عملية البسترة : المقصود بها هو تعريض كل جزء من الحليب لدرجة حرارة معينة ومدة معينة كافيتين للقضاء على جميع الاحياء المجهرية المرضية ومعظم الاحياء المجهرية غير المرضية والمسببة لفساد الحليب مما يزيد مدة حفظه . تقسم طرق البسترة إلى طريقتين اساسيتين هما :

١. **البسترة البطيئة (طريقة الحجز) : Low Temperature Long Time (LTLT) :** تستخدم فيها درجة حرارة ٦٣ مْ لمدة نصف ساعة
٢. **البسترة السريعة : High Temperature Short Time (HTST) :** تستخدم فيها درجة حرارة ٧٢ مْ لمدة ١٥ ثانية تتبعها عملية تبريد الحليب مباشرةً

الطرق المستخدمة في طريقة البسترة البطيئة والاجهزة المستخدمة فيها :

١. **البسترة على دفعات :** أساس الاجهزة المستخدمة فيها هي احواض لتسخين الحليب وحفظه على درجة حرارة البسترة للمدة المطلوبة (٦٣ مْ لمدة نصف ساعة) وتكون الاحواض المستخدمة إما مزدوجة الجدران أو ذات رشاش أو ذات انبوبة حلزونية ، ويجب تسخين الحليب قبل دخوله إلى الاحواض في مبادلات حرارية مستقلة إلى درجة حرارة ٤٣ مْ وذلك لتجنب احتراق الحليب وللإسراع في رفع درجة الحرارة في احواض التسخين كما أنه يفضل عدم التبريد في الحوض نفسه إذ يترتب على ذلك بطء عملية التبريد مما لهل تأثير سيء على بعض الصفات الحسية والطبيعية للحليب مثل تغير الطعم وقلة سمك طبقة الكريمة لذا يفضل تبريد الحليب بمبردات سطحية منفصلة بعد خروجه من أحواض التسخين للمدة المطلوبة على ان يتم التبريد إلى درجة حرارة حوالي ٤,٤ – ١٠ مْ في مدة لا تزيد عن ١٥ دقيقة .
٢. **البسترة البطيئة المستمرة :** تشتمل على مبادلات حرارية لرفع درجة حرارة الحليب إلى الدرجة المطلوبة كما تشتمل على أحواض حجز لا تختلف عن احواض التسخين الا في قدرتها العالية للعزل ولا يتم تسخين الحليب فيها إذ يكتفي بوصول الحليب اليها بدرجة حرارة أعلى من حرارة البسترة بمقدار ٠,٥ – ١ مْ أما اجهزة الحجز فقد تكون اجهزة انبوبية إذ يمر الحليب في انابيب ملتوية محاطة من الخارج بالماء الساخن ويدفع الحليب بقوة دفع منتظمة على شرط ان يمر الحليب في هذه الانابيب في مدة نصف ساعة ولذا فكفاءة الجهاز تعادل تقريباً ضعف سعته ، وقد تستخدم مجموعة من الاحواض الثابتة أو المتحركة لحجز الحليب فيها ، وان مجموعة الاحواض الثابتة يقسم فيها الحوض إلى عدة أقسام إذ يبدأ دخول الحليب من الأسفل في الحوض الاول حتى تمام ملئه ثم إلى الحوض الثاني ثم الحوض الثالث وهكذا إلى أن يتم مليء هذه الاحواض بشرط ان يتفق الوقت الذي يتم فيه مليء الحوض الاخير مع الوقت الذي يتم فيه تفريغ الحوض الاول بعد زمن قدره ٣٠ دقيقة بعدها يسحب الحليب المبستر ليتم تبريده وتعبئته .
٣. **البسترة في الزجاجات :** تستعمل فيها الزجاجات الشبيهة بالزجاجات المستخدمة في تعقيم الحليب وهي زجاجات مقاومة للحرارة ذات رقبة طويلة ضيقة وتغطى بأغطية معدنية .

البسترة السريعة : **يتكون جهاز البسترة السريعة من الاجزاء الاتية** :

١. **حوض الموازنة :** وهو حوض استقبال الحليب الخام المراد بسترته والحليب المرتد الذي لم تصل درجة حرارته إلى الدرجة المطلوبة ويحتوي هذا الحوض على عوامة لجعل مستوى الحليب ثابت باستمرار ولتقفل مسار الحليب الخام عند ورود حليب مرتد .
٢. **مضخة توقيت :** والغرض منها سحب كمية ثابتة من الحليب .
٣. **أقسام التسخين :** وتقسم إلى أربعة أقسام هي :

أ . **قسم التبادل :** يتم في هذا القسم تسخين الحليب الخام تسخيناً مبدئياً إلى درجة حرارة حوالي ٥٧ مْ ويتم في الوقت نفسه تبريد الحليب المبستر إلى درجة حرارة حوالي ٢٧ مْ ، ولهذا فان الغرض من هذا القسم هو توفير تكاليف التسخين بما يعادل ٧٥ % وتكاليف التبريد بما يعادل ٦٢ % .
ب . **قسم التسخين الحراري :** ويتم فيه تسخين الحليب إلى درجة حرارة ٧٢ْم باستخدام مبادلات حرارية ويكون وسط التسخين هو الماء الساخن كم في جهاز ALFA LAFAL .
ج . **قسم التبريد بالماء العادي .**

د . **قسم التبريد بالماء البارد :** ويتم تبريد الحليب إلى درجة حرارة حوالي ٥ مْ.

٤. **أنبوبة الحجز :** وهي أنبوبة يتدفق فيها الحليب بعد خروجه من الجزء الأخير من المبادل الحراري بسرعة حوالي ٦٠ سم / ثا بشرط أن يقطعها الحليب في مدة ١٥ - ١٦ ثانية ، وطول هذه الأنبوبة يتراوح ما بين ٦ - ١٤ متر يعتمد ذلك على قطر الأنبوبة ، وتثبت الأنبوبة بشرط أن يكون الطرف الأخر منها في مستوى أعلى من الطرف الأول لتجنب وجود فقاعات هوائية . يمكن التأكد من أن مدة الحجز في هذه الأنبوبة هو حوالي ١٥-١٦ ثانية عن طريق حقن محلول ملحي عند مدخل أنبوبة الحجز واستخدام ساعة توقيت وقياس التوصيل الكهربائي عند الطرف الأخر للأنبوبة ، ويحسب الوقت بالضبط الذي يحدث عنده تغير في درجة التوصيل الكهربائي ، وفي حالة انخفاضها أو زيادتها فيمكن التحكم بطول الأنبوبة ، وتتصل أنبوبة الحجز بمحرار يبين درجة الحرارة التي يخرج عليها الحليب من هذه الأنبوبة كما تتصل بمؤشر يتصل بقرص من الورق يبين عليه تسجيل درجة الحرارة التي يخرج عليها الحليب من أنبوبة الحجز .
٥. **صمام التحويل :** وهو صمام له ثلاث فتحات أولهما لدخول الحليب الوارد من أنبوبة الحجز والفتحة الثانية لخروج الحليب الذي تم تسخينه إلى الدرجة المطلوبة ٧٢ مْ /١٥ ثانية إلى المبادل الحراري أما الفتحة الثالثة فهي لخروج الحليب المرتد إلى حوض الموازنة إذ لم تصل درجة حرارته إلى ٧٢ مْ ، ويؤدي هذا الصمام عمله عن طريق هواء مضغوط يدفع حاجز للأسفل فيقفل صمام مرور الحليب المرتد ليمر الحليب المبستر إلى المبادل الحراري(حرارة الحليب ٧٢ مْ أو أعلى) وعن طريق سلك حلزوني يدفع هذا الحاجز إلى الأعلى عندما تنخفض حرارة الحليب عن ٧٢ مْ فيمتنع مرور الهواء المضغوط ليسمح بمرور الحليب إلى حوض الموازنة .
٦. **جهاز لتسجيل درجات الحرارة :** وهو يشمل تسجيل درجة حرارة الحليب عند البسترة والتحكم في صمام التحويل وتبيان اتجاه سير الحليب .

٧. **لوحة ضوابط :** وهذه تبين ضغط الهواء وضغط بخار الماء الساخن وضغط الماء الساخن وضغط ماء التبريد كما تبين حرارة الحليب المبستر وحرارة ماء التسخين وتحتوي على مفتاح لكل من مضخة التوقيت والمنقي ومضخة الماء الساخن والماء البارد .

اختبارات الحليب لمعرفة كفاءة البسترة :

١) **اختبار الفوسفاتيز :** ويجرى للحكم على تمام كفاءة البسترة ، والاساس الذي يعتمد عليه هو أنه يوجد في الحليب إنزيم يسمى الفوسفاتيز من خواصه قدرته على تحليل الاسترات الأحادية لحامض الفوسفوريك وذلك على درجة حرارة و pH مناسبين . فعند غلي الحليب يتوقف فعل هذا الإنزيم كذلك يتوقف فعله عند تسخين الحليب لدرجات حرارة أقل إذا كانت مدة التسخين كافية مثلاً ٥٣ مْ لمدة ٣٧,٥ دقيقة أو ٧٢ مْ لمدة ١٥ ثانية ، وقد أثبتت التجربة أن ميكروبات السل تموت بدرجة أسرع قليلاً من الدرجة اللازمة لإيقاف فعل إنزيم الفوسفاتيز ، ومن المعلوم أن بكتريا السل من أكثر المكروبات المرضية مقاومة للحرارة فإذن من المؤكد أن الحليب الذي لا يحتوي على إنزيم الفوسفاتيز بعد البسترة يكون خالياً من الاحياء المجهرية المرضية بكتريا السل *Mycobacterium tuberculosis* ومن أنسب الطرق لأجراء اختبار الفوسفاتيز هي طريقة Sharer والتي يلزم فيها توفر المواد الكيميائية الاتية :

أ. **محلول A :** يتكون من داي بروموكوينون Dibromoquinone في ٩٦ % كحول ويجب حفظه في مكان مظلم ، ويبقى صالح للاستعمال لمدة شهر .

ب. **محلول B :** يحضر بإذابة قرص (نصف غرام) من كاربونات الصوديوم في ١٠٠ مل من الماء المقطر ويحفظ في زجاجة محكمة ، ثم يؤخذ ١٠ مل من هذا المحلول ويوضع في أنبوبة اختبار ويذاب فيه قرص (نصف غرام) من داي صوديوم فينايل فوسفيت ، ويجب مراعات أن محلول ب ذو خواص حفظ ضعيفة ولذلك يجب تحضيره يومياً .

ج. **ماء مقطر**

طريقة العمل :

١) ضع ٠,٥ مل من عينة الحليب المراد اختباره بواسطة ماصة مدرجة سعة ٢ مل في أنبوبة اختبار .
٢) أضف ٥ مل من محلول B إلى عينة الحليب بواسطة ماصة ١٠ مل وسد الأنبوبة جيداً .
٣) ضع الأنابيب في حمام مائي بدرجة حرارة ٣٠ْم لمدة ربع ساعة .
٤) استخرج الأنابيب من الحمام المائي ثم أضف لكل أنبوبة ٦ نقط من محلول A مع خلط جميع المكونات جيداً .
٥) بعد مرور خمسة دقائق يمكن الحكم على اللون المتكون في الانابيب كما يأتي : في حالة وجود إنزيم الفوسفاتيز تتلون محتويات الانبوبة باللون الأزرق وتزداد شدة اللون الأزرق بازدياد تركيز الفوسفاتيز .

ملاحظة :

أ. يفضل عند إجراء هذا الاختبار تسخين عينة من الحليب المراد اختباره حتى الغليان وتبريدها ثم اجراء الاختبار قبل وبعد التسخين وتقارن النتائج بحيث يمكن ملاحظة أي اختلاف في اللون .

ب. إذا كانت العينات المراد اختبارها حليب خض أو لبن أو قشدة مسواة فيجب أولاً معادلة حموضتها باستعمال ٠,١ ع من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أن تصل حموضتها إلى ٠,١٥ % ثم يجرى الاختبار كما سبق .

ج. في جميع الحالات يجب تنظيف الادوات المستخدمة وكذلك نقاوة الكيميائيات ، إن استعمال مواد تنظيف تحوي على الفينول مع تخلف جزء من الفينول في الادوات المستخدمة من المحتمل أن يعطي الاختبار نتيجة ايجابية .

د. يجب مراعات أن اللعاب يحوي على إنزيم الفوسفاتيز فيجب الاحتراس عند استعمال الماصة .

ه. يعد هذا الاختبار حساس جداً فعند إضافة ١% من الحليب الخام إلى الحليب المغلي فتؤدي إلى ظهور اللون الأزرق .

٢) **اختبار الـ Storch :** يستعمل هذا الاختبار لمراقبة المعاملة الحرارية التي اجريت على الحليب بدرجات حرارة ٨٠ مْ فأعلى ، فعند خلط كمية قليلة من الحليب الخام ببضع نقط من فوق أوكسيد الهيدروجين H_2O_2 وقليل من Paraphenylen Diamine بشكل مسحوق أو محلول فيظهر غالباً في الحال لون أزرق تتوقف درجة دكانته على نسب المواد المضافة ويسمى التفاعل في هذا الاختبار بتفاعل Storch إذ يتوقف على نوع من الإنزيمات تسمى البيروكسيديز Peroxidase ويحلل هذا الأنزيم فوق أوكسيد الهيدروجين إلى ماء وأوكسجين ذري والذي يؤكسد البارافينايلين داي أمين العديم اللون إلى اللون الأزرق . ويلاحظ أن فعل الإنزيم يتوقف كلياً عند غليان الحليب أو معاملته على درجة حرارة عالية ، ويتوقف سرعة التفاعل على درجة الحرارة التي يجرى عليها وكذلك يتوقف اللون الذي يظهر بعد قليل من إضافة المركبات على نسب خلط المواد مع بعضها .

طريقة العمل :

١) ضع ٥ مل من عينة الحليب في أنبوبة اختبار وسخن إلى درجة حرارة ٢٥ مْ.
٢) أضف نقطتين من محلول بارافينايلين داي أمين المحمض بحامض الهيدروكلوريك HCl .
٣) تخلط العينة مع ٤ نقط من فوق أوكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز ٠,٥ % .

النتائج : يعطي الحليب الخام لون أزرق غامق في الحال . أما الحليب المسخن إلى ٨٠ مْ أو أعلى قليلاً فيعطي لون أزرق فاتح بعد مدة قصيرة . فيما يعطي الحليب المسخن إلى ٨٥ مْ أو أعلى نتيجة سلبية فلا يظهر أي لون واضح خلال ال ٣٠ ثانية حتى إذا كان الحليب قد سخن بسرعة جداً ودرجة الحرارة العالية كانت لمدة قصيرة .