بسم الله الرحمن الرحيم
﴿قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ﴾
(٣٢ البقرة)
صدق الله العظيم
Del Monte
Pear
ST. DALFOUR
Mirabelles
GURKMEJA
GURKEMEJE
GINGER

FOOD TECHNOLOGY

تكنولوجيا حفظ أغذية

إعـــــــداد

الدكتور/ محمود حسن محمد

أستاذ الصناعات الغذائية – كلية الزراعة – جامعة بنها

مقدمــة

- أصبحت مشكلة الغذاء فى العالم من المشاكل الرئيسية الهامة، وقد إنعقدت العديد من المؤتمرات فى الأماكن المختلفة من العالم لبحث مشكلة الغذاء سواء من حيث الكمية أو الجودة أو الغذاء النظيف الخالى من التلوث بأنواعه المختلفة أو من ناحية تصنيعه بأحدث طرق التكنولوجيا أو من احية تقليل الفاقد.

- تشير الإحصاءات العالمية إلى أن نحو ٢٥ -٣٠% من الغذاء العالمى يفقد نتيجة لعوامل التلف والفساد المختلفة .(Donnell, 1993) ففى القارة الأفريقية مثلا نجد أن نسبة الفاقد فى محصول البطاطس تصل إلى ١٥ -٦٠% وفى محصول الأرز تصل إلى ٦-٢٤% وتصل فى الأسماك الطازجة إلى ٢٠-٤٠% وفى كل من المانجو والطماطم تصل إلى ٢٥-٥٠% وفى محصول البصل تصل إلى ١٦% . ولذا زاد الاهتمام فى السنوات الأخيرة بعمليات حفظ الغذاء بصورة أكبر من الموجودة حاليا سواء عن طريق تطوير الطرق التقليدية أو استحداث طرق مبتكرة تعمل على إنتاج أغذية على درجة عالية من الأمان من الناحية الميكروبيولوجية مع المحافظة على الخواص الغذائية والحسية الطبيعية لها بقدر الإمكان

مقدمـــة

- ويبحث علم التصنيع الغذائى أو الصناعات الغذائية عن أفضل وأنسب وأيسر المعاملات التى تتناسب مع طبيعة المواد الخام المراد تصنيعها لغرض حفظها على صورة تصلح للإستهلاك البشرى مع المحافظ على القيمة الغذائية والصحية للغذاء. وأيضا لتوفير الغذاء فى أوقات مختلفة من العام (فى ظروف غير مناسبة لإنتاجه أو فى أماكن لا تنتجه. وتستهدف الطرق المختلفة لحفظ الأغذية تثبيط أو منع عوامل فساد الغذاء. ويحدد اختيار طرق الحفظ المناسبة للأغذية المختلفة الخواص الفيزيائية والكيميائية والحسيه للمادة الغذائية وقيمتها الغذائية وكذلك الناحية الاقتصادية بالنسبة للخامات وبالنسبة لسوق المستهلك ورغباته

تقسيم الصناعات الغذائية على حسب مصادر المواد الخام المستخدمة فى الصناعة

- **صناعات غذائية تقوم على الحاصلات البستانية**: مثل صناعات تبريد وتجميد وتعليب وتجفيف وتخليل الخضروات والفاكهة الناتجة من البستان، سواء كانت فى صورة ثمار كاملة أو أجزائها أو عصائرها أو إنتاج المركزات أو المسكرات أو المربات أو المشروبات السكرية أو إنتاج الزيوت مثل زيت الزيتون، زيت اللوز، زيت جوز الهند أو الزيوت الطبية والعطرية بالإضافة إلى عمليات الإعداد والتعبئة الطازجة للثمار ..الخ.

- **صناعات غذائية تقوم على محاصيل الحقل**: مثل صناعات إنتاج السكر من قصب السكر وبنجر السكر وإنتاج النشا من الذرة ولإنتاج الزيوت من البذور الزيتية وصناعات الطحن وصناعات المخبوزات وكذلك صناعات تجفيف البصل والثوم وغيرها وإنتاج الطحينة والحلوى الطحينية من السمسم وغيرها من المنتجات.

- **صناعات غذائية تقوم على حيوانات المزرعة**: مثل الصناعات القائمة على اللحوم ابتداء من تكنولوجيا الذبح والتقطيع والتجهيز إلى الحفظ بالتبريد والتجميد والتعليب والتجفيف والتجفيد والمواد الحافظة وكذلك منتجات اللحوم كالسجق والبسطرمة واللانشون والبرجر وكذلك الدواجن ومنتجاتها والبيض والألبان ومنتجاتها المختلفة المبسترة والمعقمة والمركزة والمجففة وإنتاج الجبن المختلفة والقشدة والزبد والسمن والمثلوجات اللبنية.

- **صناعات غذائية تقوم على منتجات البحار والأنهار**: إبتداء من الحصول على الأسماك بمجرد صيدها وتبريدها وتجهيزها ونقلها إلى مصانع التجميد أو التعليب أو التجفيف أو التمليح أو التدخين وذلك على حسب ملائمة صفات الأسماك الطازجة وصلاحيتها لإنتاج منتج مصنع مناسب وانتاج بطاريخ الأسماك وزيوت الأسماك – والصناعات القائمة على القشريات كالجمبرى ....الخ.

وتقسم المواد الغذائية من حيث قابليتها للفساد إلى المجموعات التالية :

☆ **مواد غير قابلة للتلف Shelf stable foods (Non-perishable foods):**

وتتميز بمقاومتها لعوامل الفساد المختلفة وبالتالى قابليتها للحفظ مدة طويلة نسبيا (تتراوح بين عدة أشهر وعدة سنين) تحت ظروف التخزين العادية. ومن هذه المواد السكر والحبوب والدقيق والبقول والأغذية الجافة والتوابل حيث يمكن حفظها أكثر من سنه عند المحافظة عليها من الرطوبة والحشرات والقوارض. وذلك لانخفاض محتواها المائى لدرجة أنها تصبح بيئة غير صالحه لعوامل الفساد.

☆ **مواد متوسطة القابلية للتلف Semi-(Moderately-perishable) :**

وهى مجموعه المواد الغذائية التى يمكن حفظها تحت ظروف الحفظ والتخزين العادية إلى مدد تتراوح بين بضعة أسابيع وأشهر قليله بسبب المميزات الخاصة فى التركيب التشريحى أو الفسيولوجى أو الكيميائى للأنسجة التى تكونها حيث تؤدى إلى إعاقة تأثير عوامل الفساد المختلفة لمدد أقل من المجموعة السابقة ـ كأن تحمى القشور الواقية أنسجة الثمار مما يجعلها أقل تعرضا للإصابة بالأحياء الدقيقة كما فى ثمار التفاح والبرتقال والبطاطس.

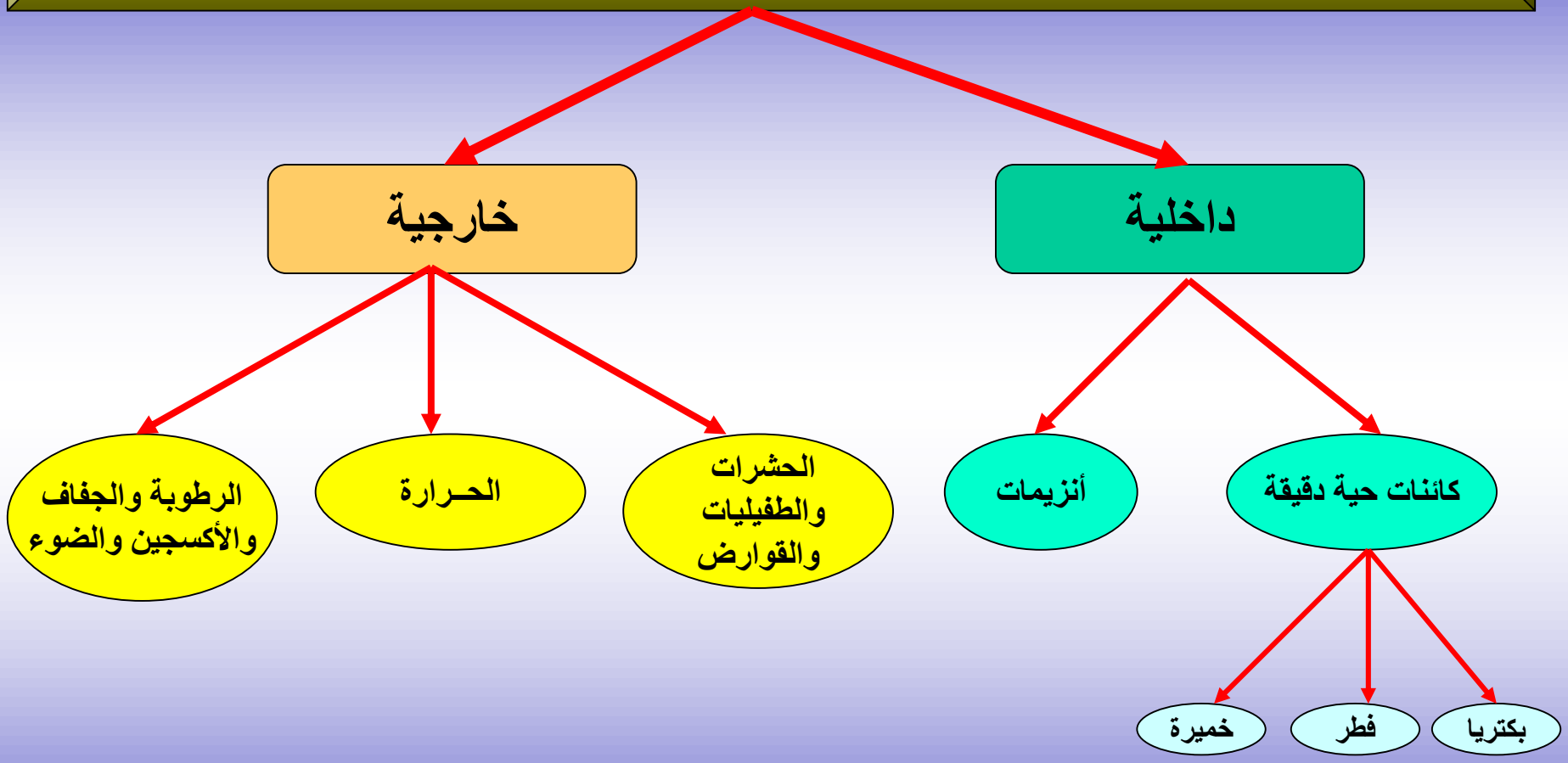
☆ **مواد سريعة التلف (Highly perishable) :**

وهى مواد لا يمكن حفظها تحت الظروف العادية أكثر من بضع ساعات إلى أيام قليلة مثل القشريات والأسماك واللحوم وبعض أنواع الخضر والفاكهة مثل الشليك (الفراولة) ويرجع ذلك إلى طبيعة تركيب هذه المواد وتكوينها التشريحى وخواصها الفسيولوجية والكيميائية وقابليتها للتلوث بالأحياء الدقيقة فضلا عن كونها بيئة مناسبة لنموها واحتوائها على نسبة عالية من الماء والأنزيمات مما يؤدى إلى سرعة حدوث التغييرات غير المرغوبة وظهور الفساد خلال فتره قصيرة.

تعريف الفســـــاد

الفســاد هو أى تغير غير مرغوب فيه يحدث فى الغذاء. وليس من الضرورى أن يكون الغذاء الذى حدث به فساد غير صالح للاستهلاك كغذاء، بل قد يعتبر الغذاء فاسدا ومع ذلك فليس هناك ضرر من تناولة.

العوامل التى تسبب فساد الغذاء



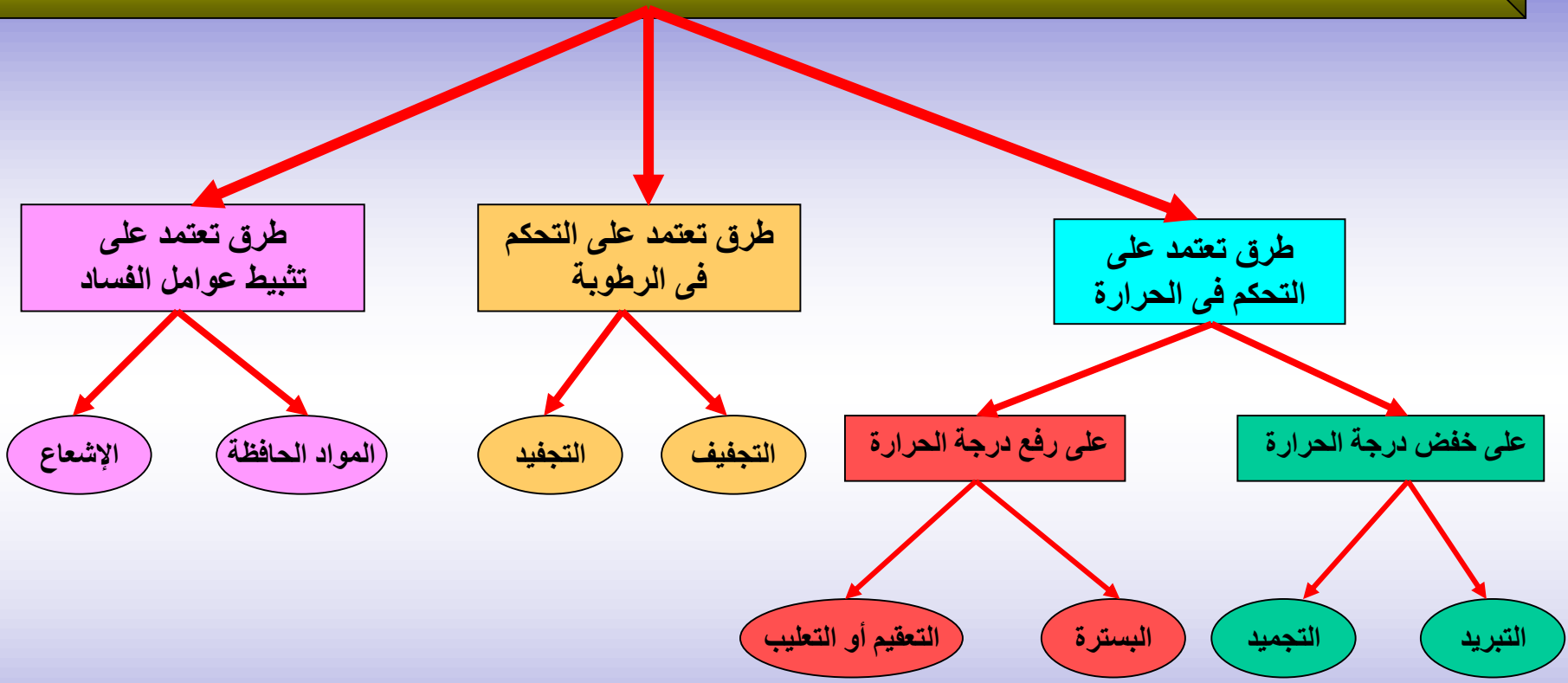
حفظ الغذاء

☆ والهدف من حفظ الغذاء هو توفير الغذاء على مدى العام أى فى أوقات لاتناسب إنتاجه أو توفيره فى أماكن لا تنتجه أو توفيره كمادة خام يعاد تصنيعه فيما بعد إلى منتجات أخرى

☆

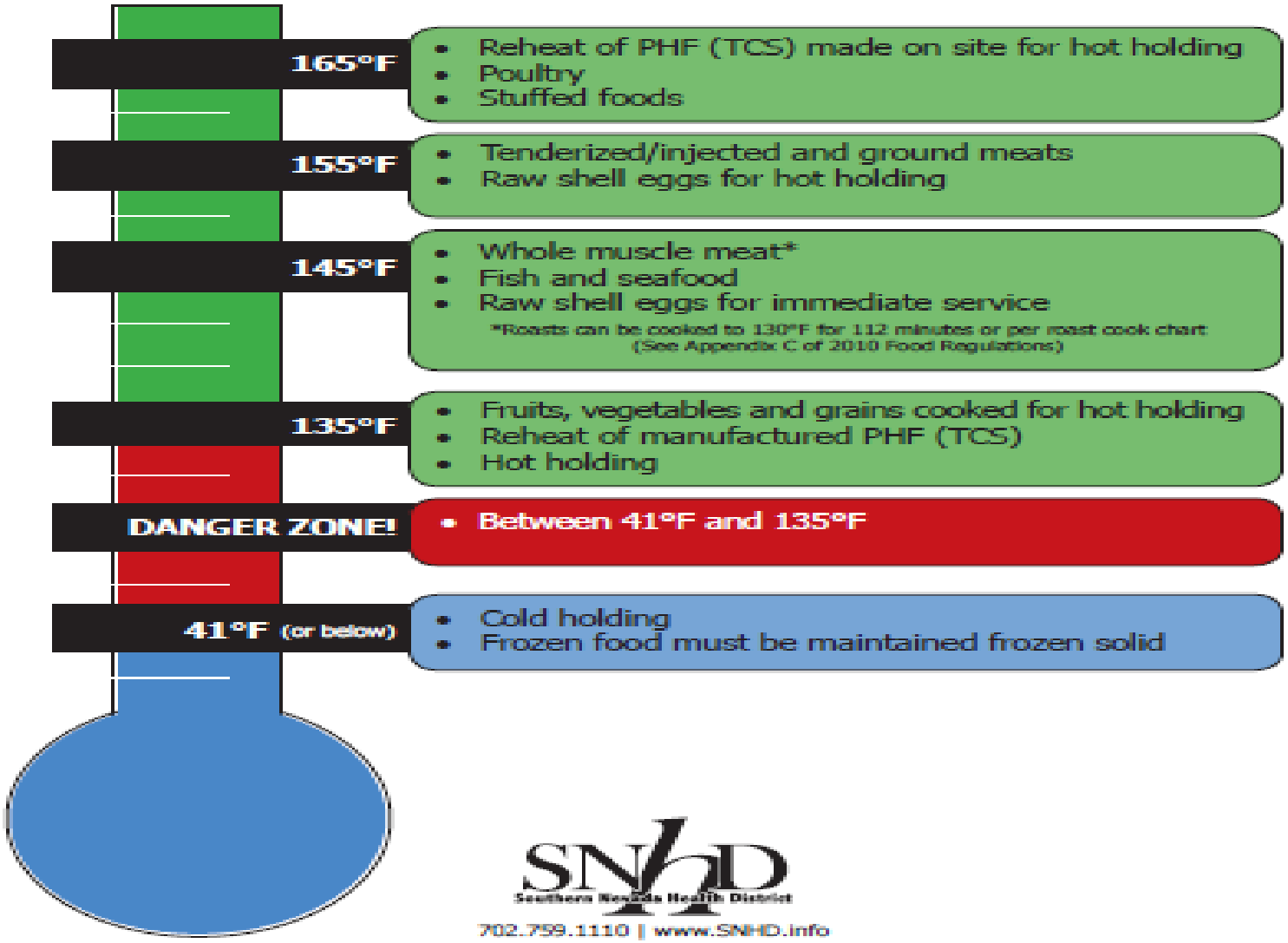
وعموما عند حفظ أى مادة غذائية يجب ملاحظة أنه لا جدوى من حفظ مادة ظهر فيها الفساد كما أنه لا يمكن الحصول على منتج غذائى جيد فى صفاته أو قيمته الغذائية من خامات رديئة أو حصل فيها فساد مهما كانت طريقه الحفظ أو التصنيع المستخدمة.

طرق حفظ الأغذية



Critical Temperatures

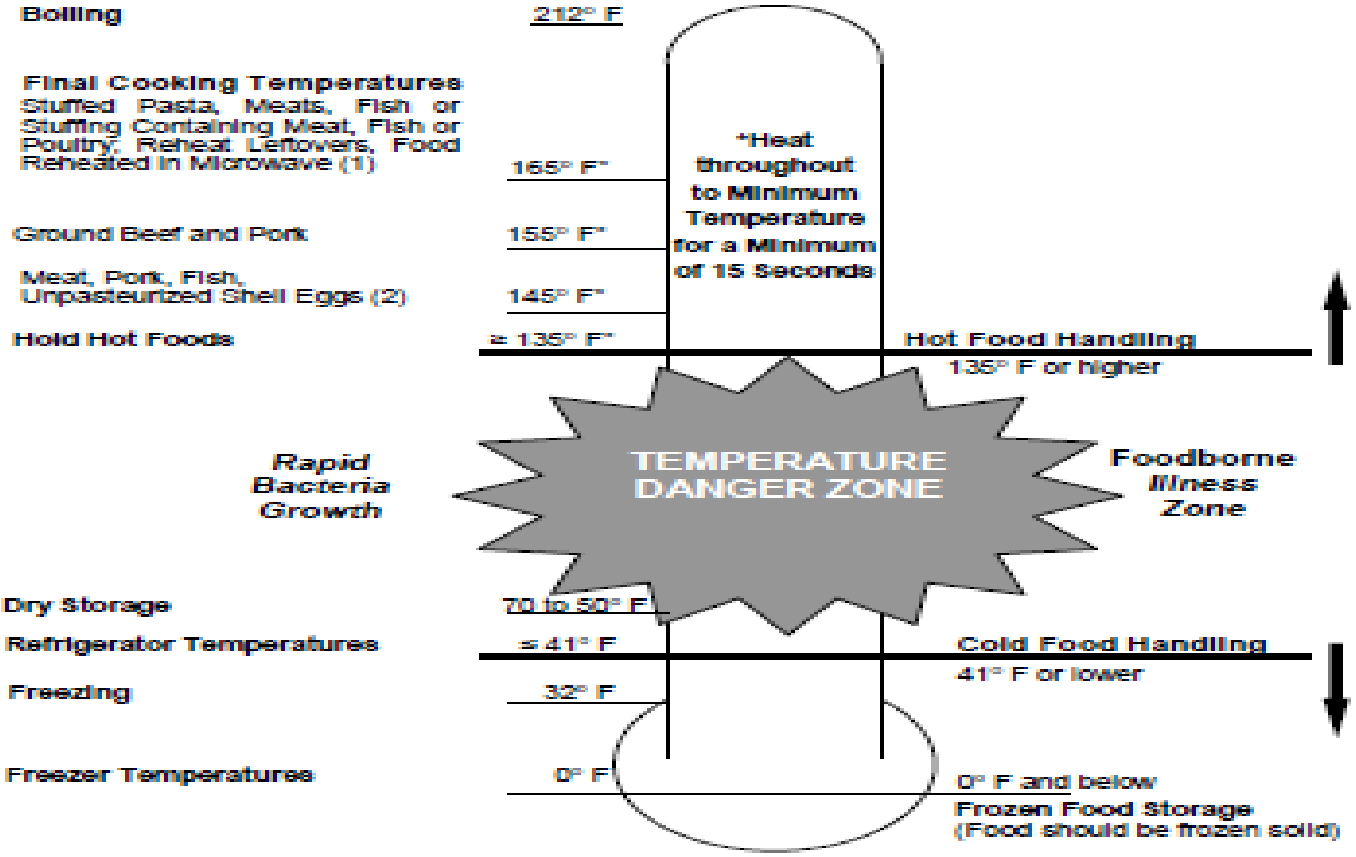
for Potentially Hazardous Foods [PHF (TCS)]



SNHD
Southern Nevada Health District

702.759.1110 | www.SNHD.info

Resource: Critical Temperatures for Safe Food Handling



(1) Microwave cooking and reheating:

- When cooking animal foods in the microwave, rotate and stir foods during the cooking process so that all parts of the food are heated to a temperature of at least 165° F.
- Allow food to stand covered for at least 2 minutes after cooking so the food is heated throughout.

(2) Unpasteurized shell eggs that have been cooked to order should be served and eaten immediately.

©2013 Becky Dorner & Associates, Inc.

الطرق الحديثة والمتطورة لحفظ الأغذية
New and improved techniques:

الطرق الحديثة لحفظ الأغذية بعضها يكون مبنيا على أسس قديمة أى عبارة عن تعديلات للطرق المتبعة وبعضها يكون بالكامل تكنيكا جديدا وكلها تهدف لتحسين جودة المنتج مع المحافظة على نفس الدرجة من مستوى الأمان من عوامل الفساد إن لم يكن أحسن. ويمكن تقسيم الطرق الحديثة لحفظ الأغذية على نفس الأسس الثلاثة المتبعة فى عمليات الحفظ كالتالى:

أولا : تقييد حرية وصول الكائنات الحية الدقيقة للغذاء عن طريق التغليف المعقم Aspetic Packaging.

ثانيا : تثبيط الكائنات الحية الدقيقة فى الغذاء .

معظم الطرق الحديثة تتجنب استخدام المعاملات الحرارية التقليدية للمحافظة على جودة الغذاء (Ohlsson , 1997; Manvell,1997) وتشمل:

١- انتشار الطريقة التسخين على درجات حرارة عالية لفترة قصيرة (HTST) فى خط متوازى مع تطور أسلوب التغليف المعقم. Aspetic Packaging

٢- التسخين بطرق جديدة:

أ- الميكروويف.

ب- المقاومة الكهربائية. (ohmic)

٣- استخدام طرق طبيعية للحفظ بديلة عن التسخين:

أ- الأشعة المؤينة ionising radiation استمر انتشارها على مستوى العالم وثبت مأمونيتها وفاعليتها فى حفظ الغذاء.

ب- الضغط الهيدروستاتيكى العالى.High hydrostatic pressure

ج- استخدام الموجات فوق الصوتية. Ultrasonication

د- استخدام الذبذبات الكهربائية عالية الفولت High electric pulses voltage.

٤- استخدام وسائل تثبيطية جديدة مثل تطهير اسطح ذبائح وقطعيات اللحوم والدواجن بالأحماض.

ثالثا : تأخير أو منع النمو للكائنات الحية الدقيقة . وتشمل الطرق الحديثة المستخدمة فى هذا المجال:

١ـ استخدام معاملات مشتركة أو ما يطلق عليه. Hurdle technology

٢ـ التطورات الحديثة لطريقة التعبئة فى جو معدل وبخاصة التى تحتوى على ثانى أكسيد الكربون بالنسبة للأغذية التى تخزن تحت تبريد.

٣ـ مواد حافظة طبيعية جديدة وتكون إما:

أـ مستخرجة من كائنات حية دقيقة. Bacteriocins

بـ مستخرجة من مصادر حيوانية. Antibiotic peptides

جـ مستخرجة من مصادر نباتية وأهمها الزيوت العطرية Essential oils ، والمواد الفينولية.

الحفظ باستخدام الحواجز أو المعاملات المشتركة Hurdle technology

الثبات الميكروبى ودرجة الأمان للغذاء عبارة عن محصلة للعديد من العوامل . فهى تعتبر تداخل معقد للحرارة ، النشاط المائى، درجة الـ pHوقوة الأكسدة والاختزال . فى هذه الطريقة يتم التحكم فى بعض العوامل المحيطة بالميكروبات microenvironmental parameters وجعلها غير ملائمة للنمو . ولذلك تعزى هذه الطريقة إلى استخدام عدة حواجز بيئية Hurdles تعيق نمو الكائنات الحية الدقيقة بحيث أنها لا يمكن أن تتغلب عليها كى تحدث الفساد أو التسمم الغذائى.هذه الطريقة تعمل على توفير بيئة معادية hostile environment للكائنات الحية الدقيقة عن طريق عدة معاملات مشتركة ولذلك سميت أيضا بطريقة الحفظ المشترك Combination techniques (CM technology) . هذه المعاملات المشتركة تعمل معا بطريقة تعاونية Synergistic وبالتالى تؤدى إلى اضطراب التوازن الطبيعى homeostasis للميكروبات

وأهم الحواجز Hurdles المستخدمة

١- الحرارة العالية High temperature (H value)

٢- الحرارة المنخفضة low temperature (L value)

٣- خفض النشاط المائى water activity (a_w)

٤- زيادة الحموضة acidity (pH)

٥- قوة الأكسدة والاختزال redox potential (Eh)

٦- ميكروبات منافسة (بكتريا حمض اللاكتيك).

٧- مواد حافظة (نترات ، سلفات ، سوربات)ز

هذا بالإضافة إلى الطرق التى ظهرت فيما بعد مثل الضغط الهيدروستاتيكى العالى ، الإشعاع، الموجات فوق الصوتية وغيرها التى تستخدم أيضا كـ Hurdlesلتقوية طريقة الحفظ. وقد تم تحديد خمسون نوعا من الـ Hurdles بواسطة منظمة ((HACCP Hazard Analysis Critical Control points (Pierson & Corlett ,1992) .

لابد من عمل تصميم بالنسبة للـ Hurdlesالمستخدمة عند إنتاج نوع جديد من الغذاء بهذه الطريقة. ويجب تحديد أى نوع من هذه الـ Hurdles سوف يتم استخدامه للحصول على درجة أمان وثبات ميكروبى عالى . وبالتالى يتم وضع سلسلة من هذه الحواجز أو العقبات لا تستطيع أن تتجاوزها الكائنات الحية الدقيقة

وطريقة الـ Hurdles تؤدى إلى استخدام جرعات معتدلة من المعاملات المختلفة ، فهناك حفظ تكميلى لكل معاملة بمعاملات أخرى أى أنه لا داعى بالضرورة إلى استخدام جرعات عالية تؤثر على خصائص المنتج لأن هناك وسائل متتالية توفى الغرض . عند حفظ الغذاء بنظام الـ Hurdle technology ، إذا كان عدد الميكروبات أو الحمل الميكروبى قليل يستخدم عدد قليل من الـ Hurdles أو معاملات منخفضة من كل منها .أما إذا كان الحمل الميكروبى عالى فيرفع بعض مستويات الـ Hurdles.

تطبيقات لاستخدام معاملات الـ Hurdles المشتركة فى حفظ الغذاء

١ـ فى عمليات التخمرfermentation مثل السجق المتخمرSalami، الجبن المعتق، يستخدم فى الصناعة سلسلة من الحواجز .Hurdles فيلاحظ عند صناعة السجق المتخمر Salami إنه يستخدم الملح والنترات (مواد حافظة) فى المراحل المبكرة من التعتيق ثم يتم توفير الظروف اللاهوائية فتثبط الأحياء الدقيقة الهوائية وتشجع انتخاب بكتيريا حامض اللاكتيك التى تعمل على خفض الـ pH ولذا فإن المعاملات المشتركة للـ Hurdles المتتالية تؤدى إلى عملية تعتيق ripening منتظمة للمنتج

ويعتبر التحكم فى التركيب الدقيق microstructure أثناء التصنيع من ضمن الحواجز Hurdles المستخدمة والتى تؤدى أيضا إلى ثبات سجق السلامى . فيلاحظ أن عملية التعتيق للسلامى عبارة عن عملية تخمر فى الحالة الصلبة solid state fermentation . فعجائن السجق التى تتكون أثناء تصنيعها فجوات صغيرة nests ومتساوية تتواجد فيها البادئات بانتظام وتتغلب على أنواع البكتريا الأخرى الموجودة نظرًا لتحملها الظروف المحيطة ، فالتوزيع الجيد لبكتريا البادئات يؤدى إلى الحصول على منتجات متجانسة . التركيب الدقيق microstructure يلعب دور هام فى ثبات المستحلبات من الناحية الميكروبيولوجية . فوجود البكتريا فى مستعمرات صغيرة فى حالة مستحلبات الزيت فى الماء ، ووجود قطرات ماء صغيرة مشتتة فى مستحلبات الماء فى الزيت لا تشجع نمو البكتريا بشكل جيد ولذلك فإن تأثير التركيب الدقيق microstructure من العوامل الهامة لتقييد فرصة الكائنات الحية الدقيقة فى النمو فى الغذاء وذلك عن طريق التحكم فى عدد وحجم والمسافة بين التجاويف التى يتواجد بها الميكروبات.(Leistner , 1995)

٢- استخدام معاملات الـ Hurdles المشتركة لإنتاج منتجات غذائية ثابتة عند التخزين .(Shelf stable products, SSP) فبالنسبة للأغذية مرتفعة الرطوبة يستخدم معاملات حرارية معتدلة (٧٠ -١١٠ °م) مع تعديل النشاط المائى ، درجة الـ pH وقوة الأكسدة والاختزال.

يوجد أربع معاملات:

أ - SSP aw - وفيها يتم تقليل النشاط المائى لأقل من ٠.٩٥.

ب- pH-SSP - وفيها يتم زيادة درجة الـ pH.

ج- Combi- SSP - وفيها يستخدم معاملات مشتركة متساوية.

د- F-SSP - وفيها يستخدم درجات حرارة أقل من تلك القاتلة للجراثيم . واستخدمت هذه المعاملات لإنتاج أنواع مختلفة من منتجات اللحوم (Shimokomaki *et al.*, 1998) .

الباستا الإيطالية (Tortellini) يستخدم فيها تقليل النشاط المائى ، معاملة حرارية معتدلة مع الحفظ بالتعبئة فى جو معدل أو فى بخار الإيثانول أثناء التخزين بالمشاركة مع درجة تبريد معتدلة.

٣- تستخدم طريقة المعاملات المشتركة الـ Hurdles مع الأغذية متوسطة الرطوبة والتى يكون درجة النشاط المائى لها ما بين ٠.٦ - ٠.٩ لإنتاج أغذية سهلة التحضير وتخزن بدون تبريد. يستخدم عدة معاملات مشتركة: معاملة حرارية قليلة، مواد حافظة، خفض الـ pH ، قوة الأكسدة والاختزال. تحفظ بها اللحوم، الأسماك، الخضراوات والفواكه. يعيب هذه الطريقة وجود بعض التغيرات فى المذاق نظرا لاستخدام كميات عالية من المواد المعدلة للرطوبة Humectants ونسبة المواد المحافظة المضافة إليها.

التبريـــــــــد

Refrigeration / Cold storage / Chilling

- يعتبر التبريد من أفضل الطرق فى حفظ المواد الغذائية ومن أكثرها حفاظا على القيمة الغذائية والصفات الفيزيائية والكيميائية والحسيه للأغذية.

- وهو حفظ الأغذية على درجة حرارة منخفضة ولكنها لا تبلغ درجة الحرارة التى تؤدى إلى تجمد الغذاء والدرجة المستعملة فى أغلب الأحوال تتراوح بين ٣٢- ٣٨°ف (صفر- ٧°م) وهى تؤدى إلى حفظ الغذاء حفظا مؤقتا من بضعة أيام إلى شهور قليلة.

- وقد يستخدم التبريد كطريقه حفظ مكمله لبعض طرق الحفظ الأخرى كالبستره فى اللبن والعصائر والأغذية المعاملة بالإشعاع (جرعات البسترة) كاللحوم والأسماك ومنتجاتها.

بعض الأساسيات والمصطلحات المستخدمة فى التبريد

الحرارة Heat:

هى صوره من صور الطاقة ومن المهم عند دراسة التبريد الإلمام بطرق انتقال الحرارة الثلاث "التوصيل-الحمل-الإشعاع"

درجة الحرارة Temperature :

تعرف بأنها الحالة الحرارية للجسم وهى تبين مدى سخونة أو برودة الجسم أى أنها مقياس للحرارة الظاهرية فقط، وهى لا تدل على كمية ما يحتويه الجسم من الحرارة.

كمية الحرارة :

تقاس عن طريق ملاحظة تأثيرها فى درجة حرارة وزن معلوم من الماء المقطر والوحدة المستخدمة فى قياس كمية الحرارة فى صناعة التبريد هى وحدة الحرارة البريطانية (B.T.U.).

وحدة الحرارة البريطانية British thermal unit (B.T.U.)

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء المقطر درجة واحدة فهرنهيتية عند الضغط الجوى العادى .

بعض الأساسيات والمصطلحات المستخدمة فى التبريد

الحرارة الكامنة Latent heat :

هى كمية الحرارة اللازمة لتغيير الحالة التى توجد عليها المادة دون تغير فى درجة حرارتها. وتوجد المادة فى الطبيعة على ثلاث حالات هى الصلبة والسائلة والغازية والفرق بين هذه الصور الثلاث للمادة الواحدة هى ما تحتويه المادة من طاقة. وتنقسم إلى:

١ـ الحرارة الكامنة للإنصهار Latent heat of fusion

٢ـ الحرارة الكامنة للتبخير Latent heat of evaporation

الحرارة الكامنة للانصهار Latent heat of fusion.

هى كمية الحرارة اللازمة لتحويل المادة من الحالة الصلبة (الثلج) إلى الحالة السائلة (ماء) عند درجة الصفر المئوى (أى على نفس درجة الحرارة). [١٤٤ B.T.U. لرطل الماء]

الحرارة الكامنة للتبخير (Latent heat of evaporation)

هى كمية الحرارة اللازمة لتحويل المادة من الحالة السائلة (الماء) إلى الحالة الغازيه (بخار) عند درجة الغليان (١٠٠ درجة مئوية) (أى على نفس درجة الحرارة). [٩٧٠ B.T.U. لرطل الماء]

بعض الأساسيات والمصطلحات المستخدمة فى التبريد

الحرارة النوعيه Specific heat :

تعرف لمادة ما بأنها النسبة بين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من هذه المادة درجة واحدة وبين الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة نفس وحدة الكتلة المستعملة من الماء نفس درجة الحرارة (وهى الرطل ودرجة الحرارة الفهرنهيتية فى بريطانيا) بينما فى معظم البلاد الأخرى يستعمل الكيلو جرام ودرجة الحرارة المئوية .

الحرارة النوعيه لمادة ما =

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من المادة درجة فهرنهيتية واحدة

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة فهرنهيتية واحدة

بعض الأساسيات والمصطلحات المستخدمة فى التبريد

وحدات التبريد :

تعرف الوحدة القياسية للتبريد بطن التبريد Ton of refrigeration وهو عبارة عن كمية الحرارة الكامنة للانصهار التى تمتص من ٢٠٠٠ رطل من الماء على درجة ٣٢°ف لتحويلها إلى ثلج على نفس درجة الحرارة خلال ٢٤ ساعة والحرارة الكامنة لانصهار رطل واحد من الثلج هى ١٤٤ B.T.U. وبذلك يكون

طن التبريد = ٢٠٠٠ × ١٤٤ = ٢٨٨٠٠٠ B.T.U./٢٤ ساعة

= ١٢٠٠ B.T.U./ساعة

= ٢٠٠ B.T.U./دقيقة

الوسائل المستخدمة فى التبريد

١-الثلج Ice :

وهو يستخدم منذ زمن طويل ولا يزال يستخدم حتى الآن فى تبريد الأسماك فى حالة نقلها وتسويقها.

٢ ـ المخاليط المبردة :

وهى تتكون أساسا من الثلج المجروش وملح الطعام حيث يساعد الملح على خفض درجة حرارة المخلوط وهذه الطريقة شائعة الاستعمال فى الخارج لتبريد الأسماك بعد صيدها مباشرة.

نسبة ص كل%	درجة حرارة تجمد المخلوط (°م)
صفر	صفر
٥	٢,٨-
١٠	٦,٧-
١٥	١١,٧-
٢٠	١٦,٨-
٢٥	٢٣,٣-

الوسائل المستخدمة فى التبريد

٣- استخدام السوائل القابلة للتبخير على درجة حرارة منخفضة:

وهى ما تعرف بالسوائل المبردة أو المبردات وهى أكثر الطرق استخداما فى التبريد التجارى، وتتميز بامكان التحكم فى ظروف التبريد وهذه الطريقة تسمى بالتبريد الصناعى أو الميكانيكى وهى من أهم الطرق المستخدمة فى التبريد.

سوائل التبريد "المبردات Refrigerants ":

المبرد مادة تمتص الحرارة من حيز مقفل أو من مادة ما حتى تبرد.وسوائل التبريد هى عبارة عن مواد درجة غليانها منخفضة جدا ولذلك فهى توجد على درجة الحرارة العادية فى صوره غازات (على الحالة الغازية).

٤- ثانى أكسيد الكربون ك أ٢ "CO2" ويتميز بالآتى:

١- من أكثر المبردات أمانا فى أجهزة التبريد فهو غير قابل للاشتعال والانفجار ولا يتفاعل مع المعادن إذا كان جافا.

٢- يستخدم للحصول على درجة حرارة منخفضة جدا ودرجة غليانه ٧٩°م وحرارته الكامنة للتبخير ١١٦ .B.T.U. كان يستخدم بكثرة فى الماضى الا أن الفريون حل محله

٣- رخيص الثمن.

٤- نقطة غليانه منخفضة كباقى السوائل المبردة

الوسائل المستخدمة فى التبريد

٥- الثلج الجاف Carbon ice, Carbice or Dry ice, Dry cold:

هو اسم تجارى يطلق على ثانى أكسيد الكربون فى حالة صلبة وهو مثل سائر الغازات له القدرة على أن يكون فى الصور الثلاثة (صلبة - سائلة - غازية) وهذا الغاز قابل للإسالة على درجات حرارة أقل من ٨٨.٤°ف (٣١.٣°م) والإسالة بالضغط فى مكبس مع التبريد لإزالة الحرارة الناتجة وكذلك الحرارة الكامنة للتبخير وبعد ذلك يحول السائل إلى الحالة الصلبة بزيادة الضغط على السائل ثم السماح له بالمرور خلال صمام خاص" يحدد كمية السائل" التى تمر إلى اناء مماثل حيث يتحول إلى ثلج جاف. ويتسامى الثلج الجاف عند حوإلى -٧٩°م وهو يحتوى على طاقة تبريد كبيرة، ونظرا لانه يتسامى ببطء فان التغير الذى يحدث به منذ انتاجه إلى أن يصل إلى المستهلك يكون قليلا نسبيا وهو مفيد للاستعمالات التى لا تحتاج إلى ضبط دقيق لدرجات الحرارة المطلوبة ويستخدم عادة فى توزيع المثلوجات "الأيس كريم" وفى عربات نقل الأغذية المجمدة.

٦- Eutectic Ice:

وهو الثلج المتكون من محلول كلوريد الصوديوم فى الماء بنسبة ٢٣.٣% ص كل، ٧٦.٧% ماء حيث أن هذا المحلول يمكن تحويله إلى ثلج عند تجميده أما إذا اختلفت النسبة عن ذلك فان الملح ينفصل عن المحلول أثناء تجميده بالطرق العادية ولا يتجمد إلا الماء فقط وهذا النوع من الثلج ينصهر على درجة حرارة -٢١°م، ويعطى ٣ كجم من هذا الثلج التبريد الذى يقوم به ١ كجم من الثلج الجاف فى حين أن تكاليف استخدام هذا الثلج تبلغ ١٠% من تكاليف استعمال الثلج الجاف.

أهم الصفات التى يجب توافرها فى سائل التبريد هى :

١- انخفاض درجة غليانه مما يسمح له بالتبخير على درجة حرارة منخفضة.

٢- انخفاض درجة تجمده لتفادى توقف الدورة يسبب تجمده.

٣- أن يسهل تحويله إلى الحالة السائلة على درجة حرارة وتحت ضغط متوسطين.

٤- إرتفاع الحرارة الكامنة لتبخيره.

٥- ألا يتفاعل مع المعادن.

٦- أن يكون غير قابل للانفجار أو الاشتعال.

٧- أن يكون غير سام أو ضار بالإنسان.

٨- ألا تكون له رائحة نفاذه حتى لا تؤثر رائحته على المادة الغذائية عند تسربه.

٩- أن يكون رخيص الثمن.

١٠- أن يكون من السهل اكتشافه فى الكميات الصغيرة ليتسنى كشف مواضع التسرب.

بعض السوائل شائعة الاستعمال فى التبريد الصناعى

☆ **١- فريون ٠١٢ " Freon 12 (dichloro difluoro methane) ك كل٢فل٢**
ويتميز بالآتى:

١. من أكثر مجموعة الفريون استعمالا.
٢. غير قابل للانفجار أو الاشتعال .
٣. غير سام ولا يتفاعل مع المعادن المستخدمة فى أجهزة التبريد .
٤. درجة غليانه (-٣٠°م) تقريبا تحت الضغط الجوى العادى.
٥. حرارته الكامنة للتبخير ٦٨ B.T.U.
٦. يتوفر فيه معظم الصفات المطلوبة فى سوائل التبريد.

والجدير بالذكر أنه توجد مجموعة أخرى من الفريون تستعمل كمبردات الا أنها أقل استعمالا من فريون١٢ ومنها:

فريون ٢٢ ك يد كل فل٢ فريون ١٣ ك كل فل٣
فريون ١١ ك كل٣ فل فريون ١٤ ك فل٤
فريون ٢١ ك يد كل٢ فل

بعض السوائل شائعة الاستعمال فى التبريد الصناعى

٢ـ الأمونيا Ammonia

وتتميز بالآتى:

١ ـ كانت تستعمل بكثرة لأنها اقتصادية.
٢ـ لها رائحة نفاذة.
٣ـ لها تأثير مهيج على الأغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والحنجرة والرئتين وتسبب التهابا نظرا لقابليتها الشديدة للذوبان فى الماء.
٤ـ يمكن التعرف عليها واكتشاف أى تسرب فيها عن طريق رائحتها.
٥ـ لا تشتعل ولا تساعد على الاشتعال ولكنها قد تسبب انفجار إذا اختلطت بالهواء بنسبة (١٦ : ٢٧)
٦ـ الأمونيا الجافة "الخالية من الرطوبة" لا تؤثر على معظم المعادن المعروفة الا أنها تتفاعل مع النحاس فى وجود الرطوبة. وتغلى عند ـ٣٣°م وحرارتها الكامنة للتبخير مرتفعه وتبلغ حوالى ٥٥٤.٧ B.T.U.
٧ـ رخيصة الثمن .

نظم التبريد الميكانيكى Systems of mechanical refrigeration

١ ـ نظام الكبس
The compression system

هو أكثر نظم التبريد شيوعا فى الوقت الحالى للحصول على درجات حرارة منخفضة تكفى لإجراء تجميد أو تبريد سريع للأغذية، وبالرغم من أن هناك عدة مبردات تستخدم فى أجهزة التبريد تبعا للإختلاف فى تصميم الجهاز إلا أن هذه التصميمات جميعها مبنية على قاعدة أساسيه واحدة.

٢ ـ نظام الأمتصاص
The absorption system

الفرق الأساسى بين نظام الأمتصاص ونظام الكبس هو فقط طريقة زيادة الضغط فيما بين أنابيب التبخير والمكثف. اذ أنه تتشابه انابيب التبخير والمكثف والمستقبل وصمام التمدد فى النظامين الا أنه فى نظام الكبس فإن المكبس الميكانيكى هو الذى يقوم بزيادة الضغط بينما فى نظام الأمتصاص نجد أن زيادة الضغط تتم بواسطة الحرارة المستمدة أما من لهب صغير كما فى الثلاجات الصغيرة أو من بخار الماء فى ملف من الأنابيب أو الكهرباء كما فى أجهزة التبريد الكبيره ويسمى هذا الجزء الذى يتم فيه التسخين باسم المولد generator

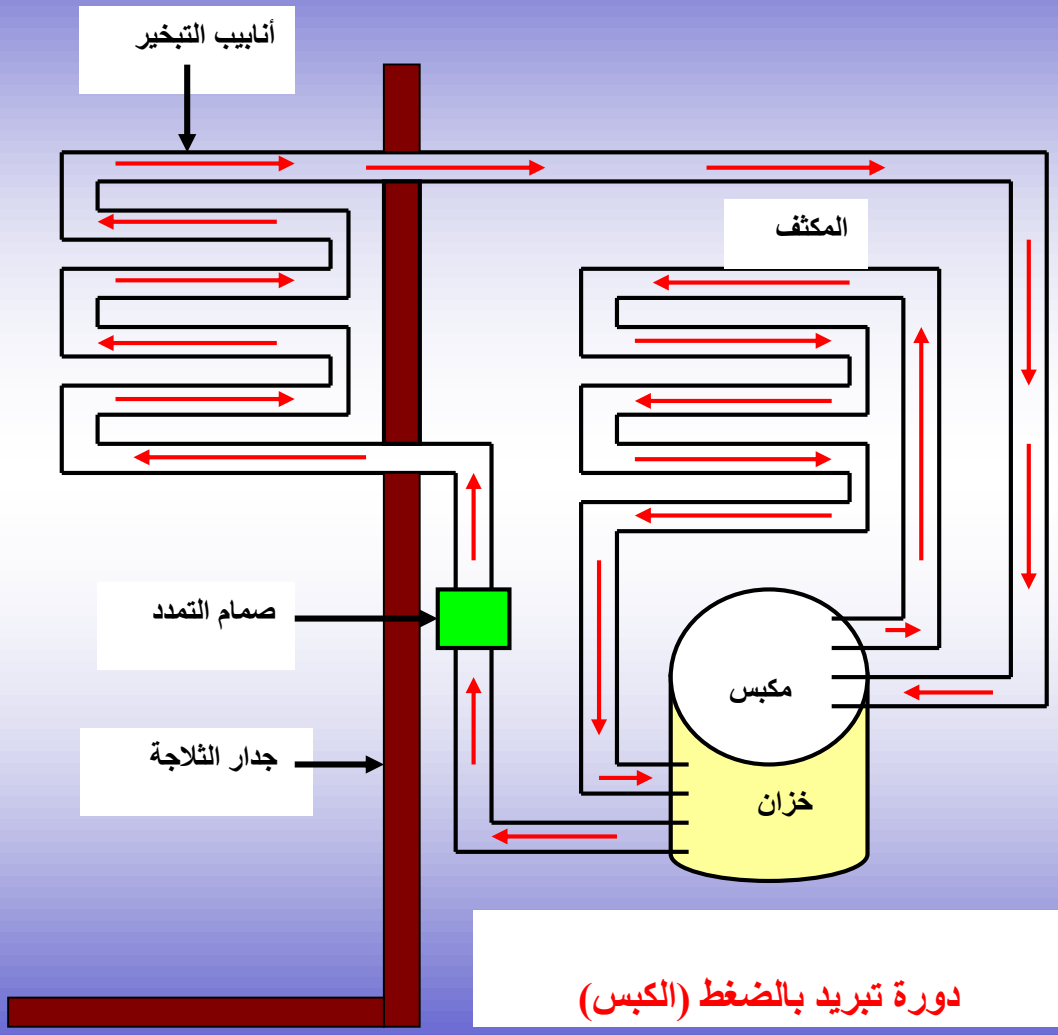
نظم التبريد الميكانيكى Systems of mechanical refrigeration

شرح دورة الكبس:

١- يندفع السائل المبرد (الأمونيا السائلة) خلال صمام التمدد إلى أنابيب التبخير ونتيجة لانخفاض الضغط الواقع تتبخر الأمونيا السائلة مستمدة الحرارة الكامنة لتبخيرها من الوسط المحيط بأنابيب التبخير فى غرف التبريد المعزوله.

٢- ثم تسحب الأمونيا الموجودة على صورة غاز من أنابيب التبخير وتضغط بواسطة المكبس فتتحول إلى سائل مرة أخرى نتيجة للضغط المرتفع ونتيجة لتحويلها إلى سائل ترتفع درجة حرارتها نظرا لانطلاق حرارتها الكامنة للتبخير، وهذه الحرارة المنطلقة تمتص عن طريق المكثف وبهذا تتكثف الأمونيا وتتحول إلى سائل مرة أخرى فيتجمع فى المستقبل. ونتيجة لضغط المكبس تندفع الأمونيا السائلة ثانية خلال صمام التمدد لتعيد الدورة مرة ثانيه وهكذا باستمرار هذه الدورة تظل درجة الحرارة منخفضة فى حجرة التبريد التى تعزل عن الوسط الخارجى بواسطة مواد عازلة لمنع تسرب الحرارة إلى الداخل وعادة تزود أجهزة التبريد بثرموستات للتحكم والمحافظة على درجة الحرارة داخل غرفة التبريد عند الدرجة المطلوبة، كما تزود بترمومتر لقراءة درجة حرارة الثلاجة ويزود جهاز التبريد بمانوميتر لقياس الضغط .

دورة التبريد بالكبس



دورة تبريد بالضغط (الكبس)

Systems of mechanical refrigeration نظم التبريد الميكانيكى

شرح دورة الامتصاص:

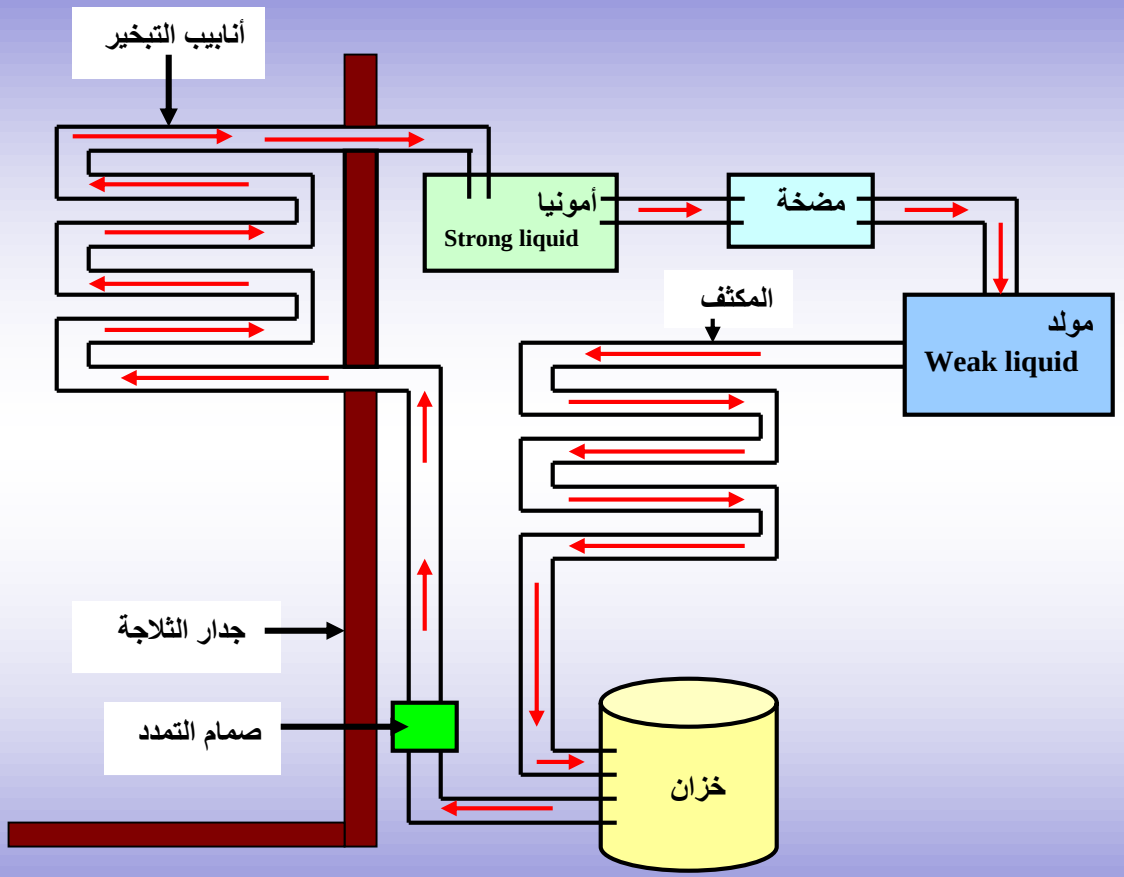
يتم زيادة الضغط بواسطة الحرارة فى المولد وفى هذه الدورة يحدث التالى:

١ـ تندفع الأمونيا السائلة خلال صمام التمدد إلى أنابيب التبخير حيث تتبخر وتمتص الحرارة الكامنة لتبخيرها من الوسط المحيط بها داخل غرفة التبريد .

٢ـ يتجه غاز الأمونيا الخارج من أنابيب التبخير إلى اناء الامتصاص Absorberوهو بمثابة طرف المكبس الذى يدخل منه السائل المبرد فى نظام الكبس حيث يمتص غاز الأمونيا فى ماء النشادر الموجود فى الأناء ويتكون ما يعرف بالسائل القوى Strong liquid والحرارة الناتجة عن امتصاص غاز الأمونيا تنتقل إلى الخارج بواسطة ماء حار فى ملفات التبريد. بعد ذلك ينقل السائل المتكون إلى المولد بواسطة مضخة عاديه Pump وفى المولد نتيجة للتسخين ينفصل غاز الأمونيا ثانية من السائل الذى يسمى عندئذ بالسائل الضعيف Weak liquid

٣ـ يندفع الغاز إلى المكثف نتيجة لزيادة حجمه وحركته فى الحالة الغازية حيث يبرد فى المكثف ويتكثف ويتحول إلى سائل مرة أخرى يتجمع فى المستقبل ومنه يندفع خلال صمام التمدد إلى أنابيب المبخر وتعاد الدورة مرة أخرى وهكذا .....

دورة التبريد بالامتصاص



دورة تبريد بالأمتصاص

"أساليب التبريد"

تبريد مباشر

وفيه يمتص السائل المبرد الحرارة مباشرة من المواد المراد تبريدها حيث تكون أنابيب التبريد ماره داخل الحيز الذى توجد بداخله المواد المراد تبريدها، وهذه هى الطريقة الشائعة فى وحدات التبريد الصغيرة نظرا لأنها سهلة وبسيطة واقتصادية

تبريد غير مباشر

وفيه تمر أنابيب التبخير أولا فى محلول ملحى يمتص منه السائل المبرد الحرارة. فيبرد هذا المحلول ثم بعد ذلك يمرر المحلول الملحى البارد إلى غرفة تبريد (خلاف الموجودة فيها أنابيب التبخير) الموضوع بها المواد المراد تبريدها أى أن تبريد هذه المواد يتم بواسطة المحلول الملحى البارد وليس بواسطة السائل المبرد مباشرة وبهذه الطريقة يمكن استعمال وحدة تبريد واحدة لتبريد محلول ملحى، وهذا المحلول الملحى يمكن ان يستخدم فى غرفة تجميد ثم بعد ذلك يمر فى غرفة تبريد ولو أن الاتجاه الحديث يتجه نحو استعمال وحدة مستقلة للتجميد وأخرى للتبريد

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

☆ أولا: درجة الحرارة

يجب أن تبقى درجة الحرارة داخل غرف التبريد ثابتة بقدر الإمكان حيث أن تذبذب درجة الحرارة أكثر من ±½°م يعتبر تذبذبا عاليا لان التغيير فى درجة الحرارة يساعد على تكثيف بخار الماء على سطح الخضر والفاكهة وهذا البخار المكثف يساعد على نمو الاحياء الدقيقة وخاصة الفطريات.

☆ أهم العوامل التى تساعد على ثبات درجة الحرارة داخل غرفة التبريد:

١- العزل الجيد لهذه الغرف بواسطة المواد العازلة ذات الكفاءة العالية.
٢- اختيار سائل وجهاز التبريد مناسبين حيث يعمل ذلك على تقليل التذبذب فى درجة الحرارة.
٣- تكون درجة الحرارة أكثر ثباتا فى الغرف الكبيرة عنها فى الصغيرة خاصة وهى مملوءة بالمواد الغذائية.
٤- مراعاة ترك فراغات بين المواد المخزنة فى غرف التبريد حيث يسهل للبرودة أن تتخلل جميع أجزاء غرف التبريد

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

☆ ثانيا : درجه الرطوبة : "الرطوبة النسبية" Relative humidity

الرطوبة النسبية =

$$\frac{\text{وزن بخار الماء فى حجم معين من الهواء عند درجه حرارة معينه}}{\text{وزن بخار الماء الذى يشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

وللرطوبة النسبية علاقة مباشرة بمدة بقاء المواد الغذائية فى الثلاجات بدون تلف فإذا انخفضت الرطوبة النسبية عن اللازم يحدث للمواد الغذائية ذبول أو جفاف وإذا زادت عن حد معين فان ذلك يؤدى إلى تشجيع نمو وتكاثر الفطريات وخاصة فى حالة ما إذا كان التذبذب فى درجة الحرارة كبيرا.

درجه رطوبة الأمان Safe Relative humidity:

درجه الرطوبة النسبية التى يقف عندها نمو الفطريات وفى نفس الوقت لا تسبب حدوث جفاف أو ذبول كبير بالمواد الغذائية المخزنة.

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

ثالثا: حركه الهواء داخل غرف التبريد:

سبق ذكر أهميه توزيع الحرارة والرطوبة النسبية فى غرف التبريد توزيعا متجانسا وأن ذلك يتم بواسطة مراوح موزعه فى أنحاء الثلاجة وكذلك عن طريق ممرات للمواد الغذائية المخزنة .

رابعا: النظافة من الناحية الصحية:

يجب أن يخلو هواء غرف التبريد من الروائح غير المرغوبة والتى تنتج عاده من نمو الفطريات وبعض الأغذية الفاسدة ويجب أن تزال دائما من غرف التبريد بقايا الأغذية الفاسدة كما يجب أن تغسل جوانب وأرضيه الثلاجات من وقت لأخر بإحدى المواد المطهرة كالماء المحتوى على غاز الكلور أو فوسفات الصوديوم الثلاثية ويفضل أن توضع فى الثلاجات إحدى المواد الممتصة للروائح كالفحم النشط. واحتواء هواء غرف التبريد فى الثلاجات على ١-٢ جزء فى المليون من غاز الأوزون يمنع نمو الفطريات ويقلل من الروائح غير المرغوب فيها وامتصاص الأغذية لها.

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

خامسا: تعديل جو غرفه التبريد:

Gas-Cold Storage of Modification of Gas Atmosphere or Controlled Atmosphere Storage:

الأساس فيه أن وجود نسبة مرتفعه من غاز ك أ٢ فى جو غرفه التخزين يساعد على زياده مدة حفظ الأغذية حيث يؤدى إرتفاع نسبته فى الثلاجة إلى تقليل نسبة الاكسجين (أ٢) وأنسب تركيز لـ ك أ٢ فى جو الثلاجة هو ٣-٥% حيث تكفى هذه النسبة لتقليل سرعة عمليه التنفس فى الخضر والفاكهة وبالتالى يقل نقص الوزن والقيمة الغذائية الذى يحدث نتيجة احتراق السكريات أثناء التنفس كما أنه يبطء عمليات الاكسدة التى تحدث على أسطح الأغذية ويلاحظ أن زيادة تركيز ك أ٢ عن ١٠% يؤدى إلى فقد اللحوم لمعانها ويتحول لونها إلى اللون البنى كما يؤدى زيادة التركيز إلى اختناق خلايا الخضر والفاكهة وبالتالى تموت هذه الخلايا فتقل مقاومتها لعوامل الفساد الحيوية ويجب الأخذ فى الاعتبار أنه عند حفظ الخضر والفاكهة فى غرفه التبريد فان نسبة ك أ٢ تزداد نتيجة تنفس الخلايا وانتاجها ك أ٢ وهو يؤثر نفس التأثير الذى يحدث عند زيادة ك أ٢ فى جو الثلاجة

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

سادسا : عزل غرف التبريد:

الشروط الواجب توافرها فى المواد العازلة هى:

١- أن تكون رديئة التوصيل للحرارة اى ذات كفاءة عالية فى العزل.
٢- أن تكون عديمة الرائحة حتى لا تكتسب المواد المخزنة روائح غريبة.
٣- أن تكون قليلة الكثافة.
٤- أن تكون مضادة للآحتراق الذاتى نتيجة التفاعل ومضادة للأنفجار.
٥- أن تكون مقاومة لفعل الحشرات والقوارض.
٦- أن تكون غير هيجروسكوبية حتى لا تمتص الرطوبة حيث تفقد بعض المواد العازلة قدرتها على العزل عند ابتلالها بالماء كما أن بعضها تتلف بالرطوبة.
٧- إذا استخدمت المادة العازلة لعزل أنابيب فيجب أن تكون مرنة سهلة التشكيل حول الأنابيب.
٨- أن تكون رخيصة الثمن يسهل الحصول عليها.

ومن المواد العازلة الشائعة الاستعمال:

١- الفلين	٢- نشارة الخشب	٣- الأسبستوس
٤- السيلوتكس	٥- الصوف الزجاجى	٦- ألياف الصوف والقطن المضغوطة
٧- القش	٨- الشعر	٩- الورق
١٠- الهواء الساكن		

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

سابعا: انتقال الروائح من المواد الغذائية لبعضها:

١- تنتقل الروائح من بعض الأغذية ذات الرائحة القوية إلى الأغذية الاخرى إذا خزنت معها فى نفس غرف التبريد.

ومن الأغذية ذات الرائحة القوية (التفاح والشمام) حيث يحظر تخزينها فى ثلاجة واحدة مع أغذية أخرى وكذلك الكرفس - والكرنب - والبصل - والثوم وتؤدى إلى اكتساب الأغذية التى تخزن معها رائحة غير مقبولة.

٢- يفضل تخصيص ثلاجة (غرفة تبريد) لكل نوع أو مجموعة من الأغذية وعلى سبيل المثال تخصص ثلاجة لكل مجموعة من المجموعات التالية.

أ) الأسماك واللحوم والدواجن.

ب) الكمثرى والتفــاح.

ج) الخضر والفاكهــة خلاف الكمثرى والتفاح.

د) الأغذية المطبوخة.

هـ) الألبان ومنتجاتهـا.

بعض الاعتبارات المتعلقة بالتبريد

ثامنا: التلف الناتج عن تسرب غاز الامونيا داخل الثلاجة:

اذا حدث تسرب للأمونيا فى غرف التبريد فانه يحدث تلف للأغذية. فى البداية تتلون الأنسجة باللون البنى أو الأسود المخضر ومع استمرار تسرب الغاز يزداد التلون ويحدث تليين للأنسجة وإذا وصل تركيز الأمونيا فى حجرة التبريد ١ % فان التلف يحدث خلال ساعة واحدة للتفاح أو الكمثرى والموز والبصل ولمعادلة تأثير الأمونيا لتخفيف فعلها يمكن إطلاق غاز فى جو غرفة التبريد.

تاسعا: تغطية ثمار بعض الخضر والفاكهة بالشمع:

يجب تغطية درنات أو ثمار بعض الخضر والفاكهة بطبقة رقيقة من شمع البرافين أو مخلوط من شمع البرافين مع شموع أخرى نباتية لوقايتها من الذبول حيث يعمل الشمع على منع أو تقليل تبخير الماء كما أن عملية التشميع تعطى للثمار مظهرا لامعا براقا وجذابا للمستهلك ومن أمثلة هذه الثمار والدرنات (الموالح ـ الطماطم ـ الخيار ـ القرع العسلى ـ البطاطس ـ البطاطا).

عاشرا : إزالة الثلج المتراكم على أنابيب التبخير Defrost :

يجب إذابة الثلج الذى يتراكم على أنابيب التبخير نتيجة لانخفاض درجة حرارة سائل التبريد عن درجة تجمد الماء حيث يعمل هذا الثلج المتراكم على أنابيب التبخير كعازل لانتقال البرودة خاصة أن حركة الهواء الذى يمر بين أنابيب التبخير تتوقف على إمتلاء المسافات بين هذه الأنابيب بالثلج ويترتب على ذلك توقف انتقال البرودة من أنابيب التبخير إلى حيز الثلاجة.

الطرق المستخدمة فى إزالة الثلج

١ ـ بواسطة الهواء:

هى أسهل الطرق وفى هذه الطريقة توقف عملية التبريد (جهاز التبريد) وتترك المراوح تعمل على أنابيب التبخير فينساب هواء الغرفة الذى يجب أن تكون درجة حرارته أعلى من ٣٥°ف على أنابيب التبخير فترتفع درجة حرارتها ويذوب الثلج ويتجمع الماء الناتج فى أوعية أسفل الأنابيب حيث يتخلص منه خارج الثلاجة. وهذه الطريقة بطيئة ولا تصلح للثلاجات التى نقل درجة حرارتها عن ٣٥°ف كما أن تشغيل المراوح أثناء إذابة الثلج تزيد الرطوبة النسبية فى جو الثلاجة وبذلك لا تناسب الثلاجات التى تحتوى على أغذية تحتاج إلى رطوبة نسبية منخفضة.

وعادة تزود الثلاجات بمنظم يقوم بتنظيم إذابة الثلج بالهواء Control عن طريق مفتاح لإيقاف التبريد فى الغرفة لمدة معينة يتم خلالها إذابة الثلج ثم إعادة التشغيل مرة أخرى.

٢ ـ بواسطة الماء :

وفى هذه الطريقة يتم إدخال كمية كبيرة من الماء على أنابيب التبخير المحاطة بالثلج ثم يندفع الماء للخارج ويجب أن تكون حركة الماء على الأنابيب سريعة وبكمية كبيرة حتى لا تنخفض درجة حرارته عن نقطة التجمد. هذه الطريقة تحتاج إلى تركيب أنابيب لإستقبال الماء بعد إذابة الثلج لصرفه إلى الخارج وقد قل استخدام هذه الطريقة فى الثلاجات الحديثة بعد ظهور طرق أخرى أقل تكلفة.

الطرق المستخدمة فى إزالة الثلج

٣- بواسطة الكهرباء (التسخين بالكهرباء):

بدأت هذه الطريقة تنتشر فى السنوات الأخيرة وفيها يتوقف التبريد ثم يشغل التسخين بواسطة سخانات كهربائية توضع أمام وأعلى أنابيب التبخير مباشرة وقد يكون التسخين غير مباشر حيث يسخن الهواء المحيط بأنابيب التبخير. كما قد يكون التسخين عن طريق قضبان رفيعة ممتدة داخل بعض أنابيب التبخير لسرعة الإذابة وبعد الإذابة يوقف التيار الكهربائى فى المسخنات ويشغل التبريد مرة أخرى.

٤- الطريقة المستمرة لإذابة الثلج (Frost free-No frost):

وبهذه الطريقة لا يتكون ثلج حول أنابيب التبخير والواقع أنه يتكون الثلج فعلا ولكن يتم التخلص منه أولا بأول بسرعة وباستمرار وتبدو كأنه لا يتكون ثلج ويتم ذلك أليا.

تغليف الأغذية للحفظ بالتبريد:

☆ يجب الاهتمام بتغليف الأغذية قبل تخزينها فى غرف التبريد لحمايتها من الجفاف ولسهولة تداولها ولتحسين مظهر المادة الغذائية ولإمكان وضع بطاقة بيانات عليها بسهولة (الغلاف). ويختلف نوع التغليف المستخدم تبعا لعدة عوامل نذكر منها:

☆ ١ـ نوع المادة الغذائية وخواصها:

والتى تشمل قابليتها لفقد الرطوبة والمواد الطيارة واحتوائها على زيت أو دهن وقابليتها لاكتساب الروائح الغريبة وكذلك قابليتها للتلف أو قابليتها للفساد بالضوء أو الهواء الجوى.

☆ ٢ـ مدى تحمل الاغلفة للنقل والتداول والظروف المحيطة:

كالرطوبة النسبية أثناء التخزين. ويجرى على مواد التغليف والعبوات قبل استخدامها بعض الاختبارات كما يلى:

أ) التأكد من توفر المتطلبات اللازمة. ب) التأكد من صلاحيتها لتغليف المادة الغذائية والظروف المحيطة لتخزينها.

جـ) معرفة مدى مقاومتها للتمزق ومدى قابليتها للتشكيل ومدى نفاذيتها للهواء والغازات والرطوبة وكذلك المواد الطيارة ومقاومتها للزيوت والدهون ومدى صلاحيتها ووزنها النوعى.

د) تقاس كذلك مقدرة العبوة بعد تشكيلها نهائيا على تحمل الصدمات والسقوط من ارتفاعات مختلفة وقابليتها للقفل بأحكام وغير ذلك من الاختبارات التى تكفل التحقق من كفاءتها فى حماية المادة الغذائية أثناء النقل والتخزين والتداول.

☆ ٣ـ التكلفة والناحية الإقتصادية:

تأثير الحفظ بالتبريد على جودة الأغذية

بعد تخزين المواد الغذائية فى غرف التبريد بضعة أسابيع أو شهور لا تكون هذه المواد مماثلة للمواد الطازجة فى الصفات (الطعم والرائحة والقوام والمكونات). والقيمة الغذائية حيث أن بعض التغيرات قد تكون مرغوبة كما فى الكمثرى حيث يتحسن قوامها وطعمها عند تخزينها فى الثلاجات فعند جمع الثمار من الأشجار يكون قوامها صلب خشن غير مرغوب ولكن يلين ويتحسن طعمها بالتخزين بالتبريد. ويحدث فقد فى السكر نتيجة تنفس الأنسجة الحية. وجد أن الذرة السكرية تفقد نسبة من السكر تختلف باختلاف (درجة حرارة التخزين ومدتها) فتزداد هذه النسبة (نسبة الفقد) بارتفاع درجة حرارة التخزين أو بزيادة مدة التخزين عند نفس درجة الحرارة فقد بلغ الفقد ٨.١% عند التخزين على درجة حرارة ٣٢°ف لمدة ٤٨ ساعة وزاد الفقد إلى ٢٢% بزيادة مدة التخزين عند نفس درجة الحرارة لمدة ٩٦ ساعة (يتبع فقد السكر فقد فى الطعم الحلو) وإذا ارتفعت درجة حرارة التخزين إلى 68°ف فان الفقد فى السكر يصل إلى ٦٢.١% بعد ٩٦ ساعة وفى البيض تنخفض درجة جودته أثناء التخزين حيث يزداد حجم الغرفة الهوائية فى البيض وينقص وزنها وتقل نسبة البياض ويفترش الصفار عند كسر البيضة على لوح زجاجى إلا أن هذه التغيرات تكون أبطء عند درجات الحرارة المنخفضة ويحدث فقد فى حمض الأسكوربيك بالتخزين بالتبريد ويزداد هذا الفقد بطول مدة التخزين كما أن سرعة الفقد تزداد بارتفاع درجة الحرارة.

حفظ الأغذية بالتجميد

الحفظ بالتجميد

- عرف الحفظ بالتجميد من زمن بعيد حيث قام المزارعون والصيادون فى المناطق ذات الشتاء البارد الطويل بحفظ الاسماك واللحوم مجمده فى مبانى غير مدفئة كما استخدمت مخاليط الثلج والملح وذلك حوالى ١٨٦٥م وبدأ استخدام التبريد الميكانيكى بالامونيا فى تجميد الاسماك بالولايات المتحده الامريكيه ١٨٨٠ الا أن الاغذيه المجمده لم تصبح منافسه للاغذيه المحفوظه بالطرق الاخرى مثل التجفيف والتعليب حتى ١٩٤٠م حيث انتشر استخدام الثلاجات المنزليه.

- وفى الوقت الحاضر أصبح الحفظ بالتجميد ينافس جميع طرق الحفظ الاخرى ويعتبر الحفظ بالتجميد من أفضل طرق الحفظ فضلا عن أنه يمكن حفظ الاغذية المجمده مده طويلة تتراوح بين عده أشهر وأكثر من سنه كما أن الغذاء المجمد يحتفظ بصفاته الحسية (اللون والطعم والرائحه) والقيمه الغذائية أكثر معظم الطرق الأخرى للحفظ الا أن التجميد من ناحية أخرى له تأثير غير مرغوب على قوام الفاكهه والخضر كما أن تكاليف التخزين ونقل وتسويق الاغذية المجمدة عالية وتزيد عن تكاليف تخزين ونقل وتسويق الأغذية المعلبة أو المجففة.

نقطه تجمد الغذاء :Freezing point

تحتوى الخلايا الحيه على نسبه مرتفعه من الماء (غالبا ثلثى وزنها أو أكثر أى ٦٦-٦٧%) ويوجد فى هذا الوسط المائى مواد عضويه وغير عضوية وتشمل هذه المواد الاملاح المعدنيه والسكريات والاحماض فى صورة محلول مائى والبروتينات والنشا فى صورة معلق غروى والدهون فى صورة مستحلبات.

المادة المجمدة عند صهرها (تسييحها) فانها تأخذ درجة حرارة الجو العادى فينفصل منها السائل المنفصل (Drip) وهذا السائل يكون محتوى على بعض المواد الذائبة الموجودة فى الخلايا مثل بعض الفيتامينات (مجموعة ب، ج C, B) والاملاح المعدنية الذائبة والاحماض العضوية والصبغات وكل هذا يعمل على تغيير المادة الغذائية وفقد فى مكوناتها وقيمتها الغذائية.

والتغيرات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التى تحدث أثناء تجميد وصهر الاغذية المجمدة معقدة وغير مفهومة تماما حتى الان وان كان من المفيد دراسة طبيعة هذه التغيرات لامكان تصميم طرق ناجحة لكل مادة غذائية.

ومن المعروف ان نقطة تجمد أى محلول هى أقل من نقطة تجمد المذيب النقى وبالتالى فان نقطة تجمد أى غذاء تقل عن نقطة تجمد الماء (صفر°م) ونظرا لارتفاع نسبة الماء فى معظم المواد الغذائية فان نقطة تجمدها تقع بين أقل من الصفر(- ½ °م) الى (-٤°م) وقد تقل عن ذلك كثيرا وتبقى درجة حرارة المادة الغذائية أثناء تجمدها ثابتة نسبيا حتى يتجمد الغذاء وبعدها تقترب درجة حرارة الغذاء من درجة حرارة وسط التجميد ولانتاج أغذية مجمدة عالية الجودة يجب العناية بعمليات الانتخاب والفرز والاعداد والتعبئة والتجميد والتخزين ومن الواضح أن الغذاء المجمد لن يكون أفضل من الغذاء الطازج بأى حال من الاحوال ويمكن أن تقول أن التجميد فى أحسن الحالات هو مجرد طريقة ممتازة لحفظ الاغذية دون تدهور ملحوظ فى صفاتها الحسية وقيمتها الغذائية.

من أهم العوامل التى تؤثر على صفات المادة الغذائية المجمدة هو طريقة وسرعة أجراء عملية التجميد. والتجميد السريع هو الطريقة التى يتم فيها تكوين بلورات الثلج فى ٣٠ دقيقة أو أقل.

تجميد بطئ	تجميد سريع
١- تجميد المادة الغذائية فى مدة حوالى ١٢ ساعة وقد تصل الى بضعة أيام.	- تجمد المادة فى حوالى نصف ساعة أو أقل.
٢- بلورات الثلج كبيرة الحجم مما يسبب تأثير ميكانيكى ضار علىالانسجة.	- بلورات الثلج صغيرة وليس لها تأثير كبير على الأنسجة.
٣- تتكون البلورات الثلجية خارج الخلايا.	- تتكون داخل الخلايا.
٤- عند صهر المادة المجمدة تنتج كمية أكبر من السائل المنفصل.	- كمية السائل المنفصل قليلة.
٥- لاتحتفظ المادة بمكوناتها الغذائية كلها بعد صهرها لفقدها مع السائل المنفصل.	- تحتفظ المادة بنسبة عالية جدا من مكوناتها الغذائية وقوامها.
٦- طول المدة التى تتعرض لها المادة الغذائية على درجات حرارة مرتفعة نسبيا حتى يتم تجميدها قد تسبب تغيرات للمادة الغذائية لنشاط الاحياء الدقيقة والإنزيمات وعوامل الفساد الأخرى	- قصر المدة لايعطى فرصة لنشاط الاحياء الدقيقة أو لعوامل الفساد الأخرى.
٧- درجة الحرارة المستخدمة(-١٠ : -٢٠°م)	- درجة الحرارة(-٤٠ : -٥٠°م)

والاساس فى طريقة التجميد السريع هو سرعة إزالة الحرارة من المادة الغذائية ويشمل:

١) استخدام تيار من الهواء البارد.
٢) الملامسة لأسطح مبردة فى غرف التجميد.
٣) الغمر المباشر فى وسط مبرد كمحلول ملحى أو سكرى.
٤) استخدام النيتروجين وثانى أكسيد الكربون والغازات السائلة.

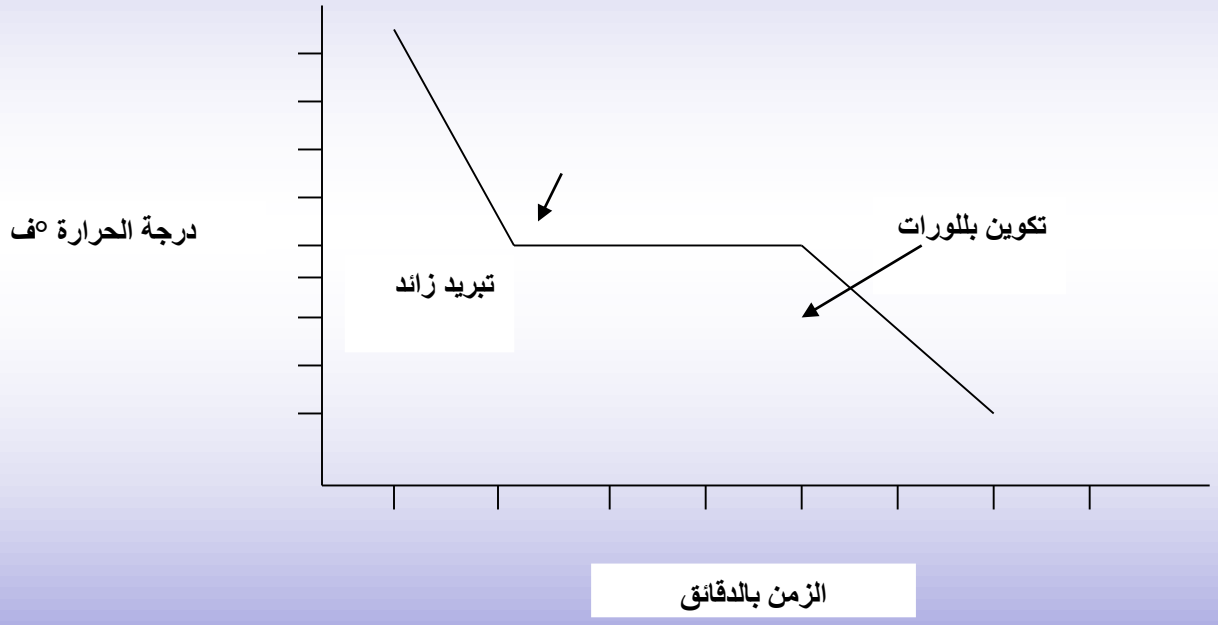
ويعتبر أقل طرق التجميد كفاءة هو التجميد فى هواء بارد ساكن.

منحنى التجميد: Freezing Curve :

الرسم التالى يوضح العلاقة بين الوقت ودرجة الحرارة عند تجميد المادة الغذائية.

منحنى التجميد: Freezing Curve :

الرسم التالى يوضح العلاقة بين الوقت ودرجة الحرارة عند تجميد المادة الغذائية.



نظرية التبريد الزائد Super cooling theory

لسهولة تتبع التغيرات التى تحدث فى سائل نقى عند تبريده وتجميده، يبين المنحنى السابق العلاقة بين الزمن ودرجة الحرارة أثناء هذه التغييرات من الصوره السائله الى الصلبه. عند بدء تبريد السائل تنخفض درجة حرارته تدريجيا حتى تصل الى درجة تبقى ثابتة حتى يتم إزالة الحرارة الكامنة لأنصهاره) "نقطة التجمد" ويبدأ السائل فى التحول الى الصورة الصلبة. وأثناء التبلور تنتظم الجزئيات فى نظام معين ويصحب ذلك نقص فى الطاقة الحركية وبعد انتظام البللورات فى نظامها الثابت وتمام التبلور تنخفض درجة حرارتها تدريجيا حتى تأخذ درجة حرارة الوسط الموجودة فيه وتصبح معها فى توازن تام. ولاتأخذ معظم منحنيات تجميد المواد الغذائية المتمنى الموضح بالرسم السابق. وعادة يحدث فى الأغذذية أن تأخذ فى تجيدها مسار الخط المنقطع حيث تنخفض درجة حرارة الغذاء دون نقطة التجمد ولفترة من الزمن ترتفع بعدها الى نقطة التجمد وهذا الأنحراف عن المنحى البسيط يعرف بنظرية التبريد الزائد " المفرط " Super cooling theory ويمكن تفسير حدوث هذه الظاهرة بأنه:

عند نقطة التجمد تبدأ جسيمات السائل فى أخذ وضع معين من نظام بللورى مميز لنوع السائل ولا ينشأ هذا النظام البلورى فى الحال ومن ثم يستمر انخفاض درجة حرارة السائل دون درجة حرارة التجميد ومن غير تكوين البللورات تستمر الجسيمات فى الحركة فى نظم عديدة مختلفة حتى تصل الى النظام المحدد المميز.
وبمجرد تكوين بللورات هذا النظام تتراكم بللورات أخرى عليها بسرعة وينتج عن حركتها طاقة حرارية ترتفع معها حرارة النظام حتى تصل الى نقطة التجمد ويمكن التغلب على هذه الظاهرة بتقليب السائل بشدة أثناء تبريده مما يساعد على زيادة فرص تكوين النظام البللورى المطلوب وتتكون البللورات ولايحدث تبريد زائد.

نسبة الماء المتجمد عند درجات الحرارة المنخفضة وعلاقة ذلك بجودة الغذاء المجمد:

يوجد الماء فى الأغذية فى حالتين أو صورتين أحداهما فى صورة ماء حر free water والثانية فى صورة ماء مرتبط bound water. ويعرف البعض الماء المرتبط بأنه الماء الذى لايتجمد عند -٥٥°ف (حوالى -٢٠°م) أما الماء الحر فانه له خواص فيزيائية وكيميائية التى للماء السائل ويتجمد حسب حالة المحلول " تركيزه. وفى الاسماك وجد الباحثون أنه حتى عند درجة -٣٣°م يتبقى بعض الماء دون أن يتحول الى بللورات ثلج .

وتجميد الأغذية المجففة (dehydro-freezing) يحسن من خواصها حيث أن خفض الماء الحر فى الأغذية قبل تجميدها يساعد على عدم تدهور صفات الجودة فى المنتج المجمد بشرط ألا تؤدى عملية التجفيف نفسها الى تغيرات ضارة فى صفات المادة الغذائية.

فنجد أن خفض كمية الماء الحر فى الغذاء وكذلك خفض درجة الحرارة يمكن أن يؤدى الى تحسين جودة الغذاء المجمد. فالتغيرات التى تحدث فى الطعم والرائحة واللون والقوام وكذلك الفقد فى القيمة الغذائية تكون أسرع نسبيا عند درجات حرارة أعلى من -١٠°م.

وكلما أنخفضت درجة الحرارة أيضا كلما قل معدل الفقد فى فيتامين C "ج" كما أن معظم الأغذية تتدهور صفاتها بسرعة عند درجات الحرارة المتذبذبة فلحوم الاسماك الطازجة تكون جيلاتينية اذا خفضت درجة حرارتها بسرعة الى -٤٠°م فانها عند صهرها يفقد اللحم قليلا من سائل الأنسجة.

تأثير سرعة التجميد على حجم بللورات الثلج وجودة الأغذية المجمدة:

عند تجميد الغذاء اذا تركت بللورات الثلج لتتكون ببطء فانه تتكون بللورات كبيرة نسبيا أما اذا كان الماء يتجمد بسرعة نتيجة سرعة ازالة الحرارة من المادة الغذائية فان الثلج المتكون يكون دقيق الحجم " بللورات صغيرة ". واذا سمح بصهر هذه البللورات الصغيرة ثم اعادة تجميدها فان تكرار ذلك يؤدى الى زيادة حجم بللورات الثلج.

والتجميد البطىء يشجع نمو بللورات الثلج وزيادة حجمها، وتحتوى اللحوم والدواجن والأسماك والقشريات والفاكهة والخضر على بروتوبلازم شبيه جيلاتينى ولتثبيت هذه الكتلة عند التجميد يجب أن تكون سرعة التجميد بدرجة تؤدى الى تكوين بللورات دقيقة متماثلة خلال الأنسجة وعند صهر هذه الأنسجة التى جمدت بسرعة فان الماء يمتص خلال الأنسجة عند انصهار بللورات الثلج. أما اذا جمدت المادة الغذائية ببطء أو كانت هناك ذبذبة فى درجة الحرارة أثناء التخزين فان ذلك يؤدى الى نمو بللورات الثلج وتحطيم الخلايا فلا تستطيع الأنسجة المنصهرة استعادة خاصيتها الأصلية شبه الجيلاتينية ويبقى جزء من السائل الناتج من الانصهار دون امتصاص وينفصل على هيئة سائل حر وبذلك يكون نمو بللورات الثلج أحد الأسباب التى تؤثر على جودة الأغذية المجمدة.

ويحدث أثناء تجميد المادة عندما تتقدم عملية التجميد أن يزداد تركيز الالكتروليتات التى تسبب تغيرات غير مرغوبة فى التركيب الغروى.

التغييرات التى تحدث فى حجم المادة المجمدة:

تتمدد المادة الغذائية عند تجميدها ويزداد حجمها .. فمثلا عندما تعبأ زجاجات العصير وغطاؤها غير محكم فعند التجميد تتمدد ويرتفع الغطاء للخارج أما اذا كان الغطاء محكم فانها تنفجر لتمدد السائل داخلها بالتجميد. وعلى ذلك فان عند تعبئة المواد الغذائية فى عبوات غير مرنة يجب ترك فراغ قمى فى العبوة يكفى لتمدد المادة عند تجميدها (حوالى ١٠% من سعة العبوة).

وليست كل المواد الغذائية تتمدد عند تجميدها .. فقد لوحظ أن مربى الشليك لا تتمدد عند تجميدها .. وكذلك المحاليل السكرية، الماء العادى يزداد حجمه بنسبة ١٠% عند تجميده ومع ارتفاع تركيز السكر فى الماء يكون التمدد معدوما بل قد ينقص الحجم.

متطلبات وحسابات التبريد والتجميد

أولا: احتياجات التبريد اللازمة لتجميد المادة الغذائية وتخزينها:

١ـ لتجميد مادة غذائية يجب أولا خفض درجة حرارتها إلى نقطة التجمد ويمكن حساب ذلك من المعادلة التالية:

$$H1 = (Sl)\ (W)\ (Ti - Tf) \qquad B.T.U. \quad .....(1)$$

حيث أن:

H1 كمية الحرارة بوحدات الحرارة البريطانية اللازم ازالتها من المادة الغذائية لخفض درجة حرارتها من الدرجة الابتدائية الى نقطة التجمد.

Sl الحرارة النوعية للمادة الغذائية فوق نقطة التجميد (فى الحالة السائلة غير المجمدة).

W وزن المادة الغذائية بالرطل.

Ti درجة الحرارة الابتدائية للمادة الغذائية (°ف).

Tf نقطة أو درجة حرارة تجمد المادة الغذائية (°ف).

٢- ازالة الحرارة الكامنة للأنصهار ويمكن حساب ذلك من المعادلة التالية:

$$H2 = (Hl)\ (W) \qquad B.T.U. \quad .....(2)$$

حيث أن:

H2 عدد وحدات الحرارة البريطانية اللازمة لتحويل كتلة المادة الغذائية من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة دون أن تتغير درجة حرارتها.

Hl الحرارة الكامنة لانصهار المادة الغذائية.

W وزن المادة الغذائية بالرطل.

٣- خفض درجة حرارة الغذاء المجمد إلى درجة حرارة التخزين طبقا للمعادلة التالية:

$$H3 = (Ss)\ (W)\ (Tf - Ts) \qquad B.T.U. \quad .....(3)$$

حيث أن:

H3 عدد وحدات الحرارة البريطانية اللازم إزالتها لخفض درجة حرارة المادة الغذائية من نقطة تجميدها إلى درجة حرارة التخزين.

Ss الحرارة النوعية بعد التجمد (فى الحالة الصلبة).

Tf نقطة التجمد (°ف).

Ts درجة حرارة التخزين (°ف).

كمية الحرارة اللازم إزالتها لتجميد المادة الغذائية وتخزينها (HFS):

$$HFS = H1 + H2 + H3 \quad B.T.U.....(4)$$

Sl = Specific heat before freezing (in liquid phase)
= 0.8 (water %) + 0.2

Ss = Specific heat after freezing (in solid phase)
= 0.3 (water %) + 0.2

Hl = Latent heat of fusion
= [144 x water %)] B.T.U./lb.

مثال :

لديك نصف طن من البسلة على درجة ٧٠ °ف والمطلوب تجميدها وتخزينها عند الصفر الفهرنهيتى فما هى الوحدات الحرارية اللازم ازالتها.

الحـل

H1 = (Sl) (W) (Ti - Tf)
= 0.8 x 1000 x (70 - 30) = 32000 B.T.U.

H2 = (Hl) (W) 152600
= 108 x 1000 = 108000 B.T.U.

H3 = (Ss) (W) (Tf - Ts)
= 0.42 x 1000 x (30 - 0) = 12600 B.T.U.

HFS = H1 + H2 + H3
= 32000 + 108000 + 12600
= 152000 B.T.U.

$$= \frac{152000}{288000} = 0.529 \text{ Ton of refrigeration}$$

جدول (١): يوضح الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للأنصهار لبعض الأغذية:

المادة الغذائية	الحرارة النوعيــة		الحرارة الكامنة للإنصهار
	فوق نقطة التجمد	تحت نقطة التجمد	
الأسماك الطازجة	٠,٧٦	٠,٤١	١٠١
الرخويات البحرية	٠,٩٠	٠,٤٦	١٢٥
اللحم البقرى	٠,٦٦	٠,٣٨	٩٤
الكبد	٠,٧٢	٠,٤٠	٩٤
الدواجن	٠,٨٠	٠,٤١	٩٩
التفاح	٠,٧١	٠,٣٩	٩٢
الثمار التوتية	٠,٨٩	٠,٤٦	١٢٥
البسلة الخضراء	٠,٨٠	٠,٤٢	١٠٨
الجزر	٠,٨٧	٠,٤٥	١٢٠
الفاصوليا	٠,٩٢	٠,٤٧	١٢٨
الأسبرجس	٠,٩٥	٠,٤٤	١٣٤
البيض	٠,٧٦	٠,٤٠	٩٨
اللبـــن	٠,٩٠	٠,٤٦	١٢٤
الزبـــد	٠,٣٠	٠,٢٤	١٨

والخطوة التالية بعد حساب السعة التبريدية (أطنان التبريد) اللازمة لتجميد وخفض درجة حرارة المادة الغذائية إلى درجة حرارة التخزين المطلوبة (RFS) - هى معرفة التبريد اللازم لغرفة التخزين للإحتفاظ بالمادة الغذائية المجمدة عند درجة حرارة التخزين المطلوبة. وسيتم مناقشة ذلك فيما يلى على أساس إفتراض أن درجة حرارة غرفة تخزين الغذاء المجمد أقل من درجة حرارة الوسط الخارجى المحيط بها. لتصميم غرفة مناسبة لتخزين أغذية مجمدة فإنه من الضرورى العمل على منع إنتقال الحرارة من الجو المحيط إلى الغذاء المجمد ولذلك يجب مرعاة الإعتبارات التالية:

١. لا يوجد نظام عزل تام وبذلك سيكون هناك تسرب حرارى خلال جدران وباب الغرفة.
٢. يجب أن يكون هناك مدخل لغرفة الحفظ بالتجميد حيث يكون هناك تسرب حرارى نتيجة فتح وغلق باب الغرفة.
٣. يحدث إرتفاع حرارى بسبب عوامل عديدة أخرى منها الإضاءة الكهربية داخل الغرفة والموتورات المتحركة داخل الغرفة للنقل وخلافه والمراوح وكذلك الحرارة الناتجة من الأشخاص الذين يعملون داخل الغرفة [وكل هذه العوامل (الإعتبارات) يمكن حسابها كما يلى].

ثانيا: حساب التسرب الحرارى:

يتوقف ذلك على درجة حرارة التخزين المطلوبة (درجة حرارة غرفة التخزين الداخلية) ودرجة حرارة الجو الخارجى ومساحة أسطح غرفة التخزين وسمك ونوع المادة العازلة المستخدمة للغرفة. ويمكن حساب التسرب الحرارى (Creep) من الغرفة عند درجة حرارة معينة لمدة ٢٤ ساعة من المعادلة التالية:

$$HC = \frac{K\,(24)\,(Sa)(T1-T2)}{I} \quad \text{.....(5)} \quad \text{B.T.U.}$$

حيث أن:

HC	وحدات الحرارة البريطانية المفقودة خلال ٢٤ ساعة من غرفة التبريد (التجميد)
K	معامل التوصيل الحرارى Thermal conductivity للمادة العازلة وهى مبينة للمواد المختلفة بالجدول رقم (٢).
Sa	مساحة سطح الجدران والسقف والأرضية بالقدم المربع.
I	سمك الطبقة العازلة بالبوصة.
(T1 - T2)	فرق درجات الحرارة بين الجو الخارجى وجو الثلاجة.
HC	كمية الحرارة التى تفقد " تتسرب " من غرف التخزين خلال ٢٤ ساعة بوحدات B.T.U. (تسرب c = creep)

جدول (٢): يوضح معامل التوصيل الحرارى والكثافة لمواد العزل المستخدمة فى غرف التبريد أو التجميد.

المادة	الكثافة رطل/قدم٢	التوصيل الحرارى (K)	المادة	الكثافة رطل/قدم٢	التوصيل الحرارى (K)
هواء	٠,٠٨	٠,١٧٥	صوف زجاجى	١,٥	٠,٢٧
ورق أسبستوس وفرغات هوائية	٨,٨	٠,٥٠	صوف نقى	٥,٠	٠,٢٦
خشب البلسا	٧,٥	٠,٣٥	ماسونيت	١٥,٠	٠,٣٣
سيلوتكس	١٣,٨	٠,٣٠	خشب البللوط	٣٨,٠	١,٠٠
ألواح فلين	٦,٩	٠,٢٨	خشب الصنوبر الأبيض	٣٢,٠	٠,٧٩
القار	٥٥,٠	٠,٧١			

K = B.T.U./بوصة سمك/قدم٢ من السطح/ساعة/درجة فهرنهيتى.

مثال:

ما هو الفقد الحرارى " التسرب" اليومى لغرفة درجة حرارتها ـ١٨°م وأبعادها الخارجية ٤٠ × ٢٠ × ٢٠ قدم معزولة بألواح فلين بسمك ٤ بوصة ودرجة حرارة الجو الخارجى ٨٠ ف، وكيف يمكن حساب ذلك فى حالة استعمال الفلين بسمك ٨ بوصة وفى حالة باستخدام خشب البالوط سمك ٤ بوصة من الجدران؟

الحـــل

فى حالة ألواح الفلين:

مساحة السطح الكلية (Sa)

= مساحة السقف + الأرضية + مساحة الجدران.

= ٢(٢٠×٤٠) + ٢(٢٠×٤٠) + ٢(٢٠×٢٠)

= ٤٠٠٠ قدم٢.

$$HC = \frac{K\,(24)\,(Sa)(T1-T2)}{I}$$

= [0.28 x 24x 4000 x (80 - 0. 4)]/4 = 537600 B.T.U.

فى حالة خشب البللوط:

HC = [1 x 24x 4000 x (80 - 0.0)]/4 = 1920000 B.T.U.

فى حالة خشب البللوط:

HC = [1 x 24x 4000 x (80 - 0.4)]/4 = 1920000 B.T.U.

ومن ذلك نرى أهمية المادة العازلة ونوعها فى تصميم الثلاجة.

****وفى حالة سمك الفلين ٨ بوصة تكون**

HC = [0.28 x 24x 4000 x (80 - 0.4)]/8 = 268800 B.T.U.

حيث نجد ان مضاعفة السمك يخفض التسرب أو الفقد فى كمية الحرارة الى النصف وتكون عدد أطنان التبريد اللازمة " Rc" للمحافظة على غرفة التجميد عند درجة حرارة معينة

RC = HC/288000

والأحمال الحرارية المختلفة التى تؤثر على تشغيل غرفة التجميد والمحافظة على درجة حرارتها.

١- He الاضاءة الكهربائية ٣.٤٢ B.T.U./وات/ساعة.
٢- موتورات الكهرباء أو القوة المحركة ٣٠٠٠ B.T.U. /حصان/ساعة.
٣- Hm العمال داخل الثلاجة = ٧٥٠ B.T.U. / رجل/ساعة.
٤- الحمل الناشئ عن تبادل الهواء (Ha):

فمثلا:
اذا كان عدد العمال ستة (٦) وعدد ساعات العمل خمسة (٥).
٧٥٠ × ٦ × ٥ = ٢٢٥٠٠ B.T.U.
وبالنسبة للموتورات، مجموع القوى هى ٤٠ حصان، متوسط العمل فى الثلاجة ٥ ساعات.
٣٠٠٠ × ٤٠ × ٥ = ٦٠٠٠٠٠ B.T.U.

جدول (٣): يوضح المتوسط التقديرى لتبادل الهواء فى غرف التخزين فى اليوم.

حجم الغرفة (قدم٣)	رقم التبادل/٢٤ ساعة	حجم الغرفة (قدم٣)	رقم التبادل/٢٤ ساعة
٢٥٠	٢٩	٨٠٠٠	٤,٣
٥٠٠	٢٠	١٦٠٠٠	٢,٩
١٠٠٠	١٣,٥	٣٢٠٠٠	٢,٠
٢٠٠٠	٩,٣	٦٤٠٠٠	١,٤
٤٠٠٠	٦,٣	١٢٨٠٠٠	٠,٨

نجد أن كلما زاد حجم الغرفة كلما قل رقم التبادل، ويتوقف الحمل الحرارى الناشىء عن فتح وقفل غرف التخزين على عدد مرات الفتح المتوقعة فى اليوم (٢٤ ساعة) وطول المدة التى تترك فيها مفتوحة وعلى درجة الحرارة لكل من الهواء داخل وخارج الغرفة، والرطوبة النسبية خارج الغرفة وعلى ذلك فالأرقام الواردة بالجدول تقديرية على وجه العموم ويسهل تقدير وحدات الحرارة البريطانية بالقدم المكعب من الهواء الذى يخرج من غرفة التخزين ويحل محله هواء من الخارج درجة حرارته أكثر ارتفاعا.

مثال:

غرفة تخزين درجة حرارتها صفرºف، ودرجة حرارة الجو المحيط ٨٠ºف والرطوبة النسبية بها ٦٠%.فإن الحمل الحرارى يكون ٢,٩ وحدة حرارة بريطانية/قدم٣ من الهواء المستبدل. وبتقدير عدد مرات تبادل الهواء المتوقعة وحمل وحدات الحرارة البريطلنية للهواء المستبدل يصبح من الممكن معرفة الحمل الحرارى المتوقع أخذه فى الإعتبار.

عامل ثابت = ٢,٩ B.T.U. /قدم٣ من الهواء والمستبدل فى الغرفة لو حجم الغرفة ٣٢٠٠٠ قدم٣ يكون التبادل ٢

Ha ٣٢٠٠ × ٢ × ٢,٩ = ٢,٩/B.T.U. ٢٤ ساعة.

ملحوظة:

بعد حاسب مصادر الحرارة المطلوب نزعها من غرفة التبريد والتى تتمثل فى:

١- حرارة الحقل
٢- حرارة الأرفف
٣- الحرارة الناتجة عن التسرب الحرارى
٤- الحرارة الناتجة عن العمال
٥- الحرارة الناتجة عن المحركات والمراوح
٦- الحرارة الناتجة عن تبادل الهواء

تجمع هذه المصادر ويضاف عليها أولا ١٠% من قيمتها كعامل أمان أثناء الحساب ثم يضاف عليها بعد ذلك ٢٥% من القيمة الإجمالية وذلك لراحة موتور الثلاجة (غرفة التجميد) بحيث يعمل فى اليوم لمدة ١٨ ساعة ويستريح لمدة ٦ ساعات على فترات متقطعة .

طرق التجميد Methods of freezing

- التجميد فى الهواء
  - التجميد فى الهواء الساكن:
  - التجميد فى هواء متحرك
- الأتصال غير المباشر بالسوائل المبردة
- الغمر المباشر

بعض الظواهر المتعلقة بالتجميد:

١- حروق التجميد Freeze burn :

هى تغيرات غير رجعية "غير عكسية Irreversible تحدث عند تجميد اللحم البقرى بدون تغليف وتعرضه للأكسدة حيث يصبح لونه بنى وهو ما يسمى بحروق التجميد وذلك نتيجة الجفاف والأكسدة ويمكن منع ذلك بالتعبئة والتغليف المناسب.

تأثير التجميد على القيمة الغذائية:

تأثير التجميد على الفيتامينات:

- فيتامين "C" الفقد الذى يحدث فيه أكثر بكثير مما يحدث فى الفيتامينات الأخرى ولذلك يضاف فيتامين C على الى الفاكهة قبل تجميدها نطاق تجارى لحمايتها من الأكسدة والمحافظة على جودة صفاتها .
- وفيتامين B1 حساس للحرارة وهو يتلف جزئيا أثناء عملية السلق ويحدث فقد طفيف فيه أثناء تخزين الأغذيه المجمدة.
- فيتامين B2 قد يحدث فقد طفيف أثناء عمليات التجهيز الا أنه يتأثر تأثيرا ملحوظا أثناء تخزين الغذاء المجمد .
- والفيتامينات التى تذوب فى الدهون A.D.E.K لاتتأثر الا بحدوث تزنخ الزيوت والدهون .
- والكاروتين "مولد فيتامين A" قد يتأثر قليلا أثناء التجميد الا أنه قد يحدث فيه أثناء التخزين، وتساعد عملية سلق الأغذيه على ثبات الكاروتين أثناء التخزين. وعموما يؤدى عدم حماية الأغذية المجمدة بالتعبئة أو التغليف على أكسدتها أو اتلاف بعض مكوناتها الغذائية بما فيها الفيتامينات أثناء التخزين.

تأثير التجميد على الأنزيمات :

لاشك أن نشاط الأنزيمات يتوقف على درجة الحرارة. والأنزيمات تتلف عند درجات الحرارة العالية بالبسترة والتعقيم أو السلق. الا أنها تحتفظ بحيويتها عند درجات حرارة منخفضة جدا -٧٣°م (:- ١٠٠°ف) ولو أن نشاطها عند هذه الدرجات المنخفضة يكون ضئيلا أو معدوما.

وعلى ذلك فالتجميد لايوقف نشاط الأنزيمات تماما "كما فى الأحياء الدقيقة" الا أنه يقلل من نشاطها بدرجة كبيرة. وعلى ذلك يكون من الأفضل قتل الأنزيمات قبل عملية التجميد بالبسترة أو السلق مدة قصيرة..

ويجب ملاحظة أن: النشاط الأنزيمى "سرعة التفاعلات الأنزيمية" يكون أكبر فى الأغذية التى تتعرض للتبريد الزائد Super cooling(التى تظل سائلة عند درجات حرارة منخفضة عنه) فى الأغذية التى تتجمد وتصبح صلبة عند نفس درجة الحرارة وينصح بأن تكون درجات حرارة تجميد وتخزين الأغذية المجمدة أقل من -٩°م لتقليل تدهور جودة الأغذية المجمدة وقيمتها الغذائية. وكلما انخفضت درجة حرارة التخزين كلما كان النشاط الأنزيمى أقل ما يمكن واحتفظت المادة أكثر بجودتها وقيمتها الغذائية.

تأثير التجميد على البروتينات :

يسبب التجميد تغييرات طفيفة فى القيمة الغذائية للبروتين . ومن الممكن أن يؤدى الى تغيير فى طبيعة البروتين Denaturation ويمكن ملاحظة ذلك فى تخثر المواد البروتينية (Curdling) وخاصة عند حدوث تجميد وانصهار متكرر.
ولو أن القيمة الحيوية للبروتين الذى تغيرت طبيعته (Denaturated) بسبب التجميد لايختلف كثيرا عن البروتين العادى الا أن مظهر وجودة المادة الغذائية قد تتأثر وقد يحدث تحلل للبروتين فى الأنسجة الحيوانية المجمدة أثناء تخزينها اذا لم يتم إتلاف الأنزيمات .

تأثير التجميد على الزيوت والدهون :

قد تتعرض الزيوت والدهون فى الأغذية المحتوية على نسبة عالية منها لتزنخ أكسيد فى الأغذية المجمدة أثناء تخزينها. ويلاحظ ذلك فى الأسماك السمينة ودهون الأسماك المجمدة قابلة للتزنخ أسرع من دهون الأنسجة الحيوانية الأخرى ..
وتختلف قابلية الدهون الحيوانية للتزنخ وأسرعها قابلية للتزنخ هو دهن الخنزير الذى يصبح متزنخا بعد ٦ شهور من التخزين عند الصفر الفهرنهيتى، بينما دهن البقر يحتفظ بجودته أكثر من سنتين عند نفس الدرجة .
وعموما يقل تعرض الدهن للتزنخ بدرجة كبيرة جدا عند ـ ٣٠°ف أ أقل، ومن المعروف أن الدهون والزيوت المتزنخة قيمتها الغذائية أقل فضلا عن خطورتها على الصحة الا أن التجميد أفضل طرق الحفظ للمواد الدهنية حيث أن درجة الحرارة المرتفعة تؤدى الى سرعة تزنخ وتدهور المواد الدهنية .

صهر الأغذية المجمدة Thawing

صهر الأغذية المجمدة ثم إعادة تجميدها كما يحدث عند انقطاع الكهرباء فى غرف التخزين أو تعطيل آلات التبريد أو بقاء الغذاء المجمد خارج عزف التجميد مدة طويلة أثناء النقل والتوزيع تسبب تغييرات خطيرة فى صفات وجودة المادة الغذائية المجمدة وقيمتها الغذائية بسبب فقد جزء من السائل الموجود فى المادة الغذائية "Drip" وهذا السائل يحتوى على بعض المواد الذائبة وهذا يؤثر على الصفات الحسية "لون – طعم – رائحة - قوام" وكذلك يؤدى إلى فقد فى القيمة الغذائية ويكون فقد هذا السائل أكبر فى الأسماك والدواجن عن اللحوم، وانصهار المادة الغذائية المجمدة يؤدى فى كثير من الأحيان الى تغير نقطة التجمد.

Thank you...
شكراً
لحسن إستماعكم