الفصل السابع

حفظ المنتجات الغذائية داخل غرف التبريد

تعريف:

الحفظ بالتبريد من الوسائل المستخدمة في تمديد فترة بقاء المنتجات الغذائية طازجة لفترة أطول، وبالتالي المساعدة في تنظيم تسويقها. ويتم ذلك بتخزين المنتجات بدرجة حرارة تعلو درجة تجمدها، وهي بين الصفر المئوي و7°م عدا في بعض المنتجات. والواقع أن التبريد لا يوقف نشاط جميع الأحياء الدقيقة الملوثة للمنتجات بل يوقف نشاط المحبة للحرارة العالية والمتوسطة منها، أما الأحياء المحبة للبرودة فتبقى نشطة. لذا فقد اعتبرت طريقة الحفظ بالتبريد بطريقة حفظ مؤقتة الهدف منها - كما ذكرنا - لتنظم تسويق المنتجات.

ويجب التفريق بين التبريد والتجميد، فالتجميد عبارة عن تقييد رطوبة المادة الغذائية بتحويلها إلى بلورات ثلجية، فيصبح بذلك الوسط غير مناسب لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة بأكملها، وهذا لا يتم إلا باستخدام درجات حرارة منخفضة أخفض من تلك المستخدمة في التبريد.

نظرية التبريد الميكانيكي:

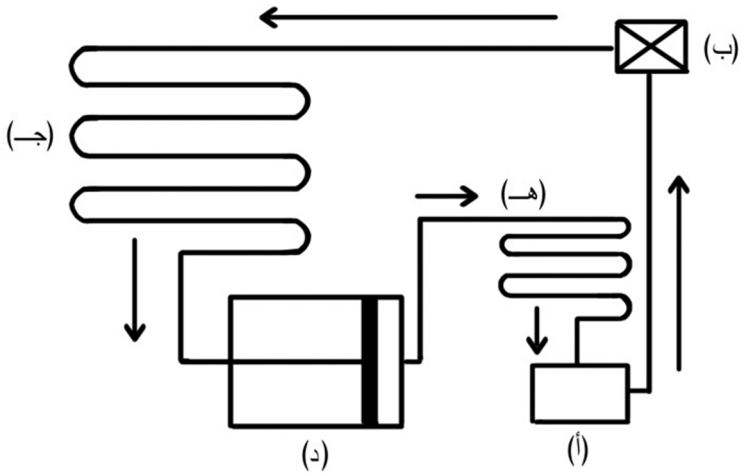
إن أساس التبريد الميكانيكي هو استخدام السوائل المبردة، وهي عبارة عن غازات تحفظ تحت الضغط على شكل سائل، وعندما يُرفع الضغط عنها تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ممتصة الحرارة الكامنة للتبخير من الوسط المحيط، فتنخفض درجة حرارة الوسط الحاوي على عبوات المواد الغذائية المراد تبريدها.

جهاز التبريد ودورة الغاز فيه:

يتكون جهاز التبريد من الأجزاء الآتية: أ) خزان استقبال السائل. ب) صمام التمدد. ج) أنابيب الانتشار. د) الضاغط (المكبس). هـ) جهاز التكثيف.

ويعمل الجهاز كما يلي:

ينطلق الغاز السائل من خزان الاستقبال عبر صمام التمدد إلى أنابيب الانتشار الموجودة داخل غرفة التبريد، حيث يقل الضغط فيتحول الغاز السائل إلى الحالة الغازية ممتصاً حرارة الوسط (غرفة التبريد) اللازمة لهذا التحول، وبالتالي تنخفض حرارة الوسط، إلا أن المكبس يسحب الغاز ليعيد ضغطه ودفعه إلى جهاز التكثيف ثم إلى خزان الاستقبال، وتستمر الدورة. انظر الشكل (6).



شكل (6): مخطط جهاز التبريد.

أ- خزان استقبال السائل، ب- صمام التمدد، جـ- أنابيب الانتشار، د- الضاغط (المكبس)، هـ- جهاز التكثيف.

الاعتبارات الهامة في التبريد الصناعي

من الاعتبارات الهامة التي يجب الأخذ بها في إنجاح تبريد المنتجات ما يلي: أ) الإسراع بتبريد المنتجات. ب) انتقاء درجة الحرارة المناسبة. ج) انتقاء الرطوبة النسبية المناسبة. د) التهوية وإزالة الروائح.

أ- **الإسراع بتبريد المنتجات:** يجب الإسراع بتبريد المنتجات فور الانتهاء من عملية القطاف، وذلك لتخليصها من حرارة الحقل. وما ينطبق على الثمار

ينطبق على البيض واللحوم أيضاً. لأن بقاء هذه الحرارة سيشجع نمو وتكاثر الأحياء الدقيقة وعوامل الفساد الأخرى. وبالتالي إلحاق قدر ملموس من التدهور في صفاتها.

ب- انتقاء درجة الحرارة المناسبة: يتم انتقاء درجة حرارة التخزين المبرد اعتماداً على نوع المنتج ومدة تخزينه. وهناك ما يعرف بدرجة حرارة الأمان، وهي الدرجة التي إذا ارتفعت عنها درجة حرارة البراد تحولت البكتريا الملوثة للغذاء من الحالة الساكنة إلى الحالة النشطة. ويلاحظ أن درجة حرارة الأمان بالنسبة لكل مادة غذائية هي أوفق درجة حرارة تخزين لها. وعليه فقد قام الباحثون الأوائل بوضع درجات الحرارة المناسبة للتخزين المبرد لكل مادة غذائية. وسنعمد إلى ذكر درجات الحرارة الموضوعة في نهاية هذا الفصل.

ويساعد على ثبات درجة الحرارة داخل غرف التبريد:

- العزل الجيد لغرف التبريد.
- اختيار غاز التبريد المناسب.
- عدم فتح وإغلاق أبواب غرف التبريد باستمرار.
- ترتيب المادة الغذائية بشكل مناسب داخل غرف التبريد.

جـ- انتقاء الرطوبة النسبية المناسبة: يُعد توفر الرطوبة النسبية المنتظم داخل غرف التبريد من أهم عوامل نجاح التخزين المبرد. وهناك ما يعرف أيضاً بدرجة رطوبة الأمان وهي درجة الرطوبة النسبية التي تنمو عليها الفطريات على سطوح المادة الغذائية، وفي نفس الوقت لا تسبب جفافاً وذبولاً للمادة. وبناء على ذلك فقد قام أيضاً الباحثون الأوائل في هذا المجال في وضع درجات للرطوبة النسبية المناسبة للتخزين المبرد لكل مادة غذائية. وسنعمد أيضاً إلى ذكرها في نهاية هذا الفصل.

د- التهوية وإزالة الروائح: للتهوية أهمية خاصة في تجانس درجة البرودة والرطوبة النسبية في غرف التبريد. وتتم بوضع مراوح في جميع أنحاء البراد. كما أن التهوية تساعد على التخلص من الروائح غير المرغوب بها، والتي تنتج

غالباً بسبب نمو الفطريات. ويمكن التخلص من الروائح داخل غرف التبريد بالطرق الآتية:

- شفط هواء الغرفة وإمراره عبر مواد لادمصاص الرائحة ثم يُعاد نفس الهواء إلى الغرفة.
- استبدال الهواء من حين إلى آخر، إلا أنها طريقة مكلفة.
- النظافة والتعزيل باستمرار.
- التخزين تحت الضغط الغازي.

تبريد الفاكهة والخضر:

تُحفظ الفاكهة والخضر داخل غرف التبريد بهدف تنظيم تسويقها أو استهلاكها. ولكي تكون عملية التبريد ناجحة وتحافظ على صفات الجودة في الفاكهة والخضر يجب اتباع الخطوات الآتية:

1- قطاف الفاكهة والخضر بطريقة تضمن عدم تجريحها، على أن تجمع في مكان ظليل في الحقل تمهيداً لنقلها.

2- استبعاد جميع الثمار المصابة والمجروحة.

3- التعبئة في عبوات جديدة ونظيفة، تضمن عدم إحداث جروح أو خدوش في الثمار.

4- سرعة نقل العبوات إلى غرف التبريد.

5- ترتيب العبوات داخل غرف التبريد على طبالي خشبية وليس على الأرض مباشرة، مع ضرورة ترك فراغات مناسبة بينها للتهوية.

6- ضبط درجة الحرارة والرطوبة النسبية داخل البراد، علماً أن درجات الحرارة والرطوبة النسبية لكل نوع من الفاكهة والخضار مدونة في الجدول (7) في هذا الفصل.

7- إغلاق باب البراد بشكل محكم وعدم فتحه إلا عند الضرورة.

ويجب معرفة أن هناك ما يُعرف بالتلف التبريدي، حيث تتعرض الفاكهة والخضار إلى هذه الظاهرة عندما تبرد إلى درجات حرارة أقل من تلك الملائمة

لها بالرغم من أن هذه الدرجات أعلى من درجة تجمدها. وتختلف مظاهر هذا التلف حسب نوع الفاكهة فمثلاً بالنسبة للتفاح يتحول لبه إلى اللون القرنفلي الشاحب. كما يجب ملاحظة أن هناك بعض الفاكهة والخضار لها روائح نفاذة، قد تنتقل إلى المواد الأخرى في حال تخزينها في غرفة واحدة مثل التفاح والبصل والثوم والموز والشمام.

ونشير أيضاً إلى أن الفاكهة والخضار المودعة داخل غرف التبريد تكون أسرع قابلية للفساد بعد إخراجها من البراد وعودتها إلى الدرجة العادية من الحرارة. وتفسير ذلك هو أن الثمار المبردة عند إخراجها من غرف التبريد إلى الدرجة العادية يتكاثف بخار ماء الهواء على سطوحها الباردة فيتبلل سطح الثمار، وهذا ما يعرف بظاهرة التعرق التي تسرع من إفساد المادة الغذائية بعد خروجها من البراد. وللتقليل من حدوث هذه الظاهرة يُوصى بنقل الثمار المبردة من غرف التبريد إلى الحرارة العادية بشكل تدريجي.

تبريد اللحوم والدواجن:

تُعد اللحوم والدواجن من أسرع الأغذية عرضة للفساد، لذا يجب سرعة تبريدها مباشرة بعد الانتهاء من ذبحها. وأنسب درجة حرارة للحفظ هنا هي درجة الصفر المئوي، إذ إن الارتفاع عن ذلك ولو درجة واحدة يتسبب في نمو الفطريات على سطوحها خلال عدة أيام. وعليه فإن بالإمكان حفظ لحوم الأبقار لمدة خمس أسابيع. أما السواقط كالكبدة والمخ والكلاوي ولحوم الماشية الصغيرة السن فإنها غير قابلة للتخزين داخل غرف التبريد لمدة تزيد عن يومين أو ثلاث.

تبريد الأسماك:

لا يمكن حفظ الأسماك بالتبريد إلا لفترة قصيرة جداً (أثناء نقلها وحتى يتم تسويقها) لأن التبريد يعطيها ليونة غير مرغوبة مصحوبة بتغير في اللون والرائحة. وأحسن طريقة لحفظ الأسماك استعمال الثلج المجروش بنسبة 1:1 على أن يخلط به.

تبريد البيض:

يجب تبريد البيض إلى أدنى درجة ممكنة، شـرط ألا تتجمـد المحتويـات الداخلية حيث أن تجمدها يؤدي إلى تمدد المحتويات وبالتالي تعمل على تصـديع القشرة وتشققها. والبيض سريع الامتصاص للروائح غير المرغوبة مـن المـواد الغذائية المبردة بجواره، لذا يفصل دائماً تخزين البيض بمفرده في غرفة مستقلة.

تبريد الحليب ومشتقاته:

الحليب الطازج غير المُعامل حرارياً يمكن تخزينه داخل غرف التبريد لعدة أيام بدرجة حرارة الصفر المئوي. أما إذا بُستر الحليب أو جرى غليه فإن الفتـرة الزمنية للتخزين تطول أكثر.ويجب الانتباه إلى أن الحليب سريع الالتقاط للروائح غير المرغوبة من المنتجات الغذائية المبردة بجواره، لذا يجب اتخاذ الإجـراءات الوقائية لمنع ذلك. وما ينطبق على الحليب ينطبق أيضاً على الزبدة والأجبان.

درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لتبريد الأغذية:

نبين فيما يلي درجات الحرارة المناسبة والرطوبة النسـبية ومـدة القابليـة للتخزين للمواد الغذائية التي يمكن أن تنتج في المزرعة. ونشير إلى أن درجـات الحرارة بالفهرنهايتية.

ولتحويل درجة الحرارة من الفهرنهايتة إلى المئوية يتبع ما يلي:

$$\frac{5}{9} \times (32 - \text{ف})$$

مثال: درجة الحرارة 50°ف تساوي بالمئوي:

$$50°\text{ف} = \frac{5}{9} \times (32-50) = 10\text{م}$$

- ولتحويل درجة الحرارة من المئوية إلى الفهرنهاتيه يتبع ما يلي:

$$32 + (\frac{9}{5} \times \text{م})$$

مثال: درجة الحرارة 10°م تساوي بالفهرنهايتي:

$$10°\text{م} = (10 \times \frac{9}{5}) + 32 = 50°\text{ف}$$

الجدول (7): درجات الحرارة والرطوبة النسبية المثلى في تخـــزين المـــواد الغذائية داخل غرف التبريد.

المادة الغذائية	درجة الحرارة المثلى (ف)	درجة الرطوبة النسبية	القابلية للتخزين
التفاح	30-31°ف	85-90%	2-5 أشهر
الإجاص (الكمثرى)	29-31°ف	85-90%	2-7 أشهر
المشمش	31-32°ف	85-90%	1-2 أسبوع
الكرز	31-32°ف	80-85%	1-2 أسبوع
الدراق	31-32°ف	85-90%	2-4 أسابيع
البرتقال	36-45°ف	85-90%	8-10 أسابيع
الموز	53-60°ف	85-90%	1-3 أسابيع
التين	31-32°ف	85-90%	10 أيام
العنب	30-31°ف	85-90%	شهرين
الليمون	55-58°ف	85-90%	1-4 أسابيع
البطيخ	36-40°ف	75-85%	2-3 أسابيع
فريز	31-32°ف	80-85%	7-10 أيام
خيار	45-50°ف	90-95%	10-14 يوم
باذنجان	45-50°ف	90-95%	10 أيام
خس	32°ف	90-95%	2-3 أسابيع
بطاطا	38-40°ف	85-90%	6-9 أشهر
بندورة ناضجة	40-50°ف	85-90%	7-10 أيام
ملفوف	32°ف	90-95%	3-4 أشهر
بصل وثوم	32°ف	70-75%	6-8 أشهر

المادة الغذائية	درجة الحرارة المثلى (ف)	درجة الرطوبة النسبية	القابلية للتخزين
بامياء	50°ف	85-95%	أسبوعين
البقوليات الخضراء	32°ف	85-90%	2-4 أسابيع
اللحوم والدواجن	32°ف	-	أسبوعين
البيض	60°ف	90%	عدة أسابيع
الحليب	32°ف	-	10 أيام

فوائد التبريد عدا عن كونه طريقة حفظ:

1- تليين لحوم الأبقار وتطريتها وبذلك يسهل تقطيعها.

2- تحسين نكهة بعض المشروبات، والتي تعرف بعملية التعتيق.

3- إنضاج بعض الأجبان.

4- ترسيب الشموع من الزيوت النباتية.

5- ترسيب الغرويات من العصائر.

حسابات الطاقة اللازمة للتبريد:

إن الوحدة المستخدمة في احتساب الطاقة اللازمة للتبريد هي طن التبريد، وهو بالتعريف كمية الحرارة المقاسة بالوحدات البريطانية التي تلزم لتحويل طن واحد من الثلج على درجة حرارة الصفر المئوي إلى ماء على نفس درجة الحرارة. أما الوحدة البريطانية للحرارة British Thermal Unit (BTU) فهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة فهرنهيتة واحدة. وبما أن الطن يعادل /2000/ رطل، والحرارة الكامنة لانصهار الثلج هي 144 .B.T.U للرطل فإن طن التبريد = 2000 × 144 = 288000 وحدة بريطانية BTU.

وعند احتساب الطاقة التبريدية اللازمة لتبريد مادة غذائية ما يجب معرفة عدة أمور هي:

- درجة حرارة هذه المادة.
- الدرجة التي يجب أن تبرد إليها.
- كمية المادة المراد تبريدها وحرارتها النوعية.
- الحرارة الناجمة عن التنفس إذا كانت المادة خضار أو فاكهة.

وتحسب الحرارة النوعية عادة من المعادلة التقريبية الآتية:

الحرارة النوعية = 0.008 × نسبة الرطوبة في المادة الغذائية + 0.20

- بالنسبة للحوم تحسب احتياجات تبريدها بموجب العلاقة الآتية:

$$\frac{\text{الحرارة النوعية} \times \text{وزن الذبيحة} \times \text{مقدار الانخفاض بالحرارة (100 - 32°ف)}}{288000}$$

- بالنسبة للفاكهة والخضار كونها تتنفس فإن الوضع يختلف. نوضح ذلك من خلال المثال الآتي:

مثال:

المطلوب تبريد طن من التفاح درجة حرارته 62°ف إلى درجة حرارة 32°ف بمدة خمسة أيام. فما هي الطاقة التبريدية اللازمة لذلك.

الحل:

1- نحسب الحرارة النوعية للتفاح على أساس احتوائه على 85% ماء فيكون:

$$0.88 = 0.2 + 0.008 \times 0.85$$

الحرارة النظرية للتفاح = وزن المادة (بالرطل) × الحرارة النوعية × الفرق بين درجتي حرارة التبريد والفاكهة. وعليه تكون الحرارة النظرية للتفاح =

$$2000 \times 0.88 \times (62 - 32) = 52.800 \text{ وحدة بريطانية BTU}$$

2- نسبة حرارة التنفس. حرارة التنفس تتناسب طرداً مع درجة الحرارة، فكلما انخفضت درجة الحرارة كلما قلت كمية الحرارة الناتجة عن التنفس. وقد جرى احتساب حرارة التنفس على درجات حرارة مختلفة بالنسبة للفاكهة والخضار وهي موجودة في مراجع الصناعات الغذائية. ومن خلال مراجعتها لها

تبين لنا أن حرارة التنفس للتفاح على درجة حرارة 35°ف هي 550 وحدة بريطانية لكل طن في 24 ساعة وعلى درجة حرارة 62°ف 2870 وحدة بريطانية. وعند الاحتساب نأخذ عادة متوسط هاتين القيمتين لتعبر لنا عن حرارة التنفس أثناء التبريد التي تساوي في هذه الحالة:

$$\frac{2870 + 550}{2} = 1710 \text{ وحدة بريطانية BTU}$$

وفي خمسة أيام تكون 1710 × 5 = 8550 وحدة بريطانية BTU.

3- نحسب الفقد الذي يطرأ على درجة الحرارة داخل البراد بسبب حرارة المصابيح والعزل والعمال وبتغير الهواء والتي نطلق عليها جميعها بالطاقة المهدورة.

أ- الطاقة الضائعة بالعزل = $\frac{\text{درجة توصيل الفلين} \times \text{مساحة البراد} \times (\text{درجة حرارة المحيط ــ صفر} \times 24 \text{ ساعة})}{\text{سمك الفلين}}$

ب- الطاقة الضائعة بالمصابيح = عدد المصابيح × 100 واط × عدد ساعات الإضاءة

جـ- الحرارة الضائعة عن طريق المحرك = عدد أحصنة المحرك × عدد ساعات التشغيل×3000

د- الحرارة الضائعة عن طريق العمال = عدد العمال × عدد ساعات العمل × 750

هـ- الحرارة الضائعة بتغير الهواء =

حجم البراد بالقدم المربع × عدد مرات تغيير الهواء × 2.9

فالطاقة التبريدية إذن =

$$\frac{\text{الحرارة النظرية + حرارة التنفس}}{288000} = / \quad / \text{ طن}$$

ثم يضاف لها مجموع الطاقة المهدورة، أي (أ + ب + جـ + د + هـ).