٥
الباذنجان	٣٥ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	١٠ »	٣٠,٤
الثوم (الجاف)	٣٢	٧٠ — ٧٥	٦ — ٨ شهر	٢٥,٤

الخضـــار	درجة حرارة التبريد مقدرة بالدرجات الفرنهيتية	النسبة المئوية للرطوبة النسبية فى الهواء المبرد	مدة التخزين	درجة التجمد للخضروات مقدرة بالدرجات الفرنهيتية
الفجل البلدى	٣٢	٩٠ — ٩٥	٤ — ٦ أيام	٢٦,٤
الخس	٣٢	٩٠ — ٩٥	٢ — ٣ أسابيع	٣١,٢
البطيخ	٣٦ — ٤٠	٧٥ — ٨٥	٢ — ٣ أسابيع	٢٩,٢-٢٨,٨
البصل	٣٢	٧٠ — ٧٥	٥ — ٦ شهر	٣٠,١
البسلة الخضراء	٣٢	٨٥ — ٩٠	١ — ٣ أسابيع	٣٠,٠
الفلفل الأخضر	٣٢	٨٥ — ٩٠	٤ — ٦ أسابيع	٣٠,١
البطاطس	٣٦ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	مختلفة	٢٨,٩
القرع العسلى	٥٠ - ٥٥	٧٠ — ٧٥	٢ — ٦ شهر	٣٠,١
الأسفناخ	٣٢	٩٠ — ٩٥	٧ — ١٠ أيام	٣٠,٣
القرع	٥٠ — ٥٥	٧٠ — ٧٥	٢ — ٦ شهر	٢٩,٣
البطاطا	٥٠ — ٥٥	٨٠ — ٩٠	٤ — ٦ شهر	٢٨,٥
الطماطم	٤٠ — ٥٠	٨٥ — ٩٠	٧ — ١٠ أيام	٣٠,٤
اللفت	٣٢	٩٠ — ٩٥	٢ — ٤ شهر	٣٠,٥

تبريد الفاكهة والخضروات فى جو هوائى معدل : وهى طريقة حديثة لاتزال تحت الدراسة، ويرجع الفضل الأول فى أبحاثها إلى رجال محطة التبريد بكامبردج . وقد بدأت دراستها بعد الحرب العالمية الأخيرة (عام ١٩١٨) . وتتلخص فى تنظيم مقدارى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون بهواء حجر التبريد لتخزين الفاكهة والخضروات لمدة طويلة ، مع الاحتفاظ بأكبر حد ممكن من صفاتها الثمرية الطبيعية ، وأنه رغما عن مزايا عملية التبريد العادية تتعرض الثمار الحية المخزونة بها إلى تدهور شديد فى صفاتها بعد مدة من الوقت فضلا عن انحلال بعض مركباتها الكيمائية المتعلقة بالتنفس .

ويبلغ تركيز الأكسجين بحجر التبريد فى هذه الحالة نحواً من ٣ ٪ ، وثانى أكسيد الكربون نحواً من ٥ ٪ ، ودرجة الحرارة فى المتوسط نحواً من ٤٠° فرنهيتية ، والرطوبة النسبية بين ٨٥ — ٩٨ ٪ .

وتنحصر مزايا التبريد فى الجو الهوائى المعدل فى مضاعفة طول مدة التخزين ، والاحتفاظ

بصلابة الأنسجة النباتية وعدم انحلالها ، والمحافظة على لون الثمار ونضارتها ، وصلاحية الثمار بعد إخراجها من حجر التبريد للبقاء مدة مناسبة من الوقت دون أن تتعرض للتلف السريع .

وتراعى الاعتبارات المعتادة عند إقامة حجر التبريد المعدة للتخزين فى هذه الحالة ، ويفضل ألا تزيد سعتها عن ٤٠ — ٥٠ طناً حتى يتسنى تعبئتها دفعة واحدة بالثمار وعدم الالتجاء إلى فتحها بعد تنظيم مكونات جوها الداخلى ، ويجب أن تكون صماء مانعة لنفاذ الغازات وتغطى جدرانها وسقوفها بألواح من الحديد المجلفن وتقام أرضياتها من الخرسانة ثم تطلى بمادة غير منفذة للغازات كالفازلين أو ما ماثله ، ولا يتسنى عادة مقاومة نفاذ الغازات للخارج التى تفقد يومياً بواقع ٦ ٪ من حجمها ويعادل هذا النقص بالتنظيم اليومى لهواء حجر التبريد .

ويتميز غاز ثانى أكسيد الكربون بكونه أحد ناتجات تحلل المواد الكربوايدراتية للأنسجة النباتية ويؤدى وجوده بمقادير صغيرة إلى تنشيط أنزيمات التنفس ، وبمقادير كبيرة إلى تثبيطها ، وبمقادير أكبر إلى حالات من التسمم ، ويتوازى حجم هذا الغاز المنطلق من الثمار مع حجم الأكسيجين المستعمل فى عملية التنفس والاحتراق ، وبمعنى آخر يزداد تركيز هذا الغاز تدريجياً داخل حجر التبريد ذات الجو المعدل (فى حالة إحكام منافذها) ويتناقص تركيز الأكسيجين بالمثل داخلها وبذلك لا يتغير مجموعهما فى الهواء العادى (٢١ ٪ تقريباً) ، ويتسنى تعديل مقدارها فى جو حجر التبريد بالتهوية الطبيعية فيرتفع تركيز الأكسيجين وينخفض مقدار غاز ثانى أكسيد الكربون بالتالى مع مراعاة تركيب الهواء الجوى والنسبة المطلوبة لهما فى جو الحجر .

حفظ الفاكهة والخضروات ومنتجاتها فى درجات التجمد :

وهى صناعة حديثة العهد ترجع إلى عام ١٩٠٧ عندما استخدمت لأول مرة فى حفظ الفاكهة المعدة لصناعة المثلوجات والفطائر والمربيات ، ثم اتسع نطاقها التجارى منذ عام ١٩٢٩ لظهور أبحاث التجمد السريع ووسائله الميكانيكية . فأمكن حفظ الخضروات وعصير الفاكهة (وهما مادتان حيويتان فى التغذية اليومية) فى حالة جيدة تضارع المواد الطازجة ، ولا تزال هذه الصناعة فى طورها الأول وتعترضها عقبات تقلل انتشارها ومنافسة المنتجات المعبأة بالعلب الصفيح ، فهى لا تزال مرتفعة الثمن مما يضعها فى مرتبة المواد الكمالية ، فضلا عن خلو معظم محال البقالة والمنازل من ثلاجات مبردة إلى درجة مناسبة لحفظها وتخزينها ، وكذلك يؤدى اختلاف حالتها العامة وعدم الإلمام بطرق استخدامها إلى تقليل مدى الاقبال عليها ،

ونظراً لمنافستها المباشرة للمواد الغذائية الطازجة فان كل تقدم فى إنتاج المواد الأخيرة أو فى تعبئتها وإعدادها ، يعمل فى الواقع على وأد هذه الصناعة الناشئة ، غير أن شدة التوسع فى نواحيها المختلفة ، خلال السنين الأخيرة فى الولايات المتحدة الأمريكية، يدل على نجاحها التجارى هناك ، كما قد يدل على مستقبلها فى البلدان الأخرى، وتتوقف هذه الصناعات على عدة اعتبارات أهمها طريقة التبريد إلى درجات التجمد ، وأوانى التعبئة ، ومدى صلاحية المواد للحفظ بالتجمد ، والتخزين ، والشحن ، والتسويق ، وسنتناول دراستها فيما يأتى :

طرق التجمد — وقد مر شرحها .

أوانى التعبئة — تتوقف صلاحية الأوانى للتعبئة على عدة عوامل مهمة ، فتتطلب الناحية التجارية الرخص والمتانة وتناسق الحجم والصلاحية للتعبئة الآلية والتسويق وارضاء المستهلكين ، وتتطلب الناحية الكيمائية خفض النشاط الأنزيمى والكيمائى إلى أقل حد ممكن بتقليل ملامسة المواد المعبأة بداخلها للهواء الجوى ، كما يجب أن تكون المواد المستخدمة فى صناعة جدرانها عديمة الطعم والرائحة خالية من المواد السامة . كذلك يراعى أحياناً فى بعض الأوانى أن تكون صالحة لحفظ تفريغ هوائى بداخلها ، أو الاحتفاظ بغاز غير فعال بدلا عن الهواء ، وتتطلب الناحية الطبيعية عدم نفاذ الرطوبة أو أبخرة الماء خلال جدران الأوانى لخفض حالة الجفاف الناشىء عن التبخر إلى أقل حد بالتالى .

وتنحصر الأنواع المهمة للأوانى المستخدمة فى تعبئة المواد المجمدة على وجه عام فى البراميل الخشبية ، والعلب الصفيح المصنوعة من الورق المقوى ، ويراعى استعمال البراميل المصنوعة من خشب الأرو وأن تكون جدرانها الداخلية مطلاة بالبرافين ، وأن تكون فتحتها رأسية ، وتتراوح الأحجام الشائعة بين ٢٠ — ٢٠٠ لتراً ، وتستخدم كذلك فى هذه الصناعة العلب الصفيح المطلاة من الداخل بمادة ورنيشية مناسبة ، فيستعمل (Enamel-C) فى تعبئة المواد المحتوية فى تركيبها على عنصر الكبريت كالبسلة وبعض المنتجات الحيوانية، و (Enamel-R) فى تعبئة المواد الحمراء و (Enamel-L) فى تعبئة عصير البرتقال ، ويتراوح حجم العلب المستعملة بين ٧,٥ — ٥٠ رطل وهى مربعة الشكل عادة وذات غطاء محكم من النوع الملعقى (كغطاء علب الزيت والحلوى) ، وتختلف أحجام وأشكال العلب المصنوعة من الورق المقوى تبعاً لنوع المادة المعبأة وطريقة التعبئة والطلب التجارى ، وتصنع جدرانها من الورق المقوى المطلى بالبرافين وتقفل بغطاءات تنزلق داخل حافتها العليا المجوفة أو بقطع معدنية ، وشكلها العام أسطوانى أو كوبى ، كذلك تستخدم فى أعمال التعبئة صناديق من الورق المقوى مستطيلة الشكل

وتبطن فى هذه الحالة بورق مصقول كالسيلوفان لمنع نفاذ الرطوبة ، ويتراوح على وجه عام حجم العلب والصناديق بين بضع أوقيات إلى عدة أرطال .

وتعبأ الأوانى السابقة عند إعادتها للتسويق داخل صناديق كبيرة من الورق المقوى السميك المزدوج الجدران ، وتختلف أحجامها تبعاً لحجم وعدد الأوانى المعدة للتعبئة بداخلها ، ويراعى شحن مثل هذه الصناديق داخل عربات مبردة صناعياً أو زيادة سمك جدران الصناديق عند الشحن السريع لمسافات قصيرة ، كذلك قد تستخدم فى عزل هذه الصناديق ألواح من الفلين أو اللياد أو الخشب الخفيف .

حفظ الفاكهة بالتجميد :

تتميز الفاكهة المختلفة بصعوبة احتفاظها بمظهرها وقوامها وطعمها ولونها عند التجمد . وتتطلب معظم انواعها التعبئة داخل محاليل سكرية أو ممتزجة بالسكر أو معاملتها بطريقة مناسبة للاحتفاظ بخواصها الطبيعية ، ويجب انتخاب الأصناف الصالحة للتجمد وأن تكون ناضجة نضجا ملائما لهذا الغرض بأن تتوفر فى ثمارها الصلابة واكتمال الصفات الثمرية المميزة لها .

وتنحصر أهم أصناف التفاح المستخدمة فى هذا الشأن فى (Winesap & Baldwin & Gravenstein & Jonathan) والمشمش فى (Blenheim & Tilton) والتين فى (Brown Turkey & Mission)والعنب فى الأصناف المتنوعة للمسكات و (Thomas) و (Concord)والخوخ فى (J.H. Hale & Elberta) والبرقوق فى (Monitor & Yellow Egg & Damson & Redwing) والشليك فى (Klondike & CorvallisMarshall & Big Late & Big Joe & Fruitland & Missionary & Clark Seedling) .

وتختلف طرق التعبئة تبعاً للثمار ، فتجمد ثمار الكرانبرى مباشرة بدون أية معاملة خلاف عمليتى الفرز والغسيل ، كما تعبأ ثمار الخوخ ، والبرقوق بعد تجزئتها داخل محلول سكرى ، وثمار الشليك الكاملة أو المجزأة أو المهروسة بعد مزجها بالسكر ، ويراعى عند إضافة السكر أو المحاليل السكرية تخزين الثمار فى مكان بارد بعد تعبئتها حتى يتم امتصاصها للسكر ما عدا الحالات التى يخشى فيها التفاعل الأنزيمى كثمار الخوخ المجزأة فانه يجب تبريدها بسرعة إلى درجات التجمد بعد التعبئة مباشرة .

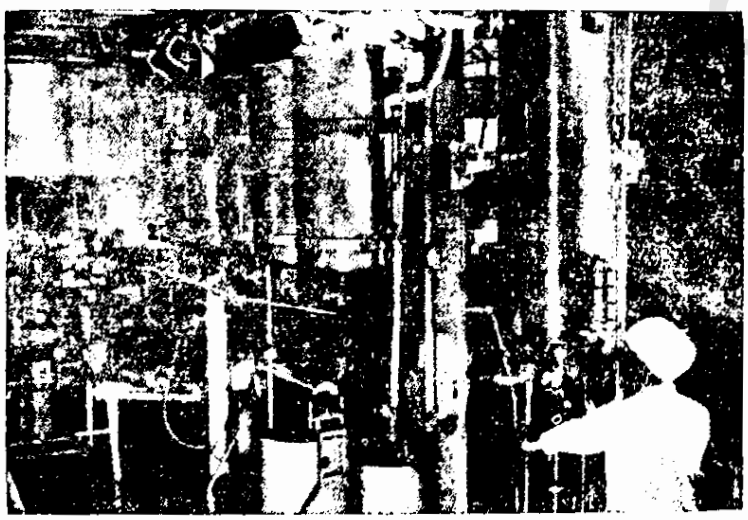
وتنقسم طرق التجمد المستعملة إلى نوعين ، وتتلخص الطريقة الأولى وهى البطيئة والقديمة

فى تخزين المواد المعبأة داخل حجر مبردة إلى درجة ١٠° فرنهيتية تقريباً حتى يتم تسويقها ، وتتلخص الطريقة الثانية وهى السريعة والحديثة فى تبريد الثمار بعد تعبئتها مباشرة إلى درجة — ٤٥° فرنهيتية ، ولا تختلف طرق تجهيز الثمار للتعبئة عما سبق ذكره فى بعض أبواب هذا الكتاب ، فيما عدا إضافة السكر للفاكهة بنسبة ١ : ٤ أو ١ : ٣ أو استعمال محلول سكرى يتراوح تركيزه بين ٤٠ — ٥٠ ٪ ، وتنحصر التغيرات المهمة بثمار الفاكهة المجمدة فى فقد قوة صلابتها وتمزق أنسجتها ، وتأكسد لونها وبعض خواصها الكيمائية ، كما تتعرض بشدة تعرضها لفعل الأحياء الدقيقة عند البطء فى استهلاكها بعد إخراجها من حجر التخزين المبردة.

حفظ عصير الفاكهة بالتجميد :

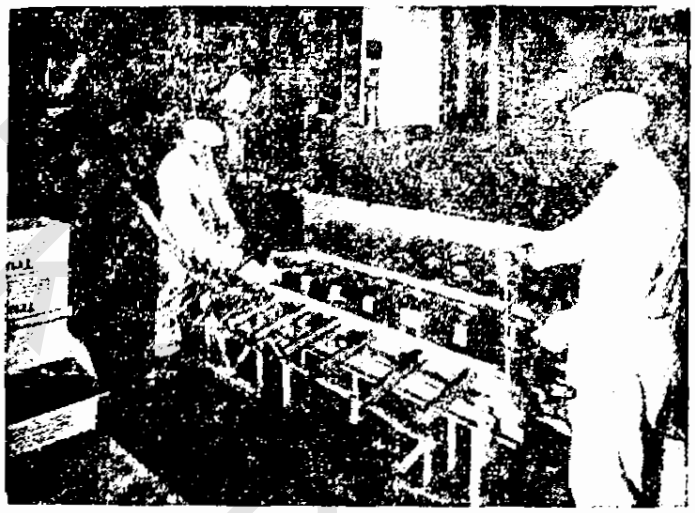
وأهم أنواعها هى عصير البرتقال والعنب والسيدر والأناناس ، وأكثرها انتشاراً العصير الأول لأهميته الغذائية الخاصة ، وتستخدم على وجه عام فى أغراض التغذية وكذلك فى صناعة المثلوجات والمشروبات المرطبة وخصوصاً المياه الغازية الطبيعية ، ويتعرض عصير البرتقال للتلف الكيمائى السريع عند بطء استهلاكه بعد الانصهار بخلاف الأنواع الأخرى التى تحتفظ بمعظم خواصها الطبيعية .

وتتلخص عمليات الحفظ فيما سبق ذكره فى باب عصير الفاكهة من وجهتى التحضير والتهوية ، ثم يعبأ العصير بعد ذلك داخل علب من الصفيح جدرانها الداخلية مطلاة بمادة عازلة مناسبة ، ويفضل تبريده قبل التعبئة إلى درجة ٣٠° فرنهيتية ثم تجميده بطريقة فينيجان أو داخل محلول ملحى مبرد إلى درجة تتراوح بين صفر° و — ٢° فرنهيتية ، وتراعى فى حالة



خلخلة هواء عصير البرتقال

عصير البرتقال التعبئة تحت تفريغ هوائى أو بعد إحلال غاز غير فعال كالأزوت محل الهواء الجوى ، ويخزن عصير العنب فى درجة ٣٠ فرنهيتية لمدة ٢٤ — ٣٠ ساعة حتى يتم ترويقه أولياً ثم يفصل الجزء الرائق ويعبأ داخل براميل أو علب كبيرة ويخزن داخل ثلاجات مبردة إلى درجة تتراوح بين صفر — ١٠ فرنهيتية حتى يتم تجمدها ثم يخزن بعد ذلك داخل حجر



طرف الاستقبال فى جهاز فينيجان لتجمد عصير الفاكهة

مبردة إلى درجة ١٥ — ٢٠ فرنهيتية . ويفضل ترويق عصير التفاح بالأنزيمات المحللة للمادة البكتينية ولا تختلف طرق تجمد الأنواع الأخرى عما ذكر .

حفظ الخضروات بالتجمد :

وهى صناعة أكثر أهمية تجارية عن الفاكهة المجمدة ، ولقد تيسر فى الوقت الحاضر إنتاج مواد تحتفظ بخواصها وتنافس فى ذلك الخضروات الطازجة المماثلة لها ، وتنحصر الأنواع الرئيسية للخضروات المجمدة فى البسلة وفول الليما وكرنب بروكسل والهليون والفاصوليا الخضراء والقنبيط والذرة السكرية وعيش الغراب والاسفناخ والقرع والجزر والراوند .

وتتلخص الأصناف المستخدمة فى الحفظ للبسلة فى (Telephone & Thomas Laxton & Onward & Alderman & Stratagem) وغيرها ، ولفول الليما فى (Fordhook & Henderson Bush) ، ولكرنب بروكسل فى (Christmas Calabrese) وللهليون فى (Martha Washingtion & Mary Washington) وللفاصوليا الخضراء فى (Kentucky Wonder Wax & Refugee & Blue Lake) وللقنبيط فى (Perfection & Snowball) وللذرة

السكرية فى سـلالات (Redgreen & Evergreen & Bantam) ولعيش الغراب فى (Agaricus campestris) وللاسفناخ فى (Savoy) وبعض الأصناف الأخرى ذات الأوراق العريضة ، وللقرع فى (Golden Hubbard & Golden Delicious) .

وتتلخص الطريقة العامة للحفظ فيما يأتى :

(١) انتخاب الأصناف الطازجة (٢) تجهيز الخضروات تبعا لما تقدم ذكره فى موضوع حفظ الخضروات داخل العلب الصفيح (٣) السلق فى درجة تتراوح بين ١٧٠° إلى ١٩٠° فرنهيتية لمدة تتراوح بين ٤٥ — ١٠٥ ثانية (٤) التبريد فى ماء بارد أو بالهواء البارد (٥) التعبئة مع اضافة المحلول الملحى بعد تبريده ثم التجمد أو الاكتفاء بالتجمد مباشرة (٦) التجمد البطىء أو السريع تبعاً للرغبة .

ويبين الجدول الآتى طرق التعبئة والتجمد للخضروات المختلفة وهو :

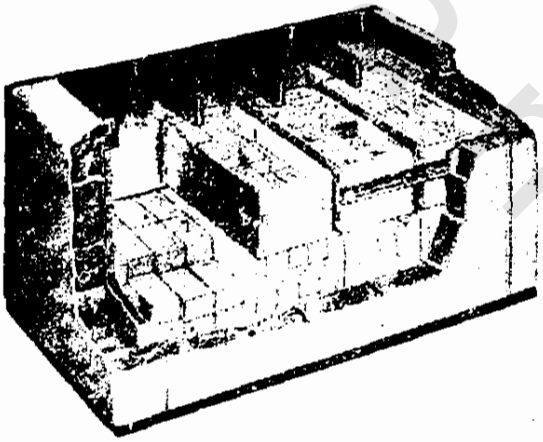
النوع	طريقة التعبئة	طريقة التجمد	الدرجه المستخدمة للتجمد
البسلة . .	فى حالة جافة (عادة)	التجمد السريع	— ٥ فرنهيتية
فول الليما .	فى حالة جافة (عادة)	» »	— ٥ »
كرنب بروكسل .	فى حالة جافة أو رطبة (محلول ملحى قوة ٢ ٪)	» »	— ٢٩ »
الهليون . .	فى حالة جافة	» »	— ٢٩ »
الفاصوليا الخضراء	فى حالة جافة (عادة)	» »	— ٢٩ »
القنبيط .	فى حالة جافة أو رطبة	» »	— ٢٩ »
الذرة السكرية .	فى حالة جافة أو رطبة	» البطىء	صفر — ١٥ ف
عيش الغراب .	فى حالة جافة أو رطبة	» »	صفر — ١٥ »
الاسفناخ . .	فى حالة رطبة	» »	صفر — ١٥ »

للتخزين : تتراوح درجة حرارة حجر التبريد المعدة لتخزين الفاكهة والخضروات المجمدة بين صفر° إلى + ٥° فرنهيتية ، وتخزن بعض هذه الأنواع كالتفاح والخوخ والهليون والذرة السكرية والفاصوليا الخضراء وعيش الغراب فى درجة — ٥° فرنهيتية ، وتعبأ الأوانى قبل التخزين داخل صناديق الشحن أو داخل صناديق خشبية أو صوانى خشبية عادية ، ويراعى تنظيم تخزينها بحيث تتيسر حركة الهواء البارد حولها وبحيث تصف الطبقات السفلية منها فوق قطع من الخشب بارتفاع ثمانى سنتيمترات تقريبا عن سطح الأرض على أن يقل ارتفاع الكومة الواحدة منها بقدم كامل عن السقف وبست بوصات عن أنابيب التبريد المعلقة به على الأقل.

الشحن : وهى عملية رئيسية تتوقف عليها إلى حد كبير الصفات العامة للمواد الغذائية المجمدة ، فالأصل فى هذه الصناعة الاحتفاظ بجميع الخواص المميزة لهذه المواد من حين القطف حتى الاستهلاك ، ولذلك يجب الشحن دائماً داخل عربات سكك حديدية أو سيارات مبردة إلى درجة ملائمة لحفظها فى حالتها المجمدة وتستخدم فى عملية التبريد قطع الثلج أو الثلج الجاف أو آلات التبريد ذات نظام چل السليكا ، وتستعمل كذلك فى الوقت الحاضر صناديق معزولة معدة للتبريد بالثلج الجاف تبلغ حرارتها نحواً من ١٥° فرنهيتية فى شحن المقادير الصغيرة التى لا تزيد عن ١٠٠٠ رطل ، كما توجد أيضاً صناديق مزودة بآلات للتبريد معدة للعمل المباشر عند إيصالها بالتيار الكهربائى للبواخر وتبلغ درجة حرارتها نحواً من — ٤° فرنهيتية .

التسويق : يرجع نحواً من ٩٠٪ من الفشل الذى منيت به هذه الصناعة فى عهودها الأولى حتى وقت قريب إلى إهمال تنظيم عملية التسويق وتزويد محال التوزيع بثلاجات مبردة إلى

ثلاجة معدة لتسويق الفاكهة والخضروات المجمدة .



رسم تفصيلى للثلاجة الجانبية

درجات تجمد مناسبة للمواد الغذائية ، ولقد تيسر أخيراً التغلب على هذه الصعوبة بانتاج ثلاجات غير ثابتة مبردة صناعيا إلى درجة تتراوح بين صفر إلى ١٠° فرنهيتية ، وهى وحدات كاملة تشبه ثلاجات العرض المعتادة المعدة لتبريد اللحوم ومنتجات الألبان إلى درجات البرودة العادية (حوالى ٤٥° فرنهيتية) ، ولا تزال عملية التسويق فى حاجة إلى نظام أكثر مرونة حتى يتيسر تخزين المواد المجمدة داخل ثلاجات ملائمة فى المنازل ومحال الاستهلاك الصغيرة بدون أن تتعرض للتلف السريع عند تخزينها فى درجات أكثر ارتفاعا عما تتطلبه مما يخفض قيمتها بالتالى ويحد من مدى استهلاكها وانتشارها التجارى .

المراجع

ا — كتب

1. American Society of Refrigerating Engineers ; Refrigerating Data Book ; (Annual Book and Catalog).

2. Daniels, G.W. ; Refregiration in The Chemical Industry ; (1926).

3. Moyer, J. A. and Fittz, R. U. ; Refrigeration ; (1932).

4. Tressler, D. K. and Evers, C. F. ; The Freezing Preservation of Fruits, Fruit Juices and Vegetables ; (1936).

5. Tressler, D.K ; Joslyn, M. A. and Marsh, G. L. ; Fruit and Vegetable Juices ; (1939).

6. Wallis-Tayler, A. J. ; Industrial Refrigeration, Cold Storage and Ice Making ; (1929).

7. Williams, H. ; Mechanical Refrigeration ; (1936).

ب — نشرات

1. Diehle, H. C. ; The Frozen-Pack Method of Preserving Berries in the Pacific Northwest ; U.S.D.A. ; Bull. No. 148 ; (1930).

2. Ewing, J. A. ; The Measurement of Humidity in Closed Spaces ; Dept. of Sci. and Ind. Res., Food Invest. Rept. No. 8; (1933).

3. Foreman, F. W. and Smith, G. S. G. ; The Changes Produced in Meat Extracts By the Bacterium Staphylococcus aureus ; Ibid ; Rept. No, 31, (1928).

4. Griffiths, E., Heat Insulators ; Ibid ; Rept. No. 35 ; (1929).

5. Ditto: The Freezing, Storage and Transport of New Zealand Lamb ; Ibid ; Rept. No. 41 ; (1932).

6. Haines, R. B. and Smith, E. C. ; The Handling of Meat in Small Refrigerators ; Ibid ; Leaflet No. 4; (1934).

7. Hardy, W.B. ; The Leakage of Heat into Ships' Insulated Holds ; Ibid ; Rept. No. 34 ; (1929).

8. Joslyn, M A. ; Preservation of Fruits and Vegetables By Freezing Storage ; Univ. of Calif. ; Agr. Expt. Sta. ; Cir. 320 ; (1930).

9. Joslyn, M.A. and Marsh. G.L. ; Changes Occurring During Freezing Storage and Thawing of Fruits and Vegetables ; Univ. of Calif. ; Agr. Expt. Sta. ; Bull. 551 ; (1933).

10. Kidd, F. and West, C. ; The Cold Storage of English Plums ; Dept. of Sci. and Ind. Research, Food Investigation ; Leaflet No. ; (1936).

11. Ditto ; The Refrigerated Gas-Storage of Apples ; Ibid; Leaflet No. 6, (1936).

12. Kidd, F., West, C. and Kidd, M.N. ; Gas Storage of Fruit; Ibid : Rept. No. 30, (1927).

13. Moran, T. and Smith, E. C.; Postmortem Changes in Animal Tissues – The Conditioning or Ripening of Beef : Dept. of Sci. and Ind. Res., Food Inv. ; Dept. No. 35 ; (1929).

14. Morris, T.N. and Barker, J. ; The Preservation of Fruit and Vegetables by Freezing ; Ibid ; Leaflet No. 2 ; (1937).

15. Rose, D.H., Wright, R.C. and Whiteman, T.M.; The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florists, Stocks ; U.S.D.A. Cir. No. 278 ; April, (1938).

16. Saifi, A. E. ; Annual Report of the Dept. of Sci. and Ind. Res ; (1939).

17. Ditto ; Respiratory Metabolism of Potatoes under Anaerobic Conditions ; To be Pub. in the Proceedings of the Royal Society of London.

18. Smith, A.J. ; Experiments on the Leakage of Carbon Dioxide Gas from "Unventilated" Holds of Ships, Ibid ; Dept. No. 24, (1925).

19. Vickery, J.R. ; The Yellowing of the Abdominal Fat of Frozen Rabbits ; Ibid ; Dept. No. 42 ; (1932).

20. Wright, R.C. ; The Freezing Temperatures of Some Fruits, Vegetables, and Florists' Stocks, U.S.D.A. ; Cir. No. 447, (1937).

21. Ditto ; Some Effects of Freezing on Onions ; U.S.D.A. , Circ. No. 415, (1927).

22. Ditto ; Effect of Various Temperatures on the Storage and Ripening of Tomatoes ; U.S.D.A, ; Bull. No. 268, (1931).

23. Woodroof ; J. G. ; Preservation Freezing, Some Effects on Quality of Fruits and Vegetables ; Georgia Expt. Sta.; Exp, Georgia ; Bull No. 168, (1931).

(٢٤) مرعى أحمد مرعى ، البطاطس فى مصر ، أبحاث الخضروات رقم ١ (قسم بلاحة البساتين ، كلية الزراعة) عام ١٩٤١ .

حـ — مجلات

1. Berry, J A, ; Microbiology of the Frozen Pack ; The Glass Pack Age ; April, (1932).

2. Chandler, W.H. ; How Freezing Kills Plants or Plant Parts ; The Fruit Prod. Jour. and Am. Vin. Ind. , Oct. (1932).

3. Chace, E. M. and Poore, H. D. ; Quick Freezing Citrus Fruit Juices and Other Fruit Products ; Ind. and Eng. Chem., Vol. 23 ; Oct. (1931).

4. Cruess, W. V. ; Freezing Storage Investigations at the University of California ; Fruit Prod. Jour. and Am. Vin. Ind, ; Dec. (1931).

5. Fearon, W. R. and Foster, D. L. ; The Autolysis of Beef and Mutton , Bioch. Jour., Vol. XVI, No. 5 ; (1922).

6. Finnegan, W. J. ; Freezing Fruit Juices in Cans ; Fruit Prod Jour. and Am. Vin. Ind. ; Jan. (1941).

7. Gane, R. and Smith, A. J. M. ; Atmosphere Control in Refrigerated Gas Stores For Fruit ; Ice and Cold Storage ; Jan (1937).

8. Haines, R. B. ; Observations on the Bacterial Flora of Some Slaughterhouses ; Jour. of Hygiene ; April, (1933).

9. Joslyn, M. A. ; The Principles and Practice of Preserving Fruits and Fruit Products By Freezing ; Fruit Prod. Jour. and Am. Vin. Ind. ; July, (1930).

10. Ditto ; Why Freeze Fruit in Sirup ; Food Industries ; August, (1930).

11. Ditto ; The Problem of Preserving Orange Juice by Freezing, Ind. and Eng. Chem., June, (1932).

12. Joslyn, M. A. and Marsh, G. L. ; Heat Transfer in Foods During Freezing and Subsequent Thawing ; Ibid. ; Nov. (1930).

13. Ditto ; Observations on the Effect of Rate of Freezing on the Texture of Certain Fruits and Vegetables ; Fruit Prod. Jour. and Am. Vin. Ind. ; July, (1932).

14. Ditto ; Investigations on Temp. Changes in Foods During Freezing and Subsequent Thawing ; Ibid. ; Sept. and Oct., (1932).

15. Ditto ; Observations on Certain Changes occurring During Freezing and Subsequent Thawing of Fruits and Vegetables ; Ibid ; March, (1933).

16. Ditto ; Frozen Orange Juice ; The Glass-Pack Age ; April, (1933).

17. Ditto ; The Keeping Quality of Frozen Orange Juice ; Ind. and Eng. Chem. ; March, (1934).

18. Ditto ; Experiments Conducted on Blanching Action of Vegetables ; Frozen Foods Recorder, (Western Canner and Packer), May—June—July, (1938).

19. Joslyn, M. A. and Mrak, E. M. ; Investigations on the Use of Sulfurous Acid and Sulfites in the Preparation of Fresh and Frozen Fruit For Bakers' Use ; Fruit Prod. Jour. and Am. Vin. Ind, ; Jan, (1933).

20. Kidd, F. and West, C. ; Recent Advances in the Work on

Refrigerated Gas-Storage of Fruit ; Jour. of Pomology and Hort. Science ; Jan., (1937).

21. Lathrop, C. P. and Walde, W. L. ; Change in Concord Grape Juice Composition by Freezing Storage ; Ibid ; Jan., (1928).

22. Marsh. G. L. ; Observations on the Loss in Weight of Fruits After Thawing and the Value of the "Weight Balance" in Frozen Pack Foods ; Ibid ; July, (1932).

23. Ditto ; Freezing Storage Practice for Fruits and Vegetables ; The Canner ; May 9, (1931).

24. Moran, T. ; The Freezing, Storage and Thawing of Meat, Food Manufacture, June, (1934).

25. Ditto ; Progress in Gas-Storage for Chilled Meat ; Paper Read at the Meeting of the British Assoc. of Refrigeration, April 17, (1934).

26. Smith, E. C. B. ; The Proteins of Meat, Jour. of the Soc of Chem. Ind, May 24. (1935).

27. Smith, A. J. M. ; New Method of Cooling Ships' Holds ; Ice and Cold Storage, Feb., (1934).

28. Ditto ; Gas Control in Holds ; Paper Read at the Meeting of the British Assoc. of Refrigeration, April 17. (1934).

29. Ditto ; Measurement of Temperature and Gases, Ice and Cold Storage, August and Sept., (1935).

obeikandl.com