الفصل الثالث

المعاملات التكنولوجية للبن الخام

Technological treatments of raw milk

عرف الإنسان استهلاك اللبن الخام منذ زمن بعيد وهو النوع السائد للاستهلاك في بعض البلدان الفقيرة ويشترط في اللبن الخام Raw milk أن يكون نظيفا خاليا من الشوائب المرئية طبيعيا في طعمه وقوامه ولونه ورائحته أن يكون ناتج من ماشية سليمة خالية من الأمراض ويراعي في إنتاجه ونقله إلي المصنع الاشتراطات الصحية كما يجب أن يكون اللبن طبيعيا في تركيبه الكيماوي.

وهناك نوع أخر من اللبن الخام يسمي اللبن الخام المرخص Certified raw milk وهو اللبن الخام الذي يباع تجاريا بمكوناته الطبيعية وهو غير معامل حراريا وينتج تحت سيطرة ومراقبة هيئات الرقابة علي الأغذية بحيث تتوافر في إنتاجه معايير معينة تتعلق بصحة الحيوانات والأشخاص نظافة الحظائر والأواني عملية التعبئة والتوزيع ويجب أن لا تزيد عدد البكتيريا في هذا النوع من اللبن عن 10000 خلية/مل لبن وأن يكون اللبن خالي من بكتريا القولون ويمكن استهلاك اللبن المرخص بدون تعريضه للمعاملات الحرارية وذلك لضمان صلاحيته للاستهلاك من النواحي الصحية والغذائية.

ويجب أن يطابق اللبن الخام المواصفات القياسية التي تصدرها هيئات المواصفات والمقاييس العالمية أو المحلية حيث أنه يرفض استلام اللبن غير المطابق لهذه المواصفات وتشمل مواصفات جودة اللبن الخام ما يلي:

(1) ألا تقل نسبة الدهن في اللبن الخام عن 3%
(2) ألا تقل نسبة البروتين في اللبن عن 2,8%
(3) ألا يزيد المحتوي الميكروبي في اللبن عن 100000 خلية/ مل لبن
(4) ألا يزيد محتوي الخلايا الجسمية في اللبن عن 40000 خلية/ مل لبن
(5) أن تكون نقطة تجميد اللبن 0,052^{5}م أو أقل
(6) ألا يقل الوزن النوعي للبن عن 1,028
(7) عدم وجود بكتيريا Staphylococcus aureus

وأول خطوة للمحافظة علي جودة اللبن يجب أن تبدأ في المزرعة حيث أن تلوث اللبن بالشوائب المرئية دليل علي الإهمال عند إنتاج اللبن الخام في المزرعة وعدم مراعاة الشروط الصحية في عملية الحلابة أو أثناء تداول اللبن في المزرعة وتعتبر الشوائب التي تصل إلي اللبن مصدرا للتلوث بالميكروبات فوجود كميات ولو قليلة من الشوائب يزيد من عدد الميكروبات في اللبن الخام الناتج.

ولكي يكون اللبن الخام نظيفا وخاليا من الشوائب المرائية والغير مرائية يجب أن تجري عملية تصفية للبن الخام بعد حلبة مباشرة في المزرعة وكذلك تجري في المصنع بعد استلامه والغرض منها هو التخلص من القاذورات والشوائب المرئية التي وصلت إلي اللبن أثناء عملية الحلابة مثل شعر الحيوان – القش – العلائق والأتربة وخلافه.

ويستعمل في عملية تصفية اللبن الخام قماش أو شاش ذو فتحات ضيقة لحجز أكبر قدر من الشوائب والقاذورات وفي نفس الوقت لا تعوق مرور اللبن وفي أحيان أخرى تستعمل مصفاة

معدنية أقرب في شكلها بالمخروط الناقص مفتوح الفوهة والقاعدة وله مقبضان حتي يمكن رفعة والارتكاز علي قسط اللبن أو علي وعاء التبريد ويثبت بداخلها قرب القاعدة من أسفل قرص من القطن وعادة يستخدم القرص القطني مرة واحدة فقط وذلك لاستحالة تنظيفه واستعماله مرة ثانية أما القماش فيمكن استعماله أكثر من مرة ولذلك فإن استعمال القطن أحسن من استعمال القماش وذلك من الناحية البكتيريولوجية أمام من الناحية الاقتصادية فيفضل القماش وتقوم معظم مصانع الألبان باستعمال مصافي من الشاش الثقيل مركبة علي براويز خشبية وموضوعة علي أحواض استلام اللبن في المصنع ويجب أن تجري عملية التصفية للبن بعد عملية الحلابة مباشرة واللبن دافئ بغرض:

1) سهولة عملية التصفية لأن اللبن الدافئ يكون أقل لزوجة وأسهل مرورا في وسط التصفية عن اللبن البارد
2) لا تتكون علي سطح اللبن طبقة من القشدة والتي يحجز بعضها فوق وسط التصفية وخلال ثقوبه مما يعطل من عملية التصفية
3) لا تعطي فرصة لذوبان القاذورات في اللبن وانطلاق محتوياتها البكتيرية فيه

وقد وجد أن عملية التصفية ليس لها أثر يذكر علي خفض عدد الميكروبات الموجودة في اللبن بل قد يحدث العكس إذا كان الوسط ملوثا كما أن ليس لها تأثير يذكر علي التركيب الكيماوي للبن حيث أن حبيبات الدهن أصغر بدرجة واضحة من ثقوب وسط التصفية وبذلك تمر خلالها بسهولة ما لم تتجمع هذه الحبيبات علي شكل طبقة قشدة ولكن مما سبق نستخلص أن كل ما تؤديه عملية التصفية هو تحسين مظهر اللبن الخام ويصل اللبن الخام عادة إلي مصانع الألبان أما من مزارع الإنتاج مباشرة أو من مراكز تجميع اللبن مبردا وذلك عندما تكون مزارع الإنتاج بعيدة عن المصنع ويتم استلام اللبن في المصنع وتقييم جودة الخام للأغراض التالية:

(1) معرفة إذا كان اللبن قد تم إنتاجه تحت ظروف صحية وقياسية أم لا
(2) رفض اللبن الفاسد أو الغير مطابق للمواصفات القياسية
(3) تصنيف اللبن الخام الوارد كأساس لتقدير سعره واستعماله في تصنيع المنتجات المختلفة
(4) اختيار اللبن المناسب لتحضير البادئات إنتاج منتجات معينة

وبمجرد وصول اللبن إلي قسم الاستلام في المصنع يجري عليه معظم الاختبارات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية (سبق شرحها في الباب الثاني) وبعد قبول اللبن الخام في المصنع يحفظ علي درجة حرارة منخفضة 54م في تنكات التخزين حتي يتم إجراء بعض المعاملات التكنولوجية المختلفة عليه وأهم هذه المعاملات هي:

(1) ترشيح وتنقية اللبن:Filtration and clarification of milk:

وعادة تجري بعض العمليات للبن الخام قبل تصنيعه في صالة خاصة بالمصنع والتي تكون مجهزة بجميع الأجهزة اللازمة لإنتاج منتجات لبنية علي درجة عالية من الجودة وعند وصول اللبن إلي المصنع تجري عليه عمليتان هامتان بعد استلامه هما الترشيح والتنقية بغرض تنقية اللبن من الشوائب الدقيقة وتعتبر كل منهما استكمالا لعملية التصفية التي تمت في المزرعة والغرض من العمليتين هو التخلص من الشوائب الدقيقة التي تكون قد مرت خلال ثقوب المصافي أو قماش التصفية كالأتربة والروث وتكون هذه الشوائب والقاذورات محملة بكثير من البكتيريا التي يؤدي وجودها إلي سرعة تلف اللبن ويمكن إجراء عملية تنقية اللبن عند درجات حرارة منخفضة (4-

12^{5}م) أو عند درجات حرارة دافئة (52-58^{5}م) ولا ينصح باستخدام درجات حرارة بين 15-50^{5} م بسبب حدوث تحطيم لحبيبات الدهن نتيجة الجهد الميكانيكي الواقع عليها وزيادة نشاط إنزيم الليبيز.

وتعتبر عملية تنقية اللبن الخام ضرورية جدا إلي درجة أنها مطلوبة قانونيا في مصانع الألبان وذلك للتخلص من الشوائب المرئية الموجودة في اللبن كما أنها تقلل عدد الكائنات الحية الدقيقة في اللبن الخام ولكن عملية التنقية ليست كافية لحفظ اللبن من الفساد وليست بديلا للمعاملات الحرارية ولذلك يجب معاملة اللبن حراريا للقضاء علي الكائنات الحية الدقيقة الممرضة وكذلك البكتيريا المسببة لفساد اللبن ومنتجاته ويجب إجراء عملية تنقية اللبن عند درجات حرارة دافئة فقط وذلك بهدف إزالة الشوائب والبكتيريا في نفس الوقت وعادة تبدأ عملية تنقية اللبن الخام بواسطة مصافي (مرشحات) مثبتة فوق ميزان وزن اللبن أو خلال مروره بمصافي أنبوبية موجودة داخل أنابيب ضخ اللبن من قسم الاستلام إلي قسم التصنيع وبهذه الطريقة يمكن إزالة الشوائب الكبيرة فقط أما الشوائب الصغيرة غير المرئية يتم التخلص منها باستخدام طرق أخري هي:

(1) تنقية اللبن بواسطة المرشحات**Purification of milk by filters**:

يجري ترشيح اللبن بغرض التخلص من القاذورات المرئية التي لم يتم التخلص منها بواسطة التصفية ويجب أن يتم الترشيح واللبن باردا أو دافئا ويفضل الترشيح علي البارد حيث يقل ذوبان القاذورات التي تتساقط مع اللبن ويستعمل في ترشيح اللبن أجهزة محكمة القفل تعرف بالمرشحات ويتكون المرشح من جسم مصنع من الصلب غير قابل للصدأ يوضع به مرشح علي شكل كيس مصنوع من قماش النايلون ذو حجم ثقوب صغيرة ومغطي بغطاء محكم حيث يمر اللبن داخل المرشح من أعلي إلي أسفل كما يجب تنظيف كيس المرشح بعد حوالي 3-4 ساعات من التشغيل ومن مميزات هذا النظام هو سهولة تركيب المرشح وتشغيله وانخفاض الطاقة اللازمة لعملية التشغيل لكن من عيوبه انخفاض الكفاءة ووجود بقايا اللبن لعدة ساعات في المرشح والتي تعتبر بيئة مناسبة لنمو الميكروبات ومصدرا لتلوث اللبن بعدد كبير من الميكروبات.

(2) تنقية اللبن بواسطة المنقيات**Purification of milk by clarifiers:**

الغرض من عملية تنقية اللبن هو فصل الشوائب غير المرئية والتي لم يتم التخلص منها بواسطة تصفية أو ترشيح اللبن كما تعمل التنقية أيضا علي إزالة الخلايا الطلانية وكرات الدم الموجودة في اللبن وتتم هذه العملية بواسطة الطرد المركزي باستخدام جهاز خاص يعرف بالمنقي Clarifier ويعتمد فصل الشوائب غير المرئية من اللبن باستخدام المنقيات علي قوة الطرد المركزي حيث يتم فصل الشوائب الدقيقة ذات الأحجام الصغيرة (4-5 ميكرون) والكثافة العالية بالمقارنة بمكونات اللبن وتعتمد كفاءة عملية التنقية علي نوع جهاز الطرد المركزي المستخدم ولذلك يجب التفرقة ما بين أجهزة فصل دهن اللبن (الفرازاتSeparators) المنقيات Clarifiers وأجهزة الطرد المركزي الخاصة بفصل البكتيريا Bacterial centrifuges وعادة تستخدم الفرازات في مصانع الألبان بغرض تنقية اللبن وفصل القشدة منه في عملية واحدة لكن تنقية اللبن بواسطة المنقي تكون أكثر كفاءة عما هو الحال عند استخدام الفراز وتتم عملية تنقية اللبن في مخروط المنقي الذي يحتوي بداخله علي عدد من الأطباق يتراوح ما بين 10-20 طبق ولا يوجد ثقوب في الأطباق بل يوجد علي سطح كل منها عدد من النتوات يتراوح ما بين 6-12 وبسمك من 1-3 مم ما

عدا الطبق العلوي وذلك لتكوين مسافات بيئية بين الأطباق وبعضها حيث يمر اللبن من خلالها أثناء دوران المخروط.

والمنقي هو جهاز يشبه الفراز الذي يستخدم في فصل القشدة غير أنه يختلف عنه فيما يلي:

1- تكوين الأطباق المخروطية الموجودة في جهاز التنقية أقصر في طولها من أطباق الفراز حتي تترك مسافة أكبر في المخروط لاستقبال الشوائب المفصولة من اللبن
2- عدم وجود ثقوب في أطباق مخروط المنقي كما هو في أطباق الفراز
3- توجد فتحة واحدة في المخروط لخروج اللبن الكامل بدلا من وجود فتحتين لخروج القشدة واللبن الفرز كما هو موجود في الفراز
4- يدخل اللبن إلي المخروط من نقطة قريبة من الحلقة الخارجية للصفائح المخروطة ثم يتجه اللبن بين هذه الصفائح إلي الداخل نحو محور المخروط ثم إلي أعلا نحو فتحة المخروط وبذلك تطرد الشوائب بقوة الطرد المركزي إلي الخارج مع عدم فصل الدهن عن اللبن
5- سرعة دوران مخروط المنقي أقل بكثير من سرعة دوران مخروط الفراز إذ تبلغ سرعة دوران مخروط الفراز حوالي 6000 دورة/ الدقيقة بينما سرعة دوران المنقي تكون أقل فتساعد علي عدم فصل الدهن من اللبن

ويفضل إجراء عملية التنقية علي درجات حرارة تتراوح ما بين 40-50^{5}م لأن ارتفاع درجة حرارة اللبن تؤدي إلي تفتيت حبيبات الدهن المتجمعة ويقل حجمها الأصلي ويؤدي ذلك إلي نقص طبقة القشدة التي تتكون فوق سطح اللبن بينما تؤدي تدفئة اللبن إلي نقص في لزوجته وسهولة مروره خلال المرشح وتؤدي عملية تنقية اللبن إلي فائدة عظيمة وهي إزالة الأتربة والقاذورات والكائنات الدقيقة التي تكون قد وصلت إلي اللبن أثناء إنتاجه أو نقله أو تداوله حيث تتجمع كل هذه المواد فيما يسمي بوحل المنقي Slime.

ويتكون وحل المنقي من بروتين اللبن والخلايا البيضاء وأجزاء من الخلايا الإفرازية من الضرع والدهن وفوسفات الكالسيوم والرماد وكمية كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة وحويصلات دموية حمراء وكذلك روث الحيوان وتتأثر كمية وحل المنقي بكمية المواد الغريبة التي وصلت إلي اللبن وحالة الضرع وموسم الإدرار وعدد البكتيريا وحموضة اللبن ودرجة الحرارة اللبن أثناء عملية التنقية وسرعة المنقي إذ تؤدي طول مدة تشغيل الجهاز إلي تكوين وحل مضغوط وأكثر جفافا كما تؤدي إصابة الحيوان بمرض التهاب الضرع إلي زيادة كمية الوحل والتي تزداد أيضا في أول مواسم الحليب وفي نهايتها وعموما تعتبر عملية التنقية عملية ضرورية بل أساسية في حالة إنتاج اللبن الخام وخاصة في الدول النامية حيث يمكن باستعمالها التغلب علي الإهمال أو عدم العناية أو الاهتمام بإنتاج اللبن في المزرعة.

وصممت حديثا منقيات تعرف بالمنقيات ذاتية التنظيف Self-Cleaning حيث يتم فيها التخلص من الوحل في صورة سائلة وبصورة دورية أثناء عملية التشغيل ولكن قد يحدث فقد في كمية اللبن يتراوح ما بين 0,05-1% ويتم وضع المنقي في المصنع في أي مكان من الأماكن التالية:

1) بين تنكات استلام اللبن وتنكات الحفظ
2) بين تنكات الحفظ وجهاز البسترة
3) بين منطقة التسخين المبدئي (التبادل الحراري) ومنطقة التسخين النهائي في جهاز البسترة السريعة

(3) فصل البكتيريا بالطرد المركزي **Centrifugal separation of bacteria:**

تتطلب بعض صناعات الألبان مثل صناعة الجبن طريقة لخفض أعداد البكتيريا في اللبن بنسبة قد تصل إلي حوالي 99% بغرض ضمان إنتاج جبن علي درجة عالية من الجودة حيث أن المعاملة الحرارية للبن المعد لصناعة الجبن تخفض من محصول الجبن الناتج وأيضا لها تأثير عكسي علي وقت تجبن اللبن بالمنفحة ولكن يمكن فصل البكتيريا بالطرد المركزي وهي عملية الغرض منها فصل أكبر جزء من الخلايا البكتيرية الموجودة في اللبن باستعمال جهاز خاص يسمي المنقي ولكن يختلف عن المنقي فيما يلي:

1) تبلغ سرعته حوالي 9000-10000 دورة / الدقيقة
2) يحتوي مخروطه المستعمل علي ثقوب دقيقة يبلغ قطرها 0,3 ملليمتر في حين يحتوي مخروط المنقي علي مثل هذه الثقوب.
3) يكون معزولا عن الهواء حتي يسمح تركيبه بتكوين أقل ما يمكن من الرغوة

ونظرية هذه الطريقة مبنية علي أساس فصل البكتيريا والخلايا بالطرد المركزي نظرا لاختلاف كثافتها عن كثافة اللبن حيث أن كثافة اللبن تكون 1,033 بينما كثافة البكتيريا والخلايا تكون 1,07 -1,13 وفي إحدى البحوث لوحظ أنه بإجراء عملية Bactifugation أمكن التخلص من حوالي 90% من أعداد البكتيريا الموجودة في اللبن غير أن هذه العملية لم تؤدي إلي فصل الفيروسات أو التوكسينات التي قد توجد في اللبن الخام.

(2) فرز اللبن **Separation of milk:**

يعتبر دهن اللبن من الناحية الاقتصادية من أهم مكونات اللبن حيث يستخدم في تصنيع منتجات ألبان عالية القيمة الغذائية ولهذا فإن تعديل نسبة الدهن في اللبن السائل ومنتجاته تعتبر من الطرق المصرح بها وتجري في مصانع الألبان المنتشرة في جميع بلدان العالم.

الغرض الأساسي من فصل القشدة من اللبن هو:

1) تجميع دهن اللبن بدرجة أكثر تركيزا حتي يسهل معه إجراء عملية الخض Churning للحصول علي الزبد كناتج أساسي واللبن الخض كناتج ثانوي أو استهلاك القشدة مباشرة
2) الحصول علي لبن منزوع الدسم (لن فرز) لخدمة متطلبات المستهلك
3) تعديل نسبة الدهن في اللبن السائل (اللبن المبستر والمعقم) بغرض إنتاج لبن موحد في نسبة الدهن علي مدار العام

وتعتمد عملية فصل القشدة من اللبن الخام علي أساس اختلاف الكثافة حيث أن كثافة دهن اللبن (0,93 جم/ سم2) تكون أقل من كثافة اللبن الفرز (1,036 جم/ سم2) وبالتالي يمكن فصل القشدة من اللبن بطريقتين هما:

(1) طريقة الجاذبية الأرضية **Gravity force method:**

عند وضع اللبن في الشوالي أو المتارد وتركه ساكنا لفترة تصل 72 ساعة فإن مكونات اللبن (الأكثر في الكثافة) تتعرض لقوة جاذبية أرضية تزيد عن التي يتعرض لها الدهن (الأقل في الكثافة) وبالتالي تنجذب مكونات اللبن اللادهنية بقوة إلي أسفل بينما الدهن يطفو علي سطح اللبن مكونا طبقة من القشدة يسهل فصلها عن اللبن الرائب المتخثر (المتجبن) وفصل القشدة بطريقة الترقيد في المتارد أو الشوالي هي الطريقة الشائعة في الريف المصري والمترد أو الشالية عبارة عن أنية مصنوعة من الفخار تسع حوالي 5 كيلو جرام من اللبن أو تقل عن ذلك وتجري علي

الشوالي أو المتارد الحديثة حيث تكون مسامية الجدران مما يؤدي إلي تسرب اللبن منها ولسد المسام يؤخذ المترد أو الشالية ويدعك من الداخل والخارج باللبن ويترك في الشمس من 12 إلي 24 ساعة ثم يغسل غسلا هينا لإزالة الرايب المترسب في القاع وبعدها يسمط المترد في الفرن وبذلك تتكون علية جدار من بروتين اللبن يجعله غير مسامي ويصبح بذلك جاهز للاستعمال في فصل القشدة.

ويجب أن تتوافر في مكان الترقيد عدة اشتراطات هي:

1- يجب أن يكون المكان نظيف خالي من الروائح الغير مرغوبة وبعيدا عن التيارات الهوائية والأتربة
2- درجة حرارة مناسبة لنوع اللبن المرقد في الشوالي حيث تكون 5-10^{5}م للبن البقري 15-22^{5}م للبن الجاموسي حيث أن انخفاض درجة الحرارة عن ذلك يؤدي إلي زيادة لزوجة اللبن مما يؤدي إلي انخفاض سرعة صعود الحبيبات الدهنية إلي السطح ويلاحظ أن بطء صعود حبيبات الدهن إلي السطح نتيجة لانخفاض درجات الحرارة يؤدي إلي ظهور عدة عيوب بالقشدة الناتجة مثل المرارة ونمو الفطريات أيضا ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلي نشاط بكتيريا حمض اللاكتيك فيتعرض اللبن للتجبن قبل تمام صعود القشدة إلي السطح وفي العادة يتم ترقيد اللبن في مصر في شهر نوفمبر إلي شهر أبريل.
3- تكشط القشدة عندما يتجبن اللبن وقبل أن ينفصل منه الشرش ويتم كشط طبقة القشدة باليد حيث توجه القشدة الناتجة لصناعة الزبد أو للاستهلاك المباشر
4- بعد انتهاء عملية الترقيد وفصل طبقة القشدة يتم غسل الشوالي غسلا جيدا ثم تسمط بالفرن حيث تكون عملية السمط بمثابة تعقيم جزئي للشالية

فصل القشدة بالأواني العميقة: في هذه الطريقة يتم وضع اللبن في أواني اسطوانية معدنية تبلغ سعتها حوالي 2 كيلو قطرها حوالي 15-35سم وعمقها حوالي 50سم وبها صنبور من أسفل يسحب منه اللبن بعد انتهاء الترقيد كما أن لهذه الأواني غطاء محكم ويتم وضع اللبن في هذه الأواني مع غمرها إلي ثلثيها في الماء المثلج وتترك الأواني ساكنة لمدة 24 ساعة بعدها يتم سحب اللبن من أسفل باستعمال الصنبور وتبقي طبقة القشدة وتمتاز هذه الطريقة عن الشواليبإن اللبن يظل سائلا ويحتوي علي نسبة منخفضة من الدهن حوالي 0,2%.

فصل القشدة بالأواني غير العميقة: في هذه الطريقة يتم وضع اللبن الطازج الساخن بعد غلية علي النار في أواني غير عميقة يبلغ قطرها من 37 إلي 63 سم وعمقها حوالي 10سم وتحفظ هذه الأواني في مكان بارد أو توضع الأواني في أنية أخرى تحتوي علي ماء بارد وبعد حوالي 20-30 ساعة يكون تجمع الدهن علي سطح اللبن قد انتهي تقريبا فيتم قشط طبقة القشدة المتكونة بمغارف خاصة.

فصل القشدة بتخفيف اللبن بالماء: في هذه الطريقة يتم تخفيف اللبن بحجم مماثل من الماء المغلي النقي علي درجة حرارة حوالي 27^{5}م ويحفظ اللبن المخفف بعد ذلك في مكان بارد لمدة 22 ساعة بعدها يسحب اللبن الفرز من أسفل الإناء المزود بحنفية خاصة لذلك وتبلغ نسبة الدهن في اللبن الفرز الناتج حوالي 0,3- 0,4% ويرجع سبب سرعة صعود حبيبات الدهن وتكون طبقة القشدة إلي نقص لزوجة اللبن نتيجة إضافة الماء إليه.

العوامل التي تؤثر علي سرعة صعود طبقة القشدة علي سطح اللبن هي:

(1) درجة الحرارة التي يحفظ عليها اللبن : وجد أن أنسب درجة حرارة لترقيد اللبن البقري هي 5 - 10م والجاموسي من 15-22م حيث أن اللبن البقري يحتوي علي مادة الأجلوتنين التي تجذب إليها حبيبات الدهن وتؤدي إلي تجمعها مما يسهل من صعودها إلي سطح اللبن ولذا تحفظ في مكان بارد أما الجاموسي فلا يحتوي علي هذه المادة لذلك يحفظ علي درجات حرارة مرتفعة نسبيا لتقليل لزوجة اللبن ويسرع من تكوين طبقة القشدة.

(2) حجم حبيبات الدهن: كلما زاد حجم حبيبات الدهن في اللبن كلما زادت سرعة صعودها إلي سطح اللبن.

(3) لزوجة اللبن: كلما انخفضت لزوجة اللبن كلما زادت سرعة صعود حبيبات الدهن إلي سطح اللبن.

(4) معاملة اللبن بالحرارة: معاملة اللبن بالحرارة علي درجة حرارة البسترة لا تؤثر تأثيرا كبيراً علي سرعة صعود الحبيبات إلي سطح اللبن ولكن عند درجات الحرارة الأعلي من حرارة البسترة تقلل من كمية القشدة المتكونة علي سطح اللبن ويرجع ذلك إلي تفكك مجموعات حبيبات الدهن نظراً لتخثر مادة الأجلوتنين.

(5) التجنيس: عملية التجنيس للبن تؤدي إلي تكسير حبيبات الدهن وصغر حجم حبيبات الدهن بدرجة كبيرة مما يقلل جداً أو قد يمنع تكون طبقة القشدة علي سطح اللبن.

(6) إضافة مواد تساعد علي تلاصق حبيبات الدهن: وجد أن إضافة بعض المواد مثل الجلاتين أو الصموغ إلي اللبن بنسب بسيطة تؤدي إلي زيادة سرعة تكوين طبقة القشدة بينما زيادتها يؤدي إلي بطء تكون طبقة القشدة علي سطح اللبن نظراً لزيادة لزوجة اللبن.

(7) تقليب اللبن: عملية تقليب اللبن يؤدي إلي تفكيك مجموعات حبيبات الدهن من بعضها مما يقلل من سرعة تكوين طبقة القشدة علي سطح اللبن.

2) طريقة الطرد المركزي **Centrifugal force method:**

عند وضع اللبن في مخروط الفراز فإن قوة الطرد المركزي المتولدة نتيجة دوران المخروط تكون أقوي عدة مرات من قوة الجاذبية الأرضية وهذه القوة تدفع الدهن (الأقل في الكثافة) إلي مركز الدوران بينما مكونات اللبن اللا دهنية (اللبن الفرز) والشوائب والقاذورات (الأعلي في الكثافة) تندفع بقوة أكبر بعيداً عن مركز الدوران إلي جدار المخروط وتستخدم طريقة فصل القشدة بواسطة الفراز في معامل ومصانع الألبان علي نطاق واسع.

ويتركب الفراز المستخدم في فصل القشدة من اللبن من ثلاث أجزاء رئيسية هي:

(1) قاعدة الفراز: وتكون مثبتة في الأرض بخرسانة قوية وتعمل علي رفع الفراز إلي مستوي بعيد عن الأرض ليتناسب مع القيام بعملية الفرز.

(2) جسم الفراز: ويحتوي جسم الفراز علي الأجزاء المكبرة للسرعة وهي عبارة عن 3 تروس معشقة مع بعضها البعض وتقل عدد سنون الترس الثالث عن الثاني والثاني عن الأول وعند دوران الترس الأول يدوياً أو ميكانيكيا دورة واحدة يدور الترس الثاني عدة دورات تتناسب مع عدد سنون الترس الأول إلي الترس الثاني فإذا كان عدد سنون الترس الأول 200 والترس الثاني 50 والترس الثالث 10 فعند دوران الترس الأول دورة واحدة فيدور الترس الثاني 4 دورات بينما يدور الترس الثالث 20 دورة أي أن عند دوران الترس الأول 60 دورة في الدقيقة يدور الترس الثالث (60 ×20 = 1200 دورة / دقيقة) وفي العادة يكون عدد دورات

الترس الثالث تتراوح ما بين 3000-5000 دورة/ دقيقة والترس الثالث يكون في وضع رأسي ويثبت عليه مخروط الفراز ثم يثبت علي مخروط الفراز ميذاب القشدة ثم ميذاب اللبن الفرز ثم القابلة ذو العوامة وفائدة العوامة هو تنظيم مرور اللبن الداخل إلي الفراز وفي أعلي الفراز تثبت حلة اللبن ذات الصنبور فيها يوضع اللبن المراد فرزه.

(3) مخروط الفراز: ويتركب مخروط الفراز من قاعدة المخروط يتصل بها أنبوبة التغذية وعليها 3 شقوق طولية قرب القاعدة ثم موزع اللبن الموجود به 3 فتحات أمام كل شق من شقوق أنبوبة التغذية توجد فتحة ثم الطبق الأول من أطباق الفراز وعليه 3 نتؤات علي كل من سطحي الطبق العلوي والسفلي وذلك لإيجاد مسافة بينه وبين الموزع ثم بينه وبين الطبق الذي يليه ثم توضع بقية الأطباق وعددها يتراوح ما بين 18-36 طبق حسب إمكانية الفراز وحجمه وكل طبق يوجد عليه 3 نتؤات علي سطحه العلوي فقط لإيجاد مسافة بينه وبين الطبق الذي يعلوه كما أن بكل طبق من هذه الأطباق 3 فتحات لتكوين موازنة لفتحات الموزع ثم يوضع الطبق الأخير ويسمي طبق القشدة الذي يتجمع تحته القشدة المفروزه من اللبن والمتجمعة خلال الثقوب الموجودة علي الأطباق حيث تخرج من فتحة خاصة موجودة علي عنق المجمع ثم يوضع غطاء المخروط الذي يتجمع تحته اللبن الفرز الذي يخرج من فتحة خاصة في عنقه حيث يندفع إلي ميذاب اللبن الفرز ثم صامولة القفل لإحكام قفل المخروط (شكل 1).

عملية فرز اللبن بواسطة الفرز: تتم بوضع اللبن الخام المراد فرزه في حلة اللبن وعن طريق الصنبور الموجود بأسفل الحلة ينزل اللبن في القابلة ذو العوامة ثم يدخل اللبن إلي مخروط الفراز خلال أنبوبة التغذية وعن طريق الثلاث شقوق الموجودة بأسفله يمر اللبن إلي الموزع وعن طريق الثلاث فتحات التي بالموزع يمر اللبن إلي بقية الفراز ويملأ المسافات التي بين الأطباق وعند دوران المخروط نجد أن دهن اللبن الأقل كثافة ينطلق إلي الداخل تجاه أنبوبة التغذية ومعه جزء من اللبن يتجمع في أعلي تحت طبق القشدة وفي النهاية يخرج من فتحة خروج القشدة خلال ميذاب القشدة أما اللبن الفرز الأكثر كثافة نتيجة لدوران مخروط الفراز بقوة ينطلق إلي الخارج ليتجمع أسفل الأطباق ثم يتجمع تحت غطاء المخروط لخروج من فتحة خروج اللبن الفرز الموجودة بالغطاء إلي ميذاب اللبن الفرز ويعتمد فصل الدهن من اللبن بواسطة الفراز علي قوة الطرد المركزي ويمكن التعبير عن كفاءة عملية الفرز بنسبة الدهن المتبقية في اللبن الفرز والتي يجب أن تتراوح ما بين 0,01-0,07% فإذا كانت نسبة الدهن في اللبن الفرز الناتج أعلي من 0,07% يدل علي ذلك علي عدم كفاءة عملية الفرز.

رسم صـــ 84

العوامل التي يمكن بها التحكم في نسبة الدهن في القشدة الناتجة من الفراز:

(1) صامولة فتحة القشدة : التي توجد علي الغطاء الداخلي كما في بعض الفرازات حيث أن تحريكها للداخل يؤدي إلي الحصول علي قشدة ذات نسبة دهن مرتفعة وعند تحريكها للخارج تزداد كمية القشدة الناتجة ولكن تقل نسبة الدهن بها.

(2) سرعة دوران المخروط: كلما زادت سرعة دوران المخروط (في الفرازات اليدوية) تزيد نسبة الدهن في القشدة والعكس صحيح ولكن يجب ألا تزيد سرعة الفراز عن السرعة المقررة حتي لا يزيد الفاقد من الدهن في اللبن الفرز الناتج.

(3) سرعة تدفق اللبن إلي مخروط الفراز: كلما زادت سرعة تدفق اللبن إلي مخروط الفراز تقل نسبة الدهن في القشدة الناتجة.
(4) نسبة الدهن في اللبن: كلما زادت نسبة الدهن في القشدة الناتجة.
(5) حجم حبيبات الدهن: حجم حبيبات الدهن الأكبر من 3 ميكرون تخرج معظمها مع القشدة الناتجة بينما الحبيبات التي قطرها أقل من ذلك تخرج مع اللبن الفرز الناتج.

مميزات طريقة الطرد المركزي بالمقارنة بطريقة الجاذبية الأرضية هي:

- القشدة الناتجة تكون طازجة وعالية الجودة
- اللبن الفرز الناتج يكون طازج ويدخل في صناعة العديد من المنتجات اللبنية الأخرى مثل الجبن القريش والأيس كريم وتعديل نسبة الدهن في اللبن
- تستخدم علي مدار السنة لفرز ألبان الحيوانات المتباينة في حجم حبيبات الدهن
- لا تزيد نسبة الدهن في اللبن الفرز عن 0,05%
- تحتاج عملية الفرز بالفراز إلي وقت قصير يتراوح ما بين 1-2 ساعة
- يمكن التحكم في نسبة الدهن في القشدة الناتجة
- درجة تلوث القشدة واللبن الفرز بالميكروبات منخفضة جداً
- صغير الحيز الذي يشغله الفراز
- تعتبر طريقة الفرز بالفراز عملية واقتصادية في حالة فرز كميات كبيرة من اللبن

العوامل المؤثرة علي سرعة فصل القشدة بالفراز هي:

(1) انسب درجة حرارة لفرز اللبن 40^{5}م حيث تكون حبيبات الدهن في حالة نصف صلبة يسهل معها فصلها من اللبن الفرز وانخفاض درجة الحرارة ينتج عنه تصلب حبيبات الدهن وزيادة اللزوجة والكثافة النوعية وزيادة فقد الدهن في اللبن الفرز الناتج
(2) يجب أن يكون اللبن الخام نظيفا وخاليا من الشوائب لأن عدم نظافة اللبن ووجود الشوائب يقلل من الحيز الذي يمر منه اللبن الفرز وبالتالي يزيد تدفق اللبن الفرز من فتحة القشدة وبذلك تنخفض نسبة الدهن في القشدة الناتجة.
(3) يجب أن يكون اللبن المراد فرزه طازجا وخالي من الحموضة التي تؤثر علي الصفات الطبيعية للبن وتعوق عملية الفرز.
(4) نسبة الدهن في اللبن كلما زادت كلما زادت نسبة الدهن في القشدة الناتجة
(5) حجم حبيبات الدهن لا يؤثر علي سرعة فصل القشدة من اللبن باستخدام الفراز ولكن وجد أن حبيبات الدهن التي يقل قطرها عن 2 ميكرون تبقي مع اللبن الفرز ولا تنفصل في القشدة مما يؤدي إلي زيادة الفاقد من الدهن في اللبن الفرز
(6) معاملة اللبن بالحرارة قبل عملية الفرز لا تؤثر علي كفاءة فصل القشدة بالفراز
(7) زيادة سرعة تدفق اللبن إلي مخروط الفراز تؤدي إلي خفض نسبة الدهن في القشدة
(8) سرعة الفراز يجب أن تكون ثابتة حتي لا يفقد جزء من الدهن في اللبن الفرز
(9) يجب أن يكون الفراز ثابتاً أثناء التشغيل حتي لا يهتز المخروط فيزداد فقد الدهن في اللبن الفرز الناتج
(10) يجب العناية التامة بتركيب الفراز ونظافته وتعقيمه حتي لا يكون مصدرا لتلوث اللبن

3- تعديل محتوي الدهن والبروتين في اللبن:

Standardization of fat and protein content in milk

يعتبر دهن اللبن من أهم مكونات اللبن وعلي أساسه يتم تحديد سعر اللبن وتصنيع منتجات ألبان عالية الجودة كما أن القيمة الاقتصادية للبن ترتبط مباشرة بمحتواه من الدهن ولذلك فإن تعديل نسبة الدهن في اللبن السائل ومنتجات اللبن الأخرى تستخدم في مصنع الألبان منذ فترة طويلة إضافة إلي ذالك فإن هيئات المواصفات والمقاييس الغذائية تحدد مواصفات قياسية لكل منتج من منتجات الألبان ولهذا كان من الضروري تعديل أو ضبط نسبة الدهن في اللبن قبل تصنيعه إلي منتجاته المختلفة بحيث تكون نسبته في الناتج النهائي مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بكل منتج علي حده.

وفي السنوات الأخيرة زادت قيمة بروتين اللبن بشكل ملحوظ ويرجع ذلك إلي الإقبال المتزايد علي استهلاك الجبن وجعلها مكونا أساسياً في معظم الوجبات الغذائية ونتيجة للتقدم الهائل في صناعة الألبان أصبح الأن يتم تعديل نسبة البروتين في اللبن السائل بطريقة مشابه بالطريقة المستخدمة في تعديل نسبة الدهن في اللبن.

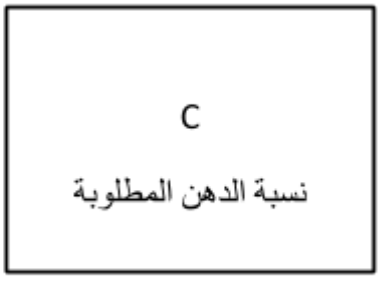
والهدف الأساسي من تعديل نسبة الدهن في اللبن هو تحويل جزء من اللبن الخام الغني في نسبة الدهن إلي إنتاج منتجات ألبان غنية في الدهن مثل القشدة والزبد والسمن علاوة علي تزويد المستهلك بمنتجات ألبان منخفضة الدسم وتعتمد تقنية تعديل نسبة الدهن في اللبن علي أساس صورة تواجد الدهن في اللبن حيث تتواجد حبيبات الدهن في اللبن الخام بأقطار تتراوح في المتوسط ما بين 0,05 -10 ميكرون ولها كثافة أقل كثيراً (0,93 جم/سم3) من كثافة الفرز (1,035 جم/ سم3) وبالتالي يمكن فصله من اللبن بسهولة بواسطة الطرد المركزي اعتمادا علي الاختلاف في الكثافة.

(1) طريق تعديل دهن اللبن: **Standardization methods of milk fat**

يوجد طريقتان لتعديل نسبة الدهن في اللبن أما بطريقة حسابية علي دفعات أو بطرق مستمرة يدوية أو أوتوماتيكية(آلية) توضع في خط الإنتاج ويعتمد اختيار الطريقة علي الطاقة الإنتاجية والإمكانيات والتسهيلات المتاحة في المصنع.

(1) الطرق الحسابية: Calculation methods: يوجد طرق عديدة لحساب كميات المنتجات اللبنية المحتوية علي نسب مختلفة من الدهن والتي يجب خلطها للحصول علي نسبة الدهن المطلوبة ومن أمثلة ذلك خلط اللبن الكامل مع اللبن الفرز (لإنتاج لبن منخفض الدسم) أو خلط القشدة مع اللبن الكامل (لإنتاج لبن مرتفع الدسم) أو خلط القشدة مع اللبن الفرز أو خلط الزبد مع اللبن الفرز ودهن اللبن اللامائي مع اللبن الفرز.

ومن الطرق الحسابية المستخدمة بكثرة في مصنع الألبان طريقة مربع بيرسون Persons square وتتلخص هذه الطريقة في رسم مربع يوضع في وسطة نسبة الدهن المطلوبة في المنتج المعدل (C) وفي أركان المربع من الشمال توضع نسبة الدهن في القشدة المستخدمة في التعديل (A) في الركن العلوي وتوضع نسبة الدهن في اللبن الفرز المستخدمة في التعديل (B) وفي أركان المربع من اليمين توضع عدد أجزاء القشدة (D) D = C – B الواجب إضافتها إلي اللبن الفرز (A) E = C– عدد أجزاء اللبن الفرز الواجب إضافتها إلي القشدة D.



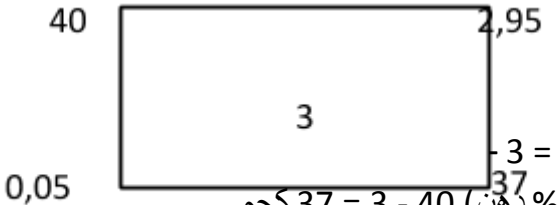
ويمكن حساب كميات القشدة (A) واللبن الفرز (B) اللازمة لتحضير كمية مقدرها (X) من اللبن المعدل (C) من المعدلات الآتية:

كمية القشدة (A) كجم = $\frac{(C-B)x \times}{(C-B)+(A-C)}$

كمية اللبن الفرز (B) كجم = $\frac{(A-C)x \times}{(C-B)+(A-C)}$

مثال: إذا كان لديك قشدة نسبة الدهن بها40% ولن فرز نسبة الدهن به 0,05% أحسب الكميات الواجب خلطها من القشدة مع اللبن الفرز لإنتاج لبن معدل نسبة الدهن به 3%.

الحل: يرسم مربع بيرسون ويوضع في أركانه المعلومات أعلاه.



كمية القشدة (40% دهن) = 3 -

كمية اللبن المفرز (0,05% دهن) 40 - 3 = 37 كجم

يخلط 2,95 كجم من القشدة 40% مع 37 كجم من اللبن المفرز 0,05% دهن وذلك لإنتاج 39,95 كجم لبن معدل نسبة الدهن به 3%

ويمكن التأكد من صحة النتائج كما يلي:

كمية الدهن في القشدة (40% دهن) = 2,95 × 0,40 = 1,18 كجم

كمية الدهن في اللبن الفرز (0,05 % دهن) = 37 × 0,0005 = 0,0185 كجم

كمية الدهن في اللبن المعدل = 39,95 × 0,03 = 1,1985 كجم

يجب أن تكون كمية الدهن في اللبن المعدل = كمية الدهن في القشدة (40% دهن) + كمية الدهن في اللبن الفرز (0,05% دهن).

1,18 + 0,0185 = 1,1985 كجم وبذلك تكون الحسابات السابقة صحيحة.

(2) نظام الضبط اليدوي Manually controlled system: يتم في هذه الطريقة تركيب نظام الضبط اليدوي علي الفراز في خط إنتاج اللبن السائل بحيث يكون متصل بفتحات خروج القشدة واللبن الفرز والأساس في هذه الطريقة يعتمد علي وضع مقياس ثاني في خط مرور القشدة بعد المقياس الأول الذي يوجد في جميع الفرازات ويشير المقياس الأول إلي تدفق جميع القشدة الخارجة من الفراز بينما المقياس الثاني يقيس كمية القشدة التي تضاف ثانية إلي اللبن الفرز بغرض تعديل نسبة الدهن به إلي النسبة المطلوبة.

(3) الطريقة الأوتوماتيكية (الآلية) Automatic method: تستخدم هذه الطريقة في المصانع الحديثة عالية الإنتاج حيث يمكن تركيب نظام تعديل مباشرة أوتوماتيكي سريع في خط إنتاج اللبن السائل بعد الفراز مباشرة ويمكن ضبط نسبة الدهن في اللبن والقشدة إلي القيمة المرغوبة باستخدام صمامات تحكم ومقاييس لقياس معدل مرور وكثافة القشدة واللبن الفرز وتكون مرتبطة بلوحة تحكم تعمل آليا بواسطة الحاسب الآلي.

(2) طرق تعديل بروتين اللبن: **Standardization methods of milk Protein**

توجد البروتينات في اللبن في صورة جزئيات صغيرة جداً موزعة في السيرم بأحجام أصغر بكثير من أحجام حبيبات الدهن ونجد أن الوزن الجزيئي لأصغر جزئ من بروتينات الشرش (حوالي 14000 دالتون) مازال أكبر بكثير من الجزئيات التي تليه في الحجم وهي اللاكتوز وتعتبر الاختلافات في حجم الجزئيات هي الأساس في عملية تجزئة مكونات اللبن بواسطة تقنية الترشيح الغشائي وخاصة أن أحجام بروتينات اللبن تعتبر مثالية لاستخدام أغشية الترشيح الفائق كطريقة لفصل بروتينات اللبن عن بقية مكونات السيرم ونتيجة ذلك يمكن تعديل نسبة البروتين في اللبن الفرز أما إلي أعلي بإزالة جزء من الراشح الخالي من البروتينات أو إلي أدني بمزج كمية من الراشح الخالي من البروتين مع اللبن الفرز ويمكن تعديل نسبة البروتين في اللبن بطريقة مشابهة لتعديل الفائق حيث يتم فرز اللبن أولاً ثم إجراء عملية تعديل نسبة البروتين في اللبن الفرز.

واستخدام عملية الترشيح الفائق في تعديل بروتين اللبن تشبه استخدام الفراز في عملية تعديل الدهن حيث ينتج عن ذلك سائلين: راشح خالي من البروتين (مماثل للبن منزوع الدسم/ اللبن الفرز) ولبن غني بالبروتين (مشابه للقشدة في عملية تعديل نسبة الدهن في اللبن) ويخلط أحد السائلين (الراشح أو اللبن الغني بالبروتين) بنسب مختلفة مع اللبن السائل ثم يمرر بعد ذلك لتعديل نسبة الدهن إلي النسبة المرغوبة.

ومن الطرق الأخرى المستخدمة في تعديل نسبة البروتين في اللبن هو إضافة اللبن الفرز إلي اللبن السائل بغرض زيادة نسبة البروتين والكالسيوم ومحتوي اللاكتوز وبعض المركبات الأخرى وهذه الطريقة مع طريقة الترشيح الفائق لا تؤثر علي المبدأ الأساسي الذي يحكم عملية تعديل نسبة البروتين في اللبن وهو المحافظة علي نسبة الكازين بروتينات الشرش كما هي في اللبن الأصلي بدون تغيير ولهذا السبب لا يسمح باستخدام مسحوق الشرش أو منتجات بروتينات الشرش في عملية تعديل نسبة البروتين في اللبن حيث أنها تغير في النسبة بين الكازين وبروتينات الشرش ويمكن دمج عملية تعديل نسبة الدهن في اللبن مع عملية تعديل نسبة البروتين بطريقة آلية حيث يتم تقدير محتوي الدهن والبروتين في اللبن الخام والمنتجات الوسطية (القشدة واللبن الفرز واللبن المركز والراشح) واللبن المعدل بطريق مستمرة بواسطة آلات استشعار (مجسات Sensors) مع تحليل البيانات بالحاسب الآلي.

(4)تجنيس اللبن: **Homogenization of milk**

واصطلاح التجنيس يطلق علي العملية التي يجري بها خلط واستحلاب جسم صلب أو سائل في سائل أخر أو تجزئة حبيبات المستحلب الصلبة لتعطي مستحلبا ثابتا لا ينفصل عند تركة مدة من الزمن وفي الصناعات اللبنية يكون اللبن أو القشدة هي المستحلب بينما حبيبات الدهن هي الأجزاء التي يتم تفتيتها إلي حبيبات صغيرة وعديدة وعملية التجنيس تعتبر من العمليات الهامة في صناعة الألبان حيث يتم التجنيس اللبن والقشدة مخلوط الآيس كريم واللبن المكثف ومنتجات الألبان الجافة وتتم عملية التجنيس بتمرير اللبن السائل في جهاز يسمي المجنس Homogenizerعلي درجة حرارة تتراوح ما بين 60- 70^{5}م داخل اسطوانات تحت ضغط معين فيمر اللبن من خلال فتحة ضيقة يتحكم فيها صمام التجنيس وبذلك تتفتت حبيبات الدهن الموجودة فيه وكفاءة عملية التجنيس تكون أعلي عندما يكون اللبن علي درجات حرارة عالية ولذلك يتم وضع المجنس في خط بسترة اللبن ما بين منقطة التسخين الابتدائي ومنطقة التسخين النهائي.

(1) أهمية عملية التجنيس في صناعة الألبان:

The importance of the homogenization process

(1) منع انفصال حبيبات الدهن والجزئيات الأخرى من اللبن ومنتجاته أثناء التخزين مثل ترسيب جزئيات الكاكاو في لبن الشيكولاته.

(2) تحسين ثبات حبيبات الدهن في اللبن ومنتجاته بسبب انخفاض حجم الحبيبات وتكون غلاف بروتيني جديد علي سطح حبيبات الدهن

(3) تكوين صفات ريولوجية مرغوبة مثل زيادة لزوجة منتجات اللبن مثل القشدة واللبن الزبادي المجنس تكون لزوجته أعلي من اللبن الزبادي غير المجنس.

(4) إنتاج لبن مجنس له طعم دسم حيث يكون الدهن فيه موزعا بالتساوي ولا يرتفع علي سطح اللبن مكونا طبقة قشدة منفصلة

(5) صناعة المثلوجات اللبنية لاكسابها الطعم الدسم والقوام الناعم ويسهل عملية خفقها ويساعد علي الحصول علي ريع جيد وكذلك يمنع التجنيس انفصال الدهن أثناء التجميد

(6) صناعة الألبان المكثفة لمنع انفصال الدهن وتكون حبيبات زبد أثناء الرج النقل

(7) إضافة القشدة إلي اللبن المستخدم في صناعة بعض أنواع من الجبن

(8) عند تحضير اللبن المعاد ذوبانه بإضافة القشدة إلي اللبن الفرز

(9) إعطاء اللبن المعقم الطعم المتجنس وتجانس توزيع الدهن به

(10) عند تصنيع لبن الأطفال كي يكون اللبن سهل الهضم ويكون خثرة طرية في معدته

يوضح (شكل 2) رسم توضيحي لمقطع في مجنس ذي ثلاثة مكابس ومرحلتي تجنيس حيث تقوم المضخة الكابسة الماصة ذات الثلاثة مكابس نتيجة لحركة مكابسها (10) بسحب اللبن في جانب السحب أو المص (1) عن طريق صمام المص (11) تحت ضغط 1-2 بار حيث ينشأ تفريغ في الأسطوانة أثناء تراجع المكبس (10) وبالتالي تمتلئ الأسطوانة باللبن الخام وأثناء شويط الكبس أو الضغط للمكبس يتم قفل الصمام الكروي (11) في جانب المص بينما يفتح الصمام الموجود في جانب الضغط (2) ليصل اللبن إلي مرحلة التجنيس الأولي (9) حيث يتم تجنيسه عند ضغط يتراوح ما بين 150-250 بار (1 بار = 14,5 رطل /بوصة2) وبعد ذلك يمر اللبن إلي مرحلة التجنيس الثانية (5) حيث يتم تجنيسه عند ضغط يتراوح ما بين 20-40 بار ويتم التحكم في الضغط بواسطة مقبض (7) وزنبرك لتنظيم الضغط (6) ويوجد مقياس لقراءة الضغط (4) ويمكن سحب اللبن من صمام الأمان (3) في حالة حدوث اضطرابات في نظام الضغط حتي لا يحدث تلف للمجنس ويوجد ثلاثة أنواع من عمليات التجنيس تستخدم في صناعة الألبان هي:

(1) التجنيس الكلي Complete homogenization وفيه يتم تجنيس اللبن الكامل أو بعد تعديل نسبة الدهن به وهو المتبع في تصنيع اللبن السائل ولبن المنتجات المتخمرة(شكل3)

(2) تجنيس القشدة Cream homogenization وفيه يتم تجنيس القشدة بعد فصلها من اللبن الكامل بواسطة الفراز ثم تضاف بعد ذلك إلي اللبن الفرز الغير مجنس

(3) التجنيس الجزئي Partial homogenization وفيه يتم تجنيس القشدة بعد ضبط نسبة الدهن فيها إلي 10% ثم يخلط الناتج بعد تجنيسه مع ما تبقي من اللبن الفرز وتستخدم هذه الطريقة تصنيع اللبن المبستر

رســـــم صـ 91

يوضع المجنس في معظم مصانع إنتاج اللبن السائل المبستر بعد قسم التسخين المبدئي في المبادل الحراري وقبل قسم التسخين النهائي أما في مصانع إنتاج اللبن المعامل بالحرارة فوق العالية (اللبن طويل الصلاحية) يوضع المجنس قبل قسم التسخين في حالة نظم التسخين غير المباشر Indirect systems وعادة يوضع بعد عملية التسخين في حالة نظم التسخين المباشر Direct systems وفي الحالة الأخيرة يكون المجنس مصمما بطريقة تحفظ اللبن في صورة معقمة وتمنعه من التلوث.

وتستعمل أنواع مختلفة من أجهزة التجنيس في صناعة الألبان هي:

(1) المجنسات ذات الضغط المرتفع:

وهي تعمل علي ضغط يتراوح ما بين 500-5000 رطل علي البوصة المربعة بواسطة التحكم في اتساع فتحة صمام التجنيس ويتم ذلك بإدارة يد خاصة فكلما قل اتساع الفتحة زاد الضغط ونقص حجم حبيبات الدهن الناتجة ويعتبر صمام التجنيس أهم جزء في الجهاز ولذلك يصنع من معدن صلب يتحمل الضغط المرتفع ويتصل بالجهاز مانومتر وصمام أمن تخرج منه المادة المجنسة عند زيادة الضغط عن اللازم.

(2) المجنسات ذات الضغط المنخفض:

وهي تعمل علي ضغط أقل من 500 رطل علي البوصة المربعة وتتم عملية التجنيس في اسطوانة معدنية ذات ثقوب صغيرة يديرها محرك صغير بمعدل 10 ألاف دورة في الدقيقة ويندفع اللبن أثناء مروره من ثقوب تلك الاسطوانة فيرتطم نتجية الطرد المركزي بعدد من الحراشيف المعدنية الحادة وعندئذ تتفتت حبيبات الدهن إلي حبيبات صغيرة في الحجم.

(3) العوامل المؤثرة علي كفاءة عملية تجنيس اللبن:

Factors affecting the efficiency of the homogenization Process milk

(1) درجة الحرارة : يعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة لإنتاج لبن مجنس عالي الجودة وأنسب درجات حرارة لعملية التجنيس تقع ما بين 60- 70^{5}م وانخفاض درجة حرارة التجنيس عن 55^{5}م يعطي فرصة لنشاط إنزيم الليبيز وسرعة التحلل المائي لدهن اللبن

(2) الضغط: عند ارتفاع ضغط عملية التجنيس تزداد نسبة أعداد حبيبات الدهن صغيرة الحجم ومن الضروري أن يكون الضغط ثابتا غير متذبذب أثناء عملية التجنيس

(3) صمامات المجنس: يجب أن تكون ملائمة لتصميم المجنس سليمة وناعمة الملمس حتي لا تؤثر علي معدل سريان اللبن أو القشدة أثناء عملية التجنيس حيث أن وجود أي خدوش في صمامات المجنس تؤثر علي كفاءة عملية التجنيس في مصانع الألبان

(4) نسبة الدهن في اللبن أو القشدة: تقل كفاءة عملية التجنيس بارتفاع نسبة الدهن في اللبن أو القشدة كما أن معدل انخفاض كفاءة التجنيس يزداد عندما يكون ضغط التجنيس عالي لأن حبيبات الدهن تتجمع بعد عملية التجنيس وارتفاع نسبة الدهن والضغط يؤديان إلي إنتاج عدد ضخم من حبيبات الدهن مما يصعب معه تكوين أغشية جديدة تكفي لهذا العدد الهائل من الحبيبات وينصح بعدم تجنيس القشدة التي تحتوي علي دهن أعلي من 12% عند ضغط أعلي.

(5) نوع وتصميم المجنس وكفاءة عملية التشغيل:

(تطبيقات عملية التجنيس في صناعة الألبان)

المنتج	الغرض من عملية التجنيس
اللبن الكامل:	منع انفصال طبقة القشدة (الدهن) وتحسين النكهة
مشروبات اللبن:	توزيع متجانس للدهن والمواد المضافة في المشروب اللبني
القشدة واللبن المركز:	منع انفصال طبقة القشدة(الدهن) وتحسين النكهة وتحسين قوة الابيضاض في القهوة وزيادة اللزوجة أحيانا
اللبن الزبادي:	إنتاج قوام أكثر ثباتا وتحسين القوام والطعم وانخفاض ظاهرة انفصال الشرش
المثلوجاتالقشدية:	الإقلال من انفصال الدهن أثناء عملية تجميد المخلوط
اللبن المعد لصناعة الجبن:	خفض نسبة الدهن في الشرش وتوزيع متجانس للدهن في الخثرة والمساعدة علي التحلل الكيموحيوي للدهن في الجبن ذي العروق الزرقاء

(5)المعاملات الحرارية للبن: **Heat treatments of milk**

يعتبر اللبن السائل الخام بيئة صالحة لنمو معظم الميكروبات الأمر الذي يؤدي إلي سرعة تلف اللبن علاوة علي انتشار الأمراض من خلال ما يحتويه من ميكروبات مرضية ولذلك فقد سعي الإنسان منذ فترة طويلة إلي عدة محاولات لحفظ اللبن من الفساد والقضاء علي ما به من ميكروبات مرضية مع الاحتفاظ بقيمته الغذائية بقدر الإمكان وكانت المعاملات الحرارية للبن هي أنسب الطرق لتحقيق هذه الأهداف.

وتعتبر المعاملات الحرارية من أهم المعاملات التكنولوجية التي تجري علي اللبن السائل في المصنع حيث أن للحرارة تأثير سيئ من ناحية إبادة جميع الميكروبات المختلفة وخاصة بكتيريا مرض السل *Mycobacterium tuberculosis* والتي تعتبر أكثر الميكروبات الممرضة مقاومة للحرارة كذلك يتم القضاء علي جميع الخمائر والعفن ومعظم الخلايا البكتيرية الخضرية حيث قد تتواجد بعض من بكتيريا جنس Mycobacterium تنمو ببطء في اللبن علاوة علي ذلك تثبيط معظم الإنزيمات ويزداد هذا التأثير بارتفاع درجة الحرارة وزيادة فترة التسخين وكذلك حسب أنواع أجهزة التسخين المستعملة ولذلك تستخدم المعاملات الحرارية في تحسين صفات اللبن ومنتجاته من النواحي الصحية والتذوقية والاستهلاكية.

ولهذا كان الغرض من معاملة اللبن بالحرارة أمران هما:

الغرض الأول: وهو صحي حيث يتم توفير لبن شرب للمستهلك أو توفير منتجات لبنية خالية من الميكروبات المرضية والميكروبات الأخرى مثل الخميرة وبكتريا القولون المسببة للغازات والتغيرات الغير مرغوبة في كل اللبن ومنتجاته.

الغرض الثاني: وهو تجاري حيث يتم حفظ اللبن ومنتجاته لمدة طويلة دون حدوث تغيرات في خواصها الطبيعية والكيماوية.

وتجري العاملات الحرارية أساسا علي اللبن ومنتجاته لضمان سلامة المستهلك فمهما كان إنتاج اللبن في المزرعة نظيفا ومهما كانت العناية بصحة الحيوان فلا يوجد ضمان أكيد لخلو اللبن الخام من الميكروبات الممرضة ولذلك تحتم التشريعات الغذائية في جميع دول العالم بسترة اللبن الداخل إلي مصانع الألبان بغرض تصنيعه إلي لبن سائل أو إلي منتجات لبنية أخري

وقد يوجد للمعاملات الحرارية بعض الآثار السلبية علي اللبن إذا أجريت علي درجات حرارة ووقت أكثر من اللازم حيث توثر علي مكوناته مما يخفض من قيمته الغذائية وجودته الحسية

وللمحافظة علي جودة اللبن من ناحية صفته الحسية وقيمته الغذائية ابتكرت طرق حرارية تعمل علي قتل الكائنات الحية الدقيقة الممرضة مع نسبة كبيرة من الكائنات الحية غير الممرضة كما في حالة البسترة Pasteurization أو قتل جميع الكائنات الحية الدقيقة والإنزيمات كما في حالة التعقيم Sterilization ويتم تسخين اللبن للتخلص مما يحتويه من ميكروبات بإحدى الطرق التالية: البسترة والغلي والتعقيم.

1) بسترة اللبن: **Milk pasteurization**

يمكن تعريف البسترة بأنها تسخين كل قطره من اللبن إلي درجة حرارة أقل من نقطة غليانه كاف للقضاء علي جميع الميكروبات الممرضة الشائع وجودها باللبن وخاصة ميكروبات السل بحيث تجعله أمنا للاستهلاك الآدمي ونسبة من الميكروبات النافعة غير المرضية والتي تسبب تغيرات غير مرغوبة ثم يتبع ذلك تبريد اللبن فجائيا إلي درجة حرارة أقل من 10^{5}م وعملية نشاط الكائنات الحية الدقيقة تعتمد علي درجة الحرارة المستعملة والفترة الزمنية التي يحفظ فيها اللبن علي هذه الدرجة ولذلك يجب عند معاملة اللبن بالحرارة استخدام درجات حرارة ووقت لا يؤثران كثيرا علي جودة اللبن وصفاته الطبيعية والكيماوية.

وقد اقترحت وزارة الصحة الأمريكية التعريف التالي لاصطلاح البسترة بأنها هي: عملية تسخين كل قطره من اللبن أو منتجاته إلي درجة حرارة 143^{5}ف (61,5^{5}م) الأقل في أجهزة معتمدة تضمن تنفيذ الشروط السابقة كان تكون متصلة بترمومتر يسجل درجة حرارة البسترة أوتوماتيكيا. ولذلك فقد ركز الباحثون اهتمامهم في اختيار أنسب درجات الحرارة ووقت التسخين لضمان قتل ميكروب السل مع أقل ما يمكن من التأثير علي صفات اللبن الطبيعية والكيماوية والغذائية ومن نتائج الأبحاث تعتبر درجة الحرارة 140^{5}م (60^{5}م) لمدة 30 دقيقة كافية للقضاء علي جميع الميكروبات الممرضة وحوالي 90-99% من مجموع الميكروبات الموجودة في اللبن إلا أن كثيرا من التشريعات تفضل تسخين اللبن إلي درجة حرارة 143^{5}ف (61,5^{5}م) لمدة 30 دقيقة.

فوائد عملية البسترة للبن هي:

1- المحافظة علي صحة مستهلكي اللبن ومنتجاته
2- الحد من خطر الإصابة أو عدم العناية بالإنتاج سواء من ناحية الحيوان أو البيئة أو الأشخاص المشرفين علي إنتاج اللبن وتداوله في المزرعة
3- تؤدي عملية البسترة إلي نقص عدد البكتيريا باللبن وتطيل مدة حفظه خصوصاً إذا حفظ علي درجات منخفضة بعد البسترة

وهناك طريقتان تستخدمان في عملية بسترة اللبن الخام هما:

(1) البسترة البطيئة Low temperature long time pasteurization

تستخدم طريقة البسترة البطيئة في بسترة اللبن بطريقة غير مستمرة علي دفعات وفيها يتم تسخين كل قطره من اللبن في وعاء مزدوج الجدران إلي درجة حرارة (63-65^{5}م) علي الأقل لمدة 30 دقيقة ثم التبريد السريع للبن إلي درجة حرارة (5^{5}م) وتسمي هذه الطريقة بطريقة الإمساك Holding method أو المعاملة بالحرارة المنخفضة والوقت الطويل Low temperature long time ويجب أن يكون الجهاز المستخدم في عملية البسترة معتمدا جيد الاستعمال ومجهزا بترمومتر بياني.

وتمتاز البسترة البطيئة ببساطة الطريقة حيث يتم التسخين والحفظ والتبريد في حوض مزدوج الجدران كما أنها كفيلة بالقضاء علي معظم الميكروبات الممرضة والغير ممرضة دون حدوث تغيير يذكر علي طبقة القشدة (شكل 4-5)

ولكن يؤخذ علي هذه الطريقة أنها مكلفة وغير عملية عند بسترة كميات كبيرة من اللبن الخام ولا تستخدم هذه الطريقة حاليا في مصانع الألبان الكبيرة حيث أنها غير اقتصادية في الوقت والتكاليف والمساحة المستخدمة في المصنع ويستخدم بدلا منها الطرق السريعة المستمرة وذلك لخفض تكاليف الطاقة المستخدمة في التسخين ولزيادة الكفاءة الإنتاجية حيث تستخدم معظم مصانع الألبان الحديثة المبادلات الحرارية التي يتم خلالها تسخين اللبن بصورة مستمرة إلي درجة حرارة 72^{5}م لمدة لا تقل عن 15 ثانية ثم التبريد السريع إلي 5^{5}م وتعرف هذه الطريقة بالبسترة السريعة High temperature short time أو البسترة العالية أو الحرارة فوق العالية (الفائقة) Ultra- high temperature

وهناك ثلاثة أنواع من أجهزة البسترة البطيئة هي:

(1) الحوض المزدوج الجدران**Jacketed vat:**

هو عبارة عن حوض صنع من الصلب غير القابل للصدأ أو الصلب المبطن بالزجاج وغالبا ما يكون مستدير وأسطحه ملساء من الداخل والخارج لسهولة تنظيفه ويلحق بالحوض مقلب مثبت في غطائه يدار بموتور يؤدي استعماله إلي التحكم في سرعة المقلب ويتم تسخين اللبن بواسطة مرور الماء الساخن أو البخار في الحيز الموجود بين جدارين الحوض ويجب الاستمرار في عملية التقليب أثناء التسخين أو فترة الحفظ وذلك لتجنب ظهور الطعم المطبوخ في اللبن.

رســـم صـ 96

(2) الحوض ذو الرشاش**Spray vat:**

هو عبارة عن حوض مستطيل مزود بحائط مزدوج الجدران من الجوانب والقاع حيث يمر ماء ساخن علي درجة حرارة 65,5^{5} م في حركة دائرية بواسطة مضخة خلال أنابيب تقع في أعلي الازدواج ومنها يرش الماء خلال فتحات صغيرة علي جدار الحائط الداخلي للحوض ويؤدي ذلك إلي تسخين متساوي للبن دون ظهور أماكن تسخين موضعية ويسخن الماء المتجمع في قاع الحوض مرة أخري بواسطة البخار ثم يعاود دورته حتي يتم تسخين اللبن إلي درجة الحرارة المطلوبة ويتم تقليب اللبن أثناء فترتي التسخين والحفظ علي درجة الحرارة المطلوبة بواسطة مقلب بطئ الحركة يعلق رأسيا بالحوض ويجهز حوض البسترة بترمومتر يتصل بمحرك كهربائي خاص وغالبا ما تستعمل هذه الأحواض في بسترة مخاليط المثلوجات اللبنية.

(3) الحوض ذو الحلزوني**Coil vat:**

يعتبر هذا الحوض من أول الأجهزة التي استعملت في عملية البسترة وهو عبارة عن حوض مستطيل الشكل من المعدن به لولب حلزوني أفقي ويبطن الحوض من الجوانب والقاع بمادة عازلة كالفلين مغطاة بالخشب أو المعدن كما يوجد للحوض غطاء متحرك من نفس المعدن ويتم تقليب اللبن أثناء التسخين أو التبريد عند تحريك الحلزون والحامل حركة تتم باستعمال قوة محركة وقد يتم تسخين وتبريد اللبن داخل الحوض ويلزم لذلك فترة زمنية تكون حوالي ساعة ونصف ويلاحظ أن عملية التبريد البطيء في الحوض نفسه قد تؤثر علي طبقة القشدة المتكونة عند التعبئة حيث يكون حجمها منخفض عما إذا أجري تبريد اللبن بسرعة فوق مبرد سطحي.

رسم صـ 97

(2) البسترة السريعة:

(High temperature short time pasteurization (HTST

طريقة البسترة السريعة هي الأكثر استعمالا في بسترة اللبن في جميع أنحاء العالم حيث أنها طريقة مستمرة وسريعة واقتصادية ولا تؤثر علي خواص اللبن الطبيعية والكيماوية وفي هذه الطريقة يتم تسخين اللبن إلي درجة حرارة (71-72^{5}م) أو أكثر قليلا لمدة لا تقل عن 15-16 ثانية ثم يبرد اللبن فجائيا إلي درجة حرارة تقل عن 40^{5}ف (5^{5}م) واللبن المبستر يجب أن يكون خاليا تماما من إنزيم الفوسفاتيز القاعدي حيث أن وجود هذا الإنزيم في اللبن المبستر يدل علي عدم كفاءة عملية البسترة أو تلوث اللبن المبستر باللبن الخام.

وتستخدم طريقة البسترة السريعة في بسترة القشدة المعدة لصناعة الزبد وبدأ استعمالها يزداد في السنوات الأخيرة لبسترة ألبان الشرب والقشدة المعدان للاستهلاك وحديثا جدا بدأ تطبيقها في تعقيم الألبان وتعتمد طريقة البسترة السريعة علي نظرية التبادل الحراري لتسخين أو تبريد اللبن ويتم ذلك باستعمال مبادل الحرارة ذو الألواح.

ويتم تسخين اللبن أو تبريده باستعمال مبادل الحرارة ذو الألواح وهو عبارة عن ألواح معدنية مصنعة من الصلب غير القابل للصدأ مرصوصة بجوار بعضها البعض في إطار يحكم قفله حتي لا يتعرض اللبن المراد بسترته للجو الخارجي عند مروره عليها ويساعد في التصاق الألواح وجود فواصل أو جوانات Gaskets من المطاط لإحكام القفل وعدم تعرض اللبن للتلوث وهذه الألواح ذات وجهين يمر علي إحداهما اللبن ويمر علي الوجه الآخر الوسط المستخدم في عملية التسخين أو التبريد الذي يكون أما ماء ساخن أو ماء مثلج فينتج عن ذلك رفع أو خفض درجة حرارة اللبن إلي الدرجة المطلوبة.

وأهم أجزاء جهاز البسترة السريعة هي:

(1) حوض الموازنة Balance Tank

(2) منطقة التبادل الحراري Regenerative Section

(3) منطقة التسخين النهائي Final Heating Section

(4) صمام التحويل Flow Diversion Valve

(5) أنبوبة الحفظ Holding Tube

(6) منطقة التبريد النهائي Final Cooling Section

(7) لوحة التحكم في درجة الحرارة والوقت Control Panei in temperature and time

(8) صمام التحكم في درجة الحرارة والوقت Temperature control valve and time

(9) مضخة دفع اللبن Milk Timing pump

ولخفض تكاليف البسترة السريعة يمكن استخدام اللبن المبستر وكذلك اللبن الخام البارد الوارد في تبادل الحرارة مع بعضهما وذلك كخطوة أولية لتبريد اللبن الأول(اللبن المبستر) وتسخين اللبن الثاني (اللبن الخام) ثم يستكمل بعد ذلك تبريد وتسخين كل لبن بالمرور علي ألواح أخرى يجري علي أسطحها المقابلة الماء الساخن في حالة التسخين والماء البارد في حالة التبريد.

ويمكن مقارنة بين طريقة البسترة البطيئة والبسترة السريعة فيما يلي:-

1) تناسب طريقة البسترة البطيئة الكميات المحدودة من الألبان التي تقل كمياتها عن 5طن يوميا وإذا زادت كمية اللبن عن ذلك أصبحت طريقة البسترة السريعة هي المناسبة
2) تستغرق البسترة بالطريقة السريعة وقتا أقل من البسترة بالطريقة البطيئة كما يمكن البدء في تعبئة اللبن بمجرد الانتهاء من بسترته بالطريقة السريعة
3) أجهزة البسترة البطيئة أبسط في التركيب والتشغيل من الأجهزة المستخدمة في الطريقة السريعة حيث أنه بسبب قصر فترة التسخين في طريقة البسترة السريعة يستلزم الأمر:
   - ضبط كمية وسرعة مرور اللبن في الجهاز
   - ضبط كمية وسرعة ودرجة حرارة وسط التسخين
   - ضبط فترة الحجز (الحفظ) لمدة 15 ثانية
4) تساعد طريقة البسترة السريعة في استغلال الأيدي العاملة إلي أقصي حد ممكن وذلك بتوفير الوقت اللازم لعمليات النظافة داخل المصنع
5) ليس هناك فروق محسوسة ما بين الطريقتين فيما يتعلق بتأثيرهما علي صفات اللبن الطبيعية والكيماوية وأيضا علي القيمة الغذائية للبن.

ولكي تؤدي عملية بسترة اللبن إلي النتائج المرجوة يجب مراعاة العوامل التالية:-

(1) استخدام لبن خام نظيف يحتوي علي أعداد قليلة من البكتيريا ويكون خاليا من الميكروبات المقاومة للحرارة أو المحللة للبروتينات
(2) ضبط درجة الحرارة المستعملة في التسخين وذلك باستعمال مسجلات لدرجة الحرارة والوقت أوتوماتيكيا تكون متصلة بأحواض أو أجهزة البسترة وذلك للمحافظة علي صفات اللبن الطبيعية والكيماوية والتصنيعية.
(3) التبريد السريع للبن إلي الدرجة المطلوبة (5^{5}م) بعد انتهاء عملية التسخين مباشرة حيث يؤدي الإبطاء في عملية التبريد إلي اكتساب اللبن الطعم المطبوخ مع نقص حجم طبقة القشدة المتكونة علي سطح اللبن.
(4) حفظ اللبن المبستر في ثلاجات علي درجة حرارة (5^{5}م) لحين توزيعه واستهلاكه

اختبار الفوسفاتيز: Phosphatase test

يعتبر اختبار الكشف عن وجود إنزيم الفوسفاتيز في اللبن المبستر هو الاختبار الرسمي المستخدم للكشف عن مدي كفاءة عملية البسترة أو خلط اللبن المبستر باللبن الخام وأساس هذا الاختبار هو أن إنزيم الفوسفاتيز القاعدي والذي يوجد دائما باللبن الخام يتلف أو يقضي عليه بدرجة حرارة البسترة ووقت الحفظ المستعمل وعلي ذلك فإن غياب الفوسفاتيز القاعدي في اللبن يدل علي أن اللبن قد سخن تسخينا كافيا أثناء عملية البسترة بينما وجوده في اللبن يدل علي عدم تسخين اللبن بدرجة كافية إلي درجة الحرارة المطلوبة أو احتمال تلوثه بلبن خام.

ويتخلص الاختبار في خلط كمية من اللبن المبستر في أنبوبة اختبار نظيفة مع إستر عضوي يحتوي علي الفينول وهو Disodium phenyl phosphate وكذلك مع محلول منظم لإيجاد pH مناسب للتفاعل ويكون في حدود pH 9,0-9,6 ثم توضع الأنبوبة في حمام مائي علي درجة حرارة 37^{5}م لمدة ساعة.

ونلاحظ في حالة وجود إنزيم الفوسفاتيز فإنه يحلل الإستر العضوي وينطلق الفينول منه والذي يمكن قياسه بطريقة لونية مع استعمال دليل ينتج الإندوفينول الأزرق وهذا الاختبار حساس لدرجة

أنه يمكن كشف أي خطا بسيط في عملية البسترة أو إضافة نسبة بسيطة من اللبن الخام قد لا تتعدي 0,1% إلي اللبن المبستر.

وتوجد طرق أخري تستخدم في عملية بسترة اللبن إلا أن هذه الطرق أقل انتشارا في مصانع الألبان ويقتصر استعمالها علي جهات محدودة من العالم ومن أمثلة هذه الطرق هي:-

(3) الطريقة الخاطفة**Flash me**

تستخدم هذه الطريقة في بعض المصانع الموجودة في شمال أوربا وأبسط أجهزتها المتداولة في المعامل الصغيرة عبارة عن أسطوانة مزدوجة الجدران مزودة بمقلب أو حدافة بالقاع

وفي هذه الطريقة يدخل اللبن من قاع الإناء ويدفع بالطرد المركزي بواسطة الحدافة في صورة غشاء رقيق علي السطح الداخلي للأسطوانة والذي يسخن عادة بالماء الساخن الذي يمر بين الجدران ثم يخرج اللبن من أعلي الجهاز دون فترة حفظ وتصل درجة حرارة اللبن عند خروجه من أعلي الجهاز إلي (80-85^{5}م) وذلك خلال عدة ثواني لا تزيد في العادة عن 5-10 ثانية ثم يبرد اللبن إلي درجة حرارة أقل من (10^{5}م).

وعيوب هذه الطريقة:

(1) تكون رغاوي في اللبن نتيجة سرعة الحدافة وهذه الرغاوي تعمل علي حماية الميكروبات من تأثير درجة حرارة البسترة

(2) تكاليف البسترة بهذه الطريقة عالية وغير اقتصادية

(3) تعرض اللبن للتلوث لأن معظم الأجهزة المستخدمة في هذه الطريقة تكون مكشوفة

(4) صعوبة تنظيم درجة حرارة اللبن إلي الدرجة المطلوبة

4) البسترة تحت التفريغ**Vacuum pasteurization**

وتستخدم هذه الطريقة في بسترة القشدة خصوصاً في نيوزيلندا واستراليا ويقوم جهاز البسترة أيضا في الوقت بإزالة الروائح الغذائية والطيارة التي قد توجد في اللبن

5) البسترة الفائقة**Ultra pasteurization:**

وتستخدم هذه الطريقة لزيادة فترة صلاحية اللبن المبستر إلي حوالي 30-40 يوم ويتطلب هذا زيادة الاهتمام بالنواحي الصحية أثناء عمليات التصنيع والتعبئة وفي هذه الطريقة يتم تسخين اللبن إلي درجة حرارة 125^{5}م لمدة 2-4 ثواني ثم يبرد اللبن سريعا إلي 5^{5}م ويجب أن يحفظ اللبن المبستر مبردا أثناء عمليتي الحفظ والتوزيع.

6) المعاملة بالحرارة فوق العادية:**(UHT) Ultra High Temperature**

وفي هذه الطريقة يتم تسخين اللبن إلي درجات حرارة عالية تصل إلي 135-150^{5}م لمدة 2-6 ثواني ثم يبرد اللبن سريعا إلي 5^{5}م حيث يتم قتل جميع الكائنات الحية الدقيقة ما يزيد من فترة صلاحية اللبن وطول مدة حفظه ويسمي اللبن المعامل بهذه الطريقة باللبن طويل الصلاحية Long life milk

ويتم تسخين اللبن بصورة مباشرة أو غير مباشرة وفي نظام مغلق حتي لا يسمح بتلوث اللبن كما تتم عمليات التسخين والتبريد والتعبئة تحت ظروف معقمة Aseptic filing وفي هذه الطريقة قد تحدث بعض التغيرات في الخواص الحسية للبن نتيجة الحرارة العالية ولكن لا يحدث فقد محسوس في القيمة الغذائية.

ويتم تسخين وتبريد اللبن ومنتجاته في مصانع الألبان بواسطة ما يسمي بالمبادلات الحرارية حيث يستخدم المبادل الحراري في نقل الحرارة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ويستخدم عديد من أنواع المبادلات الحرارية في مصانع الألبان ولكن أكثرها شيوعا ما يلي:-

(1) المبادل الحراري اللوحي Plate heat exchanger: ويتكون المبادل الحراري اللوحي من مجموعة من ألواح متوازية ومتقاربة بينها مسافات بينية صغيرة لا تزيد عن 3-6 مم وتصنع الألواح من الصلب الغير قابل للصدأ وتكون مشدودة علي إطار حديدي بشكل محكم وتستخدم الأوجه التي تصنع من جلد طبيعي أو صناعي للحام حواف اللوح لمنع اختلاط المنتج بوسط التسخين أو التبريد ومن مميزات هذه المبادلات سهولة فكها وصيانتها ويمكن زيادة الطاقة الإنتاجية لها بزيادة عدد الألواح علي الإطار

(2) المبادل الحراري الأنبوبي Tubular heat exchanger: ويتكون المبادل الحراري الأنبوبي من أنبوبتين متمركزتين واحدة داخل الأخرى حيث يمر المنتج في القناة الداخلية ويمر وسط التسخين والتبريد في الفراغ البيني بين الأنبوبتين ويكون السريان أما في الاتجاه نفسه أو في اتجاه معاكس وتستخدم المبادلات الحرارية الأنبوبية في عمليات بسترة وتعقيم اللبن ومنتجاته ولكنها أقل كفاءة في انتقال الحرارة مقارنة بالمبادلات الحرارية اللوحية.

(3) المبادل الحراري ذو السطح المكشوط Scraped surface heat exchanger: ويتكون المبادل الحراري ذو السطح المكشوط من أسطوانة داخلية مصنوعة من الصلب الغير قابل للصدأ يضخ المنتج خلالها في اتجاه عكسي لكل من سائل التسخين أو التبريد الذي يضخ في الأسطوانة الخارجية ويوجد داخل أسطوانة المنتج دوار مثبت عليه سكاكين ويختلف قطر الدوار وعدد وطول السكاكين علي حسب استخدام المبادل الحراري.

2) غلي اللبن**Milk boiling:**

طريقة معاملة اللبن بالحرارة والشائعة الاستعمال في مصر هي غلي اللبن وذلك بأن توضع أنية اللبن علي النار مباشرة وتترك إلي أن يرتفع سطح اللبن ثم ترفع الأنية من علي النار ويترك اللبن مكشوفا حتي يبرد من تلقاء نفسه والغلي ما هو إلا عملية بسترة شديدة حيث ترفع درجة حرارة اللبن إلي نحو 100^{5}م.

والطريقة المتبعة في غلي اللبن لا تعتبر كافية لتسخين جميع أجزاء اللبن إلي الدرجة التي تقضي علي جميع الميكروبات التي قد توجد به حيث أن فوران اللبن يتم عادة قبل وصول اللبن إلي درجة الغليان وهو في الواقع نتيجة لتمدد الغازات الذائبة باللبن والتي يعوق خروجها الغشاء البروتيني الرقيق الذي يتكون علي سطح اللبن.

وهذا الغشاء يحتجز معه بعض مكونات اللبن الأخرى مثل الدهن والأملاح المعدنية وكذلك بعض الميكروبات والتي تهدف عملية الغليان إلي التخلص منها وبذلك يعمل الغشاء المذكور بمثابة طبقة واقية لحماية تلك الميكروبات من التعرض لحرارة التسخين وتؤدي عملية الغلي إلي اكتساب اللبن الطعم المطبوخ كما أن عدم تبريد اللبن بالسرعة المطلوبة وتبريده تدريجيا يعطي فرصة لزيادة عدد الميكروبات الموجودة به عندما تصل درجة حرارة اللبن إلي الدرجة الملائمة لتكثرها كما أن ترك اللبن مكشوفا بعد غليه يعرضه للميكروبات الضارة التي قد ينقلها الذباب.

وللتغلب علي العيوب السابقة يمكن تنفيذ عملية غلي اللبن بإتباع الخطوات التالية:-

1) يوضع وعاء اللبن في وعاء أخر أكبر منه يحتوي علي ماء أي تجري عملية التسخين بواسطة حمام مائي وبذلك لا يتعرض اللبن لظهور الطعم المطبوخ
2) يقلب اللبن جيداً أثناء عملية التسخين لسرعة رفع درجة حرارته ولتنظيم توزيع الحرارة في جميع أجزاء اللبن كما يجب تكسير الرغوة المتكونة ضمانا لوصول جميع أجزاء اللبن إلي درجة الحرارة المطلوبة
3) تبريد اللبن مباشرة بعد تسخينه بوضع إناء اللبن في الماء الجاري وذلك لعدم إتاحة الفرصة لنمو وتكاثر ما تبقي به من ميكروبات مقاومة للحرارة في الفترة ما بين انتهاء تسخين اللبن وتبريده كما أن التبريد المباشر يحد من تأثير الحرارة علي صفات اللبن الطبيعية
4) يغطي اللبن المغلي منعا لتلوثه من الجو الخارجي
5) بعد تبريد اللبن يوضع في الثلاجة لمنع نمو ما يتخلف به من ميكروبات متجرثمة

هذا وتوجد أوعية مخصصة لغلي اللبن مصنوعة من الألومنيوم أو الأستنلس أستيل ومزودة بقرص مثبت يمكن رفعه لتنظيفه وعند استعمال هذه الأوعية يصب اللبن فيها بحيث لا يتجاوز منسوبة القرص المذكور ثم يسخن هذا الوعاء في حمام مائي وعند ارتفاع سطح اللبن بالفوران يتكسر الغشاء المتكون عند اصطدامه بثقوب القرص وهذا يؤدي إلي إعادة اختلاط أجزائه باللبن مما ينتج عنه تجانس توزيع الحرارة بين جميع أجزاء اللبن.

أهم أوجه الاختلاف في اللبن المغلي والمبستر من الناحية الكيماوية ما يلي:

1) اكتساب اللبن المغلي للطعم المطبوخ الناتج من دنترة بروتينات الشرش وتكون مركبات كبريتية طيارة وخاصة مجاميع السلفاهيدريل
2) الخثرة الناتجة من اللبن المغلي تكون أكثر طراوة من خثرة اللبن المبستر
3) اللبن المغلي يبقي علي درجة الغليان مدة طويلة وبالتالي لا يتجبن بالمنفحة
4) زيادة التغير في طبيعة بروتينات اللبن خاصة الألبيومينو الجلوبيولين في اللبن المغلي
5) زيادة تحول فوسفات الكالسيوم الذائبة إلي غير الذائبة أو غروية في اللبن المغلي
6) زيادة نسبة الانحلال في الثيامين وحامض الأسكوربيك وانحلال روابط الإستر الفوسفورية خاصة من الكازين بالإضافة إلي بعض مجاميع الفوسفات من الفوسفوليبيدات ولذلك تزداد كمية الفوسفات غير العضوية الموجودة في اللبن المغلي
7) ارتفاع حموضة اللبن وانخفاض رقم الـ pH نتيجة تحويل أيونات الكالسيوم الذائبة إلي الحالة الغروية وانفصال حمض الفوسفوريك من الكازين وبعض الفوسفوليبيدات وتكوين حمض الفورميك من اللاكتوز في اللبن المغلي

أما من الناحية البكتيريولوجية فلا يتبقي في اللبن الذي تم غليه لفترة طويلة سوي الميكروبات المقاومة للحرارة من النوع المتجرثم وتؤدي نواتج تخمرها إلي ظهور طعوم غير مرغوبة في اللبن عند بقائه بعض الوقت بعد غليه ومما سبق يمكن القول أنه تحت ظروف الإنتاج والتداول الحالية للبن في مصر يمكن الاعتماد مؤقتا علي عملية الغلي كوسيلة للقضاء علي الميكروبات الممرضة باللبن وإطالة مدة حفظه علي أن يتم تدريجياً