

المحاضرة الخامسة – البسترة والتعقيم

تعتبر كل من عملية البسترة والتعقيم من العمليات الحيوية التي تضمن سلامة الأغذية وإطالة فترة صلاحيتها من خلال القضاء على الكائنات الدقيقة التي تسبب الأمراض وتُفسد المنتجات الغذائية يتم تطبيق هاتين العمليتين في مختلف الصناعات الغذائية باستخدام أجهزة متخصصة لضمان تحقيق المعايير الصحية المطلوبة.

1. تعريف البسترة

البسترة هي عملية تسخين الأغذية خاصة السوائل مثل الحليب والعصائر إلى درجة حرارة معينة لفترة زمنية محددة دون الوصول إلى نقطة الغليان ، تهدف هذه العملية إلى قتل أو تعطيل الكائنات الحية الدقيقة الممرضة مع الحفاظ على جودة المنتج الغذائي والطعم.

تعود تسمية البسترة إلى العالم الفرنسي لويس باستور الذي اكتشف في منتصف القرن التاسع عشر أن تسخين السوائل مثل النبيذ يمكن أن يمنع فسادها. الآن تُستخدم البسترة بشكل شائع في الألبان والعصائر وغيرها من المنتجات الغذائية.

أنواع البسترة :

- البسترة عالية الحرارة قصير الزمن (HTST) تُسخن السوائل مثل الحليب إلى درجة حرارة تتراوح بين 72-75 درجة مئوية لمدة 15-30 ثانية. تعد هذه الطريقة الأكثر شيوعاً في البسترة التجارية.
- البسترة منخفضة الحرارة طويل الزمن (LTLT) تُسخن السوائل إلى حوالي 63 درجة مئوية وتُحفظ عند هذه الدرجة لمدة تصل إلى 30 دقيقة. تُستخدم هذه الطريقة في بعض الأغراض الخاصة.
- البسترة فائقة الحرارة (UHT) يُسخن المنتج إلى درجة حرارة تتراوح بين 135-150 درجة مئوية لمدة 2-5 ثوانٍ فقط. هذه الطريقة تضمن فترة صلاحية أطول ولكنها قد تؤثر على الطعم الطبيعي لبعض المنتجات.

2. تعريف التعقيم

التعقيم هو عملية تقضي على جميع الكائنات الحية الدقيقة بما في ذلك الأبواغ البكتيرية التي قد تكون مقاومة للحرارة ، يهدف التعقيم إلى تحقيق مستوى عالٍ من النظافة في المنتجات التي تحتاج إلى فترات تخزين طويلة دون تبريد.

أنواع التعقيم

- التعقيم الحراري : يتم فيه استخدام درجات حرارة عالية لفترات طويلة كما في التعقيم بجهاز الاوتوكلاف الذي يعتمد على البخار تحت الضغط.
- التعقيم الكيميائي : يعتمد على مواد كيميائية مثل الأوزون أو بيروكسيد الهيدروجين لتعقيم الأسطح والأدوات.
- التعقيم بالأشعة : مثل استخدام الأشعة فوق البنفسجية أو أشعة غاما لتعقيم الأدوات والأسطح.
- التعقيم بالترشيح : يتم فيه تمرير السوائل عبر فلاتر خاصة تعمل على إزالة الكائنات الدقيقة.

الفروقات الأساسية بين البسترة والتعقيم

البسترة	التعقيم
تستخدم حرارة أقل وفترة زمنية أقصر	تعتمد على حرارة عالية أو مواد كيميائية أو إشعاع
لا تقضي على كل الكائنات الحية الدقيقة، فقط الضارة	تقضي على جميع الكائنات الحية الدقيقة
يُحافظ على نكهة المنتج الأصلية	قد يؤدي إلى تغيير طفيف في نكهة أو قوام المنتج
تستخدم في المنتجات التي تُستهلك في وقت قريب	تستخدم للمنتجات ذات فترات التخزين الطويلة

أهمية البسترة والتعقيم في صناعة الأغذية

البسترة والتعقيم يلعبان دورًا حيويًا في ضمان جودة وسلامة الأغذية فمن خلال هذه العمليات يتم التخلص من البكتيريا الضارة والكائنات الدقيقة التي قد تسبب التسمم الغذائي أو تلف المنتجات الغذائية بسرعة ، فيما يلي بعض الفوائد الرئيسية :

1. تمديد صلاحية المنتج :البسترة والتعقيم يضمنان تقليل نشاط الكائنات الدقيقة مما يساعد في إطالة فترة صلاحية المنتجات.
2. الحفاظ على الجودة :على الرغم من أن التعقيم قد يؤثر قليلاً على الطعم أو الملمس، فإن معظم طرق البسترة، خصوصاً منخفضة الحرارة، تساعد في الحفاظ على نكهة وجودة المنتج بشكل جيد.
3. السلامة الصحية :بدون هذه العمليات، قد تنتقل أمراض خطيرة مثل السل أو السالمونيلا من خلال الأطعمة غير المعالجة.
4. التوافق مع المعايير التنظيمية :توفر أجهزة البسترة والتعقيم ضمانًا للالتزام بالقوانين الصحية التي تفرضها الجهات الرقابية على صناعة الأغذية.

تطور تقنيات البسترة والتعقيم

تطورت تقنيات البسترة والتعقيم بشكل كبير على مر السنين لتواكب التقدم التكنولوجي. ظهرت طرق حديثة لتحسين كفاءة هذه العمليات مع تقليل التأثير على جودة المنتج. من أبرز هذه التقنيات:

1. البسترة فائقة السرعة (Flash Pasteurization)

البسترة الفائقة السرعة هي تقنية حديثة يتم فيها تسخين المنتج إلى درجة حرارة عالية لفترة زمنية قصيرة جداً لا تتعدى عدة ثوانٍ ثم تبريده بسرعة فائقة، تستخدم هذه الطريقة بكثرة في صناعة العصائر والمشروبات الغازية.

الفوائد:

- الحفاظ على الجودة الغذائية.
- سرعة التنفيذ مما يقلل من استهلاك الطاقة.
- تحسين نكهة المنتجات مقارنة بالبسترة التقليدية.



صورة (1) البسترة فائقة السرعة (Flash Pasteurization)

2. البسترة بالترددات العالية قصيرة الموجه (Microwave Pasteurization)

تعتمد هذه التقنية على استخدام موجات الميكروويف لتسخين المنتجات الغذائية بشكل سريع وفعال ، تعتبر هذه التقنية مثالية للمنتجات التي تحتوي على نسبة عالية من الماء وتحتاج إلى معالجة حرارية دقيقة لتجنب التلف.

الفوائد:

- توجيه الطاقة بشكل مباشر إلى المنتج مما يقلل من فقدان العناصر الغذائية.
- إمكانية تطبيقها على منتجات مختلفة تتراوح بين السوائل والصلبة.



صورة (2) البسترة بالترددات العالية قصيرة الموجه (Microwave Pasteurization)

3. البسترة بالمجال الكهربائي النبضي (Pulsed Electric Field Pasteurization)

هذه التقنية تعتبر حديثة نسبيًا في عالم البسترة الغذائية تعتمد على استخدام نبضات كهربائية قوية تمر عبر المنتجات الغذائية لتدمير الكائنات الدقيقة ، تستخدم بشكل واسع في بسترة العصائر الطازجة وبعض منتجات الألبان.

الفوائد:

- الحفاظ على النكهة الطبيعية للمنتجات بشكل أفضل مقارنة بالبسترة الحرارية.
- تحسين كفاءة الطاقة والموارد.
- إمكانية استخدامه لبسترة منتجات حساسة للحرارة.



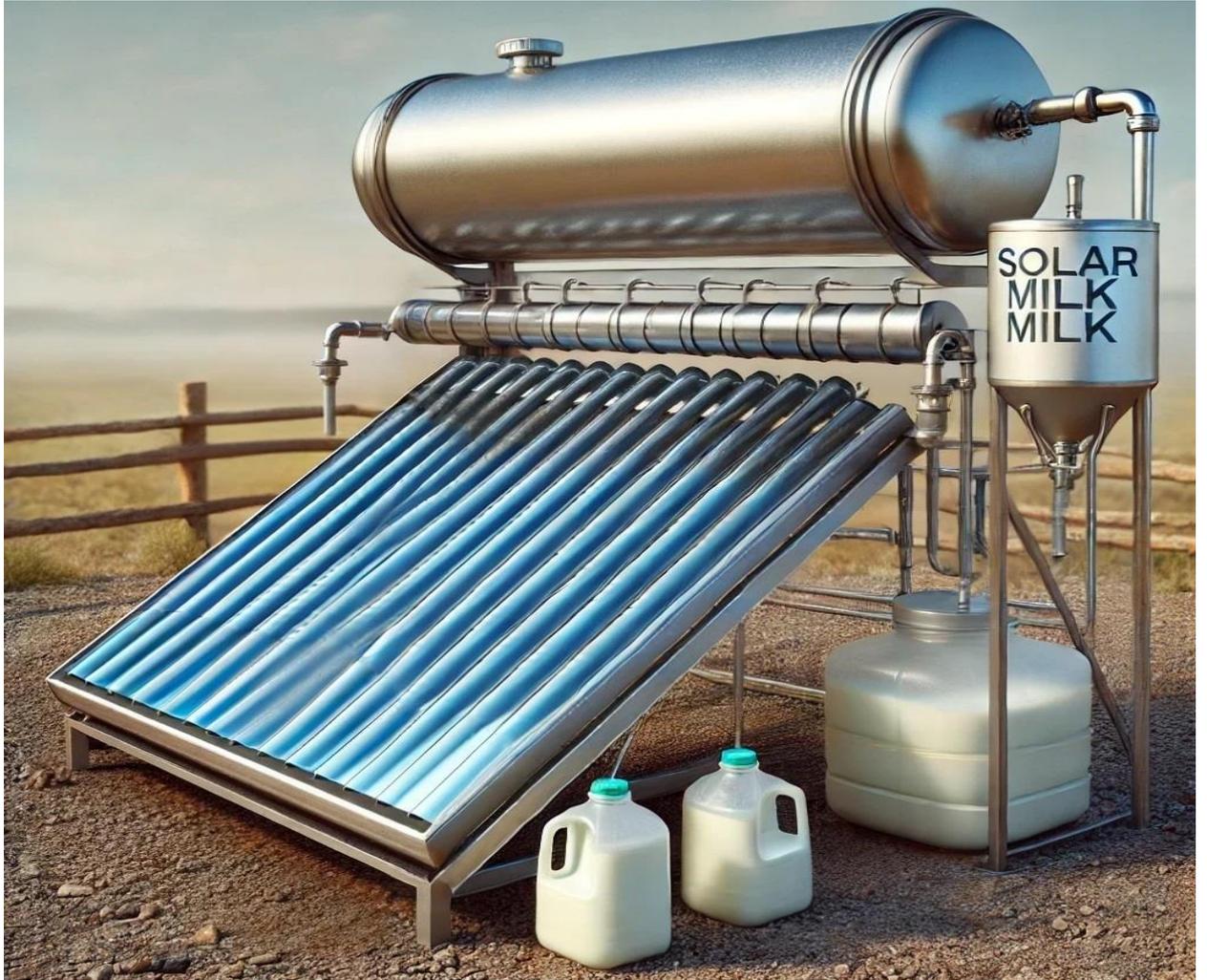
صورة (3) البسترة بالمجال الكهربائي النبضي (Pulsed Electric Field Pasteurization)

4. البسترة بالمجمع الشمسي (Solar Collector)

تعتمد البسترة بالطاقة الشمسية على مجمعات شمسية (Solar Collector) التي تقوم بتحويل أشعة الشمس إلى حرارة اذ تعمل هذه المجمعات على تركيز أشعة الشمس لرفع درجة حرارة السائل الموجود داخل المجمع الشمسي إلى مستوى يمكنه القضاء على الكائنات الدقيقة الضارة مثل البكتيريا والفيروسات وبعد التسخين يتم تبريد السائل بسرعة للحفاظ على الجودة الغذائية والنكهة.

الفوائد:

- التكلفة المنخفضة
- الاستدامة البيئية
- توفره للاستخدام في المناطق النائية
- التقليل من الأمراض المنقولة بالغذاء والماء
- سهولة الصيانة والتشغيل
- الحفاظ على جودة المنتجات
- الاعتماد على مصدر طاقة ثابت متجدد



صورة (4) البسترة بالمجمع الشمسي (Solar Collectors)

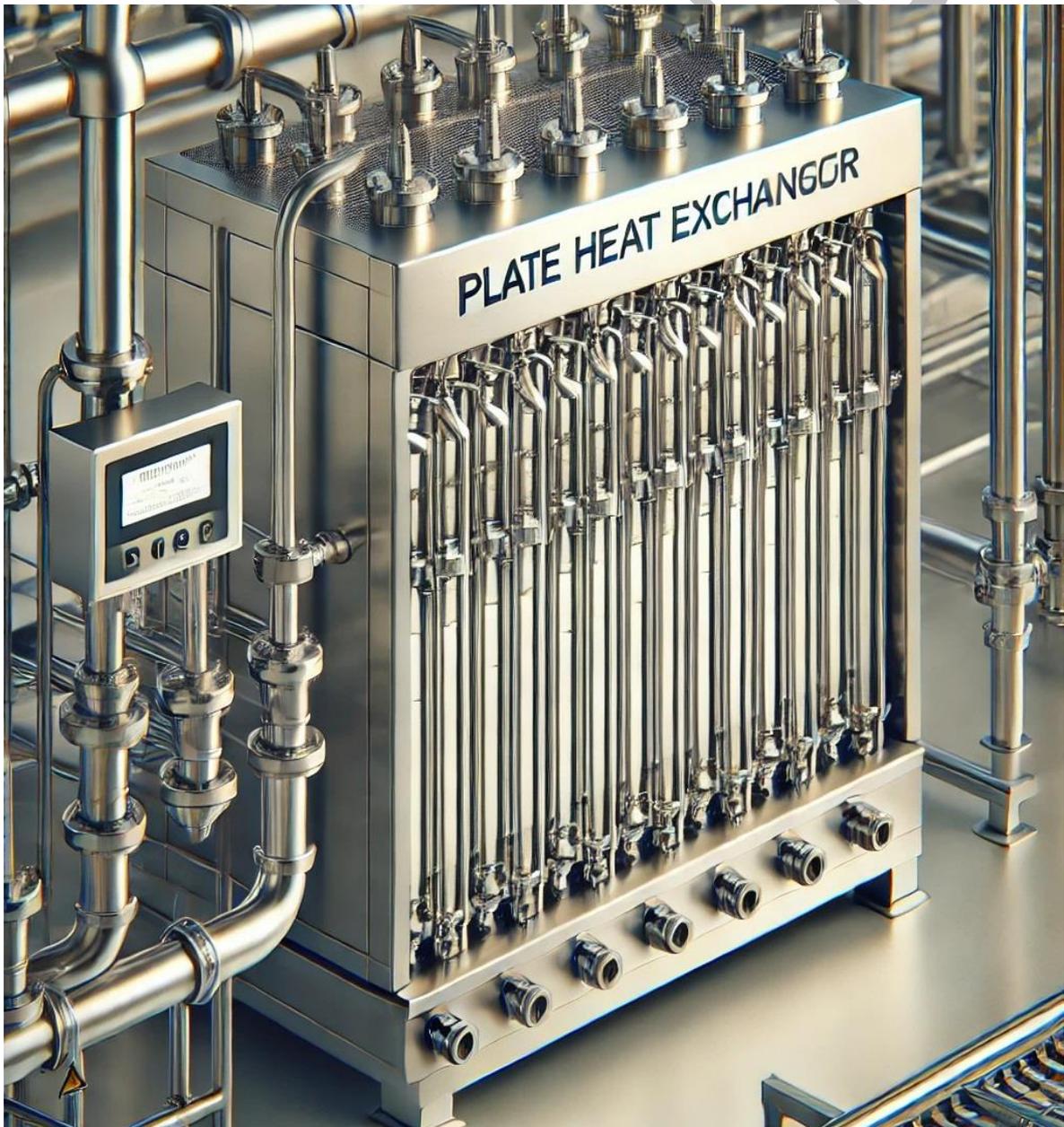
أجهزة البسترة والتعقيم التقليدية في معامل الأغذية

1. جهاز البسترة اللوحي (Plate Heat Exchanger Pasteurizer)

يعتبر هذا الجهاز الأكثر شيوعًا في صناعة الأغذية وخصوصًا منتجات الألبان يعمل الجهاز على تمرير السائل بين صفائح معدنية يتم تسخينها وتبريدها بالتتابع مما يوفر عملية بسترة سريعة وفعالة.

التطبيقات:

- بسترة الحليب.
- بسترة العصائر.
- منتجات الألبان مثل الزبادي والقشدة.



صورة (5) البسترة بالصفائح الحرارية (Plate Heat Exchanger)

2. جهاز التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (UV Sterilizer)

يستخدم هذا الجهاز لتعقيم المياه والسطوح في مصانع الأغذية. تعتمد تقنية الأشعة فوق البنفسجية على تعطيل الكائنات الدقيقة عبر إتلاف حمضها النووي مما يمنعها من التكاثر.

التطبيقات:

- معالجة المياه المستخدمة في التصنيع.
- بسترة العصائر والمشروبات.
- تطهير الأسطح والمعدات في معامل الاغذية.



صورة (6) التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (UV Sterilizer)

3. جهاز التعقيم الحراري (Thermal Sterilizer)

هذا الجهاز هو أحد أكثر الأجهزة شيوعاً لتعقيم الأغذية المعلبة تعتمد العملية على تسخين المنتج داخل أوعية مغلقة تحت ضغط مرتفع يُستخدم في صناعة الأغذية المعلبة مثل الخضروات واللحوم والحساء (الشوربة).

التطبيقات:

- تعقيم الأغذية المعلبة.
- تعقيم الأدوات والمعدات الطبية.



صورة (7) التعقيم الحراري (Thermal Sterilizer)

4. جهاز التعقيم بالبخار (Steam Autoclave)

الأتوكلاف هو جهاز شائع لتعقيم الأدوات والمعدات، وهو يعتمد على تسخين البخار إلى درجات حرارة عالية تحت ضغط مرتفع. يُستخدم بشكل شائع في صناعات الأغذية لتعقيم المنتجات المعلبة. التطبيقات:

- تعقيم الأدوات الطبية.
- تعقيم الأغذية المعلبة.
- تعقيم العبوات البلاستيكية والزجاجية.



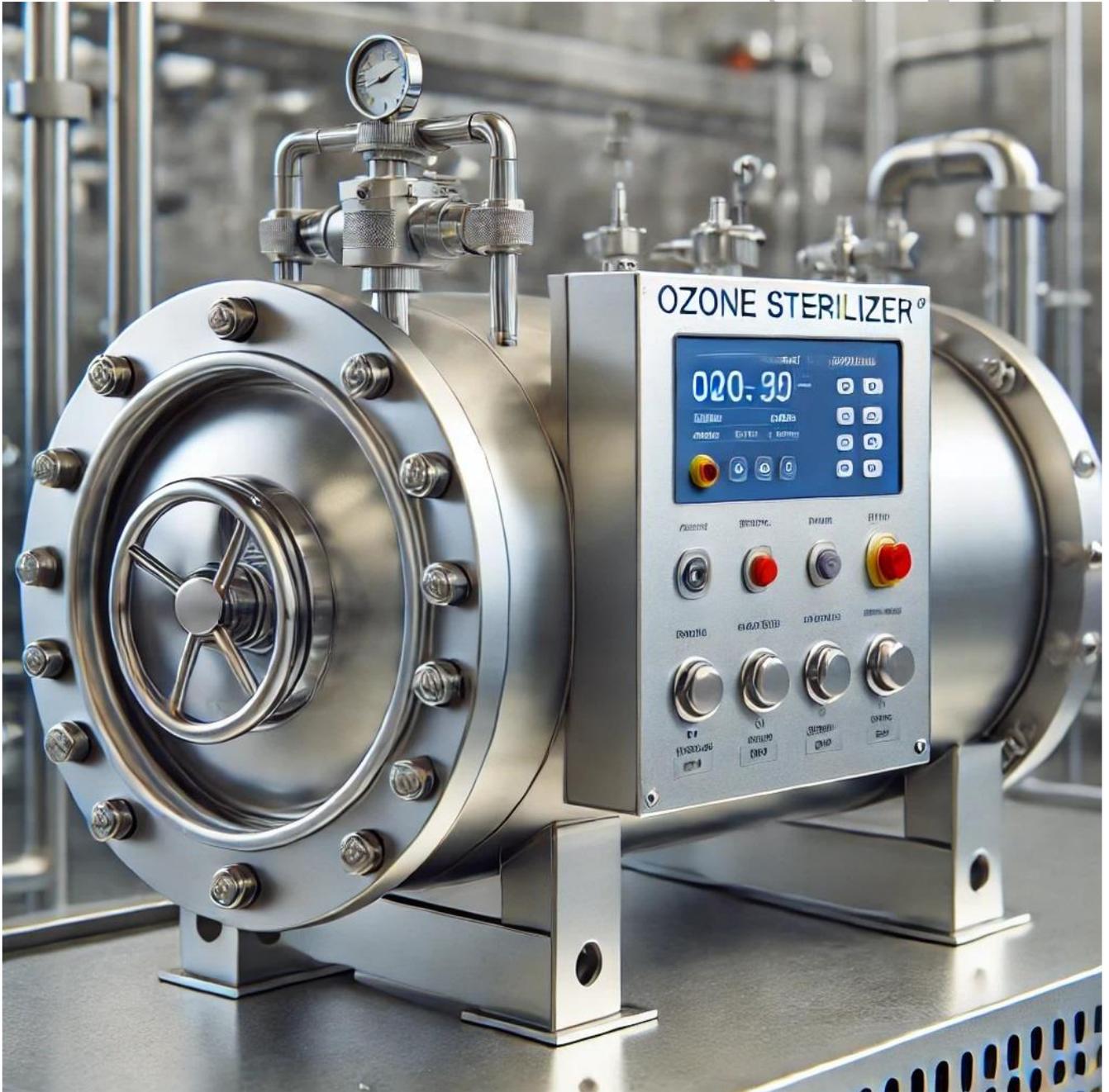
صورة (8) التعقيم بالبخار المؤصدة (Steam Autoclave)

5. جهاز التعقيم بالأوزون (Ozone Sterilizer)

تستخدم أجهزة التعقيم بالأوزون الأوكسجين الثلاثي (O_3) لتعقيم الهواء والماء في مصانع الأغذية، الأوزون هو غاز مؤكسد قوي يمكنه قتل البكتيريا والفطريات والفيروسات بشكل فعال.

التطبيقات:

- تعقيم الهواء في مصانع الأغذية.
- تطهير المياه المستخدمة في الإنتاج.
- تعقيم الأسطح والأدوات.



صورة (9) التعقيم بالأوزون (Ozone Sterilizer)

6. جهاز البسترة المستمرة (Continuous Pasteurizer)

يتم استخدام هذا الجهاز في الإنتاج الضخم حيث يمكن للمنتج أن يتحرك بشكل مستمر عبر مراحل تسخين وتبريد متعددة داخل الجهاز. هذه الطريقة تُستخدم في صناعة العصائر والمشروبات الغازية والمنتجات المعلبة.

التطبيقات:

- بسترة العصائر والمشروبات الغازية.
- بسترة الأطعمة الجاهزة للاستهلاك.



صورة (10) البسترة المستمرة (Continuous Pasteurizer)

7. جهاز البسترة بالترشيح (Microfiltration)

تعرف أيضاً باسم البسترة الباردة أو الترشيح الدقيق هي طريقة غير حرارية تُستخدم لإزالة الكائنات الدقيقة من السوائل مثل الحليب أو العصائر دون استخدام الحرارة ، حيث يتم تمرير السائل عبر أغشية ترشيح دقيقة تزيل البكتيريا والعوامل الممرضة الأخرى مما يوفر بديلاً عن البسترة التقليدية التي تعتمد على الحرارة.

- إنتاج الحليب طويل الأجل : تُستخدم البسترة بالترشيح في صناعة الألبان لإنتاج الحليب الذي يتمتع بمدة صلاحية أطول مقارنة بالحليب المبستر تقليدياً. إذ يساعد الترشيح على إزالة البكتيريا الضارة مع الحفاظ على النكهة الطبيعية والقيمة الغذائية.
- صناعة العصائر والمشروبات : تستخدم البسترة بالترشيح لإزالة الملوثات من العصائر الطازجة دون تعريضها للحرارة التي قد تؤثر على النكهة أو لون العصير كمنتجات العصائر الطبيعية التي تتطلب الحفاظ على جودتها الطازجة.
- المياه والمشروبات الغازية : تُستخدم هذه التقنية في تنقية المياه والمشروبات الغازية حيث يتم إزالة البكتيريا والمواد الصلبة الدقيقة دون الحاجة للتسخين مما يغير تركيبته.



صورة (11) البسترة بالترشيح (Microfiltration)

معايير السلامة والجودة في أجهزة البسترة والتعقيم

عند تشغيل أجهزة البسترة والتعقيم في معامل الأغذية، يجب الالتزام بمجموعة من المعايير الصارمة التي تضمن جودة المنتجات وسلامة المستهلكين من أهم هذه المعايير:

1. مراقبة درجات الحرارة: يجب التحقق من أن الجهاز يصل إلى درجة الحرارة المثلى لكل نوع من المنتجات لضمان قتل الكائنات الدقيقة دون التأثير السلبي على الجودة.
2. الفحوصات الدورية للأجهزة: يجب صيانة الأجهزة وفحصها بانتظام للتأكد من عملها بشكل صحيح وعدم وجود تسربات أو مشاكل في الأداء.
3. المعايير الصحية: يجب أن تكون جميع المكونات التي تتلامس مع الأغذية مصنوعة من مواد آمنة مثل الفولاذ المقاوم للصدأ لتجنب التلوث.