المادة: هندسة معامل الاغذية ***FOOD PLANTS ENGINEERING***

الجزء النظري: **عدد الوحدات النظرية (2)** **عدد الساعات (2)**

مدرس المادة: أ.م.د. اسعد رحمان سعيد الحلفي aalhilphy@yahoo.co.uk

قسم علوم الاغذية – كلية الزراعة – جامعة البصرة

المحاضرة الحادية عشر:

التبريد والتجميد *Refrigeration and cooling*

التبريد:

تعرف عملية التبريد بانها تلك العملية التي يتم فيها ازالة الطاقة الحرارية من المادة الغذائية الى درجات حرارة واطئة اعلى بقليل من درجة الانجماد(صفر مئوي) وتستعمل هذه العملية لاجراء عمليات مختلفة في مصانع الاغذية والالبان منها:

1- تبريد المواد الغذائية بصورة مباشرة او غير مباشرة الى درجة حرارة اعلى بقليل من درجة الانجماد.

2- تبريد المخازن المبردة التي يتم فيها خزن المواد الغذائية المختلفة.

3- تبريدالمواد الغذائية اثناء نقلها ، وتبريد الناقلات الخاصة بذلك.

تحفظ العديد من المواد الغذائية في درجات حرارة واطئة لاجل الحفاظ عليها من التلف وخزنها لمدة اطول وذلك بسبب انخفاض نشاط البكتريا ونموها او لغرض الحصول على بعض التغيرات في المادة الغذائية لاضافة بعض الصفات المهمة لهذه المواد كما هو متبع لحفظ الخوخ والطماطة واللحم لتحسين صفاتها.

يتفاوت مقدار الحرارة المزالة من المادة الغذائية حسب هدف التبريد فالحليب تحفظ درجة حرارته من 37 مئوي الى 4 مئوي بينما المثلجات من 4 مئوي الى -3 مئوي او اقل. كذلك يعمل التبريد على التقليل من فعالية بعض الاغذية الفسيولوجية وهذا يؤدي للمحافظة عليها بنوعية جيدة ، كما ان الحرارة الواطئة تقلل من نشاط الانزيمات التي تحتويها هذه المواد الغذائية لمدة اطول.

الحرارة اللازم ازالتها من المادة الغذائية q:

$$q = m C_p (T_2 - T_1)$$

m:وزن المادة الغذائية (كغم). C_p: الحرارة النوعية (كيلوجول/كغم.^{o}م). T_2: درجة الحرارة العليا(^{o}م).T_1 : درجة الحرارة المنخفظة(^{o}م).

يعبر عن مقدار التبريد اللازم بمقدار كيلوسعرة اللازم ازالتها في 24 ساعة او في ساعة او في دقيقة ويطلق على هذا المقدار **طن تبريد** .

مثال: ماهو مقدار الحرارة اللازم ازالتها لتبريد 10000 لتر من الحليب في درجة حرارة 72 ^{o}م لدرجة 10 ^{o}م علما بان الحرارة النوعية للحليب 0.93 . ومامقدار التبريد اللازم (طن تبريد) في الساعة.

Dr.ASAAD AL-HILPHY

$$q = m C_p (T_2 - T_1)$$

$$q = 10000 \times 0.93 (72-10) = 576600 \text{ k cal.}$$

اما مقدار التبريد (طن.سا) $576600 / 3600 = 160.16$ ton.h

انواع التبريد:

1- التبريد الطبيعي: وفيه يستعمل الثلج او الثلج والمحاليل الملحية وذالك عن طريق التبادل الحراري بين المادة الغذائية والثلج او المحاليل الملحية المبردة (brine) من ملح الطعام او كلوريد الكالسيوم . والمحاليل الملحية اكثر فعالية من غيرها .

يتوقف مقدار مايزال من حرارة بواسطة الثلج على درجة حرارة الثلج او المحاليل الملحية المبردة بالثلج . ان كل كيلوغرام واحد من الثلج يزيل تقريبا 80 كيلو سعرة. وتستعمل هذه الطرق في تجميد المثلجات وتبريد اللحوم.

مثال: مامقدار الماء اللازم استعماله لتبريد 2000 كم من عصير في درجة حرارة 44 مئوي الى درجة حرارة 4 مئوي علما بان درجة حرارة الماء البارد 8 مئوي وان الحرارة النوعية للعصير هي 0.92 كيلوسعرة/كغم .مئوي. فما مقدار الثلج اللازم استعماله لاجراء هذه العملية(على فرض انه لايوجد فقدان في الحرارة).

1- ايجاد كمية الحرارة الواجب ازالتها من المادة الغذائية:

$$q = m C_p (T_2 - T_1) = 2000 \times 0.92 (44 - 4) = 73600 \text{ k cal.}$$

2- ايجاد الحرارة الممكن ازالتها في كغم ثلج واحد:

= حرارة الانصهار + الحرارة المحسوسة = $80 + 1 \times (0-4) = 83.8$ كيلو سعرة

3- كمية الثلج اللازمة = $73600 \backslash 83.8 = 878.28$ كغم.

التبريد الصناعي:

وفيه تستعمل مواد ذات قابلية على امتصاص طاقة حرارية عالية بصورة مستمرة. اذ تضخ هذه المواد الى مناطق محددة فتجري عملية التبادل الحراري بينها وبين المادة الغذائية فتنتقل الحرارة بين الاخيرة مؤدية الى تبخر المادة المبردة ثم ينقل البخار الى اجهزة يتم فيها ازالة الحرارة التي امتصتها ويعاد ضخها مرة اخرى وتستمر العملية دون فقدان هذه المادة.

انواع سوائل التبريد:

1- الامونيا (NH_3) :.ولها قدرة على ازالة طاقة حرارية عالية تصل الى 263.1 كيلو سعرة\كغم. ومساوئها انها تسبب روائح في المنتوج عند حصول خلل ، وعندما يصل تركيزها الى 1 % تسبب تلف التفاح والموز والعرموط في مدة لاتقل عن ساعة. كما انها تسبب تاكل النحاس والبرونز ولا تسبب تاكل للحديد وانها تثير الاغشية المخاطية والعيون ، وهي سامة عند تركيز 0.5 % بالحجم في الهواء. ويكشف عن تسربها بواسطة رائحته او باشعال شمع الكبريت الذي ينتج دخان ابيض من ابخرة الامونيا.

2- كلوريد المثيل (CH_3Cl)

Dr.ASAAD AL-HILPHY

3- فريون 12 و 22 : ويستعملان في وحدات التبريد الصغيرة ويمتازان بانهما عديما الرائحة ولايسببان مشاكل في الغذاء وكل كغم واحد منه يزيل 28 كيلوسعرة.

الثلج الصناعي dry ice

وهو عبارة عن CO_2 المضغوط ويستعمل في عمليات تبريد صغيرة ويزيل 62 كيلوسعرة\كغم منه عندما يتسامى. تطبقاته في التبريد محدودة بسبب عدم امكانية استعماله مرة اخرى.

مكونات نظام التبريد:

1- المبخر Evaporator

وبداخله يتبخر سائل التبريد الى الحالة الغازية ويحتاج تغيير الحالة الى حرارة كامنة تؤخذ من الميط.

تقسم المبخرات الى مبخرات مباشرة التمدد حيث يبخر سائل التبريد داخل ملفات المبخر ولايكون الملف في تماس مباشر مع الغذاء. او مبخرات غير مباشرة التمدد وفيها يستخدم وسط حامل مثل الماء او الماء المالح ، اذ يبرد مع تبخير سائل التبريد داخل ملفات المبخر ويضخ الماء البارد الى الموقع المراد تبريد الغذاء فيه. يستعمل كلوريد الصوديوم بتركيز 20 % حرارته النوعية 0.829 للوصول الى درجة حرارة لاتقل عن - 17.8 مئوي وكذلك كلوريد الكالسيوم ويضاف اليه كرومات الصوديوم لمنع التاكل. والمبخرات اما ان تكون ملساء او ذات ريش او ذات لوح .

يتوقف مايزال من حرارة بواسطة المبخرات على مساحتها:

$$A=Q/[24\ k\ (T - T_1)]$$

A: مساحة الانابيب السطحية ($م^2$) ، Q: الحرارة اللازم ازالتها خلال 24 ساعة ، k: معامل الايصال الحراري (كيلوسعرة\ساعة.$م^2$.مئوي) T: درجة حرارة الامونيا داخل الانبوب (مئوي) T: درجة حرارة الهواء في الغرفة المبردة (مئوي).

مثال: احسب مساحة الانبوب الواجب استعماله لنقل الامونيا لازالة 50000 كيلوسعرة في غرفة تبريد اذا علمت بان درجة حرارة الامونيا داخل الانبوب -15 مئوي وان درجة حرارة الهواء في الغرفة 5 مئوي وان معامل التوصيل الحراري للانابيب في الهواء دون تحريك 12.2 كيلوسعرة\ساعة.$م^2$.$^oم$.

$$A=Q/[24\ k\ (T - T_1)]= 50000/[24 \times 12.2\ (5 - (-15))]=8.53\ m^2$$

الضاغط compressor

يتجه سائل التبريد الى الضاغط في حالة غازية عند ضغط وحرارة منخفضين يرفع الضاغط درجة حرارة سائل التبريد وضغطه. وهو على انواع عدة:

1- الضاغط الترددي : ويحتوي على مكبس يتحرك ذهابا وايابا داخل اسطوانة وهذا النوع اكثرها استعمالا ويتغير في سعته من جزء من الطن الى 100 طن تبريد.

2- الضاغط الطارد عن المركز: ويحتوي على مروحة طاردة مركزية مزودة بزعانف متعددة تدور بسرعة عالية.

Dr.ASAAD AL-HILPHY

3- الضاغط الدوراني: ويحتوي على مروحة تدور داخل اسطوانة .

يمكن ان يعمل الضاغط مع محرك كهربائي او بمحرك احتراق داخلي. ان العامل المهم الذي يؤثر على اداء الضاغط هو سعته اذ تتاثر بعوامل عدة ناتجة عن التصميم هي:

- ازاحة المكبس.
- الخلوص بين راس المكبس ونهاية الاسطوانة عندما يكون المكبس في قمة مشواره .
- حجم صمامات السحب والطرد .

تتداخل العوامل الاتية مع ظروف التشغيل وتؤثر على سعة الضاغط وهي:

عدد الدورات بالدقيقة ونوع سائل التبريد وضغط السحب وضغط الطرد. ويمكن حساب ازاحة المكبس من المعادلة التالية:

$$S=\pi D^2 L N/4$$

D: قطر الاسطوانة الداخلي (سم)، L: طول الشوط (سم). ، N: عدد الاسطوانات ، S: ازاحة المكبس (سم^3).

يمكن حساب ازاحة الضاغط كالاتي:

$$R=S .V$$

V: السرعة الدورانية (دورة\دقيقة) ، R: ازاحة الضاغط (سم^3\دقيقة).

المكثف Condenser

عمل المكثف هو نقل الحرارة من سائل التبريد الى وسط اخر مثل الهواء و \او ماء وبطرد الحرارة يتكثف سائل التبريد بهيئة غاز الى سائل داخل المكثف. وله انواع عدة:

1- مكثفات الماء البارد : وتكون على عدة انواع: أ- مكثف مزدوج الانبوب ، ب-مكثف نوع الشريحة والانبوب ، جـ- مكثف نوع الشريحة والملف.

ففي المكثفات المزدوجة الانبوبة يضخ الماء في الانبوبة الداخلية ويتدفق سائل التبريد في الانبوبة الخارجية ، ويكون السريان عكسي للحصول على كفاءة عالية لانتقال الحرارة . بسبب وجود الوصلات يسبب عوائق في صيانته. اما في مكثفات الشريحة والانبوبة يضخ الماء خلال الانابيب بينما نجد سائل التبريد يتدفق في الشريحة . يتيح تركيب الزعانف في الانابيب انتقال حرارة افضل ، ان هذا النوع يكون اقل تكلفة واسهل في عملية الصيانة. اما في المكثف ذو الشريحة والملف تحتوي الشريحة الملحومة على ملف ذو انابيب ماء دقيقة ، يعتبر هذا النوع اكثر انضغاطية ومنخفض التكاليف.

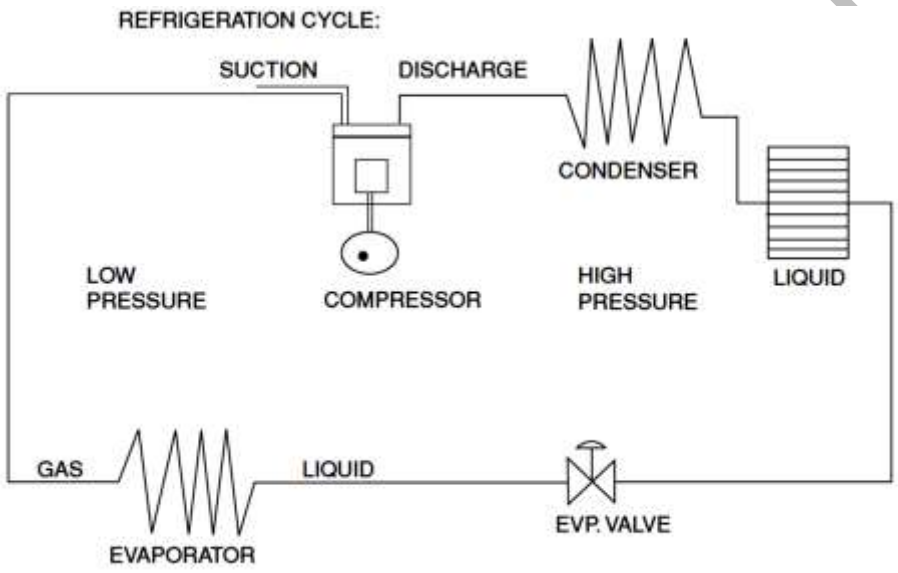
2- مكثفات الهواء البارد: وهي اما من نوع الانبوبة او من نوع الريشة او من نوع اللوح والاخير يحتاج الى مساحة سطحية كبيرة وهو رخيص في تكاليف الانشاء وقليل الصيانة وهو موجود في الثلاجات المنزلية. يمكن استعما المروحة مه هذا النوع من المكثفات لتحقيق معامل انتقال حرارة بالحمل اعلى على سطح المكثف.

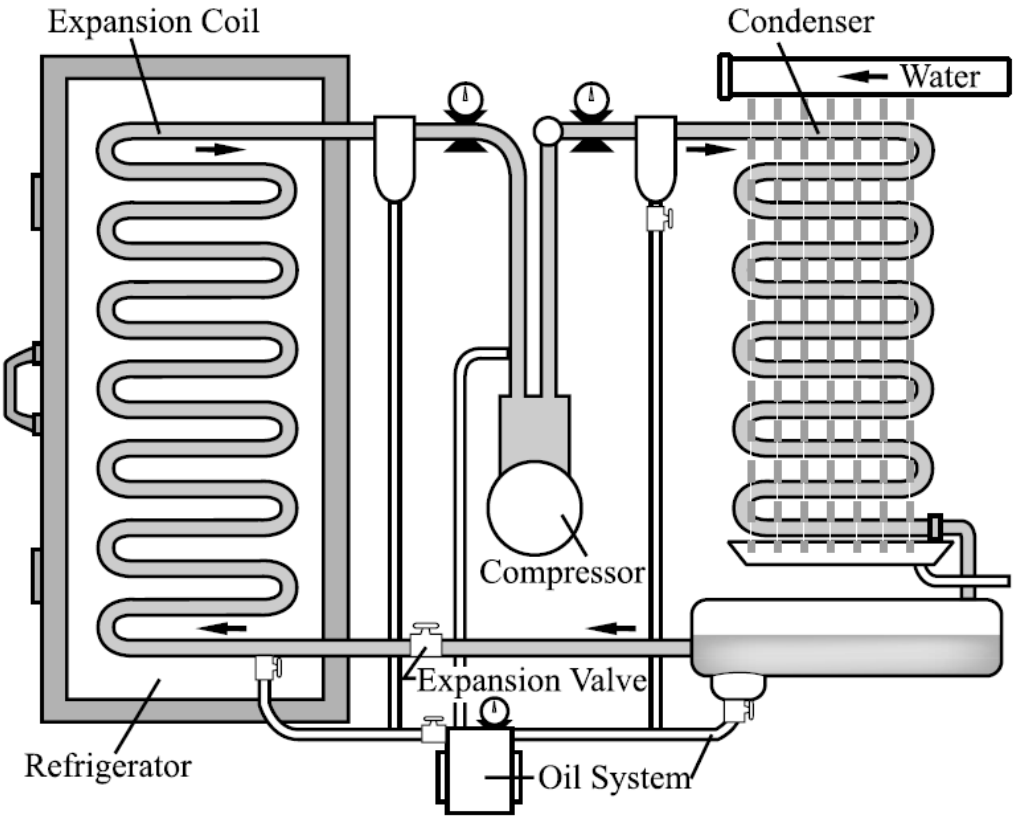
Dr.ASAAD AL-HILPHY

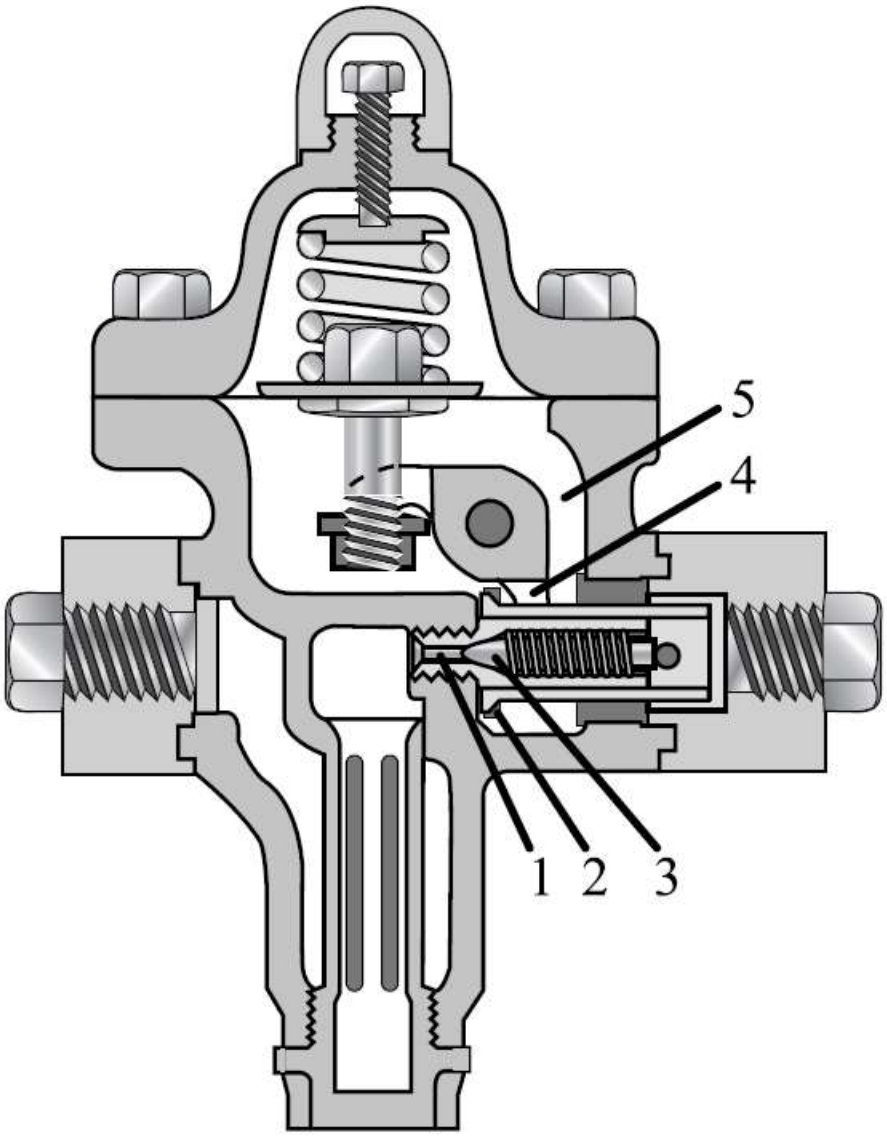
3- مكثفات تبخيرية: وفيها تسحب مضخة الماء الدورانية الماء من وعاء عند قاعدة المكثف وترش الماء على الملفات بالاضافة الى ذلك تسحب كمية كبيرة من الهواء من ملفات المكثف . يحتاج تبخير الماء الى حرارة كامنة تؤخذ من سائل التبريد.

خزان الاستلام receiver : وفيه تتجمع المادة المبردة وهي بحالة سائلة بعد اجراء عملية تكثفها.

صمام التمدد expansion valve : هو اداة معايرة اساسية للتحكم في تدفق سائل مادة التبريد الى المبخر. وانواعه هي: 1- صمام تمدد يعمل يدويا 2- صمام عوامة او اوتوماتيكيا للجانب المنخفض 3- صمام عوامة او اوتوماتيكيا للجانب المرتفع 4- صمام تمدد اوتوماتيكيا 5- صمام تمدد ثرموستاتيا (حراريا).







صمام التمدد

حساب المحاليل الملحية اللازم ضخها في الساعة لازالة حرارة معينة من وزن معين من المادة الغذائية:

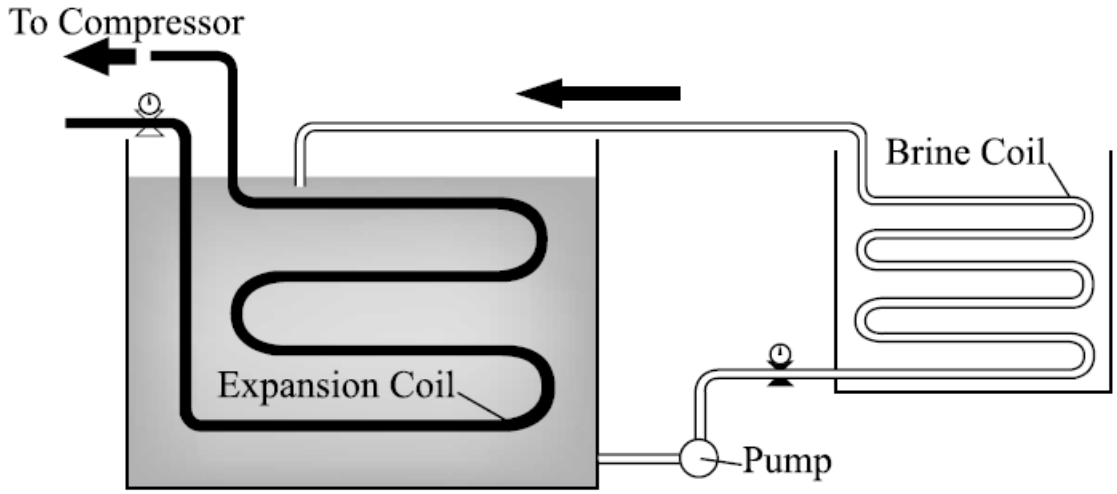
$$M_b=q/C_p\ (T_1 - T_2)$$

M_b: وزن المحلول الملحي (كغم) ، q: كيلو سعرة الواجب ازالتها لكل ساعة. C_p:الحرارة النوعية للمحلول الملحي (كيلوسعرة\كغم.^{o}م). T_1: درجة حرارة المحلول الملحي عند الخروج (مئوي). T_2:درجة حرارة المحلول الملحي عند الخروج (مئوي).

مثال: احسب كمية المحلول الملحي من $CaCl_2$ الواجب ضخها في الساعة لازالة 66000 كيلوسعرة من مادة غذائية علما بان الحرارة النوعية للمحلول الملحي 0.6 (كيلوسعرة\كغم.^{o}م) وان درجة حرارة المحلول الملحي الداخل - 10 والخارج 1 مئوي.

$$M_b=q/C_p\ (T_1 - T_2) = 66000/0.6\ (1 - (-10))=10000\ kg$$

Dr.ASA



التجميد Freezing

التجميد هي عملية تبريد كافية لتجميد الماء الموجود في المادة الغذائية او اكثر من هذا الماء. وفيه يتوقف نمو البكتريا المسببة لتلف الاغذية.

استعمال التجميد يتوقف على نوعية المواد الغذائية فمثلا لايمكن تجميد الحليب والكريم والجبن والطماطة لان هذه العملية تؤثر على توازن المكونات الموجودة في هذه المواد ويؤثر على صفاتها .بينما يمكن تجميد بعض الخضروات واللحوم. قد يكون التجميد ضروري لصناعة نوع معين من المواد الغذائية مثل الايس كريم.

التجميد يتوقف على وزن المواد الغذائية المراد تجميدها وعلى مقدار الماء المتجمد فيها المراد الوصول له وعلى درجة حرارة التجميد وعلى الحرارة النوعية للمادة الغذائية.

عند حساب مقدار الحرارة الواجب ازالتها للتجميد يجب حساب :

1- الحرارة المحسوسة للمادة الغذائية لدرجة حرارة من درجة اعلى من الانجماد الى درجة الانجماد الاولية ΔH_S .

2- الحرارة اللازمة لحفظ درجة حرارة المادة الغذائية الغير مجمدة الى درجة حرارة الحفظ ΔH_U.

3- الحرارة الكامنة للتجميد للماء المتجمد اللازمة ازالتها ΔH_L .

4- الحرارة اللازم ازالتها لحفظ حرارة المتجمد لدرجة حفظ ΔH_F.

$$\Delta H = \Delta H_S + \Delta H_U + \Delta H_L + \Delta H_F$$

ويمكن حساب كل جزء على حدة كالاتي:

$$\Delta H_S = m\, C_P\, (T_i - T_F)$$

Dr.ASAD AL-HILF

m:الوزن الكلي للمنتوج (كغم).

C_P: الحرارة النوعية للمنتوج (كيلوسعرة/كغم.مئوي)

(T_i-T_F) : الفرق بين درجة الحرارة فوق الانجماد(مؤي).

$$\Delta H_U= m_U C_{PU} (T_F-T)$$

m_U:وزن المنتوج غير المجمد (كغم).

C_P: الحرارة النوعية للمنتوج غير المجمد (كيلوسعرة/كغم.مئوي)

T_F : درجة حرارة الانجماد (مؤي).

T: درجة حرارة الخزن (مئوي)

$$\Delta H_L= m_F L$$

m_F:وزن المتجمد (كغم)

L: الحرارة الكامنة للانصهار (كيلوسعرة/كغم).

$$\Delta H_F= m_F C_{PF} (T_F-T)$$

C_{PF}: الحرارة النوعية للمتجمد (كيلوسعرة/كغم.مئوي)

درجة انجماد المواد الغذائية:

بالنظر الى وجود تراكيز مختلفة من السكر والاملاح في المواد الغذائية والالبان لذا فان درجة الانجماد تنخفض بوجود هذه المكونات . ولاجل تحديد درجة الانجماد الاولية للمادة الغذائية ولخليط المثلجات يجب معرفة مقدار الانخفاض الذي يسببه تركيز السكريات الموجودة وكذلك الاملاح ولاجل تحديد ذلك في مخاليط الايس كريم تحسب كالاتي:

نسبة السكريات = نسبة السكروز في الخليط +0.545 (%المواد الكلية الغير دهنية)

نسبة السكر المئوية في المحلول المائي=اجزاء السكر × 100 \(اجزاء السكر+ اجزاء الماء غير المتجمد في الخليط)

مقدار الانخفاض بسبب السكر=32 – درجة الانجماد الاولية.

الانخفاض بسبب الاملاح (مئوي)=2.37 (% مواد صلبة غير دهنية)◌ \ %الماء في الخليط.

درجة الانجماد الاولية للخليط=32- (الانخفاض بسبب السكر + الانخفاض بسبب الاملاح)

مثال:أ- ماهي درجة انجماد خليط مثلجات اولية اذا علمنا ان هذا الخليط يتكون من 12.5% دهن ، 10% مواد صلبة غير دهنية ، 16% سكر ، 0.3% جيلاتين. ب- ومامقدار درجة انجماد الخليط اذا كان 50% من الماء قد تحول الى ثلج.

نسبة السكريات = نسبة السكروز في الخليط +0.545 (%المواد الكلية الغير دهنية)

نسبة السكريات = 16 + 0.545× 10)= 21.45

Dr.ASAAD AL-HILPHY

نسبة الماء=100 – (0.3+16+10+12.5)=61.21

نسبة السكر المئوية في المحلول المائي=اجزاء السكر × 100 \(اجزاء السكر+ اجزاء الماء غير المتجمد في الخليط)

نسبة السكر المئوية في المحلول المائي=21.45× 100 \(21.45+ 61.2)=25.9

مقدار الانخفاض بسبب السكر=32 – درجة الانجماد الاولية.

مقدار الانخفاض بسبب السكر=32 – 27.88=4.12 فهرنهايت = 2.3 مئوي.

الانخفاض بسبب الاملاح (مئوي)=2.37 (% مواد صلبة غير دهنية)\ %الماء في الخليط.

الانخفاض بسبب الاملاح (مئوي)=2.37 (10)\ 61.2=0.39 مئوي.

مقدار الانخفاض الكلي=2.3 + 0.39 =2.69 مئوي.

درجة الانجماد الاولية للخليط=0- (الانخفاض بسبب السكر + الانخفاض بسبب الاملاح)

درجة الانجماد الاولية للخليط=0- (2.69)=-2.69 مئوي.

ب- نسبة السكر=21.45

نسبة الماء في الخليط=61.5

61.5×(0.50)=30.6

تركيز السكريات في المحلول=21.45×100\(30.6+21.45)=%41.2

مقدار الانخفاض بسبب السكر=32-23.57 =8.42 فهرنهايتي =4.7 مئوي.

مقدار الانخفاض بسبب الاملاح=2.37×10\61.2=0.39 مئوي.

مقدار الانخفاض الكلي=4.7+0.39=5.09 مئوي

درجة انجماد الخليط =0-5.09=-5.09 مئوي.

لتقدير الوقت اللازم لاجراء عملية التجميد تستخدم معادلة بلانك التالية:

$$FT = \rho h_{sf} \frac{\left(\frac{Pd}{h} + \frac{Rd^2}{k}\right)}{t_f - t_a}$$

FT:زمن التجميد (ثانية).

ρ:كثافة المنتج المجمد (كغم\م3).

h_{sf}:الحرارة الكامنة للانصهار (كيلوجول\كغم).

d:سمك المنتج (م).

Dr.ASAAD AL-HILPHY

h:معامل انتقال الحرارة بالحمل (واط/م^2.مئوي).

k:معامل انتقال الحرارة بالتوصيل للمنتج المجمد (واط/م.مئوي)

t_f:درجة حرارة التجميد الاولية للمنتج (مئوي) وؤخذ من جدول خاص.

t_a:درجة حرارة الهواء المبرد (مئوي).

P,R تستخدم لحساب تأثير شكل المنتج :

الشكل	P	R
للوح غير محدد	1/2	1/8
للاسطوانة غير المحددة	1/4	1/16
كروي	1/6	1/24

مثال:جمد منتج غذائي على شكل كروي في مجرى يمر خلاله هواء سريع درجة حرارة المنتج الاولية 10 مئوي ودرجة حرارة الهواء البارد -15 مئوي قطر المنتج 7 سم وكثافته 1000 كغم/م^3 ، معامل انتقال الحرارة للهواء المار 50 واط/م^2.مئوي. والتوصيل الحراري للمادة المجمدة 1.2 واط/م.مئوي ودرجة التجميد الاولية -1.25 مئوي والحرارة الكامنة للانصهار 250 كيلوجول/كغم احسب مدة التجميد.

$$FT = \rho h_{sf} \frac{\left(\frac{Pd}{h} + \frac{Rd^2}{k}\right)}{t_f - t_a}$$

$$FT = 1000 \times 250 \left[\frac{O.07}{6 \times 50} + \frac{(0.07)^2}{24 \times 1.2}\right] = 7.335 \times 10^3 s = 2.04\ h$$

اجهزة التجميد:

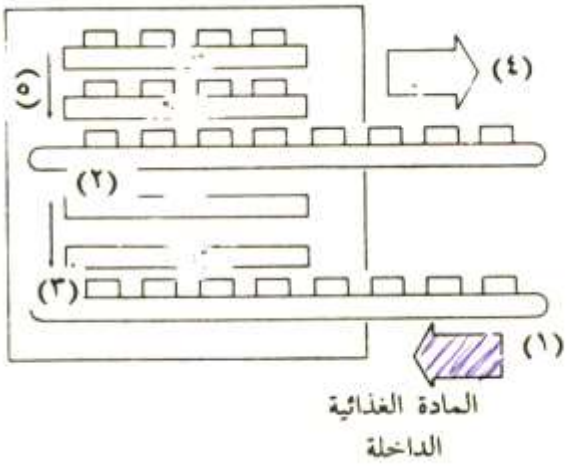
1- اجهزة التجميد بواسطة المادة الصلبة المبردة:

تبنى هذه الاجهزة على اجزاء عملية تبريد على سطوح معدنية تتألف منها هذه الاجهزة وقد تتم هذه العملية بواسطة وجود مبخرات لوحدات تبريد حول هذه الاجزاء التي توضع عليها المواد الغذائية فيتم التبادل الحراري عبرها او ان تبرد بواسطة محاليل مبردة تضخ الى هذه المحلات تبرد السطوح ويتم التبادل الحراري بين هذه المحاليل المبردة والمواد الغذائية عبر سطح معدني. ويتوقف وضع هذه الاجهزة على شكل المادة الغذائية من حيث الحجم والشكل المتجانس وتكون باشكال عدة هي:

أ- المجمدات الافقية: وتستعمل في تجميد المواد الغذائية الموضوعة في علب كارتونية وتتالف من رفوف معدنية تبرد بواسطة انابيب مبخرات تمر حولها او بواسطة محاليل ملحية مبردة. ويوفر في هذه الاجهزة ضغط بسيط مقداره0.28- 0.703 كغم/سم^3 لغرض ضمان ضغط هذه العلب على سطح المجمدة لغرض ضمان وجود تماس جيد بينها وبين المادة الغذائية لضمان تجميد سريع.

ب- المجمدات العمودية: تتألف من اجزاء متوازية المستطيلات تبرد بنفس الاساس السابق وتوضع فيها المواد الغذائية الغير مغلفة وفي تجميد المواد الغذائية ذات الاشكال الغير منتظمة. وعندما تصل المواد الغذائية درجة التجمد المناسبة ترفع من هذه الاجزاء وذلك بعد اجراء عملية اذابة الجوانب defrosting لامكان ازالة المواد الغذائية المتجمدة بسهولة وتستغرق هذه العملية وقتا قصيرا قدره 1.5 دقيقة.

DrASAD - HILPHY



2- مجمدات التماس مع المادة السائلة المبردة:

في هذه المجمدات يتم التجميد بواسطة غمر المادة الغذائية مباشرة في محاليل سبق وتم تبريدها الى درجة حرارة واطئة ومن اهم المحاليل المستعملة لهذا الغرض الملحية او السكرية . وتتالف هذه الاجهزة من خزانات تضخ لها هذه السوائل وتغمر المادة الغذائية فيها الى حين اجراء عملية تجميدها وتستعمل هذه الطريقة بنجاح في اجراء عملية التجميد الاولى للحوم والدواجن. ومن مزايا هذه الطريقة الحصول على تبادل حراري عالي وامكانية تجميد المواد الغذائية ذات الاشكال غير المتجانسة.

3-مجمدات التماس بالهواء blast freezers

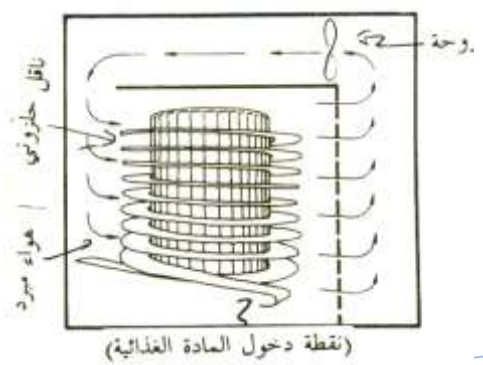
ويتم ازالة الحرارة من المواد الغذائية في هذا النوع من المجمدات باستعمال هواء بارد ذو درجة حرارة واطئة -22.2 مئوي ويضخ بسرعة تتراوح مابين 169.8 – 943 م^3/سا حسب نوعية المادة الغذائية وتعتبر هذه المجمدات من اكثر المجمدات شيوعا لانها مجمدات يمكن فيها تجميد مواد غذائية مختلفة.وتكون على نوعين:

أ- اجهزة التجميد على دفعات batch blast freezers

تصنع من وحدات صغيرة وصحية لاجراء عملية تجميد مواد غذائية بكميات صغيرة وتتالف من غرفة معزولة ومن وحدة تبريد مناسبة ومن مراوح هوائية تقوم بدفع الهواء بداخل هذه الغرفة فيمر تيار الهواء البارد على المواد الغذائية الموضوع في رفوف وبينها فراغلت مناسبة لضمان سير الهواء البارد بينها. وتستمر عملية التبريد هذه الى ان تتم عملية تجميد المواد الغذائية فتزال من هذه الاجهزة ثم توضع وجبة اخرى من المواد الغذائية وهكذا تستمر العملية.

ب- اجهزة التجميد المستمر continuous blast freezers

وفيها تتم عملية التجميد بصورة مستمرة اثناء انتقال المادةالغذائية عبر هذه الغرف. توضع المواد الغذائية على صواني ترتب بشكل طبقات بينها فراغ وتحمل على عربات وعند دخول هذه العربات ممر التجميد في هذه الغرف يتم التبادل الحراري وعند خروجها من الجهاز تكون هذه المواد الغذائية قد تجمدت وتزال من نهاية الممر . ويعتبر هذا النوع من المجمدات من اكثر المجمدات شيوعا لاجراء العملية بشكل مستمر.



DrASAAD AL-HILFIY

مثال: جهاز تجميد مستمر للدواجن المعبأة في اكياس سيلوفين مصممة على اساس ناقل حلزوني يتم تبريده بواسطة هواء بارد سريع درجة حرارة المنتوج الاولية 4.4 مئوي وان درجة الانجماد هي -1.6 ودرجة حرارة الهواء -28.8 مئوي حيث جمد لدرجة -16.6 مئوي وقد صمم هذا الناقل للحركة بمعدل 3.5 سم/دقيقة احسب حجم الغرفة المستعملة ومقدار التبريد اللازم؟

$$FT = \rho h_{sf} \frac{\left(\frac{Pd}{h} + \frac{Rd^2}{k}\right)}{t_f - t_a}$$

$$FT = 881 \times 66.12 \left[\frac{0.1524}{\frac{6 \times 24.4}{(-28.8 - 4.4)}} + \frac{(0.1524)^2}{24 \times 1.784}\right] = 2.77\ h = 166.2\ min$$

وحسب سرعة الناقل يكون طول الحزام الناقل:

3.5 cm/min ×66.8 min=50874 cm

فاذا فرضنا ارتفاع غرفة التجميد 488 سم وبوجود 30.5 سم فراغ بين اجزاء الناقل الحلزوني لذا يمكن وجود اجزاء دائرية لذا فان طول كل جزء = 50874\15 = 3391.60 سم .

المحيط = d π = 3391.6 × 3.14 = 1079 سم.

لذا فان عرض الغرفة = 1079 + 30.5 = 1109.5 سم ولاجل ضمان فراغ يمكن ان تكون الغرفة 15 × 15× 5 م^3 مع اضافة مساحة فوق هذه الغرفة ليمثل حركة الهواء. فاذا وضع الدجاج على مسافة 30 سم وبوجود 15 سم منها يمكن ان يستوعب هذا النظام 1600 دجاجة في كل وقت وتخرج من الجهاز بمعدل 10 دجاجات /دقيقة.

حساب مقدار التبريد اللازم:

بما ان كل دجاجة تزن:

887.5 × 0.0018 =1.6 كغم.

وان الحرارة اللازمة هي كيلوسعرة/كغم.

اذا مقدار الحرارة = (1.6 كغم ×10 /دجاجة) ×(دجاجة × 66.7 كيلوسعرة/دقيقة . كغم)= 1067.2 كيلوسعرة/دقيقة =64032 كيلوسعرة/ساعة.

طن تبريد = 64032/3024=21.17 طن تبريد انكليزي.

اجهزة تجميد المثلجات:

وتكون على انواع عدة:

أ- اجهزة تجميد على شكل دفعات : ويتم التبريد بواسطة اجهزة تسمى batch freezers وتوجد على انواع مختلفة:

1- النوع الذي يستعمل الثلج والملح.

2- النوع الذي يستعمل المحاليل الملحية.

3- النوع الذي يستعمل النوع المباشر وهذا النوع اما ان تستعمل فيه الامونيا او الفريون وهي تصنع بشكل افقي او عمودي.

Dr.ASAAD AL-HILPHY

ب- اجهزة التجميد المستمرة: حيث يحصل على الخليط المبرد في نهاية الجهاز بشكل مستمر ويطبق فيها نظام التمدد المباشر.

ج- هناك انواع من الاجهزة وهي مصنوعة لعمل المثلجات التي تستهلك بعد صنعها مباشرة وتسمى soft serve ice cream freezers وهذه اما ن تكون من نوع ذو الفعات او المستمرة ويطبق في مثل هذه الاجهزة التمدد المباشر.

مكونات جهاز تجميد المثلجات:

1- اسطوانة التبريد 2- السيطرة على التبريد 3- الخلاط 4- وحدة تبريد كاملة 5- مقاييس للضغط والحرارة 6- مضخة لضخ المنتوج 7- منظم حراري 8- مضخة تضخ الهواء اللازم.

مجمدات الايس كريم على دفعات:

تتكون من اسطوانة التبريد مصنوعة من الحديد الغير قابل للصدأ مضغوطة داخل انبوب من الحديد او النحاس مكونا الغطاء الخارجي للاسطوانة . تسير المادة المبردة في مجال يتكون بينها ، يوضع انبوب من النحاس عندما تستعمل المحاليل الملحية للتبريد وتغطى بمادة عازلة هي الفلين اما اذا كان استعمال نظام التمدد المباشر فيكون الغلاف الخارجي من الحديد القوي وذلك لمقاومة الضغط الممكن تولده اثناء عملية التبريد وكذلك يجب ان يتم عزله بمادة عازلة.

تنظم كمية المادة المبردة الداخلة الى مثل هذه الاجهزة حسب صناعة الجهاز وفي جميع الحالات فانها تسمح بمرور المادة المبردة اثناء عملية التبريد وفي حالة اجراء عملية الخفق يتوقف ضخ المادة المبردة الى مابين اسطوانة التبريد.

يتحرك داخل الاسطوانة خفاق dasher لغرض تحريك الخليط اثناء عملية التجميد وتحتوي على سكاكين الغرض منها ازالة الخليط المتجمد المكون على سطح الأسطوانة وتدور بسرع مختلفة من 170 – 250 دورة في الدقيقة . كما ان هذا الجزء يتكون من مضارب لعملية الخفق اثناء دورانها كما انها تزود بثرموستات لتنظيم درجة الحرارة اللازمة للتجميد.

ب- مجمدات الايس كريم المستمرة:

وتعتمد على ازالة الحرارة من الخليط اثناء عملية ضخه داخل جهاز التجميد . يضخ الخليط داخل اسطوانة التبريد مع كمية مناسبة من الهواء لاعطاء ريع مناسب. وهذا النوع من الاجهزة يسمح بادخال الهواء بواسطة مضخة هواء خاصة في درجات حرارية واطئة -6.1 الى -5.6 يمكن الحصول على ريع عالي كما يمكن تجميد المثلجات الى درجات حرارة منخفضة . ويبلغ الريع في هذه الاجهزة حوالي100%.

Dr.ASAAD AL HILPHY