

الفصل الخامس

صناعة الجبن Cheese making

١- مقدمة

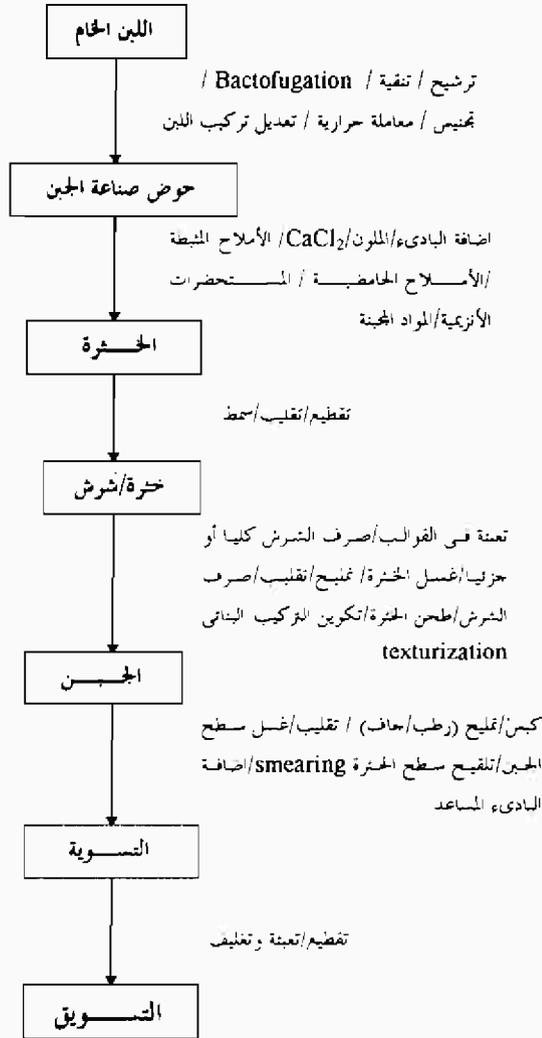
يتعرض اللبن فى صناعة الجبن لمعاملات مختلفة تهدف إلى إنتاج جبن مرتفع الجودة من خلال تحسين الصفات الطبيعية والكيمائية والميكروبيولوجية للبن الجبن . يعتبر محصول وجودة الجبن الناتج على جانب كبير من الأهمية فى صناعة الجبن والذى يتوقف على تركيب اللبن وخاصة محتواه من الدهن والكازين وكفاءة عملية تحويل اللبن إلى جبن . يتأثر القوام والتركيب البنائى للجبن الناتج بتركيب اللبن والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى تمت فى صناعة الجبن . تعديل الصفات الطبيعية والكيمائية والميكروبيولوجية للبن الجبن يساعد على تحسين كفاءة العمليات التصنيعية المتبعة فى إنتاج الجبن لضمان إنتاج أنواع من الجبن تتميز بصفات خاصة بهذا النوع من الجبن مع صفات جودة مرتفعة . الشكل (١-٥) يبين خطوات صناعة الجبن بصفة عامة والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى يتعرض لها كل من اللبن والخثرة خلال عملية الإنتاج والتى تؤدى فى النهاية إلى ناتج ذات صفات جودة كيمائية وميكروبيولوجية وحسية جيدة تساعد على قابليته للأستهلاك مع حماية المستهلك من أى مخاطر صحية .

٢- اعداد اللبن فى صناعة الجبن

٢-١- استلام وتخزين اللبن

بعد اجراء الأختبارات الروتينية لأستلام اللبن عند وصوله إلى المصنع يتم تجميع اللبن فى خزانات كبيرة مبردة حيث يخزن اللبن فى معظم مصانع الجبن لفترات قصيرة أو طويلة تحت درجات حرارة منخفضة لتثبيط نمو الميكروبات وإطالة فترة حفظ اللبن طبقاً لنظام العمل والطاقة الإنتاجية للمصنع . ويعتبر تخزين اللبن من العمليات الهامة وخاصة فى المصانع الكبيرة حيث يخزن فى خزانات كبيرة تحت درجات حرارة منخفضة . وقد تجرى عملية تسوية اللبن بإضافة البادىء فى خزانات التخزين قبل نقله إلى أحواض تصنيع الجبن.

اللازمة ، خلط اللبن مع دفعات أخرى من إنتاج مزارع مختلفة ، تعديل تركيب اللبن وغيرها من المعاملات الأخرى الضرورية .



شكل ١-٥ : خطوات صناعة الجبن

يجب أن تكون الخزنات مصنوعة من مادة يسهل تنظيفها كما أن ملحقات الخزنات من مضخات وخطوط أنابيب لنقل وتوصيل اللبن يجب أن تكون مصممة بحيث

لا تكون مصدراً لتلوث اللين بالميكروبات . كما يجب أن تكون الخزانات معزولة لعدم فقد أو كسب حرارة والمحافظة على درجة حرارة اللين ثابتة طوال فترة التخزين ، وفى بعض الأحيان قد يكون ملحق بهذه الخزانات وحدات تبريد لتبريد محتوى هذه الخزانات . كما يجب أن تكون الخزانات مزودة بمقلبات لتقليب اللين فى هذه الخزانات لمنع صعود الدهن على السطح وتكوين طبقة القشدة .

وفى حالة الخزانات الكبيرة والتي تصل إلى ١٥٠٠٠ - ٢٥٠٠٠ جالون لبن فإنه يصعب تنظيفها باستخدام الطرق التقليدية لذلك يجب أن يزود بنظام التنظيف الميكانيكى (CIP) in-place cleaning system . يجب تنظيف الخزانات بعد كل تفريره وقبل إعادة ملئه باللبن حتى لا يحدث تلوث للدفعة الثانية من لبن الدفعة السابق تفريره من الخزان . ويجب شطف الخزانات بالماء بدرجة كافية لأزالة بقايا اللين ثم ينظف باستخدام محاليل تنظيف مناسبة ثم تشطف وتعقم . يجب عدم استخدام الحرارة فى معاملة الخزانات الكبيرة إلا فى حالة الضرورة لرفع كفاءة عملية التنظيف نظراً لأن جسم الخزان يكسب بعض الحرارة والتي يجب التخلص منها قبل ملأ الخزان باللبن البارد مرة أخرى . تعقيم هذه الخزانات بالبخار يجب أن تتم فقط فى حالات الضرورة لذلك حيث أن التعقيم بالكيميائيات هى الطريقة التقليدية فى هذا المجال .

عادة يحفظ اللين عند درجة ٥°م . حفظ اللين عند درجات أعلا من ذلك يؤدي إلى زيادة اعداد البكتريا بدرجة أسرع . فى اللين المخزن عند ٧°م فإن أعداد البكتريا بعد ٢٤ ساعة من المحتمل أن تصل إلى عدة أضعاف أعدادها إذا خزن عند ٢°م ، لذلك فإن درجة الحرارة المثلى لتخزين اللين ٤°م كما يتضح من جدول (١-٥) .

يجب أن تكون المقلبات قادرة على تقليب كمية اللين كلها من أعلا إلى أسفل لمنع تكوين طبقة القشدة ، لذلك فإن وضع واتجاه المقلب على جانب كبير من الأهمية . ولتجنب الأضرار التي تحدث للين نتيجة التقليب الزائد أثناء التخزين طول الليل فإنه يجب أن تعمل المقلبات أتوماتيكياً لفترات قصيرة متقطعة أفضل من التقليب المستمر . قد يستخدم التقليب باستخدام تيار هواء بارد فى بعض المصانع ، هذه الطريقة قد تحدث بعض الأكسدة للدهن وتسبب ارتفاع فى درجة الحرارة إذا كان الهواء دافئاً .

التقليب المناسب للين الجبن فى خزانات التخزين على جانب كبير من الأهمية لأنه عندما يوزع اللين الموجود فى الخزان على عدد من أحواض الجبن فإن لبن بعض الأحواض قد يكون نسبة الدهن فيه مرتفعة عن اللين فى الأحواض الأخرى . ويمكن أن يحدث ذلك عندما تستخدم خزانات التخزين فى تسوية اللين بالبداىء ثم يوزع على أكثر

من حوض من أحواض الصناعة بدون عناية كافية ، لأتمام التجهين وأستكمال خطوات الصناعة .

جدول ١-٥ : اعداد البكتريا فى اللبن عند درجات حرارة مختلفة

درجة الحرارة (م°)	عدد البكتريا (PC) عند ٢٤ ساعة
٠,٥	٧٢٠٠
٢,٠	٧٣٠٠
٤,٠	٧٥٠٠
٥,٥	٧٨٠٠
٧,٠	٩٠٠٠
٩,٠	١٥١٠٠
١٠,٥	٢٥٠٠٠
١٢,٠	٥٦٠٠٠

تجهين اللبن عند درجات حرارة منخفضة قد يؤثر على صناعة الجبن نتيجة التأثير الطبيعى على ذوبان بعض شقوق الكازين من جسيمات الكازين وكذلك تحلل الكازين والدهن بواسطة أنزيمات يكون مصدرها فى اللبن أساساً البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria وأيضاً من الخلايا السوماتية somatic cells أو من الدم .

اللبن المخزن عند ٤م° أو ٧م° يحتوى على نسبة مرتفعة من الكازين الذائب يكون أبطأ فى التجهين مع فقد أكبر من الدهن والخثرة (الدقائق الصغيرة من الخثرة) فى الشرش وخثرة أضعف ومحصول أقل مقارنة باللبن المخزن عند ١٠ - ٢٠م° ، مما يدل على أن الكازين الذائب قد لا يندمج فى شبكة الخثرة . تأثير التجهين على درجات حرارة منخفضة يمكن أستعادته جزئياً على الأقل وذلك بحفظ اللبن عند درجة ٦٠ - ٦٥م° الذى يؤدي إلى تقليل وقت التجهين وتحسين صفات الخثرة .

٢-١-١- تأثير البكتريا المقاومة للبرودة والمعاملة الحرارية

تجهين اللبن الخام فى خزانات أسطوانية كبيرة silos فى مصانع الألبان الكبيرة عند درجات حرارة بين ٦-١٠م° يشجع من نمو أنواع معينة من البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria . هذه البكتريا تستطيع أن تنمو عند درجات حرارة أقل من ٧م° بالرغم من أن درجات حرارة النمو المثلى لها تقع بين ٢٠-٣٠م° . توجد هذه

البكتريا فى خزانات اللبن المررد وتكون أساساً بكتريا سالبة لجرام من أجناس *Achromobacter, Pseudomonas, Enterobacter, Alcaligenes* لكن أمكن عزل بكتريا موجبة لجرام من جنس *Bacillus*. معظم البكتريا المقاومة للبرودة يقضى عليها باليسرة ولكنها تفرز أنزيمات خارج الخلايا تكون مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وقادرة على مقاومة اليسرة (HTST). أهم هذه الأنزيمات بالنسبة لصناعة الجبن هى أنزيمات البروتينيز والليباز التى تؤدى إلى تحلل كل من البروتين والدهن على التوالى .

ومن المعتقد أن أنزيمات البروتينيز المقاومة للحرارة تكون مسئولة عن انخفاض محصول الجبن نتيجة تحلل البروتين مما يسبب فقد مواد نيروجينية فى الشرش . فى صناعة الجبن الطرية وجد أن أعداد البكتريا المقاومة للبرودة 10^6 /cfu من اللبن تكون مسئولة عن انخفاض محصول الجبن بحوالى 5٪ نتيجة تحلل البروتين . فى صناعة جبن Cottage يكون الفقد فى المحصول محسوساً فقط عندما يصل العدد الكلى للبكتريا إلى 10^7 / cfu ويكون مرتبطاً بزيادة NPN الناتجة من تحلل البروتين . عندما تصل أعداد البكتريا إلى 10^8 / cfu فإن التحين يحدث بمعدل أكثر بطأً وتكون خثرة جبن Cottage أكثر طراوة ، كما أن هذا المستوى من نمو البكتريا يسبب فقداً كبيراً فى المحصول . نمو البكتريا المقاومة للبرودة فى اللبن تسبب أيضاً انخفاضاً كبيراً فى محصول جبن التشدر . ومع ذلك فإن أعداد البكتريا المقاومة للبرودة الموجودة فى اللبن الخام المخزن تحت الظروف العملية من غير المحتمل أن تسبب فقداً كبيراً فى المحصول . وقد وجد أن محصول جبن التشدر لا يتأثر بنمو البكتريا المقاومة للبرودة عند مستوى 10^6 /cfu /ملى ولكن أعداد أكبر تصل إلى 10^7 /cfu /ملى يسبب انخفاضاً فى محصول الجبن .

لتقليل نمو البكتريا المقاومة للبرودة أثناء تخزين اللبن لصناعة الجبن فإنه يمكن تعريض اللبن لمعاملة حرارية أو تخزينه عند درجة حرارة أقل من 6°C . جبن التشدر المصنوعة من اللبن خزن عند 2°C لمدة 4 أيام يحتوى على صفات طعم أفضل من الجبن المصنوع من لبن خزن عند 6°C والتخزين عند درجات حرارة أقل لا يسبب انخفاضاً فى محصول الجبن . أنزيمات الليباز الناتجة من البكتريا المقاومة للبرودة التى تقاوم اليسرة قد تسبب زناخة rancidity فى جبن التشدر ، فى الجبن الهولندية وجبن الكمبر .

بالإضافة إلى التغيرات فى ميكروفلورا اللبن نتيجة التخزين تحت درجات التبريد فإنه قد يحدث تغيرات طبيعية - كيميائية فى الكازين . الكازين المتكون فى خلايا الغدد الثديية يوجد فى صورة ذائبة وفى صورة جسيمات . أثناء التخزين عند درجات حرارة منخفضة يزيد تركيز الكازين الذائب والذى يؤدى إلى انخفاض فى محصول الجبن ولكن وجد أن

تعريض اللبن لمعاملة حرارية قبل صناعة الجبن يمكن أن يقلل من هذا التأثير .
 عموماً فإن انخفاض محصول الجبن نتيجة أطالة فترة التخزين المراد اللبن يمكن تجنبه
 بمعاملة اللبن حرارياً thermization قبل التبريد والتخزين . التسخين إلى 74°C لمدة ١٠
 ثوان يؤدي إلى زيادة في محصول الجبن بحوالي ٥٪ بعد تخزين اللبن على درجة 3°C لمدة ٧
 أيام . تسخين اللبن لدرجة 65°C لمدة ١٥ ثانية قبل التخزين يحافظ على مستوى البكتريا
 المقاومة للبرودة عند مستويات مقبولة لمدة ٣ أيام متتالية . تخزين اللبن لفترات أطول أو
 تعريض اللبن لمعاملات حرارية أقل يؤدي إلى فقد في المحصول والجودة . وجد أن محصول
 جبن الأيدام واللامبرجر قد ارتفع بحوالي ١,٥ - ٢٪ بالتسخين لدرجة 73°C لمدة ٣٠
 ثانية والتبريد إلى حوالي ٨ - 10°C ثم إعادة التسخين لدرجة 67°C لمدة ٣٠ ثانية قبل
 التبريد طول الليل والبسترة . لذلك فإن تسخين اللبن قبل التخزين تحت درجات حرارة
 منخفضة قد يساعد على بقاء البكتريا المقاومة للبرودة عند مستوى أقل من المستويات التي
 تسبب مشاكل في صناعة الجبن ، خاصة إذا كان درجة حرارة التخزين عند $6 - 7^{\circ}\text{C}$
 بدلاً من 2°C . كما يحتمل أيضاً أن المعاملة الحرارية الأكثر ارتفاعاً قد تؤدي إلى تحسين
 الجودة الميكروبيولوجية أكثر من حدوث تفاعل بين بروتينات الشرش والكازين .

٢-٢- الترشيح

تحصل مصانع الجبن على ما تحتاجه من ألبان من مصادر مختلفة تختلف في درجة
 جودة ونظافة ألبانها . وقد تحتوي هذه الألبان على أوساخ وشوائب وبعض المواد الغريبة
 التي قد تصل إلى اللبن من البيئة المحيطة بعملية الإنتاج (الجو ، الحيوان ، العمال ، الأدوات
 المستعملة في الإنتاج ، العليقة....) لذلك يجب أن يمر اللبن خلال مرشحات لإزالة هذه
 الأوساخ والشوائب المرئية . تتميز عملية الترشيح filtration بالسهولة والبساطة وقلة
 التكاليف وعادة يستخدم قطن أو قماش ترشيح ضيق الثقوب مناسباً لإزالة الشوائب
 والأوساخ المرئية ولكنها لا تزيل كرات الدم البيضاء التي قد تكون موجودة في اللبن
 طبيعياً وقد تجرى عملية ترشيح اللبن على البارد أو الساخن . ويفضل كثير من المعامل
 عملية ترشيح اللبن على البارد حيث لا يلزم عملية تسخين لرفع درجة حرارة اللبن قبل
 الترشيح مما يؤدي إلى تقليل التكاليف كما أن كثير من الشوائب والمواد الغريبة توجد على
 غير ذائبة على درجة حرارة منخفضة وبذلك يسهل فصلها بالترشيح . قد تلجأ المصانع إلى
 تدفئة اللبن قبل عملية الترشيح إذا كانت نسبة الدهن في اللبن ٤٪ أو أعلا لزيادة سرعة
 أنسياب اللبن خلال المرشحات .

من الضروري تغيير قماش أو قطن الترشيح من وقت لآخر أثناء عملية الترشيح لأستمرار كفاءة عملية الترشيح . فى المصانع الكبيرة يفضل وجود وحدتين على الأقل لضمان عدم توقف العمل أثناء تغيير قماش الترشيح . وقد وجد أن الترشيح لا يؤثر على عدد البكتريا فى اللبن لذلك فإن عملية الترشيح تعتبر عملية تنظيف للبن cleaning milk .

٢-٣- التنقية

المنقيات clarifiers عبارة عن أجهزة تعمل على إزالة الشوائب والقاذورات التى يصعب إزالتها فى عملية الترشيح بأستخدام قوة الطرد المركزى عند سرعة ٦٠٠٠ دورة فى الدقيقة أو أعلا . تزيل المنقيات جميع الشوائب الدقيقة الموجودة فى اللبن التى يكون وزنها النوعى أعلا من ١,٠٣٢ (أى أعلا من كثافة اللبن) وتشمل القاذورات والخلايا وبجمايع البكتريا الكبيرة clumps .

تشبه المنقيات فرازات اللبن ما عدا المخروط bowl حيث تتميز أقراص المنقى بأن قطرها يكون أصغر وبذلك يحتوى المنقى على مساحة أكبر تتراكم فيه القاذورات والشوائب الموجودة فى اللبن . الثقوب التى توجد فى الأطباق لتوزيع اللبن تكون قريبة من حوافها بينما فى حالة الفراز تكون قريبة من مركز الأطباق كما توجد فتحة واحدة لخروج اللبن بعد تنقيته بخلاف الفراز حيث توجد فتحتان أحدهما لخروج القشدة والأخرى لخروج اللبن الفرز .

يدخل اللبن عند درجة حرارة ٣٢-٣٨°م إلى مخروط المنقى من نقطة قريبة من حواف الأطباق ويدفع إلى الداخل فى اتجاه رأسى بين الأقراص حيث تنفصل المواد الغريبة التى تكون أثقل من مكونات اللبن بتأثير قوة الطرد المركزى إلى الحيز الخارجى للأطباق حيث تتراكم وتكون ما يعرف بحول المنقى slime الذى يتكون من المواد الغريبة فى اللبن ، البروتين ، الدهن ، فوسفات الكالسيوم وغيرها من الأملاح المعدنية وكرات الدم البضاء والبكتريا (جدول ٢-٥) . تختلف كمية وحل المنقى باختلاف كمية المواد الغريبة ، مرحلة الحليب ، حموضة اللبن ، درجة حرارة التنقية ومدة عملية التنقية .

تقوم عملية التنقية بالتخلص من كرات الدم البضاء والبكتريا بدرجة كبيرة وقد وجد أن عدد كرات الدم البضاء تختلف من ١,٣ - ٣ مليون لكل جرام من وحل المنقى بمعدل أنخفاض يصل إلى حوالى ٤٠٪ فى اللبن . كما وجد أن عدد البكتريا فى وحل المنقى يتراوح من ٩٠٠ إلى ٧٥٠ مليون/جرام .

توجد عدة طرق لإزالة البكتريا بأستخدام قوة الطرد المركزى . فقد وجد أن التنقية

عند سرعة عالية (٢٠,٠٠٠ لفة في الدقيقة) يؤدي إلى إزالة ٨٥ - ٩٣٪ من عدد البكتريا في اللبن ويتوقف ذلك على نوع البكتريا الموجودة . تختلف كثافة البكتريا من ١,٠٧ إلى ١,١٣ التي تؤثر على نسبة التخلص من نوع معين من البكتريا .

جدول ٢-٥ : متوسط تركيب وحل المنقى

(%)	(%)	
	٧٣,٢	الرطوبة
١٣,٦ - ٢,٤	٣,٣	الليبيدات
٦٦,٠ - ٥٢,٠	١٧,٨	البروتين
	٢,٦	مواد صلبة عضوية
١٣,٦ - ٩,٧	٣,٠	الرماد

حجم القاذورات التي يتم إزالتها في عملية التنقية تكون أكبر حجماً من التي أزيلت في عملية الترشيع من نفس حجم اللبن مما يدل على كفاءة عملية التنقية في إزالة الشوائب والقاذورات . ومع ذلك فإن عملية التنقية غير اقتصادية من حيث الإنشاء والتشغيل لذلك فإن كثير من المصانع لا يلجأ إلى التنقية إلا في حالات الضرورة .

تؤدي عملية التنقية إلى تفتيت كتل البكتريا bacterial clumps في اللبن مما يؤدي إلى ارتفاع أعداد البكتريا في اللبن مقارنة باللبن قبل التنقية بالرغم من عدم وجود زيادة حقيقية في أعداد البكتريا . ومع ذلك فإن البعض يعتقد أن عملية التنقية تحسن من نمو البكتريا حيث تكون الظروف أفضل لنمو البكتريا بعد تفتيت تجمعاتها التي تعمل على زيادة الحموضة في اللبن حيث يتخمّر اللبن وينجّن بدرجة أسرع من اللبن غير المنقى مما دفع كثير من صانعي الجبن إلى عدم استخدام التنقية للبن في صناعة الجبن . ومع ذلك فقد تم تطوير فكرة المنقى إلى ما يعرف " Bactofuge " الذي يعمل على إزالة البكتريا باستخدام قوة الطرد المركزي وتعرف هذه العملية بالـ " Bactofugation " .

الهدف من هذه العملية هو التخلص من البكتريا والجراثيم الموجودة في اللبن وقد استخدمت هذه العملية بنجاح في صناعة الجبن . الجدول (٣-٥) يوضح تأثير عملية bactofugation على إزالة البكتريا المختلفة من اللبن .

يعمل bactofuge على الأساس الذي يعمل عليه المنقى عند سرعة ٦٠٠٠ دورة في الدقيقة وتستخدم درجة حرارة ٥٦ - ٥٧°م . يستخدم bactofugation في تحسين

الجودة الميكروبيولوجية للبن ويستفاد من ذلك فى صناعة الجبن من اللبن الخام . كما يمكن استخدام هذه العملية فى التخلص من جراثيم *C.tyrobutyricum* . هذه العملية تودى إلى خفض أعداد الجراثيم بدرجة كبيرة حيث يمكن أن تصل أعدادها إلى حوالى ٣٪ من العدد الأصى . راسب *bactofuge* والذى يعرف بالـ *bactofugate* يحتوى على الجراثيم وكذلك الكازين (٢,٥٪ من بروتين اللبن) الذى يودى إلى خفض فى محصول الجبن يصل إلى ٦٪ . لذلك فإن هذا الراسب يتم تعقيمه أو تعريضه لمعاملة حرارية تعادل UHT للقضاء على الجراثيم ثم يضاف مرة أخرى إلى اللبن دون أن يؤثر على جودة الجبن ، الدنترة المصاحبة لبروتينات السريم تكون بدرجة بسيطة مقبولة لا تؤثر على صفات الجبن الناتج .

جدول ٣-٥ : نسبة الانخفاض فى اعداد البكتريا المختلفة فى اللبن نتيجة عملية *Bactofugation*

% للانخفاض		
فى اللبن المبستر	فى اللبن المبستر بعد <i>bactofugation</i>	
٩٩,١٧	٩٩,٨٣	العدد الكلى للبكتريا
١٣,٠٠	٧٧,٠٠	عدد البكتريا المتجرمة الهوائية
صفر	٧٩,٠٠	عدد البكتريا المتجرمة اللاهوائية

فى بعض المصانع قد تتم عملية *bactofugation* بأستخدام جهازين *bactofuge* لزيادة كفاءة هذه العملية فى إزالة البكتريا المتجرمة حيث يتم إزالة ٩٠٪ من البكتريا الموجودة فى اللبن بالجهاز الأول ثم يمرر اللبن بعد ذلك إلى الجهاز الثانى حيث يزيل ٩٠٪ من البكتريا المتبقية فى اللبن (التي تمثل ١٠٪ من البكتريا فى اللبن قبل عملية *bactofugation*) أى أن هاتين العمليتين تزيل ٩٩٪ من البكتريا وتعتبر هذه العملية ضرورية وناجحة فى صناعة الجبن واللبن المعقم إلا أنها عملية مكلفة .

٢-٤-التجنيس

تودى عملية تجنيس اللبن *homogenization* إلى تفتيت حبيبات الدهن إلى حبيبات أصغر فى الحجم من حوالى ٤ ميكرون إلى أقل من ١ ميكرون حيث يكون حوالى ٨٥٪ من حبيبات الدهن فى اللبن أقل من ٢ ميكرون (من ٢ إلى ٠,٠٢ ميكرون) مع زيادة فى مساحة سطح حبيبات الدهن تصل إلى ١٠ أضعاف على الأقل . التجنيس لا يودى إلى القضاء على الميكروبات وإنما يودى إلى تفتيت كتل البكتريا مما يودى إلى نمو أسرع

للبكتريا في اللبن بعد التجنيس لذلك يحتاج الأمر إلى معاملة حرارية مناسبة بعد التجنيس لضمان عدم حدوث تغيرات غير مرغوبة في اللبن وأيضاً لأتلاف أنزيم الليباز حتى لا يحدث تحلل الدهن وظهور طعم زنخ .

يسبب تجنيس اللبن تغيرات في الصفات الطبيعية للكازين تؤدي إلى إنتاج خثرة ضعيفة لذلك يفضل فرز اللبن إلى لبن فرز وقشدة ٢٠-٢٥% دهن حيث يتم تجنيس القشدة بمفردها ثم تعاد خلطها إلى اللبن الفرز مما يساعد على تكوين خثرة أكثر صلابة وعادة تجرى عملية التجنيس على درجة ٦٨-٧٠ م° .

بالرغم من أن عملية التجنيس قد تؤدي إلى زيادة ملموسة في تكاليف عمليات صناعة الجبن إلا أنها تعتبر ضرورية في صناعة بعض أنواع من الجبن لضمان صفات معينة في الناتج النهائي كما في الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese حيث أن التجنيس يسرع من تحلل الدهن أثناء التسوية وأكساب الجبن الطعم الحريف المميز لها . بالإضافة إلى ذلك فإن عملية التجنيس تعتبر ضرورية ومفيدة في صناعة جبن القشدة Cream cheese وبعض أنواع من الجبن الطرية حيث تكون نعومة الجبن من الصفات الهامة .

يؤدي تجنيس اللبن إلى إنتاج خثرة أكثر نعومة عند مستوى معين من الدهن مع فقد أقل من الدهن في الشرش . الجدول (٤-٥) يوضح تأثير التجنيس على حجم حبيبات الدهن وتركيب الجبن وفقد الدهن في الشرش .

جدول ٤-٥ : تأثير التجنيس على حجم حبيبات الدهن ، تركيب الجبن وفقد الدهن في الشرش

الضغط المستخدم في التجنيس		غير مجنس	عدد حبيبات الدهن المقامة
٢٥٠٠ رطل/بوصة ^٢	٤٥٠٠ رطل/بوصة ^٢		
٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	متوسط حجم حبيبات الدهن بالميكرون
٠,٩٧	١,٥٦	٣,٨٨	تركيب الجبن
ناعم جداً	ناعم	عشن	% الدهن المفقود في الشرش
٠,٠٥	٠,٠٨	٠,٩٨	

هذا بالإضافة إلى أن التجنيس يؤدي إلى خفض قوة تماسك الخثرة curd tension نتيجة زيادة عدد حبيبات الدهن التي تمثل نقط ضعيفة في الخثرة وكذلك إلى زيادة أدمصاص الكازين على سطح حبيبات الدهن بعد التجنيس مع ارتفاع قدرة الخثرة على الاحتفاظ بالرطوبة .

ومن الأمور الهامة استخدام الضغط المناسب فى تجنيس اللبن لصناعة الجبن . استخدام ضغط مرتفع جداً يؤدي إلى تقليل فقد الدهن ولكن قد يؤدي أيضاً إلى تقليل مطاطية الخثرة وطرده الشرش بمعدل أبطأ .

فى صناعة جبن التشدر من لبن مجنس كان محصول الجبن أعلا نتيجة لزيادة فى قدرة الخثرة على الإحتفاظ بالرطوبة وأنخفاض معدل فقد الرطوبة بالبحر وكذلك أنخفاض معدل تسرب الدهن من الخثرة ولكن كانت درجات التحكيم متماثلة مع الجبن الناتج من لبن غير مجنس .

وعموماً فإن تجنيس اللبن المستخدم فى صناعة الجبن يؤدي إلى :-

- أ - خفض فقد الدهن فى الشرش وبالتالي زيادة محصول الجبن .
- ب - سرعة ظهور صفات الطعم المميز فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese الذى يعتمد على تحلل الدهن .
- ج - تحسين صفات تركيب texture الجبن الطرية ، جبن القشدة ، الجبن المعرقة بالفطر بإنتاج خثرة أكثر نعومة وأكثر ثباتاً .
- د - إنتاج جبن ذات لون أكثر بياضاً من اللبن البقرى مماثل فى مظهرها للجبن الناتج من لبن الغنم أو الماعز .

٢-٥-٥- معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز

بالرغم من أن استخدام فوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز H_2O_2 -catalase treatment فى معاملة اللبن مسموح به فى صناعة الجبن فإنه نادراً ما تستخدم على نطاق تجارى . ويمكن استخدامه كبديل للبيسترة خاصة فى المناطق التى لا يتوفر فيها وسائل التسخين والتبريد ويتميز H_2O_2 بأنه غير شديد السمية بالإضافة إلى رخص ثمنه وسرعة التخلص منه باستخدام أنزيم الكتاليز الذى يحلله إلى ماء وأكسجين وعادة يضاف إلى اللبن بنسبة ٠,٥ إلى ٠,٨ ٪، ويترك لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة على درجة حرارة ٣٠°م للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة ثم يضاف بعد ذلك كمية كافية من الكتاليز لاتلاف المتبقى منه فى اللبن .

بالرغم من أن استخدام H_2O_2 غير مسموح به فى بعض الدول مثل الولايات المتحدة كبديل للبيسترة حيث أنها لا تقضى على الميكروبات المرضية إلا أنه مسموح باستخدامه كيمييد للبكتريا bactericidal فى اللبن فى صناعة جبن التشدر بأنواعه المختلفة والجبن السويسرية . استخدام H_2O_2 فى اللبن يسمح بنمو بكتريا حمض اللاكتيك ولا

يؤدي إلى أتلاف أنزيمات الليبيز والبروتينيز في اللبن . البكتريا المتجرمة الهوائية أكثر مقاومة نسبياً وبكتريا حمض اللاكتيك أقل مقاومة بينما بكتريا القولون غير مقاومة للمعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين حيث يتم القضاء عليها .

يستخدم H_2O_2 في صورة محلول مركز ويجب أن يكون مطابق للمواصفات التي تسمح باستخدامه في الأغذية ، يجب أن لا يزيد فيه الزرنيخ عن ٢ جزء في المليون والمعادن الثقيلة عن ٥ جزء في المليون . الككائيز المستخدم لتحليل الزيادة من H_2O_2 في اللبن ، يجب أن ينتج من كبد العجول ويخضع للفحص بواسطة الأخصائين البيطريين ، ويجب ألا تقل فوته عن ١٠٠ وحدة كيل Keil (١ مل يحلل ١٠٠ جرام من H_2O_2 تحت ظروف قياسية). أن تكون كمية الككائيز المضافة لا تزيد عن ٢٠٠ جزء في المليون من وزن اللبن. يجب تسخين اللبن المراد معاملته إلى درجة ٥٢°م ثم يضاف H_2O_2 بالتركيز المطلوب (لا يزيد عن ٠.٠٠٥٪ من وزن اللبن) ثم يبرد اللبن إلى درجة حرارة التفتيح (أضافة المنفحة) $٣٠-٣٥^\circ\text{م}$ ويضاف إليه أنزيم الككائيز بمعدل ١٠ مل لكل كجم من ٣٥% H_2O_2 تم أضافته . يختبر اللبن بعد ١٠ دقائق لوجود أى بقايا من H_2O_2 وذلك بإضافة ٣ نقاط من محلول طازج من يوديد البوتاسيوم (٢٥٪) إلى ١٠ مل لبن معامل ، ظهور لون أصفر يدل على وجود H_2O_2 . يجرى هذا الأختبار كل ٥ دقائق من أضافة أنزيم الككائيز حتى يتأكد من أختفاء H_2O_2 من اللبن . وجود بقايا من أنزيم الككائيز لا يسبب مشاكل في صناعة الجبن ولا يسبب عيوباً في الناتج النهائي . استخدام H_2O_2 بكميات زائدة يؤدي إلى إنتاج جبن مرتفع الرطوبة يحتوي على طعم مر bitter .

وقد تم معاملة اللبن فى صناعة الجبن السويسرية بإضافة H_2O_2 بتركيز ٢٥ جم/١٠٠ لتر لبن على درجة $٥٠-٥٥^\circ\text{م}$ مع إضافة أنزيم الككائيز بعد ٢٠-٤٠ دقيقة من أضافة H_2O_2 ثم تبريده إلى $٣٥-٣٨^\circ\text{م}$ لتصنيعه إلى هذا النوع من الجبن وقد تميز الجبن الناتج بصفات جيدة من حيث القوام والتركيب والطعم مقارنة بالجبن الناتج من اللبن المبستر أو الخام مع ضرورة زيادة نسبة البادىء المضاف مع السمط على درجات حرارة أعلا من العادية .

وفى صناعة الجبن التشدر وجد أن معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين قد ساعد الجبن على الأحتفاظ بنسبة أعلا من الرطوبة مما أدى إلى زيادة التصافى وأنخفاض فترة التسوية مع ظهور بعض العيوب فى الجبن الناتج كأرتفاع الحموضة وظهور الطعم المرع قوام ضعيف . وقد أستخدم H_2O_2 والككائيز فى معاملة لبن جاموسى يحتوي على ٤٪ هن لأنتاج جبن دمياطى حيث تم إضافة ٠.٠٠٢% H_2O_2 لمدة ٦٠ ثانية أو ٠.٠٠٥% H_2O_2 لمدة

٣٠ ثانية على درجة ٣٧-٥٢°م ثم أضيف أنزيم الكاليز للتخلص من بقايا H_2O_2 ، وقد وجد أن الجبن الناتج يتميز بجودة أفضل بالمقارنة بالجبن الناتج من لبن ميسر مع وجود الطعم المتميز في الجبن بالإضافة إلى زيادة طراوة الخثرة وارتفاع الرطوبة وكذلك محصول الجبن .

٢-٦-٦- تعديل تركيب اللبن

تحدد المواصفات القياسية للجبن الحد الأدنى من الدهن في المادة الجافة والحد الأقصى لنسبة الرطوبة في الجبن ولضمان إنتاج جبن مطابق للمواصفات فإنه قد يجري تعديل في تركيب اللبن *standardization of milk* ليحتوى على نسبة معينة من الدهن لينتج محتوى من الدهن في المادة الجافة في الجبن الناتج . عموماً يرتبط الدهن بالكازين في اللبن ولكن الزيادة في الدهن تكون أسرع منه في الكازين لذلك فإن تعديل نسبة الكازين إلى الدهن في لبن الجبن يؤدي إلى إنتاج جبن يحتوى على نسبة معينة من الدهن في المادة الجافة . تهدف عملية تعديل تركيب اللبن إلى :

أ - تقليل أو التخلص من الاختلافات الموسمية في تركيب اللبن لضمان إنتاج جبن موحد الجودة .

ب- تسهيل إنتاج جبن مطابق للمواصفات القانونية من حيث نسبة الدهن في المادة الجافة .

ج- تعظيم الاستفادة من جوامد اللبن في صناعة الجبن .

د - إكساب الجبن صفات تركيب معينة مرغوبة .

يمكن إجراء عملية تعديل تركيب اللبن بإزالة الدهن من اللبن الكامل ، إضافة لبن فرز سائل ، لبن فرز مجفف أو قشدة إلى اللبن الكامل . لإنتاج جبن تشدر موحد الجودة على مدار السنة ، يجب تعديل نسبة الكازين إلى الدهن بحيث تكون ٦٩ ، إلى ٠,٧١ : ١ . تعديل تركيب اللبن قد يحسن أيضاً من مستوى احتجاز الدهن في الخثرة وبالتالي يحسن من كفاءة صناعة الجبن

٢-٦-١- محصول الجبن

يتوقف محصول الجبن الناتج من كمية معينة من اللبن على محتواه من الدهن والكازين. ينخفض محصول الجبن بانخفاض نسبة الدهن وقد يرجع ذلك إلى انخفاض نسبة البروتين بالنسبة للدهن . تقل قدرة الجبن على الاحتفاظ بالرطوبة في وجود كازين أقل

فى اللبن مما يؤدى إلى خفض محصول الجبن الناتج . وقد وجد أنه عندما يصنع جبن تشدر من لبن مبستر يحتوى على دهن حتى ٤٪ يؤدى إلى الحصول على محصول أكبر من الجبن نتيجة لزيادة قدرة الجبن على الاحتفاظ بالرطوبة

توجد علاقة طردية بين محتوى اللبن من الدهن والكازين و محصول الجبن الناتج حيث يكون كل من الدهن والكازين معظم المادة الجافة فى الجبن ، لذلك فإنه يمكن حساب محصول الجبن بمعرفة تركيب اللبن ونسبة الرطوبة فى الجبن الناتج . وقد وجد أن حوالى ٩١-٩٣٪ من دهن اللبن تحتجز فى الخثرة كما أن حوالى ٠,١ كجم كازين يوجد فى الشرش الناتج من ١٠٠ كجم لبن وتساهم المكونات الأخرى وكذلك الملح المضاف إلى الجبن بحوالى ٩٪ من وزن الدهن والكازين المحتجز فى الجبن لذلك فإنه يمكن حساب محصول الجبن الناتج من ١٠٠ كجم لبن من المعادلة الآتية :

$$\text{محصول الجبن (كجم/١٠٠ كجم لبن)} = \frac{١,٠٩ \times (٠,١ - ك + ٠,٩٣)}{م - ١}$$

حيث أن :

د = كمية الدهن (كجم/١٠٠ كجم لبن)

ك = كمية الكازين (كجم / ١٠٠ كجم لبن)

م = كمية الماء (كجم/١٠٠ كجم جبن)

أى أن محصول الجبن الناتج من ١٠٠ كجم لبن به ٤٪ دهن ، ٢,٥٪ كازين إذا كانت نسبة الرطوبة فى الجبن الناتج ٣٧٪ يكون على النحو التالى :

$$\text{محصول الجبن} = \frac{١,٠٩ \times (٠,١ - ٢,٥ + ٤ \times ٩٣)}{٠,٧٣ - ١} = \frac{١,٠٩ \times ٦,١٢}{٠,٦٣} = ١٠,٦ \text{ كجم}$$

٢-٦-٢- طرق تعديل تركيب اللبن

ونظراً لأن الماء ، الدهن والمادة الجافة (البروتين والأملاح) تكون ثابتة فى كثير من أنواع الجبن فإنه من الضرورى إجراء تعديل فى تركيب اللبن لإنتاج نسب من مكونات اللبن ضرورية للالتزام بهذه المواصفات مع المحافظة على جودة الجبن وقابليتها للأستهلاك . ونظراً لأن هذه المواصفات تحدد الحد الأقصى لكمية الماء والحد الأدنى لكمية الدهن فى المادة الجافة فإنه يجب على صانع الجبن أن يعمل فى حدود الحد الأدنى

والأقصى المنصوص عليهما لضمان جودة الجبن الناتج ومطابقته للمواصفات . قد يجرى تعديل تركيب اللبن في صناعة الجبن في بعض الدول بالنسبة للدهن كضرورة اقتصادية وأيضاً لأهداف صحية في بعض الحالات أو تجرى لإنتاج جبن مطابق للمواصفات في الدول التي يوجد بها مواصفات لهذه الجبن من حيث نسبة الدهن وتهدف عملية تعديل تركيب اللبن أساساً لإنتاج مستوى ثابت من الدهن في المادة الجافة وكذلك نسبة الرطوبة وقد وجد أن نسبة الكازين إلى الدهن المثالية في اللبن لتعطي أفضل محصول وجودة لجبن التشدر هي ٧،٠ : ١ ، أى أن التركيب المثالي للبن المستخدم في صناعة جبن التشدر هو أن يحتوى على ٣٪ دهن ، ١،٢٪ كازين . وللوصول إلى هذا الهدف فإنه يجب إجراء تعديل في تركيب اللبن بحيث يحتوى نسبة كازين / دهن تضمن إنتاج جبن مطابق للمواصفات .

تهدف عملية تعديل تركيب اللبن أساساً إلى إنتاج مستوى ثابت من الدهن على أساس أن البروتين في اللبن ثابت وتستخدم الطرق التالية في التعديل :

في حالة لبن مرتفع في نسبة الدهن . يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية :

أ. إضافة لبن فرز .

ب. إضافة لبن منخفض في الدهن .

ج. فرز جزء من اللبن ثم إضافة اللبن الفرز الناتج إلى باقى اللبن المرتفع في نسبة الدهن .

د. استخدام فراز خاص standardizing centrifuge لنزع كمية كافية من القشدة من اللبن بحيث عندما يخلط اللبن الفرز الناتج مع بقية اللبن يمكن الحصول على نسبة الدهن المطلوبة .

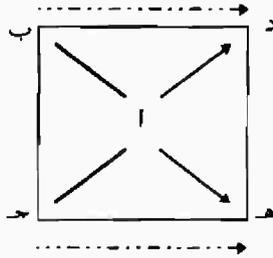
٢. في حالة لبن منخفض في نسبة الدهن . يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية :

أ. إضافة قشدة .

ب. إضافة لبن مرتفع في الدهن .

ج. فرز جزء من اللبن وإضافة القشدة الناتجة إلى باقى اللبن المنخفض في الدهن.

كما يمكن تعديل تركيب كميات صغيرة من اللبن أما بنزع قشدة أو إضافة لبن فرز أو قشدة باستخدام طريقة مربع بيرسون Pearson's square وذلك لمعرفة كمية كل من اللبن والقشدة الواجب خلطها لإنتاج لبن يحتوى على نسبة الدهن المرغوبة . والرسم التخطيطي التالى لمربع بيرسون يوضح طريقة الحساب .



حيث أن :

أ = نسبة الدهن المطلوبة في اللبن الناتج .

ب = نسبة الدهن في القشدة المستعملة في تعديل تركيب اللبن .

ج = نسبة الدهن في اللبن الفرز المستعمل في تعديل تركيب اللبن .

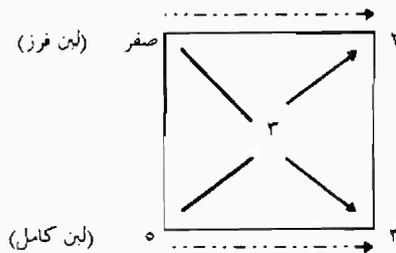
د = عدد أجزاء القشدة (بالوزن) الواجب خلطها باللبن الفرز = أ-ج

هـ = عدد أجزاء اللبن الفرز (بالوزن) الواجب خلطها بالقشدة = ب-أ

ويخلط د+هـ لينتج كمية اللبن التي تحتوي على نسبة الدهن المرغوبة .

وعند استعمال مربع بيرسون في التعديل يجب أن يكون (ج) أقل من (أ) بينما (ب) أكبر من (أ) والعكس صحيح أى يجب أن تكون نسبة الدهن في أحد المنتجين المستخدمين في التعديل أعلا من نسبة الدهن المطلوبة في اللبن الناتج بعد الخلط بينما تكون نسبة الدهن في المنتج الآخر المستخدم في التعديل أقل من نسبة الدهن المطلوبة في اللبن الناتج بعد الخلط .

مثال : ٣٠٠ كجم لبن به ٥٪ دهن مطلوب تعديل تركيبه بحيث تكون نسبة الدهن في اللبن الناتج ٣٪ وذلك باستخدام لبن فرز .



من مربع بيرسون يتضح أن كل ٣ كجم لبن ٥٪ دهن يجب أن تخلط مع ٢ كجم لبن فرز

∴ ٣٠٠ كجم لبن ٥٪ دهن يجب أن تخلط مع ٣ لبن فرز

$$\therefore \text{س} = \frac{٢ \times ٣٠٠}{٣} = ٢٠٠ \text{ كجم لبن فرز}$$

البرهان :

كمية اللبن الكلية = ٣٠٠ + ٢٠٠ = ٥٠٠ كجم لبن به ٣٪ دهن

كمية الدهن في اللبن = $\frac{٥}{١٠٠} \times ٣٠٠ = ١٥$ كجم

∴ نسبة الدهن في اللبن بعد الخلط = $\frac{١٥}{٥٠٠} = ٣٪$

كما يمكن تعديل تركيب اللبن بحساب كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها للوصول إلى النسبة المرغوبة من الكازين إلى الدهن في اللبن باستخدام المعادلة التالية :

$$\frac{\left[\text{كمية اللبن الكامل} \times \frac{\% \text{ كازين}}{١٠٠} + \text{كمية اللبن الفرز} \times \frac{\% \text{ كازين}}{١٠٠} \right]}{\% \text{ للدهن في اللبن الكامل} \times \text{كمية اللبن}} = \text{نسبة الكازين/الدهن}$$

مثال : ١٠٠٠ كجم لبن به ٤,٥٪ دهن ، ٢,٧٪ كازين . مطلوب تعديل نسبة الكازين إلى الدهن إلى ٠,٧ باستخدام لبن فرز به ٢,٨٣٪ كازين . عند تطبيق المعادلة السابقة نجد أن

$$\frac{\text{س} \times \frac{٢,٨٣}{١٠٠} + ١٠٠٠ \times \frac{٢,٧}{١٠٠}}{١٠٠٠ \times \frac{٤,٥}{١٠٠}} = ٠,٧$$

$$\frac{\text{س} \times ٠,٠٢٨٣ + ١٠٠٠ \times ٠,٠٢٧}{١٠٠٠ \times ٠,٠٤٥} = ٠,٧$$

$$\text{س} \times ٠,٠٢٨٣ + ١٠٠٠ \times ٠,٠٢٧ = ١٠٠٠ \times ٠,٠٤٥ \times ٠,٧$$

$$\text{س} \times ٠,٠٢٨٣ = ١٠٠٠ \times ٠,٠٢٧ - ١٠٠٠ \times ٠,٠٤٥ \times ٠,٧$$

$$\text{س} \times ٠,٠٢٨٣ = ١٠٠٠ \times ٠,٠٤٥$$

$$\therefore \text{س} = \frac{١٠٠٠ \times ٠,٠٤٥}{٠,٠٢٨٣} = ١٥٩ \text{ كجم}$$

∴ كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها إلى اللبن لتعديل نسبة الكازين/الدهن إلى ٠,٧ =

١٥٩ كجم

ويمكن إجراء هذه الحسابات بطريقة أخرى أكثر تبسيطاً

$$\text{نسبة الكازين/الدهن في اللبن المعدل} = \frac{\text{كمية الكازين في اللبن}}{\text{كمية الدهن في اللبن}} = \frac{\text{م}}{\frac{\text{م}}{1000 \times 45}} = \frac{0,7}{1}$$

∴ م (كمية الكازين) = 0,7 × 450 = 31,5 كجم

اللبن الفرز المستخدم في تعديل تركيب اللبن يحتوي على 2,83% :

∴ كل 100 كجم لبن فرز يحتوي على 2,83 كجم كازين

∴ م لبن فرز يحتوي على 31,5 كجم كازين

$$\text{∴ م (كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها)} = \frac{100 \times 31,5}{2,83} = 109 \text{ كجم}$$

تعديل نسبة الدهن إلى البروتين في اللبن لصناعة الجبن يمكن حسابها إذا كانت نسبة الكازين في اللبن معروفة . نسبة الكازين إلى الدهن في لبن جبن التشدر هي 0,7 : 1 لذلك فإذا كانت نسبة الكازين 2,1% في اللبن فإن نسبة الدهن اللازمة هي $\frac{0,7}{2,1}$ = 3,0% دهن . يمكن حساب كميات اللبن باستخدام طريقة مربع بيرسون .

استخدام خزانات اللبن الكبيرة الأسطوانية silo يجعل عملية التعديل أقل تعقيداً حسابياً ، كما أنها أقل تعقيداً عملياً عندما يتم تعديل اللبن إلى نسبة دهن أقل من خلال استخدام فرازات قياسية standardizing centrifuge التي تقوم بفرز اللبن لفصل الزيادة من الدهن في صورة قشدة من خلال صمام تحكم control valve الذي يمكن ضبطه مسبقاً لاستخلاص كمية معينة من القشدة . تعديل تركيب اللبن إلى نسبة أعلا من الدهن عادة لا يكون ضرورياً لكن تتم هذه العملية بإضافة قشدة إلى اللبن الخام أو أستبعاد كمية من اللبن الفرز .

إضافة قشدة إلى اللبن الخام قد تكون عملية صعبة لذلك يفضل أن يتم تدفئة اللبن والقشدة معاً لضمان الخلط الجيد . كما توجد فرازات قياسية لتعديل تركيب اللبن تحتوي على صمام خاص لأستخلاص الدهن الزائد في صورة قشدة ويمكن وضع هذه الفرازات في مكان مناسب بالنسبة لخطوط الإنتاج بحيث تقوم بعملية التعديل وأنسياب اللبن إلى حوض الصناعة بسهولة دون فقد في الوقت أو المواد الخام أو العمالة .

وقد أقترح بعض الباحثين تعديل تركيب اللبن من حيث نسبة الجوامد اللادھنية إلى

الدهن ١ : ٠,٣٦ إلى ١ : ٠,٤٧، ونظراً لأن النسبة تتضمن اللاكوز بالأضافة إلى بروتينات الشرش الذى تفقد فى الشرش فإن نسبة الدهن إلى الكازين ٠,٦٩ : ١ تكون أكثر منطقية . نتيجة لأرتفاع الفاقد فى بعض المصانع التى تعمل بطريقة أتوماتيكية فإن نسبة ٠,٧ : ١ يفضل أستخدامها فى لبن جبن التشدرد . نظراً لأن تعديل تركيب اللبن يؤثر على الصفات الطبيعية أو أتران الأملاح فى اللبن فإنه من الضرورى إضافة كلوريد الكالسيوم . عادة تجرى عملية التعديل كجزء من عملية تصنيع الجبن التى تتضمن المعاملة الحرارية للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة فيها قبل أن ينقل اللبن إلى أحواض الصناعة .

٢-٧- المعاملة الحرارية

توصى معظم التشريعات الغذائية بأن يتعرض اللبن المستخدم فى صناعة الجبن إلى معاملة حرارية heat treatment بأستخدام درجات حرارة ووقت مكافئة لعملية البسترة (أى ٧٢°م / ١٥ ثانية) . هذه المعاملة تكون كافية للقضاء على البكتريا المرضية ومعظم البكتريا المسببة للفساد الملوثة للبن ، ولكن يجب ألا تؤثر على الصفات الطبيعية والكيميائية اللبن بدرجة قد تسبب بعض الصعوبات فى تصنيع الجبن .

بالرغم من أن المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة أقل من المستخدمة فى البسترة تستخدم فى صناعة الجبن فى بعض الدول الأوروبية والأمريكية فإن تواجد البكتريا المرضية لفترات طويلة أثناء تسوية كثير من أنواع الجبن المختلفة توصى بأستخدام معاملات حرارية تعادل على الأقل عملية البسترة حيث أن هذه المعاملات الحرارية ضرورية لتجنب حدوث مخاطر صحية للمستهلك . يلجأ بعض صانعى الجبن إلى أستخدام معاملات حرارية أقل من البسترة لكى يحافظ على بعض الأنزيمات الموجودة فى اللبن الخام (أساساً الليباز) . والمعاملة الحرارية للبن الجبن عبارة عن تسخين اللبن لدرجة حرارة معينة وحفظ اللبن على هذه الدرجة لمدة معينة . وتعتبر مدة الحجز أكثر أهمية فى المعاملة الحرارية حيث أن الميكروبات غير المرغوبة والأنزيمات لا يقضى عليها كلها فى الحال عند درجة حرارة التسخين . بعض البكتريا قد يحدث لها صدمة حرارية ثم تستعيد نشاطها فيما بعد . بعض صانعى الجبن يفضل ألقاء فترة الحجز اعتماداً على درجة الحرارة فقط .

وتختلف المعاملة الحرارية التى يتعرض لها اللبن فى صناعة الجبن طبقاً للأنظمة التالية :

١ . الطريقة الخاطفة flash heating حيث يسخن اللبن لدرجة حرارة ٧٥-٩٥°م بدون فترة حجز .

٢ . طريقة HTST حيث تستخدم درجة حرارة ٧١-٧٥°م لمدة ١٥-٤٠ ثانية

٣. الطريقة البطيئة (طريقة الحجز) حيث يسخن اللبن لدرجة حرارة ٦١-٦٥°م لمدة ٢٠-٤٠ دقيقة.

لا توجد تشريعات خاصة بالمعاملة الحرارية للبن الجبن في كثير من الدول ولكن من المقبول بصفة عامة استخدام الحد الأدنى للمعاملة الحرارية في اللبن السائل للبن الجبن لضمان القضاء على الميكروبات المرضية التي قد توجد فيه .

يفضل بعض صانعي الجبن استخدام درجات حرارة منخفضة في المعاملة الحرارية للبن بدون أو مع فترة حجز وذلك للمحافظة على أنزيم الليباز في اللبن نظراً لأهميته في عملية التسوية وتكوين الطعم في الجبن الناتج ولكن بعض البكتريا الضارة (المرضية وبكتريا القولون) تستطيع أن تقاوم هذه المعاملة وتبقى في لبن الجبن . تسوية الجبن أو حفظ الجبن لفترة طويلة تساعد على القضاء على البكتريا المرضية ولكن الجبن الطرية أو الجبن ذات مدة الحفظ القصيرة ما زالت تحتوى على بكتريا مرضية على حالة نشطة إذا كانت هذه البكتريا توجد أصلاً في اللبن قبل المعاملة الحرارية. عادة يتم بسترة اللبن في صناعة الجبن باستخدام طريقة HTST والتي تهدف إلى :

أ. القضاء على جميع البكتريا المرضية pathogens التي قد تكون موجودة إذا كانت المعاملة الحرارية كافية لأنلاف أنزيم الفوسفاتيز القلوى . التوكسين الذى ينتجه *S.aureus* لا يتلف. يمثل هذه المعاملات الحرارية .

ب. القضاء على معظم البكتريا المسببة للفساد spoilage organisms. جراثيم *C.tyrobutyricum* تقاوم المعاملة الحرارية ولكن يكتريا حمض البيروبيونيك ومعظم بكتريا حمض اللاكتيك و *Enterobacteriaceae* يقضى عليها بالمعاملة الحرارية . بعض أنواع من *Streptococcus, Lactobacillus* لا يقضى عليها تماماً ولكن نادراً ما توجد بأعداد كبيرة في اللبن. ومع ذلك فإن *S.salivarius* subsp. *thermophilus* قد تنمو في اللبن في الجزء الخاص بتبادل الحرارة في المبادل الحرارى في أجهزة البسترة وتصل إلى أعداد كبيرة إذا استخدمت بصفة مستمرة لفترة طويلة (أى ١٠ ساعات) ، وقد يؤدي ذلك إلى تكوين أطعمة غير مرغوبة وتغيرات غير مرغوبة في التركيب البنائى texture للجبن .

ج. أتلاف أنزيمات اللبن . قد يكون ذلك مفيداً فقط في حالة ليباز اللبن الطبيعى بالرغم من أن درجة الاستفادة من هذا الأنزيم متباينة . عدة أنزيمات من البيروتينيز والليباز التي تنتجها البكتريا المقاومة للبرودة لا تتلف بالبسترة .

د. إذا تمت بسترة اللبن قبل إضافة المنفحة لفترة قصيرة فإن ذلك يمنع التأثير غير المرغوب

لتخزين اللبن تحت درجات حرارة منخفضة على جسيمات الكازين وأتزان الأملاح (الذى بدوره يؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة) كما يعدل درجة حرارة اللبن إلى الدرجة المناسبة للتفتيح.

المعاملة الحرارية للبن قد يكون له تأثيرات غير مرغوبة وخاصة إذا كانت المعاملات الحرارية أعلا من البسترة أو المعاملات المماثلة التى تؤدى إلى أتلاف أنزيم الفوسفاتيز القلوى ، من أهمها :

أ. دنتره denaturation بروتينات الشرش يؤدى إلى بطء التجبن بالمنفحة وتكوين خثرة ضعيفة قدرتها على الأنكماش وطررد الشرش ضعيفة . كما قد تؤدى إلى إنتاج جبن منخفضة الجودة مع تكوين طعم مر bitter . نظراً لأن الحرارة تسبب دنتره لبروتينات الشرش مما يساعد على أحتجازها بالخثرة وبالتالي زيادة محصول الجبن .

ب. أنزيمات اللبن الطبيعية المفيدة قد لاتتلف وخاصة xanthine oxidase . هذا الأنزيم يحول ببطء النترات المضافة إلى نيتريت التى تكون ضرورية لتثبيط أو منع نمو Clostridia فى الجبن وبالتالي منع حدوث عيب أنتفاخ الجبن .

تسخين اللبن thermization أى المعاملة الحرارية عند درجة ٦٣-٦٥م لمدة ١٥-٢٠ ثانية لا تؤدى إلى القضاء على البكتريا المرضية ولكن تستخدم لتحسين قوة حفظ اللبن قبل تصنيع الجبن . تعريض اللبن لمعاملة حرارية ، ثم بسترتة بعد التخزين على درجات حرارة منخفضة قبل أستخدامه فى صناعة الجبن ، يؤدى إلى تحسين محصول وجودة جبن التشدر الناتج من لبن خزن لمدة تختلف من ٣ إلى ٧ أيام عند ٥٦م .

المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة أعلا من المستخدمة فى البسترة يؤدى إلى حدوث تغيرات فى الصفات الطبيعية - الكيماوية للبن والتى تؤثر على قابلية اللبن للتجبن وتكوين الخثرة فى صناعة الجبن . معاملة اللبن حرارياً عند درجات حرارة أعلا من ٨٠م تؤدى إلى دنتره بروتينات الشرش وكذلك تفاعل بين β -lactoglobulin و k-casein من خلال روابط sulphhydryl . هذا التفاعل يشبط فعل الكيموسين على الكازين وبالتالي يتداخل فى المرحلة الأولى من تكوين الخثرة فى صناعة الجبن . بالإضافة إلى ذلك فإن المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة مرتفعة يؤدى إلى تغيير فى مكونات الأملاح المعدنية فى اللبن ، أساساً الكالسيوم اللازم فى المرحلة الثانوية لتكوين الخثرة أى تجميع جسيمات الكازين المعاملة بالمنفحة . هذه التغيرات فى بروتينات اللبن والأملاح المعدنية نتيجة التسخين يمنع من استخدام درجات الحرارة المرتفعة فى معاملة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن بالطرق التقليدية . ومع ذلك فإن تعديل طريقة الصناعة قد يحسن من محصول

الجبن وذلك بتسخين اللبن عند درجات حرارة مرتفعة بدرجة كافية لدنترة بروتين الشرش الذى يندمج بعد ذلك فى الخثرة فى صناعة الجبن . وقد وجد أن هذه المعاملات تؤدي إلى زيادة فى محصول الجبن بموالى ٨٪ فى الجبن الطرية ، ٥٪ جبن التشدر على أساس المادة الجافة .

يمكن الكشف عن كفاءة عملية البسترة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن بأجراء اختبار الفوسفاتيز على اللبن المستخدم فى صناعة الجبن أو على الشرش . كما يمكن إجراء اختبار للكشف على بقايا أنزيم الفوسفاتيز فى الجبن عند أى مرحلة خلال التسوية لكن ظروف الاختبار يجب أن تكون مثالية .

بالرغم من أن بسترة اللبن تستخدم على نطاق واسع فى صناعة الجبن مما يساعد على تحسين جودة الجبن الناتج إلا أنها تعتبر مستولة عن غياب الطعم المميز المرغوب فى الجبن خاصة فى الأنواع التى تتميز بطعم قوى . وقد يرجع ذلك إلى أتلاف لبيز اللبن الطبيعي lipoprotein lipase أو إلى القضاء على البكتريا التى تساهم فى أكساب جبن اللبن الخام بعض من الطعم المرغوب فى هذه الجبن والذى يكون عادة أكثر تبايناً عن طعم الجبن المصنوع من لبن مبستر ، لذلك فإن معاملة حرارية أقل من البسترة قد تساعد على تحسين طعم الجبن . إذا كانت الجودة الميكروبيولوجية للبن جيدة فإنه يمكن تصنيع الجبن من اللبن الخام أو من خليط من اللبن الخام والمبستر . وقدماً كانت تستخدم طريقة لتحسين جودة اللبن وذلك بترك اللبن الطازج ساكناً عند درجة حرارة منخفضة (٥-١٠م) لتكوين طبقة قشدة . وفى هذه الحالة فإن معظم البكتريا تتجمع فى طبقة القشدة بفعل الأجلوتين agglutination ، ويتم بسترة هذه القشدة فقط وليس اللبن الفرز حيث يتم القضاء على معظم البكتريا دون حدوث تلف محسوس لأنزيمات اللبن . يستخدم bactofugation كوسيلة لتحسين جودة اللبن الميكروبيولوجية حيث تستخدم بنجاح فى صناعة الجبن من اللبن الخام . يتم فى هذه الطريقة إزالة جراثيم *C.tyrobutyricum* حيث تؤدي هذه الطريقة إلى خفض الجراثيم فى اللبن بدرجة كبيرة ، فقد وجد أن عدد الجراثيم فى اللبن تصل إلى حوالى ٣٪ من الأعداد فى اللبن . الراسب أو الوحل (bactofugate) الناتج من هذه العملية يحتوى على الجراثيم بالإضافة إلى الكازين لذلك يعتقد أن تعريض اللبن لهذه المعاملة يسبب انخفاضاً كبيراً فى محصول الجبن قد يصل إلى ٦٪ . لذلك يلجأ البعض إلى تعقيم الراسب باستخدام طريقة UHT للقضاء على الجراثيم ثم يعاد إضافته إلى اللبن وبذلك يمكن تجنب الفقد فى البروتين الذى يحدث عند استخدام هذه الطريقة فى معاملة اللبن . استخدام bactofugation مرتين يزيد من كفاءتها فى إزالة الجراثيم ولكن

تكون عملية مرتفعة التكاليف .

أحد المشاكل الرئيسية التي تتعلق بنمو بكتريا البادىء بجانب المضادات الحيوية والمواد المثبطة المماثلة هو تواجد الفاج فى اللبن الذى يصيب بكتريا البادىء ويسبب فشله فى إنتاج الحموضة . فيما يتعلق بالمعاملة الحرارية المستخدمة فى صناعة الجبن فإن جسيمات الفاج تقاوم درجات حرارة تصل إلى ٧٠-٧٥°م لمدة ٣٠ دقيقة لذلك فإن المعاملة الحرارية للبن الجبن لا تساعد على القضاء على هذه الفاجات بالرغم من أن بعض الفيروسات المرضية للإنسان والحيوان يتم القضاء عليها بالمعاملة الحرارية على درجة ٧٢°م لمدة ١٥ ثانية.

إذا أضيفت قشدة الشرش إلى اللبن سواء لزيادة محتوى الدهن أو لتعديل تركيب اللبن فإنه من الضروري تسخين القشدة إلى ٩٣,٤°م لمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة للقضاء على جسيمات الفاج فى القشدة . عادة يجب ألا تزيد كمية قشدة الشرش المستخدمة فى هذا الغرض عن ٥٠٪ لتقليل كمية أطعمة الجبن المدمصّة فى القشدة من الجبن السابق إنتاجها .

٣- إضافة البادىء

بعد أعداد اللبن لصناعة الجبن كما سبق الإشارة إليه ، يجرى تعديل لدرجة حرارة اللبن إلى الدرجة المناسبة لإضافة البادىء والذى يختلف باختلاف نوع الجبن المراد إنتاجه . عادة يطلق على هذه العملية فى صناعة الجبن " تسوية اللبن milk ripening " والتي تعتبر من الخطوات الأساسية فى صناعة معظم إن لم يكن جميع أنواع الجبن بهدف زيادة الحموضة بصورة منتظمة خلال مرحلة التصنيع (خلال فترة قد تصل إلى ٢٤ ساعة). عادة يتم زيادة الحموضة فى اللبن من خلال إنتاج حامض اللاكتيك بواسطة البادىء المضاف أو بواسطة مواد منتجة للحامض والتي تعرف بالتحميض المباشر direct acidification حيث تستخدم حالياً فى صناعة بعض أنواع من الجبن غير المسواه مثل Ricotta والجبن الأبيض Queso blanco وجبن Cottage وكذلك الموزاريلا والفنّا بطريقة UF حيث يستخدم حمض اللاكتيك ، الخليك ، الفوسفوريك ، HCl والستريك لضبط pH اللبن إلى ٥,٠ . تتلخص مزايا التحميض المباشر فيما يلى :

- أ. التخلص من المشاكل المرتبطة بمزارع البادئات مثل فشل البادىء نتيجة الأصابة بالفاج أو وجود مضادات حيوية فى اللبن .
- ب. تقليل الفترة اللازمة لإنتاج الجبن بدرجة كبيرة .

- ج. تقليل كمية المنفحة وكذلك البادىء فى حالة إضافته فى بعض أنواع من الجبن .
 د. إجراء عمليات التصنيع بدقة أكبر .
 هـ. تحسين قوام وتركيب الجبن الناتج

يوجد عدد من براءة الاختراع مسجل عن استخدام أحماض مسموح بإضافتها إلى الأغذية food grade أو مواد منتجة للحموضة acidogens بدلاً من مزارع بكتريا البادئات فى صناعة جبن Cottage . تتضمن هذه الطريقة أضافة خليط من حامضى اللاكتيك والفوسفوريك إلى لبن بارد (٢-١٢م) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ . يضاف بعد ذلك glucono-δ-lactone (GDL) الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلوكونيك مما يودى إلى خفض تدريجى فى pH إلى ٤,٦ - ٤,٨ فى خلال ساعة . تقدم الحموضة ببطء فى اللبن بواسطة GDL يودى إلى تجمع جسيمات الكازين فى شبكة تحتوى على عدد قليل من الروابط مقارنة بتجمعات جسيمات الكازين خلال الزيادة السريعة للحموضة بواسطة HCl أو حمض اللاكتيك . هذه الطريقة تودى إلى أختصار الوقت اللازم لصناعة جبن Cottage بدرجة كبيرة جداً حيث يبلغ الوقت اللازم من التخميض المباشر للبن الفرز إلى نهاية غسل الخثرة خلال صناعة الخثرة بالطريقة المستمرة بواسطة التخميض المباشر بإضافة HCl حوالى ٣٥ دقيقة .

تسوية اللبن بإضافة البادىء إلى pH ٥,٥ قبل التخميض المباشر يحسن من تركيب وقوام الناتج النهائى بدرجة كبيرة . كما توجد براءة اختراع أخرى عن صناعة هذا الجبن بأستخدام البادىء مع التخميض المباشر .

فى صناعة بعض أنواع من الجبن النصف طرية مثل الجبن الأبيض Queso blanco فى امريكا الوسطى والجنوبية والذى يستهلك طازجاً حيث يتم خفض pH اللبن إلى ٥,٢ - ٥,٣ بإضافة حمض الخليك الثلجى وحمض الستريك إلى اللبن . كما وجد أن أستخدام التخميض المباشر فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر (مثل حمض اللاكتيك ، الستريك ، الفوسفوريك أو HCl) قد أدى إلى خفض الفترة اللازمة للتصنيع وكذلك كمية المنفحة اللازمة بمقدار ٥٠٪ وكمية البادىء بمقدار ٧٥٪ بالمقارنة بالطرق التقليدية كما تم استخدام طريقة التخميض المباشر فى صناعة الجبن الديمياطى والراس بنجاح وقد وجد أن التخميض المباشر (حمض اللاكتيك أو الستريك) أودى إلى إنتاج خثرة أكثر نعومة وأعلى فى نسبة الرطوبة .

كان يعتمد فى الماضى على الميكروبات الموجودة طبيعياً فى اللبن فى إنتاج الحموضة ونظراً لأن هذه الميكروبات غير متجانسة وتتكون من أنواع مختلفة فإن معدل إنتاج

الحموضة يكون غير منتظم ونمو الميكروبات غير المرغوبة قد يؤدي إلى إنتاج غاز وأطعمة غير مرغوبة . لذلك أصبح من الضروري إضافة مزرعة بادية من بكتريا حمض اللاكتيك المنتقاه إلى لبن الجبن ليقوم بإنتاج الحموضة بالمعدل المطلوب وبصورة منتظمة وتؤثر الحموضة على عدة نواحي في صناعة الجبن من أهمها :

- ١ . نشاط الأنزيمات المحبنة خلال عملية التجين .
 - ٢ . تغيير طبيعة وأحتجاز الأنزيمات المحبنة في الخثرة أثناء التصنيع وبالتالي مستوى بقايا الأنزيمات المحبنة في الخثرة وهذا يؤثر على معدل تحلل البروتين أثناء التسوية مما يؤثر على جودة الجبن الناتج .
 - ٣ . صلابة الخثرة والتي تؤثر على محصول الجبن .
 - ٤ . معدل طرد الشرش syneresis والذي يحدد نسبة الرطوبة في الجبن وبالتالي ينظم نمو البكتريا ونشاط الأنزيمات في الجبن مما يؤثر بدرجة كبيرة على معدل وطريقة التسوية وجودة الجبن الناتج .
 - ٥ . معدل انخفاض pH يحدد درجة تحلل فوسفات الكالسيوم الغروية التي تعدل من حساسية الكازين للتحلل أثناء الصناعة مما يؤثر على الصفات الطبيعية للجبن (القوام والتركيب) .
 - ٦ . تحد الحموضة من نمو عديد من البكتريا الموجودة في الجبن والتي لا تنتمي للباديء وخاصة المرضية والمسببة للتسمم الغذائي والمنتجة للغازات . بالإضافة إلى إنتاج الحموضة فإن كثير من بكتريا حمض اللاكتيك تنتج مواد مضادة مثل البكتريوسينات تمنع أو تثبط أيضاً من نمو البكتريا التي لا تنتمي للباديء .
- يستخدم بصفة أساسية في صناعة الجبن نوعان من البادئات (جدول ٥-٥) :
- أ . بادئات محبة للحرارة المعتدلة mesophilic درجة الحرارة المثلى لها أقل من ٣٠م .
 - ب . بادئات محبة للحرارة المرتفعة thermophilic درجة الحرارة المثلى لها ٣٧ - ٤٥م .
- يتوقف اختيار الباديء على نوع الجبن المراد إنتاجه . تستخدم البادئات المحبة للحرارة المعتدلة في صناعة جبن التي لا تزيد فيها درجة سمط الخثرة عن ٤٠م مثل التشدر والجودا والمعركة بالفطر والكممير وغيرها من الأنواع المشابه بينما تستخدم البادئات المحبة للحرارة المرتفعة في صناعة جبن الأنواع السويسرية والأيطالية التي تسمط على درجة ٥٣ - ٥٦م .
- يضاف الباديء (باديء الإضافة bulk culture) إلى اللبن في حوض صناعة الجبن بمعدل يختلف طبقاً لنوع الجبن وطريقة الصناعة حيث تضاف بنسبة تتراوح بين ٠,٢ إلى

٥٪ . يقلب البادىء جيداً فى اللبن لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال اللبن فى الحوض على درجة الحرارة المناسبة لنشاط البادىء ويحفظ على هذه الدرجة فترة قد تصل إلى ساعتين إلى أن يصل إلى الحموضة المطلوبة . التلقيح بكمية أكبر من البادىء (٢ - ٤٪) يقلل من فترة التسوية إلى ٥ - ٢٠ دقيقة . الجدول (٥-٥) يبين بكتريا حمض اللاكتيك التى تتكون منها هذه البادئات (يرجع إلى الفصل الثالث) .

جدول ٥-٥ : بكتريا حمض اللاكتيك فى مزارع بادئات الجبن .

الاسم القديم	الاسم الجديد	
mesophilic lactic starters ^(١) البادئات مغيرة للحرارة المعتدلة		
<i>S.lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>L.lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	-١
<i>S.lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	<i>L.lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	-٢
<i>S.lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>	<i>L.lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar. <i>diacetylactis</i>	-٣
<i>Leuc. cremoris</i>	<i>Leuc. mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>	-٤
thermophilic lactic starters ^(٢) البادئات مغيرة للحرارة المرتفعة		
<i>Lb. bulgaricus</i>	<i>Lb.delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	-٥
<i>Lb. lactis</i>	<i>Lb.delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	-٦
<i>Lb. helveticus</i>	<i>Lb. helveticus</i>	-٧
<i>S. thermophilus</i>	<i>S.salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	-٨

(٢) درجة الحرارة المثلى ٣٧-٤٥°م

(١) درجة الحرارة المثلى ٢١-٢٦°م

تعتمد مصانع الألبان فى الحصول على المزارع التجارية عند تحضيرها للبادىء بكميات كبيرة (بادىء الأضافة bulk culture الذى يدخل عادة فى الإنتاج) حيث يمكن الحصول على هذه المزارع من بنوك حفظ المزارع أو معامل معتمدة وتكون فى إحدى الصور التالية :

١- مزارع البادىء السائل Liquid starter cultures

٢- مزارع البادىء المجفف Dried starter cultures

أ. غير مركزة (مجففة بطريقة الرذاذ spray-dried أو مجففة freeze-dried)
ب. مركزة (مجففة freeze-dried) .

٣- مزارع البادىء المجمدة Frozen starter cultures

أ. غير مركزة (مجمدة عند -١٨ إلى -٢٠م)

ب. مركزة (مجمدة عند -٤٠ إلى -١٩٦م)

مزارع البادئات (١) ، (٢-أ) و (٣-أ) تستخدم عادة لإنتاج باديء الإضافة بالطريقة التقليدية (شكل ٧-٣- نظام ١ - الفصل الثالث) . مزارع (٢ب) و (٣ب) تضاف مباشرة إلى حوض باديء الإضافة (شكل ٧-٣- نظام ٢ - الفصل الثالث) ، أو يضاف مباشرة إلى اللبن في حوض الصناعة .

جدول ٥-٦ : ميكروبات البادئات المساعدة في الجبن

الميكروب	الوظيفة
<i>Penicillium roqueforti</i>	إنتاج مركبات الطعم في الجبن المعروفة بالفطر Blue cheese
<i>Penicillium caseiocolum</i>	الجبن المسواه سطحياً بالفطر مثل الكميمير والبراي لأكساب
<i>Penicillium camemberti</i>	الجبن صفات الطعم والقوام والتكوين المميزة لها
<i>Brevibacterium linens</i>	الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا مثل الريبك والامرحر لإنتاج اللون والطعم
<i>Brevibacterium erythrogenes</i>	
<i>Micrococcus varians</i>	إنتاج الطعم في بعض أنواع من الجبن الحفافة
<i>Propionibacterium freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>	الجبن السويسرية لإنتاج الطعم والعيون
<i>Enterobacterium durans</i>	جين التشنج لإنتاج الطعم
<i>Enterobacterium faecalis</i> DK	

بالإضافة إلى بادئات بكتريا حمض اللاكتيك التي تستخدم في صناعة الجبن أساساً لإنتاج الحموضة بمعدلات مرغوبة خلال مراحل التصنيع المختلفة فقد يستخدم بادئات مساعدة (ثانوية) adjunct starters أخرى عند تصنيع أنواع معينة من الجبن بهدف أحداث تغيير معين مرغوب في الجبن أثناء التسوية حتى يمكن الحصول على الناتج النهائي بالصفات والجودة المميزة له . هذه البادئات قد تضاف إلى اللبن مع الباديء الأساسي (بادئات بكتريا حمض اللاكتيك) أو تضاف إلى الخثرة . الجدول (٦-٥) يبين ميكروبات البادئات المساعدة التي تستخدم في صناعة بعض أنواع من الجبن .

٤- إضافة الملون

يضاف الملون سواء الأنانثو أو β -carotene إلى اللبن في صناعة الجبن للحصول على

لون ثابت للجبين على مدار السنة نظراً لأن لون اللبن المائل للأصفرار يختلف باختلاف فصل السنة ونوع العليقة وكذلك محتواه من الدهن . يضاف الملون عادة قبل إضافة المنفحة مباشرة فى أنواع الجبن التى يتم تسوية اللبن بإضافة البادىء .

تتوقف كمية الملون المضاف إلى اللبن على لون اللبن المستخدم فى الصناعة وكذلك درجة اللون المرغوبة فى الجبن الناتج وأحياناً قد لا يضاف لون على الإطلاق إلى اللبن فى صناعة الجبن مثل الجبن الطرية وبعض أنواع من الجبن النصف جافة . تختلف كمية الملون المضاف إلى اللبن من ٢٥٠ مل فى حالة الجبن داكنة اللون إلى ١٠٠ مل فى حالة الجبن متوسطة اللون لكل طن من اللبن . فى حالة استخدام اللبن الجاموسى فى صناعة الجبن يفضل إضافة ٢٥ مل ملون لكل طن لبن حتى يكون الجبن الناتج مقارب لثيله الناتج من اللبن البقرى فى اللون . وعموماً فإن معظم صانعى الجبن يفضل إضافة ملون الأباتو بالمعدل التالى لكل ٤٥٠ لتر لبن :

أ. أقل من ٣٥ مل فى حالة الجبن ذات اللون الفاتح .

ب. ٣٥ - ٥٥ مل فى حالة الجبن متوسطة اللون .

ج. ١١٥ - ٢٣٠ مل فى حالة الجبن داكنة اللون .

وعادة يضاف الملون إلى لبن الجبن مع البادىء أو قبل إضافة المنفحة بحوالى ١٥ دقيقة . وقد أشار البعض إلى أن الملون يجب إضافته إلى اللبن قبل إضافة البادىء وقبل إضافة $CaCl_2$ حتى لا يترسب المادة الملونة للملون ويعطى للجبين لون غير متجانس (مبقع) وقد يحدث هذا العيب عند إضافة كميات كبيرة من $CaCl_2$ إلى اللبن كما هو الحال فى صناعة الجبن من لبن مبستر . وعادة يخفف الملون بنسبة ١ : ٥ بالماء لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال كمية اللبن فى حوض الصناعة وبالتالي تجانس لون اللبن والجبن الناتج . ويجب استخدام هذه الملونات بحذر وغالباً ما يستبعد إضافة ملونات إلى لبن الجبن .

٥- إضافة كلوريد الكالسيوم والأملاح المثبطة

يعتمد تجبن اللبن بالمنفحة على وجود توازن بين صور الكالسيوم المختلفة فى اللبن . تسخين أو تبريد اللبن قد يحدث خلل فى هذا التوازن لذلك يلجأ صانعى الجبن إلى إضافة $CaCl_2$ لتصحيح هذا التوازن . عادة يضاف $CaCl_2$ إلى اللبن فى صناعة الجبن للأسراع من عملية التجبن ولتقليل التباين فى قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وقدرة الخثرة على الأنكماش وطرد الشرش . كما يضاف أيضاً عند استخدام بعض أنواع من المنفحة النباتية أو الميكروبية لتحسين صفات الخثرة الناتجة .

وفى معظم الدول يسمح بإضافة CaCl_2 ، إلى لبن الجبن بما لا يتجاوز ٠,٠٢٪. وعادة يفضل إضافة CaCl_2 فى صورة محلول قياسى حتى يسهل إضافته وتوزيعه فى اللبن. بعض صانعى الجبن يستخدم ماء الجير (أيدروكسيد الكالسيوم) أو لآكسآت الكالسيوم بدلاً من CaCl_2 للأسراع من تخمّن اللبن بالمنفحة وتحسين صلابة الخثرة عند التقطيع . إضافة CaCl_2 بكميات أقل من المطلوب (٠,٠٢٪) يؤدى إلى إنتاج خثرة ضعيفة يصعب تقطيعها مما يؤدى إلى زيادة الفاقد من الخثرة فى الشرش بينما إضافة CaCl_2 بكميات زائدة تؤدى إلى إنتاج خثرة زائدة الصلابة بالإضافة إلى ظهور طعم مر فى الجبن الناتج .

من الأمور التقليدية المتبعة فى صناعة بعض أنواع من الجبن الهولندية مثل الأيدام والجودا إضافة بعض الأملاح المثبطة إلى اللبن مثل نترات الصوديوم أو البوتاسيوم لمنع الإنتفاخ المبكر للجبين بواسطة بكتريا القولون والأنتفاخ المتأخر بواسطة *C.tyrobutyricum* . عادة تضاف نترات الصوديوم (salt petre) أو نترات البوتاسيوم بمعدل ١٥ - ٢٠ جم/١٠٠ لتر لبن خام أو مبستر . وحالياً يفضل إضافة النترات إلى مخلوط الخثرة والشرش بعد حوالى نصف ساعة من صرف الشرش وذلك لتقليل كمية النترات المضافة ولتجنب إنتاج كميات كبيرة من الشرش المحتوى على نترات .

بالرغم من أن إضافة هذه المواد إلى اللبن فى صناعة الجبن تلقى معارضة شديدة من الهيئات ومنظمات الصحة الدولية حيث يعتبر النترات والنيريت من المواد المسرطنة إلا أن معظم مصانع جبّ الجودا والأيدام فى هولندا تقوم بإضافة نترات البوتاسيوم للتغلب على ظهور عيب الإنتفاخ المبكر أو المتأخر فى الجبن الناتج بمعدل لا يتجاوز ٠,٠٤٪ .

نظراً لأن الجبن السويسرية المصنوعة فى أحواض من الصلب غير قابل للصدأ stainless steel تكون خالية من الطعم المميز التى تتميز به الجبن الناتج بالطرق التقليدية باستخدام الأحواض المصنوعة من النحاس فإنه قد يضاف ١٥ جزء فى المليون من كبريتات النحاس copper sulphate إلى لبن الجبن حيث تعادل كمية النحاس التى يمتصها اللبن عند استخدام أحواض النحاس فى صناعة الجبن . يعتقد أن كبريتات النحاس تساعد على تحلل الدهن بدرجة محدودة مع تنشيط بعض الأنزيمات التى تلعب دوراً هاماً فى عملية تسوية الجبن .

فى صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية مثل الدياتى والتى تتميز بأرتفاع محتواها من الملح (NaCl) وتخزينها لفترة طويلة فى محلول ملحي أو شرش مملح ، لذلك فإن إضافة NaCl يلعب دوراً هاماً فى تحديد التغيرات الطبيعية والبيوكيماوية فى هذه الجبن . عادة

يضاف الملح NaCl بمعدل ٨ - ١٥٪ إلى اللبن مباشرة قبل إضافة المنفحة مما يؤدي إلى زيادة كمية المنفحة المضافة وكذلك طول مدة التجهن بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى . إضافة NaCl إلى اللبن يؤدي إلى ذوبان جزء من الكالسيوم الغروي . تزداد كمية الكالسيوم الذائبة بزيادة كمية NaCl المضافة حتى ٤ جم/١٠٠ مل ، تركيزات NaCl أعلا من ذلك لا تؤدي إلى تغيرات ملموسة . يمكن إذابة حوالي ٢٣ - ٢٥٪ من الكالسيوم الغروي في اللبن الجاموسي والبقرى بإضافة NaCl ولكن ١٠٪ فقط يتم ذوبانه في لبن الماعز .

NaCl المضاف يتفاعل مع بروتينات اللبن . كمية NaCl التي تتفاعل مع بروتينات اللبن تزيد مع زيادة تركيز NaCl المضاف وينخفض بأنخفاض النشاط المائي a_w . يصل ارتباط NaCl بالباراكازينات أقصى حد عندما يصل قدرة البروتين على الارتباط بالماء إلى أقصى حد .

عادة تختلف كمية الملح المضافة إلى اللبن في صناعة الجبن الدمياطى باختلاف فصل السنة ودرجة جودة اللبن . ارتفاع كمية NaCl المضافة للبن تؤدي إلى ارتفاع محتوى الرطوبة في الجبن سواء الطازجة أو المخفلة . ارتفاع نسبة الملح يضعف من الخثرة الناتجة التي تميل إلى احتجاز الرطوبة بدرجة أكبر . كما أن ارتفاع الملح يؤخر من تقدم الحموضة في الجبن خلال عملية التحليل .

٦- تجهن اللبن

تحويل اللبن من الحالة السائلة إلى جل (خثرة) يعتبر خطوة أساسية في صناعة جميع أنواع الجبن . يتكون الجل (الخثرة) نتيجة أضعاف ثبات البروتين بواسطة الكيموسين أو بالتحميض إلى pH قريب من نقطة التعادل الكهربى IEP للبروتينات أو بواسطة الحموضة والتسخين .

كما سبق الإشارة في الفصل الرابع فإن عملية التجهن بالمنفحة عملية معقدة تحدث على مرحلتين أحدهما أنزيمية أساسية يتم فيها أتلانف قدرة الكاباكاازين κ -casein على حماية جسيمات الكازين بواسطة الكيموسين (المنفحة) حيث يتحلل الكاباكاازين إلى شقين أحدهما غير محب للماء para- κ -casein والثاني محب للماء glycomacropeptide (GMP) . هذا التفاعل يضعف بصفة عامة من ثبات الجزيئات الناتجة (باراكاازين) التي تتجهن في وجود تركيز حرج من Ca^{2+} عند درجة حرارة ٢٠م أو أعلا . المرحلة الثانية من عملية التجهن بالمنفحة عبارة عن عملية غير أنزيمية ثانوية تنتهى بتجميع جسيمات

الكازرين المعاملة بالكيموسين لتكون بناء جل متماسك (خثرة curd).

يمكن أن يتم المرحلة الأولى من التجهين عند درجة حرارة منخفضة قد تصل إلى الصفر المتوى بينما المرحلة الثانية من التجهين عادة لا تتم عند درجة حرارة أقل من ١٥°م ولكن إذا تم تدفئة اللبن البارد المحتوى على المنفحة فإن التجهين يحدث بسرعة كبيرة . وقد استمر هذا الأساس فى الوصول إلى طريقة التجهين المستمر للبن حالياً فى صناعة كثير من أنواع الجبن .

كانت المنفحة الحيوانية حتى فترة قريبة تستخدم على نطاق واسع فى صناعة معظم أنواع الجبن. نظراً لزيادة الطلب على المنفحة وأرتفاع تكاليف إنتاجها مع التوسع فى صناعة الجبن على مستوى العالم مع نقص مصادر المنفحة الحيوانية نتيجة للتشريعات الموجودة فى كثير من دول العالم التى تمنع ذبح العجول الصغيرة فقد لجأت صناعة الجبن إلى تغطية احتياجاتها من مصادر أخرى . وأصبحت المنفحة الميكروبية الناتجة من بعض الفطريات (*M.pusillus, M.miehei*) متوفرة فى الأسواق تحت أسماء تجارية مختلفة منذ ١٩٦١ (يرجع إلى الفصل الرابع). وقد وجد أن أكثر من ثلث الجبن الناتجة فى العالم مصنعة باستخدام المنفحة الميكروبية بينما فى الولايات المتحدة تصل هذه النسبة إلى ٦٠٪. تضاف المنفحة إلى اللبن فى صناعة الجبن لإنتاج خثرة تشبه الجبل قد تكون طرية أو صلبة طبقاً لنوع الجبن المراد تصنيعه . خثرة المنفحة الطبيعية تتميز بأنها مرنة ، ناعمة متجانسة ويمكن تقطيعها بالسكين إلى شرائح بسهولة دون تكسير أو تفتيت . ويمكن التحكم فى درجة صلابة الخثرة الناتجة عن طريق تعديل كمية المنفحة المضافة ، درجة حرارة التجهين وحموضة اللبن عند إضافة المنفحة . أرتفاع درجة حرارة التجهين وحموضة اللبن مع إضافة المنفحة بكمية كبيرة تزيد من درجة صلابة الخثرة . قد يضاف $CaCl_2$ (لا يزيد عن ٠,٢٪) للأسراع من عملية التجهين وزيادة صلابة الخثرة .

وعادة تضاف المنفحة بكمية كافية لتكوين خثرة على درجة كافية من الصلابة يسهل تقطيعها بدون تكسير أو تفتيت فى ٢٥ - ٣٠ دقيقة بعد إضافة المنفحة . عموماً كمية المنفحة المضافة تختلف طبقاً لقوة المنفحة ، درجة حرارة التجهين ، حموضة اللبن وتركيب اللبن . تختلف كمية المنفحة المضافة من أقل من ٢ إلى ٧٥ مل/١٠٠ لتر لبن ودرجة حرارة التجهين من ٢١ - ٤١°م وحموضة اللبن نادراً ما تكون أقل من pH ٦,٣ أو زيادة فى الحموضة قدرها ٠,١٪ أو لا تقل عن حموضة اللبن الطبيعى.

تختلف فترة التجهين اللازمة لإنتاج مثل هذه الخثرة على درجة صلابة مرغوبة طبقاً لنوع الجبن حيث تكون فى جبن التشدر ، والجبن الهولندية ٢٠ - ٣٠ دقيقة ، فى الجبن

الأيطالية مثل الجرانا (البرمسان) ٩ - ١٠ دقيقة ، بروفلونو ١٠ - ١٥ دقيقة ، الرومانو ١٤ - ١٦ دقيقة ، الفتا ٤٥ - ٥٠ دقيقة ، الدمايطى ٢,٥ - ٣ ساعات .

فى بعض أنواع من الجبن التى تصنع بالتجين الحامضى مثل Cottage والكوارج تضاف كمية صغيرة من المنفحة (٥, إلى ٢مل/١٠٠ لتر لبن) لزيادة صلابة الخثرة . وفى جميع أنواع الجبن تخفف المنفحة بمحالى ٦ - ١٠ أمثالها بالماء لضمان توزيعها توزيعاً متجانساً فى اللبن . ويجب تقليب اللبن جيداً بعد إضافة المنفحة لمدة ٥ دقائق وذلك لمنع صعود حبيبات الدهن على السطح مما يؤدي إلى زيادة فقد الدهن فى الشرش عند التقطيع. التقليب الزائد أو لمدة طويلة يجعل الخثرة المتكونة تميل إلى التفتت وفقد الرطوبة بسرعة كما تزيد من فقد الدهن فى الشرش .

تعتبر درجة حرارة التجين coagulation temperatur على درجة كبيرة من الأهمية فى تحديد فترة التجين التى تتكون فيها الخثرة المطلوبة . عند درجة ٢١ - ٢٧م° فإن الخثرة المتكونة تكون طرية وتشبه الجل ، عند ٣٠م° تكون الخثرة أكثر صلابة ولا تفتت عند التقطيع بينما عند ٣٣ - ٣٦م° تكون الخثرة جافة ومطاطية وتطرد الشرش بصعوبة . وعادة يكون نشاط المنفحة ضعيف جداً عند درجة حرارة أقل من ٢٠م° وأعلى من ٥٠م° . درجة حرارة التجين فى معظم أنواع الجبن تكون ٣٠ - ٣٢م° بينما فى بعض أنواع من الجبن الأيطالية مثل الرومانو والبرفلونو والجرانا تكون مرتفعة وتختلف من ٣٥ - ٣٩م° .

تتأثر صلابة الخثرة وتمام التجين (قوة تماسك الخثرة curd tension) بعدة عوامل من أهمها :

- ١ . تزداد قوة تماسك الخثرة بزيادة كمية المنفحة المضافة لكل ٤٥٠ لتر لبن من ٢٨ إلى ١٤٠ مل ولكن لا تزيد بعد ذلك بزيادة كمية المنفحة .
- ٢ . تزداد قوة تماسك الخثرة بزيادة درجة الحرارة حتى ٤٠م° ثم تأخذ فى الانخفاض .
- ٣ . إطالة فترة التجين تكون مصحوبة بانخفاض فى قوة تماسك الخثرة إذا برد اللبن قبل إضافة المنفحة . تزداد قوة تماسك الخثرة بإضافة $CaCl_2$ حتى ٠,٠٧٪ .
- ٤ . ارتفاع نسبة الدهن فى اللبن يؤدي إلى إنتاج خثرة أكثر طراوة .
- ٥ . إنخفاض pH يزيد من صلابة الخثرة حتى pH ٥,٨ بعدها تبدأ صلابة الخثرة فى الإنخفاض . عادة تضاف المنفحة عند pH ٦,٣٥ - ٦,٥ .
- ٦ . ارتباط casein- بالبروتين الذى حدث له دنتره أو الأحماض الدهنية الحرة الناتجة من تحلل الدهن ، يؤثر على إتمام عملية التجين .

٧. كمية بروتينات الشرش المحتجزة فى الخثرة تؤثر على درجة صلابة الخثرة .
٨. تخفيف اللبن بالماء يؤثر على قوة تماسك الخثرة .
٩. بعض المواد المجبنة مثل بعض أنواع من المنافع النباتية والميكروبية تنتج خثرة أكثر طراوة.

هناك نوعان من الصعوبات قد تظهر فى تكوين الخثرة . يرتبط النوع الأول من الصعوبات بعدم تكوين خثرة على درجة مناسبة من الصلابة فى فترة تجبن مناسبة أو عدم تجبن اللبن وتكوين خثرة متماسكة وقد يرجع ذلك إلى أكثر من سبب من الأسباب التالية:

١. استخدام منفحة ضعيفة أو كمية قليلة من المنفحة .
٢. إنخفاض درجة حرارة اللبن عند إضافة المنفحة .
٣. تسخين اللبن لدرجات حرارة مرتفعة أكثر من اللازم .
٤. اللبن غير طيبعى (يحتوى على لبن من مواشى مصابة بالتهاب الضرع أو لبن نهاية فصل الحليب أو سرسوب).
٥. اللبن مغشوش بإضافة ماء أو فورمالين أو مواد قلوية .

النوع الثانى من الصعوبات يكون مرتبط بعدم تجانس صلابة الخثرة المتكونة حيث تختلف صلابة الخثرة فى أماكن مختلفة من حوض التجبن أو التصاق الخثرة بمعدن الحوض فى أماكن مختلفة وعدم إنتظام أنفصال الشرش من الخثرة قبل التقطيع . ويرجع ذلك إلى :

١. عدم تجانس درجة حرارة اللبن فى حوض التجبن نتيجة عدم إنتظام التقليب أو إضافة المنفحة مباشرة عقب التسخين .
٢. عد تجانس توزيع المنفحة نتيجة عدم التقليب المنتظم أو تخفيف المنفحة بكميات قليلة غير كافية من الماء .
٣. التقليب بعد بدء التجبن .
٤. وجود ألبان غير طبيعية فى اللبن (سرسوب ، لبن مرض ألتهاب الضرع ، لبن نهاية فصل الحليب).

المعاملات التى يتعرض لها اللبن قبل إضافة المنفحة تؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وتكوين خثرة على درجة صلابة مناسبة . تسخين اللبن قبل إضافة المنفحة يزيد من صعوبة تجبن اللبن بالمنفحة ويرجع ذلك إلى حدوث دنسرة لـ β -lactoglobulin (92°M) لعدة دقائق أو 90°M /دقيقة) وتفاعله مع κ -casein وتكوين معقد يودى إلى صعوبة تجبن اللبن بالمنفحة . كما أن المعاملة الحرارية تودى إلى تحويل الكالسيوم الذائب إلى كالمسيوم

غروى وبالتالي تقلل من وجود الكالسيوم الذائب (Ca^{2+}) اللازم لأتمام عملية التجهين (المرحلة الثانية من التجهين). تخزين اللبن تحت ظروف التبريد قبل صناعة الجبن يزيد من مدة التجهين نتيجة لتحلل بعض β -k-caseins وإذابة فوسفات الكالسيوم المرتبطة بجسيمات الكازين. بسترة اللبن أو تسخينه لدرجة حرارة مرتفعة يؤدي إلى إستعادة اللبن إلى حالته الطبيعية بدرجة كبيرة. هذا بالإضافة إلى أن تخزين اللبن مبرداً لفترة طويلة (٤-٧°م لمدة ٤٨ ساعة) يسمح بنمو البكتريا المقاومة للبرودة *psychrotrophic bacteria* وافرأز أنزيمات محللة للبروتين والدهن مقاومة للحرارة وتسبب تحلل للكازينات خاصة β -casein وأنفراد Pi ، Ca من جسيمات الكازين لذلك يفضل معاملة اللبن حرارياً قبل تخزينه تحت ظروف التبريد لفترة طويلة وذلك للتغلب على هذه المشاكل.

تجنيس اللبن يؤدي إلى زيادة عدد حبيبات الدهن الصغيرة في اللبن نتيجة عملية التجنيس والتي تمثل نقط ضعيفة في الخثرة كما أن الخثرة الناتجة تكون أعلا في نسبة الرطوبة كما أن زيادة مساحة سطح حبيبات الدهن ودرجة إنتشارها في اللبن الجنس تؤثر على قدرة اللبن على تكوين الخثرة وقدرتها على حجز الرطوبة وتكون الخثرة الناتجة أكثر طراوة وونعومة وتحتوى على نسبة أعلا من الرطوبة بالإضافة إلى تقليل الفاقد من الدهن في الشرش.

قد تتكون الخثرة من التجهين بالمنفحة والحموضة *rennet and acid coagulation* حيث تشبه الخثرة الناتجة الجل وتكون ذات مطاطية ملحوظة. في صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية غير المسواه يفضل أن يكون القوام قصير *short* أى غير مطاط ويمكن الحصول عليه بأستخدام أقل كمية ممكنة من المنفحة عند حموضة مرتفع حيث يضاف ٠,٥ إلى ٢مل/١٠٠ لتر لبن بعد إضافة البادىء بحوالى ١-٢ ساعة عندما يكون pH ٦,١ إلى ٦,٣ وفي هذه الحالة يأخذ التجهين وقتاً طويلاً تصل خلاله الحموضة نتيجة لنشاط البادىء الذى يضاف إلى اللبن إلى درجة مرتفعة عند التقطع كما هو الحال في صناعة جبن *Cottage* والكوارج. وفي هذه الحالة فإن تكوين الخثرة يأخذ وقتاً طويلاً نسبياً يتراوح بين ٥ - ١٠ ساعات بعكس الحال في التجهين الأنزيمى (المنفحة فقط) حيث يتم التجهين عادة في مدة قد تقل عن ٣٠ دقيقة.

في صناعة بعض أنواع من الجبن قد تتكون الخثرة بفعل الحامض فقط *acid coagulation* أى تتكون خثرة حامضية. تتكون الحموضة في اللبن عادة نتيجة إضافة بادىء بكتريا حمض اللاكتيك. الخثرة الناتجة عادة تكون مفرولة وضعيفة وقدرتها على الأنكماش وطرده الشرش ضعيفة. تتراوح درجة حرارة التجهين في هذه الحالة بين

٢١-٣٢ م^٥ ، إنخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد يطيل من مدة التجهين ، يتم التجهين بواسطة الحموضة عند pH قريب من نقطة التعادل الكهربى للكازين IEP . عند درجة ٢٢ م^٥ وهى الدرجة التى تستخدم عادة فى هذا النوع من التجهين يحدث التجهين عند pH ٤,٧ فى غياب المنفحة وعند ٤,٨-٤,٩ فى وجود المنفحة ، أى عند حموضة قدرها ٥٥,٥ ٪ فى الشرش الذى يمكن الحصول عليه من هذه الخثرة بواسطة الطرد المركزى . وقد يتم التجهين عند درجات حرارة أعلا من ذلك وعند درجات حموضة أقل (pH ٥,٥ عند ٤٣ م^٥ ، ٥,١ عند ٣٠ م^٥). الخثرة المتكونة بهذه الطريقة غالباً ما تكون عبارة عن كازين نقى تقريباً حيث أن زيادة الحموضة المتكونة فى اللبن تؤدى إلى إزالة الكالسيوم تدريجياً من كازينات الكالسيوم إلى أن تصل الحموضة أو pH إلى IEP لهذا البروتين .

توجد طريقتان لتكوين الخثرة الحامضية acid gel الطريقة الأولى التى تعرف بالتحميض المباشر direct acidification وذلك بإضافة حامض معدنى أو عضوى أو خليط منهما إلى اللبن البارد مع عدم إضافة بادیء حيث يتم إضافة الحامض مباشرة إلى اللبن البارد (حوالى ٢ م^٥) لخفض pH إلى ٤,٦ ثم تدفئة اللبن بدون تقليب لتتكون الخثرة . فى الطريقة الثانية حيث يتكون الحامض ببطء عند درجات حرارة أعلا سواء بواسطة بكتريا البادیء أو إضافة مادة منتجة للحموضة acidogen تتحلل ببطء لإنتاج حامض (مثل glucono-δ-lactone الذى يتحلل ببطء وينتج حامض جلو كونيك gluconic acid) الذى يؤدى إلى خفض pH إلى IEP للبروتين (pH ٤,٦) حيث يتجهن اللبن . فى صناعة جبن الموزاريلا يضاف إلى اللبن ، بعد بسترتة وتعديل تركيبه ، عند درجة ٤ م^٥ حامض عضوى مسموح بإضافته إلى الأغذية food grade مثل حمض الستريك أو الخليك لخفض pH اللبن إلى ٥,٦ ثم يدفأ اللبن بدون تقليب إلى ٧ م^٥ لأحداث التجهين وتكوين الخثرة التى يتم معاملتها بعد ذلك بالطريقة العادية .

وتعتمد الطريقة المستمرة الحديثة لإنتاج جبن Cottage على طريقة التحميض المباشر حيث يضاف خليط من حمض اللاكتيك والفوسفوريك إلى اللبن البارد (٢-١٢ م^٥) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ ثم يضاف glucono-δ-lactone(GDL) الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلو كونيك gluconic acid الذى يؤدى إلى خفض pH إلى ٤,٦-٤,٨ فى خلال ساعة واحدة . تؤدى هذه الطريقة إلى إختصار مدة التصنيع بدرجة كبيرة حيث وجد أن الوقت اللازم من إضافة الحامض إلى اللبن الفرز إلى نهاية خطوة غمسيل الخثرة يكون حوالى ٣٥ دقيقة . وقد وجد أن إضافة البادیء إلى اللبن لخفض pH إلى ٥,٥ قبل إجراء التحميض المباشر للبن يحسن بدرجة كبيرة من تركيب وقوام الناتج النهائى . وقد

وجد أن حجم جسيمات الكازين في خثرة Cottage الناتجة بواسطة المنفحة الميكروبية تبلغ ضعف حجم الجسيمات في الخثرة بدون منفحة مما يدل على أن المنفحة تساعد على تجميع جسيمات الكازين ويقلل من وقت التجبن . إضافة $CaCl_2$ (أقل من ٠.٢٪) إلى اللبن الفرز يحسن من صلابة الخثرة عند التقطيع في صناعة جبن Cottage .

وهناك طريقة أخرى لتكوين الخثرة باستخدام الحامض والحرارة acid and heat . تستخدم هذه الطريقة في صناعة بعض أنواع من الجبن مثل Ricotta حيث تتكون الخثرة من لبن أو الشرش أو مخلوط منهما . يعتبر التجبن في هذه الطريقة أساساً بتجبن حامض حيث يتم ترسيب البروتين باستخدام درجات حرارة مرتفعة مع إضافة كميات صغيرة من حامض مخفف . ترفع درجة حرارة اللبن أو الشرش أو مخلوط منهما ببطء إلى نقطة عندها يحدث ترسيب كامل للبروتين عند إضافة كمية صغيرة من الحامض . تختلف درجة الحرارة من ٧٠-٩٠م° طبقاً لحموضة اللبن والشرش .

وفي صناعة جبن Queso blanco (جبن أبيض نصف طرى يستهلك طازجاً في أمريكا الجنوبية والوسطى) يترسب البروتين من اللبن المسخن لدرجة حرارة ٨٢-٨٥م° لمدة ٥ دقائق مع إضافة حامض HCl , H_3PO_4 ، اللاكتيك ، الطرطريك ، الستريك وحمض الخليك الثلجي ، عصير فواكه ومركز شرش حامض . حمض الستريك والخليك الثلجي أكثر شيوعاً في صناعة هذه الجبن .

٢- طرد الشرش Syneresis

تعنى syneresis طرد expel أو فقد loss الشرش من مكعبات الخثرة . وهذه العملية تتضمن إعادة تنظيم شبكة الكازين في الخثرة نتيجة تكسير وإعادة تكوين بعض الروابط لتكوين بناء أكثر إنداماجاً وتماسكاً بواسطة العديد من الروابط العرضية .

الخثرة الأنزيمية rennet gel أو الخثرة الحامضية acid gel تحت ظروف ساكنة يحدث فيها طرد للشرش syneresis حيث تنكمش الخثرة ويترد منها الشرش . تحت هذه الظروف فإن خثرة المنفحة تفقد ثلثي حجمها وقد يصل هذا الفقد إلى ٩٠٪ أو أكثر إذا استخدم ضغط خارجي . فقد الشرش غالباً ما يكون غير مرغوب فيه أثناء تخزين الناتج مثل اليوجورت ، القشدة الحامضية ، جبن القشدة ، جبن الكوارج ، Cottage .

في صناعة الجبن بالتجبن الأنزيمي أو الحامضي يعتبر طرد الشرش خطوة أساسية حيث تتضمن النواحي التالية :-

١ . تنظيم محتوى الرطوبة في الجبن .

٢. يؤثر معدل طرد الشرش على طريقة التصنيع وبالتالي الأماكن والمعدات والوقت اللازم للصناعة .

٣. معدل طرد الشرش يرتبط ببعض العوامل الأخرى (زيادة الحموضة ، أتلاف أنزيمات المنفعة ، تحلل البروتين) التي تؤثر على تركيب وصفات الجبن الناتج.

٤. الأختلاف فى معدل طرد الشرش يؤدي إلى التباين فى تركيب الجبن الناتج .

طرد الشرش من الخثرة يؤدي إلى تحويل الخثرة الطرية التي تشبه الجل التي تكونت نتيجة عملية التجبن إلى خثرة صلبة نسبياً . يعتبر تنظيم هذه العملية أحد الفنون الرئيسية لصانع الجبن حيث أنها تحدد بدرجة كبيرة تركيب وجودة الجبن الناتج . وجود كميات زائدة من الشرش فى الخثرة يؤدي إلى إنتاج جبن حامضى sour نظراً لأن الشرش يحتوى على اللاكتوز المصدر الرئيسى لحمض اللاكتيك . التخلص من الشرش بمعدل بطيء أو سريع بدرجة أكثر من اللازم يؤدي إلى ظهور عيوب أخرى فى الناتج النهائى .

تبدأ عملية تنظيم طرد الشرش بداية من تعديل صفات اللبن والتي تستمر من خلال عمليات مراقبة تكوين الخثرة والتغيرات التي تحدث فى الخثرة . هذه العمليات الثلاث تحدد تأثير نشاط القوى التي تعمل داخل الخثرة لطرد الشرش . تتضمن هذه القوى : فعل المنفعة action of rennet فعل الحامض action of acid ، فعل الحرارة action of heat . تساعد العمليات الميكانيكية التالية هذه القوى الطبيعية فى تنظيم طرد الشرش من الخثرة : تقطيع الخثرة cutting the curd وسمط الخثرة heating the curd وأخيراً فصل الشرش من الخثرة separating the whey .

٢-١ - تقطيع الخثرة

يؤدي تقطيع الخثرة إلى زيادة المساحة الكلية للأسطح التي يمكن أن يهرب منها الشرش ، كما تساعد على إجراء عملية تسخين كتلة الخثرة بطريقة متجانسة . عادة تقطع الخثرة إلى مكعبات متجانسة فى الشكل والحجم بقدر الأماكن حتى يمكن إنجاز هذه الأهداف بنجاح وذلك باستخدام سكاكين عرضية وطولية .

تؤثر حجم مكعبات الخثرة بعد التقطيع على معدل الصلابة ، سهولة معاملة الخثرة وتركيب الجبن texture فى بعض أنواع من الجبن . مكعبات الخثرة الأصغر تفقد الرطوبة بدرجة أسرع من المكعبات الأكبر حجماً حيث أن مساحة السطح الذى يهرب منه الشرش أكبر فى المكعبات الصغيرة عن المكعبات الكبيرة . فإذا كانت المكعبات غير متجانسة فى الحجم فإن الإختلافات فى محتوى الرطوبة فى المكعبات الكبيرة والصغيرة

تؤثر بدرجة غير مرضية على صفات الجبن النهائي . كما أن الخثرة التي تسمط على درجات حرارة أعلا يجب أن تقطع إلى مكعبات أصغر بينما التي تسمط على درجات حرارة أقل تقطع إلى مكعبات أكبر ما لم تكون الخثرة عالية الحموضة .

يؤثر حجم المكعبات أيضاً على سهولة معاملة الخثرة ، عندما تكون حجم المكعبات كبيرة جداً فإنها تتكسر أو تفتت بسهولة إلى قطع غير متجانسة فى الشكل والحجم مما يزيد الفاقد فى الشرش ويقلل المحصول الناتج . حجم المكعبات قد يؤثر على التركيب البنائى للخثرة texture حيث إنه فى تشكيل الجبن إلى شكله النهائى فإن هذه المكعبات يجب أن تتجمع وتلتصق مع بعضها . المكعبات الصغيرة تلتصق مع بعضها بإحكام وتكون فى الجبن فراغات أقل بينما المكعبات الكبيرة تكون فراغات كبيرة فى الحجم وقليلة فى العدد . لذلك فإن حجم مكعبات الخثرة يعتبر العامل الوحيد الذى يؤثر على حجم الفراغات openings فى الجبن .

بعد تكوين الخثرة يجب أن تمر فترة من الزمن قبل تقطيع الخثرة ومعاملتها للتخلص من الشرش الزائد . تختلف هذه الفترة من دقائق قليلة إلى بضع ساعات وخلال هذه الفترة تحدث بعض التغيرات بالخثرة أهمها :

١ . تزداد صلابة الخثرة بدرجة محسوسة يمكن ملاحظتها بحاسة اللمس أو بميل الخثرة إلى الانفصال عند تقطيعها بواسطة سكين حيث تخرج السكين نظيفة مع عمل قطع نظيف فى الخثرة .

٢ . تزداد حموضة الخثرة بدرجة تختلف باختلاف نوع الخثرة المتكونة حيث تكون الزيادة غير محسوسة فى حالة الخثرة المتكونة بفعل المنفحة فقط أو قد تكون الزيادة كبيرة ومحسوسة كما فى حالة الخثرة المتكونة بفعل الحامض حيث تصل الحموضة فى هذا النوع من الخثرة إلى pH ٤,٧ أو حموضة قدرها ٠,٤٥ - ٠,٦ ٪ .

٣ . تنخفض قدرة الخثرة على الإحتفاظ بالشرش whey-holding capacity خلال هذه الفترة ويرجع ذلك إلى فعل المنفحة المستمر بعد تكوين الخثرة وكذلك زيادة الحموضة والتي تزيد من نشاط أنزيمات المنفحة والتي تؤثر أيضاً على طبيعة الخثرة .

وهناك علامات مختلفة تستخدم لتحديد الوقت المناسب لتقطيع الخثرة منها :

- أ. صلابة الخثرة . وتقاس عادة بحاسة اللمس كما سبق الشرح
- ب. الحموضة وقد تقاس بواسطة حاسة الشم أو التذوق أو التعادل بقلوى أو تقدير pH لعينة من الشرش يمكن الحصول عليها بالطرد المركزى لعينة من الخثرة المتكونة .
- ج. قدرة الخثرة على الأحتفاظ بالشرش ويتعرف عليها بظهور نقط من الشرش مثل

حبيبات العرق على سطح الخثرة وقد تتجمع هذه النقط مكونة طبقة رقيقة من الشرش على سطح الخثرة .

ترتبط مدة التجهن وصلابة الخثرة ووقت التقطيع (الوقت الذى يتم عنده تقطيع الخثرة) ارتباطاً وثيقاً . التجهن السريع يعطى خثرة أكثر صلابة . يتحكم أساساً فى مدة التجهن بواسطة الحموضة ، طبيعة اللبن ، درجة حرارة التنفيح وكمية المنفحة المضافة . ترتبط النسبة بين وقت التقطيع إلى وقت التجهن بدرجة كبيرة بالجودة الكيماوية للبن حيث تزيد بزيادة كمية المنفحة وتنخفض حتى نقطة معينة بارتفاع درجة الحرارة وترتفع بدرجة بسيطة إذا كان اللبن مبسترأ ولكن لا يتأثر بمحموضة اللبن الأولية (عند البداية) بالرغم من أن النسبة قد تزيد بزيادة طفيفة مع تقدم الحموضة . محتوى اللبن من الدهن لا يؤثر على هذه النسبة . تختلف هذه النسبة باختلاف نوع الجبن ولكن عادة تكون حوالى ٣ (أى إذا كانت مدة التجهن ١٠ دقائق فإن التقطيع يتم بعد ٣٠ دقيقة من إضافة المنفحة) وقد أوضح البعض أن وقت التجهن يمكن حسابه على أساس أنه يعادل ٤ أضعاف فترة التجهن (بداية التجهن) ولكن وجد آخرون أن النسبة تختلف بدرجة كبيرة ولا يمكن إستخدامها بهذه الطريقة .

عموماً فإن الخثرة التى تكونت بدرجة أسرع تكون أكثر صلابة . إضافة أملاح الكالسيوم أو الفوسفات تزيد من صلابة الخثرة . زيادة طفيفة فى الحموضة تزيد من صلابة الخثرة ولكن بعد مستوى معين تصبح الخثرة ضعيفة أو أقل صلابة . تسخين اللبن يبطء من معدل التجهن ويضعف من الخثرة وبالرغم من ذلك فإنه يمكن التغلب على ذلك بإضافة أملاح الكالسيوم فى الحدود المسموح بها (لا يزيد عن ٠,٠٢ % $CaCl_2$) .

٢-٢- تسخين الخثرة

تسخين heating الخثرة يسرع من فقد الرطوبة حيث أن التسخين يثبط من فعل المنفحة ويؤثر مباشرة على القدرة الطبيعية للخثرة على حجز الرطوبة water-holding capacity مما يزيد من صلابة الخثرة وتكوين بنائى للجبن texture يساعد على إتمام العمليات التالية من كبس وتعليق بسهولة .

التغيرات البسيطة فى درجة الحرارة يكون لها تأثير كبير ، لهذا فإنه ينصح بأن تتم عملية تسخين الخثرة ببطء حتى يمكن للحرارة أن تنفذ إلى داخل الخثرة قبل أن تنخفض نفاذية الأغشية المتكونة حول مكعبات الخثرة . فإذا حدث ذلك فإن مكعبات الخثرة يجب تقليبيها بشدة لتكسير هذه الأغشية حتى تنطلق الزيادة من الرطوبة إلى الخارج مما يؤدي

إلى زيادة الفاقد من جوامد الجبن وكذلك الطاقة .

يطلق على عملية التسخين heating ، الطبخ cooking أو السمط scalding .
أقصى درجات الحرارة التي تستخدم في عملية الطبخ نادراً ما تزيد عن ٦٠م° وقد تصل إلى أعلا من ذلك في حالة جبن Cottage حيث تصل درجة حرارة الطبخ إلى ٦٥م° .
معظم أنواع الجبن تتطلب رفع درجة الحرارة بضع درجات ، أنواع أخرى لا تحتاج إلى عملية تسخين بعد التقطيع حيث تعباً مباشرة .

عملية التسخين ترتبط أيضاً بنشاط بكتريا البادىء فى الجبن ، لذلك تتوقف درجة حرارة التسخين طبقاً لنوع الجبن . تسخن الخثرة فى الجبن التي تستخدم فى إنتاجها البادئات المحبة للحرارة المعتدل لدرجة لا تزيد عن ٤٠م° مثل التشدر والأيدام والجودا بينما تسخن خثرة الجبن التي يستخدم فى إنتاجها البادئات المحبة للحرارة المرتفعة إلى درجات حرارة مرتفعة بدرجة كافية قد تصل إلى ٦٠م° وللقضاء على البكتريا غير المرغوبة مع تشجيع نمو البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة والضرورية فى عملية التسوية مثل الجبن السويسرية والأيطالية .

فى جبن الأيدام والجودا تسخن الخثرة عن طريق إزالة جزء من الشرش وأستبداله بماء درجة حرارته ٥٠-٦٠م° وهذا يؤدي إلى رفع درجة حرارة مخلوط الخثرة والشرش والماء إلى ٣٦-٣٧م° فى حدود ٣٠ دقيقة . تعادل كمية الماء المضافة ٢٥٪ من كمية اللبن المستخدمة فى التصنيع وهذا التخفيف يقلل من كمية اللاكتوز فى الخثرة وبالتالي يحد من نمو بكتريا البادىء . وقد وجد أن زيادة كمية الماء المضاف من ٣٠-٤٠٪ يؤدي إلى تقليل محصول الجبن بمقدار ٠,٥ - ١,٠٪ حيث تؤدي هذه العملية إلى إزالة ٩٠٪ من اللاكتوز وغيرها من المواد المنخفضة الوزن الجزيئى وكذلك ٥٠٪ من بروتينات السيرم . وفى جبن التشدر ترفع درجة حرارة الخثرة فى عملية السمط إلى ٣٨-٣٩م° فى حوالى ٣٥ دقيقة .

فى الجبن السويسرية مثل الأميستال تسمط الخثرة إلى درجة ٥٣-٥٧م° حيث ترتفع درجة حرارة الخثرة إلى ٤٥م° بمعدل درجة واحدة لكل ٢ دقيقة ثم إلى ٥٣-٥٧م° بمعدل درجة واحدة لكل دقيقة وهذه المعاملة ضرورية للقضاء على البكتريا غير المرغوبة و يبلغ وقت السمط الكلى حوالى ٤٥ دقيقة .

فى الجبن الأيطالية تختلف درجة حرارة سمط الخثرة طبقاً لنوع الجبن حيث تسمط خثرة أنواع جبن الجرانسا (البرمسان) على مرحلتين ، فى الأولى حيث تسخن الخثرة فى الشرش إلى ٤٥م° خلال ١٥ دقيقة ثم تحجز لمدة ١٥ دقيقة ثم تسمط إلى ٥٤-

٥٨م لمدة ٢٥ دقيقة وخثرة جبن البرفلونو إلى ٤٨-٥٢م لمدة ١٥-٢٠ دقيقة وخثرة جبن الرومانو إلى ٤٥-٤٦م لمدة ٢٨-٣٠ دقيقة.

فى الجبن Cottage تطبخ الخثرة برفع درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعة للوصول إلى درجة حرارة بين ٥٣-٥٧م حيث تتوقف الحموضة عندما تصل الحرارة إلى حوالي ٣٩م ويمكن زيادة معدل التسخين بعد ذلك إلى ١,٥ - ٢م لكل ٥ دقائق . تصل درجة حرارة الطبخ النهائية إلى ٥٣م على الأقل للحد من الفساد الميكروبي وقد تصل إلى ٦٥م إذا لزم الأمر للحصول على خثرة صلبة وجافة . وتبلغ فترة الطبخ حوالي ١,٥ - ٢ ساعة عند درجة ٥٣ - ٦٠م . وقد وجد أن صلابة الخثرة والمادة الجافة فى الخثرة تزيد مع معدل التسخين فى نطاق ١,٨ - ٠,٥م/دقيقة .

أنواع الخثرة التى تكون فيها المنفحة المادة المحبنة الرئيسية تميل إلى الالتصاق مع بعضها بعد التقطيع وأثناء التسخين . ويكون هذا التأثير واضحاً إذا تم التسخين بدرجة سريعة وإذا كان التقلب غير مناسب فى قوته وأستمرارته . هذا التكتل لقطع الخثرة يتعارض مع الهدف من عملية التقطيع ويعتبر غير مرغوب فيه وغير ضرورى . ولعلاج ذلك يجب أن تتم عملية التسخين ببطء مع تقليب الخثرة بشدة كافية لجعل مكعبات الخثرة منفصلة ولكن ليست صلبة أو جافة بدرجة تؤدى إلى تكسيرها أو تفتيتها .

عند تقطيع الخثرة يبدأ الشرش فى الظهور بين مكعبات الخثرة حيث تبدأ الطبقة السطحية من البروتين فى تكوين فيلم أو غشاء شبه منفذ semi-permeable membrane حول كل مكعب يسمح بخروج الشرش . تسخين الخثرة بسرعة زائدة يؤدى إلى زيادة سمك وصلابة هذا الغشاء مما يقلل من نفاذيته ويحجز الشرش داخل مكعبات الخثرة . لذلك يجب أخذ الاحتياطات الكافية مع العناية التامة بالعمليات التصنيعية التى تلى عملية التقطيع للمحافظة على نفاذية هذا الغشاء وعدم تمزيقه حتى لا يؤدى إلى هروب الدهن والكازين من داخل مكعبات الخثرة وفقدتها فى الشرش . يتوقف سرعة صلابة أو سمك هذا الغشاء على عدة عوامل من أهمها :

- ١- صلابة الخثرة عند التقطيع التى تتأثر بالمعاملة الحرارية للين وحموضته وكمية المنفحة المضافة .
- ٢- حجم مكعبات الخثرة . حيث يتكون الغشاء بدرجة أسرع وأسمك نسبياً فى المكعبات الصغيرة .
- ٣- حموضة الخثرة . زيادة الحموضة تزيد من قدرة الخثرة على الأنكماش وتكوين الغشاء حول مكعبات الخثرة بدرجة أسمك .

٤- درجة حرارة السمط . يزداد سمك الغشاء بارتفاع درجة حرارة السمط .
ويحدد نوع الجبن المراد إنتاجه سمك الغشاء المتكون حول مكعبات الخثرة . فى أنواع الجبن المرتفعة الحموضة يكون الغشاء سميكاً بحيث يمنع من هروب الشرش من مكعبات الخثرة ويبقى بالخثرة كمية أكبر من الشرش تساعد على تكوين الحموضة بدرجة كافية . فى أنواع الجبن المنخفضة الحموضة يتكون الغشاء ببطء بحيث يسمح بخروج الشرش .

تتضمن عملية تسخين الخثرة التقليب stirring والسمط scalding (الطبخ cooking) . بعد تقطيع الخثرة وخروج جزء من الشرش تترك مكعبات الخثرة ترسب فى قاع الحوض تحت الشرش وتترك بضعة دقائق بدون تقليب ثم يبدأ فى تقليبها بحذر وببطء حتى لا تلتصق مكعبات الخثرة ببعضها أو بجدار وقاع الحوض مع العناية التامة حتى لا تنكسر أو تتفتت مكعبات الخثرة . يجب الأستمرار فى تقليب مكعبات الخثرة بصورة منتظمة ومنع التصاقها ببعضها حتى يستمر خروج الشرش منها حيث يكون أنفصال الشرش سريعاً فى البداية ثم يميل إلى البطء مع زيادة سمك الغشاء حول قطع الخثرة . يجب الأهتمام بمعدل التقليب حيث تؤثر على معدل فقد الشرش وأيضاً على درجة صلابة الخثرة.

سمط أو طبخ الخثرة يجعل شبكة بروتين الخثرة تنكمش وتطرد الشرش بدرجة أكبر . الزيادة فى درجة الحرارة يسرع أيضاً من نشاط البكتريا المنتجة فى الخثرة مما يزيد من إنتاج حامض اللاكتيك الذى يؤدى إلى خفض pH ، تساعد هذه الحموضة فى أنكماش مكعبات الخثرة وطردها من الشرش منها .

التسخين على درجات حرارة منخفضة يؤدى إلى إحتجاز كمية أكبر من الرطوبة وبالتالي إحتجاز كمية أكبر من اللاكتوز فى الخثرة مما يؤدى إلى إنتاج نوع أكثر طراوة من الجبن حيث تتمكن بكتريا البادىء من تكوين الحمض بصورة سريعة خلال المراحل المبكرة لفترة التسوية القصيرة نسبياً . أما التسخين على درجات عالية فيؤدى إلى إنتاج خثرة أكثر جفافاً وصلابة وملائمة للحفظ لفترة أطول وللجبن بطيء التسوية . وتؤثر درجات الحرارة العالية فى السمط أيضاً على البروتين منتج خثرة أكثر مرونة ومطاطية مثل تلك المطلوبة لجبن الأمينتال . تحتجز بكتريا البادىء فى الخثرة عند التفتيح وغالبيتها تحتجز فى جزئيات الخثرة بعد التقطيع ، وهذه البكتريا تخمر اللاكتوز الموجود فى رطوبة الخثرة منتجة حمض اللاكتيك والذى لا يمكن خروجه إلى الشرش فى الحال ، لذا فإن تركيز حمض اللاكتيك يكون مرتفعاً فى داخل جزئيات الخثرة ، ويسبب الحمض

تغيرات كيميائية معينة في الكازين كما يؤدي إلى إذابة بعض من فوسفات الكالسيوم ، وفي نفس الوقت يحدث تسرب لمكونات الشرش بما فيها اللاكتوز إلى داخل جزيئات الخثرة لتحل محل المكونات التي استخدمت . تقدم الحموضة داخل وحول جزيئات الخثرة بسبب أنكماشاً أكثر وكلما كان البادئ أكثر نشاطاً كلما كان تكوين الحمض أسرع مما يؤدي إلى أنكماش جزيئات الخثرة بصورة أكبر وبالتالي سرعة طرد الرطوبة ، لذا فإن نمو بكتريا البادئ يساعد على تحديد معدل طرد الرطوبة من الخثرة وتسرب اللاكتوز إليها مرة أخرى ، كما يساعد على معدل إنتاج الحمض خلال المراحل الأخيرة من عملية التصنيع ، معظم الزيادة في أعداد بكتريا البادئ في صناعة جبن التشدر تحدث خلال صناعة الخثرة ، حيث أرتفع متوسط عدد *L.lactis* subsp. *cremoris* في ١٥ عينة من جبن التشدر والذي صنع خلال فترة أكثر من ١٢ شهراً من 2×10^6 cfu /مل في اللبن بعد ٢٠ دقيقة من التلقيح إلى 4×10^8 cfu /جرام من الخثرة بعد ساعتين عند أقصى درجة حرارة للطبخ (٣٩م) وإلى 4×10^9 cfu / جرام من الخثرة عند فصلها من الشرش بعد مرور ساعة وعشرين دقيقة .

في الخثرة التي يكون فيها زيادة الحموضة بطيئة فإنه يفضل تسخين الخثرة لدرجة حرارة أقل ١-٢ درجة من الدرجة العادية حيث أن ذلك ينشط من إنتاج الحموضة نتيجة لنشاط بكتريا البادئ الذي يكون أسرع عند درجات حرارة أقل من ٣٩م . يزداد فقد الشرش من الخثرة بإطالة فترة حجز الخثرة عند درجة الحرارة القصوى لعملية السمت وكذلك بزيادة درجة حرارة السمت أيضاً . رفع درجة حرارة السمت أعلا من المعدل المطلوب يقلل من تقدم الحموضة وقد يلجأ إلى هذا الإجراء في حالة تقدم الحموضة بدرجة زائدة . يجب المحافظة على درجة حرارة السمت ثابتة طول عملية السمت إلى أن ترفع الخثرة من الشرش . إنخفاض درجة الحرارة بضع درجات (٢ درجة) تؤدي إلى تأخير صلابة الخثرة وبطء تقدم الحموضة . يجب الاستمرار في عملية التقليب بعد الوصول إلى درجة السمت المطلوبة حتى تكون درجة حرارة الخثرة متجانسة وقد يحتاج ذلك ٥-١٠ دقائق . التقليب بعد هذه الفترة يجب أن يكون عند سرعة بطيئة لمنع ألتصاق الخثرة ببعضها وحتى يتم صرف الشرش .

عادة يقوم القائم بعملية صناعة الجبن بوقف عملية تقليب مخلوط الشرش والخثرة طبقاً لطريقة الصناعة . يعرف انتهاء عملية التقليب بما يعرف *pitching point* عندما ترسب قطع الخثرة في قاع الحوض . عادة يستمر في تقليب خثرة الحموضة السريعة *fast acid curd* حتى يتم صرف الشرش . بينما في خثرة الحموضة البطيئة يوقف التقليب

وتترك الخثرة ترسب في القاع أو في بعض الأحيان يتم تقليبها على فترات لمنع تكمل والتصاق الخثرة بطريقة زائدة .

خثرة الجبن التي لم يتم تكوين التركيب البنائي texture في حوض الصناعة مثل الأيدام ، الجودا ، الأميتال والرأس فإن الخثرة تنقل مباشرة من الشرش إلى القوالب التي تكبس فيها . خثرة الجبن التي يتم تكوين التركيب البنائي texture في الحوض مثل التشدر ، التششر تترك عند هذه المرحلة أو ترفع لإجراء عمليات أخرى على منضدة الترشيح ، draining ، ويتم صرف الشرش في كلا النوعين من الجبن وتعرف هذه العملية بصرف الشرش wheying off ، draining أو running

٢-٣-٣- العوامل التي تؤثر على طرد الشرش

٢-٣-٣-١- المعاملات الحرارية للبن

المعاملة الحرارية التي تؤدي إلى حدوث دنثرة لبروتينات الشرش تقلل بطريقة مضطربة من معدل طرد الشرش من خثرة المنفحة . وقد لاحظ البعض حدوث إنخفاض محدود نتيجة المعاملات الحرارية المعتدلة بينما لم يلاحظ ذلك البعض الآخر . وقد لوحظ أيضاً أن الإنخفاض في معدل طرد الشرش غالباً ما يكون مرتبطاً ارتباطاً مباشراً بحدوث دنثرة β -lactoglobulin . المعاملات الحرارية التي يتعرض لها اللبن الخال من بروتينات الشرش (صناعياً) من الصعب أن تؤثر على معدل طرد الشرش . إضافة κ -casein للبن يقلل من تأثير المعاملة الحرارية نتيجة تفاعل β -lactoglobulin بصفة أساسية مع κ -casein في السرم أثناء عملية التسخين وبالتالي تأثيره على جسيمات الكازين يكون أقل .

٢-٣-٣-٢- التجنيس

تجنيس اللبن أو اللبن المعاد تركيبه recombined milk يقلل بدرجة كبيرة من معدل طرد الشرش ويكون ذلك مرتبطاً بإدخال بعض الكازين في غلاف حبيبات الدهن والذي بدوره يمنع إنكماش شبكة البروتين المتكونة في الخثرة نتيجة عملية التجنيس . وقد وجد أن تجنيس الدهن في الشرش ، حيث أن حبيبات الدهن لا تحتوى على كثير من الكازين على سطح حبيبات الدهن ، يقلل من التأثير الضار للتجنيس على معدل طرد الشرش .

٢-٣-٣-٣- إضافة بعض الأملاح

في صناعة الجبن فإن غالباً ما يضاف بعض من CaCl_2 (حوالي ١ ملليمول) لتحسين عملية التجنيس . وقد وجد أن إضافة كميات قليلة من CaCl_2 (حتى تركيز ١٠

ملليمول) يحسن من طرد الشرش لحد ما بينما وجد آخرون تأثير ضئيل أو عدم حدوث تأثير عند هذه المستويات من إضافة $CaCl_2$. يرجع التأثير الرئيسى لإضافة $CaCl_2$ إلى تأثيره فى خفض pH، إذا ظل pH ثابتاً فإن إضافة $CaCl_2$ يؤدي إلى تقليل معدل طرد الشرش بينما إضافة $MgCl_2$ بسبب زيادة واضحة فى طرد الشرش. ويلاحظ أن نشاط أيونات Ca^{2+} يحسن من طرد الشرش بينما فوسفات الكالسيوم الغروية تحدث العكس. أيونات Mg^{2+} يكون لها تأثير مماثل لأيونات Ca^{2+} حيث أن فوسفات المغنسيوم أكثر ذوباناً من فوسفات الكالسيوم فإن إضافة $MgCl_2$ قد يسبب بعض الذوبان للفوسفات الغروية. إنخفاض pH يؤدي إلى ذوبان الفوسفات الغروية وزيادة فى نشاط Ca^{2+} . إضافة الفوسفات، السترات، الأوكسالات أو EDTA عند pH ثابت تسبب إنخفاضاً فى معدل طرد الشرش، وهذه الإضافات تقلل بدرجة ملحوظة من نشاط Ca^{2+} كما أن إضافة الفوسفات يزيد من محتوى الفوسفات الغروية.

الزيادة فى التركيز الأيونى فى اللبن بإضافة أيونات احادية التكافؤ (مثل NaCl) لا يسبب أى تغيير فى البداية أو زيادة طفيفة فى معدل طرد الشرش حيث تؤدي إلى خفض كمية الفوسفات الغروية وأيضاً نشاط Ca^{2+} . الزيادة بدرجة كبيرة فى التركيز الأيونى بسبب إنخفاضاً فى معدل طرد الشرش، ولكن اللبن المضاف إليه ملح يتجن بدرجة ضعيفة بالمنفحة.

٧-٣-٤- التجبن

يتفق معظم الباحثين على أن تركيز المنفحة ليس له تأثير على معدل طرد الشرش بينما وجد آخرون أن إضافة المنفحة بكميات أكبر تسبب زيادة طفيفة أو إنخفاضاً فى معدل طرد الشرش. وعموماً فإن كمية المنفحة المضافة تكون مرتبطة بالحصول على خثرة بدرجة صلابة مناسبة للتقطيع فى مدة معينة. ومن الأمور الهامة أنه يجب تقطيع الخثرة عند صلابة مناسبة، التأخير فى عملية التقطيع يبطئ من معدل طرد الشرش بدرجة قليلة. كما أن ارتفاع درجة حرارة التجبن تؤدي إلى خفض معدل طرد الشرش أيضاً.

تجن اللبن بالكيموسين أو البيسين لا يسبب تأثير محسوس فى معدل طرد الشرش من الخثرة. التجبن بواسطة أنزيمات محللة للبروتين من *M.miehei* أو *Endothia pasasitica* يسبب بطء قليل فى معدل طرد الشرش كما أن معدل الزيادة فى صلابة الخثرة يكون بطيء أيضاً. تقطيع الخثرة بعد ٤٥ دقيقة بدلاً من ٣٠ دقيقة من إضافة المنفحة لا يؤثر على معدل طرد الشرش.

الخثرة المتكونة بالحموضة فقط يكون معدل طرد الشرش فيها منخفض جداً إذا تركت بدون تقليب (ساكنة) . يصبح معدل طرد الشرش أبطأ بدرجة مضطردة إذا تركت الخثرة لمدة أطول بعد إضافة المنفحة وقبل عملية التقطيع . فى خثرة اللبن الفرز الحامضية المتكونة بواسطة البادىء (pH 3,8 - 4,5) فإن التقطيع يؤدي إلى طرد الشرش بمعدل أكبر حيث يطرد ما يقرب من ٤٠٪ من حجم اللبن فى صورة شرش . فى اللبن الذى يتجبن عند pH أقل من ٥,٠ فإن وجود المنفحة يسرع من طرد الشرش بدرجة ملحوظة والذى يزداد بزيادة كمية المنفحة المضافة .

٢-٣-٥- درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة بدرجة كبيرة على معدل طرد الشرش فى خثرة المنفحة . معدل التغيير فى طرد الشرش مع درجة الحرارة (Q_{10}) يتناقص بارتفاع درجة الحرارة . عند درجة ٢٥°م فإن (Q_{10}) يختلف من ٢,٥ إلى ١,٥ ، عند ٤٥°م تختلف من ١,١ إلى ١,٥ . وقد وجد أن معدل تغيير درجة الحرارة لا يؤثر على معدل طرد الشرش . حفظ اللبن لبعض الوقت عند درجة حرارة منخفضة قبل إضافة المنفحة قد يكون له تأثير ضار بدرجة قليلة على معدل طرد الشرش ، حجز اللبن لمدة ٢٠ ساعة عند ٥°م يقلل من معدل طرد الشرش بحوالى ٣٠٪ . أى تأثير ضار لتبريد اللبن قبل إستخدامه فى صناعة اللبن يمكن معالجته أو استعادته بتدفئة اللبن إلى درجة حرارة عالية نسبياً قبل إضافة المنفحة وهو إجراء يتبعه كثير من صانعى اللبن لضمان حدوث التجبن بطريقة عادية . بالنسبة لتأثير درجة الحرارة على معدل طرد الشرش فى خثرة التجبن الحامضى فقد لوحظ أن فى خثرة اللبن الفرز المتكونة بفعل البادىء يحدث طرد للشرش بدرجة كبيرة بعد التقطيع عند ٦°م أو ٣°م .

٢-٣-٦- الحموضة

إذا تم تخميض اللبن إلى pH أقل قبل إضافة المنفحة فإن معدل طرد الشرش يكون أسرع . إذا إنخفض pH أثناء عملية طرد الشرش فإن ذلك يسرع من معدل طرد الشرش بدرجة أكبر عما لو تم ضبط pH مسبقاً قبل بدء عملية طرد الشرش حيث أن شبكة البروتين فى الخثرة تميل إلى الانكماش نتيجة التغيير فى pH .

عندما يكون pH أعلا عند التقطيع فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض أكبر فى pH بعد التقطيع وبالتالي معدل طرد الشرش يكون أكبر . اللبن الذى تم تخميضه إلى pH منخفض جداً (٤,٥) فإن معدل طرد الشرش يكون ضعيف حتى بعد إضافة المنفحة . تأثير درجة

الحرارة على معدل طرد الشرش في خثرة التجهن الحامضى (pH أقل من ٥,٢) قد تختلف بدرجة كبيرة عند pH أعلا .

٧-٣-٧- غسل الخثرة

غسل الخثرة washing (إضافة ماء بعد إزالة جزء من الشرش) يسرع من معدل طرد الشرش ويعطى محتوى رطوبة أقل بدرجة غير معنوية . ومع ذلك فإن غسل الخثرة قد يتطابق مع تغيير في درجة الحرارة ومع اختلاف فاعلية التقليل ، حيث أن كل منهما يؤثر على معدل طرد الشرش . إضافة ماء أو كمية متساوية من الشرش عند نفس درجة الحرارة عند مرحلة معينة أثناء صناعة الجبن تؤثر على محتوى الرطوبة فى الخثرة ، محتوى الرطوبة فى الخثرة التى أضيف إليها ماء يكون أعلا فى حدود ٢٪ ولكن الأختلاف يمكن تفسيره بوضوح عندما يؤخذ فى الإعتبار الفرق فى المادة الجافة فى رطوبة الخثرة .

٧-٣-٨- الترشيح الفائق UF

الترشيح الفائق UF للين وإضافة المنفحة للمركز retentate يسمح بصناعة خثرة بطريقة ينتج عنها شرش بكمية أقل أو لا ينتج عنها شرش تماماً . وفى الطريقة الأخيرة ، حيث يتم تركيز اللين إلى تركيز يعادل تقريباً تركيز الجبن (غير المملح) المراد تصنيعه ، تعتبر UF عملية ناجحة فقط لأنواع الجبن الطرية . كمية الشرش الناتجة تختلف إختلافاً طفيفاً مع درجة تركيز اللين . عادة يلعب pH دوراً هاماً فى تحديد محتوى الرطوبة فى الجبن الناتج ، pH أقل يؤدي إلى محتوى رطوبة أقل .

يرجع الإختلاف فى معدل طرد الشرش إلى الإختلاف فى الوقت الذى يمر من إضافة المنفحة إلى لحظة التقطيع . فى خثرة المنفحة يبقى حوالى ٢٪ k-casein دون أن يتحلل عند لحظة تقطيع الخثرة بينما تبلغ هذه النسبة حوالى ١٢٪ فى اللين الذى تم تركيزه إلى الضعف بواسطة UF وتزداد هذه النسبة بزيادة التركيز . نتيجة لذلك فإن المراحل الأولى لتكوين الخثرة وطرد الشرش قد تتم بدرجة مختلفة لحد ما ويتوقف ذلك على لحظة تقطيع الخثرة .

٧-٣-٩- تركيب اللين

يؤثر تركيب اللين على عملية طرد الشرش ولكن هذا التأثير عادة لا يكون كبيراً . فى اللين المحتوى على دهن أعلا يكون طرد الشرش أبطأ . عادة يتم تعديل تركيب اللين فى صناعة الجبن بالنسبة للدهن ، ارتفاع الكازين يؤدي إلى بقاء طرد الشرش . قد يكون للمكونات الصفرى فى اللين تأثير أكبر على طرد الشرش . يلاحظ أن

نشاط Ca^{2+} عامل مهم في تحديد معدل طرد الشرش . يوجد إختلافات واضحة بين لبن أفراد القطيع في معدل طرد الشرش لذلك فإن إضافة $CaCl_2$ تقلل بدرجة كبيرة هذه الإختلافات . وقد لوحظ أن مرحلة الحليب تحدث إختلافات طفيفة في طرد الشرش قد يكون ذلك مرتبطاً أيضاً بنشاط Ca^{2+} .

اللبن الناتج من مواشى مصابة بمرض التهاب الضرع تكون قدرته على التحين بالمنفحة ضعيفة ويقلل من معدل طرد الشرش . النمو الزائد للبكتريا المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة والمحللة للبروتين مثل *Pseudomonas* في اللبن يقلل من طرد الشرش بدرجة ملموسة . من ناحية أخرى فإن تحلل البروتين بدرجة ملحوظة بواسطة نشاط البلازمين تؤثر تأثيراً كبيراً على طرد الشرش . كما لوحظ أن خثرة لبن الماعز المتكونة بالمنفحة يكون معدل طرد الشرش فيه أعلا منه في اللبن البقرى ، معدل طرد الشرش في لبن الغنم يكون أقل ويلاحظ أن اللبن الأخير يكون محتوى الكازين فيه أعلا .

٢-٣-١٠- التقطيع والتقليب

تقطيع خثرة المنفحة إلى مكعبات يؤدي إلى زيادة مساحة السطح الحر التي من خلالها يتم خروج الشرش ، قبل التقطيع تلتصق الخثرة بمجدار الحوض ولا يحدث انفصال للشرش على سطح الخثرة . وعموماً فإن تقطيع الخثرة تحسن بدرجة كبيرة من طرد الشرش وتنكمش مكعبات الخثرة الصغيرة بدرجة أكبر من المكعبات الكبيرة . عدم تجانس التقطيع يؤدي إلى وجود تباين في محتوى الأجزاء المختلفة من الخثرة من الرطوبة والحموضة في الجبن الطازج .

تقليب مخلوط الخثرة والشرش يسرع من طرد الشرش بدرجة ملحوظة ويرجع السبب الرئيسي إلى منع ترسيب مكعبات الخثرة بالرغم من أن الضغط على طبقات الخثرة المترسبة يكون أعلا ، احتمال أنسياب الشرش من طبقات الخثرة يصبح قليلاً وبذلك يتوقف طرد الشرش بدرجة كبيرة . كما أن التقليب يسبب بعض الضغط على قطع الخثرة ، الضغط الخارجى يكون له تأثير كبير . أصطدام مكعبات الخثرة ببعضها أو مع المقلب يسبب زيادة في الضغط قد يصل إلى ١٠٠ Pa ، بالرغم من أن متوسط الضغط الخارجى قد يصل إلى حوالى ١٠ Pa ويجب ملاحظة أن التقليب بقوة أكبر أو إزالة جزء أكبر من الشرش (الذى يسبب أصطدام بين مكعبات الخثرة بدرجة أكبر وبالتالي يسبب ضغط أعلا) قد يؤدي إلى طرد الشرش بدرجة أكبر .

صناعة الخثرة بالطرق الحديثة عادة تسمح بالتأثير بدرجة ملحوظة على معدل

طرد الشرش من خلال الاختلاف في التقطيع ، التقليب وغيرها من عمليات التصنيع .
فمثلاً حجم مكعبات خثرة المنفحة تؤثر على محتوى رطوبة الجبن ولكن التأثير يكون غالباً
في حدود ١٪ ماء في الجبن حيث إنه من الصعب حدوث إختلافات كبيرة في حجم
مكعبات الخثرة في نوع واحد من الجبن . إذا كانت حجم مكعبات الخثرة كبير في البداية
فقد يؤدي إلى زيادة تكسير أو تفتيت مكعبات الخثرة إلى دقائق صغيرة خلال عملية
التقليب طالما ما زالت مكعبات الخثرة طرية . عندما تقطع الخثرة إلى دقائق صغيرة جداً
فإنه يحدث فقد ملحوظ لدقائق الخثرة . التقليب لمدة أطول يسبب إنخفاضاً أكبر في محتوى
الرطوبة ولكن يلاحظ إنه يلزم التقليب لحد أدنى من الوقت ليعطى مكعبات الخثرة صلابة
كافية . التقليب بعد ذلك يؤدي إلى إنخفاض في محتوى الرطوبة في الجبن بمعدل ٠,٠٤ ٪
لكل دقيقة من التقليب في الجبن النصف جافة .

بعد التقليب فإنه يسمح لقطع الخثرة لترسب في قاع الحوض فإذا كانت الخثرة
على درجة صلابة كافية فإنها تلتصق وتندمج ببعضها لدرجة محدودة في الطبقات المترسبة
، استخدام أى ضغط خارجي إضافي يؤدي إلى فقد الشرش بدرجة كبيرة ، وقد يمارس
ضغط أكبر على طبقات الخثرة المترسبة سواء ناتج من الخثرة نفسها أو بوضع لوح مثقب
يوضع على الخثرة .

٧-٤- فصل الخثرة من الشرش

تفصل الخثرة من الشرش عند الوصول إلى الدرجة المطلوبة من الحموضة
والصلابة . وتعتبر مرحلة مهمة في تصنيع كافة أنواع الجبن حيث ترتبط بالحالة الطبيعية
للخثرة . عملية فصل الخثرة من الشرش قد تكون سريعة في بعض أنواع من الجبن بينما
في أنواع أخرى تحتاج إلى عدة ساعات . إذا تمت عملية التسخين للخثرة بعد التقطيع فإنه
يسمح للشرش أن يبقى مع الخثرة على الأقل حتى تنتهي عملية السمط (كما في جبن
التشدر) وفي حالة عدم سمط الخثرة بعد التقطيع فإن صرف الشرش يبدأ في الحال (كما
في جبن الخباز Baker's cheese) .

تختلف طرق فصل الشرش عن الخثرة التي يطلق عليها drawing, running,
draining أو dipping ، طبقاً لنوع الجبن . توجد طرق مختلفة لفصل الشرش من الخثرة
تختلف طبقاً لنوع الجبن وفيما يلي أهم هذه الطرق :

١- توضع الخثرة في أكياس من قماش الترشيح الذي يحجز الخثرة ويسمح للشرش
بالأنسياب من خلاله كما في جبن القشدة Cream cheese .

٢- تعرف الخثرة مباشرة من حوض التجبن إلى قوالب أسطوانية مثقبة موضوعة على ألواح خشبية أو ألواح معدنية مثقبة فوق مناضد الترشيع تحجز الخثرة وتسمح للشرش بالخروج . لا تكبس الخثرة في هذه الطريقة ولا يستخدم أنقال للضغط على الخثرة للاسراع من طرد الشرش . هذه الطريقة تنتج جبن طرية مرتفعة فى نسبة الرطوبة وتترك لفترة ١-٢ يوم لأستكمال عملية الترشيع حيث تنكمش الخثرة خلال هذه الفترة وتصل إلى حوالى نصف ارتفاعها الأصلي على درجة حرارة الغرفة كما فى جبن الكممير والديمياطى بأنواعه المختلفة .

٣- تعرف الخثرة فى أكياس من قماش أو شاش الترشيع . يكون الترشيع فى المراحل الأولى ذاتياً بدون إستخدام أنقال ولكن فيما بعد توضع أنقال بمعدل ١ كجم/كجم خثرة . تستخدم هذه الطريقة فى تصفية الشرش فى الجبن الديمياطى بأنواعه المختلفة والجبن الأبيض المخلل فى بعض الدول الأوروبية (بلغاريا ورومانيا ...).

٤- يصرف جزء من الشرش مع التقليل المستمر ثم يعبأ مخلوط الخثرة والشرش فى قوالب إسطوانية مثقبة موضوعة فوق مناضد الترشيع على ألواح معدنية مثقبة تسمح للشرش بالخروج . تقلب القوالب على فترات طوال فترة الترشيع التى قد تصل إلى ٢٤-٤٨ ساعة وتساعد هذه الطريقة على إعطاء الجبن تركيب مفتوح كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese . وقد يستخدم أنقال خفيفة للمساعدة فى طرد الشرش كما فى جبن البريك Brick .

٥- بعد الانتهاء من عملية السمط ووصول الخثرة إلى الحموضة والصلابة المطلوبة تترك مكعبات الخثرة لترسب فى قاع الحوض تحت سطح الشرش ثم يصرف الشرش من الحوض من خلال صمام عند نهاية الحوض . وقد تستمر عملية التقليل للمحافظة على مكعبات الخثرة منفصلة أو تترك بدون تقليل لتلتصق ببعضها فى كتلة واحدة حيث تتعرض لعملية تكوين التركيب البنائى للخثرة مثل الشدرنة . يقطع هذا النوع من الخثرة إلى قطع وتعبأ فى قوالب وتكبس تحت ضغط خفيف (مثل جبن التيلسيت Tilsit) أو تطحن الخثرة فى طاحونة مناسبة إلى قطع صغيرة يتم تمليحها ثم توضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط (مثل الشدر).

٦- عندما تصل مكعبات الخثرة إلى درجة صلابة كافية فإنها تترك لتستقر فى القاع لمدة ١٠ دقائق ثم تفصل عن الشرش بأستخدام قماش خاص ثم تؤخذ كتلة الخثرة بعد تجميعها فى القماش خارج القدر (الحوض) حيث تعلق بعد ربطها على هيئة صرة فى خطاطيف لترشيح الشرش طول الليل ثم توضع فى قوالب معدنية أو خشبية

وتوضع فى المكبس مع استخدام أثقال كما فى بعض أنواع من الجبن الأيطالية (مثل البريسان) وجبن الأنواع السويسرية (مثل الأمينتال) .

٧- فى بعض أنواع من الجبن الطرية مثل الكوارج يتم فصل الشرش من الخثرة بواسطة الطرد المركزى للخثرة حيث تمرر الخثرة إلى فرازات يمكن بواسطتها التحكم فى كمية الشرش المطلوب التخلص منها وبالتالي نسبة الرطوبة فى الناتج النهائى .

تعتبر مرحلة فصل الخثرة من الشرش فى صناعة الجبن هامة نظراً لأرتباطها بالحالة الطبيعية للخثرة . فى بعض أنواع من الجبن مثل الأمينتال والتي يتطلب فيها نشاط محدود لبكتريا البادىء خلال صناعة الخثرة حيث يجرى فصل الخثرة من الشرش وتعبئتها فى قوالب لكبسها ، وتبدأ بكتريا البادىء فى النمو وإنتاج حمض اللاكتيك عندما تنخفض درجة الحرارة إلى الدرجة المناسبة . وفى الأنواع الأخرى من الجبن والتي تتطلب كميات كبيرة من حمض اللاكتيك فى الخثرة عند كبسها ، تفصل جزئيات الخثرة من الشرش وترك لتلتصق مع بعضها حيث تتعرض لعملية تحسين تركيب الخثرة مثل الشدنة و cheddaring ويحدث خلالها استمرار تكاثر بكتريا البادىء ، يقطع هذا النوع من الخثرة ، كما سبق الإشارة إليه، إلى قطع توضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط خفيف (مثل جبن الأيدام والتيلسيت Tilsit) أو تمرر الخثرة إلى طاحونة لفرم الخثرة إلى قطع صغيرة يتم تمليحها ثم توضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط عالى (مثل التشدر) .

درجة تكون الحمض بواسطة بكتريا البادىء خلال تصنيع الجبن لها تأثير واضح على التركيب الكيميائى والطبيعى للخثرة ، لذا فإن التحكم فى تقدم الحموضة يعتبر مهماً ويتحقق هذا عن طريق خفض أكبر للرطوبة والمحافظة على نمو بكتريا البادىء بحيث يؤدي تخمر اللاكتوز المتبقى فى ماء الخثرة إلى pH المطلوب . ويوجد الكازين فى خثرة المنفحة على هيئة باراكازينات الكالسيوم وعندما تتكون كميات محسوسة من حمض اللاكتيك فإنه يتفاعل تدريجياً ليزيل الكالسيوم وتظهر بالتالى المرونة والمطاطية فى الخثرة ، وإذا أستمتر إنتاج الحمض على كل حال فإنه يتكون باراكازين خال من الكالسيوم ، كمية حمض اللاكتيك التى تنتجها بكتريا البادىء فى خثرة الجبن الطازج تحدد الصورة التى يوجد عليها الكازين ، ففى أنواع الجبن المرتفعة الحموضة (مثل الكمبير، pH ٤,٦ - ٤,٨) يظهر كل الكازين فى صورة باراكازين حر ، أما فى جبن التشدر والأمينتال والأنواع المشابه له (pH ٥,٠ - ٥,٢) فإن الكازين يكون جزئياً مرتبطاً بالكالسيوم ، وبغض النظر عن هذا التأثير فإن الشكل الذى يوجد عليه البروتين يؤثر على مرونة ومطاطية الخثرة وهذا يؤثر على صفات الجبن الناتج .

٨- كبس الخثرة

يتم كبس الخثرة لأعطائه التركيب البنائى المرغوب والنتاج من التصاق واندماج مكعبات الخثرة مع بعضها فى كتلة متجانسة وتشكيلها إلى الشكل النهائى المتميز لكل نوع من الجبن لأجراء عملية التسوية . وتعتبر عملية الكبس المرحلة الأخيرة فى عملية طرد الشرش من الخثرة .

وتتكون عملية الكبس من مرحلتين حيث تعتبر المرحلة الأولى عملية كبس أولية تشكل الخثرة وتقلل من حجمها إلى الشكل والحجم النهائى وقد تستغرق هذه العملية ٣٠-٦٠ دقيقة مع تغليف الخثرة بالقماش وتبدأ المرحلة الثانية بعد تغليف الخثرة بالقماش وتستغرق ٦-٢٠ ساعة وعادة تأخذ ١٥ ساعة .

خلال عملية الكبس تلتصق قطع الخثرة وتندمج مع بعضها مكونة كتلة متجانسة . كما تساعد على طرد الهواء والشرش من الفراغات التى قد توجد فى الخثرة وذلك بأستخدام الضغط المناسب . والشرش الناتج من قوالب الخثرة أثناء عملية الكبس يأتى أساساً من أسطح قطع الخثرة وليس من داخل قطع الخثرة . الكبس بمفرده لا يؤدي إلى إنتاج تركيب مقبول .

عندما توضع الخثرة فى المكبس تحت ظروف طبيعية فإن الضغط المعتدل يجعل قطع الخثرة تلتصق وتندمج مع بعضها فى كتلة صلبة متجانسة . يجب أن يكون الضغط خفيفاً فى البداية ثم يزداد تدريجياً ويجب أن يتم بسرعة كافية لمنع انفصال الخثرة فى قاع القوالب ويجب أن يصل الضغط إلى المطلوب فى خلال ٣٠ دقيقة . استخدام ضغط زائد فى المرحلة الأولى يؤدي إلى إحتجاز الشرش فى الفراغات بين قطع الخثرة ويسبب تركيب مفتوح .

بعض أنواع من الجبن يجب أن يتكون على سطحها قشرة rind ناعمة قبل عملية التسوية وفى هذه الحالة يجب أن يحافظ على خثرة هذه الجبن دافئة بدرجة كافية خلال عملية الكبس تسمح بالتصاق واندماج قطع الخثرة على سطح الخثرة لتكون هذه القشرة متماسكة صلبة كما فى الجبن السويسرية والتشدر . هناك أنواع أخرى لا يتكون بها قشرة مثل جبن القشدة والحباز وهذه الأنواع يجب تبريدها أثناء عملية صرف الشرش وكبس الخثرة لأيقاف زيادة الحموضة ومنع نمو الميكروبات غير المرغوبة .

تتكون الخثرة من شبكة من البروتين تحجز بداخلها حبيبات الدهن ، الرطوبة ، اللاكتوز ، الأملاح المعدنية ، المواد النتروجينية غير البروتينية وكذلك البيبتيدات وغيرها .

تحتوى الخثرة أيضاً على هواء وبعض الغازات (CO_2) . عندما تكون الخثرة دافئة تكون مطاطة elastic وطرية soft ، كما أن الدهون يكون أساساً فى حالة سائلة وكلوريد الصوديوم فى حالة وجوده يؤدي إلى إذابة بعض أسطح الكازينات كما إنه يؤدي إلى أنفراد بعض الماء . لذلك فإن سطح الكازين قد يصبح جافاً وصلباً إذا لم يسمح بإذابة الملح بسهولة فى الخثرة الدافئة . كبس الخثرة يجب أن يكون تدريجياً فى البداية حيث أن الضغط المرتفع فى البداية يضغط على الطبقات السطحية للجبن ويحجز الرطوبة فى جيوب أو فراغات فى قوام الجبن . درجة حرارة الجبن يجب أن تكون أقل من درجة حرارة الدهون السائل (٢٣-٢٦م° طبقاً لفصل السنة) حتى لا يتسرب الدهون من الخثرة ويفقد فى الشرش أو يملأ الفراغات الموجودة بين قطع الخثرة وبذلك تكون الجبن دهنية (شحمية) greasy .

فى بداية عملية الكبس تفقد الخثرة معظم الشرش وتقل كميته الخارجة منه تدريجياً بمرور الوقت حتى ينقطع تماماً . يختلف الوقت اللازم لكبس الخثرة طبقاً لنوع الجبن حيث تختلف من ٢-٣ ساعات فى الجبن المرتفعة فى نسبة الدهون والمنخفضة الحموضة وقد تصل إلى ٢-٣ يوم كما فى حالة خثرة الجبن الحامضية مثل التشدر . عادة يستخدم الضغط فى عملية كبس جبن التشدر لمدة ٢-٣ يوم وفى حالة قوالب الجبن block cheese فإن عملية الكبس تستمر لمدة ٢٤-٣٦ ساعة ، الكبس تحت تفريغ يكون لمدة ١٠-١٥ ساعة وهذا يسهل غسل القوالب وإعادة إستخدامها فى اليوم التالى .

استمرار عملية الكبس لمدة طويلة يؤدي إلى خفض درجة حرارة الخثرة وتطول الفترة بين عملية الكبس وتعليق الخثرة مما يؤدي إلى تحلل جزء كبير من اللاكتوز إلى حامض اللاكتيك وبالتالي يؤثر على صفات الجبن الناتج . عادة يستهلك اللاكتوز الموجود فى الخثرة فى فترة قصيرة بعد كبس الخثرة لذلك فإن الحموضة فى الخثرة بعد هذه الفترة تكون أعلا ما يمكن (pH أقل ما يمكن) . يعتبر pH ٥,٠ زائد الحموضة لعديد من الجبن الجافة ، فى جبن التشدر درجة pH المثلى تكون قريبة من ٥,٢ إلى ٥,٢٥ . الجبن الجافة التى يكون pH فيها ٤,٩ إلى ٥,٠ تكون عادة خثرة حامضية ، تركيب مفرول وخشن وقوام قصير .

فى بعض أنواع من الجبن يغير الشاش بعد بداية الكبس أى بعد المرحلة الأولى من عملية الكبس (التي تستغرق ٣٠-٦٠ دقيقة) حيث يساعد ذلك على تحمين القشرة وعدم ألتصاق الشاش بالقشرة وتضادى تكوين حواف سميكة لقرص الجبن . تقلب الأقرص عادة عند تغيير الشاش بعد إعادة كبسها فى المرحلة الثانية والتي تستغرق ما

يقرب من ٢٠ ساعة . بعد أنتهاء المرحلة الثانية من عملية الكبس تخرج الأقراص من القوالب وينزع منها الشاش بإحتراس حتى لا يحدث تمزيق للقشرة والمحافظة عليها بحالة سليمة . تجرى عملية تقليب الأقراص وتهويتها بعيداً عن التيارات الهوائية حتى لا يسبب جفافاً شديداً فى بعض الأجزاء قد يؤدي إلى حدوث تشققات فى القشرة .

٩- تمليح الخثرة أو الجبن

إضافة الملح (NaCl) إلى الأغذية له عدة مزايا ، بالإضافة إلى تأثيره الحافظ preservative effect فإن له دور هام من الناحية التغذوية فى الإنسان . من المعروف أن احتياجات الإنسان من الصوديوم Na حوالى ٤ جرام فى اليوم وبالرغم من أن هذه الاحتياجات يمكن تغطيتها من محتوى Na فى الأغذية إلا أن NaCl المضاف يكون فى المتوسط حوالى ٣-٥ أضعاف الكمية المطلوبة لتغطية الاحتياجات الغذائية . أمتصاص كميات زائدة من Na يكون لها تأثير سام toxic أو على الأقل تأثير فسيولوجى غير مرغوب ، ومن أهمها ارتفاع ضغط الدم وزيادة إفراز الكالسيوم والذى يؤدي إلى لين العظام .

الجبن ، حتى عند أستهلاكها بكميات كبيرة ، تساهم بكمية قليلة نسبياً فى تغطية الاحتياجات الغذائية للجسم من الصوديوم ، ومع ذلك فقد يساهم الجبن بدرجة رئيسية فى حالات فردية عندما تستهلك كميات كبيرة من الجبن المرتفعة فى محتوى الملح (الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese ، الفتا ، الدمايطى) . وبالرغم من ذلك فإنه هناك إهتمام فى كثير من الدول لإنتاج جبن منخفضة فى الصوديوم low-Na cheese لفئة خاصة من الأفراد فإن الأبحاث السائد حالياً هو إحلال جزء أو جميع NaCl بكلوريد البوتاسيوم KCl إلا أن ذلك يؤثر على طعم الجبن ويسبب طعم مر الذى يرجع إلى طبيعة طعم KCl وليس نتيجة لتحلل البروتين بدرجة غير طبيعية ويمكن ملاحظة هذا الطعم فى الجبن التى تحتوى على أقل من ١٪ من KCl .

كما يرجع أهمية استخدام NaCl فى الأغذية إلى مساهمته المباشرة فى الطعم حيث أن مذاق الملح يفضلته كثير من المستهلكين وتعتبر الملوحة أحد الأطعمة الرئيسية الأربعة . يرجع صفات طعم NaCl إلى شق Na حيث أن KCl له طعم مختلف . طعم الجبن الخال من الملح يكون عديم الطعم insipid ومماثل للماء watery حتى بالنسبة للأفراد الذين لا يتناولون الملح ، استخدام ٠,٨٪ NaCl عادة يكون كاف لإعطاء طعم مرغوب والتغلب على خلو الجبن من الطعم .

يؤثر NaCl على تسوية الجبن أساساً من خلال تأثيره على النشاط المائي a_w ولكن قد يكون له تأثيرات معينة أيضاً والتي ترجع جزئياً إلى a_w . يتضمن التأثير الرئيسي للملح ما يلي:

١. الحد من نمو ونشاط الميكروبات في الجبن .
٢. الحد من نشاط الأنزيمات في الجبن .
٣. أنكماش الخثرة مما يؤدي إلى طرد الشرش syneresis وبالتالي خفض الرطوبة في الجبن والذي يؤثر أيضاً على نشاط الميكروبات والأنزيمات في الجبن .
٤. حدوث تغيرات طبيعية في بروتينات الجبن تؤثر على التركيب البنائي للجبن texture ، ذوبان البروتين ويحتمل التركيب البنائي للبروتين .

١-١- تأثير الملح على نمو الميكروبات في الجبن

في جميع أنواع الجبن ما عدا الجبن الدماطي ، يضاف NaCl بعد تكوين الخثرة ومع ذلك فإنه يلعب دوراً رئيسياً في تنظيم والحد من الميكروفلورا في الجبن وعادة ما يتم هذا التنظيم عن طريق تنظيم pH في الجبن والذي بدوره يؤثر على التسوية والتركيب البنائي للجبن . يمكن تنظيم pH الجبن عن طريق :

١. خفض كمية اللاكتوز المتبقية في الخثرة وذلك بغسل الخثرة بالماء (أنواع الجبن الهولندية مثل الأيدام والجودا ، جبن Cottage).
٢. القوة التنظيمية الطبيعية في الجبن والتأثير السام لأيونات اللاكتات والتي تحدد الحد الأدنى الطبيعي للـ pH (حوالي ٤,٥) كما في الجبن المعرقة بالقطر Blue cheese وأنواع الجبن الإيطالية الجافة.

في معظم أنواع الجبن غير الأنجليزية ، عادة توضع الجبن في القوالب بينما pH مازال مرتفعاً (أعلى من ٦,٠) ويستمر تقدم الحموضة أثناء عملية الكبس ونظراً لأن مستوى NaCl (أقل من ١,٥٪) يثبط من نشاط البادئ فإن مثل هذه الجبن عادة تملح بغمرها في محلول ملحي أو يدعك سطح الجبن بملح جاف . في أنواع الجبن الأنجليزية مثل أنواع جبن التشدر والسيتلون فإن pH يصل إلى الحد المطلوب عند تعبئة الخثرة في القوالب ويضاف الملح للمحافظة على pH عند هذا المستوى .

تحتوي خثرة جبن التشدر والأنواع المشابهة على حوالي ٠,٦ إلى ١,٠٪ لاكتوز عند تعبئة الخثرة في القوالب حيث يتخمر في المراحل الأولى من التسوية من خلال نشاط البادئ المستمر ولكن يتوقف ذلك بدرجة كبيرة على مستوى الملح في الرطوبة في الجبن

level salt-in-moisture (S/M) وعلى مقاومة البادىء للملح . مزارع بادئات بكتريا حمض اللاكتيك التجارية تنشط فى وجود مستويات منخفضة من NaCl ولكن تثبط بدرجة كبيرة عند مستوى أعلا من ٠,٥ ٪ NaCl . لذلك فإن نشاط البادىء وقدرته على تخمر بقايا اللاكوز يعتمد بدرجة كبيرة على مستوى S/M فى الخثرة .

عموماً فإن مزارع بادئات *L.lactis* subsp. *lactis* أكثر مقاومة للملح *L.lactis* subsp. *cremoris* ، ولكن هناك أيضاً اختلافات كبيرة بين سلالات *L.lactis* subsp. *cremoris* فى درجة حساسيتها للملح . إذا تم تثبيط نشاط البادىء بعد الصناعة فإن بقايا اللاكوز يتخمر بواسطة بكتريا من غير بكتريا البادىء، ولكن أعداد هذه البكتريا الموجودة ، الذى يتأثر بمستوى التلوث عند التملح ، سرعة تبريد الخثرة التى تم كبسها ودرجة حرارة التسوية ، عادة تكون غير كافية لتخمر اللاكوز بدرجة كبيرة لعدة أيام وبالتالي فإن الأنخفاض فى pH يكون بطيئاً .

عند تملح خثرة الجبن كما فى جبن التشدر فإن NaCl ينتشر خلال كتلة الجبن فى خلال فترة قصيرة من الوقت . الملح الجاف الذى تم رشه على سطح قطع الخثرة يحتاج بعض الوقت لينتشر إلى داخل قطع الخثرة ليصل إلى المستوى الذى عنده يتم تثبيط البكتريا. نتيجة لذلك فإن بكتريا البادىء تستمر فى النمو وإنتاج الحامض عند مركز قطع الخثرة لفترة ملحوظة من الوقت بعد أن يقف نمو البكتريا على سطح الخثرة . وقد وجد أن pH ينخفض بدرجة أسرع وبدرجة أكبر عند مركز قطع الخثرة حيث يكون تركيز NaCl أقل عن سطح الخثرة فى الجبن التى تملح سطحياً . *S.salivarius* subsp. *thermophilus* أقل مقاومة للملح بدرجة كبيرة عن *L.lactis* subsp. *lactis* لذلك فإن التركيز الحرج له من NaCl ٠,٤ مول (٠,٢,٣٤ ٪) يقابل a_w ٠,٩٨٤ ، مقارنة ١,١ مول (حوالى ٠,٦,٥ ٪) NaCl ($a_w = ٠,٩٦٥$) لـ *L.lactis* subsp. *lactis* . كما أن *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* و *helveticus* subsp. *lactis* أقل مقاومة للملح حيث يتم تثبيطهما عند ٠,٩,٠٩,٩٥ مول NaCl على الترتيب . تختلف مقاومة بكتريا حمض السيروبونيك Propionibacteria للملح باختلاف pH فقد وجد أن تركيز ٠,٦ ٪ NaCl ضرورى لتثبيط نمو سلالات سريعة النمو من Propionibacteria عند pH ٧,٠ ، ٠,٣ ٪ عند pH ٥,٢ بينما سلالات بطيئة النمو تكون أكثر مقاومة للملح عند pH ٥,٢ عنها عند pH ٧,٠ . كما أشار البعض إلى أن التركيز الحرج من NaCl لبكتريا *P.shermanii* ١,١٥ مول (حوالى ٠,٦,٧ ٪ ، $a_w = ٠,٩٥٥$) . جبن الأمتال تحتوى على أقل تركيز من الملح (٠,٧ ٪ ملح) مقارنة بالأنواع الرئيسية للجبن التى تحتوى على ملح . تعتبر الجبن المعرقة بالفطر Blue

cheese من أنواع الجبن المرتفعة في الملح حيث تحتوي على ٣-٥% NaCl (ستيلتون أقل من ٣٪). نمو جراثيم *P.roqueforti* ينشط في وجود ١% NaCl ولكن يثبط عند تركيز أعلا من ٣ إلى ٦٪ طبقاً لنوع السلالة . وعادة يضاف ١٪ من NaCl مباشرة إلى خثرة الجبن المعرقة بالفطر قبل التعبئة في القوالب وذلك لتشجيع نمو جراثيم الفطر وأيضاً لتساعد على تكوين تركيب مفتوح بدرجة أفضل والذي يسهل نمو الفطر . ونظراً لأن معظم هذه الجبن تملح سطحياً فإن إنتشار الملح من السطح إلى مركز الجبن يؤخذ فترة من الوقت بعد الصناعة ، التركيز المرتفع من الملح في البداية على سطح الجبن يثبط من أنبات الجراثيم عند وقت حرج ويعتبر وجود مناطق خالية من نمو الفطر قريبة من السطح الخارجى من العيوب الشائعة في هذه الجبن . المستويات المنخفضة من الملح (أقل من ٠,٨٪) ينشط من نمو *P.camemberti* حيث أن نمو هذا الفطر ضعيف .

إضافة الملح إلى الخثرة تساعد على تثبيط البكتريا غير المرغوبة وقد وجد أن *E.coli* تتطلب ١٢٪ ملح حتى يتوقف نموها إضافة إلى أنها قد تحفز عندما يصل التركيز إلى ٣٪ . وقف نمو البكتريا غير المرغوبة المحللة للبروتين والدهن بواسطة الملح مثل بكتريا حمض البيوتريك *butyric acid bacteria* له أهمية خاصة في جبن الأيدام والجودا حيث تنتج مستويات منخفضة من حمض اللاكتيك خلال صناعة الخثرة .

٩-٢- طرق تمليح الخثرة أو الجبن

يضاف NaCl بصور مختلفة إلى جميع الجبن بما فيها جبن التجبن الحامضى . بفعل بكتريا حمض اللاكتيك عند مرحلة معينة من تصنيعها لوقف نمو البكتريا غير المرغوبة ولتحديد نمو الأنواع المرغوبة وبالتالي ضبط معدل التسوية ليساعد فى حدوث التغيرات الطبيعية والكيميائية فى الخثرة وليعطى الجبن الناتج الصفات المرغوبة . توجد ٣ طرق رئيسية لتمليح الخثرة أو الجبن :

١ . يضاف الملح الجاف مباشرة إلى قطع الخثرة عند نهاية عملية التصنيع حيث يرش الملح الجاف على مكعبات الخثرة أو قطع الخثرة بعد فرمها وتقلب معها جيداً وتترك حتى تذاب قبل الكبس كما فى جبن Cottage وجبن التشدر على التوالى (تمليح جاف).

٢ . يدعك سطح الجبن بالملح الجاف كما فى الجبن المعرقة بالفطر (تمليح جاف) .

٣ . غمر أقراص الجبن الطازج فى محلول ملحي *brine* ويعرف بالتمليح الرطب حيث تغمر أقراص الجبن فى محلول ملحي يصل تركيزه إلى ١٨ - ٢٢٪ NaCl

عند درجة حرارة تتوقف على نوع الجبن وتختلف من ٨-١٦°م كما يختلف وقت الغمر من ١٥ دقيقة إلى ٥ أيام طبقاً لحجم الجبن ونوع الخثرة كما في جبن الأيدام والجودا والريفلونو .

في بعض الأحيان قد تملح الجبن بالطريقتين معاً (التملح الرطب والجاف) كما في جبن الأميانتال ، الريمسان ، الرومانو ، اليريك . من الأمور غير المألوفة في صناعة الجبن أن يتم التملح بإضافة الملح مباشرة إلى اللين وتعتبر الجبن الديمياطى الجبن الوحيد الذى يتم تملحه بهذه الطريقة حيث يضاف ٨-١٥٪ ملح إلى اللين قبل إضافة المنفحة لتثبيط نمو البكتريا والمحافظة على جودة اللين.

٩-٣- ميكانيكية أمتصاص وانتشار الملح فى الجبن

١- فى التملح الرطب عندما توضع أقراص الجبن فى محلول ملحي يحدث أنتقال لجزئيات NaCl فى صورة Na^+ ، Cl^- من المحلول الملحي إلى الجبن نتيجة لفرق الضغط الأسموزى بين مصلى الجبن والمحلول الملحي . نتيجة لذلك فإن الماء فى الجبن يتسرب إلى خارج شبكة البروتين فى الجبن لأحداث التوازن الأسموزى . كما أن جزئيات NaCl تنتشر تدريجياً إلى داخل الجبن .

٢- عند تملح قطع الخثرة حيث يرش الملح الجاف على قطع الخثرة ويقطب جيداً ، يذوب بعض NaCl فى ماء السطح وينتشر ببطء إلى داخل قطع الخثرة لمسافة قصيرة ، وهذا يسبب تدفق عكسى للشرش من الخثرة إلى السطح الذى يؤدي إلى إذابة المتبقى من بللورات الملح ويكون محلول ملحي مشبع حول قطع الخثرة . ونظراً لأن مساحة السطح بالنسبة لحجم قطع الخثرة يكون كبيراً نسبياً فإن أمتصاص الملح يحدث من عدة أسطح فى نفس الوقت . لذلك فإن الوقت اللازم لأمتصاص الكمية المناسبة من الملح فى طريقة التملح الجاف (١٠-٢٠ دقيقة) تكون أقل عما فى طريقة التملح الرطب (٥،٥ إلى ٥ أيام طبقاً لحجم الجبن) .

٣- فى طريقة التملح الجاف لسطح الجبن dry surface salting حيث ينظر إلى كتلة الخثرة على أنها قطعة خثرة كبيرة الحجم جداً وإذابة الملح الجاف فى رطوبة الطبقة السطحية يكون ضرورياً لأمتصاص الملح فى هذه الطريقة أيضاً . تسرب الماء من الجبن يؤدي إلى تكوين طبقة من محلول ملحي مركز على سطح الجبن ونتيجة لذلك يحدث أمتصاص للملح من خلال عملية الأنتشار . ونظراً لأن السطح الملامس لمحلول الملحي المركز لمدة طويلة (عدة أيام) فإنه يحدث أنقباض

لسطح الخثرة بدرجة كبيرة (نتيجة ترسيب البروتين بتأثير الملح salting-out of protein) وقد يؤدي ذلك إلى أن الفاقد من الرطوبة من منطقة السطح يكون مرتفعاً نسبياً وبالتالي يسبب انخفاض في انتقال NaCl إلى الداخل لذلك فإن معدل امتصاص الملح في هذه الطريقة يكون بطيئاً مقارنة بطريقة التملح الرطب .

كمية الملح التي تبقى في الجبن المملح بالمحلول الملحي أو الملح الجاف على السطح تعتمد على تركيز المحلول الملحي ، ومحتوى الرطوبة في الجبن والوقت ودرجة الحرارة التي تعرض لها وكذلك على معدل مساحة السطح إلى حجم الجبن . ينتشر الملح تدريجياً إلى داخل الجبن بعد التركيز الأولي للملح على سطح الجبن ويكون التوزيع النهائي للملح في الجبن متجانساً تقريباً ، أما الملح الذي يرش على قطع الخثرة المفرومة فإنه يتوزع بسرعة في خلال الجبن . يذوب الملح في ماء الجبن مكوناً محلول ملحي ضعيف ويؤدي تركيزه الحقيقي إلى ضبط التسوية وحفظ الجبن . ومهما كانت طريقة تملح الجبن أو كمية الملح المضافة فإن التأثير الحافظ للملح يعتمد على تركيز NaCl في رطوبة الجبن (S/M) ، لذا فإن NaCl بتركيز قدرة ١,٦٪ في جبن جاف به ٣٦٪ رطوبة فإنه يحتوي على محلول ملحي تركيزه ٤,٤٪ ($\frac{1.6}{100} \times 36$) والذي يعتبر كافياً لمنع نمو البكتريا المسببة للفساد المحتمل وجودها في الجبن^{٣٦}.

١٠- تغطية وتغليف الجبن

يتم تغليف الجبن بعد انتهاء عملية الكبس مباشرة أو على فترات من تهوية الأقراص وحتى جفاف القشرة . يختلف تغليف الجبن باختلاف نوع الجبن ونوع المواد المتوفرة حيث يتم تغليف الجبن بهدف :

١. وقاية الجبن بصفة عامة من الحدوش والشقوق وتحسين مظهر الجبن .
 ٢. تكوين غلاف يساعد القشرة على حفظ الجبن مما يساعد على تقليل سمك القشرة لتقليل الفاقد من الجبن إلى أقل قدر ممكن والذي يختلف باختلاف حجم الجبن حيث يصل إلى أكثر من ١٠٪ في الأقراص الصغيرة بينما الأقراص الكبيرة فقد يصل إلى أقل من ٢٪ .
 ٣. تقليل الفاقد من الرطوبة بالبخر أو الرش مما يؤدي إلى زيادة التصافي للجبن .
 ٤. وقاية الجبن من الإصابة بالميكروبات أو الحشرات وغيرها من الآفات .
- وكانت الطرق المتبعة حتى وقت قريب تتركز في لف الجبن بقماش من القطن وفوقه قماش من الكتان لوقاية الجبن والحفاظة على شكله حيث كان يدهن أسطح القرص

مادة دهنية ثم تلف بالقماش وقد تعاد إلى المكبس لضغط القماش ليصبح جزءاً من قشرة الجبن . وقد كان أكثر المعاملات إنتشاراً دهن أسطح الجبن بالزيت أو الدهن أو الشمع حيث استخدم الشمع فى كل من كندا ونيوزيلندا وذلك بعد تجفيف الخثرة بعد التصنيع قليلاً . أما الجبن الهولندية فكانت تغسل بماء ساخن وتصبغ بأحد صبغات الأنيلين وتغمر فى شمع أحمر بينما كانت تدهن أقراص الجبن الإيطالية بزيت الكتبان بعد صبغ بعض أصنافها بلون أسود أو تدخينها .

١٠-١- استخدام الشمع فى تغطية الجبن

كانت تغطية الجبن بالشمع تستخدم فى معظم دول العالم منذ سنوات طويلة ولكن كان بعض من المحكمين والتجار يفضلون الجبن بدون شمع لأحتمال تلوث الجبن بالشمع المنصهر وتغير طعمه كما كانت أنواع الشمع المستخدم غير ملائمة وتشقق بسرعة . وكان يستخدم نوعان من الشمع :

أ. الشمع المعدنى (شمع البرافين) ويتميز برخص ثمنه وسهولة استعماله ولكن قد يحتوى على روائح غير مرغوبة فيها تنتقل إلى الجبن إذا حفظ الجبن على درجة حرارة مرتفعة لعدة ساعات .

ب. شمع البللورات الأبرية وهو أحد منتجات البترول التى تكون على صورة بللورات أبرية دقيقة وهو أكثر مرونة وأقل عرضة للتشقق وضد الرطوبة وله قوة تحمل مرتفعة ونفاذية أفضل من الشمع العادى .

عند تغطية الجبن بالشمع يجب أن يكون سطح الجبن نظيفاً جافاً خالياً من أى نموات فطرية حيث يوضع الجبن بعد خروجه من المكبس مباشرة فى غرفة تكون الرطوبة النسبية فيها لا تقل عن ٦٥٪ وعلى درجة حرارة ١٠-١٥°م مع دفع تيار من الهواء الجاف داخل الغرف وترك مسافات بين أقراص الجبن تسمح بتقليب الأقراص مرتين على الأقل حتى يتم جفاف سطح الجبن فى خلال ٢٤ ساعة . تغمر أقراص الجبن بعد ذلك فى شمع برفين أو شمع البللورات الأبرية لمدة ٥ ثوان ويفضل غمر الجبن على درجة أعلا من ١٠٥°م لمدة تزيد عن ٦ ثوان تؤدي إلى زيادة الفاقد من الرطوبة .

تُحفظ الجبن المغطى بالشمع على درجة ٩-١٠°م ولا تتجاوز ١٢°م خلال عملية التسوية . يمكن أن يتحمل الشمع درجة حرارة ١٨°م لبضعة أيام ، ارتفاع درجة الحرارة عن ٢٠°م يجعل الجبن المغطى بالشمع يميل إلى الطراوة وتصبح طبقة الشمع شمعية .

١٠-٢- استخدام غرويات البلاستيك في تغطية الجبن

تحضر هذه الغرويات عادة من الخلات عديدة الفينيل مع قليل من كحول عديد الفينيل معلقين في الماء مع أحد استرات حامض الستريك مثل استر الأستيل الثلاثي أو الثنائي مع حمض السوربيك أو البنزويك كمضاد للفطريات .عادة ترش هذه الغرويات على صورة رذاذ على سطح الجبن أو تدهن بفرشاه من الشعر وهناك كثير من الاعتراضات على استخدامها نظراً للفقد الكبير في الوزن ونمو الفطريات حيث تتميز فقط بتحسين مظهر الجبن وتقليل الأيدي العاملة .

١٠-٣- الطرق الحديثة لتعبئة وتغليف الجبن

نظراً لأن الطرق القديمة مرتفعة التكاليف لما تتطلبه من أيدي عاملة كما أنها لم توفر الوقاية الكافية للجبن بالإضافة إلى الفقد الكبير وخاصة في الأقراص الكبيرة نتيجة لتكوين قشرة سميكة مما أدى إلى تطوير طرق التعبئة والتغليف للجبن لتلبية رغبات المستهلك في الحصول على عبوات مناسبة لأحتياجاته وجذابه وأيضاً لتغطية إحتياجات الأسواق المتزايدة . تتميز الطرق الحديثة بأنها اقتصادية وجذابة وبسيطة في تنفيذها كما تحافظ على صفات الجبن مع حمايتها من الإصابة بالفطريات . يستخدم العديد من المواد في تغليف الجبن من أهمها :

١- البارشميت . يستخدم في كثير من الدول في تغليف منتجات الأغذية والألبان. وتنص المواصفات البريطانية على استخدام البارشميت النباتي في تغليف الأغذية ويجب أن يتحلل عند غليه في الماء وألا يزيد فيه نسبة الحديد على ٧٠ ، النحاس على ٣٠ ، الرصاص على ٠٢ جزء في المليون .

٢- رقائق الألومنيوم *aluminium foil* . تتميز بخفة وزنها ورخص ثمنها وعدم تغيير لونها كما أنها غير سامة وعادة تبطن بنوع مناسب من اللدائن لمنع تفاعلها مع الأغذية . ويستخدم بنجاح في تغليف كثير من أنواع الجبن مثل جبن القشدة ، الجبن المعرقة بالفطر والكممبير . كما يمكن تبطينها من الداخل بسليلولوز أو شمع برافين وذلك لمنع فقد الرطوبة خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة نسبياً (١٥°م) وكذلك حمايتها من التشقق .

٣- الورق . يبطن الورق عادة بكحول عديد الفينيل ليصبح غير منفذ للدهن كما يغطي بالشمع لجعله غير منفذ للماء . ويعتبر الورق المبطن بالبوليثين أكثر مناسبة في تعبئة الأغذية السائلة مثل اللبن إلا أن نفاذ الأكسجين من خلاله يقلل من صلاحيته

الذى يسمح بنمو الفطريات وأكسدة الدهن .

٤- الكارتون . قد يصنع من الورق المبطن أو من مادة بلاستيكية مثل بولى ستيرين polystyrene ويستعمل فى تعبئة الجين المرتفع فى نسبة الرطوبة ومدة حفظه قصيرة مثل الريكوتا و Cottage وتتميز هذه العبوات بعدم امتصاصها للدهن كما تعبأ الجين الجافة وشديدة الجفاف مثل اليرمسان والرومانو فى علب من الكارتون المبطن برفائق من الألمونيوم .

٥- العبوات الزجاجية . وتستخدم بكثرة فى تعبئة الجين المطبوخ بأنواعه المختلفة ومن عيوبها تعرضها للكسر وثقل وزنها .

٦- العبوات المعدنية المبطنة بالبلاستيك . تستخدم فى تعبئة بعض أنواع من الجين وتستخدم فى الخدمات العسكرية وفى الأماكن النائية حيث أن هذه العبوات تعمل على حماية الجين بدرجة أكبر .

٧- الأغشية . تستخدم الأغشية فى تغليف غالبية أنواع الجين وخاصة القطع الصغيرة أو الشرائح . يجب أن يتوفر فى الأغشية المستخدمة فى التغليف الشروط التالية :-

أ. أن يكون الغشاء قوياً ومقاوم للتمزق ويعطى حماية كافية للجين من التلوث والإصابة بالفطريات والحشرات أثناء التسوية ، التخزين أو التوزيع وأن لا تتغير نفاذيته طول فترة الاستخدام .

ب. أن يكون قابل للتشكيل ويمكن لحامه جيداً باستخدام الحرارة .

ج. أن يكون غير منفذ للأكسجين أو بخار الماء . يعتبر قابليته لنفاذ CO₂ ميزه لبعض أنواع من الجين .

د. ألا تتغير خواص الغشاء الطبيعية أو الكيماوية عند ملامسته للجين .

هـ. أن يكون المادة المصنوعة منه الغشاء غير سامة وخاملة كيماوياً .

ز. أن يكون اقتصادياً .

تشمل أنواع البوليمرات الرئيسية المستخدمة فى تغليف الجين على :

١- البوليثن (PE) polyethene . يتميز برخصه وعدم نفاذيته للرطوبة إلا أن قابليته لنفاذ الأكسجين وثنانى أكسيد الكربون يجعل استخدامه فى تغليف الجين محدود . يتميز البوليثن بالمتانة والمقاومة ويستخدم فى تبطين العبوات الورقية كما فى تتراباك tetra pack .

٢- البولى فينيل (PVC) polyvinly أو البولى فينليدين كلوريد

polyvinylidene(PVDC) . ينتج من التجمع الجزئى لكلوريد الفينيل أو مع جزيئات احادية من الفينيلدين كلوريد ليعطى مجموعة كبيرة من المواد عديدة الاستعمالات ويستخدم بكثرة فى تغليف الجبن .

٣- السيلولوز cellulose . مادة غير بلاستيكية وتستخدم فى عمل أغشية مركبة مع البوليثين .

٤- البولى بروبيلين polypropylene . يشبه فى خواصه البوليثين ولكنه أقوى وأكثر مقاومة للحرارة حيث يمكن استخدامه فى تعقيم المواد بداخله فى ماء مغلى .

٥- البولى ستيرين polystyrene . يتميز بدرجة مقاومة عالية للكيمائيات والدهون ويتحمل التخزين إلا أن نفاذيته عالية بالنسبة للغازات والرطوبة مقارنة بغالبية أنواع البلاستيك الأخرى المستخدمة فى أغشية التغليف مما يؤدي إلى عدم صلاحيته فى معظم أغراض التغليف . عادة يستخدم فى صناعة الكرتونات القوية والتي تكون فيها الكرتونات من الورق المشمع أو المبطن غير كافية كما هو الحال فى عبوات البوجهورت .

٦- الساران saran . وهو عبارة عن بوليمر من البولى فينيل والبولى فينيلدين وهى مادة لها خواص متميزة تستخدم فى تبطين أنواع البلاستيك الرخيصة كالبوليثين .

٧- البليوفيلم pliofilm . عبارة عن مادة من المطاط المعامل تشبه البوليثين غير منفذة لبخار الماء وتسمح بنفاذ الغازات وهى من أول المواد التى استخدمت فى تغليف الجبن . وقد وجد أن الجبن المغلف به يفقد حوالى ٠,٤٤ ٪ مقابل ٥,٨ ٪ عند تغطيته بالشمع فى مدة ١٤ أسبوع .

٨- السيلولوز المعامل (السليوفان - الفيسكوز) . تنتج من معاملة الكربوهيدريت فى الخشب بالكيمائيات وتصلح لجميع الأغذية ويستخدم مع بوليمر له خصائص مكملة مثل الساران أو يغطى بطبقة سميكة من الشمع أو مع cryovac أو يكون غشاء مركب مع البوليثين أو البليوفيلم وعادة يكون مناسب للتخزين .

٩- النيلون nylon . وهى مادة بولى أميد ولم تنجح فى تغليف الجبن مثل البوليمرات الأخرى .

١٠- السلوفان cellophane . يمتاز بشفافية ومطاطية ومقاوم للحرارة وغير ذائبة فى الماء والدهن يستخدم فى تغليف الجبن وغيره من الأغذية ويوجد فى ألوان مختلفة .

١٠-٤- التغليف بالأغشية المركبة Laminates

تستخدم الأغشية المركبة فى تغليف الجبن عديم القشرة حيث تصنع الخثرة فى قالب على هيئة متوازي مستطيلات يتم تعريضها لضغط مرتفع لمدة ٢٤ ساعة أو أكثر ثم يغلف القالب بالغشاء تحت ضغط ويتم لحامه بالحرارة . تتكون عادة الأغشية من مادتين أو أكثر مضغوطة مع بعضها ويطلق عليها الأغشية المركبة . عادة توضع القوالب المغلفة فى صناديق خشبية للمحافظة على شكلها أثناء التسوية . يجب التخلص من الهواء عند التغليف للتخلص من الأكسجين كما يراعى أن تكون نسبة الرطوبة منخفضة (الجبن الجاف وشديدة الجفاف) حتى يسهل تغليفها حيث أن الجبن المرتفعة فى نسبة الرطوبة (الجبن الطرية ونصف طرية) يصعب تغليفها بهذه الطريقة حيث ينمو عليها الفطر بسهولة.

تتكون الأغشية المركبة من طبقتين أو ثلاث من مواد مختلفة وذلك بلصقها بمادة لاصقة ذائبة فى الماء أو أى مذيب أو مادة لاصقة تسيل بالحرارة أو بالضغط أو الأنين معاً. تتميز الأغشية المركبة بأن أحد مكونات الغشاء يعطى النفاذية المرغوبة بينما الآخر يعطى المتانة والقوة المطلوبة . كما يمكن بالأغشية المركبة استخدام غشاء سميك فيه مادة رخيصة فقيرة فى الصفات كدعامة لغشاء رقيق من مادة مرتفعة الثمن ذات صفات متميزة مثل البولى فينيلدين كلوريد . تقاوم الأغشية المركبة الدهون والزيوت والبلبل بالماء ومن أكثر المواد استخداماً فى الأغشية المركبة : الورق مع الشمع ، السيلولوز مع الشمع ، السيلولوز مع البوليئين ، السيلولوز مع البولى فينيلدين كلوريد ، الورق مع البوليئين ، الورق مع فينيلدين كلوريد ، البوليئين مع البولى استر ، الرقائق المعدنية مع البوليئين . وتتميز هذه الأغشية بسهولة مرور بخار الماء والغازات (الأكسجين وثانى أكسيد الكربون). هناك ثلاث وسائل يتم عن طريقها هذا النفاذ وهى :

أ. تنقيب الغشاء كما فى الرقائق المعدنية .

ب. وجود قنوات أو ممرات دقيقة (مجهريه) طبيعية كما فى الورق .

ج. الانتشار خلال المادة المتجانسة ، مثل آلية مرور بخار الماء خلال السيلوفان والأكسجين وثانى أكسيد الكربون خلال البوليئين حيث ينوب الغاز على أحد سطحي الغشاء ويتبخر من السطح الآخر .

يؤثر كل من الحرارة والرطوبة النسبية فى سرعة انتشار الغاز فى (ج) ولها تأثير ضعيف فى مرور الغاز خلال الثقوب (أ ، ب) . من المعروف أن درجات الحرارة التى

تستخدم فى تسوية وتخزين الجبن تتراوح من صفر إلى ٢٠°م إلا إنه تحت الظروف المحلية يمكن أن ترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٣٠°م لذلك من المحتمل أن تتأثر كفاءة مواد هذه الأغشية فى نفاذية الغازات .

يمكن أن يستخدم نمو الفطر مقياساً واضحاً لدرجة نفاذ الأكسجين من خلال الأغشية إلا أن بعض الأغشية لا تنفذ بدرجة كافية لنمو الفطريات وأما تكون كافية لحدوث أكسدة الدهن على السطح .

١٠-٤-١- بعض أنواع الأغشية المركبة

نظراً لأن أهم العوامل فى تغليف الجبن الطبيعى فقد الرطوبة ونفاذية الأكسجين فإن غالبية الأغشية المستخدمة تحتوى على بولى فينيلدين كلوريد (PVDC) بدرجة كبيرة حيث يؤدي وجوده إلى تقليل نفاذ الأكسجين وبخار الماء إلى أقل حد ممكن وعند خلطه بالبولى ايثيلين فإن نفاذ الأكسجين وبخار الماء خلالهما يقل بدرجة كبيرة .

تتطلب جميع أنواع الجبن حد معين من الأكسجين لا يتعدى ٥ سم^٣ / ١٠٠ بوصة/ ٢٤ ساعة على درجة حوالى ٢٣°م ، ٢-٥٪ رطوبة نسبية . وتختلف الأغشية المركبة فى درجة نفاذيتها للأكسجين كما يتضح من الجدول التالى :

نوع الغشاء	نفاذية الأكسجين سم ^٣ / ١٠٠ بوصة/ ٢٤ ساعة
• سيلولوز /بولى فينيلدين /بولى ايثيلين	٠.٥ سم ^٣
• بولى استر /بولى فينيلدين /بولى ايثيلين	١.٠ سم ^٣
• بولى أميد /بولى فينيلدين /بولى ايثيلين	٠.٥ سم ^٣
• بولى بروبيون /بولى فينيلدين كلوريد / سيلولوز /بولى ايثيلين	٠.٥ سم ^٣
• بولى بروبيلين /بولى فينيلدين كلوريد / سيلولوز /بولى ايثيلين	٢.٠ سم ^٣

من الواضح أن جميع هذه الأغشية المركبة قابليتها لنفاذ الأكسجين منخفضة .
وفيما يلى أهم الأغشية المركبة المستعملة :

١ . الغشاء المركب من سيلولوز /البولى فينيلدين كلوريد/بولى ايثيلين :

يستخدم فى تخزين الجبن لفترة طويلة ، لا ينفذ الرطوبة ويستخدم فى التعبئة تحت تفريغ أو فى جو من النتروجين ويستخدم فيه طبقة البولى ايثيلين للصق الحرارى . هذا الغشاء غير مرتفع التكاليف ويستخدم لتغليف شرائح الجبن . من عيوب هذه الأغشية عدم المرونة والمتانة ومقاومة الاحتكاك مما يجعلها غير ملائمة لقطع الجبن الصغيرة وقوالب

الجبن.

٢. الغشاء المركب من بولي استر/بولي فينيلدين كلوريد/بولي ايثيلين :

يتميز بممتانة أكبر وقلة فقد الرطوبة مقارنة بالأغشية المركبة الأخرى إلا أنه غير مقاوم للاحتكاك الناتج عن النقل والتداول وقابل للتشقق ومرتفع التكاليف .

٣. الغشاء المركب من النايلون/البولي فينيلدين كلوريد/بولي ايثيلين :

وجود النايلون في الغشاء يعطيه صفات ممتازة لمقاومة الاحتكاك والمرونة والنفاذية وقابلية للصق بالحرارة . ويلاحظ أن جميع أغشية النايلون ليست مناسبة لتغليف الجبن ويتغير خاصية النايلون لحب الماء إذا ما أضيف البولي فينيلدين كلوريد في التركيب النهائي.

٤. الغشاء المركب من بولي برويلين/بولي ايثيلين/بولي فينيلدين كلوريد/سيلولوز/بولي ايثيلين.

وهو من الأغشية المفضلة في تغليف الجبن حيث أنه يتميز بمقاومة عالية للاحتكاك ومرونة ممتازة إلا أن خاصية تشكيله ضعيفة حيث لا يلتصق بإحكام على سطح الجبن عند تعبئته تحت تفريغ .

ومن مميزات التغليف بالأغشية :

١. توفير الأيدي العاملة بدرجة كبيرة .
 ٢. حماية الجبن من التلوث ومهاجمة الفطر والحشرات .
 ٣. انخفاض الفاقد من الرطوبة حيث يصل الفاقد في مصانع الجبن إلى ما يقرب من الأصفر بينما في الطرق التقليدية تختلف من ٣-١٢٪ طبقاً لنوع الجبن .
 ٤. اقتصادية وسهولة التنفيذ وتناسب تغليف القطع الصغيرة من الجبن مما يسهل التداول والتوزيع في الأسواق .
 ٥. يمكن تخزين كمية أكبر من الجبن في المتر المكعب الواحد دون الحاجة لضبط الرطوبة في غرف التسوية أو التخزين ولا تحتاج إلى قلب أثناء التسوية أو التخزين.
 ٦. يمكن صناعة وتسوية الجبن بدون قشرة بحيث يمكن أستهلاكها جميعها بدون فقد .
- وعادة يتم تغليف الجبن الجافة والنصف جافة للتسوية حيث تغلف الجبن الطازجة بعد ٢٤ ساعة من عملية التملح في أغشية PVDC تحت تفريغ واللحام . بهذه الطريقة تتم تسوية الجبن بدون إجراء عمليات إضافية أخرى . ومن الأغشية الأخرى المناسبة لعملية التسوية السيلولوز مع PE أو PVDC مع السيلولوز و PE . كما تستخدم الأغشية التالية في تغليف الجبن للتسويق :
- السيلولوز : الجبن الجافة والنصف جافة .

- بولى فينيل كلوريد (PVC) : الجبن الطرية غير المسواه (الطازجة) .
- بولى ستزين : الجبن الطرية غير المسواه (الطازجة) .
- بولى فينيلدين كلوريد (PVDC) : الجبن الجافة والنصف جافة وشرائح الجبن المطبوخ .
- بولى إيثين (PE) / سيلولوز أو PVDC : الجبن الجافة والنصف جافة وشرائح الجبن المطبوخ .
- رقائق الألومنيوم : الجبن المسواه بالفطر (سطحياً أو داخلياً)

١٠-٥- طرق التغليف

تستخدم أغشية غير منفذة للرطوبة مثل السيلوفان أو البلايوفيلم لتغليف الجبن وتخزينه لفترة قصيرة ٣-٧ أيام . بينما تستخدم أغشية تتميز بالمقاومة العالية والمتانة وعدم النفاذية لتغليف الجبن للتخزين لفترة طويلة مثل غشاء pakkafilm وهو عبارة عن سيلولوز مبطن بالشمع وكذلك أغشية ميثاين والذى يتركب من السيلولوز/بلايوفيلم/الميلينكس/بوليثين ، السيلولوز/بوليثين . كما يستخدم ستافان ويتكون من البلايوفيلم/بوليثين/البوليثين بولى استر بينما يستخدم الكريوفاك فى التغليف فى صورة أكياس .

وتوجد طريقتان للتغليف :

- أ. التغليف بالأغشية تحت الضغط الجوى مع اللحام . تستخدم فى تغليف قوالب الجبن المكعبة أو المتوازي المستطيلات .
- ب. التغليف فى أكياس تحت تفريغ بأستخدام أو عدم استخدام الحرارة ويستعمل لجميع أشكال الجبن أو أجزاءها .

يؤدى التغليف تحت تفريغ للتخلص من الأكسجين ومنع الأكسدة ونمو الميكروبات الهوائية. وعندما يكون الغشاء مرن فإن التفريغ يساعد على ألتصاق الغشاء على الجبن ويؤخذ شكله . يتم التغليف فى أستخدام ماكينات آلية ذاتية الحركة للتغليف حيث يتم تغليف الجبن فى صور مختلفة كأقراص كبيرة أو مكعبات أو كرات أو شرائح ويستخدم التغليف تحت التفريغ لشرائح الجبن مع وضع قطع من الورق بين كل شريحة وأخرى لمنع ألتصاق الشرائح ببعضها . كما أن استخدام الغاز الخامل عند التعبئة يؤدى إلى حماية الناتج من الفساد .