قسم المكائن والآلات الزراعية

كلية الزراعة / جامعة البصرة

FOOD PROCESSING OPERATIONS

العمليات التصنيعية للأغذية

المحاضرة الأولى

المرحلة الرابعة / معدات تصنيع الأغذية

تهدف صناعة الأغذية بالأساس إلى استخدام عدّة طرق في الحفظ؛ لإيصال المنتجات الغذائيّة للمستهلك وهي مأمونة من الناحية الصحّية. مع المحافظة على قيمتها الغذائيّة. وبالنظر إلى التقدّم العلمي والتكنولوجي في هذا المجال، فقد تعدّدت طرق الحفظ وتطوّرت خطوط التصنيع، بهدف السيطرة على عوامل الفساد الميكروبي والإنزيمي.

وفي هذا الإطار، يؤخذ بالاعتبار مزايا كلّ طريقة حفظ، ونوع المادّة الغذائيّة المراد إنتاجها، علاوة على أنّ هناك عمليات تصنيعيّة مشتركة عامّة بين مصانع الأغذية، وأخرى خاصّة بالمصنع نفسه. ولعلّ الهدف من دراسة العمليات التصنيعيّة في مصانع الأغذية هو التعرّف إلى مزايا تلك العمليات والأجهزة والمعدّات المستخدمة في التصنيع، بالإضافة إلى التغيّرات التي تحدث لجودة الغذاء.

- لمَ يصعب تحديد أجهزة مصانع الأغذية؟
- كيف يمكن التغلّب على التغيّرات التي تحدث للغذاء في أثناء عمليات التصنيع والحفظ؟
- هل هناك تطوّر في وحدات تصنيع الأغذية وحفظها؟

أولاً العمليات التصنيعيّة العامّة والمشتركة

تتنوّع وحدات التصنيع في مصانع الأغذية حسب المادّة الغذائيّة، ومهما كانت الطرق المتّبعة في التصنيع فإنّها تهدف جميعها إلى الاحتفاظ بغذاءٍ آمنٍ صحّي لأطول فترة زمنيّة، وتوفيره في مختلف المواسم بأقلّ ما يمكن من التغيّرات في تركيبه وقيمته الغذائيّة. وقد يتطلّب مرور المادّة الغذائيّة في سلسلة مترابطة من العمليات المشتركة، وتبدأ هذه العمليات عادة بعمليات النقل والتصنيع والتنظيف وتنتهي بعملية تعبئة المنتج وتغليفه، ومن ثمّ إيصاله للمستهلك.

أمّا أهمّ العمليات المشتركة في الصناعات الغذائيّة، فهي:

1 النقل

عند زيارتك لأحد مصانع الأغذية، ستجد أنّ العمليات التصنيعيّة فيه تبدأ باستلام الموادّ الخامّ التي ترد إليه، ثمّ تنقل هذه الموادّ من آلة إلى أخرى ضمن عمليات النقل في أثناء عمليات التصنيع المختلفة، وتنتهي بنقل المنتج للتعبئة والتغليف وبعدها للتخزين أو التسويق. ومن المعروف أنّ المعدّات المستخدمة في نقل الموادّ الصلبة تختلف عن تلك المستخدمة في الموادّ السائلة والغازيّة.

كما أنّ عمليات النقل مكلفة لدرجة أنّها قد تستهلك (٣٠٪) من وقت العمال، و (١٠–١٥٪) من تكاليف التصنيع. وتكمن أهميّة النقل بطريقة سليمة في المحافظة على مستوى صحّي مقبول للموادّ الغذائيّة وتزيد أيضًا من إنتاجيّة المصنع، وتحسّن من نوعيّة الإنتاج، وتقلّل من حوادث العمل.

من الطرق المستخدمة في نقل الموادّ الغذائيّة:

أ – **الناقلات**: تستعمل في نقل الموادّ الغذائيّة من مكان الاستلام إلى مكان التصنيع، بالإضافة إلى نقل المنتج خلال خطوات التصنيع المختلفة. كما تتنوّع هذه الناقلات حسب نوع المادّة الغذائيّة وطاقة المصنع الإنتاجيّة، ومنها ناقلات الصناديق ذات الحزام، وذات الأسطوانات، شكل (٢–١).

الشكل (٢–١): ناقلات ذات الأسطوانات.

ب – **الرافعات**: تستخدم الرافعات عندما تصنع المادّة الغذائيّة في الطابق السفلي للمصنع. ويحتاج الأمر إلى نقل المنتج للطابق العلوي لتخزينه، أو تبريده، أو إنضاجه. وتنقل الرافعات الموادّ الغذائيّة بعد تغليفها أو بعد التغليف والتعبئة في صناديق، ومن الأمثلة عليها الرافعات الفنجانيّة المستخدمة في نقل الحبوب إلى الصوامع.

جـ – **الناقلات الهوائيّة**: تعتمد هذه الأجهزة على تحريك الهواء بسرعة. حيث تنتقل معه أجزاء الموادّ الغذائيّة، كما يتمّ في حالة نقل الحبوب والطحين والسكّر. ويتمّ هذا النقل عندما تكون الموادّ الغذائيّة على شكل دقائق صغيرة محمولة بالهواء، أو سائلة، أو تكون بشكل معلّق، ويعدّ النظام الأوّل من الأنظمة الأكثر انتشارًا.

د – **الحاملات**: عربات تتحرّك عجلاتها على قضيب يمتدّ في مكان يعلو الآلات؛ إذ يتمّ تحريك العربات إمّا آليًّا أويدويًّا، شكل (٢–٢).

الشكل (٢–٢): حاملات.

هـ – **العربات**: ومنها العربات اليدويّة، ذات الثلاث أو الأربع عجلات التي تتحرّك بمحرّك صغير، أو عربات الرفع ذات الأطراف التي تمتدّ تحت الصناديق أو البراميل، ثمّ ترفعها وتسير بها الى مكان آخر.

٢ التنقية والتنظيف

تعود أهميّة هذه الخطوة في أنّ المادّة الغذائيّة تتعرّض منذ إنتاجها وحتى وصولها للمستهلك إلى العديد من الملوّثات والأوساخ التي تلتصق عليها أو تتساقط فيها، لذا أصبحت عملية تنظيف الموادّ الغذائيّة من هذه الشوائب أمرًا في غاية الأهميّة.

ويمكن تقسيم طرق التنقية والتنظيف إلى قسمين رئيسين، هما: طرق التنقية الجافّة التي تتمّ والمادّة بحالة جافّة من غير استخدام المياه وطرق التنقية المبتلة؛ إذ تتمّ باستخدام الماء النظيف، ومن الأمثلة على الطرق الجافّة والمبتلّة:

أ – الطرق الجافّة

١. النخل: يتمّ فيها فصل الموادّ الملوّثة للمادّة الغذائيّة عندما يكون حجم هذه الموادّ أكبر من حجم دقائق المادّة الغذائيّة نفسها، مثل الشعر، والخيوط، والحجارة، وفي هذه الحالة تستعمل المناخل الأفقيّة أو المناخل الدوّارة.

٢. استخدام الفراشي: ويتمّ في هذه الحالة استخدام الفراشي الخاصّة الدوّارة؛ فعند احتكاكها بأسطح الفاكهة والخضراوات، كالتفّاح أو البطاطا تزيل الفراشي الموادّ العالقة عن هذه السطوح.

٣. الهواء: يستعمل التيّار الهوائي وبسرعة مناسبة في إزالة الأوساخ من المادّة الغذائيّة التي قد تكون أثقل منها فترسب، كقطع الحجارة، أو أخفّ منها فتتطاير، مثل الشعر، والورق.

٤. الاحتكاك: فعند احتكاك الموادّ الغذائيّة بعضها ببعض في أثناء انتقالها داخل الجهاز وكذلك احتكاكها بأجزاء الجهاز نفسه يساعد على تنظيفها. وقد تستخدم هذه الطريقة أجهزة مهتزّة أو على شكل قرص تصطدم به المادّة الغذائيّة، شكل (٢–٣).

الشكل (٢–٣): التنظيف بالاحتكاك.

٥. التنظيف المغناطيسي: ويستخدم فيها المغناطيس لالتقاط قطع المعادن من المادّة الغذائيّة عند مرورها خلال الجهاز.

ب– الطرق المبتلّة

١. النقع: تعتمد هذه الطريقة على إذابة الموادّ العالقة بالمادّة الغذائيّة بعد نقعها بالماء في أحواض من المعدن أو الإسمنت لمدّة معيّنة.

٢. الرشّ: ويتمّ فيها توجيه رذاذ الماء المضغوط إلى المادّة الغذائيّة في أثناء عبورها نقطة معيّنة فيزيل الموادّ العالقة بها.

٣. الطوفان: يتمّ في هذه الطريقة فصل الموادّ الغذائيّة التالفة عن السليمة (اعتمادًا على اختلاف كثافتيهما)، مثل قطع التفّاح المتفسّخة عن ثمار التفّاح الجيّدة.

٤. الترشيح: ويتمّ فيها ضخّ الموادّ الغذائيّة السائلة، كالحليب عبر مرشّحات خاصّة تحجز الأوساخ والعوالق وتسمح للمادّة الغذائيّة بالمرور نظيفة.

٥. الترسيب: قد تحتوي الموادّ الغذائيّة على موادّ عالقة يمكن التخلّص منها بإبقاء المادّة راكدة لفترة من الزمن فتترسّب الموادّ غير المرغوب بها بالقاع، شكل (٢-٤).

الشكل (٢-٤): الترسيب.

٣ تصغير الحجم والتجزئة

إنّ توافر وحدات التجزئة يعتبر شائعًا في مصانع الأغذية وبوساطتها يتم تحويل المادّة الغذائيّة الأوّليّة إلى أجزاء أصغر ممّا كانت عليه. ويختلف هذا الحجم من منتج إلى آخر وحسب المادّة الغذائيّة الأوّليّة.

التجزئة: تعني تقسيم المادّة الغذائيّة إلى وحدات صغيره تخدم عمليات التصنيع الغذائي اللاحقة؛ لتصبح معاملتها بالطرق المختلفة سهلة ذات فعالية أكثر.

إنّ عمليات تصغير الحجم والتجزئة تحقّق للصناعات الغذائيّة أغراضًا مهمّة، مثل:

أ - أخذ الأجزاء المرغوبة من المادّة الغذائيّة، كاستخدام أجهزة تكسير قشور الجوز واللوز لاستخلاص بذورها الداخليّة.

ب- تسهيل عملية خلط الموادّ الغذائيّة: تحتاج بعض الصناعات الغذائيّة، كالشوربات ومخاليط الكعك إلى تجانس في مكوّناتها، لذلك ينخفض حجم الموادّ الأوليّة ويسهل خلطها.

جـ - زيادة المساحة السطحيّة؛ لتسهيل بعض العمليات ، مثل عملية التجفيف، إذ إنّه بتقطيع الموادّ الغذائيّة إلى أجزاء أصغر تزداد المساحة السطحيّة المعرّضة لحرارة التجفيف (الطبيعي، والصناعي)، ممّا يودّي إلى سرعة تجفيفها.

د - تصنيع منتجات معيّنة؛ لأنّه يجب أن تكون أجزاء الموادّ الأوّليّة الداخلة في تصنيع

المادّة الغذائيّة مناسبة ومتجانسة مع المنتج، مثل تقطيع الفاكهة إلى مكعّبات صغيرة لإدخالها في صناعة المثلّجات اللبنيّة.

وفي ما يأتي طرق تصغير حجم الموادّ الغذائيّة وتجزئتها:

أ - **الطحن**: وفيه تتعرّض الـــــمادّة الغذائيّة إلى قوى تعمل على تكسيرها إلى أجزاء صغيرة بدرجات متفاوتة، إمّا ناعمة أو خشنة؛ إذ يتوافر العديد من أنظمة طحن الموادّ الغذائيّة بمواصفات خاصّة حسب المنتج المراد الحصول عليه فيما بعد، وتستعمل لهذا الغرض أجهزه مختلفة، منها: المكسّرات الدوّارة، والطواحين الدوّارة، وطاحونة المطرقة. ويمثّل الشكل (٢-٥) أحد أجهزة طحن الحبوب.

الشكل (٢-٥): جهاز طحن.

ب- **التقطيع إلى شرائح**: تقطّع بعض الموادّ الغذائيّة، كالفواكه لاستعمالها في تصنيع الحلويّات أو المربّيات، مـــثل التفّاح والبطاطا لصناعة رقائق البطاطا المقليّة (الشيبس)، وتتمّ العمليّة باستعمال سكاكين ثابتة أو دوّارة ويوضّح الشكل (٢-٦) جهاز تقطيع إلى شرائح.

الشكل (٢-٦): جهاز تقطيع الشرائح.

جـ- **التقطيع إلى مكعّبات**: يتمّ تقطيع بعض الفاكهة والخضراوات إلى مكعّبات كما هو الحال عند استعمالها في صناعة الفاكهة المعلبّة.

د – **التقطيع غير المنتظم (التمزيق)**: تتمّ تجزئة الموادّ الغذائيّة إلى أجزاء صغيرة حسب نوع الجهاز المستعمل وغالبًا ما تتمّ هذه العمليّة قبل عملية التجفيف.

هـ – **عملية الهرس**: تستعمل هذه العمليّة في هرس الفاكهة للحصول على العصير المراد استعماله في صناعة الخلّ أو المربّى.

٤ الفصل

تعدّ عملية الفصل في الصناعات الغذائيّة من الخطوات المهمّة التي تحتاج إلى استخدام وسائل مناسبة تحقّق أغراضها. وما يحدث في معاصر الزيتون لخير دليل على ذلك. فالمعاصر الحديثة تستخدم فرّازات خاصّة تعمل على قوّة الطرد المركزي، بهدف تنقية الزيت وتخليصه من الشوائب. هذا مثال على العمليات التي يتمّ فيها فصل بعض الأجزاء من الموادّ الغذائيّة التي تشتمل عليها معظم الأغذية والألبان عن طريق وحدات خاصّة تسمّى (وحدات الفصل)، وذلك لتحقيق أغراض معيّنة لهذه الصناعة، نذكر منها:

أ – فصل الموادّ السائلة من أجزاء أخرى صلبة كما في عملية تصنيع السكّر من قصب السكّر أو الشمندر.

ب– تصنيع بعض المنتجات الغذائيّة، كفرز القشدة من الحليب لاستعمالها في صناعات لبنيّة أخرى، مثل الزبد، والمثلّجات اللبنيّة.

وفي ما يأتي أهمّ الطرق المستعملة في الفصل:

أ – **ترسيب الرواسب وإزالتها**: يتمّ فيها إزالة الموادّ الصلبة من الموادّ السائلة بفعل الجاذبيّة الأرضيّة، أو بفعل القوى الطاردة عن المركز (الطرد المركزي) في العديد من التطبيقات التي تستعمل أجهزة مصنوعة من معدن غير قابل للصدأ، مثل الفرّاز ذي المخروط، والفرّاز الأسطواني، شكل (٢–٧).

الشكل (٢–٧): جهاز الفرّاز الأسطواني.

ب – **الترشيح**: تتعرّض الموادّ الغذائيّة السائلة أحيانًا إلى التلوّث بشوائب دقيقة الحجم تعلق بها. ولدقّة حجمها فإنّها تحتاج إلى مرشّحات خاصّة؛ إذ يتمّ ضخّ السوائل عبر مرشّحات تسمح بمرور المادّة الغذائيّة السائلة في حين تحجز الموادّ الغريبة وتمنعها من المرور، ومن هذه الأجهزة: المصفّي ذو الدفعات، والمصفّي ذاتي الحركة ذو الدفعات.

جـ- **القوى الطاردة عن المركز (الطرد المركزي)**: تستفيد هذه الطريقة من القوّة الطاردة عن المركز في فصل مكوّنات بعض الموادّ الغذائيّة، كما في فصل الدهن من الحليب لإنتاج القشدة، أو للتخلّص من الموادّ والرواسب كما يحدث عند فرز الزيت في معاصر الزيتون، ثمّ الحصول على زيت نقي، ومن هذه الأجهزة: الفرّاز ذو الأقماع، والفراز ذو الأنابيب، شكل (٢–٨).

الشكل (٢–٨): جهاز طرد مركزي.

د – **العصر الميكانيكي**: يتمّ استعمال الضغط في العديد من الحالات لإجراء عمليّة فصل الموادّ السائلة التي تحتوي عليها بعض الفاكهة والخضراوات والبذور؛ إذ يطلق على هذه العمليّة (العصر الميكانيكي)، وتتوافر أنواع مختلفة من أجهزة العصر، منها: الضاغط الهيدروليكي، والضاغط ذو الأسطوانات، شكل (٢–٩).

الشكل (٢–٩): جهاز العصر ذو الأسطوانات.

ثانيًا العمليات التصنيعيّة الخاصّة

عرف الإنسان منذ القدم طرقًا مختلفة لحفظ الأغذية ولا زالت حتى يومنا هذا إنما بوسائل تكنولوجيّة أكثر تطوّرًا، ومهما تنوّعت هذه الطرق أو المعدّات التي تستخدمها فإنّها في النهاية تهدف إلى إيقاف عوامل الفساد أو الحدّ من نشاطها، معتمدة في ذلك على الأساس الحافظ الذي يميّز كلّ طريقة، وفي ما يأتي موجز لأهمّ هذه الطرق:

١ المعاملات الحراريّة

كما عرفت فإنّ الموادّ الغذائيّة عند وصولها لمصانع الأغذية تحتوي على عدد كبير من الكائنات الحيّة، كالبكتريا، والفطريّات، والخمائر نتيجة التلوّث الذي يحصل لهذه الموادّ في مراحل إنتاجها وتداولها، لذلك أصبح من الضروري التخلّص من هذه الملوّثات باستخدام المعاملات الحراريّة المختلفة، كما أنّها تحقّق للغذاء الأهداف الآتية:

- قتل الأبواغ والأحياء المجهريّة المرضيّة.
- قتل الأبواغ والأحياء المجهريّة المسبّبة للفساد.
- تحطيم الإنزيمات المسبّبة للفساد.
- قتل الحشرات والطفيليّات وتحطيم بيوضها.
- تحسين خواصّ بعض الأغذية والاستفادة من عناصرها الغذائيّة.

وتأخذ المعاملات الحراريّة للأغذية الصور الآتية:

أ - **البسترة**: تعدّ البسترة Pasteurization من المعاملات الحراريّة الشائعة في مصانع الأغذيـــة، كمصانع الألـبان والعصائر، وهي إمّا أن تكون خطوة تصنيعيّة قائمة بذاتها عندما يراد إنتاج الحليب المبستر مثلًا، أو تكون خطوة ضروريّة لعمليات تصنيعيّة لاحقة، كما هو الحال عند تصنيع

البسترة: عمليّة تسخين المادّة الغذائيّة لدرجة حرارة أقلّ من ١٠٠°س لفترة زمنيّة محدّدة تكون كافية لقتل الأحياء المجهريّة الممرضة.

مشتقات الألبان؛ إذ تجري بسترة الحليب أوّلًا، ثمّ يدخل بعدها إلى خطوات التصنيع المختلفة.

كما تعدّ البسترة من طرق الحفظ المؤقّتة، لذا، يلزم تخزين الموادّ الغذائيّة المبسترة في الثلاجات لحين الاستهلاك؛ لعدم كفاية درجات حرارة البسترة في حفظ المنتج في الأجواء الاعتياديّة من غير تلف.

وتعدّ بكتيريا السل Mycobacterium tuberculosis الأكثر تحمّلًا لدرجات حرارة البسترة وبالتالي فإنّ البسترة الجيّدة تعني القضاء على هذه البكتيريا وسائر الأحياء المجهريّة المرضيّة الأخرى، إلا أنّ الكشف عن توافر إنزيم الفوسفاتيز هو الأكثر استخدامًا للدلالة على كفاءة عملية البسترة.

وهناك عدّة طرق تستخدم في بسترة الموادّ الغذائيّة، نذكر منها:

١. البسترة منخفضة الحرارة طويلة الفترة (البسترة البطيئة) (Low Temperature Long Time) (LTLT): تعريض المادّة الغذائيّة لدرجة حرارة ٦٢,٨°س مدّة ٣٠ دقيقة، تليها مباشرة عمليّة التبريد لزيادة كفاءة قتل الأحياء المجهريّة. وتستخدم في هذه الطريقة عدّة أنظمة وأجهزة مختلفة نذكر منها: البسترة على دفعات باستعمال الحوض مزدوج الجدران، شكل (٢-١٠)، والبسترة في زجاجات.

الشكل (٢-١٠): البسترة في الحوض مزدوج الجدران.

٢. البسترة عالية الحرارة قصيرة الفترة (البسترة السريعة) (High Temperature Short Time)

(HTST): حيث تمرّ المادّة الغذائيّة عبر أنابيب أو صفائح مسخّنة من الخارج بوساطة الماء الحار، لتصل درجة حرارته من ٧١,٥°س إلى ٧٤°س لمدّة تتراوح ما بين ١٥ إلى ٢٠ ثانية، تليها عمليّة التبريد مباشرةً. ويستخدم في هذه الطريقة جهاز البسترة ذو الألواح، شكل (٢-١١)، وهو الأكثر استخدامًا في الوقت الحالي، بالإضافة إلى جهاز البسترة الأنبوبي.

الشكل (٢-١١): جهاز البسترة السريعة ذو الألواح.

ب- **التعقيم**: يتمّ في أثناء التعقيم Sterilization استخدام الدرجات الحراريّة العالية التي تضمن قتل الأحياء المجهريّة المرضيّة وغير المرضيّة

التعقيم: استخدام درجات حرارة عالية – غالبًا – أعلى من ١٠٠°س ولمدة زمنيّة محدّدة كافية؛ لقتل الأحياء المجهريّة المرضية وغير المرضيّة جميعها.

بما فيها المسبّبة للتسمّم البوتيوليني الأخطر صحيًّا، ولمدّة زمنيّة تعتمد على حموضة الغذاء، ونوع العبوّات وشكلها وحجمها، ولزوجة الموادّ الغذائيّة المراد تعقيمها، إذ يجب زيادتها في حالات الأغذية المتعادلة، والأغذية الكثيفة، والمعلّبات ذات الحجم الكبير. ويفضّل أن يُطلق على المنتجات المعاملة بهذه الطريقة «معقّمة تجاريًّا». هذا وقد أدت عملية حفظ الأغذية بطريقة التعقيم إلى تطوّر صناعة التعليب؛ إذ يمكن مشاهدة أنواع وأشكال عديدة من المعلّبات في محلات بيع الأغذية. وما يميّز هذه الصناعة في أنّه يمكن حفظ المنتجات في الجو الخارجي ولفترة قد تستمرّ لعدّة سنوات، كما أدت هذه الصناعة إلى زيادة التبادل التجاري بين دول العالم المختلفة.

التعقيم التجاري: مصطلح يطلق على المعاملة الحراريّة التي تتمّ على الأغذية المعلبّة؛ حيث يتمّ فيها قتل الأحياء المجهريّة المسبّبة للمرض والمسبّبة للفساد عند تخزينها على درجة حرارة الغرفة.

وهناك عدّة طرق للتعقيم، منها:

١. تعقيم الموادّ بعد وضعها في الأواني: يتمّ في هذه الطريقة وضع الموادّ الغذائيّة في أوانٍ مختلفة، كالعلب المعدنيّة أو الأوعية الزجاجيّة، ومن ثمّ تجرى عمليّة تعقيمها على درجة حرارة أكثر من ١٠٠°س ولمدة لا تقلّ عن ١٠ – ٣٠ دقيقة، باستعمال أجهزة تعقيم مصنوعة خصّيصًا لهذا الغرض، وتشمل:

- أجهزة التعقيم على دفعات (الأوتوكلاف): تكون هذه الأجهزة إمّا بأشكال عاموديّة أو أفقيّة، وتتمّ عمليّة تعقيم العبوّات بعد وضعها في أقفاص مصنوعة من معدن غير قابل للصدأ؛ حيث تتمّ عمليّة التعقيم على دفعات، شكل (٢-١٢).

الشكل (٢-١٢): جهاز التعقيم على دفعات.

- أجهزة التعقيم المستمرّ: وتتألّف هذه الأجهزة من أسطوانة دوّاره مثبّت عليها نتوءات توضع فيها العلب المحتوية على المادّة الغذائيّة، وهذه الأسطوانة تدور وفي أثناء دورانها تتعرّض لدرجة حرارة عالية وضغط محدّد، ويتمّ التسخين في هذه الأجهزة بالبخار. وفي أثناء عملية التعقيم تتعرّض المادّة الغذائيّة إلى التحريك حيث يساعد في رفع درجة حرارتها بشكل متجانس لزيادة كفاءه عملية التعقيم، كما في الشكل (٢-١٣).

الشكل (٢-١٣): جهاز التعقيم المستمر.

٢. تعقيم الموادّ الغذائيّة قبل وضعها في الأواني: يتمّ في هذه الطريقة تعقيم المادّة

الغذائيّة بوساطة أجهزة خاصّة ومن ثمّ تعبّأ في أوانٍ معقّمة، وفي أجواء معقّمة أيضًا. وبهذا تتوافر في بعض مصانع الأغذية أجهزة خاصّة تقوم بهذه العمليّة.

وتحدث للغذاء خلال المعاملات الحراريّة تغيّرات عديدة، نذكر منها:

- فيزيائيّة، مثل: تغيّرات في القوام، والذائبيّة، والشكل، وفصل الدهون.
- كيميائيّة، مثل: تحطيم العناصر الغذائيّة، والفيتامينات، والبروتينات، وأكسدة الدهون (التزنّخ)، والكرملة، وتفاعل ميلارد، وتغيّرات في مركّبات النكهة.

الجدول (٢-١): الفرق بين عمليتي البسترة والتعقيم.

	البسترة	التعقيم
درجة الحرارة	أقلّ من ١٠٠ °س ولفترة زمنيّة محدّدة.	أكثر من ١٠٠°س ولمدّة زمنية محدّدة وتحت ضغط محدّد.
التأثير في الأحياء المجهريّة	تقضي على الأحياء المجهريّة الممرضة جميعها، و ٩٠-٩٩٪ من المجموع الكلي للأحياء المجهريّة. القضاء على الأعفان والخمائر.	تقضي على الأحياء المجهريّة الممرضة وغير الممرضة جميعها باستثناء المتجرثمة.
طريقة حفظ	تحفظ مبرّدة لعدّة أيام.	تحفظ بالجوّ العادي لعدّة شهور.

٢ التبريد والتجميد

تتعرّض الخضراوات والفواكه بعد قطفها وكذلك اللحوم والأسماك والبيض والحليب، بالإضافة إلى مشتقّات الألبان المختلفة إلى تغيّرات تضرّ بجودتها أو تؤدي إلى فسادها لاحقًا، ومن هذه التغيّرات ما يأتي:

أ - الذبول أو الجفاف السطحي الذي يحدث نتيجةً لفقد الرطوبة، ويزداد الأمر سوءًا عند ارتفاع درجة الحرارة.

ب- التغيّرات الحيويّة الناتجة عن التنفّس بفعل الأنزيمات المختلفة.

جـ- التحلّل والتفسّخ بفعل الأحياء المجهريّة المختلفة عند توافر الظروف الملائمة لنموّها.لذا، حاول الإنسان ومنذ القدم إطالة عمر هذه الأغذية لتبقى صالحة للاستهلاك البشري ولو بوسائل بسيطة؛ إذ استخدم الماء البارد والثلج، أو الرشّ بالماء لتبريد الأغذية أو تخزينها لحين الاستهلاك.

وبعد اختراع غازات التبريد وأجهزة التبريد الميكانيكي، استطاع أن يحفظ معظم الأغذية بالتبريد أو التجميد بل نقلها إمّا مبرّدة أو مجمّدة في الشاحنات والطائرات والسفن المجهّزة لهذه الغاية عبر دول العالم المختلفة.

وإذا ما زرت أحد محلات البيع الكبيرة (السوبرماركت) ستجد أنّ معظم الأغذية المشار إليها سابقًا محفوظة إمّا مبرّدة أو مجمّدة؛ لأنّ المستهلك يفضّلها عن تلك المحفوظة في الجوّ الخارجي، وذلك لأنّ هذه الصناعة تحقّق عدّة أغراض، نذكر منها:

د - تقليل أو وقف نمو الأحياء المجهريّة.

هـ - تقليل أو وقف التفاعلات الحيويّة والكيميائيّة للأغذية.

و - تقليل فقد الرطوبة من الأغذية.

ز - المحافظة على توازن الأسعار في السوق عن طريق توفيرها على مدار العام.

ح - زيادة التبادل التجاري بين الدول نتيجةً لنقل هذه الموادّ من مناطق الإنتاج إلى مناطق الاستهلاك.

أ - **التبريد**: إنّ عملية التبريد Cooling تعتبر من الطرق المؤقّتة للحفظ نتيجةً لتثبيط عمل الأحياء المجهريّة، والأنزيمات، والتفاعلات الكيميائيّة والحيويّة.

ومن أهمّ الطرق المستخدمة في تبريد الأغذية ما يأتي:

التبريد: خفض درجة حرارة المادّة الغذائيّة لدرجة حرارة أعلى من درجة إنجمادها؛ لتثبيط عمل الأحياء المجهريّة، والأنزيمات، والتفاعلات الحيويّة والكيميائيّة.

١. التبريد الطبيعي: ويتمّ فيه رشّ الماء على العديد من أصناف الخضراوات، مثل السبانخ والخسّ والبقدونس والنعنع، كما يمكن استخدام الثلج الطبيعي في حفظ الأسماك الطازجة، أو الماء والثلج لخفض درجة حرارة بعض أصناف الفواكه، كالتّفّاح والعنب.

٢. التبريد الميكانيكي: يعتمد هذا النوع من التبريد على أجهزة التبريد الميكانيكي التي تستخدم العديد من غازات التبريد، ومن أهمّها: الفريون ١١، ١٢، ٢٢ في حفظ معظم المنتجات الغذائيّة نباتيّة أو حيوانيّة، إلا أنّه لضررها في الصحّة العامّة والبيئة وخاصّةً طبقة الأوزون فقد منع استخدامها في العديد من دول العالم واستبدلت بغاز الفريون ١٣٤ الصديق للبيئة، مع أنّ المحاولات جارية للبحث عن بدائل أخرى أقلّ ضررًا بالبيئة. ويعتبر الأردنّ من الدول التي وقّعت العديد من الاتفاقيات الدوليّة بهذا الخصوص.

ب- **التجميد**: تعتبر عمليّة التجـــميد Freezing من الطرق الدائمة للحفظ؛ لأنّها تحوّل رطوبة الأغذية إلى بلورات ثلجيّة بحيث يصبح الماء غير متاح للأحياء المجهريّة المسبّبة للتلف والفساد وبالتالي تفقد قدرتها على الحياة، بالإضافة إلى وقف نشاط الأنزيمات، والتفاعلات الكيميائيّة والحيويّة للحدّ الأدنى عن طريق خفض درجة حرارة الأغذية ما دون الصفر سليسيوس،

التجميد: خفض درجة حرارة المادّة الغذائيّة بين (−١٠ إلى −٢٠°س)؛ لحفظها لمدّة طويلة، وذلك بتحويل الغذاء إلى بلورات ثلجيّة يصعب فيها نمو الأحياء المجهريّة وتكاثرها، ويثبّط النشاطات الحيويّة لخلايا المادّة الغذائيّة.

ويعتمد في ذلك على طريقة التجميد ودرجة حرارة تخزين الأغذية وهي مجمّدة.
ومن مزايا هذه الطريقة أنّها تعدّ من أكثر الطرق حفاظًا على القيمة الغذائيّة وخواصّ الأغذية الطبيعيّة، كما أنّها تستخدم بكثرة في هذه الأيام من قبل ربّات البيوت باستخدام المجمّدات المنزليّة، علاوة على توافر العديد من أصناف الأغذية القابلة للتجميد والتي يمكن استخدامها مباشرةً في الطهو، ممّا يقلّل من الوقت والجهد اللازمين للحصول عليها.

وتتوافر طريقتان للتجميد، هما: التجميد البطيء، والتجميد السريع.

١. التجميد البطيء: يتمّ تجميد الأغذية بهذه الطريقة إمّا باستخدام الغرف المعدّة خصّيصًا لهذه الغاية، شكل (٢-١٤)، أو باستخدام المجمّدات المنزليّة.

الشكل (٢-١٤): التجميد البطيء.

وهذه الطريقة غير مرغوب فيها تجاريًّا؛ لأنّ الأغذية تحتاج إلى عدّة أيام حتى يتمّ تجميدها، ويتوقّف ذلك على كميّة المادّة الغذائيّة، وحجمها، ودرجة حرارتها، ودرجة حرارة المجمّدة، وطريقة توزيعها داخل المجمّدة، ممّا يؤدي إلى الضرر بخواصّ المادّة الغذائيّة، ويمكن التقليل من هذه الأضرار عن طريق تبريد المادّة الغذائيّة أوّلًا قبل تجميدها، بالإضافة إلى تصغير حجمها، وتوزيع العبوّات المجمّدة بالقرب من أنابيب التبريد لزيادة كفاءة التجميد.

٢. التجميد السريع: وتستخدم فيه عدّة أنظمة؛ حيث يستغرق تجميد المادّة الغذائيّة من عدّة دقائق إلى عدّة ساعات، ومنها:

- التجميد على الألواح أو الرفوف: يتمّ هذا النوع من التجميد في غرف لها رفوف تمرّ أسفلها أنابيب مبرّدة ، وفي هذه الحالة توضع عبوّات الأغذية على الرفوف ويتمّ غلق الكبائن لعدّة ساعات حتى تتجمّد الأغذية.
- التجميد بالأحزمة المستمرّة: تشبه طريقة التجميد على الألواح أو الرفوف إذ يتمّ نقل المادّة الغذائيّة على أحزمة إلى حجرات كبيرة تتراوح درجة حرارتها ما بين (-٢٣ إلى -٣٤°س)، حيث تتحرّك العبوّات الموضوعة على الأحزمة داخل الحجرات حتى تتجمّد المادّة الغذائيّة، شكل (٢-١٥).

الشكل (٢-١٥): التجميد بالأحزمة المستمرّة.

- التجميد بتيّارات الهواء البارد: تشبه طريقة التجميد بالأحزمة المستمرّة إلا أنّه يتمّ فيها استخدام مروحة قويّة لدفع الهواء داخل مجرى التجميد؛ حيث يدفع تيّار الهواء البارد بشدّة وقوّة والذي تكون درجة حرارته (-٣٤°س)، ممّا يسبّب تجميدًا سريعًا للأغذية السائلة.
- التجميد بالغازات السائلة: يتمّ دفع رشّاش من النيتروجين السائل أو ثاني أكسيد الكربون الصلب مباشرة على الأغذية، والذي يعمل على تجميدها بسرعة كبيرة وفي غضون عدّة دقائق، حيث شاع استخدام هذه الطريقة في السنوات الأخيرة لسرعتها في عملية التجميد وكفاءتها.

وتحدث لجودة الغذاء بفعل التجميد تغيّرات عدّة نذكر منها:

١. الفيزيائيّة: تشمل الجفاف، وحروق التجميد، وتأكسد الدهون، والتبلور، والتشوّه

في قوام المادّة الغذائيّة وخاصةً في حالة عدم التغليف الجيّد للأغذية المجمّدة.

٢. الكيميائيّة: تشمل أكسدة الأصباغ النباتيّة وتحلّلها، وأكسدة الحموض والدهون مؤدية إلى تغيّر لونها وتزنّخها، كما يحصل فقط في بعض الفيتامينات وبخاصّة فيتامينات (ج، ب١، ب٢) في أثناء التخزين.

٣. الأنزيميّة: يوقف التجميد أنشطة الكائنات الحيّة المجهريّة، ويبطئ فاعلية الأنزيمات، ويسبّب ضررًا بالغًا في مظهر المادّة وقيمتها الغذائيّة عند تخزين المادّة على درجة حرارة (−٦°س) مما يجعلها غير مقبولة من قبل المستهلك.

٤. تكاثر الأحياء الدقيقة: يؤثّر التجميد بشكل كبير في خلايا الأحياء المجهريّة إلا أنّ تأثيره قليل على أبواغها.

هذا وأيًّا كانت طريقة التجميد فينصح بتخزين المادّة الغذائيّة المجمّدة على درجة حرارة (−١٨°س) مع مراعاة عدم تذبذب درجات الحرارة أو إعادة تذويبها ثمّ تجميدها، وذلك لعدم الإضرار بجودتها ومنعًا للجفاف السطحي والتلف لهذه الأغذية.

الجدول (٢−٢): الفروق بين التبريد والتجميد.

	التبريد	التجميد
درجة الحرارة	(٠ إلى ١٠°س) معتمدة على نوع الأغذية المبرّدة.	(−١٠ إلى −٢٠°س) معتمدة على طريقة التجميد.
التأثير في الأحياء المجهريّة	تثبيط عمل الأحياء المجهريّة، والأنزيمات، والتفاعلات الحيويّة والكيميائيّة.	يصعب فيها نمو الأحياء المجهريّة وتكاثرها، ويثبّط النشاطات الحيويّة لخلايا الأحياء المجهريّة.
مدّة الحفظ	مؤقّتة (عدّة أيام).	دائمة (أشهر إلى عدّة سنوات).
طريقة الحفظ	الثلاجات أو غرف التبريد.	المجمّدات أو غرف التجميد.

٣ التركيز والتجفيف

يتمّ في التركيز Concentration خفض النشاط المائي aw بإضافة الموادّ الصلبة الذائبة، كالسكّر والملح، أو بإزالة جزء من رطوبة الأغذية، ممّا يؤدي إلى رفع نسبة الموادّ الصلبة الكليّة في المادّة الغذائيّة وانخفاض نسبة الرطوبة، حيث يستخدم السكّر في صناعة المربّيات، والمرملاد، والفواكه المسكّرة، والشراب المركّز، في حين يستخدم الملح في حفظ اللحوم، والأسماك، والخضراوات إمّا بطريقة التمليح الجاف أو الرطب. ولتركيز الموادّ الغذائيّة تستخدم المبخرات تحت التفريغ لتحقيق هذه الغاية، شكل (٢-١٦).

الشكل (٢-١٦): التبخير تحت التفريغ.

ب – **التجفيف**: يتمّ في التجفيف Drying تقليل المحتوى الرطوبي للأغذية طبيعيًّا أو صناعيًّا وبالتالي الحدّ من نموّ الأحياء المجهريّة، حيث تصل نسبة الرطوبة مثلاً في الخضراوات المجففة إلى ٤ – ٦٪ بينما الفاكهة المجفّفة إلى ١٨ – ٢٤٪ تقريبًا، وهذه الرطوبة لا تسمح بنموّ الأحياء المجهريّة، ممّا يؤدي إلى حفظ الأغذية المجفّفة لفترات طويلة حتى تستهلك شريطة تخزينها في أجواء جافّة وباردة، منعًا لنموّ الفطريات وحدوث تغيّرات في اللون والنكهة. ومن طرق التجفيف:

١. التجفيف الطبيعي: أقدم طرق الحفظ وأقلّها تكلفة كما أنّها لا تحتاج إلى خبرات متخصّصة أو معدّات كبيرة لإنتاج الأغذية المجفّفة. ويمكن في هذه الطريقة تجفيف الخضراوات والفواكه واللحوم والأسماك، حيث يجري رصّ الموادّ الغذائيّة على صواني التجفيف أو تعليقها بطريقة مناسبة، وتعريضها لأشعّة الشمس المباشرة أو غير المباشرة. وقد يستخدم الملح في المساعدة على عملية التجفيف ومنع تلف الموادّ الغذائيّة قبل وصولها لمرحلة التجفيف المطلوبة. إلا أنّ لهذه الطريقة بعض السلبيات، مثل: طول مدّة التجفيف، وعدم القدرة على التحكّم في ظروف التجفيف، واحتماليّة تعرّض الموادّ الغذائيّة المجفّفة للتلوّث، بالإضافة إلى تغيّرات في اللون والنكهة قد لا تكون مرغوبة للمستهلك، لهذا تجفّف الأغذية حاليًّا بطريقة التجفيف الصناعي.

٢. التجفيف الصناعي: ويتمّ في هذه الطريقة إزالة الرطوبة الزائدة عن طريق التحكّم في درجة الحرارة وسرعة الهواء الساخن صناعيًّا، ويستخدم التجفيف الصناعي عدّة أنظمة، نذكر منها:

أ . التجفيف بالهواء الساخن: ويتمّ بإحدى طرق التجفيف الآتية:

– مجفّفات الأنفاق: ويتمّ في هذه الطريقة حمل الموادّ الغذائيّة غالبًا (الخضراوات، والفاكهة) على صواني تجفيف تحمل على عربات خاصّة أو على أحزمة متحرّكة، والتي تتحرّك داخل نفق يندفع فيه هواء ساخن يتمّ التحكّم في درجة حرارته، وسرعته، ورطوبته النسبيّة فتتبخّر

الرطوبة من على سطح الغذاء؛ إذ تخرج من نهاية النفق جافّة، شكل (٢-١٧).

الشكل (٢-١٧): مجفّفات الأنفاق.

- مجفّفات الرذاذ: تستخدم هذه الطريقة لتجفيف الأغذية السائلة، كالحليب والبيض والشراب؛ إذ يضخّ الغذاء من خلال (بخّاخ) يدور بسرعة عالية ليوزّع الغذاء داخل المجفّف على شكل قطرات دقيقة (رذاذ)، ونتيجة لتلامس هذه القطرات مع الهواء الساخن الجافّ ما تلبث أن تجفّ ساقطة في قاع المجفّف، كما هو موضّح في الشكل (٢-١٨).

الشكل (٢-١٨): جهاز التجفيف الرذاذي.

ب. المجفّفات الأسطوانيّة: وتستخدم في تجفيف بعض الأغذية السائلة والكثيفة، مثل الحليب، بالإضافة إلى تجفيف بعض الخضراوات والفواكه، كالبطاطا والموز، وفيها تمرّر المادّة الغذائيّة على أسطح الأسطوانات الساخنة الدوّارة والبطيئة الحركة حيث تجفّف الأغذية وتكشط بوساطة سكاكين خاصّة.

جـ . التجفيف الرغوي: تستخدم للأغذية الحسّاسة لدرجات الحرارة العالية، مثل عصائر الفاكهة والخضراوات، أو لتجفيف بعض أنواع الحبوب عندما يراد الحصول على قوام ذي تركيب إسفنجي هشّ؛ إذ يتمّ تسخين الناتج ثمّ

تعريضه لتفريغ أو خلخلة الهواء المتوافر فيه، ونتيجة لهذه العملية يتكوّن رغوي ذو شكل معيّن، كما هو الحال في صناعة الشيبس.

د . التجفيد (التجفيف بالتجميد): يتمّ في هذه الطريقة، تجميد الغذاء أولًا، ثمّ تجفيفه بالتفريغ الشديد تحت درجات حرارة محدودة، تتحوّل فيها البلورات الثلجيّة إلى بخار الماء مباشرة من غير المرور بالحالة السائلة (ظاهرة التسامي) (sublimation)، ومن أمثلة هذه الأغذية أغذية الأطفال. ويوضّح الشكل (٢–١٩) جهاز التجفيد Freeze Drying .

الشكل (٢–١٩): جهاز التجفيد.

ومن التغيّرات التي تحدث لجودة الغذاء بفعل التجفيف:

١. زيادة تركيز المكوّنات الغذائيّة، كالبروتين، والدهون، والكاربوهيدرات فتصبح معدّلاتها أعلى من مثيلاتها في الموادّ الطازجة.

٢. فقد العديد من المكوّنات المهمّة الذائبة والحسّاسة، كالفيتامينات والأملاح المعدنيّة.

٣. حدوث تزنّخ للدهون خاصّة إذا حدث التجفيف على درجات حرارة عالية.

٤. تغيّرات كيميائيّة بفعل النشاط الإنزيمي بالإضافة إلى أكسدة الدهون والتغيّر في شكل البروتين.

٤ حفظ الأغذية باستخدام الإشعاع

يطلق عليها اسم (التعقيم البارد) نظرًا لعدم استخدام الحرارة؛ حيث يتمّ تعريض الغذاء إلى أحد مصادر الطاقة الإشعاعيّة، إمّا من نظائر مشعّة، أو من أجهزة تنتج كميّات محدّدة من أشعّة الإلكترون أو الأشعّة السينيّة؛ إذ تعمل الأشعّة على القضاء على الأحياء المجهريّة أوتقلّل وجودها، وتشمل البكتيريا بأنواعها وكذلك الأعفان والخمائر والفيروسات، كما أنّها تقضي على الحشرات في الأغذية والتوابل وبذلك يتمّ تدمير مسبّبات الفساد والتلف. وتتميّز هذه الطريقة بأنّها قليلة النفقات وسريعة، ولا ينتج عن ذلك أيّ تغيّر في صفات المادّة الغذائيّة وخواصّها. أمّا بالنسبة لأضرارها على الإنسان فهي بحاجة إلى المزيد من البحوث والدارسات. وتنقسم المعاملة بالإشعاع إلى طريقتين رئيستين، هما:

أ - **البسترة بالإشعاع**: تتمّ باستخدام جرعات منخفضة من الإشعاع وتستخدم في بعض الأغذية الطازجة السريعة التلف، مثل الأسماك، والقشريّات، والدواجن، وتستخدم أيضًا لإطالة فترة صلاحيّة الفواكه، مثل الفراولة بتأخير نمو الفطريّات.

ب- **التعقيم بالإشعاع**: يتمّ باستخدام جرعات مرتفعة من الإشعاع، وتستخدم على الأغلب لقتل الحشرات في الحبوب والأغذية المخزّنة، كالتمور.