❖ **تعريف وأهداف المعاملات الحرارية:**

البسترة Pasteurization:

وهي المعاملة الحرارية التي يتم فيها تعريض كل قطرة من قطرات اللبن لدرجات **حرارية** تختلف باختلاف نوع البسترة ويتبعا تبريد أيضا يختلف بإختلاف نوع البسترة وهي تنقسم الي ثلاث أنواع رئيسية:

1. **بسترة بطئيةBatch Pasteurization:** هي المعاملة الحرارية التي فيها يعرض اللبن لدرجة حرارة 63°م وحفظة لهذة الدرجة لمدة نصف ساعة ثم تبريدة تدريجياً الي 37°م وحفظة في مكان بارد تتراوح درجة حرارتة بين 5 – 7°م لمدة تتراوح بين 7 – 10أيام.

الهدف منها: القضاء علي إنزيم اللابييز (ميكروب السل).

تمارس البسترة البطيئة بثلاث طرق وهي:

أ. **البسترة بواسطة الزجاجات:**

هي عبارة عن زجاجات طويلة الاعناق تغمر في أحواض مزدوجة الجدارن ومصنوعة من الحديد المجلفن (غير قابل للصدأ) ثم توضع عينة اللبن المراد بسترتة داخل هذة الزجاجات ثم يتم دفع الماء الساخن في التجويف الموجود بهذة الاحواض وتستمر هذة العملية حتي تصل درجة حرارة اللبن 63°م ثم تحفظ عينة اللبن علي هذة الدرجة لمدة نصف ساعة بعدها يتم التبريد بدفع ماء بارد لتصل درجة حرارة اللبن ل37°م ثم يحول لمكان بارد وحفظة لمدة لا تتجاوز 10 أيام.

- ملحوظة:

الكميات المبسترة بهذة الطريقة تعتبر قليله جدا ولذلك لا تستخدم هذة الطريقة حالياً في المصانع.

ب. **البسترة بواسطة الاحواض vast Pasteurization :**

عبارة عن أحواض مزدوجة الجدران ومصنوعة من الحديد الغير قابل للصدأ.

توضع العينات المراد بسترتها داخل هذة الاحواض مباشرة ثم يتم دفع الماء الساخن في التجويف الموجود بهذة الاحواض وتستمر هذة العملية مع تقليب اللبن حتى تصل درجة حرارتة 63° م وتحفظ عينة اللبن في هذة الدرجة لمدة نصف ساعه ثم يتم تبريدة عن طريق دفع الماء البارد حتى تصل درجة الحرارة 37° م ثم يحول لمكان بارد ويحفظ لمدة لاتتجاوز 10 أيام والكميات المبسترة بهذة الطريقة تعتبر كبيرة مقارنة بطريقة الزجاجات لذلك قد تستخدم هذة الطريقة في نطاق المصانع الصغيرة.

ج. البسترة المستمرة **Continuous Pasteurization :**

عبارة عن سلسلة من الاحواض المزدوجة الجدران المتصلة مع بعضها البعض وتتم عملية التسخين في أحد الاحواض ثم يتم دفع الماء الساخن في التجويف الموجود بهذة الاحواض وتستمر هذة العملية حتي تصل درجة حرارة اللبن 63° م ثم تحفظ عينة اللبن علي هذة الدرجة لمدة نصف ساعة ثم يتم دفع اللبن وهو ساخن عبر فتحات صغيرة الي حوض أخر لتتم عملية التبريد عن طريق دفع الماء البارد في التجويف الموجود بهذة الاحواض وتستمر هذة العملية حتي تصل درجة حرارة اللبن 37° م بحيث تستمر هذة العملية والكميات المبسترة بهذة الطريقة تعتبر كبيرة مقارنة بطرق البسترة البطيئة الاخرى ولذلك تعتبر هذة الطريقة من أكثر طرق البسترة إستخداماً في المصانع الصغيرة .

2. **البسترة السريعة HTSTP:**

تتم البسترة بهذة الطريقة عن طريق التبادل الحراري داخل المبادلات الحرارية وهى عبارة عن إسطوانات معدنية مصنوعة من الحديد الغير قابل للصدأ في هذة الطريقة تتم الإستفادة من عمليتى التسخين والتبريد.

طريقة هذة البسترة:

1. اللبن المراد بسترتة يوضع داخل حوض يعرف بحوض الموازنة ويتم دفعة عبر فتحة صغيرة في هذا الحوض للمبادلات التى تحمل اللبن.
2. اللبن الخام المتجة لملامسة المبادلات التى تحمل الماء الساخن يواجة اللبن الذى تمت بسترتة والمتجة لاحواض التبريد وذلك ليتم تسخينة ابتدائياً.
3. اللبن المسخن إبتدائياً يتجة لملامسة المبادلات الحرارية التي تحمل الماء الساخن لذلك يتم تسخينة نهائياً.
4. اللبن المبستر نهائياً يتجة الى أحواض التبريد وقبل وصولة لهذة الاحواض يمر عبر حوض أخر يعرف بحوض الحجز ومزود بفتحتين تفتح احداهما على درجة حرارة اقل من71ْم وتسمح بمرور اللبن لحوض الموازنة لتعاد بسترتة وتفتح الفتحة الاخرى على درجة حرارة أعلى من 71ْم وتسمح بمرور اللبن باحواض التبريد يستغرق اللبن بعد تمام تسخينة فترة 15 ثانية وصل الى أحواض التبريد.

الكميات المبسترة بهذة الطريقة تعتبر كبيرة مقارنة بطرق البسترة الاخرى ولذلك تعتبر هذة الطريقة الاكثر استخداماً فى مصانع الالبان الكبيرة.

- **البسترة الخاطفة:UItrahigh temperature Pasteurization**

تتم هذة البسترة بطريقة شبيهة للبسترة االسريعة وتختلف عنها فقط في أن المبادلات الحرارية التى تحمل الماء الساخن تتعرض لضغط للمساعدة فى توصيل درجة حرارة اللبن لتصل لمدى يتراوح بين 81ْم – 85ْم وزمن تعريض يترواح بين 3 – 5 ثوانى.

أثر البسترة على اللبن:

1. إنخفاض حموضة اللبن.

2. الفقد فى القيمة الغذائية.
3. الترسيب لايونات الكاليسوم ويلاحظ ذلك بوضوح فى عملية التجبن بين اللبن الخام والمبستر حيث يلاحظ سرعة التجبن في اللبن الخام وهذا ما تناولتة هذة الدراسة.
4. الترسيب الجزئي لبروتينات الشرش التى تمتاز بخاصية مسك الماء مما يساعد فى إختصار الزمن اللازم لصناعة الجبنة الجافة.
5. الإنطلاق الجزئي لمجاميع الsh سلفاهايدريت التى تنتطلق من الاحماض الامينة المحتوية على الكبريت وتعمل كحمضيات لعملية الاكسدة ولذلك يظهر اللبن المبستر اكثر مقاومة لظهور الطعم المتاكسد عند مقارنة باللبن الخام.

(اللبن والتقنية البسيطة لإعداد وتصنيع منتجاتة:د.أحمد خليل سليمان1998 جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا)

2- **التعقيم Striation**:

تستطيع الكثير من المجموعات وخصوصا المكونة للجراثيم والمنتجة لانواع الكولستريوم والباسلاس ان تنمو وتتكاثر على درجات حرارة البسترة وبهذا تكون البستره معامل حرارى غير فعال عند تلف اللبن بهذة المجموعات لذلك يتم معاملة اللبن حرارياً عن طريق التعقيم.

ويعرف التعقيم على أنة المعاملة الحرارية التى يتم فيها تعريض اللبن لدرجة حرارة تتروح بين 105 – 108 ْم ثم تبريدة لـ37 ْم للقضاء على مكونات الجراثيم.

❖ طرق التعقيم:

يتم بثلاث طرق رئيسية :

أ. **طريقة الزجاجات :** وهى مشابهة لزجاجات البسترة تغمر زجاجات مزدوجة الجدران مغطاة بغطاء محكم معدنى الصنع ثم يتم دفع الماء الساخن فى

التجويف الموجود فى هذة الاحواض تحت ضغط تدريجى حتى تصل درجة حرارة الماء داخل الاحواض الى 105°م ويتم تثبيت الضغط وتستمر عملية دفع الماء الساخن تحت هذا الضغط الثابت حتى تصل درجة حرارة اللبن الى 108°م وتضغط عينة اللبن على هذة الدرجة لمدة ساعة كاملة ثم تتم عملية التبريد عن طريق دفع الماء البارد حتى تصل درجة حرارة اللبن 37°م واللبن المعقم بهذة الطريقة يتم حفظة لمدة مابين 7 الي 10 أيام وتعتبر الكميات المنتجة منه قليلة لذلك لاتستخدم هذة الطريقة بمصانع الالبان.

ب. **التعقيم بواسطة الاحواض:** وهى عبارة عن أحواض مزدوجة الجدران مزودة بمقلبات ومغطاة بغطاء محكم معدنى الصنع توضع عينة اللبن المراد تعقيمها داخل الاحواض مباشرة ثم يتم دفع الماء الساخن فى التجويف الموجود فى هذا الحوض تحت ضغط عالى جداً وبصورة فجائية حتى تصل درجة حرارة اللبن 135°م وتحفظ عينة اللبن على هذة الدرجة لمدة تتراوح بين 3 – 5 ثواني بعدها يخفض الضغط تدريجياً حتى تصل درجة حرارة اللبن 120°م وتحفظ لمدة 10 دقائق بعدها تتم عملية التبريد عبر دفع الماء البارد حتى تصل درجة حرارة اللبن 37°م ويمكن حفظ اللبن بهذة الطريقة لمدة تصل ثلاثة أشهر وهي كميات كبيرة مقارنة بطريقة الزجاجات وتستخدم فى مصانع الالبان الصغيرة.

2. التعقيم بواسطة الابراج:

عبارة عن أربعة أبراج رئيسية تتم فيها عمليتى التسخين والتبريد وذلك عن طريق التبادل الحراري داخل المبادلات الحرارية جميع المبادلات التى تحمل الماء الساخن تتعرض لضغط ثم تسخين اللبن إبتدائياً ل 90°م فى البرج الاول ثم ينتقل تلقائياً الي البرج الثاني عبر فتحة ويتم تسخينة ل120°م ويحفظ علي هذة الدرجة لمدة 20 دقيقة ثم ينتقل عبر فتحة يدوية للبرج الثالث ويتم تبريدة ابتدائياً الى 90°م فى القسم الاول من هذا البرج وينتقل تلقائياًعبر فتحة الى القسم الثانى من البرج وتبريدة ل68°م ثم ينتقل عبر فتحة تلقائية الى البرج الرابع حيث يبرد الي 49°م فى القسم الاول من هذا

البرج ثم عبر فتحة تلقائية ينتقل للقسم الثاني الذي يتم فية التبريد الي 37°م وتستغرق هذة العملية حوالي 80 دقيقة.

والكميات المعقمة بهذة الطريقة تتطول فترة حفظها حتى تصل 6 أشهر وهى الطريقة المستخدمة فى المصانع الكبيرة.

3. التعقيم عبر منقيات خاصة:

اللبن المعقم بهذة الطريقة هو اللبن الفرز حيث يتم تعريض اللبن الفرز لعملية طرد مركزي تصل سرعتها الدورانية ل 1200 دورة فى الدقيقة ونتيجة للاختلاف فى الكثافة النوعية بين المجهريات ومكونات اللبن يتم طرد جميع المجهريات بعيدا عن مركز الدوران وتتجمع في شكل طبقة هلامية يمكن إزالتها تاركة عينة اللبن خالية تماماً من المجهريات.

يعاب علي هذة الطريقة وجود إنزيم اللايبيز نشط والذى يستطيع أن يهاجم القدر الضئيل من الدهن ويظهر الطعم المتزنخ خاصة وإن تم تخزين عينات اللبن لفترة زمنية طويلة.

لذلك تستخدم هذة الطريقة للاغراض التجارية والابحاث العلمية فقط

- أثار عملية التعقيم :

1. زيادة الحموضة حيث يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وتقل الحموضة في هذا الإتجاة وتحدث بعض التفاعلات الداخلية وينتهي بتكون بعض الأحماض العضوية وتزداد الحموضة في هذا الإتجاة والاثر الناتج من تكوين هذة الاحماض أكبر من فقد غاز CO_2 ولذلك تصبح المحصلة النهائية هي زيادة حموضة اللبن المعقم.
2. الفقد الكبير في القيمة الغذائية حيث تتعرض الفيتامينات الذائبة في الماء لنسبة فقد تتراوح بين 50 – 80% كما تتعرض مجموعة ب

المركبة B− complex لدرجات فقد كبيرة تختلف بإختلاف نوع الفيتامين وأيضاً تتأثر الفيتامينات الذائبة فى الدهون بعملية التعقيم وهي ADEk

3. الترسيب الشبة كلي لايونات لكالسيوم$Ca+_2$ حيث تترسب بصورة كبيرة وتلاحظ بوضوح عند مقارنة الزمن اللازم لاتمام عملية التجبن بين اللبن الخام والمبستر والمعقم حيث يلاحظ طول الزمن اللازم فى حالة اللبن المعقم.
4. الترسيب الشبة كلي لبروتينات الشرش حيث تترسب بدرجة تؤدي لزيادة الناتج النهائي وتحسين صفاتة التكنولوجية عند صناعة الجبنة الجافة من اللبن المعقم والمجفف المعاد ذوبانة بعد معالجتها بإضافة كلوريد الكالسيوم $Cacl_2$ بنسبة لاتتجاوز 0.2% − 0.3% علي التوالي.
5. الإنطلاق الكلي لمجاميع sh حيث تنطلق هذة المجاميع عند تعقيم اللبن ولذلك يكون اللبن المعقم أكثر مقاومة لظهور الطعم المتأكسد عند مقارنتة باللبن المبستر والخام.
6. ظهور الطعم البني وذلك لإحتراق الجزئ لسكر اللاكتوز نتيجة للعملية الحرارية العالية.
7. ظهور بعض الطعوم الغريبة وذلك لتكون مركبات Fuxfuxal نتيجة لإتحاد مجموعة الالدهيد CHO الحرة في سكر اللاكتوز مع مجاميع الأمين الطرفية في الاحماض الامينية.

3.الغلي:

وهو من أكثر الطرق إنتشاراً فى الدول العربية للتخلص من الميكروبات وإطالة مدة حفظة حيث إذا تمت عملية الغليان بالصورة السليمة فإن اللبن يكون خالي من الميكروبات المرضية حيث أنها لاتقاوم درجات الحرارة العالية والفترة الزمنية التي يتعرض فيها اللبن للغليان تؤثر علي خواص اللبن كظهور الطعم المطبوخ واصفرار الحليب لذلك يجب إتباع النصائح الاتية عند عملية الغلي

- يغلي اللبن بمجرد شرائة وفي نفس الوعاء الذي اشترى فية ويفضل ان يتم التسخين بحمام مائي.
- التقليب المستمر للحليب وخصوصاً قرب الغليان وذلك لتخلط الرغوة جيداً.
- يحفظ الحليب بعد الغلي في الثلاجة او مكان بارد نسبياً.
- يسخن اللبن بهدؤ وتجنب التسخين الشديد.

4. التجفيف:

وهي من منتجات الحليب التى تتركز فيها المواد الصلبة حيث يتبخر غالبية المحتوى المائى للحليب الكامل الدسم او المنزوع الدسم جزئياً أو مشتقات الحليب(شرش،حليب) ويجب أن لاتزيد نسبة الرطوبة عن 2 – 5 % في المنتج المجفف وتصنع المنتجات اللبنية المجففة بإزالة ما بها من ماء بالطريقة الحرارية أو غير الحرارية كما هو الحال بتجميد الحليب وتفصل بلورات الثلج عن المواد الصلبة الحليبية بواسطة قوة الطرد المركزي أو تبخر الماء من المنتوج مايسمي بالتجفيف عند التجميد ولاتستخدم هذة الطريقة تجارياً لانها غير إقتصادية.

- طريقة صناعة الحليب المجفف:

لصناعة الحليب المجفف يجب أن يكون الحليب في أعلى درجة تركيز ممكنة في الغالب بدرجة 1 – 5 و 3 أو 1 – 4 أي نسبة المواد الصلبة الكلية فية 40 – 48%من ثم القيام بالتجفيف علي النحو التالي:

1. تجهيز وإعداد الحليب.

2. التسخين.
3. التكثيف.
4. التجفيف.
5. التبريد.
6. التعبئة والتخزين.

- حيث إن عملية تكثيف الحليب تحقق أغراض عديدة منها:

- تقليل الوقت اللازم للتجفيف حيث يفقد اللبن مقدار 80% من رطوبتة في التكثيف.
- إقتصادية عملية بالتكثيف.
- تحتوي دقائق الحليب المجففة علي كميات أقل من الهواء وتقلل تأكسد المادة الدهنية.

الطرق المستعملة في تجفيف الحليب:-

1. طريقة المجففات الإسطوانية.
2. طريقة المجففات الرزازية.

❖ المجففات الاسطوانية Rollex drier:

تعتمد هذة الطريقة علي أساس تعريض الحليب بهيئة غشاء أو طبقة رقيقة لأسطح معدنية اسطوانية الشكل تدور حول محورها تسخن من الداخل لدرجة حرارة من 120 – 149مْ بواسطة الماء الساخن وتزال طبقة الحليب المجففة اتوماتيكيا بواسطة مادة السكيت بحيث يسقط الحليب المجفف علي هيئة شرائح أو قشور رقيقة في أواني خاصة يحمل بعدها إلي أجهزة الطحن بعد أن يبرد .

❖ أجهزة النقل ومميزاتها:

تعتبر أقل تكلفة من أجهزة التجفيف إضافة الى أنة يمكن إستخدام درجات حرارة عالية جدا تساعد علي قتل الإحياء المجهريه التي توجد في الحليب المراد تجفيفة ولذلك تطول مدة حفظة.

❖ العيوب:-

مواصفات الحليب الناتج من هذة الطريقة أقل جودة لانة نتيجة التغيرات التي تحدث علي طبيعة البروتين بتأثير درجة الحرارة العالية.

❖ طريقة المجففات الرازازية:-

تعتمد علي تعريض الحليب بهئية رقائق صغيرة (رازاز) كي يلامس تيار الهواء الساخن ووجود الحليب علي هيئة قطرات صغيرة يترواح قطرها بمقدار 501 – 502 ملم يعمل علي زيادة الساق زيادة السطحية المعرضة للتبخر وتسهيل عملية فقد الرطوبة تجعل الهواء الساخن بدرجة حرارة 140 – 170 مْ وترسب رقائق الحليب منفصلة علي الجوانب وقاع برج التجفيف وتكون أحجامها باقطار تتراوح بين 20 – 40 ميكرون بينما يخرج الهواء البارد المشبع بالرطوبة الخارج يقارب 56 – 85مْ عادة تتم تنقية الهواء خاصة قبل دخولة برج التجفيف وتبخير 1كجم من ماء الحليب المراد تجفيفة يلزم ما يقارب 90 متر مكعب من الهواء الساخن أو حوالي 2.5 كجم من بخار تسخين الهواء وهذا يساوي ضعف الطاقة المستهلكة للتجفيف بالطريقة الإسطوانية.

للهواء في المجففات الرزازية ثلاث وظائف:-

1. مصدر حراري لتجهيز الطاقة الحرارية اللازمة لقطرات الحليب المراد تجفيفة وتحويل مابهما من ماء الي بخار كجم واحد تبخر من ماء الحليب ليستهلك مقدار 1500 – 1600 سعرة حرارية.
2. يحل بخار الماء الناتج من تجفيف الحليب الي خارج برج التجفيف.
3. يلعب دور في نقل رقائق الحليب المجففة وأيضا هنالك طرق اخرى للتجفيف

مثل:-

أ. طريقة التجفيف بالفقاعاتFoomspxay Dxing:

إستعملت هذة الطريقة عام 1955 من قبل العالم الامريكي Sinnamon حيث تم تجفيف الحليب بعد تحويلة الي فقاعات(رغوة ذبدة Foam) لزيادة المساحة السطحية المتعرضة للتجفيف وهذة الطريقة تساعد في الحصول علي رقائق حليبية جافة ذات قوام إسفنجي (ذو مسامية عالية) يساعد علي تحسين قابلية الذوبان للمنتج المجفف يتم تحويل الحليب المكثف المراد تجفيفة بفتح النواتج من الغازات مثل co2 أو No2 ومن ثم توضع تحت ضغط عالي للتجفيف فتكون فقاعات تتكسر.

ب.طريقة التجفيف بالتجميدFxeeze Dxing

يتم تجفيف الحليب بهذة الطريقة علي درجات حرارة منخفضة جدا(اقل من صفر مْ) وضغط الجو المنخفض.

عيوبها:-

غير إقتصادية لإرتفاع تكلفتها.

ج. طريقة بيرس للتجفيفBjrstray Drying

تعتمد علي تجفيف الحليب علي درجات منخفضة لا تتجاوز 18 – 30 مْ إلا أن وقت التجفيف يكون طويل نسبيا حوالي 90 ثانية لهذا الغرض تستخدم مجففات بيرسل وفيها يسقط الحليب في حالة قطرات من القمة ليلتقي بهواء مدفوع من اسفل لا تتجاوز درجة حرارتة المذكورة أعلاة وكمية البخار المستخدم لتسخين الهواء بهذة الطريقة تكن 102 – 108 كجم لكل 1كجم ماء فيجفف وتزال رطوبتة ويعاد استخدامة مرة ثانية لتجفيف الحليب.

مميزاتة:

يقلل من تاثير الحرارة العالية لهواء التسخين علي مكونات الحليب المجفف.

❖ إن الحليب بعد تمام تجفيفة بأي طريقة تجفيف مناسبة يبرد الى درجة حرارة 32 – 42 مْ ويتم التبريد بالطريقة المباشرة بإمرار الهواء البارد علي الحليب المجفف أو غير المباشرة (المعاملات الحرارية في مصانع الالبان:تأليف أ. د.عبدالله محمد جعفر)