**حفظ الأغذية بالتجميد Freezing**

## التجميد هو احد الوسائل المستخدمة في حفظ الاغذية من التلف ويصنف من ضمن الطرق الطويلة الامد في حفظ الاغذية عند مقارنته بالتبريد. رغم قدم استخدام التجميد في حفظ الاغذية الا انه لم ينتشر علي النطاق التجاري الا في سنة 1940 م.

**فوائد تجميد الاغذية :**

1- التجميد يوقف نمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة تحت درجة - 10 م0 .

2- التجميد يقضي علي العديد من الكائنات الدقيقة ويثبط نشاط الباقي اثناء التخزين المجمد مقارنة بالتبريد، حيث ان الماء الحر يتحول الي ثلج ويصبح غير متاح لنشاط الكائنات الدقيقة علاوة علي انخفاض درجة حرارة الوسط الي المستوي الذي يكون غير ملائم لنشاط الكائنات الدقيقة المحبة للحرارة.

3- بتكنولوجيا التجميد امكن توسيع رقعة تبادل المنتجات الغذائية بين دول العالم. وكذلك الاستفادة من المحاصيل الزراعية في مواسم غير مواسمها.

4- التجميد يحافظ علي جودة السلع الغذائية بوضعية أفضل مما هو في بعض طرق الحفظ الاخري كالتجفيف والتعليب.

تجميد بعض الاغذية والاحتفاظ بها عند درجة حرارة منخفضة ولفترة زمنية محددة يقضي علي الطفيليات، وبالتالي يعتبر التجميد وسيلة تدخل لاصلاح وضعية بعض الاغذية من هذه الناحية كما هو الحال في الذبائح التي تحفظ عند درجة - 30 م0 لمدة 3 اسابيع او لمدة شهر عند - 15 م0 من اجل القضاء علي الطفيليات ويرقات الذباب وبالتالي يجعلها صالحة للتداول بدل اعدامها.

**مراحل تجميد الاغذية:**

يتم تجميد الاغذية في مجمدات مصممة لهذا الغرض حيث يتم امتصاص اوسحب الحرارة من السلعة الغذائية بغرض خفض درجة حرارتها الي الوضع الذي يتم فيه تحويل معظم الماء الحر الي ثلج وتتم هذه العملية علي مراحل :

**1- مرحلة ما قبل التجميد او التبريد المبدئي.**

وهي الفترة ما بين لحظة وضع السلع في المجمد وحتي الوصول الي درجة الحرارة التي يبدأ عندها الماء الموجود في السلعة في التبلور او التحول الي ثلج. في هذه المرحلة يتم سحب الحرارة الملموسة فوق التجمد ويمكن حسابها بتطبيق المعادلة :

 ك1 = الوزن X ع1 X ( ت1 - ت2 )

ك = الحرارة الملموسة ع1 = الحرارة النوعية فوق التجمد

ت1 = درجة الحرارة الابتدائية ت2 = درجة الحرارة التي عندها تبدا السلعة في التجمد

**2- مرحلة التجميد:**

تكون درجة الحرارة عند اي نقطة في السلعة تقريبا ثابتة اثناء هذه المرحلة. يتم في هذه المرحلة سحب الحرارة الكامنة والتي تؤدي الي تحويل الماء الي ثلج دون ان يحدث تغيير في درجة حرارة السلعة. يعبر عن هذه الحرارة بالمعادلة :

ك2 = الوزن X الحرارة الكامنة لتجمد السلعة

الحرارة الكامنة لتجمد السلعة = الحرارة الكامنة لتجمد الماء X % لرطوبة السلعة

يجب ملاحظة ان درجة الحرارة لتجمد السلعة تختلف باختلاف السلعة وتعتمد علي محتواها من المواد الذائبة وليس علي محتواها من الرطوبة وعلي هذا الاساس نجد ان المادة الغذائية في الحقيقة ليست لها درجة تجمد واحدة كما هو الحال في الماء النقي والذي يتجمد عند درجةO م0.ولكنها لها مستويات او درجات تجمد متعددة نظرا لان الماء في المادة الغذائية لا يتجمد دفعة واحدة وانما علي مراحل وفي كل مرحلة يزداد تركيز المواد الدائبة في جزء الماء غير المتجمد مما يترتب عنه انحفاض درجة تجمده وهكذا. وعموما فأن معظم السلع الغذائية تبدأ في التجمد عند درجة حرارة مابين - 1 م0 و - 2 م0 الا انه لتسهيل الحسابات الخاصة بالتجميد يتم اعتماد متوسط درجة تجمد لكل سلعة غذائية.

تسمي هذه المرحلة ايضا بمرحلة الخمول الحراري نظرا لعدم حدوث تغيير يذكر في درجة حرارة السلعة بسبب سحب الحرارة الكامنة للتجمد وتحول الماء الي ثلج. كذلك يطلق علي هذه المرحلة بالمرحلة الحرجة نظرا لانها تحدد نوعية التجميد من حيث عدد وحجم بلورات الثلج المتكونة وبالتالي سرعة التجميد ( سريع او بطيء ).

**3- مرحلة التبريد تحت التجميد:**

الفترة الواقعة ما بين زمن اكتمال تحول الماء الي ثلج حتي الوصول الي درجة حرارة التخزين المطلوبة وهي في العادة - 18 م0 . يتم اثناء هذه المرحلة سحب الحرارة الملموسة تحت درجة التجمد والتي تؤدي الي خفض درجة حرارة السلعة من درجة التجمد الي درجة الحرارة التي ستخزن عندها السلعة. يعبر عن هذه الحرارة بالمعادلة الاتية :

ك3 = الوزن X ع2 X ( ت2 - ت3 )

ع2 = الحرارة النوعية للسلعة المتجمدة ت2 = درجة تجمد السلعة ت3 = درجة الحرارة النهائية المطلوب الوصول اليها.

وبالتالي اجمالي الحرارة المسحوبة = كاجمالي = ك1 + ك2 + ك3

**زمن التجميد:**

هناك تعاريف متعددة **لزمن التجميد** ومبنية علي افتراضات مختلفة الا ان اكثر التعاريف قبولا لزمن التجميد : هو الزمن الذي يستغرق في خفض درجة حرارة الغذاء من درجة الحرارة الابتدائية الي درجة حرارة - 10 م0 . توجد عدة عوامل تؤثر في الزمن الحقيقي لعملية تجميد السلعة الغذائية بعضها له علاقة بالسلعة والبعض الاخر له علاقة بالمجمد المستخدم وهي:

1- ابعاد وشكل المنتج خصوصا سمكه.

2- درجة الحرارة الابتدائية ودرجة الحرارة النهائية للسلعة.

3- درجة حرارة وسط التجميد المستعمل.

4- معامل التوصيل الحراري لسطح السلعة الغذائية.

5- التغير في المحتوي الحراري للسلعة الغذائية.

6- معامل التوصيل الحراري للسلعة الغذائية.

7- نوعية الغلاف المستخدم في تغليف السلعة.

**معادلة بلانك :**

اوجد بلانك نمودج رياضي للتنبوء بزمن التجميد وهو يستخدم لايجاد زمن التجميد عند مرحلة الخمول الحراري ( مرحلة سحب الحرارة الكامنة للتجمد ) وعلي افتراض ان التجميد يبدأ من السطح بأتجاه المركز الحراري للسلعة ( ابطأ نقطة تبريد او تسخين للسلعة ) وينتهي عندما تصل جبهة الثلج المتكونة الي المركز الحراري في حالة التجميد يتم من اتجاهين او عندما تصل جبهة الثلج الي سطح الجانب المقابل في حالة التجميد يتم من اتجاه واحد.

tf  = { Pf L ÷( Tf - Ta) } { (Pd ÷ h) +( Rd2 ÷ Kf)}

Pf  = كثافة السلعة المجمدة كجم / م3

L = الحرارة الكامنة لتجمد المادة الغذائية

 Tf = درجة حرارة تجمد المادة الغذائية

 Ta = درجة حرارة وسط التجميد

 d = سمك القطعة المراد تجميدها

Kf = التوصيل الحراري للمادة المتجمدة

h = معامل انتقال الحرارة للمجمد

R & P = ثوابت تعتمد علي الشكل الهندسي للقطعة المراد تجميدها .

الشكل الهندسي P R

مكعبة 0.5 0.125

اسطوانية 0.25 0.065

كروية 0.167 0.0416

يلاحظ من هذه المعادلة انها اشتملت فقط علي الحرارة الكامنة وان زمن التجميد يتناسب عكسيا مع الفروق في درجات الحرارة ومعامل التوصيل الحراري للمادة ومعامل انتقال الحرارة للمجمد بينما يتناسب طرديا مع كثافة المادة الغذائية المجمدة والحرارة الكامنة ومربع سمك المادة.

**معادلة الهيئة الدولية للتبريد :**

تحوير لمعادلة بلانك وذلك باحتساب اجمالي الحرارة المسحوبة ( كاجمالي ) بدل الحرارة الكامنة لتجمد المادة الغذائية.

**التجميد السريع والتجميد البطيء :**

يعبر عن التجميد السريع بالفترة الزمنية التي تستغرقها المادة الغذائية في عبور المنطقة القصوي لتكوين بلورات الثلج ( -1 الي - 5 م0 ) ويجب الا تزيد هذه الفترة عن 30 دقيقة وان يكون التجميد قد اكتمل في المادة الغذائية عندما تنخفض درجة حرارة كل جزء من المادة الي - 18 م0

اما من الناحية العملية فإن سرعة التجميد ( معدل التجميد ) هي التي تحدد ما اذا كان التجميد للمادة الغذائية كان سريعا او بطيئا ، وتعرف سرعة التجميد بمقدار ما يتجمد من المادة الغذائية ( السمك) في خلال وحدة زمن معينة وبالتالي يمكن ايجاد سرعة التجميد اذا توفرت معلومات عن زمن التجميد وسمك المادة الغذائية :

سرعة التجميد = ½ السمك ÷ زمن التجميد في حالة التجميد في مجمد الارفف المعدنية

سرعة التجميد = السمك ÷ زمن التجميد في بقية المجمدات الاخري والتي يتم فيها التجميد من اتجاه واحد .

بناء علي سرعة تقدم اوزيادة سمك جبهة الثلج اثناء عملية التجميد صنفت المجمدات علي النحو التالي :

نوع المجمد سمك طبقة الثلج / ساعة

بطيء < 1 سم / ساعة

متوسط 1 الي 5 سم / ساعة

سريع > 5 سم / ساعة

فائق > 100 سم / ساعة

عند حدوث التجميد السريع فإن الماء المتواجد داخل الخلايا وفي الفراغات بين الخلايا يتحول الي بلورات ثلجية صغيرة، بينما في عملية التجميد البطيء فإن بلورات الثلج المتكونة تكون كبيرة وتضغط علي الخلايا وتتسبب في تهتكها وانفجارها وايضا انفصال الخلايا عن بعضها البعض. كذلك اثناء التجميد البطيء لا يحدث تجميد سريع ومباشر للماء الموجود بل ان الماء يتجمد علي مراحل فكلما تجمد جزء من الماء تزداد نسبة المواد الذائبة في الماء غير المتجمد وبالتالي يتسبب في بعض الاضرار للمادة الغذائية تتلخص في الاتي :

1- اكتساب المادة الغذائية لقوام رملي بسبب ترسب او تبلور المواد الصلبة من المحلول غير المتجمد.

2- دنترة للبروتينات في حالة عدم ترسب المواد الصلبة من المحلول.

3- تخثر او تجلط البروتين بسبب انخفاض رقم الاس الايدروجيني الي ما دون نقطة التعادل الكهربي في حالة ان بعض المواد الصلبة في المحلول لها خصائص حامضية.

4- عند تكون بلورات الثلج خارج الخلية فإن المواد الصلبة الدائبة يزداد تركيزها في المنطقة المجاورة او المحيطة مباشرة للبلورات الثلجية مما يؤديء الي انتشار الماء بالخاصية الاسموزية من داخل الخلية الي خارجها وهذا التسرب يكون غير عكسي وعند تسييح او فك الثلج عن المادة الغذائية المجمدة تكون الخلايا غير قادرة علي امتصاصه وبالتالي يفقد علي هيئة رشح والكمية المفقودة تحدد مدي جفاف المادة الغذائية او درجة فقدان طراوتها.

**أنواع المجمدات Types of freezers**

**اولا: مجمدات التماس او التلامس المباشر:**

 يتم في هذا النوع من المجمدات خفض حرارة المواد الغذائية الي درجة تجمدها عن طريق التلامس المباشر بين وسط التبريد والمادة الغذائية. تتراوح درجة الحرارة في هذه المجمدات ما بين - 18 م0 و - 40 م0 . يستخدم هذا النوع في تجميد الاغذية غير السائلة المغلفة وغير المغلفة وتوجد عدة انواع من هذه المجمدات :

**أ. التجميد بأستخدام الهواء الساكن ( المجمد الحاد Sharp freezer ).**

 يتم تجميد الاغذية بواسطة الهواء البارد الساكن او بتدوير الهواء داخل المجمد ببطء. ويعاب علي هذه الطريقة ان معدل التجميد بطيء جدا. ودرجة حرارة التشغيل لا تتتجاوز - 15 م0 . نتيجة لبطء معدل التجميد قد تحدث بعض الغيرات غير المرغوبة في القوام واحيانا قد يحدث بعض الفساد للمنتج قبل الوصول لحالة التجمد. هذا النوع اصبح في الوقت الحالي غير معروف نظرا لتطور تقنيات التجميد.

**ب. التجميد باستخدام الهواء المتحرك ( تيارات الهواء الشديدة او الصاعقة) ( Air blast freezer ).**

 يستخدم في هذا النوع من المجمدات مراوح خاصة لدفع وتوزيع الهواء البارد داخل المجمد وبالتالي حركة وسرعة الهواء تساعد علي تحسين عملية التبادل الحراري مما يقلل من عيوب الطريقة السابقة للتجميد ، ويعتبر معدل التجميد في هذا النوع سريعا نوعا ما ويتم علي درجة حرارة مابين – 18م0 و - 40 م0 . يوجد نوعين من المجمدات الاول يتم فيه التجميد علي دفعات ( مرحلي ) والثاني بطريقة مستمرة وهو عبارة عن نفق تدخل فيه العربات المحملة بالسلعة المراد تجميدها من جهة وتخرج مجمدة من الطرف الأخر للنفق حيث تبرمج سرعة حركة العربات او السير الناقل داخل النفق بما يضمن الزمن المستغرق في عبور النفق كافي لإتمام عملية التجميد.

يكون اتجاه مسار الهواء البارد داخل النفق اما موازي لحركة العربات او عمودي عليها. يعتبر هذا النوع من اكثر انواع المجمدات استعمالا علي المستوي التجاري.

 

 نمودج لمجمد الانفاق المستمر

**مميزاته وعيوبه:**

* اقتصادي مقارنة بالمجمد الحاد.
* ملائم لتجميد العديد من السلع الغذائية باختلاف اشكالها واحجامها.
* يمكن ان يتسبب في جفاف الاغذية غير المغلفة في حالة عدم السيطرة علي ظروف التجميد مما يتسبب في احتمالية تكثف الرطوبة المفقودة من السلعة علي انابيب المبخرات للمجمد مما يتطلب ضرورة اجراء عملية تسييح للثلج لتفادي الهبوط في كفاءة التجميد. عملية التسييح تعتبر مكلفة ومستهلكة للوقت.
* حدوث انبعاج او بروز غير مرغوب في العبوات نتيجة تمددها بفعل التجميد بسبب عدم اخذ الاحتياط عند تصميم العبوات لاستيعاب هذا التمدد.

**ج. مجمدات الطبقة المائعة او السائلة ( Fluidized bed freezer ).**

يتم التجميد بفرش المادة الغذائية علي هيئة مرتبة بسمك يتراوح مابين 1 الي 10 سم علي سير مثقوب او صواني علي هيئة غرابيل ويتم دفع الهواء البارد من تحت الي اعلي خلال الثقوب وبسرعة تكون كافية لرفع او تعليق جزيئات او حبيبات المادة الغذائية في تيار الهواء البارد بطريقة تشبه حركة غليان السوائل. ودرجة حرارة الهواء تكون في حدود - 34 م0 . هذا المجمد يستخدم في تجميد انواع معينة من الاغذية فقط والتي يتراوح حجمها من حبة الذرة الي الفراولة. يتراوح زمن التجميد بهذا النوع ما بين 3 الي 30 دقيقة حسب نوع وحجم جزيئات السلعة.

**المميزات والعيوب:**

* اكثر كفاءة في التوصيل الحراري وبالتالي اسرع في معدل التجميد.
* اقل عرضة للجفاف مقارنة بمجمد الانفاق وبالتالي التقليل من عدد مرات اذابة الثلج من علي انابيب المبخرات.
* لا يلائم كل المادة الغذائية وإنما يقتصر استعماله علي السلع المتجانسة في الشكل والحجم وذات حجم معين يسمح بتعليقها في تيار الهواء البارد.

 

 نموذج لمجمد الطبقة المائعة او السائلة

**د. التجميد بالغمر ( Immersion freezer ).**

تجمد المواد الغذائية في هذا النوع من المجمدات اما بغمرها ( مغلفة او غير مغلفة) في سائل التبريد او برش سائل التبريد عليها، وهي تستخدم علي نطاق تجاري في تجميد معلبات او عبوات مركزات العصائر والدواجن والاسماك مثل التونة والسردين والجمبري علي مراكب الصيد.

تكون سرعة التبادل الحراري في هذا النوع من المجمدات ذات كفاءة عالية نظرا لاحاطة سائل التبريد لسطح المادة الغذائية من كل الجوانب.



 نموذج لمجمد الغمر المستمر

**الشروط الواجب توفرها في سوائل التبريد المستعملة في هذا النوع من المجمدات:**

1. ان يكون السائل المستخدم تتوفر فيه الاشتراطات الصحية ومقبول للاستهلاك الادمى.

2. في حالة بقاء كميات قليلة من هذا السائل في المادة الغذائية يجب ان تكون مقبولة من السلطات الصحية كملوث للمواد الغذائية.

3. ان لا يكون له تأثير سلبي علي الصفات الحسية للمادة الغذائية المجمدة من حيث الرائحة،الطعم،اللون والنكهة.

4. ان تكون المادة السائلة المبردة المستخدمة في هذا النوع من المجمدات خاملة ولا تتفاعل مع مكونات المادة الغذائية المراد تجميدها بهذه الطريقة.

5. ان يكون السائل خفيف اللزوجة وان تكون درجة تجمده اقل بكثير من درجة تجمد المادة الغذائية المراد تجميدها فيه.

السوائل المبردة المستخدمة في هذا النوع من المجمدات هي المحاليل الملحية مثل كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم والمحاليل السكرية في حالة تجميد الفواكه. كذلك يستخدم خليط من السكر والملح وايضا محلول بروبلين جليكول والجليسرول.

**المميزات:**

1. سرعة التجميد للأغذية غير المغلفة والاغذية المغلفة في ورق رقيق.

2. امكانية تحويرها لتصبح عملية تجميد مستمرة ( كما هو موضح بالشكل اعلاه).

**العيوب:**

صعوبة ايجاد وسط تبريد سائل تتوفر فيه كل الشروط السابق ذكرها. حيث ان الاغذية تميل الي امتصاص جزء من الملح من المحلول الملحي اثناء التجميد وان كمية الملح الممتصة تعتمد علي درجة حرارة التجميد وزمن الغمر. كما ان هناك تغير في شكل الاسماك الظاهري المجمدة في المحاليل الملحية نتيجة لفقدان القشور واللمعان وايضا لون الخياشيم بما يحوي بعدم ظزاجتها ولهذا السبب فإن الاسماك المجمدة بهذه الطريقة تستغل لغرض التعليب فقط.

**هـ. مجمدات التبخير السائل او الصلب ( Cryogenic freezing ).**

مجمدات فائقة السرعة يتم فيها تجميد المادة الغذائية بتعريضها الي سوائل تبريد تتحول الي صورة غازية بمجرد تعرضها للضغط الجوي العادي ونظرا لانخفاض درجة غليانها. وهذا ما يميزها عن طريقة التجميد بالغمر في المحاليل التي سبق شرحها. يستخدم في هذه المجمدات النيتروجين المسال او اكسيد النيتروز او الفريون او ثاني اكسيد الكربون.

جدول : درجة الغليان لوسائط التبريد المستعملة في مجمدات التبخير السائل

|  |  |
| --- | --- |
| البيان  |  نوع المادة المبردة  CO2 NO2 N2 فريون 12 |
| درجة الغليان |  - 78.5 م 0 - 89.5 م0 - 195.8م0 - 29.79 م0 |

يعتبر هذا النوع من المجمدات اسرع في معدل التجميد من مجمدات الانفاق ومجمدات الارفف المعدنية ومجمدات الطبقة المائعة ومجمدات الغمر في المحاليل الملحية او السكرية حيث يستغرق تجميد الجمبري حوالي 9 دقائق باستعمال النيتروجين السائل بينما نحتاج الي 12 دقيقة في حالة مجمد الطبقة المائعة.

اكثر المجمدات المستعملة تلك التي تعمل بسائل النيتروجين اما ثاني اكسيد الكربون فهو محدود الاستعمال نظرا لحدوث عملية كربنة للغذاء والتي تؤثر علي الطعم والجودة.

**المميزات:**

1. نسبة الفاقد اقل من 1% نتيجة الجفاف إثناء التجميد.

2. طرد الأكسجين إثناء التجميد وبالتالي المحافظة علي السلعة من إضرار التأكسد.

3. المادة الغذائية لا تتضرر كثيرا بالتجميد وهذا مهم في حالة تجميد المواد الغذائية الحساسة الملمس او السطح مثل الطماطم والفراولة والموز والافوجادو والمشروم.

4. تجميد ذبائح الدجاج بهذه الطريقة يكسبها سطح ذولون ابيض ومتجانس والذي يعتبر رفيع عند مقارنته باللون او المظهر المتحصل عليه بطرق التجميد الاخري.

5. وحدة التجميد المستعملة في حد ذاتها تعتبر بسيطة ومناسبة للعمل المستمر او المتواصل ويمكن ملائمتها لمعدلات مختلفة من الانتاج وفي حيز بسيط.

**العيوب:**

ارتفاع تكلفة تشغيل هذه الوحدة بسبب ارتفاع سعر النيترجين السائل حيث انه يفقد اثناء التجميد ( ليست دائرة مغلقة كما هو الحال في المجمدات الاخري ).

**ثانيا: مجمدات التماس او التلامس غير المباشر.**

يتم خفض درجة حرارة المادة الغذائية وتجميدها من خلال الواح او صفائح معدنية مشكلة علي هيئة ارفف افقية او عمودية ومجوفة بحيث يمر في هذا التجويف انابيب تحتوي علي سائل التبريد. وبالتالي يطلق علي هذه المجمدات اسم مجمدات الالواح او الارفف او الصواني المعدنية ( Plate freezer ). وسائط التبريد المستعملة اما محاليل ملحية او سوائل تبريد مثل الفريون او الامونيا. الارفف في هذه المجمدات تكون قابلة للحركة بحيث يمكن احكامها علي السلعة المراد تجميدها وبالتالي فإن هذا المجمد يلائم او يناسب المنتجات المسطحة او العبوات ذات الاشكال الهندسية المنتظمة.

يوجد نوعين من هذه المجمدات الاول يسمي مجمد الارفف الافقي والثاني يسمي مجمد الارفف العمودي وهو يستخدم في تجميد المواد الغذائية غير المغلفة مثل عصائر الفواكه او الاسماك السطحية مثل السردين حيث تجمد في صورة قوالب. عند الانتهاء من التجميد تسخن الارفف لتسهيل ازالة القوالب المجمدة من الارفف وتكون مدة التسخين لا تقل عن 1.5 دقيقة.

 

 نموذج لمجمد الأرفف الأفقي

**المميزات.**

1. اقتصادي وذوكفاءة في التوصيل الحراري.

2. يقلل من الفقد نتيجة الجفاف.

3. يقلل من المشاكل الناجمة من عملية صهر او التسييح لللثلج المتراكم من جراء فقد الرطوبة اثناء التجميد.

4. يقلل من فرص انبعاج او بروز العبوات.

**العيوب.**

1. ضرورة ان تكون العبوات ذات اشكال هندسية منتظمة ومتجانسة في السمك.

2. معدل التجميد بطيء نوعا ما عند مقارنته ببعض المجمدات الاخري.

**حساب الحمل الحراري لحجرة تحزين بالتبريد او التجميد**

**يشمل الحمل الحرارى الكلى لغرف النبريد على ما يلى:**

1 - الحمل الحرارى الناتج عن التسرب خلال الجدران والسقف والارضية.

2- الحمل الحرارى الناتج عن التسرب اثنا فتح الابواب.

3- الحمل الحرارى الناتج عن المنتجات داخل غرفة التبريد.

4- الحمل الحرارى المتنوع ويشمل الأضاءة والمحركات والعمال والرافعات اثناء دخول وخروج المنتجات المحفوظة والحرارة الناتحة عن اذابة الفروست.ويضاف الى البنود السابقة10% كعامل أمان للتصميم.

ويعبر عنه بالطن تبريد.

الطن تبريد : كمية الحرارة اللازمة لصهر واحد طن اتجليزي (2000 رطل ) من الثلج خلال 24 ساعة.

طن تبريد = 2000 X 144 = 288000 و.ح . ب ./24 ساعة

144 = الحرارة الكامنة لانصهار الثلج ( و.ح.ب ./ رطل ثلج ).

**اولا حساب الحمل الحراري خلال الحوائط :**

المعلومات المطلوبة 1- مساحة الأسطح ( كل حائط – السقف – الأرضية )

1- من الحائط الشمالي = مساحة السطح بالقدم 2 \* معامل النفاذية الحرارية ( و.ح.ب / 24 ساعة
 2 - من الحائط الشرقي = مساحة السطح بالقدم 2 \* معامل النفاذية الحرارية ( و.ح.ب / 24 ساعة
 3 - من الحائط الجنوبي = مساحة السطح بالقدم 2 \* معامل النفاذية الحرارية ( و.ح.ب / 24 ساعة
 4 - من الحائط الغربي = مساحة السطح بالقدم 2 \* معامل النفاذية الحرارية ( و.ح.ب / 24 ساعة
 5 - من الحائط السقف = مساحة السطح بالقدم 2 \* معامل النفاذية الحرارية ( و.ح.ب / 24 ساعة
 6 - من الحائط الجنوبي = مساحة السطح بالقدم 2 \* معامل النفاذية الحرارية ( و.ح.ب / 24 ساعة
\* معامل النفاذية الحرارية
يتوقف المعامل علي فرق درجات الحرارة بين خارج الحائط وبين الحيز المبرد ويتوقف أيضا علي نوع العازل الحراري المستخدم و سمك العازل الحراري وكثافتة·
بجمع القيم الناتجة من ( 1 الي 6 ) يكون الناتج = و.ح.ب / 24 ساعة ) )

**ثانيا حساب الحمل الحراري من المنتج**

المعلومات المطلوب :

1 – نوع المنتج
. نوع العملية ( تبريد – تجميد ) 2 -
. كمية التحميل اليوم 3 -
\* الحمل الحراري للمنتج فوق درجة التجميد =
كمية التحميل اليومي ( رطل / 24 ساعة ) \* فرق درجات الحرارة ( درجة دخول المنتج – درجة التخزين ) \* الحراره النوعية للمنتج فوق درجة التجميد = و.ح.ب / 24 ساعة .).)
\* الحمل الحراري للمنتج تحت درجة التجميد ( المحسوسه ) =
كمية التحميل اليومي ( رطل / 24 ساعة ) \* فرق درجات الحرارة ( درجة دخول المنتج – درجة التخزين ) \* الحراره النوعية للمنتج تحت درجة التجميد = و.ح.ب / 24 ساعة (2-2-1)
\* الحمل الحراري للمنتج تحت درجة التجميد ( الكامنة ) =
كمية التحميل اليومي (رطل / 24 ساعة ) \* الحراره الكامنة ( و.ح.ب / رطل ) = و.ح.ب / 24 ساعة)
\* قيم الحراره النوعية للمنتج فوق درجة التجميد ، الحراره النوعية للمنتج تحت درجة التجميد ، الحراره الكامنة يتم تنفيذ الجدول الخاص بها .
الحمل الحراري للتنفس للمنتج
الكمية الكاملة للمنتج بالمخزن \* معامل التنفس للمنتج ( و.ح.ب / رطل/ 24 ساعة ) = و.ح.ب / 24 ساعة )
ثالثا الحمل الحراري لتغير الهواء :

فقط يستخدم للمخازن الكبيرة فقط

الحمل الحراري = الحجم الكلي للمخزن قدم3 \* عدد مرات التغير / 24 ساعة \* قيمة معامل تغير الهواء و.ح.ب / قدم3 = و.ح.ب / 24 ساعة \*\*
رابعا الأحمال الأخري

الأضاءة
مسطح الأرضية -- قدم2 \* قيمة توزيع الأضاءة وات / قدم2 \* 3.41 و.ح.ب/ وات \* مدة أستخدام الأضاءة --- ساعة/ 24 ساعة = و.ح.ب / 24 ساعة
المواتير
معامل القيمة المساوية للمواتير الكهربية -- و.ح.ب / hp / ساعة \* ---- hp الخاص بالماتور \* ---- عدد ساعات العمل / 24 ساعة = و.ح.ب / 24 ساعة
العمال
عدد العمال ---- \* معامل العطاء الحراري للأنسان --- و.ح.ب / ساعة \* عدد ساعات تواجد العمال ---- ساعة / 24 ساعة = و.ح.ب / 24 ساعة

الأجمالي
في حالة التبريد يكون أجمالي مجموع
حمل احوائط + حمل المنتج ( الحرارة المحسوسة فقط ) + الحمل الحراري لتغير الهواء ( مخازن كبيرة + مجموع الأحمال الأخري ) = و.ح.ب / 24 ساعة
في حالة التجميد يكون أجمالي مجموع
حمل احوائط + حمل المنتج ( الحرارة المحسوسة فقط ) +حمل المنتج ( الحرارة الكامنة ) الحمل الحراري لتغير الهواء ( مخازن كبيرة + مجموع الأحمال الأخري ) = و.ح.ب / 24 ساعة
الحمل الحراري الآمن = 1.1 من الحمل الأجمالي السابق --- و.ح.ب / 24 ساعة
\*\* التقدير لعمل الوحدة من 16 الي 18 ساعة .
تقدير قدرة الوحدات المطلوبة = الحمل الآمن و.ح.ب / 24 ساعة / عدد ساعات عمل الوحدة – (16 – 18 ساعة )/ 24 ساعة