الفصل الثاني

ميكروبيولوجيا الجبن

Microbiology of Cheese

١- مقدمة

الجبن مجموعة من منتجات الألبان المتخمرة التى تصنع أساساً من اللبن بأشكال مختلفة وأطعمة مختلفة فى جميع أنحاء العالم . يعتبر الجبن من أولى منتجات اللبن التى ظهرت منذ فجر التاريخ ، حيث كانت تعتبر وسيلة لحفظ مكونات اللبن فى صورة صالحة للاستهلاك لفترة أطول . صناعة الجبن أساساً عبارة عن تركيز الكازين والدهن إلى ٦-١٢ ضعف طبقاً لنوع الجبن ، نتيجة لتجبن الكازين إنزيمياً أو حامضياً مع إنكماش الخثرة وطرد الشرش ، حيث تتكون الخثرة التى قد تستهلك طازجة أو بعد التسوية لفترة تختلف من عدة أسابيع إلى سنة أو أكثر.

الفوائد الناتجة عن تحويل المكونات الرئيسية فى اللبن إلى جبن قد تتضمن إطالة فترة الصلاحية (قوة الحفظ) وسهولة النقل ، كما تعتبر وسيلة لتنويع أغذية الإنسان . واكبت صناعة الجبن انتشار الحضارة فى منطقة الشرق الأوسط ، مصر اليونان وروما ، وقد أوضحت الكتب التاريخية مدى اهتمام الرومان بصناعة الجبن بحيث أصبحت مكوناً أساسياً فى وجبة الجنود الرومان . الهجرة الكبيرة خلال أوروبا التى صاحبت سقوط الإمبراطورية الرومانية شجعت على انتشار صناعة الجبن ، ولقد لعبت الأديرة والإقطاعيات دوراً هاماً فى تطوير صناعة الجبن واستنباط أنواع مختلفة من الجبن حيث كانت لهذه الجهات إسهامات واضحة فى تطوير الزراعة فى أوروبا ، وكذلك تطوير وتحسين الأغذية ، خاصة الخمور والجبن. كثير من أنواع الجبن المعروفة حالياً ترجع نشأتها إلى هذه الأديرة والإقطاعيات .

يوجد عدد كبير من الجبن ، وقد تمكن بعض العلماء من وصف وشرح أكثر من ٤٠٠ نوع من الجبن ، بينما تمكن آخرون من تصنيف ٥١٠ نوع من

الجبن . كانت صناعة الجبن لفترة قريبة تعتبر فن أكثر منه علم ، ومع إكتساب معلومات عن كيمياء وميكروبيولوجيا اللبن والجبن ، أصبح من الممكن التحكم فى التغيرات التى تحدث فى صناعة الجبن بطريقة أكثر دقة . بالرغم من أن أنواع قليلة جديدة ظهرت نتيجة هذه المعلومات المتطورة ، فإن الأنواع القائمة أصبحت أكثر تحديداً فى صفاتها ، كما أن جودتها أصبحت أكثر تماثلاً . من خلال التاريخ الطويل لصناعة الجبن ، فإنه يمكن القول أن أنواع الجبن القياسية standard cheese معروفة منذ زمن طويل ، بالرغم من أن أسماء كثير من أنواع الجبن المعروفة حالياً قد أدخلت منذ مئات السنين فقط ، على سبيل المثال ، ذكرت جبن الجروجونزولا Gorgonzola الإيطالية (جبن معرقة بالفطر) منذ عام ٨٩٧ ، وجبن ركفور Roquefort الفرنسية (جبن معرقة بالفطر) منذ عام ١٠٧٠ ، جبن التشدر Cheddar الإنجليزية (جبن جافة خالية من العيون) منذ عام ١٥٠٠ ، جبن البرمسان Parmesan الإيطالية (جبن شديدة الجفاف) منذ عام ١٥٧٩ ، جبن الجودا Gouda الهولندية (جبن نصف جافة) منذ عام ١٦٩٧ ، جبن ستيلتون Stilton الإنجليزية (جبن معرقة بالفطر) منذ عام ١٧٨٥ وجبن الكمبير Cammbert الفرنسية (جبن طرية مسواه سطحياً بالفطر) منذ عام ١٧٩١ .

من المعروف أن صناعة الجبن كانت تقام فى القرى حتى منتصف القرن التاسع عشر ، وكان أول مصنع للجبن فى الولايات المتحدة الأمريكية قد أنشئ قريب من Rome فى نيويورك فى عام ١٨٥١ ، وفى إنجلترا فى Long ford فى مقاطعة Derbyshire فى عام ١٨٧٠ . نظراً لأن هناك آلاف من صناع الجبن ، فمن المتوقع أن يكون هناك تباين كبير فى أى نوع من الجبن ، قد يكون هناك اختلافات داخل المصنع وأيضاً بين المصانع فى الجودة والصفات التى تحدث يومياً فى الأنواع المعروفة مثل التشدر بالرغم من وجود علوم وتكنولوجيا متقدمة ، فإنه يمكن قبول التباين الذى يوجد بين الأنواع من بداية الصناعة . من المصادر الرئيسية التى يرجع إليها التباين فى صفات الجبن هو نوع اللبن ، بالرغم من أن ألبان أنواع مختلفة من الحيوانات الثديية تستخدم فى صناعة الجبن ، إلا أن اللبن البقرى أهم هذه الألبان ، بينما ألبان الغنم ، الماعز والجاموس لها أهمية تجارية فى بعض المناطق . هناك اختلافات معنوية هامة فى تركيب اللبن نتيجة اختلاف نوع

الحيوان التى تنعكس على صفات الجبن الناتج من هذه الألبان ، من أهم هذه الاختلافات تركيز وأنواع الكازين ، تركيب الدهن وخاصة محتواه من الأحماض الدهنية ، تركيز الأملاح وخاصة الكالسيوم . كما أن هناك اختلافات معنوية فى تركيب اللبن بين أجناس الماشية breed ، وهذه بدورها تؤثر على درجة جودة الجبن الناتج ، كما تؤثر أيضاً الاختلافات التى تعزى إلى فصل الحليب وعوامل التغذية ، وكذلك طريقة إنتاج اللبن وتخزينه وتجميعه على صفات جودة الجبن الناتج.

هناك أنواع جديدة ورئيسية من الجبن قد استنبطت حديثاً كنتيجة للبحث العلمي ، كما تطورت كثير من أنواع الجبن الأخرى بدرجة كبيرة حتى أصبحت أنواعاً جديدة نتيجة لمتابعة البحث العلمي وظهور تكنولوجيات جديدة . فمثلاً ، جبن الفتا Feta وشبيهاتها تنتج باستخدام طريقة الترشيح الفائق ultrafiltration (UF) ، وكذلك أشكال مختلفة من جبن الكوارج Quarg .(جبن طرية تستهلك طازجة فى المانيا)

١-١- إنتاج الجبن فى العالم

تعتبر الجبن من أهم منتجات الألبان فى معظم دول العالم ، حيث أن كمية اللبن المستخدمة فى صناعة الجبن على مستوى العالم فى زيادة مستمرة ، حيث وصلت فى عام ١٩٩٠ إلى ٣٥ % من إنتاج اللبن فى العالم ، هذا بالإضافة إلى الزيادة المستمرة فى استهلاك الجبن على مستوى العالم حيث وصل معدل الزيادة إلى ٤ % سنوياً ، نظراً لأن الجبن يعتبر غذاء يتميز بقوة حفظ جيدة وارتفاع البروتين مع الدهن والكالسيوم والفوسفور وبعض الفيتامينات ، ويعتبر بديلاً للأغذية البروتينية الأخرى مثل اللحوم فى الوجبات الغذائية.

يبلغ إنتاج العالم من الجبن فى عام ١٩٩٤ حوالي ١٥ مليون طن ، حيث يمثل إنتاج الدول الأوروبية حوالي ٥٠% من إنتاج العالم حيث تحتل فرنسا المرتبة الأولى فى إنتاج الجبن فى أوروبا تليها ألمانيا ثم إيطاليا ، يمثل إنتاج دول أمريكا الشمالية حوالى ٢٦% من إنتاج العالم ، حيث يمثل إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية التى تعتبر أكبر دولة فى إنتاج الجبن فى العالم ، أكثر من ٢٠ % من

الإنتاج العالمى . يصل إنتاج الدول الأسيوية إلى ما يقرب من ٦% من إنتاج العالم ، تحتل إيران المرتبة الأولى فى إنتاج الجبن فى آسيا يليها الصين. يصل إنتاج دول أمريكا الجنوبية من الجبن حوالى ٤,١% من الإنتاج العالمي ، حيث تحتل الأرجنتين المرتبة الأولى يليها فنزويلا ثم البرازيل . إنتاج الدول الأفريقية من الجبن يبلغ حوالى ٣,٣ % من الإنتاج العالمي ، تحتل جنوب أفريقيا المرتبة الأولى فى إنتاج الجبن يليها مصر . إنتاج دول الباسفيك (استراليا ونيوزيلندا واليابان) يصل إلى أقل من ١ % من الإنتاج العالمي حيث يبلغ إنتاج أستراليا ما يقرب من ٥٠% من إنتاج هذه الدول .

خلال العشر سنوات الأخيرة ، أرتفع استهلاك الفرد من الجبن بدرجة واضحة فى معظم دوال العالم ، حيث يختلف استهلاك الجبن اختلافاً واضحاً بين دول العالم وحتى فى الدول الأوروبية. تحتل فرنسا المرتبة الأولى من حيث استهلاك الفرد من الجبن ، يليها اليونان ، إيطاليا ثم ألمانيا . وقد لوحظ أنه لا توجد دولة (باستثناء إسرائيل) فى آسيا أو أفريقيا أو أمريكا الجنوبية تقع ضمن الـ ٢٥ دولة الأولى فى العالم فى استهلاك الجبن .تحتل فرنسا واليونان المرتبة الأولى فى نصيب الفرد من الجبن (٢٢ كجم/ السنة) ، يليها إيطاليا (١٨ كجم/ السنة) ثم ألمانيا (١٧ كجم/ السنة) .

١-٢- تقسيم الجبن

توجد تجارة عالمية للأنواع الرئيسية للجبن ، كثير من هذه الأنواع يتم إنتاجها فى عدد من الدول لكن قد تكون غير متماثلة فى صفاتها وتركيبها . هناك عدة محاولات قد تمت لتقسيم الجبن وذلك لمساعدة التجارة العالمية وتقديم معلومات تغذوية وقد تكون لأسباب أخرى مثل البحث العلمي ، بالرغم من وجود أكثر من ٤٠٠ نوع من الجبن ، إلا أنه يوجد منها ١٨ نوعاً محدداً ومميزاً ، العديد من الأنواع أطلق عليها أسم المنشأ ، وتختلف عن بعضها فى الشكل وطريقة التصنيع والتعبئة لكن الصفات العامة متشابهة تقريباً. عادة تقسم الجبن إلى ٨ عائلات متشابه بدرجة كبيرة على النحو التالي :

١- جبن شديدة الجفاف Very hard (grating)

أ- تسوى داخلياً بالبكتريا : مثل البرمسان Parmesan ، الأسياجو Asiago والرمانو Romano .

٢- جبن جافة Hard

أ- تسوى داخلياً بالبكتريا ولا تحتوى على عيون غازية eyes : مثل الراس Ras ، التشدر Cheddar ، الكشيوكافالو Cociocavallo .

ب- تسوى داخلياً بالبكتريا وتحتوى على عيون غازية eyes : مثل الامينتال Emmental والجروير Gruyere

٣- جبن نصف جافة Semi-hard

أ- تسوى داخلياً بالبكتريا : مثل الأيدام Edam ، المنستر Munster ، الجودا Gouda .

ب- تسوى سطحياً بالبكتريا (smear) : مثل اللمبرجر Limburger ، الترابست Trappist ، Port du Salut ، البريك Brick .

جـ- تسوى داخلياً بالفطر : مثل الركفور Roquefort ، جروجونزولا Gorgonzola ، ستيلتون Stilton والجبن الزرقاء Blue cheese .

٤- جبن طرية Soft

أ- تسوى سطحياً بالفطر : مثل الكمبير Camembert، البراى Brie .

ب- تسوى داخلياً بالبكتريا : الدمياطى Domiati والفتا Feta .

ج- تستهلك طازجة (غير مسواه) : جبن Cottage ، القريش Karish ، جبن الثلاجة Tallaga ، جبن قشدة Cream ، الريكوتا Ricotta ، موزاريلا Mozzarella والكوارج Quarg.

٥- جبن الشرش مثل الريكوتا Ricotta .

٦- الجبن المطبوخة Processed cheese .

٢-إعداد اللبن فى صناعة الجبن

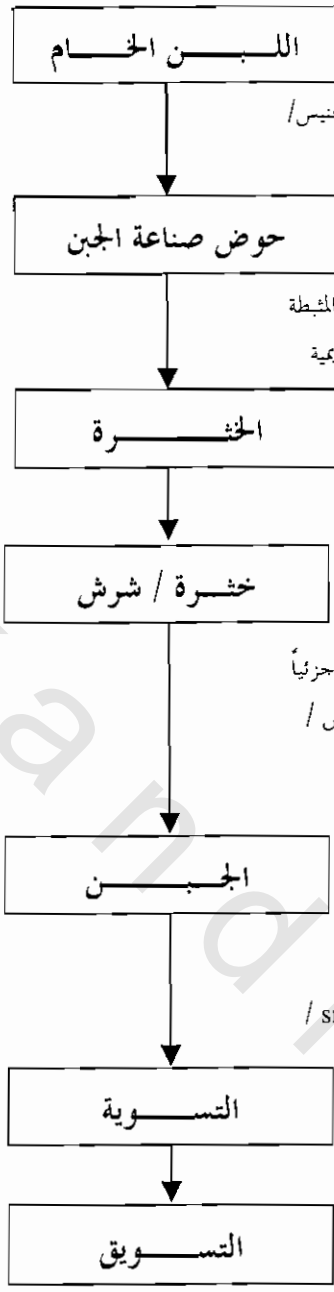
يتعرض اللبن المستخدم فى صناعة الجبن cheese making لمعاملات مختلفة تهدف إلى إنتاج جبن مرتفع الجودة من خلال تحسين الصفات الطبيعية ، الكيماوية

والميكروبيولوجية للبن الجبن . يعتبر محصول وجودة الجبن الناتج على جانب كبير من الأهمية فى صناعة الجبن ، الذى يتوقف على تركيب اللبن ، خاصة محتواه من الدهن والكازين وكفاءة عملية تحويل اللبن إلى جبن . يتأثر قوام body وتركيب البنائى texture للجبن الناتج بتركيب اللبن والمعاملات التكنولوجية المختلفة فى صناعة الجبن . يساعد تعديل الصفات الطبيعية ، الكيماوية والميكروبيولوجية للبن الجبن على تحسين كفاءة العمليات التكنولوجية المتبعة فى إنتاج الجبن لضمان إنتاج أنواع من الجبن تتميز بصفات خاصة بهذا النوع من الجبن مع صفات جودة مرتفعة.

الشكل (٢-١) يبين خطوات صناعة الجبن الأساسية بصفة عامة والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى يتعرض لها كل من اللبن والخثرة خلال عمليات الإنتاج ، التى تؤدى فى النهاية إلى جبن ذات صفات جودة كيماوية وميكروبيولوجية وحسية جيدة تساعد على قابليته للاستهلاك مع حماية المستهلك من أى مخاطر صحية.

٢-١- استلام وتخزين اللبن

بعد إجراء الاختبارات الروتينية لاستلام اللبن عند وصوله إلى المصنع ، يتم تجميع اللبن فى خزانات كبيرة مبردة ، حيث يخزن اللبن فى معظم مصانع الجبن فترات قصيرة أو طويلة تحت درجات حرارة منخفضة لتثبيط نمو الميكروبات وإطالة فترة حفظ اللبن طبقاً لنظام العمل والطاقة الإنتاجية للمصنع . يعتبر تخزين اللبن من العمليات الهامة وخاصة فى المصانع الكبيرة حيث يخزن فى خزانات كبيرة تحت درجات حرارة منخفضة . قد تجرى بعض العمليات مثل عملية تسوية للبن بإضافة البادئ فى خزانات التخزين قبل نقله إلى أحواض صناعة الجبن ، خلط اللبن مع دفعات أخرى من إنتاج مزارع مختلفة ، تعديل تركيب اللبن وغيرها من المعاملات الأخرى الضرورية .



شكل (٢-١) : الخطوات الأساسية فى صناعة الجبن .

يجب أن تكون الخزانات مصنوعة مادة يسهل تنظيفها كما أن ملحقات الخزانات من مضخات وخطوط أنابيب لنقل وتوصيل اللبن يجب أن تكون مصممة بحيث لا تكون مصدراً لتلوث اللبن بالميكروبات . كما يجب أن تكون الخزانات معزولة لعدم فقد أو كسب حرارة والمحافظة على درجة حرارة اللبن ثابتة طول فترة التخزين ، فى بعض الأحيان قد يكون ملحق بهذه الخزانات وحدات تبريد لتبريد محتوى هذه الخزانات. كما يجب أن تكون الخزانات مزودة بمقلبات أتوماتيكية لتقليب اللبن فى هذه الخزانات لمنع صعود الدهن على السطح وتكوين طبقة القشدة.

وفى حالة الخزانات الكبيرة والتى تصل إلى ١٥٠٠٠ – ٢٥٠٠٠ جالون لبن فأنه يصعب تنظيفها باستخدام الطرق التقليدية لذلك يجب أن تزود بنظام التنظيف المكانى cleaning- in-place system (CIP) . يجب تنظيف الخزانات بعد كل تفريغه وقبل إعادة ملئه باللبن حتى لا يحدث تلوث للدفعة الثانية من لبن الدفعة السابق تفريغها من الخزان. ويجب شطف الخزانات بالماء بدرجة كافية لإزالة بقايا اللبن 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 يكتسب بعض الحرارة والتى 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 بالكيماويات هى الطريقة التقليدية فى هذا المجال.

عادة يحفظ اللبن عند ٥°م . حفظ اللبن عند درجات أعلى من ذلك يؤدى إلى زيادة أعداد البكتريا بدرجة أسرع . فى اللبن 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 اللبن ٤°م كما يتضح من جدول (٢-١).

يجب أن تكون المقلبات قادرة على تقليب كمية اللبن كلها من أعلى إلى أسفل لمنع تكوين طبقة القشدة ، لذلك فإن وضع وأتجاه المقلب على جانب كبير من الأهمية.

ولتجنب الأضرار التى تحدث للبن 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 ارتفاعاً فى درجة الحرارة إذا كان الهواء دافئاً.

تخزين اللبن عند درجات حرارة منخفضة قد يؤثر على صناعة الجبن ، نتيجة التأثير الطبيعي على ذوبان بعض شقوق الكازين من جسيمات الكازين ، وكذلك تحلل الكازين والدهن بواسطة إنزيمات يكون مصدرها فى اللبن أساساً البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophic bacteria وأيضاً من الخلايا الجسمية somatic cells أو من الدم.

جدول (٢-١) : أعداد البكتريا فى اللبن عند درجات حرارة مختلفة.

درجة الحرارة (°م)	عدد البكتريا (SPC) عند ٢٤ ساعة
٠,٥	٧٢×١٠^{٢}
٢,٠	٧٣×١٠^{٢}
٤,٠	٧٥×١٠^{٢}
٥،٥	٧٨×١٠^{٢}
٧,٠	٩٠×١٠^{٢}
٩,٠	١٥×١٠^{٣}
١٠,٥	٢٥×١٠^{٣}
١٢,٠	٥٦×١٠^{٣}

اللبن المخزن عند ٤°م أو ٧°م ، يحتوى على نسبة مرتفعة من الكازين الذائب ، يكون أبطأ فى التجبن مع فقد أكبر من الدهن والخثرة (الدقائق الصغيرة من الخثرة) فى الشرش . تكون الخثرة أضعف ومحصول الجبن أقل مقارنة باللبن المخزن عند ١٠ - ٢٠°م ، مما يدل على أن الكازين الذائب قد لا يندمج فى شبكة الخثرة . تأثير التخزين على درجات حرارة منخفضة يمكن استعادته جزئياً

على الأقل وذلك بحفظ اللبن عند ٦٠ – ٦٥°م ، حيث يؤدى ذلك إلى تقليل وقت التجبن وتحسين صفات الخثرة.

٢-١-١- تأثير البكتريا المتحملة البرودة والمعاملة الحرارية

تخزين اللبن الخام فى خزانات أسطوانية كبيرة silos فى مصانع الألبان الكبيرة عند درجات حرارة بين ٦ – ١٠°م يشجع من نمو أنواع معينة من البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophic bacteria . هذه البكتريا تستطيع أن تنمو عند درجات حرارة أقل من ٧°م ، بالرغم من أن درجات حرارة النمو المثلى لها تقع بين ٢٠ – ٣٠°م . توجد هذه البكتريا فى خزانات اللبن المبرد وتكون أساساً بكتريا سالبة لجرام من أجناس *Achromobacter, Pseudomonas, Enterobacter, Alcaligenes* ، لكن أمكن عزل بكتريا موجبة لجرام من جنس *Bacillus* . معظم البكتريا المتحملة البرودة يقضى عليها بالبسترة ، لكنها تفرز إنزيمات خارج الخلايا تكون مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وقادرة على مقاومة البسترة (HTST) . أهم هذه الإنزيمات بالنسبة لصناعة الجبن هى إنزيمات البروتييز والليبيز التى تؤدى إلى تحلل كل من البروتين والدهن ، على التوالى.

من المعتقد أن إنزيمات البروتييز المقاومة للحرارة تكون مسئولة عن انخفاض محصول الجبن نتيجة تحلل البروتين ، مما يسبب فقد مواد نيتروجينية فى الشرش . فى صناعة الجبن الطرية ، وجد أن أعداد البكتريا المتحملة البرودة ١٠^{٦} cuf/مل من اللبن تكون مسئولة عن انخفاض محصول الجبن بحوالى ٥ % نتيجة تحلل البروتين . فى صناعة جبن Cottage يكون الفقد فى المحصول محسوساً فقط عندما يصل العدد الكلى للبكتريا إلى ١٠^{٦} cuf/مل ويكون مرتبطاً بزيادة NPN الناتجة من تحلل البروتين . عندما تصل أعداد البكتريا إلى ١٠^{٨} cfu/مل ، فإن التجبن يحدث بمعدل أكثر بطأ وتكون خثرة جبن Cottage أكثر طراوة ، كما أن هذا المستوى من نمو البكتريا يسبب فقداً كبيراً فى المحصول . نمو البكتريا المتحملة البرودة فى اللبن تسبب أيضاً انخفاضاً كبيراً فى محصول جبن التشدر . ومع ذلك ، فإن أعداد البكتريا المتحملة البرودة 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 المتحملة البرودة عند مستوى ١٠^{٦} cfu/مل ، لكن أعداد أكبر تصل إلى ١٠^{٧} cfu/مل قد تسبب انخفاضاً فى محصول الجبن .

لتقليل نمو البكتريا المتحملة البرودة أثناء تخزين اللبن لصناعة الجبن ، فإنه يتم تعريض اللبن لمعاملة حرارية أو تخزينه عند درجة حرارة أقل من ٦°م . جبن التشدر المصنوعة من لبن خزن عند ٢°م لمدة ٤ أيام ، يحتوى على صفات طعم أفضل من الجبن المصنع من لبن خزن عند ٦°م ، التخزين عند درجات حرارة أقل لا يسبب انخفاضاً فى محصول الجبن.

إنزيمات الليبيز الناتجة من البكتريا المتحملة البرودة التى تقاوم البسترة قد تسبب زناخة rancidity فى جبن التشدر ، فى الجبن الهولندية وجبن الكممبير.

بالإضافة إلى التغيرات فى ميكروفلورا اللبن نتيجة التخزين تحت درجات التبريد ، فإنه قد يحدث تغيرات طبيعية – كيماوية 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 ، الذى يؤدى إلى انخفاض فى محصول الجبن لكن وجد أن تعريض اللبن لمعاملة حرارية قبل صناعة الجبن يمكن أن يقلل من هذا التأثير.

عموماً فإن انخفاض محصول الجبن نتيجة إطالة فترة التخزين المبرد للبن يمكن تجنبه بتسخين اللبن thermization (حيث يتم تسخين اللبن إلى ٦٣ – ٦٥°م لمدة ١٥ – ٢٠ ثانية للقضاء على البكتريا المتحملة البرودة) قبل التبريد والتخزين . التسخين إلى ٧٤°م لمدة ١٠ ثوان يؤدى إلى زيادة فى محصول الجبن بحوالى ٥ % بعد تخزين اللبن عند ٣°م لمدة ٧ أيام . تسخين اللبن إلى ٦٥°م لمدة ١٥ ثانية قبل التخزين يحافظ على مستوى البكتريا المتحملة البرودة عند مستويات مقبولة لمدة ٣ أيام متتالية . تخزين اللبن لفترات أطول أو تعريض اللبن لمعاملات حرارية أقل يؤدي إلى فقد فى المحصول والجودة . وجد أن محصول جبن الأيدام واللامبرجر قد أرتفع بحوالي ١,٥ – ٢ % بالتسخين إلى ٧٣°م لمدة ٣٠ ثانية والتبريد إلى حوالي ٨ – ١٠°م ثم إعادة التسخين إلى ٦٧°م لمدة ٣٠ ثانية قبل التبريد طول الليل والبسترة . لذلك ، فإن تسخين اللبن قبل التخزين تحت درجات حرارة منخفضة، قد يساعد على بقاء البكتريا المتحملة البرودة عند مستوى أقل من المستويات

التى تسبب مشاكل فى صناعة الجبن ، خاصة إذا كان التخزين عند ٦ – ٧°م بدلاً من ٢°م . 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 فى درجة جودة ونظافة ألبانها . وقد تحتوى هذه الألبان على أوساخ وشوائب وبعض المواد الغريبة التى قد تصل إلى اللبن من البيئة المحيطة بعملية الإنتاج (الجو ، الحيوان، العمال ، الأدوات المستعملة فى الإنتاج ، العليقة...) لذلك يجب أن يمرر اللبن خلال مرشحات لإزالة هذه الأوساخ والشوائب المرئية . تتميز عملية الترشيح filtration بالسهولة والبساطة وقلة التكاليف ، عادة يستخدم قطن أو قماش ترشيح ضيق الثقوب مناسباً لإزالة الشوائب والأوساخ المرئية ، لكنها لا تزيل الخلايا الجسمية somatic cells التى قد تكون موجودة طبيعياً فى اللبن ، قد تجرى عملية ترشيح اللبن على البارد أو الساخن . يفضل كثير من المعامل عملية ترشيح اللبن على البارد ، حيث لا يلزم عملية تسخين لرفع درجة حرارة اللبن قبل الترشيح ، مما يؤدى إلى تقليل التكاليف ، كما أن كثير من الشوائب والمواد الغريبة توجد على حالة غير ذائبة عند درجة حرارة منخفضة وبذلك يسهل فصلها بالترشيح . قد تلجأ المصانع إلى تدفئة اللبن قبل عملية الترشيح إذا كانت نسبة الدهن فى اللبن ٤% أو أعلى لزيادة سرعة انسياب اللبن خلال المرشحات .

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

٢-٣- التنقية

المنقيات clarifiers عبارة عن أجهزة تعمل على إزالة الشوائب والقاذورات التى يصعب إزالتها فى عملية الترشيح باستخدام قوة الطرد المركزي عند سرعة ٦٠٠٠ دورة فى الدقيقة أو أعلى . تزيل المنقيات جميع الشوائب الدقيقة الموجودة فى اللبن ، التى يكون وزنها النوعي أعلى من ١,٠٣٢ (أي أعلى من الوزن النوعي للبن) ، وتشمل القاذورات والخلايا ومجاميع البكتريا الكبيرة clumps .

يتم تنقية اللبن عند ٣٢ - ٣٨°م ، حيث تنفصل المواد الغريبة التى تكون أثقل من مكونات اللبن بتأثير قوة الطرد المركزي ، حيث تتراكم وتكون ما يعرف بوحل المنقى slime الذى يتكون من المواد الغريبة فى اللبن ، البروتين ، الدهن ، فوسفات الكالسيوم وغيرها من الأملاح المعدنية والخلايا الجسمية والبكتريا . تختلف كمية وحل المنقى باختلاف كمية المواد الغريبة ، مرحلة الحليب ، حموضة اللبن ، درجة حرارة التنقية ومدة عملية التنقية.

تقوم عملية التنقية بالتخلص من الخلايا الجسمية والبكتريا بدرجة كبيرة وقد وجد ان عدد الخلايا الجسمية تختلف من ١,٣ - ٣ مليون لكل جرام من وحل المنقى بمعدل انخفاض يصل إلى حوالى ٤٠ % فى اللبن . كما وجد أن أعداد البكتريا فى وحل المنقى يتراوح من ٧٥ إلى ٩٠ × ١٠^{٧} /جم .

توجد عدة طرق لإزالة البكتريا باستخدام قوة الطرد المركزي . فقد وجد أن التنقية عند سرعة عالية (٢٠,٠٠٠ لفة فى الدقيقة) يؤدي إلى إزالة ٨٥ - ٩٣ % من عدد البكتريا فى اللبن ويتوقف ذلك على نوع البكتريا الموجودة. تختلف كثافة البكتريا من ١,٠٧ إلى ١,١٣ التى تؤثر على نسبة التخلص من نوع معين من البكتريا.

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

تؤدى عملية التنقية إلى تفتيت كتل البكتريا bacterial clumps فى اللبن ، مما يؤدى إلى ارتفاع أعداد البكتريا فى اللبن مقارنة باللبن قبل التنقية ، بالرغم من عدم وجود زيادة حقيقية فى أعداد البكتريا . ومع ذلك ، فإن البعض يعتقد أن عملية التنقية تحسن من نمو البكتريا حيث تكون الظروف أفضل لنمو البكتريا بعد تفتيت تجمعاتها التى تعمل على زيادة الحموضة فى اللبن ، حيث يتخمر اللبن ويتجبن بدرجة أسرع من اللبن غير المنقى ، مما دفع كثير من صانعى الجبن إلى عدم استخدام التنقية فى صناعة الجبن.

٢-٤- التجنيس

تؤدى 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 يؤدى إلى القضاء على الميكروبات وإنما يؤدى إلى تفتيت كتل البكتريا مما يؤدى إلى نمو أسرع للبكتريا فى اللبن بعد التجنيس ، لذلك يحتاج الأمر إلى معاملة حرارية مناسبة بعد التجنيس ، لضمان عدم حدوث تغيرات غير مرغوبة فى اللبن وأيضاً لإتلاف إنزيم الليبيز حتى لا يحدث تحلل الدهن وظهور طعم زنخ.

يسبب تجنيس اللبن تغيرات فى الصفات الطبيعية للكازين تؤدى 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. عادة تجرى عملية التجنس عند ٦٨ – ٧٠°م.

بالرغم من أن عملية التجنيس قد تؤدى إلى زيادة ملموسة فى تكاليف عمليات صناعة الجبن إلا أنها تعتبر ضرورية فى صناعة بعض أنواع من الجبن لضمان صفات معينة فى الناتج النهائى ، كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese حيث أن التجنيس يسرع من تحلل الدهن أثناء التسوية وإكساب الجبن الطعم الحريف المميز لها . بالإضافة إلى ذلك ، فإن عملية التجنيس تعتبر ضرورية

ومفيدة فى صناعة جبن القشدة Cream cheese وبعض أنواع من الجبن الطرية حيث تكون نعومة الجبن من الصفات الهامة المرغوبة .

فى صناعة جبن التشدر من لبن مجنس ، كان محصول الجبن أعلى نتيجة لزيادة فى قدرة الخثرة على الاحتفاظ بالرطوبة وانخفاض معدل فقد الرطوبة بالبخر وكذلك انخفاض معدل تسرب الدهن من الخثرة ، لكن كانت درجات التحكيم متماثلة مع الجبن الناتج من لبن غير مجنس . عموماً فإن تجنيس اللبن المستخدم فى صناعة الجبن يؤدى إلى :

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

٢-٥- إزالة البكتريا بالطرد المركزي

تم تطوير فكرة المنقى إلى ما يعرف "Bactofuge" الذى يعمل على إزالة البكتريا باستخدام قوة الطرد المركزى وتعرف هذه العملية بالـ "Bactofugation" . الهدف من هذه العملية هو التخلص من البكتريا والجراثيم الموجودة فى اللبن وقد استخدمت هذه العملية بنجاح فى صناعة الجبن . الجدول (٢-٢) يوضح تأثير عملية bactofugation على إزالة البكتريا المختلفة من اللبن.

يعمل bactofuge على الأساس الذى يعمل عليه المنقى عند سرعة ٦٠٠٠ دورة فى الدقيقة وتستخدم درجة حرارة ٥٦ - ٥٧°م . يستخدم bactofugation فى تحسين الجودة الميكروبيولوجية للبن ويستفاد من ذلك فى صناعة الجبن من اللبن الخام . كما يمكن استخدام هذه العملية فى التخلص من جراثيم *Cl.tyrobutyricum* . هذه العملية تؤدى إلى خفض أعداد الجراثيم بدرجة كبيرة، حيث يمكن أن تصل أعدادها فى اللبن 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 بسبب 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 دون أن يؤثر على جودة الجبن.

جدول (٢-٢) : نسبة الانخفاض فى أعداد البكتريا المختلفة فى اللبن نتيجة عملية Bactofugation .

	% للانخفاض	
	فى اللبن المبستر	فى اللبن المبستر بعد bactofugation
العدد الكلى للبكتريا	٩٩,١٧	٩٩,٨٣
عدد البكتريا المتجرثمة الهوائية	١٣,٠٠	٧٧,٠٠
عدد البكتريا المتجرثمة اللاهوائية	صفر	٧٩,٠٠

فى بعض المصانع قد تتم عملية bactofugation باستخدام جهازين bactofuge لزيادة كفاءة هذه العملية فى إزالة البكتريا المتجرثمة ، 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 (التى تمثل ١٠ % من البكتريا فى اللبن قبل عملية bactofugation) ، أى أن هاتين العمليتين تزيل ٩٩% من البكتريا ، تعتبر هذه العملية ضرورية وناجحة فى صناعة الجبن واللبن المعقم إلا أنها عملية مكلفة.

استخدام الترشيح الدقيق microfiltration (MF) أو bactofugation فى إزالة البكتريا من لبن الجبن تساعد على زيادة كفاءة المعاملات الحرارية فى القضاء على الميكروبات الموجودة فى اللبن ، لكن يعتقد أن MF أكثر كفاءة فى هذا الشأن عن bactofugation . فى عام ١٩٨٦ استخدم MF فى التخلص من البكتريا الموجودة فى اللبن ، وكانت نتائج هذه العملية مرضية جداً ، لكن كان تلوث

غشاء MF خطيراً بدرجة سريعة . للتغلب على ذلك فقد قامت شركة Alfa-Laval فى عام ١٩٧٤ بإنتاج غشاء سيراميك جديد بنفاذية عالية ، وقد استخدم هذا الأساس فى تصميم جهاز على نطاق تجاري لإزالة البكتريا يطلق عليه "Bactocatch" ، حيث يتم الترشيح الدقيق للبن الفرز الخام بصفة مستمرة باستخدام أغشية ، حجم الثقوب pore size فيه ١,٤ um عند درجة حرارة بين ٣٥ – ٥٠°م . تبلغ كمية الراسب retentate فى هذه الطريقة ٥ % من حجم اللبن الداخل إلى الغشاء ، ويمكن تخفيضه إلى ٣ % . هذا الراسب ، الذى يحتوى على بكتريا اللبن ، يمكن استخدامه فى تغذية الحيوانات فى حالة صناعة الجبن من اللبن الخام ، أو تخلط بصفة مستمر مع القشدة لتعديل نسبة الدهن . عادة تستخدم طريقة UHT (١١٥ – ١٢٠°م لمدة ٣ ثوان) فى معاملة مخلوط القشدة والراسب ، الذى يتم خلطه بعد تبريده مع اللبن الناتج من MF ، وقد أمكن بهذه الطريقة الوصول إلى معدل الانسياب فى MF ، كمية اللبن (لتر) لوحدة مساحة من الغشاء (م^{٢}) فى وحدة زمن (ساعة) ، يتراوح من ٥٠٠ – ٧٠٠ لتر/م^{٢} /ساعة لمدة ١٠ ساعات مع إزالة ٩٩,٦ % من البكتريا الموجودة فى اللبن ، بصرف النظر عن العدد الأولى للبكتريا فى اللبن الفرز الخام . وقد وجد أن شكل وحجم الخلايا تؤثر على كفاءة الغشاء فى حجز البكتريا لحد ما ، كما لوحظ أن معدلات احتجاز عالية (أكثر من ٩٩,٩٨ %) فى حالة البكتريا المتجرثمة ، مثل *B.cereus* أو *Cl.tyrobutyricum* ، وقد يرجع ذلك إلى التصاق جراثيم البكتريا بجزء من جدار الخلية وبالتالي يؤدى ظاهرياً إلى كبر حجم الخلايا. وقد وجد أن نسبة احتجاز *Listeria* فى عملية bactocatch تكون مرتفعة ، بدرجة تتوقف على ما إذا كان اللبن قد سبق تعريضه لـ MF أما لا ، مما يدل على أن هذا النوع من البكتريا قد يكون ملتصقاً بالخلايا الجسمية somatic cells التى تحتجز جميعها بواسطة أغشية MF . تعريض اللبن لعملية bactocatch يحسن بدرجة كبيرة من الجودة الميكروبية ، وكذلك فترة صلاحية المنتجات الناتجة من هذا اللبن . وقد أجريت كثير من البحوث للتعرف على طبيعة ودور ونمو بادئ التسوية فى مثل هذه الألبان فى صناعة الجبن ، حيث وجد أن كل نوع من الجبن يحتاج إلى دراسة مفصلة . كما وجد أن جبن الأمينتال ، الناتج من لبن سبق تعريضه لعملية

bactocatch ، يحتاج إلى إضافة خليط من سلالات معينة من بكتريا حامض اللاكتيك ، بالإضافة إلى بادئات محبة للحرارة المعتدلة ، بادئات محبة للحرارة المرتفعة وبكتريا حامض البروبيونيك إلى هذا اللبن فى البداية عند صناعة الجبن .

٢-٦- تعديل تركيب اللبن

تحدد المواصفات القياسية للجبن الحد الأدنى من الدهن فى المادة الجافة والحد الأقصى لنسبة الرطوبة فى الجبن . لضمان إنتاج جبن مطابق للمواصفات ، فإنه قد يتم تعديل فى تركيب اللبن standardization of milk ليحتوى على نسبة معينة من الدهن فى المادة الجافة . تهدف عملية تركيب اللبن إلى :

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

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

جـ- تعظيم الاستفادة من جوامد اللبن فى صناعة الجبن.

د- إكساب الجبن صفات تركيب معينة مرغوبة.

يمكن إجراء عملية تعديل تركيب اللبن بإزالة دهن 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 ٠,٦٩ إلى ٠,٧١ : ١ تعديل تركيب اللبن قد يحسن أيضاً من مستوى احتجاز الدهن فى الخثرة وبالتالي يحسن من كفاءة صناعة الجبن .

يتوقف محصول الجبن 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 فى 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.

نظراً لأن الماء ، الدهن والمادة الجافة (البروتين والأملاح ....) تكون ثابتة فى كثير من أنواع الجبن ، فإنه من الضروري إجراء تعديل فى تركيب اللبن للالتزام بهذه المواصفات مع المحافظة على جودة الجبن وقابليتها للاستهلاك .نظراً 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 ومطابقته للمواصفات . قد يجرى تعديل تركيب اللبن فى صناعة الجبن فى بعض الدول بالنسبة للدهن كضرورة اقتصادية وأيضاً لأهداف صحية فى بعض الحالات ، أو تجرى لإنتاج جبن مطابق للمواصفات فى الدول التى يوجد بها مواصفات لهذه الجبن من حيث نسبة الدهن .

تهدف عملية تعديل تركيب اللبن أساساً لإنتاج مستوى ثابت من الدهن فى المادة الجافة وكذلك نسبة الرطوبة ، وقد وجد أن نسبة الكازين إلى الدهن المثالية فى اللبن لتعطى أفضل محصول وجودة لجبن التشدر هى ٠,٧ : ١ ، أى ان التركيب المثالى للبن المستخدم فى صناعة جبن التشدر هو أن يحتوى على ٣ % دهن ، ٢,١ % كازين. للوصول إلى هذا الهدف ، فإنه يجب إجراء تعديل فى 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 فى اللبن ثابت وتستخدم الطرق التالية فى التعديل:

١- فى حالة لبن مرتفع فى نسبة الدهن . يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية:

أ- إضافة لبن فرز .

ب- إضافة لبن منخفض فى الدهن .

جـ- فرز جزء م من اللبن ثم إضافة اللبن الفرز الناتج إلى باقي اللبن المرتفع فى 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- فى حالة لبن منخفض فى نسبة الدهن ، يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية :

أ- إضافة قشدة .

ب- إضافة لبن مرتفع فى الدهن.

جـ- فرز جزء من اللبن وإضافة القشدة الناتجة إلى باقي اللبن المنخفض فى 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 . كما توجد فرازات قياسية لتعديل تركيب اللبن ، تحتوى على صمام خاص لاستخلاص الدهن الزائد فى صورة قشدة ، ويمكن وضع هذه الفرازات فى مكان مناسب بالنسبة لخطوط الإنتاج بحيث تقوم بعملية التعديل وانسياب اللبن إلى حوض الصناعة بسهولة دون فقد فى الوقت أو المواد الخام أو العمالة.

٢-٧- المعاملة 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 للبسترة خاصة فى المناطق التى لا يتوفر فيها وسائل التسخين والتبريد . يتميز H_2O_2 بأنه غير شديد السمية بالإضافة إلى رخص ثمنه وسرعة التخلص منه باستخدام إنزيم الكتاليز ، الذى يحلله إلى ماء وأكسجين . عادة يضاف H_2O_2 إلى اللبن بنسبة ٠,٠٥ إلى ٠,٠٨ % ويترك لمدة ٣٠ - ٦٠ دقيقة عند ٣٠°م للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة ، ثم يضاف بعد ذلك كمية كافية من الكتاليز لإتلاف المتبقي منه فى اللبن.

بالرغم من أن استخدام H_2O_2 غير مسموح به فى بعض الدول مثل الولايات المتحدة كبديل للبسترة ، حيث أنها لا تقضى على الميكروبات المرضية ، إلا أنه مسموح باستخدامه كمبيد للبكتريا bactericidal فى اللبن فى صناعة جبن التشدر بأنواعه المختلفة والجبن السويسرية . استخدام H_2O_2 فى اللبن يسمح بنمو بكتريا حامض اللاكتيك ولا يؤدى إلى إتلاف إنزيمات الليبيز والبروتينيز فى اللبن . البكتريا المتجرثمة 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 فى صورة محلول مركز ويجب أن يكون مطابقاً للمواصفات التى تسمح باستخدامه فى الأغذية ، يجب أن لا يزيد فيه الزرنيخ عن ٢ جزء فى المليون والمعادن الثقيلة عن ٥ جزء فى المليون . الكتاليز المستخدم لتحليل الزيادة من H_2O_2 فى اللبن ، يجب أن ينتج من كبد العجول ويخضع للفحص بواسطة الأخصائين البيطريين ، يجب ألا تقل قوته عن ١٠٠ وحدة كيل Keil (١ مل يحلل ١٠٠ جرام من H_2O_2 تحت ظروف قياسية) ، أن تكون كمية الكتاليز المضافة لا تزيد عن ٢٠٠ جزء فى المليون من وزن اللبن . يجب تسخين اللبن المراد معاملته إلى ٥٢°م ثم يضاف H_2O_2 بالتركيز المطلوب (لا يزيد عن ٠,٠٥ % من وزن اللبن) ، ثم يبرد اللبن إلى درجة حرارة التنفيح (إضافة المنفحة) ٣٠ – ٣٥°م ويضاف إليه إنزيم الكتاليز بمعدل ١٠ مل لكل كجم من ٣٥ % H_2O_2 تم إضافته . 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 الاختبار كل ٥ دقائق من إضافة إنزيم الكتاليز حتى يتأكد من اختفاء H_2O_2 تماماً من اللبن. وجود بقايا من إنزيم الكتاليز لا يسبب مشاكل فى صناعة الجبن ولا يسبب عيوباً فى الناتج النهائي . استخدام H_2O_2 بكميات زائدة يؤدى إلى إنتاج جبن مرتفع الرطوبة يحتوى على طعم مر bitter .

تم معاملة اللبن فى صناعة الجبن السويسرية بإضافة H_2O_2 بتركيز ٢٥ جم/١٠٠ لتر لبن عند ٥٠ – ٥٥°م مع إضافة إنزيم الكتاليز بعد ٢٠ – ٤٠ دقيقة من إضافة H_2O_2 ثم تبريده إلى ٣٥ – ٣٨°م لتصنيعه إلى هذا النوع من الجبن . تتميز الجبن الناتج بصفات جيدة من حيث القوام والتركيب والطعم مقارنة بالجبن الناتج من اللبن المبستر أو الخام ، مع ضرورة زيادة نسبة البادئ المضاف مع السمط عند درجات حرارة أعلى من العادية.

فى صناعة الجبن التشدر ، وجد أن معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين قد ساعد الجبن على الاحتفاظ بنسبة أعلى من الرطوبة ، مما أدى إلى زيادة التصاق

وانخفاض فترة التسوية مع ظهور بعض العيوب فى الجبن الناتج ، مثل ارتفاع الحموضة وظهور الطعم المر مع قوام ضعيف . وقد استخدم H_2O_2 والكتاليز فى معاملة لبن جاموسى يحتوى على ٤ % دهن لإنتاج جبن دمياطى ، حيث تم إضافة ٠,٠٢ % H_2O_2 لمدة ٦٠ ثانية أو ٠,٠٥% H_2O_2 لمدة ٣٠ ثانية عند ٣٧ – ٥٢°م ثم أضيف إنزيم الكتاليز للتخلص من بقايا H_2O_2 . وقد وجد أن الجبن الناتج يتميز بجودة أفضل بالمقارنة بالجبن الناتج من لبن مبستر ، مع وجود الطعم المتميز فى الجبن بالإضافة إلى زيادة طراوة الخثرة وارتفاع الرطوبة وكذلك محصول الجبن.

٢-٨- المعاملة الحرارية

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

بالرغم من أن المعاملة الحرارية للبن فى صناعة الجبن تعنى تسخين اللبن لدرجة حرارة ومدة أقل من المستخدمة فى بسترة اللبن ، وقد يطلق عليها معاملة أقل من البسترة sub-pasteurization ، والتى تستخدم فى صناعة الجبن فى بعض الدول الأوروبية والأمريكية ، فإن تواجد البكتريا المرضية لفترات طويلة أثناء تسوية كثير من أنواع الجبن المختلفة توصى باستخدام معاملات حرارية تعادل على الأقل عملية البسترة ، حيث أن هذه المعاملات الحرارية ضرورية لضمان سلامة الجبن الناتج . يلجأ بعض صانعي الجبن إلى استخدام معاملات حرارية أقل من البسترة sub-paseurization لكي يحافظ على بعض الإنزيمات الموجودة فى اللبن الخام (أساساً الليبيز) . المعاملة الحرارية للبن الجبن عبارة عن تسخين اللبن لدرجة حرارة معينة وحفظ اللبن على هذه الدرجة لمدة معينة . تعتبر مدة الحجز أكثر أهمية فى المعاملة الحرارية ، حيث أن الميكروبات غير المرغوبة والإنزيمات لا يقضى عليها كلها فى الحال عند درجة حرارة التسخين . بعض البكتريا قد يحدث

لها صدمة حرارية ثم تستعيد نشاطها فيما بعد . بعض صانعي الجبن يفضل إلغاء فترة الحجز اعتماداً على درجة الحرارة فقط.

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

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

٢- طريقة HTST حيث يسخن اللبن إلى ٧١ - ٧٥°م لمدة ١٥ - ٤٠ ثانية.

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

لا توجد تشريعات خاصة بالمعاملة الحرارية للبن الجبن فى كثير من الدول ، لكن من المقبول بصفة عامة استخدام الحد الأدنى للمعاملة الحرارية فى اللبن السائل للبن الجبن لضمان القضاء على الميكروبات المرضية غير المتجرثمة التى قد توجد فيه.

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

أ- القضاء على جميع البكتريا المرضية pathogens غير المتجرثمة التى قد تكون موجودة إذا كانت المعاملة الحرارية كافية لأتلاف إنزيم الفوسفاتيز القلوي . التوكسين الذى ينتجه *Staph.aureus* لا يتلف بمثل هذه المعاملات الحرارية.

ب- القضاء على معظم البكتريا المسببة للفساد spoilage organisms . جراثيم *Cl.tyrobutyricum* تقاوم المعاملة الحرارية ، لكن بكتريا حامض

البروبيونيك ومعظم بكتريا حامض اللاكتيك و *Entrobacteriaceae* يقضى عليها بهذه المعاملة. بعض أنواع من *Streptococcus*, *Lactobacillus* لا يقضى عليها تماماً ، لكن نادراً ما توجد بأعداد كبيرة فى اللبن . ومع ذلك فإن *Str.thermophilus* قد تنمو فى اللبن فى الجزء الخاص بتبادل الحرارة فى المبادل الحرارى فى أجهزة البسترة وتصل إلى أعداد كبيرة إذا استخدمت بصفة مستمرة لفترة طويلة (أى ١٠ ساعات) ، وقد يؤدى ذلك إلى تكوين نكهات غير مرغوبة وتغيرات غير مرغوبة فى التركيب البنائى texture للجبن.

جـ- إتلاف إنزيمات اللبن . قد يكون ذلك مفيداً فقط فى حالة ليبيز اللبن الطبيعي ، بالرغم من أن درجة الاستفادة من هذا الإنزيم متباينة . عدة إنزيمات من البروتييز والليبيز التى تنتجها البكتريا المتحملة البرودة لا تتلف بالبسترة.

د- إذا تمت بسترة اللبن قبل إضافة المنفحة بفترة قصيرة فإن ذلك يمنع التأثير غير المرغوب لتخزين اللبن تحت درجات حرارة منخفضة على جسيمات الكازين واتزان الأملاح (الذى بدوره يؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة) كما يعدل درجة حرارة اللبن إلى الدرجة المناسبة للتنفيح.

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

١- دنترة denaturation بروتينات الشرش يؤدى إلى بطء التجبن بالمنفحة وتكوين خثرة ضعيفة قدرتها على الانكماش وطرد الشرش ضعيفة . كما قد تؤدى إلى إنتاج جبن منخفضة الجودة مع تكوين طعم مر bitter . نظراً لأن الحرارة تسبب دنترة لبروتينات الشرش مما يساعد على احتجازها بالخثرة وبالتالى زيادة محصول الجبن.

٢- إنزيمات اللبن الطبيعية المفيدة قد لا تتلف وخاصة xanthine oxidase . هذا الإنزيم يحول ببطء النترات المضافة إلى نيتريت التى تكون ضرورية لتثبيط أو منع نمو Clostridia فى الجبن وبالتالى انتفاخ الجبن.

تسخين اللبن thermization أى المعاملة الحرارية عند ٦٣ – ٦٥°م لمدة ١٥ – ٢٠ثانية لا تؤدى إلى القضاء على البكتريا المرضية ، لكن تستخدم لتحسين قوة حفظ اللبن قبل تصنيع الجبن ، حيث تقضى على البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophs دون أن يحدث إتلاف للإنزيمات . تعريض اللبن لمعاملة حرارية ، ثم بسترته بعد التخزين عند درجات حرارة منخفضة قبل استخدامه فى صناعة الجبن ، يؤدى إلى تحسين محصول وجودة جبن التشدر الناتج من لبن خزن لمدة تختلف من ٣ إلى ٧ أيام عند ٦°م.

المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة أعلى من المستخدمة فى البسترة يؤدى إلى حدوث تغيرات فى الصفات الطبيعية – الكيماوية للبن ، التى تؤثر على قابلية اللبن للتجبن وتكوين الخثرة فى صناعة الجبن . معاملة اللبن حرارياً عند درجات حرارة أعلى من ٨٠°م تؤدى إلى دنترة بروتينيات الشرش وكذلك تفاعل بين k-casein, β-lactoglobulin من خلال روابط sulphydryl . هذا التفاعل يثبط فعل الكيموسين على الكازين وبالتالى 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 بروتينيات 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 تؤدى إلى زيادة فى محصول الجبن بحوالى ٨% فى الجبن الطرية ، ٥ % فى جبن التشدر على أساس المادة الجافة.

يمكن الكشف عن كفاءة عملية البسترة للبن المستخدم فى صناعة الجبن بإجراء اختبار الفوسفاتيز على اللبن المستخدم فى صناعة الجبن أو على الشرش .

كما يمكن إجراء اختبار للكشف على بقايا إنزيم الفوسفاتيز فى الجبن عند أي 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 مسئولة عن غياب الطعم المميز المرغوب فى الجبن خاصة فى الأنواع التى تتميز بطعم قوى . قد يرجع ذلك إلى إتلاف إنزيم ليبيز اللبن الطبيعي lipoprotein lipase أو إلى القضاء على البكتريا التى تساهم فى إكساب جبن اللبن الخام بعض من الطعم المرغوب فى هذه الجبن ، الذى 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 . قديماً كانت تستخدم طريقة لتحسين جودة اللبن وذلك بترك اللبن الطازج ساكناً عند درجة حرارة منخفضة (٥ – ١٠°م) لتكوين طبقة قشدة ، وفى هذه الحالة فإن معظم البكتريا تتجمع فى طبقة القشدة بفعل الأجلوتنين agglutination ، ويتم بسترة هذه القشدة فقط وليس اللبن الفرز حيث يتم القضاء على معظم البكتريا دون حدوث تلف محسوس لإنزيمات اللبن . يستخدم bactofugation كوسيلة لتحسين جودة اللبن الميكروبيولوجية حيث تستخدم بنجاح فى صناعة الجبن من اللبن الخام . يتم فى هذه الطريقة إزالة جراثيم *Cl.tyrobutyricum* ، حيث تؤدى هذه الطريقة إلى خفض الجراثيم فى اللبن بدرجة كبيرة.

أحد المشاكل الرئيسية التى تتعلق بنمو بكتريا البادئ بجانب المضادات الحيوية والمواد المثبطة المماثلة هو تواجد الفاج phage فى اللبن الذى يصيب بكتريا البادئ 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 عند 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 الا تزيد كمية قشدة الشرش المستخدمة فى هذا الغرض عن ٥٠ % لتقليل كمية أطعمة الجبن المدمصة فى القشدة من الجبن السابق إنتاجها.

٣- إضافة البادئ

بعد إعداد اللبن لصناعة الجبن كما سبق الإشارة إليه ، يجرى تعديل لدرجة حرارة اللبن إلى الدرجة المناسبة لإضافة البادئ ، الذى يختلف باختلاف نوع الجبن المراد إنتاجه. عادة يطلق على هذه العملية فى صناعة الجبن "تسوية اللبن milk ripening " ، التى 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 البادئ المضاف، أو بواسطة مواد منتجة للحامض، التى تعرف بالتحميض المباشر direct acidification ، حيث تستخدم حالياً فى صناعة بعض أنواع من الجبن غير المسواه ، مثل Ricotta ، الجبن الأبيض Queso blaco ، جبن Cottage ، وكذلك جبن الموزاريلا والفتا بطريقة UF ، حيث يستخدم أحماض 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 البادئ نتيجة الإصابة بالفاج أو وجود مضادات حيوية او مواد مثبطة فى اللبن .

ب- تقليل الفترة اللازمة لإنتاج الجبن بدرجة كبيرة .

جـ- تقليل كمية المنفحة وكذلك البادئ 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 إضافة خليط من حامضى اللاكتيك والفوسفوريك إلى لبن بارد (٢ – ١٢°م) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ . يضاف بعد ذلك glucono-δ-lactone (GDL) ، الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلوكونيك ، مما يؤدى إلى خفض تدريجي فى pH إلى ٤,٦ – ٤,٨ فى خلال ساعة . تقدم الحموضة ببطء فى اللبن بواسطة GDL يؤدى إلى تجمع جسيمات الكازين فى شبكة تحتوى على عدد قليل من الروابط مقارنة بتجمعات جسيمات الكازين خلال الزيادة السريعة للحموضة بواسطة HCl أو حامض اللاكتيك . هذه الطريقة تؤدى إلى اختصار الوقت اللازم لصناعة جبن Cottage بدرجة كبيرة جداً ، حيث يبلغ الوقت اللازم من التحميض المباشر للبن الفرز إلى نهاية غسل الخثرة خلال صناعة الخثرة بالطريقة المستمرة بواسطة التحميض المباشر بإضافة HCl حوالى ٣٥ دقيقة . تسوية اللبن بإضافة البادئ إلى pH ٥,٥ قبل التحميض المباشر يحسن من تركيب وقوام النتاج النهائي بدرجة كبيرة . كما توجد براءة اختراع أخرى عن صناعة هذا الجبن باستخدام البادئ مع التحميض المباشر.

فى صناعة بعض أنواع من الجبن النصف طرية ، مثل الجبن الأبيض Queso blanco فى أمريكا الوسطى والجنوبية الذى يستهلك طازجاً ، حيث يتم خفض pH اللبن إلى ٥,٢ – ٥,٣ بإضافة حامض الخليك الثلجي وحامض الستريك إلى اللبن . كما وجد أن استخدام التحميض المباشر فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر (مثل حامض اللاكتيك ، الستريك ، الفوسفوريك أو HCl) قد أدى إلى خفض الفترة اللازمة للتصنيع وكذلك كمية المنفحة اللازمة بمقدار ٥٠ % وكمية البادئ بمقدار ٧٥ % بالمقارنة بالطرق التقليدية ، كما تم استخدام طريقة التحميض المباشر فى صناعة الجبن الدمياطى والراس بنجاح . وقد وجد أن التحميض المباشر (حامض اللاكتيك أو الستريك) أدى 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 يؤدى إلى إنتاج غاز وأطعمة غير مرغوبة . لذلك أصبح من الضروري إضافة مزرعة بادئ من بكتريا حامض اللاكتيك المنتقاه إلى لبن الجبن ليقوم بإنتاج الحموضة بالمعدل المطلوب وبصورة منتظمة . تؤثر الحموضة الناتجة على عدة نواحي فى صناعة الجبن من أهمها :

١- نشاط الإنزيمات المجبنة خلال عملية التجبن.

٢- تغيير طبيعة واحتجاز الإنزيمات المجبنة فى الخثرة أثناء التصنيع ، وبالتالى مستوى بقايا الإنزيمات المجبنة فى الخثرة ، الذى يؤثر على معدل تحلل البروتين أثناء التسوية مما يؤثر على جودة الجبن الناتج.

٣- صلابة الخثرة ، التى تؤثر على محصول الجبن .

٤- معدل طرد الشرش syneresis ، الذى يحدد نسبة الرطوبة فى الجبن، وبالتالي ينظم نمو البكتريا ونشاط الإنزيمات فى الجبن ، مما يؤثر بدرجة كبيرة على معدل وطريقة التسوية وجودة الجبن الناتج.

٥- معدل انخفاض pH يحدد درجة تحلل فوسفات الكالسيوم الغروية، التى تعدل من حساسية الكازين للتحلل أثناء الصناعة ، مما يؤثر على الصفات الطبيعية للجبن (القوام والتركيب).

٦- تحد الحموضة من نمو عديد من البكتريا الموجودة فى الجبن ، التى لا تنتمي للبادئ ، خاصة المرضية والمسببة للتسمم الغذائى والمنتجة للغازات . بالإضافة إلى إنتاج الحموضة ، فإن كثير من بكتريا حامض اللاكتيك تنتج مواد مضادة للميكروبات ، مثل البكتريوسينات التى تمنع أو تثبط أيضاً من نمو البكتريا التى لا تنتمي للبادئ .

جدول (٢-٣) : بادئات بكتريا حامض اللاكتيك المستخدمة فى صناعة الجبن.

البادئ	أمثلة للجبن
بادئات محبة للحرارة المعتدلة mesophilic starter(١)	
Lc.lactis ssp. *cremoris*,	جبن جافة (تشدر والأنواع المشابه ، تششير ،
Lc.lactis ssp. *lactis*	دربي ، ليستر ، والراس)
أو *Lc.lactis* ssp. *lactis* أو *cremoris*	جبن نصف جافة (الجودا ، الأيدام ، كارفيللي
بمفرده	، لانكشير)
Lc.lactis ssp. *lactis*	الجبن المعرقة بالفطر (ستلتون ، ركفور ،
Lc.lactis biovar *diacetylactis*	جروجونزولا ، جبن زرقاء دنماركية ،
	جاملوست)
Leuconostoc spp.	الجبن المسواه سطحياً بالفطر (براي ، كممبير)
Lc.lactis ssp. *cremoris*	جبن طرية غير مسواه (كولمير Coulmmier ،
Lc.lactis biovar *diacetylactis*	Cottage ، قشدة ، كوارج وفتا)
Leuc.mesenteroids ssp. *lactis*	
بادئات محبة للحرارة المرتفعة thermophilic starter(٢)	
مع *Str.thermophilus*,	جبن جافة تحتوي على عيون (الأنواع
أو *Lb.delbrueckii ssp. lactis*	السويسرية مثل أمينتال وجروبير) والرومانو.
Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus	جبن جافة جداً (الأنواع الإيطالية مثل
	البرمسان والأسياجو) ، جبن نصف طرية
	مسواه سطحياً smear (اللامبرجر والبريك) .
بادئات مختلطة mixed starter	
Lc.lactis ssp. *lactis*,	أنواع جبن الخثرة البلاستيكية pasta filata
أو *Str.thermophilus*	الإيطالية مثل الموزاريلا ، البرفلونو
و *Ent.faecalis*	وكاشكفالو .
Lb.delbrueckii ssp. *bulgaricus*	

(١) درجة الحرارة المثلى ٢٠ – ٣٠°م (٢) درجة الحرارة المثلى ٣٧ – ٤٥°م .

obeikandi.com

يستخدم بصفة أساسية فى صناعة الجبن نوعان من البادئات (جدول ٢-٣) :

١- بادئات محبة للحرارة المعتدلة mesophilic starters ، درجة حرارة النمو المثلى لها أقل من ٣٠°م .

٢- بادئات محبة للحرارة المرتفعة thermophilic starters ، درجة حرارة النمو المثلى لها ٣٧ - ٤٥°م .

يتوقف اختيار البادئ على نوع الجبن المراد إنتاجه . تستخدم البادئات المحبة للحرارة المعتدلة فى صناعة الجبن التى لا تزيد فيها درجة سمط الخثرة عن ٤٠°م ، مثل التشدر والجودا والمعرقة بالفطر والكممبير وغيرها من الأنواع المشابه ، بينما تستخدم البادئات المحبة للحرارة المرتفعة فى صناعة جبن الأنواع السويسرية والإيطالية التى تسمط عند ٥٣ - ٥٦°م .

يضاف البادئ (بادئ الإضافة bulk culture) إلى اللبن فى حوض صناعة الجبن ، بمعدل يختلف طبقاً لنوع الجبن وطريقة الصناعة ، حيث تضاف بنسبة تتراوح بين ٠,٢ إلى ٥ % . يقلب البادئ جيداً فى اللبن لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال اللبن فى الحوض على درجة الحرارة المناسبة لنشاط البادئ ، ويحفظ على هذه الدرجة فترة قد تصل إلى ساعتين ، حتى تتكون الحموضة المطلوبة . التلقيح بكمية أكبر من البادئ (٢ - ٤ %) يقلل من فترة التسوية إلى ٥ - ٢٠ دقيقة . الجدول (٢-٣) يبين بكتريا حامض اللاكتيك التى تتكون منها هذه البادئات المستخدمة فى صناعة الجبن .

تعتمد مصانع الجبن فى الحصول على المزارع التجارية عند تحضيرها للبادئ بكميات كبيرة (بادئ الإضافة 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 البادئ السائلة Liquid starter cultures .

٢- مزارع البادئ المجففة Dried starter cultures .

١- غير مركزة (مجففة بطريقة الرذاذ spray-dried أو مجفدة freeze-dried).

٢- مركزة (مجفدة freeze-dried) .

٣- مزارع البادئ المجمدة Frozen starter cultures .

١- غير مركزة (مجمدة عند -١٨ إلى -٢٠°م) .

٢- مركزة (مجمدة عند -٤٠ إلى -١٩٦°م) .

مزارع البادئات (١) ، (٢-أ) و(٣-أ) تستخدم عادة لإنتاج بادئ الإضافة بالطريقة التقليدية ، مزارع (٢ب) و (٣ب) تضاف مباشرة إلى حوض بادئ الإضافة ، أو يضاف مباشرة إلى اللبن فى حوض الصناعة .

جدول (٢-٤) : ميكروبات البادئات المساعدة فى الجبن .

الميكروب	الوظيفة
Penicillium roqueforti	إنتاج مركبات الطعم فى الجبن المعرقة بالفطر Blue checse
Penicillium caseiocolum	الجبن المسواه سطحياً بالفطر مثل الكمبير والبراي
Penicillium camemberti	لإكساب الجبن صفات الطعم والقوام والتركيب المميزة لها.
Brevibacterium linens	الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا مثل البريك واللامبرجر
Brevibacterium erythrogenes	لإنتاج اللون والطعم
Micrococcus varians	لإنتاج الطعم فى بعض أنواع من الجبن الجافة
Propionibacterium freudenreichii ssp. *shermanii*	الجبن السويسرية لإنتاج الطعم والعيون
Entrococcus durans	جبن التشدر لإنتاج الطعم
Entrococcus faecalis DK	

بالإضافة إلى بادئات بكتريا حامض اللاكتيك ، التى تستخدم فى 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 إحداث تغيير معين مرغوب فى الجبن أثناء التسوية ، حتى يمكن الحصول على النتاج النهائي بالصفات والجودة المميزة له . هذه البادئات قد تضاف إلى اللبن مع البادئ الأساسي (بادئات بكتريا حامض اللاكتيك) أو تضاف إلى الخثرة . الجدول (٢-٤) يبين ميكروبات البادئات المساعدة التى تستخدم فى صناعة بعض أنواع من الجبن ووظيفة كل منها.

٤- إضافة المواد الملونة والقاصرة للون

يعتبر اللون فى اللبن والجبن عاملاً مهماً من حيث قابلية الناتج للاستهلاك . ينتقل لون اللبن إلى الجبن بدرجة أكبر حيث يتركز اللون فى الجبن ، ومن الأمور الشائعة إضافة مواد ملونة لتحسين اللون فى هذه المنتجات .هناك فرق كبير بين لون لبن الصيف والشتاء ، لذلك يحاول صانعو الجبن المحافظة على لون جبن متماثل على مدار السنة وذلك باستخدام الأناتو anatto أو البيتاكاروتين فى اللبن فى فصل الشتاء . كما قد يستخدم أيضاً الزعفران saffron فى بعض أنواع من الجبن فى ألمانيا وإيطاليا والنمسا. بالرغم من أن عمق اللون خاصية متميزة لكل نوع من الجبن وليس له تأثير على طعم الجبن ، فإن هناك بعض أنواع من الجبن يتم تلوينها بلون أصفر داكن يميل للأحمرار (مثل ليسستر Leicester وجبن الشرش) ، بينما البعض الآخر يكون اللون فيها أقل دكانة من اللون السابق كما أن جبن التشدر والأيدام قد يتم تلوينها فى بعض الأسواق طبقاً لرغبات المستهلكين .

تعتبر صبغة الأناتو من المواد الملونة اللازم لصناعة الجبن خاصة الأنواع الجافة بهدف توحيد لون المنتج على مدار السنة . يستخلص صبغة الأناتو من ثمار وبذور أشجار *Bixa arellana* من أمريكا الجنوبية (البرازيل) وكذلك الهند . يمكن الحصول على هذه الصبغة بعملية استخلاص حيث تجرى عملية تخمير للبذور ثم عصرها وتبخير المستخلص للتخلص من الماء للحصول على المادة الجافة للأناتو (عجينة الأناتو paste annatto) التى عادة تذاب فى أحد الزيوت النباتية (مثل زيت الشلجم rape seed) لاستخدامه فى تلوين الزبد او الجبن المرتفع فى نسبة الدهن أو تذاب فى أحد القلويات المخففة مثل أيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم لاستخدامه فى تلوين الجبن.

يلاحظ أن الأناتو المستخدم فى صناعة الجبن لا يسبب طعماً او رائحة غير طبيعية فى الجبن ويستعمل بتركيز مناسب ، حيث ترتبط أساساً مع الكازين ، جزء واحد منه يلون ١٠,٠٠٠ جزء من أيدروكسيد البوتاسيوم ٠,١ ع . الأناتو مادة غير سامة ولا يسبب أي أضرار صحية أو أورام سرطانية ، يجب ألا يزيد نسبة

الزرنيخ عن ٥ والرصاص ٢٠ والنحاس ٣٠ جزء فى المليون ويجب حفظ الأناتو فى مكان بارد بعيداً عن الضوء فى زجاجات قاتمة أو معتمة غير منفذة للضوء.

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 الجاموسي فى صناعة الجبن ، يفضل إضافة ٢٥ مل ملون لكل طن لبن ، حتى يكون الجبن الناتج مقارب لمثيله الناتج من اللبن البقري فى اللون .

عادة يضاف الملون إلى لبن الجبن مع البادئ أو قبل إضافة المنفحة بحوالي ١٥ دقيقة وقد أشار البعض إلى أن الملون يجب إضافته إلى اللبن قبل إضافة البادئ وقبل إضافة $CaCl_2$ ، حتى لا تترسب المادة الملونة للملون ويعطي للجبن 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 . عادة يخفف اللون بنسبة ١ : ٥ بالماء لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال كمية اللبن فى حوض الصناعة وبالتالي تجانس لون اللبن والجبن الناتج . يجب استخدام هذه الملونات بحذر وقد يستبعد إضافة ملونات إلى لبن الجبن .

قد تستخدم مواد ملونة غير الأناتو مستخلصة من مواد نباتية مثل الفلفل والكركم والعصفر وبذور الجزر الأصفر بالإضافة إلى صبغات أخرى ، مثل الأنيلين وبعض نواتج تقطير القطران لكن أغلبها ضار وغير مصرح باستخدامها دولياً .

عند صناعة بعض أنواع من الجبن من اللبن البقرى ، مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese ، تجرى عملية قصر اللون المائل للاصفرار نتيجة وجود الكاروتين ، وذلك بمعاملة القشدة الناتجة من اللبن بواسطة benzoyl peroxide أو كربون نشط active carbon ، ثم أعادتها مرة أخرى إلى اللبن الفرز . فى هذه الحالة يجب إضافة فيتامين A بكمية كافية لتعويض الفاقد من الكاروتين . وقد

وجد البعض أن المواد المزيلة للألوان فى صناعة جبن الفتا Feta تقلل من اللون المائل للأصفرار فى اللبن البقري من خلال إحدى الطرق التالية :

١- مواد تعمل كصبغات متعادلة تمتص اللون الأصفر.
٢- قصر البيتاكاروتين بواسطة Benzoyl peroxide .
٣- مواد تعمل على إخفاء اللون مثل Titanium dioxide .

أكسدة البيتاكاروتين بواسطة benzoyl peroxide تؤدى إلى التخلص من اللون الأصفر فى اللبن البقري حيث يصبح اللبن أكثر بياضاً . إضافة titanium dioxide إلى لبن الجبن يؤدي إلى إخفاء mask اللون الأصفر للبيتاكاروتين طبيعياً من خلال زيادة تشتيت الضوء مما يعطي الشعور باللون الأبيض ، لذلك تعتبر titanium dioxide مادة تبيض whitening agent كما تستخدم فى صناعة معجون الأسنان ولا تؤدي إلى إتلاف البيتاكاروتين . يفضل إضافة هذه المادة كمادة تبييض فى صناعة جبن الفتا Feta ، إذا كانت الطرق الأخرى لإزالة اللون غير مسموح بها قانوناً .

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 صانعي الجبن إلى إضافة $CaCl_2$لتصحيح هذا التوازن . عادة يضاف $CaCl_2$ إلى اللبن فى صناعة الجبن للإسراع من عملية التجبن ولتقليل التباين فى قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وقدرة الخثرة على الانكماش وطرد الشرش . كما يضاف أيضاً عند استخدام بعض أنواع من المنفحة النباتية أو الميكروبية لتحسين صفات الخثرة الناتجة.

فى معظم الدول يسمح بإضافة $CaCl_2$ ، إلى لبن الجبن بما لا يتجاوز ٠,٠٢ % ، وعادة يفضل إضافة $CaCl_2$ فى صورة محلول قياسي حتى يسهل إضافته وتوزيعه فى اللبن . بعض صانعي الجبن يستخدم ماء الجير (أيدروكسيد الكالسيوم) أو لاكتات الكالسيوم بدلاً من $CaCl_2$ للإسراع من تجبن اللبن بالمنفحة وتحسين صلابة الخثرة عند التقطيع .

إضافة $CaCl_2$ بكميات أقل من المطلوب (٠,٠٢%) يؤدي إلى إنتاج خثرة ضعيفة يصعب تقطيعها ، مما يؤدي إلى زيادة الفاقد من الخثرة فى الشرش ، بينما إضافة $CaCl_2$ بكميات زائدة تؤدي إلى إنتاج خثرة زائدة الصلابة بالإضافة إلى ظهور طعم مر فى الجبن الناتج . من الأمور التقليدية فى إنتاج بعض أنواع من الجبن المنخفضة الحموضة ، مثل الأيدام والجودا ، إضافة أملاح مثبطة inhibitory salts إلى اللبن لمنع نمو البكتريا المنتجة للغازات التى تسبب انتفاخ الجبن . غالباً ما يوجد فى اللبن جراثيم بعض البكتريا اللاهوائية مثل Clostridia التى تستطيع أن تخمر اللاكتات فى الجبن الناتج ، حيث يكون كل من pH والرطوبة مرتفعة نسبياً مع انخفاض نسبة الملح وارتفاع درجة حرارة التسوية ، مما يشجع على نمو هذه البكتريا وتخمر اللاكتات مع إنتاج غازات تسبب انتفاخ الجبن.

بالرغم من وجود أعداد قليلة (قد تصل إلى جرثومة واحدة/مل) مقاومة للحرارة ومن الصعب القضاء عليها بالبسترة أو المعاملات الحرارية المستخدمة فى صناعة الجبن ، فإنه يفضل إضافة بعض الأملاح المثبطة ، مثل النترات ، أو قد يضاف lysozyme إلى لبن الجبن . تستخدم أملاح النترات (مثل نترات الصوديوم salt petre او نترات البوتاسيوم) للحد من نمو بكتريا القولون . يساعد النترات مع الملح (NaCl) فى الجبن فى الحد من نمو بكتريا حامض البيوتريك butyric acid bacteria . النترات لا تؤثر على بكتريا حامض اللاكتيك وبكتريا حامض البروبيونيك المنتجة للغاز.

تسمح المواصفات فى بعض الدول بإضافة نترات البوتاسيوم KNO_3 بمعدل ١٥ جم لكل ١٠٠ لتر من اللبن . يحدث فى الجبن إختزال بطئ للنترات إلى نيتريت بواسطة إنزيم اللبن xanthine oxidase . تمنع النيتريت نمو جراثيم بكتريا حامض البيوتريك butyric acid bacteria . يوجد فقط كميات ضئيلة من النترات والنيتريت يمكن تقديرها فى الجبن بعد ٢ – ٣ شهور من التسوية . عادة فى صناعة الجبن الأيدام والجودا تضاف نترات الصوديوم بمعدل يصل حتى ٢٠ جم لكل ١٠٠ لتر من اللبن الخام أو المبستر فى حوض الصناعة لمنع نمو *Cl.tyrobutyricum* فى الخثرة إلى أن يصل تركيز الملح إلى المستوى المطلوب فى الجبن بعد التمليح الرطب.

إضافة النترات قد يسبب بعض المشاكل في صناعة الجبن ، حيث تؤدي إلى صعوبة جفاف الخثرة نظراً لعدم قدرة الخثرة على الانكماش وطرد الشرش ، كما قد تسبب ظهور بقع في الجبن ، خاصة إذا كان الجبن مضاف إليه ملون الأناتو . كما قد تحدث عيوباً في الطعم نتيجة تفاعل بعض الأحماض الأمينية ، مثل التيروسين مع النيتريت المتكونة من أختزال النترات. كما قد تؤدي إلى زيادة تحلل البروتينات نتيجة تشجيع نمو بعض البكتريا المتجرثمة الهوائية مثل *B.polymyxa* مع تكوين غازات ، *B.cereus* قد تسبب تسمم غذائي .

إضافة هذه المواد تلقي معارضة شديدة من جانب كثير من الهيئات ومنظمات الصحة الدولية ، نظراً لاحتمال حدوث أورام سرطانية نتيجة تكوين نيتروز أمين nitrosamines في الجبن ، إلا أن غالبية المصانع في هولندا تقوم بإضافة نترات البوتاسيوم في صناعة جبن الإيدام والجودا للتغلب على ظهور الانتفاخ المبكر أو المتأخر في الجبن بحيث يكون نسبة التلوث منخفضة ، يجب ألا يتجاوز نسبة الإضافة عن ٠,٠٤ % .

النيسين nisin مضاد حيوي تنتجه بعض سلالات *L.lactis* ssp. *lactis* ويستخدم على النطاق التجاري في حفظ الأغذية . يتميز النيسين بأتساع مجال تأثيره المضاد للميكروبات,*Bacillus, Listeria, Staphylococcus, Clostridium, Corynebacterium*.

عادة يستخدم النيسين في الجبن المطبوخة ليثبط من نشاط البكتريا المنتجة للغازات ، لكن في الجبن الطبيعية فإن استخدام النيسين محدود نتيجة لوجود بعض أنواع من البكتريا لها القدرة على إتلاف نشاط النيسين . وقد وجد أن بعض البكتريا الموجودة في اللبن مثل *Ent.faecalis* وبعض سلالات من *Lc.lactis* ssp. *lactis* وكذلك *Propionibacterium* spp. لها القدرة على إتلاف نشاط النيسين.

أحياناً تضاف إلى خثرة أنواع الجبن المرتفعة الحموضة ، مثل الكوارج Quarg أملاح تسوية الجبن ، مثل مخلوط بيكربونات الصوديوم وكربونات الكالسيوم ، الذى يضاف مع الملح (NaCl) بمعدل ٣٠ جرام لكل كجم خثرة . تستخدم هذه الأملاح لخفض الحموضة أي رفع pH المنخفض (٤,٧) نتيجة

نشاط بكتريا حامض اللاكتيك . فى بعض المناطق قد يستخدم فوسفات أحادي الصوديوم بدلاً من مخلوط الكربونات.

فى صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية مثل الدمياطي ، التى تتميز بارتفاع محتواها من الملح (NaCl) وتخزينها لفترة طويلة فى محلول ملحي أو شرش مملح ، 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 التجبن بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى. إضافة NaCl إلى اللبن يؤدي إلى ذوبان جزء من الكالسيوم الغروي . تزداد كمية الكالسيوم الذائبة بزيادة كمية NaCl المضافة حتى ٤جم/١٠٠ مل ، تركيزات NaCl أعلى من ذلك لا تؤدي إلى تغيرات ملموسة . يمكن إذابة حوالي ٢٣ – ٢٥% من الكالسيوم الغروي فى اللبن الجاموسي والبقري بإضافة NaCl ، لكن ١٠% فقط يتم ذوبانه فى لبن الماعز.

NaCl المضاف يتفاعل مع بروتينات اللبن . كمية NaCl التى تتفاعل مع بروتينات اللبن تزيد مع زيادة تركيز NaCl المضاف وينخفض بانخفاض 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 فى صناعة الجبن الدمياطي باختلاف فصل السنة ودرجة جودة اللبن . ارتفاع كمية NaCl المضافة للبن تؤدي إلى ارتفاع محتوى الرطوبة فى الجبن سواء الطازجة أو المخللة . ارتفاع نسبة الملح يضعف من الخثرة الناتجة التى تميل إلى احتجاز الرطوبة بدرجة أكبر . كما أن ارتفاع الملح يؤخر من تقدم الحموضة فى الجبن خلال عملية التخليل.

٦- إضافة المواد الحامضية

من أكثر المواد الحامضية المعروفة فى اللبن والجبن حامض اللاكتيك ، الذى يتكون بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك النامية فى اللبن والخثرة . الإجراء المتبع قديماً فى صناعة الجبن هو ترك اللبن ليتجبن بالحموضة المتكونة طبيعياً فى اللبن ، ثم

تعبأ فى شاش لتصفية الشرش وكان يستخدم الشرش كمصدر للبكتريا لتكوين الحامض فى اللبن والخثرة.

استخدام الأحماض فى تحميض اللبن كيماوياً من الأمور الشائعة فى صناعة بعض أنواع من الجبن ، يتم التحميض فى جبن الريكوتا Ricotta باستخدام حامض اللاكتيك أو الخليك ، كما أن عصير الليمون والخل يمكن استخدامها أيضاً فى هذا المجال . وقد أمكن صناعة جبن الموزاريلا باستخدام خل (٠,٠٣ %) قبل إضافة المنفحة إلى اللبن ، فى أنواع أخرى من الجبن يستخدم حامض الخليك الثلجي فى أمريكا الجنوبية ، عصير الليمون فى الهند والخل فى الفلبين كمواد حامضية فى صناعة بعض أنواع من الجبن.

قد يستخدم أحماض مصرح بها فى الغذاء food grade أو مواد حامضية acidogens بدلاً من بكتريا البادئ للتحميض المباشر direct acidification للبن فى صناعة الجبن . تتضمن هذه الطريقة إضافة حامض اللاكتيك مع حامض الفوسفوريك إلى اللبن المبرد عند ٢ – ١٢°م لخفض pH إلى ٥,٢ ، ثم يضاف بعد ذلك glucono-δ-lactone (GDL) ، الذى يتحلل ببطء إلى حمض جلوكونيك gluconic acid ، مما يؤدي إلى خفض pH إلى ٤,٦ – ٤,٨ فى خلال ساعة واحدة . تحميض اللبن بواسطة GDL يسبب تجمع جسيمات الكازين فى شبكة بها روابط أقل مقارنة بجسيمات الكازين المتكونة أثناء التحميض المباشر بحامض HCl أو حامض اللاكتيك.

تم استخدام التحميض المباشر باستخدام أحماض اللاكتيك ، الستريك ، الأيدروكلوريد أو الفوسفوريك فى إنتاج خثرة جبن الدمياطي والرأس والتشدر والموزاريلا والجبن المعرقة بالفطر مماثلة فى القوام والتركيب البنائي للخثرة الناتجة بالطرق التقليدية . حيث أمكن الحصول على خثرة ذات قوام وتركيب جيدين بواسطة التجبن الإنزيمي للبن تم تحميضه إلى pH ٥,٦ بحامض HCl مع إضافة ٠,٥ % بادئ بكتريا حامض اللاكتيك . الخثرة المتكونة عند pH ٥,٩ كانت مرتفعة الرطوبة بدرجة زائدة . كما تكونت خثرة مطاطية صلبة عند pH ٥,٠ ، ٤,٨ حيث كان التجبن بالمنفحة سريعاً جداً . الخثرة المتكونة عند pH ٤,٧ كانت طرية ومحببة وسهلة التفتت أثناء تداولها أو معاملتها . استخدام حامض

اللاكتيك فى التحميض المباشر أدى إلى إنتاج خثرة أعلى فى الرطوبة عن الخثرة الناتجة من HCl ، بيمنا أدى استخدام حامض الستريك إلى تكوين خثرة أكثر نعومة وأعلى فى نسبة الرطوبة ، كانت خثرة H_3PO_4 أكثر جفافاً وأقل فى الرطوبة.

فى صناعة بعض أنواع من الجبن النصف طرية مثل Queso Blanco (الجبن الأبيض) فى أمريكا الوسطى والجنوبية ، الذى يستهلك طازجاً ، يتم تجبن البروتين من اللبن عند ٨٢ – ٨٥°م بالتحميض المباشر ، ذلك بإضافة أحماض مصرح بإضافتها إلى الغذاء food grade مثل أحماض H_3PO_4, HCl ، الستريك ، الطرطريك ، الخليك الثلجي وعصير الفواكه ومركز الشرش الحامضي . يستخدم كل من حامض الستريك والخليك الثلجي بكثرة فى هذا المجال . كمية الحامض اللازمة للتجبن يتوقف على القوة التنظيمية للبن ، لكي يتم تجبن البروتين تحت هذه الظروف يتم خفض pH اللبن إلى ٥,٢ – ٥,٣ بإضافة حوالي ٢,٧ % (حجم/حجم) من حامض الخليك الثلجي أو ٠,٣٤ % (حجم/حجم) حامض الستريك إلى اللبن وعادة يخفف الحامض بالماء بنسبة ١ : ١٠ قبل الإضافة .

٧- الحدود المسموح بها للمواد المضافة

تستخدم المواد المضافة فى صناعة الجبن طبقاً للتشريعات الصادرة فى كثير من دول العالم . ومع ذلك فإن لجنة مشتركة من منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية (FAO/WHO) قد قامت بإصدار بعض التوصيات التى تراجع من وقت لآخر على النحو التالي :

١- مواد قد تستخدم بكميات مقبولة طبقاً لرغبات المستهلك : ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) ، أحماض اللاكتيك ، الستريك ، الفوسفوريك والبروبيونيك ، الريبوفلافين والكلوروفيل (بما فيه كلورفيل الفلفل) ، معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز ، pimaricin (مضاد للفطريات) .

٢- مواد أخرى تستخدم فى حدود معينة . الحدود القصوى لهذه المواد على النحو التالي :

- الأناتو والبيتاكاروتين كل بمفرده أو معاً ، ٠,٠٦ % بالوزن.
- كلوريد الكالسيوم ٠,٠٢ % بالوزن .
- حمض السوربيك أو أملاحه من الصوديوم أو الكالسيوم ، ٠,١ % بالوزن محسوبة كحامض سوربيك (يستخدم كمضاد فطري) .
- إنزيمات من أصل نباتي أو حيواني لتحسين الطعم ، لا تزيد عن ٠,١ % بالوزن.
- نترات الصوديوم أو الكالسيوم ٠,٠٢ % بالوزن .
- بيكربونات الصوديوم أو كربونات الكالسيوم ٣,٠ % بالوزن (يستخدم فى الجبن الكوارج أو اللبن الحامض أو حثرة حامض اللاكتيك).
- الفوسفات لا يزيد عن ٠,٠٠٢ % بالوزن .
- النيسين لا يزيد عن ٠,٢٥ % بالوزن .
- بروتينات الشرش عند إضافته للجبن لا يزيد عن ٢٠ % من المادة الجافة الخالية من الدهن فى الجبن .

حمض البنزويك وحمض السوربيك (صوديوم ، بوتاسيوم أو كالسيوم) يستخدم فقط فى مستحضرات المواد المجبنة مثل المنفحة.

٨- الجودة الميكروبيولوجية للبن الجبن

بالرغم من أن الجبن تصنع بصفة عامة من لبن الأبقار فى معظم دول العالم ، إلا أن هناك اهتماماً متزايداً فى صناعة الجبن من لبن الماعز وبدرجة أقل من لبن الغنم ، كما يستخدم لبن الجاموس فى إنتاج الجبن فى مناطق إنتاجه فى مصر والعراق والهند . مهما يكن مصدر اللبن ، فإنه من الضروري الحصول عليه من حيوانات سليمة ، حيث أن اللبن الناتج من حيوانات مصابة بمرض التهاب الضرع mastitis يحتوي على ميكروبات مرضية ، ويعتبر لبن غير طبيعي ، بالرغم من أنه لا يؤثر على تصنيع الجبن على النطاق التجاري فى المصنع نتيجة تأثير التخفيف إلا أن الميكروبات المرضية تعتبر مصدر خطورة على العاملين فى مجال إنتاج الجبن فى المزارع وقد ينتقل التلوث إلى المصنع.

الماشية السليمة الخالية من الأمراض ضرورية لإنتاج لبن مأمون safe milk . قد توجد الميكروبات المرضية فى اللبن الناتج من مواشي مريضة ، التى لم تكتشف إلا بعد ظهور أعراض المرض عليها . تناول هذا اللبن الملوث بواسطة الإنسان قد يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعدوى.

بكتريا *Mycobacterium bovis* المسبب لمرض السل البقري bovine tuberculosis ، الذى يمكن أن ينتقل إلى الإنسان عن طريق تناول لبن الحيوان المصاب ، غالباً ما يوجد هذا الميكروب فى اللعاب ويمر إلى القناة الهضمية ثم الروث الذى قد يلوث اللبن من فرشة الحيوان bedding أو جسم الحيوان المصاب. يستخدم اختبار tuberculin test فى الكشف عن الحيوانات المصابة.

بكتريا *Brucella abortus* قد يصيب البقر ويسبب مرض الإجهاض المعدي للحيوان abortion ومرض الحمى المتموجة undutant fever فى الإنسان البالغ ، الذى يصاب من خلال تناول لبن الحيوان المصاب أو عن طريق الجروح فى أيدي العمال الذين يتعاملون مع القطيع المصاب . يستخدم اختبار الحلقة ring test أو agglutination او الاثنين معاً على سيرم الدم للكشف عن المرض.

يعتبر ضرع الحيوان من مصادر التلوث . يسبب مرض التهاب الضرع mastitis بكتريا *Streptococcus agalactiae* ، وهو غير مرضي للإنسان ، أو بكتريا *Str.pyogenes* أو *Staphylococcus aureus* وكلاهما يمكن أن يصيب الإنسان . السم toxin الذى يفرزه *Staph.aureus* مقاوم للحرارة ولا يتلف بالبسترة ، إذا وجد هذا الميكروب فى اللبن وترك وقتاً كافياً فإنه ينمو فى اللبن وينتج السم الذى قد يسبب أعراض التسمم الغذائي فى الإنسان عند تناول هذا اللبن . توجد ميكروبات أخرى تشارك فى حدوث مرض التهاب الضرع فى الماشية ، تشمل *Pseudomonas aeruginosa* ، *E.coli* ، *Samonella uberis* ، *Str.dysgalactiae* . يدخل الميكروب المسبب للمرض عن طريق فتحة الحلمات . تتضمن طرق الوقاية من المرض تطهير الحلمات بعد عملية الحلب باستخدام مطهرات مبيدة للبكتريا bactericidal ، مواد مطهرة ومعقمة لأجهزة الحلب وكذلك العلاج بالمضادات الحيوية للحيوانات المصابة.

اللبن الناتج من حيوانات مصابة وتعالج بالمضادات الحيوية ، مثل البنسلين ، فإن هذه المضادات تفرز فى اللبن وتسبب كثير من المشاكل فى صناعة الجبن ، من أهمها فشل البادئ فى النمو وإنتاج الحموضة بالمعدل المطلوب فى صناعة الجبن ، مما يسبب خسائر اقتصادية كبيرة فى هذا المجال . لذلك تنص معظم اللوائح والتشريعات على أن يستبعد اللبن الناتج من الحيوانات التى ما زالت تحت العلاج مدة لا تقل عن ٢٤ ساعة (فى إنجلترا) أو ٧٢ ساعة (فى الولايات المتحدة الأمريكية) من آخر جرعة من المضادات الحيوية يتناولها الحيوان ، وذلك لضمان خلو اللبن المستخدم فى صناعة الجبن من المضادات الحيوية.

وجود لبن مواشي مصابة بمرض التهاب الضرع mastitic milk بنسبة كبيرة فى لبن الجبن ، يضعف كل من قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة ومحصول وجودة الجبن الناتج . حالات مرض التهاب الضرع الشديدة تؤدي إلى زيادة وقت التجبن بالمنفحة إلى الضعف وخفض صلابة الخثرة إلى النصف ، لكن وجود لبن من مواشي مصابة بمرض التهاب الضرع بنسبة تصل إلى ١٠ % فى لبن الجبن يؤدي إلى زيادة فترة التجبن ويعطي خثرة منخفضة الجودة . إصابة الماشية بمرض التهاب الضرع يؤدي إلى ارتفاع بروتينات الشرش وانخفاض الكازين مع اختلاف الاتزان الملحي وارتفاع pH ، مما يؤدي إلى صعوبة عملية التجبن وتكوين خثرة ضعيفة مرتفعة فى نسبة الرطوبة مع زيادة الفاقد من الدهن فى الشرش وانخفاض محصول الجبن . وقد وجد أن ارتفاع الفاقد من الدهن وانخفاض تركيز الكازين فى اللبن يؤدي إلى انخفاض محصول الجبن بحوالي ٥ % . معالجة هذا المرض يؤدي إلى عودة محصول الجبن إلى معدله الطبيعي ، كما أن هناك إمكانية تحسين محصول الجبن من خلال تحسين صحة الحيوان ، حيث أن اللبن المحتوى على أعداد قليلة من الخلايا الجسمية somatic cells (٥ × ١٠^{٤} /مل) يعطي محصول أفضل من الخثرة عن الألبان التى تحتوي على خلايا جسمية بأعداد أكبر (٥ × ١٠^{٥}/مل) . وقد أقترح البعض تدعيم اللبن المرتفع فى عدد الخلايا الجسمية بإضافة مركز لبن الترشيح الفائق UF retentate محضر من لبن بقري منخفض فى عدد الخلايا الجسمية ، حيث يؤدي ذلك إلى تجبن اللبن بطريقة مماثلة للبن الطبيعي ، لينتج محصول عال من جبن مرتفع الجودة.

يجب أن يكون اللبن مرتفع الجودة الميكروبيولوجية بصفة عامة لتجنب التخمرات غير المرغوبة والتفاعلات الإنزيمية ويجب أن يكون خالياً من المواد المثبطة مثل بقايا المضادات الحيوية المستخدمة فى علاج الحيوانات المصابة والتى تؤثر على نمو بكتريا البادئ.

نظراً لاعتقاد العديد من صانعي الجبن أن اللبن غير المعامل (الخام) ينتج جبن أفضل فى الطعم ، فإن بعض المزارعين فى إنجلترا وبعض الدول الأوروبية وبصورة أكبر فى الدول الآسيوية يستخدمون اللبن الخام فى صناعة الجبن نظراً لمقدرتهم على التحكم فى درجة جودة اللبن الناتج بطريقة أفضل .

تتكون الميكروفلورا فى اللبن المبستر بصفة أساسية من الميكروبات المقاومة للحرارة التى تقاوم البسترة thermoduric ، منها بعض Corynebacteria ، Micrococci ، *Bacillus* ، *Clostridium* ، ملوثات ما بعد البسترة مثل Pediococci, coagulase positive Staphylococci, coliforms Lactobacilli, ، وفى بعض الأحيان Leuconostocs و Enterococci . تأتي هذه الميكروبات من خطوط أنابيب نقل اللبن وأحواض الجبن على نطاق واسع . استخدام أحواض مغطاه وعمليات التصنيع الميكانيكية يقلل من مستوى التلوث بدرجة كبيرة . يلعب مستوى الظروف الصحية فى مصانع الألبان دوراً كبيراً فى التأثير على مستوى التلوث ما بعد البسترة وكذلك ضرورة التحكم فى تكاثر الفيروسات البكتيرية (الفاجات) فى المصانع الكبيرة التى تستخدم فيها أحواض التصنيع أكثر من مرة واحدة فى اليوم.

إضافة إلى وجود هذه الميكروبات فإن الإنزيمات المحللة للبروتين والدهن والمقاومة للحرارة تكون موجودة أيضاً ، والتى يكون مصدرها الميكروبات المتحملة البرودة التى يتم القضاء عليها بالبسترة ، لكن الإنزيمات تقاوم البسترة وتظل نشطة فى اللبن . جميع الميكروبات الموجودة فى اللبن تصبح جزءاً من فلورا الخثرة الطازجة وتتركز حوالي ١٠ مرات فى الخثرة . مستوى كل من هذه الميكروبات فى الخثرة والتى لا تعتبر من بكتريا البادئ ترتبط بتاريخ اللبن الخام (مثل التبريد ، العمر ، .....) والمعاملات الحرارية التى تعرض لها ومستوى الظروف الصحية والنظافة فى المصنع .

٩- تجبن اللبن

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

عملية التجبن بالمنفحة عملية معقدة تحدث على مرحلتين ، أحدهما إنزيمية أساسية primary enzymatic phase يتم فيها إتلاف قدرة الكاباكازين k-casein على حماية جسيمات الكازين بواسطة الكيموسين (المنفحة) ، حيث يتحلل الكاباكازين إلى شقين ، أحدهما para- k-casein والثاني glycomacropeptide (GMP) محب للماء . هذا التفاعل يضعف بصفة عامة من ثبات الجزيئات الناتجة (باراكاباكازين) التى تتجبن فى وجود تركيز حرج من Ca^{2+} عند ٢٠°م أو أعلى . المرحلة الثانية من عملية التجبن بالمنفحة عبارة عن عملية غير إنزيمية ثانوية secondary non-enzymatic phase تنتهي بتجميع جسيمات الكازين المعاملة بالكيموسين لتكون بناء جل متماسك (خثرة curd) .

تتم المرحلة الأولى من التجبن عند درجة حرارة منخفضة ، قد تصل إلى الصفر المئوي ، بينما المرحلة الثانية من التجبن عادة لا تتم عند درجة حرارة أقل من ١٥°م إذا تم تدفئة اللبن البارد المحتوى على المنفحة ، فإن التجبن يحدث بسرعة كبيرة . وقد أستثمر هذا الأساس فى الوصول إلى طريقة التجبن 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 وارتفاع 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 . أصبحت المنفحة الميكروبية الناتجة من بعض الفطريات (*Mucor.pusillus, M.miehei*) متوفرة فى الأسواق تحت أسماء تجارية مختلفة منذ ١٩٦١ . وقد وجد أن أكثر من

ثلث الجبن الناتجة فى العالم مصنعة باستخدام المنفحة الميكروبية ، بينما تصل هذه النسبة فى الولايات المتحدة إلى ٦٠ % .

تضاف المنفحة إلى اللبن فى صناعة الجبن لإنتاج خثرة تشبه الجل ، 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 . يمكن التحكم فى درجة صلابة الخثرة الناتجة عن طريق تعديل كمية المنفحة المضافة ، درجة حرارة التجبن وحموضة اللبن عند إضافة المنفحة . ارتفاع درجة حرارة التجبن وحموضة اللبن مع إضافة المنفحة بكمية كبيرة تزيد من درجة صلابة الخثرة . قد يضاف $CaCl_2$ (لا يزيد عن ٠,٠٢ %) للأسراع من عملية التجبن وزيادة صلابة الخثرة.

عادة 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 التجبن ، حموضة اللبن وتركيب اللبن . تختلف كمية المنفحة المضافة من أقل من ٢ إلى ٧٥ مل/١٠٠ لتر لبن ، ودرجة حرارة التجبن 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 الطبيعي.

تختلف فترة التجبن اللازمة لإنتاج خثرة على درجة صلابة مرغوبة طبقاً لنوع الجبن ، حيث تكون فى جبن التشدر ، والجبن الهولندية ٢٠ – ٣٠ دقيقة ، فى الجبن الإيطالية ، مثل الجرانا (البرمسان) ٩ – ١٠ دقيقة ، بروفلونو ١٠ – ١٥ دقيقة ، الرومانو ١٤ – ١٦ دقيقة ، الفتا ٤٥ – ٥٠ دقيقة والدمياطى ٢,٥ – ٣ ساعات .

فى بعض أنواع من الجبن التى تصنع بالتجبن الحامضي ، مثل Cottage والكوارج ، تضاف كمية صغيرة من المنفحة (٠,٥ إلى ٢ مل /١٠٠ لتر لبن) لزيادة صلابة الخثرة . فى جميع أنواع الجبن تخفف المنفحة بحوالى ٦ – ١٠ أمثالها بالماء لضمان توزيعها توزيعاً متجانساً فى اللبن . يجب تقليب اللبن جيداً بعد إضافة المنفحة لمدة ٥ دقائق ، وذلك لمنع صعود حبيبات الدهن على السطح ، مما يؤدى

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 التجبن coagulation temperature على درجة كبيرة من الأهمية فى تحديد فترة التجبن ، التى تتكون فيها الخثرة المطلوبة . الخثرة المتكونة عند ٢١ – ٢٧°م تكون طرية وتشبه الجل ، عند ٣٠°م تكون الخثرة أكثر صلابة ولا تفتت عند التقطع ، بينما عند ٣٣ – ٣٦°م تكون الخثرة جافة ومطاطية وتطرد الشرش بصعوبة . عادة يكون نشاط المنفحة ضعيفاً جداً عند درجة حرارة أقل من ٢٠°م وأعلى من ٥٠°م . درجة حرارة التجبن فى معظم أنواع الجبن تكون ٣٠ – ٣٢°م ، بينما فى بعض أنواع من الجبن الإيطالية مثل الرومانو والبرفلونو والجرانا تكون مرتفعة وتختلف من ٣٥ – ٣٩°م.

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 دنترة لـ β-lactoglobulin (٧٢°م لعدة دقائق أو ٩٠°م/دقيقة) وتفاعله مع k-casein وتكوين معقد يؤدى إلى صعوبة تجبن البن بالمنفحة . كما أن المعاملة الحرارية تؤدى إلى تحويل الكالسيوم الذائب إلى كالسيوم غروى ، وبالتالى تقلل من وجود الكالسيوم الذائب (Ca^{2+}) اللازم لإتمام عملية التجبن (المرحلة الثانية من التجبن) . تخزين اللبن تحت ظروف التبريد ، قبل صناعة الجبن ، يزيد من مدة التجبن ، نتيجة لتحلل بعض β-,k-caseins وإذابة فوسفات الكالسيوم المرتبطة بجسيمات الكازين. بسترة اللبن أو تسخينه لدرجة حرارة مرتفعة يؤدى إلى استعادة اللبن إلى حالته الطبيعية بدرجة كبيرة . هذا بالإضافة إلى أن تخزين اللبن مبرداً لفترة طويلة (٤ – ٧°م لمدة ٤٨ ساعة) يسمح بنمو البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophic bacteria وإفراز إنزيمات محللة للبروتين والدهن مقاومة للحرارة، تسبب تحلل للكازينات خاصة β-casein وأنفراد Ca ، Pi من جسيمات الكازين ، لذلك يفضل معاملة اللبن حرارياً قبل تخزينه تحت ظروف التبريد لفترة طويلة وذلك للتغلب على هذه المشاكل.

قد تتكون الخثرة من التجبن بالمنفحة والحموضة rennet and acid coagulation ، حيث تشبه الخثرة الناتجة الجل وتكون ذات مطاطية ملحوظة . فى صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية غير المسواه ، يفضل أن يكون القوام قصير short غير مطاط ، ويمكن الحصول عليه باستخدام أقل كمية ممكنة من المنفحة عند حموضة مرتفعة ، حيث يضاف ٠,٥ إلى ٢ مل منفحة /١٠٠ لتر لبن بعد إضافة البادئ بحوالى ١ - ٢ ساعة عندما يكون pH ٦.١ إلى ٦,٣ ، فى هذه الحالة يأخذ التجبن وقتاً طويلاً تصل خلاله الحموضة ، نتيجة لنشاط البادئ الذى يضاف إلى اللبن ، إلى درجة مرتفعة عند التقطيع ، كما هو الحال فى صناعة جبن Cottage والكوارج . تكوين الخثرة فى هذه الحالة يأخذ وقتاً طويلاً نسبياً ، يتراوح بين ٥ - ١٠ ساعات ، بعكس الحال فى التجبن الإنزيمى (المنفحة فقط)، حيث يتم التجبن عادة فى مدة قد تقل عن ٣٠ دقيقة.

فى صناعة بعض أنواع من الجبن ، قد تتكون الخثرة بفعل الحامض فقط acid coagulation أى تتكون خثرة حامضية . تتكون الحموضة فى اللبن عادة نتيجة إضافة بادئ بكتريا حامض اللاكتيك . الخثرة الناتجة عادة تكون مفرولة وضعيفة وقدرتها على الانكماش وطرد الشرش ضعيفة . تتراوح درجة حرارة التجبن فى هذه الحالة بين ٢١ - ٣٢°م ، انخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد يطيل من مدة التجبن . يتم التجبن بواسطة الحموضة عند pH قريب من نقطة التعادل الكهربى للكازين IEP . عند ٢٢°م ، درجة الحرارة التى تستخدم عادة فى هذا النوع من التجبن ، يحدث التجبن عند pH ٤,٧ فى غياب المنفحة ، عند pH ٤,٨ - ٤,٩ فى وجود المنفحة ، أى عند حموضة قدرها ٠,٥٥ % فى الشرش ، الذى يمكن الحصول عليه من هذه الخثرة بواسطة الطرد المركزى . قد يتم التجبن عند درجات حرارة أعلى من ذلك وعند درجات حموضة أقل (pH ٥,٥ عند ٤٣°م ، ٥,١ عند ٣٠°م) . 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 ، ذلك بإضافة حاض معدنى أو عضوى أو خليط منهما إلى اللبن البارد مع عدم إضافة بادئ ، حيث يتم إضافة الحامض مباشرة إلى اللبن البارد (حوالى ٢°م) لخفض pH إلى ٤,٦ ثم تدفئة اللبن بدون تقليب لتتكون الخثرة. فى الطريقة الثانية ، حيث يتكون الحامض ببطء عند درجات حرارة أعلى ، سواء بواسطة بكتريا البادئ 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 يتجبن اللبن . فى صناعة جبن الموزاريلا ، يضاف إلى اللبن ، بعد بسترته وتعديل تركيبه ، عند ٤°م حامض عضوى مسموح بإضافته إلى الأغذية food grade ، مثل حامض الستريك أو الخليك ، لخفض pH اللبن إلى ٥,٦ ، ثم يدفأ اللبن بدون تقليب إلى ٧°م لأحداث التجبن وتكوين الخثرة ، التى يتم معاملتها بعد ذلك بالطريقة العادية.

تعتمد الطريقة المستمرة الحديثة لإنتاج جبن Cottage على طريقة التحميض المباشر حيث يضاف خليط من أحماض اللاكتيك والفوسفوريك إلى اللبن البارد (٢ – ١٢°م) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ ، ثم يضاف glucono-δ-lactone (GDL) ، الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلوكونيك gluconic acid ، الذى يؤدى إلى خفض pH إلى ٤,٦ – ٤,٨ فى خلال ساعة واحدة . تؤدى هذه الطريقة إلى اختصار مدة التصنيع بدرجة كبيرة حيث وجد أن الوقت اللازم من إضافة الحامض إلى اللبن الفرز إلى نهاية خطوة غسيل الخثرة يكون حوالى ٣٥ دقيقة. وقد وجد أن إضافة البادئ 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 فى خثرة Cottage الناتجة بواسطة المنفحة الميكروبية تبلغ ضعف حجم الجسيمات فى الخثرة بدون منفحة ، مما يدل على أن المنفحة تساعد على تجميع جسيمات الكازين ويقلل من وقت التجبن . إضافة $CaCl_2$ (أقل من ٠,٠٢ %) إلى اللبن الفرز يحسن من صلابة الخثرة عند التقطيع فى صناعة جبن Cottage .

هناك طريقة أخرى لتكوين الخثرة باستخدام الحامض والحرارة acid and heat. تستخدم هذه الطريقة فى صناعة بعض أنواع من الجبن ، مثل Ricotta ، حيث تتكون الخثرة من لبن أو الشرش أو مخلوط منهما . يعتبر التجبن فى هذه الطريقة أساساً تجبن حامضى ، 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 - ٩٠°م طبقاً لحموضة اللبن والشرش.

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

١٠- طرد الشرش Syneresis

تعنى syneresis طرد expel أو فقد loss الشرش من مكعبات الخثرة . هذه العملية تتضمن عادة تنظيم شبكة الكازين فى الخثرة نتيجة تكسير وإعادة تكوين بعض الروابط لتكوين بناء أكثر إندماجاً وتماسكاً بواسطة عديد من الروابط العرضية.

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

فى صناعة الجبن بالتجبن الإنزيمى أو الحامضى ، يعتبر طرد الشرش خطوة أساسية ، حيث تتضمن النواحى التالية :-

١- تنظيم محتوى الرطوبة فى الجبن.
٢- يؤثر معدل طرد الشرش على طريقة التصنيع ، وبالتالى الإمكانيات والمعدات والوقت اللازم للصناعة .
٣- معدل طرد الشرش يرتبط ببعض العوامل الأخرى (زياد الحموضة ، إتلاف إنزيمات المنفحة ، تحلل البروتين) ، التى تؤثر على تركيب وصفات الجبن الناتج.
٤- الاختلاف فى معدل طرد الشرش يؤدى إلى التباين فى تركيب الجبن الناتج.

طرد الشرش من الخثرة يؤدى إلى تحويل الخثرة الطرية ، التى تشبه الجل التى 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 يؤدى إلى إنتاج جبن حامضى sour ، نظراً لأن الشرش يحتوى على اللاكتوز المصدر الرئيسى لحامض اللاكتيك. التخلص من الشرش ، بمعدل بطئ أو سريع بدرجة أكثر من اللازم ، يؤدى إلى ظهور عيوب أخرى فى الناتج النهائى .

تبدأ عملية تنظيم طرد الشرش بداية من تعديل صفات اللبن ، التى تستمر من خلال عمليات مراقبة تكوين الخثرة والتغيرات التى تحدث فى الخثرة . هذه العمليات الثلاث تحدد تأثير نشاط القوى التى تعمل داخل الخثرة لطرد الشرش . تتضمن هذه القوى : فعل المنفحة 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 ، سمط الخثرة heating the curd وأخيراً فصل الشرش من الخثرة separating the whey .

١٠-١- تقطيع الخثرة

يؤدى تقطيع الخثرة إلى زيادة المساحة الكلية للأسطح التى 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 الإمكان ، 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 . فإذا كانت المكعبات غير متجانسة فى الحجم ، فإن الاختلافات فى محتوى الرطوبة فى المكعبات الكبيرة والصغيرة تؤثر بدرجة غير مرضية على صفات الجبن النهائي . كما أن الخثرة التى تسمط عند درجات حرارة أعلى ، يجب أن تقطع إلى مكعبات أصغر ، بينما التى تسمط عند درجات حرارة أقل تقطع إلى مكعبات أكبر ، مالم تكون الخثرة عالية الحموضة.

يؤثر حجم المكعبات أيضاً على سهولة معاملة الخثرة ، عندما تكون حجم المكعبات كبيرة جداً فإنها تتكسر أو تتفتت بسهولة إلى قطع غير متجانسة فى الشكل والحجم ، مما يزيد الفاقد فى الشرش ويقلل المحصول الناتج . حجم المكعبات قد يؤثر على التركيب البنائي texture للخثرة ، حيث إنه فى تشكيل الجبن إلى شكله النهائي 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 ملاحظاتها 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 بإختلاف نوع الخثرة المتكونة ، حيث تكون الزيادة غير محسوسة فى حالة الخثرة المتكونة بفعل المنفحة فقط ، أو قد تكون الزيادة كبيرة ومحسوسة 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 الاحتفاظ بالشرش whey-holding capacity خلال هذه الفترة ، ويرجع ذلك إلى فعل المنفحة المستمر بعد تكوين الخثرة وكذلك زيادة الحموضة ، التى تزيد من نشاط إنزيمات المنفحة والتى تؤثر أيضاً على طبيعة الخثرة.

هناك علامات مختلفة تستخدم لتحديد الوقت المناسب لتقطيع الخثرة منها :

أ- صلابة الخثرة . وتقاس عادة بحاسة اللمس.

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.

جـ- قدرة الخثرة على الاحتفاظ 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 التجبن وصلابة الخثرة ووقت التقطيع (الوقت الذى يتم عنده تقطيع الخثرة) ارتباطاً وثيقاً . التجبن السريع يعطى خثرة أكثر صلابة . يتحكم أساساً فى مدة التجبن بواسطة الحموضة ، طبيعة اللبن ، درجة حرارة التنفيح وكمية المنفحة المضافة. ترتبط النسبة بين وقت التقطيع إلى وقت التجبن بدرجة كبيرة بالجودة الكيماوية للبن ، حيث تزيد بزيادة كمية المنفحة ، وتنخفض حتى نقطة معينة بارتفاع درجة الحرارة وترتفع بدرجة بسيطة إذا كان اللبن مبسترا ، لكن لا يتأثر بحموضة اللبن الأولية (عند البداية) بالرغم من أن النسبة قد تزيد زيادة طفيفة مع تقدم الحموضة . محتوى اللبن من الدهن لا يؤثر على هذه النسبة. تختلف هذه النسبة باختلاف نوع الجبن ، ولكن عادة تكون حوالي ٣ (أي إذا

كانت مدة التجبن ١٠ دقائق فإن التقطيع يتم بعد ٣٠ دقيقة من إضافة المنفحة).وقد أوضح البعض أن وقت التجبن يمكن حسابه على أساس إنه يعادل ٤ أضعاف فترة التجبن (بداية التجبن) ، لكن وجد آخرون أن النسبة تختلف بدرجة كبيرة ولا يمكن استخدامها 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 ، لكن بعد مستوى معين تصبح الخثرة ضعيفة أو أقل صلابة. تسخين اللبن يبطء من معدل التجبن ويضعف من الخثرة ، وبالرغم من ذلك ، فإنه يمكن التغلب على ذلك بإضافة أملاح الكالسيوم فى الحدود المسموح بها (لا يزيد عن ٠,٠٢ % $CaCl_2$) .

١٠-٢- 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 capcity ، مما يزيد من صلابة الخثرة وتكوين بنائي للجبن texture يساعد على إتمام العمليات التالية من كبس وتمليح 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 . إذا حدث ذلك ، فإن مكعبات الخثرة يجب تقليبها بشدة لتكسير هذه الأغشية ، حتى تنطلق الزيادة من الرطوبة إلى الخارج ، مما يؤدى إلى زيادة الفاقد من جوامد الجبن وكذلك الطاقة.

يطلق على عملية التسخين heating ، الطبخ cooking أو السمط scalding . أقصى درجات الحرارة التى تستخدم فى عملية الطبخ نادراً ما تزيد عن ٦٠°م ، وقد تصل إلى أعلى من ذلك فى حالة جبن Cottage ، حيث تصل درجة حرارة الطبخ إلى ٦٥°م . معظم انواع الجبن تتطلب رفع درجة الحرارة

بضع درجات ، أنواع أخرى لا تحتاج إلى عملية تسخين بعد التقطيع ، حيث تعبأ مباشرة.

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

فى جبن الأيدام والجودا ، تسخن الخثرة عن طريق إزالة جزء من الشرش وإستبداله بماء درجة حرارته ٥٠ – ٦٠°م ، وهذا يؤدى إلى رفع درجة حرارة مخلوط الخثرة والشرش والماء إلى ٣٦ – ٣٧°م فى حدود ٣٠ دقيقة . تعادل كمية الماء المضافة ٢٥ % من كمية اللبن المستخدمة فى التصنيع ، هذا التخفيف يقلل من كمية اللاكتوز فى الخثرة وبالتالى يحد من نمو بكتريا البادئ . وقد وجد أن زيادة كمية الماء المضاف من ٣٠ إلى ٤٠ % يؤدى إلى تقليل محصول الجبن بمقدار ٠,٥ – ١,٠ % ، حيث تؤدى هذه العملية إلى إزالة ٩٠ % من اللاكتوز وغيرها من المواد المنخفضة الوزن الجزيئي وكذلك ٥٠ % من بروتينات الشرش فى جبن التشدر ، ترفع درجة حرارة الخثرة فى عملية السمط إلى ٣٨ – ٣٩°م فى حوالى ٣٥ دقيقة.

فى الجبن السويسرية مثل الأمينتال ، تسمط الخثرة إلى ٥٣ – ٥٧°م ، حيث ترتفع درجة حرارة الخثرة إلى ٤٥°م ، بمعدل درجة واحدة كل دقيقتين ، ثم إلى ٥٣ – ٥٧°م ، بمعدل درجة واحدة كل دقيقة ، هذه المعاملة ضرورية للقضاء على البكتريا غير المرغوبة ويبلغ وقت السمط الكلى حوالى ٤٥ دقيقة .

فى الجبن الإيطالية ، تختلف درجة حرارة سمط الخثرة طبقاً لنوع الجبن ، حيث تسمط خثرة أنواع جبن الجرانا (البرمسان) على مرحلتين ، فى الأولى حيث تسخن الخثرة فى الشرش إلى ٤٥°م خلال ١٥ دقيقة ، ثم تحجز لمدة ١٥ دقيقة ، ثم تسمط إلى ٥٤ – ٥٨°م لمدة ٢٥ دقيقة ، تسمط خثرة جبن البرفلونو إلى

٤٨ – ٥٢°م لمدة ١٥ – ٢٠ دقيقة ، وخثرة جبن الرومانو إلى ٤٥ – ٤٦°م لمدة ٢٨ – ٣٠ دقيقة.

فى الجبن Cottage ، تطبخ الخثرة برفع درجة الحرارة تدريجياً خلال ساعة للوصول إلى درجة حرارة بين ٥٣ – ٥٧°م ، حيث تتوقف الحموضة عندما تصل درجة الحرارة إلى حوالى ٣٩°م ، يمكن زيادة معدل التسخين بعد ذلك إلى ١,٥– ٢°م لكل ٥ دقائق. تصل درجة حرارة الطبخ النهائية إلى ٥٣°م على الأقل ، للحد من الفساد الميكروبي ، وقد تصل إلى ٦٥°م إذا لزم الأمر للحصول على خثرة صلبة وجافة . تبلغ فترة الطبخ حوالي ١,٥ – ٢ ساعة عند ٥٣ – ٦٠°م . وقد وجد ان صلابة الخثرة والمادة الجافة فى الخثرة تزيد مع معدل التسخين فى نطاق ٠,١٨ – ٠,٥°م/دقيقة .

أنواع الخثرة ، التى تكون فيها المنفحة المادة المجبنة الرئيسية ، تميل إلى الالتصاق مع بعضها بعد التقطيع وأثناء التسخين . يكون هذا التأثير واضحاً ، إذا تم التسخين بدرجة سريعة ، وإذا كان التقليب غير مناسباً فى قوته وأستمراريته . هذا التكتل لقطع الخثرة يتعارض مع الهدف من عملية التقطيع ، ويعتبر غير مرغوب فيه وغير ضروري ، 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 تلي عملية التقطيع ، للمحافظة على نفاذية هذا الغشاء وعدم تمزيقه ، حتى لا يؤدى إلى هروب الدهن والكازين من داخل مكعبات الخثرة وفقدها فى الشرش.

يحدد 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 تتكسر أو تتفتت مكعبات الخثرة . يجب الاستمرار فى تقليب مكعبات الخثرة بصورة منتظمة ومنع التصاقها ببعضها ، حتى يستمر خروج الشرش منه ، حيث يكون انفصال الشرش سريعاً فى البداية ، ثم يميل إلى البطء مع زيادة سمك الغشاء حول قطع الخثرة . يجب الاهتمام 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 المحتجزة فى الخثرة ، مما يزيد من إنتاج حامض اللاكتيك ، الذى يؤدى إلى خفض pH ، مما يساعد على أنكماش مكعبات الخثرة وطرد مزيد من الشرش منها.

التسخين عند درجات حرارة منخفضة يؤدى إلى احتجاز كمية أكبر من الرطوبة ، وبالتالى احتجاز كمية أكبر من اللاكتوز فى الخثرة ، مما يؤدى إلى إنتاج نوع من الجبن أكثر طراوة ، حيث تتمكن بكتريا البادئ من تكوين الحامض بصورة سريعة خلال المراحل المبكرة لفترة التسوية القصيرة نسبياً . التسخين عند درجات عالية يؤدى إلى إنتاج خثرة أكثر جفافاً وصلابة وملائمة للحفظ لفترة أطول وللجبن بطئ التسوية . تؤثر درجات الحرارة العالية فى السمط أيضاً على البروتين ، منتجة خثرة أكثر مرونة ومطاطية ، مثل تلك المطلوبة لجبن الأمينتال . تحتجز بكتريا البادئ فى الخثرة عند التنفيح ، وغالبيتها تحتجز فى جزيئات الخثرة بعد التقطيع ، هذه البكتريا تخمر اللاكتوز الموجود فى رطوبة الخثرة منتجة حامض اللاكتيك الذى لا يمكن خروجه إلى الشرش فى الحال ، لذا فإن تركيز حامض اللاكتيك يكون مرتفعاً فى داخل جزيئات الخثرة ، ويسبب الحامض تغيرات

كيميائية معينة فى الكازين ، كما يؤدى إلى إذابة بعض من فوسفات الكالسيوم ، وفى نفس الوقت يحدث تسرب لمكونات الشرش بما فيها اللاكتوز إلى داخل جزيئات الخثرة لتحل محل المكونات التى استخدمت . تقدم الحموضة داخل وحول جزيئات الخثرة يسبب انكماشاً أكثر ، وكلما كان البادئ أكثر نشاطاً كلما كان تكوين الحامض أسرع ، مما يؤدى إلى انكماش جزيئات الخثرة بصورة أكبر وبالتالى 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 الحامض خلال المراحل الأخيرة من عملية التصنيع . معظم الزيادة فى أعداد بكتريا البادئ فى صناعة جبن التشدر تحدث خلال صناعة الخثرة ، حيث أرتفع متوسط أعداد *Lc.lactis* ssp. *cremoris* فى ١٥ عينة من جبن التشدر ، الذى تم تصنيعه خلال فترة أكثر من ١٢ شهراً ، من ٢ × ١٠^{٧} cfu/مل فى اللبن بعد ٢٠ دقيقة من التلقيح إلى ٤ × ١٠^{٨} cfu/جرام من الخثرة عند فصلها عن الشرش بعد مرور ساعة وعشرين دقيقة .

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

عادة يقوم القائم بعملية صناعة الجبن بوقف عملية تقليب مخلوط الشرش والخثرة طبقاً لطريقة الصناعة . يعرف إنتهاء عملية التقليب بما يعرف pitching point عندما ترسب قطع الخثرة فى قاع الحوض . عادة يستمر فى تقليب خثرة الحموضة السريعة fast acid curd حتى يتم صرف الشرش . بينما فى خثرة الحموضة البطيئة ، يوقف التقليب وتترك الخثرة ترسب فى القاع ، فى بعض الأحيان قد يتم تقليب الخثرة على فترات لمنع تكتل والتصاق الخثرة بطريقة زائدة.

خثرة الجبن ، التى لم يتم تكوين التركيب البنائى texture فى حوض الصناعة ، مثل الأيدام ، الجودا ، الأمينتال والرأس ، فإن لخثرة تنقل مباشرة من الشرش إلى القوالب التى تكبس بها . خثرة الجبن ، التى يتم تكوين التركيب البنائى texture فى الحوض ، مثل التشدر والتششر ، تترك عند هذه المرحلة أو ترفع لإجراء عمليات أخرى على منضدة الترشيح draining ، ويتم صرف الشرش فى كلا النوعين من الجبن ، وتعرف هذه العملية بصرف الشرش wheying off ، draining أو running .

١٠-٣- فصل الخثرة من الشرش

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

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

١- توضع الخثرة فى أكياس من قماش الترشيح ، الذى يحجز الخثرة ويسمح للشرش بالأنسياب من خلاله ، كما فى جبن القشدة Cream cheese .

٢- تغرف الخثرة مباشرة من حوض التجبن إلى قوالب أسطوانية مثقبة موضوعة على ألواح خشبية أو ألواح معدنية مثقبة فوق مناضد الترشيح تحجز الخثرة وتسمح للشرش بالخروج . لا تكبس الخثرة فى هذه الطريقة ولا يستخدم أثقالاً للضغط على الخثرة للإسراع من طرد الشرش . هذه الطريقة تنتج جبن طرية مرتفعة فى نسبة الرطوبة ، وتترك لفترة ١ – ٢ يوم لاستكمال عملية الترشيح ، حيث تنكمش الخثرة خلال هذه الفترة وتصل إلى حوالي نصف ارتفاعها الأصلي عند درجة حرارة الغرفة ، كما فى جبن الكممبير والدمياطى بأنواعه المختلفة.

٣- تغرف الخثرة فى أكياس من قماش أو شاش الترشيح . يكون الترشيح فى المراحل الأولى ذاتياً بدون استخدام أثقالاً ، ولكن فيما بعد توضع أثقال بمعدل ١ كجم/كجم خثرة . تستخدم هذه الطريقة فى تصفية الشرش فى الجبن الدمياطي بأنواعه المختلفة ، والجبن الأبيض المخلل فى بعض الدول الأوروبية (بلغاريا ورومانيا ...) .

٤- يصرف جزء من الشرش مع التقليب المستمر ، ثم يعبأ مخلوط الخثرة والشرش فى قوالب إسطوانية مثقبة ، موضوعة فوق مناضد الترشيح على ألواح معدنية مثقبة ، تسمح للشرش بالخروج . تقلب القوالب على فترات طوال فترة الترشيح ، التى قد تصل إلى ٢٤ – ٤٨ ساعة ، وتساعد هذه الطريقة على إعطاء الجبن تركيب مفتوح ، كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese . قد يستخدم أثقالاً 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 . قد تستمر عملية التقليب للمحافظة على مكعبات الخثرة منفصلة ، أو تترك بدون تقليب 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 تضع فى قوالب وتكبس تحت ضغط (مثل التشدر) .

٦- عندما تصل مكعبات الخثرة إلى درجة صلابة كافية ، فإنها تترك لتستقر فى القاع لمدة ١٠ دقائق ، ثم تفصل عن الشرش باستخدام قماش خاص، ثم تؤخذ كتلة الخثرة بعد تجميعها فى القماش خارج 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 أثقالاً ، كما فى بعض أنواع من الجبن الإيطالية (مثل البرمسان) والجبن 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 وبالتالى نسبة الرطوبة فى الناتج النهائى.

تعتبر مرحلة فصل الخثرة من الشرش فى صناعة الجبن هامة نظراً لارتباطها بالحالة الطبعية للخثرة . فى بعض أنواع من الجبن ، مثل الأمينتال ، التى يتطلب فيها نشاط محدود لبكتريا البادئ خلال صناعة الخثرة ، حيث يجرى فصل الخثرة من الشرش وتعبئتها فى قوالب لكبسها ، وتبدأ بكتريا البادئ فى النمو وإنتاج حامض اللاكتيك عندما تنخفض درجة الحرارة إلى الدرجة المناسبة . فى الأنواع الأخرى من الجبن ، التى تتطلب كميات كبيرة من حامض اللاكتيك فى الخثرة عند كبسها ، تفصل جزيئات الخثرة من الشرش وتترك لتلتصق مع بعضها ، حيث تتعرض لعملية تحسين تركيب الخثرة ، مثل الشدرنة cheddaring ، يحدث خلالها استمرار تكاثر بكتريا البادئ ، يقطع هذا النوع من الخثرة 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).

معدل إنتاج الحامض بواسطة بكتريا البادئ خلال تصنيع الجبن لـه تأثـير واضح على التركيب الكيميائى والطبيعى للخثرة ، لذا فإن التحكـم فى تقـدم الحموضة يعتبر مهماً ، ويتحقق ذلك عن طريق خفض أكبر للرطوبة والمحافظة على نمو بكتريا البادئ بحيث يؤدى تخمر اللاكتوز المتبقـى فى مـاء الخـثرة إلى pH المطلوب. يوجد الكازين فى خثرة المنفحة على هيئة باراكازينـات الكالسـيوم ، عندما تتكون كميات محسوسة من حامض اللاكتيك ، فإنه يتفاعل تدريجياً لـيزيل الكالسيوم وتظهر بالتالى المرونة والمطاطية فى الخثرة ، إذا أستمر إنتاج الحـامض على كل حال فإنه يتكون باراكازين خال من الكالسـيوم ، كميـة حـامض اللاكتيك التى تنتجها بكتريا البادئ فى خثرة الجبن الطازج تحدد الصـورة الـتى يوجد عليها الكازين ، ففى أنواع الجبن المرتفعة الحموضة (مثل الكممبـير ، pH ٤,٦ – ٤,٨) يظهر كل الكازين فى صورة باراكازين حر ، أما فى جبن التشـدر والأمينتال والأنواع المشابه له (pH ٥,٠ – ٥,٢) فإن الكازين يكـون جزئيـاً مرتبطاً بالكالسيوم ، وبغض النظر عن هذا التأثير ، فإن الشكل الذى يوجد عليـه البروتين يؤثر على مرونة ومطاطية الخثرة وهذا يؤثر على صفات الجبن الناتج.

١١- كبس الخثرة

يتم كبس الخثرة لإعطائها التركيب البنائى المرغوب ، الناتج من التصـاق وإندماج مكعبات الخثرة مع بعضها فى كتلة متجانسة وتشـكيلها إلى الشـكل النهائي المميز لكل نوع من الجبن لإجراء عملية التسوية . تعتبر عمليـة الكبـس المرحلة الأخيرة فى عملية طرد الشرش من الخثرة.

تتكون عملية الكبس من مرحلتين ، حيث تعتبر المرحلة الأولى عملية كبس أولية تشكل الخثرة وتقلل من حجمها إلى الشكل والحجم النهائي ، وقد تسـتغرق هذه العملية ٣٠ – ٦٠ دقيقة ، مع تغليف الخثرة بالقماش . تبدأ المرحل الثانية بعد تغليف الخثرة بالقماش وتستغرق ٦ – ٢٠ ساعة وعادة تأخذ ١٥ ساعة .

خلال عملية الكبس تلتصق قطع الخثرة وتندمج مع بعضها مكونة كتلـة متجانسة ، كما تساعد على طرد الهواء والشرش من الفراغات التى قد توجـد فى الخثرة ، وذلك باستخدام الضغط المناسب . الشرش الناتج من قوالب الخثرة أثنـاء

عملية الكبس يأتى أساساً من أسطح قطع الخثرة وليس من داخل قطع الخثرة . الكبس بمفرده لا يؤدى إلى إنتاج تركيب مقفول.

عندما توضع الخثرة فى المكبس تحت ظروف طبيعية ، فإن الضغط المعتدل يجعل قطع الخثرة تلتصق مع بعضها فى كتلة صلبة متجانسة . يجب أن يكون الضغط خفيفاً فى البداية ثم يزداد تدريجياً ، ويجب أن يتم بسرعة كافية لمنع أنفصال الخثرة فى قاع القوالب ، ويجب أن يصل الضغط إلى الدرجة المطلوبة فى خلال ٣٠ دقيقة . استخدام ضغط زائد فى المرحلة الأولى ، يؤدى إلى احتجاز 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 والخباز ، هذه 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 البتيدات وغيرها. تحتوى الخثرة عى هواء وبعض الغازات (CO_2) . عندما تكون الخثرة دافئة تكون مطاطة elastic وطرية soft ، كما أن الدهن يكون أساساً فى حالة سائلة ، وكلوريد الصوديوم فى حالة وجوده يؤدى إلى إذابة بعض أسطح الكازينات ، كما أنه يؤدى إلى إنفراد 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 الدهن السائل (٢٣ – ٢٦°م تبعاً لفصل السنة) ، حتى لا يتسرب الدهن من الخثرة ويفقد فى الشرش ،

أو يملأ الفراغات الموجودة بين قطع الخثرة ، بذلك 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 الدهن 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 استخدامها فى اليوم التالى.

استمرار عملية الكبس لمدة طويلة يؤدى إلى خفض درجة حرارة الخثرة ، وتطول الفترة بين عملية الكبس وتمليح الخثرة ، مما يؤدى إلى تحلل جزء كبير من اللاكتوز إلى حامض اللاكتيك ، وبالتالى 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 أعلى 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 فيها pH 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 (التى تستغرق ٣٠ – ٦٠ دقيقة) ، حيث يساعد ذلك على تحسين القشرة وعدم التصاق الشاش بالقشرة ، وتفادى تكوين حواف سميكة لقرص الجبن . تقلب الأقراص عادة عند تغيير الشاش بعد إعادة كبسها فى المرحلة الثانية ، التى تستغرق ما يقرب من ٢٠ ساعة . بعد انتهاء المرحلة الثانية من عملية الكبس ، تخرج الأقراص من القوالب ويترع منها الشاش باحتراس ، 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 مما يؤدى إلى حدوث تشققات فى القشرة.

١٢- تمليح الخثرة أو الجبن

إضافة الملح (NaCl) إلى الأغذية له عدة مزايا ، بالإضافة إلى تأثيره الحافظ preservative effect ، فإن له دوراً هاماً 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 . امتصاص كميات زائدة من Na يكون لها تأثير سام toxic ، أو على الأقل تأثير فسيولوجي غير مرغوب ، ومن أهمها ارتفاع ضغط الدم وزيادة إفراز الكالسيوم الذى يؤدى إلى هشاشة العظام .

الجبن ، حتى عند استهلاكها 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 ، الدمياطي) . بالرغم من ذلك فإنه هناك اهتمام فى كثير من الدول لإنتاج جبن منخفضة فى الصوديوم low-Na cheese لفئة خاصة من الأفراد ، فإن الاتجاه 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 يفضله كثير من المستهلكين، وتعتبر الملوحة أحد الأطعمة flavors 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 كافياً لإعطاء طعم مرغوب والتغلب على خلو الجبن من الطعم.

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

١- الحد من نمو ونشاط الميكروبات فى الجبن .

٢- الحد من نشاط الإنزيمات فى الجبن .

٣- إنكماش الخثرة مما يؤدي إلى طرد الشرش syneresis ، وبالتالى خفض الرطوبة فى الجبن ، والذى يؤثر أيضاً على نشاط الميكروبات والإنزيمات فى الجبن.

٤- حدوث تغيرات طبيعية فى بروتينات الجبن تؤثر على التركيب البنائي للجبن texture ، ذوبان البروتين ويحتمل التركيب البنائي للبروتين.

١٢-١- طرق التمليح

يضاف NaCl بصور مختلفة إلى جميع الجبن ، بما فيها جبن التجبن الحامضي بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك ، عند مرحلة معينة من تصنيعها لوقف نمو البكتريا غير المرغوبة ، والحد من نمو الأنواع المرغوبة ، وبالتالى ضبط معدل التسوية ليساعد فى حدوث التغيرات الطبيعية والكيماوية 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 ملحى brine (التمليح الرطب) ، حيث تغمر أقراص الجبن فى محلول ملحى 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 فى جبن الأيدام والجودا والبرفلونو.

فى بعض الأحيان قد تملح الجبن بالطريقتين معاً (التمليح الرطب والجاف) ، كما فى جبن الإمينتال ، البرمسان ، الرومانو ، البريك . من الأمور غير المألوفة فى صناعة الجبن ، أن يتم التمليح بإضافة الملح مباشرة إلى اللبن ، وتعتبر الجبن الدمياطي الجبن الوحيد الذى يتم تمليحه بهذه الطريقة ، حيث يضاف ٨-١٥ % ملح إلى اللبن قبل إضافة المنفحة لتثبيط نمو البكتريا والمحافظة على جودة اللبن.

مهما كانت طريقة تمليح الجبن ، أو كمية الملح المضافة ، فإن التأثير الحافظ للملح يعتمد على تركيز NaCl فى رطوبة الجبن (S/M) salt-in-moisture level، لذا فإن NaCl بتركيز قدره ١,٦% فى جبن جاف يحتوى على ٣٦ % رطوبة ، فإنه يحتوى على محلول ملحى تركيزه ٤,٤% (—— × ١٠٠) ، الذى يعتبر كافياً لمنع نمو البكتريا المسببة للفساد المحتمل وجودها فى الجبن .

١٢-٢- تأثير الملح على نمو الميكروبات فى الجبن

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

١- خفض كمية اللاكتوز المتبقية فى الخثرة وذلك بغسل الخثرة بالماء (أنواع الجبن الهولندية مثل الأيدام والجودا ، جبن Cottage) .

٢- القوة التنظيمية الطبيعية فى الجبن والتأثير العام لأيونات اللاكتات التى تحدد الحد الأدنى الطبيعي للـ pH (حوالي ٤,٥) ، كما فىالجبن المعرقة بالفطر Blue cheese وأنواع الجبن الإيطالية الجافة.

فى معظم أنواع الجبن غير الإنجليزية ، عادة توضع الجبن فى القوالب بينما pH ما زال 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 فى محلول ملحى أو يدعك سطح الجبن بملح جاف . فى أنواع الجبن الإنجليزية ، مثل أنواع جبن التشدر والستيلتون ، فإن pH يصل إلى الحد المطلوب عند تعبئة الخثرة فى القوالب ويضاف الملح للمحافظة على pH عند هذا المستوى.

تحتوى خثرة جبن التشدر والأنواع المشابه على حوالى ٠,٦ إلى ١,٠ % لاكتوز عند تعبئة الخثرة فى القوالب ، حيث يتخمر فى المراحل الأولى من التسوية من خلال نشاط البادئ المستمر ، يتوقف ذلك بدرجة كبيرة على مستوى الملح فى الرطوبة فى الجبن (S/M) وعلى مقاومة البادئ للملح . مزارع بادئات بكتريا حامض اللاكتيك التجارية تنشط فى وجود مستويات منخفضة من NaCl ، لكن تثبط بدرجة كبيرة عند مستوى أعلى من ٢,٥% NaCl . لذلك فإن نشاط البادئ وقدرته على تخمر بقايا اللاكتوز يعتمد بدرجة كبيرة على مستوى S/M فى الخثرة.

عموماً فإن مزارع بادئات *Lc.lactis* ssp. *lactis* أكثر مقاومة للملح عن *Lc.lactis* ssp. *cremoris* . إذا تم تثبيط نشاط البادئ بعد الصناعة ، فإن بقايا اللاكتوز يتخمر بواسطة بكتريا من غير بكتريا البادئ ، لكن أعداد هذه البكتريا الموجودة ، الذى يتأثر بمستوى التلوث عند التمليح ، سرعة تبريد الخثرة التى تم كبسها ودرجة حرارة التسوية ، عادة تكون غير كافية لتخمير اللاكتوز بدرجة كبيرة لعدة أيام ، وبالتالى فإن الانخفاض فى pH يكون بطيئاً .

عند تمليح 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 البادئ 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 . *Str.thermophilus* يكون أقل مقاومة للملح بدرجة كبيرة عن *Lc.lactis* ssp. *lactis* ، لذلك فإن التركيز الحرج له من NaCl

٠,٤ مول (٢,٣٤ %) يقابل a_w ٠,٩٨٤ مقارنة ١,١ مول (حوالى ٦,٥ %) NaCl (a_w = ٠,٩٦٥) لـ *Lc.lacts* ssp. *lactis* . كما أن *Lb.delbrueckii* ssp. *helveticus* و *Lb.lactis* ssp. *lactis* يكون أقل مقاومة للملح ، حيث يتم تثبيطهما عند ٠,٩٥ ، ٠,٩ مول NaCl ، على الترتيب . تختلف مقاومة بكتريا حامض البروبيونيك Propionibacteria للملح باختلاف pH ، فقد وجد أن تركيز ٦ % NaCl ضروري لتثبيط نمو سلالات سريعة النمو من Propionibacteria عند pH ٧,٠ ، ٣ % عند pH ٥,٢ ، بينما سلالات بطيئة النمو تكون أكثر مقامة 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 ٦,٧ % ، a_w = ٠,٩٥٥) . جبن الأمينتال 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 فى الملح ، حيث تحتوى على ٣-٥ % NaCl (ستيلتون أقل من ٣ %) . نمو جراثيم *P.roquefoti* ينشط فى وجود ١ % NaCl ، لكن يثبط عند تركيز أعلى من ٣ إلى ٦ % طبقاً لنوع السلالة . عادة يضاف ١ % من NaCl مباشرة إلى خثرة الجبن المعرقة بالفطر قبل التعبئة فى القوالب ، وذلك لتشجيع نمو جراثيم الفطر ، وأيضاً لتساعد على تكوين تركيب مفتوح بدرجة أفضل والذى يسهل نمو الفطر . نظراً لأن معظم هذه الجبن تملح سطحياً فإن إنتشار الملح من السطح إلى مركز الجبن يؤخذ فترة من الوقت بعد الصناعة ، التركيز المرتفع من الملح فى البداية على سطح الجبن يثبط من نمو الجراثيم ، ويعتبر وجود مناطق خالية من نمو الفطر قريبة من السطح الخارجي من العيوب الشائعة فى 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 إنها قد تحفز عندما يصل التركيز إلى ٣ % . وقف نمو البكتريا غير المرغوبة المحللة للبروتين والدهن بواسطة الملح ، مثل بكتريا حامض البيوتريك butyric acid bacteria ، له أهمية

خاصة فى جبن الأيدام والجودا ، حيث تتكون مستويات منخفضة من حامض اللاكتيك خلال صناعة الخثرة.

١٣- تغطية وتغليف الجبن

تغطى بعض الأنواع بشمع البرافين ، ومستحلبات بلاستيكية لتقليل الفاقد من الرطوبة . فى الطريقة الحديثة للتعبئة ، يتم تغليف أنواع عديدة من الجبن الجافة فى أغلفة خاصة يمكن لحامها بالحرارة ، أو تحت تفريغ أو تعبأ تحت تفريغ فى أغشية قابلة للأنكماش (مثل كريوفاك Cryovac) ، حيث تؤدى كل هذه الطرق إلى طرد الهواء مما يؤدى إلى منع نمو الفطريات على سطح الجبن ، كما تؤدى إلى عدم فقد الرطوبة نتيجة البخر.

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

١- وقاية الجبن بصفة عامة من الخدوش 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 ، والذى يختلف باختلاف حجم الجبن ، حيث يصل إلى أكثر من ١٠ % فى الأقراص الصغيرة ، بينما فى الأقراص الكبيرة يصل إلى أقل من ٢ % .

٣- تقليل الفاقد من الرطوبة بالبخر أو الرشح ، مما يؤدى إلى زيادة التصافى للجبن.

٤- وقاية الجبن من الإصابة بالميكروبات خاصة الفطريات أو الحشرات وغيرها من الآفات.

١٤- تسوية الجبن

١٤-١- مقدمة

يطلق على الخثرة الناتجة عقب عمليتي الكبس والتمليح "الجبن الطازج green cheese" ، حيث يكون هذا الجبن خالياً من الطعم المرغوب والمميز لهذا

النوع . عادة يرجع طعم الجبن فى هذه المرحلة إلى حصيلة أطعمة مكوناته ، من بروتينات وماء ودهن وحامض لاكتيك وملح وكميات قليلة من اللاكتوز والأملاح المعدنية . تفتقر هذه المكونات بصفة عامة إلى النكهة ، لذلك يكون طعم الجبن الطازج خليطاً من المذاق الحامضي والملحي ، يحسن كل من الدهن البروتين من حدة هذا المذاق . كما أن كل من القوام body والتركيب البنائي texture تنقصه الصفات المرغوبة والمميزة لهذا النوع . يكون القوام صلباً يشبه المطاط ولا يذوب بسهولة فى الفم ، نظراً لوجود غالبية البروتين فى صورة غير ذائبة ، بينما يكون التركيب البنائي خشناً coarse وجزيئات الخثرة يمكن تمييزها عن بعض ، حيث لم تبدأ جزيئات الخثرة فى الأندماج والأنصهار مع بعضها لتكون خثرة بلاستيكية ناعمة الملمس .

لأحداث التغيرات المطلوبة فى صفات الطعم والقوام والتركيب البنائي للخثرة ، حتى يكتسب الجبن الناتج الطعم المرغوب المميز له ، القوام الطرى المرن، والتركيب الناعم الملمس ، فإن ذلك يحتاج إلى تخزين الجبن الطازج تحت درجات حرارة ورطوبة نسبية معينة لفترات تختلف من عدة أسابيع إلى عدة أشهر وقد يمتد إلى سنة أو أكثر حسب نوع الجبن . يطلق على طرق وظروف التسوية من درجة حرارة ورطوبة ونواحي صحية وغيرها من طرق العناية والمعاملات من الصناعة حتى التسويق "بمعالجة الجبن cheese-curing" ، بينما يطلق على التغيرات الكيماوية الطبيعية التى تحدث فى الجبن تحت هذه الظروف "بالتسوية cheese-ripening " .

خلال عملية التسوية تظهر الصفات المميزة لكل نوع من الجبن ، التى تتأثر بتركيب الخثرة وغيرها من العوامل (الميكروبات التى تسود خلال عمليات التصنيع) ، كما يحدث نمو ونشاط بعض أنواع من البكتريا أثناء التسوية ، خاصة بكتريا حامض اللاكتيك التى لا تنتمي إلى البادئ non-starter lactic (NSLAB) acid bacteria ، والفطريات فى حالة الأنواع التى تسوى بالفطر . بالرغم من أن نمو هذه الميكروبات تساهم فى تسوية الجبن ، وقد يكون بدرجة كبيرة فى بعض الأنواع ، فإن عملية تسوية الجبن ، تعتبر أساساً عملية إنزيمية.

ميكانيكية تحويل خثرة الجبن الخالية من الطعم إلى جبن ذات طعم مميز واضح قد تعرضت لأبحاث كثيرة منذ سنوات عديدة . وعموماً فإن تسوية الجبن تحكمها عدة عوامل مختلفة ، تشمل pH ، محتوى الرطوبة ، نسبة الملح وطريقة التمليح ، درجة حرارة التسوية ، طبيعة الميكروبات الثانوية الأخرى (البادئات المساعدة) والتى تنمو فى الجبن أو على سطح الجبن . ميكروبات البادئ وغيرها من الميكروبات الثانوية تبعاً لنوع الجبن وكذلك مكونات الطعم الرئيسية فى كل منها. الجبن المرتفعة الرطوبة soft (٥٠-٨٠ %) والتى يطلق عليها الجبن الطرية ، بعضها يستهلك طازجة (مثل جبن Cottage ، الدمياطي ، القريش ، القشدة) ، بينما البعض الآخر ينمو على سطحها فطريات وخمائر (جبن الكممبير Camembert) ، البعض الآخر يسوى بالبكتريا مثل الجبن الدمياطي عند تخليلها فى شرش مملح.

الجبن النصف طرية semi-soft تحتوى على (٤٥ - ٥٠ % رطوبة) ، وتشمل أصناف معتدلة الطعم ، مثل الإيدام Edam حيث تلعب بكتريا حامض اللاكتيك البسيطة الدور الرئيسي فى التسوية ، بينما فى جبن مثل اللامبرجر Limburger والبريك Brick ينمو على سطحها مجموعة معقدة من الميكروبات يطلق عليها "smear" وتتميز بطعم قوى . كما أن الجبن المعرقة بالفطر "Blue cheese" من ضمن مجموعة الجبن النصف طرية ، وتتميز بنمو فطر *Penicillium requeforti* خلال الجبن أثناء التسوية.

الجبن الجافة hard التى تصنع بطرق تتضمن تسخين أو سمط الخثرة إلى درجة حرارة تصل إلى ٤٠°م ، فانه يستخدم فى هذه الحالة بادئات محبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic starters ، بينما تستخدم بادئات محبة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic starters عندما تكون درجة حرارة سمط الخثرة ٥٠°م أو أكثر . تختلف الميكروبات الثانوية الأخرى secondary flora من بكتريا بخلاف بكتريا البادئ (مثل Micrococci, Pediococci, Lactobacilli) إلى بكتريا حامض البروبيونيك Propionic acid bactetia ، خمائر سطحية ، Brevibacteria وفطريات .

تسوية الجبن عبارة عن عملية معقدة ، وتعتبر من أكثر العمليات تعقيداً فى أي غذاء ، وتتضمن ثلاث عمليات أساسية : تحلل الكربوهيدريت glycolysis ،

تحلل البروتين proteolysis وتحلل الدهن lipolysis ، تتوقف أهمية كل من هـــذه العمليات على نوع الجبن المراد إنتاجه.

مكونات اللبن الرئيسية التى تتعرض للتغيرات البيوكيماوية فى تسوية الجـبن هى البروتين ، الدهن ، اللاكتوز ، السترات . والتغيرات الكيماوية الأساسية هى :

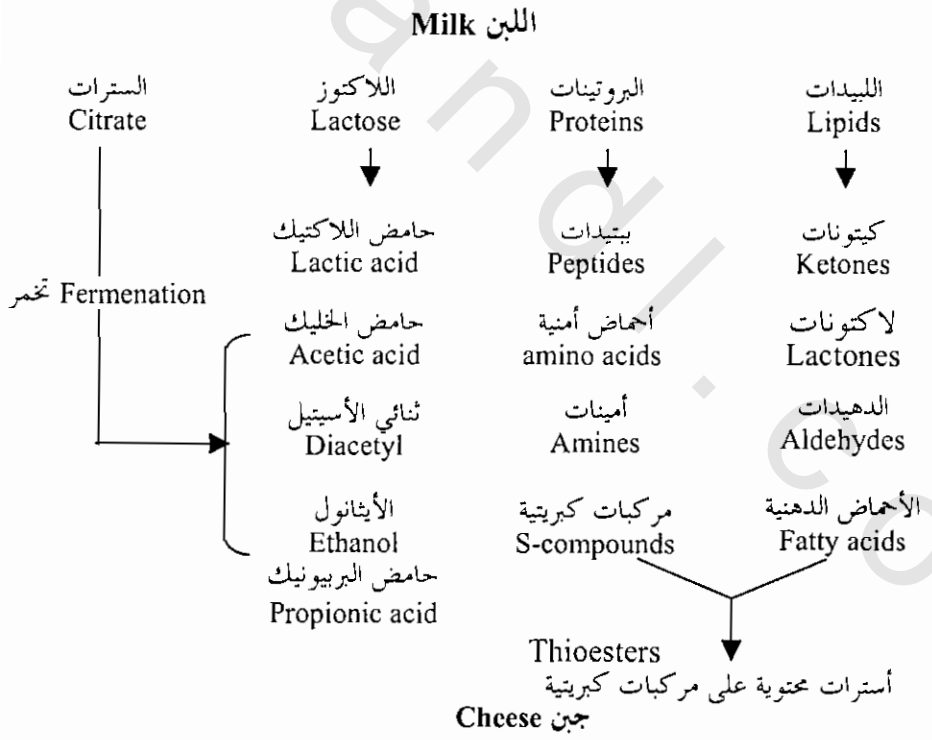
١- تخمر اللاكتوز lactose fermentation إلى حـــامض لاكتيـك وكميات ضئيلة من أحماض الخليك والبروبيونيك ,CO_2 .

٢- تحلل البروتين proteolysis .

٣- تحلل الدهن lipolysis بدرجة محدودة مع إنفراد أحماض دهنية.

٤- تخمر حمض الستريك citric acid fermentation وتكوين ثنـائي الأستيل .

والرسم التخطيطي التالي يوضح المركبات الرئيسية الناتجة من تحلل هـــذه المكونات من خلال pathways مختلفة :



هذه التغيرات ترتبط أساساً بالبروتين ، الدهن والكربوهيدريت . تحـــدث هذه التغيرات فى جزء صغير نسبياً من البروتين والدهن ، بينمـــا تشـــمل جميـــع اللاكتوز . وفيما يلي بعض التخمرات التى تحدث فى الجبن أثناء التسوية :

1- Lactic acid –from lactose (homofermentation)

Lactose → galactose + glucose

Glucose → ***lactic acid***

2- Propionic acid fermentation

Lactose → galactose + glucose

Glucose → ***lactic acid***

Lactic acid → ***propionic acid*** + ***acetic acid*** + ***CO_2*** + ***water***

3- Citric acid to diactyl or 2,3 butylenc glycol

Citric acid → pyruvic acid

Pyruvic acid → acetylmethyl carbinol + CO_2

Acetylmethyl Carbinol ⟶ by oxidation → ***diacetyl*** (-2H)

Acetylmethyl Carbinol ⟶ by reduction → ***2,3 butylene glycol*** (+2H)

4- Alcoholic fermentation

Lactose → galactose + glucose

Glucose → ***ethyl alcohol***

5- Butyric acid fermentation

Lactose → **galactose + glucose**

Glucose → ***acetic acid*** + ***butyric acid*** + ***ethyl alcohol*** + ***butyl alcohol*** + ***acetone*** + ***CO_2***

6- Coliform fermentation (gas production)

Lactose → galactose + glucose

Glucose→ **lactic acid + acetic acid +ethyl alcohol + CO_2 + H_2**

١٤-٢- عوامل التسوية

تتم عملية التسوية فى الجبن بواسطة أنظمة إنزيمية enzyme systems ناتجة من الميكروبات الموجودة فى الخثرة . المحتوى الميكروبي لخثرة الجبن فى تغير مستمر سواء فى العدد أو النوع خلال فترة التسوية . يرجع ظهور الطعم المميز لأي نوع من الجبن إلى سلسلة من أنواع مختلفة من البكتريا وإنزيماتها والتي يتأثر نشاطها بعدة عوامل (الرطوبة فى الخثرة ، درجة حرارة التسوية ، pH الخثرة ، المواد المثبطة فى الخثرة ، O/R ، الإنزيمات). بالرغم من إن إنزيم واحد قد يكون مسئولاً عن تفاعل واحد فقط ، فإن هناك عديد من الإنزيمات تكون مسئولة عن التغيرات الرئيسية ، التى تحدث عندما يتحلل مكون واحد من مكونات الخثرة إلى عدة مكونات .

عوامل التسوية ripening agents فىالجبن أربعة ويحتمل أن تكون خمس عوامل :

١- إنزيمات اللبن الطبيعية indigenous milk enzymes التى تكون على درجة كبيرة من الأهمية فى جبن اللبن الخام.

٢- المنفحة وبدائل المنفحة rennet and rennet substitutes (الكيموسين، البيسين ، البروتييز الميكروبي) .

٣- بكتريا البادئ وإنزيماتها starter bacteria and their enzymes التى تفرز فى الجبن ، بعد أن تموت الخلايا وتتحلل .

٤- الإنزيمات من البادئ المساعد (الثانوى) enzyme from secondary starters ، مثل بكتريا حامض البروبيونيك Propionic acid bacteria، *Brevibacterium linens* ، الخمائر والفطريات مثل *Penicillium roqueforti, P.camemberti* ، حيث تكون على جانب كبير من الأهمية فى بعض الأنواع.

٥- بكتريا لا تنتمى لبكتريا البادئ non-starter bacteria (NSB) ، وتشمل البكتريا المقاومة للبسترة thermoduric bacteria فى لبن الجبن، أو التى تصل إلى اللبن المبستر أو الخثرة أثناء التصنيع ، تتحلل هذه الخلايا بعد موتها وينطلق منها الإنزيمات.

مساهمة الإنزيمات من NSB فى جودة الجبن تتعرض لبعض الاختلافات ، ففى حالة جبن التشدر Cheddar والجبن الهولندية فإن أنواع *Lactobacillus* ، *Micrococcus* ، *Pediococcus* يحتمل أن يكون لها تأثيرات سلبية على جودة الجبن ، بالرغم من أنها تساهم بالتأكيد فى شدة طعم الجبن flavor intensity .

١٤-٣- طرق التسوية

توجد طريقتان مختلفتان لتسوية الجبن . تخزن الجبن شديدة الجفاف (مثل البرمسان) ، الجبن الجافة (مثل التشدر) وبعض الجبن النصف جافة (مثل الأيدام) تحت ظروف تمنع نمو الميكروبات سطحياً ، مما يخلق نشاط أيضي محدود للميكروبات والإنزيمات فى الجبن ، حيث تتقدم التسوية ببطء وبصورة متجانسة خلال كتلة الجبن (أى التسوية الداخلية) . جميع الجبن الطرية وبعض الجبن النصف طرية (اللامبرجروالبراى والبريك) تخزن تحت ظروف تشجع نمو الميكروبات على سطح الجبن (أى التسوية السطحية) ، من بين هذه الميكروبات ، فطريات مثل *P.camemberti* كما هو الحال فى الجبن الطرية المسواه سطحياً بالفطر (كممبير والبراى) أو بكتريا مثل *Br.linens* فى الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا ، مثل اللمبرجر والبريك . تنتشر الإنزيمات الناتجة من الميكروبات إلى داخل الجبن وتحدث التغيرات المصاحبة للتسوية ، التى تتقدم من السطح إلى المركز ، لذا فإن حجم هذه الأنواع من الجبن يجب أن يكون صغيراً نسبياً وشكلها مسطحاً .

قد تسوى الجبن المعرقة بالفطر (مثل الستليتون والركفور) باستخدام كلا الطريقتين ، حيث تحجز الجبن تحت ظروف تسوية من رطوبة ودرجة حرارة تسمح بعوامل التسوية الداخلية (الفطر) والخارجية (طبقة الميكروبات السطحية smear) بالنمو والنشاط وبالتالى إحداث التغيرات المطلوبة فى هذه الجبن.

يمكن القول بصورة عامة أن حجم وشكل الجبن يكون مرتبطاً بنوع التسوية المطلوبة ، وبظروف التسوية من حيث درجات الحرارة والرطوبة التى يخزن عندها الجبن ليتم تسويته ، تسوى الجبن الجافة ببطء وتستغرق فترة من الزمن قد تصل لعدة شهور أو عدة سنين ، وتستمر التسوية بصورة متجانسة خلال الجبن مهما كان حجم أو شكل الجبن . تحفظ الجبن عند درجات حرارة تتراوح من

٤ – ١٢°م ، ويجب مراقبة الرطوبة النسبية وحفظها عند مستوى منخفض (٨٦ – ٨٨ %) لتمنع نمو الفطريات ، وفى نفس الوقت تكون كافية لتقليل فقد الرطوبة بالتبخير . تغطى بعض الأصناف بشمع البارافين ، ومستحلبات بلاستيكية لتقليل الفقد فى الرطوبة ، ويمكن تغليف أنواع كثيرة من الجبن الجاف فى أغلفة خاصة يمكن لحامها بالحرارة ، أو تحت تفريغ أو تعبأ تحت تفريغ فى أغشية قابلة للأنكماش (مثل كريوفاك Cryovac) . تؤدى كل هذه الطرق إلى طرد الهواء وبالتالى إلى منع نمو الفطر على سطح الجبن كما تؤدى إلى عدم فقد الرطوبة بالتبخير . تعبئة الجبن بهذه الطرق لا تعرضها للظروف الجوية فى المخزن ، لذا فإن مراقبة نسبة الرطوبة فى المخزن ليس ضرورياً ، ويمكن رص الجبن على بعضها لزيادة الاستفادة من أرضية المخزن ، لكن من الضروري حفظ هذه الجبن عند درجات حرارة منخفضة (٦°م) لمنع تكوين الغاز . استخدام درجة الحرارة المنخفضة يبطئ من عملية التسوية ، لذا فإن هذه الجبن تتطلب وقتاً أطول لإنضاجها ، وعليه فإن جبن التشدر المسوي عند ٦°م قد يتطلب ٩ شهور ليصل إلى درجة التسوية التى يصل إليها نفس الجبن المصنع تحت نفس الظروف وذلك بعد ٦ شهور من تسويته عند ١٣°م.

عندما يتطلب الأمر النمو السطحى للميكروبات فى التسوية ، كما هو الحال فى أنواع الجبن الطرية والنصف طرية ، فإن مساحة السطح إلى كتلة الجبن يعتبر مهما ، حيث يؤثر على معدل التسوية . تملح الجبن المسواه سطحياً بطريقة التمليح الجاف على السطح أو بدعك سطحها بقماش مغمور فى محلول ملحى وذلك لعدة أيام متتالية ، والذى يساعد على الوقاية من الميكروبات التى قد تنمو على السطح ، ثم تحفظ تحت ظروف معينة من درجة الحرارة (١٥ – ٢٠°م) ورطوبة نسبية مرتفعة (٩٠ – ٩٥ %) لتشجيع نمو الميكروبات المرغوبة . تسمح التسوية بهذه الطريقة بالتتابع المرغوب لنمو الميكروبات . فى المراحل الأولى من التسوية المبكرة ، تنمو أنواع معينة فقط من الخمائر المقاومة للملح والفطريات مثل *Geotrichum candidum* على أسطح هذه الجبن ، التى تتميز بارتفاع محتوها من الحامض والملح . تستخدم هذه الفطريات اللاكتات الموجودة ، الذى يؤدى إلى

ارتفاع pH وبالتالي يسمح بنمو البكتريا المقاومة للملـــح مثـــل *Br.linens* ، أو الفطريات الأخرى مثل *P.camemberti* .

تنمو *Br.linens* طبيعياً فى المخزن الموجود به الجـــبن المســـواه ســـطحياً بالبكتريا . يتميز نموها على سطح الجبن باللون البرتقالي المحمر ، وعـــادة يمســـح سطح هذه الجبن يومياً بقطعة قماش مغموسة فى محلول ملحي معتـــدل التركـــيز ودافئ بعناية لتوزيع نمو البكتريا على كل السطح ، ثم تمسح الجبن بقطعة جافة بعد ٤ – ١٢ يوم وتخزن على أرفف حتى تعبأ للاستهلاك .

ترش الجبن المســـواه ســـطحياً بـــالفطر (معلـــق مـــن جراثيـــم فطـــر *P.camemberti*)، ويظهر نموه المميز على شكل طبقة بيضاء قطيفية ناعمة الملمس خلال ٢ – ١٤ يوم ، ثم يتحول إلى لون رمادي شفاف مع تقدم تحلل الـــبروتين ، كما تظهر بقع بنية محمرة فى أماكن نمو *Br.linens* مع الفطر ، وبعـــد ١٤ يـــوم تغلف الجبن فى رقائق من الالمونيوم ويخزن فى غرفة مبردة (١٠°م) لمدة ٧ أيـــام ثم تعد للتوزيع.

١٤-٣-١- درجة الحرارة أثناء التسوية

يتحكم صانع الجبن فى درجة الحرارة أثناء تصنيع الخثرة وتسوية الجـــبن ، حيث تؤثر درجة الحرارة على معدل نمو ونشاط الميكروبات الموجودة فى الخـــثرة ، وكذلك معدل التفاعلات البيوكيماوية فى الخثرة . درجة الحرارة المنخفضة تقلـــل من نمو ونشاط الميكروبات وكذلك التغيرات البيوكيماوية ، بينما ارتفاع درجـــة الحرارة تزيد من معدل كل منهما بدرجة تؤدى إلى عدم تراكم المكونات الوسطية، التى تختفى بسرعة وتتكون نواتج نهائية مختلفة . لذلك ، فإن الجبن الـــتى تســـوى ببطء عند درجات حرارة منخفضة (٤°م)، قد لا يتكون بها نفس الطعم والنكهة، التى قد تظهر فى الجبن المسواه عند درجة حرارة مرتفعة (١٥°م) . عـــادة تظـــهر عيوب فى الطعم off-flavors عند درجات الحرارة المرتفعة . تتراوح درجة حرارة التسوية عادة لمعظم أنواع الجبن من ٤ – ١٣°م ، باستثناء بعض الأصناف ، الـــتى تتعرض لفترات فى غرف دافئة لأحداث تغيرات معينة (مثل تكوين العيون الغازيـــة فى جبن الأمينتال) . الجبن الطرية المرتفعة الرطوبة تسوى عند درجات حرارة أقـــل

عن الجبن الجافة ، حيث أن استخدام درجات حرارة مرتفعة مع ارتفاع نسبة الرطوبة فى الجبن يشجع على ظهور كثير من العيوب ، نتيجة نشاط كثير من الميكروبات غير المرغوبة التى قد توجد فى الجبن.

قام كثير من الباحثين بدراسة تأثير درجة حرارة التسوية على جودة الجبن الناتج حيث ، ووجد أن جبن التشدر المسوى لمدة ٣ – ٤ شهور عند ١٠°م قبل تخزينه عند درجة حرارة منخفضة يتميز بجودة أفضل عن الجبن المخزن لمدة ٦ شهور عند ١٠°م. الجبن المصنع من لبن مرتفع الجودة يمكن تسويته عند درجة حرارة مرتفعة تصل إلى ١٠°م ، دون حدوث تأثير على جودة الجبن الناتج مع ظهور طعم جيد به . فى الجبن المصنع من لبن منخفض الجودة ، تتم عملية التسوية عند درجة حرارة منخفضة . وقد وجد أن جودة الجبن المصنع من لبن منخفض الجودة وتم تسويته عند ١٥.٥°م تكون أقل من الجبن المسوي عند ١٠°م . العيوب الموجودة فى الجبن المسوي عند درجة الحرارة المرتفعة ، خاصة المصنوعة من لبن خام ، تشمل الطعم الحامضي ، المر غير نظيف ، تكوين غازات مع قوام هش قابل للفراولة والكسر . معدل تحلل البروتين عند درجات الحرارة المرتفعة يكون أعلى بما يعادل ٤٠ – ١٠٠ % . عموماً ، فإن درجة حرارة التسوية تؤثر بدرجة واضحة على التوازن المطلوب بين مكونات الطعم لإظهار الطعم المميز المطلوب فى الجبن . فمثلاً ، عند درجة حرارة مرتفعة (١٦°م) يكون تحلل البروتين أسرع من تحلل الدهن ، الذى يؤدى إلى ظهور طعم مر bitter فى الجبن ، كما قد يحدث بعض العيوب فى الطعم والتركيب البنائي للجبن عند درجات الحرارة المرتفعة نتيجة لنشاط *Cl.tyrobutyricum* ، بكتريا حامض البروبيونيك و Lactobacilli المختلطة التخمر.

كما أشار البعض إلى أن جبن التشدر المصنوع من لبن مبستر ، يمكن تسويته عند درجة حرارة تصل إلى ١٠°م أو أعلى من ذلك بنجاح ، دون ظهور عيوب فى الجبن الناتج . درجة حرارة منخفضة تصل إلى ١٠°م تكون عادة منخفضة جداً لتسوية الجبن ، لكنها مناسبة لتخزين الجبن المسوي وذلك لتأخير ظهور الأطعمة غير المرغوبة . كما أشار البعض إلى أن جبن التشدر المصنوع من لبن مبستر مرتفع الجودة، كان تام التسوية فى خلال ٣ – ٤ شهور عند ١٥,٥°م،

ومماثل للجبن المسوي لمدة ٦ شهور عند ١٠°م ، وأن طعم وجودة الجبن لم تتأثر بارتفاع درجة الحرارة خلال هذه الفترة . لذلك ، فأنه يمكن استخدام لبن مبستر مرتفع الجودة مع التسوية عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً ، وذلك لتعويض تأثير البسترة فى إبطاء معدل التسوية ، مقارنة بالجبن المصنع من لبن خام . هناك بعض أنواع من الجبن تتم فيها التسوية عند درجات حرارة مرتفعة ، فمثلاً فى الجبن الأمينتال Emmental تجرى المراحل الأولى من التسوية عند درجات حرارة منخفضة ، حيث تنمو بكتريا حامض اللاكتيك وتحدث بعض التفاعلات الوسطية فى الخثرة ، ثم ترفع درجة حرارة التسوية بعد ذلك لكي تنمو بكتريا حامض البروبيونيك وتكون الطعم المرغوب والعيون الغازية فى الخثرة . استمرار التسوية عند درجات حرارة منخفضة يؤدى إلى إنتاج جبن خاليه من العيون الغازية "blind cheese" ، وخالية من الطعم الحلو المميز لها ، حيث يتكون حامض اللاكتيك ، السكسنيك والخليك ، بالإضافة إلى حامض البروبيونيك خلال عملية التخمر ، التى تساهم فى تكوين طعم جبن الأمينتال.

عادة تحفظ الجبن السويسرية Swiss cheese والأنواع المشابهة له لمدة ١٠ – ١٤ يوم فى غرفة مبردة عند ١٢ – ١٥°م ، حيث تجرى تمليح الجبن بغمرها فى محلول ملحي وخلال هذه الفترة تزداد صلابة الجبن ثم تنقل بعد ذلك إلى غرفة دافئة عند ٢٠ – ٢٣°م ، حيث تملح تمليحاً جافاً برش الملح على السطح مع وجود رطوبة نسبية مرتفعة فى غرف التسوية (٨٠ إلى ٨٥ %) بدرجة تسمح للملح أن يصبح رطباً ويمتص تدريجياً داخل الجبن ، فى نفس الوقت تصبح الجبن مرنة elastic بدرجة مرغوبة . خلال هذه الفترة الأولية والأساسية من التسوية ، يحدث تخمر حامض البروبيونيك propionic acid fermentation ، حيث تقوم *P.shermanii* والميكروبات المماثلة بتكوين حامض البروبيونيك ، الخليك, CO_2 من اللاكتات. يساهم حامض البربيونيك فى الطعم الحلو sweet المميز لهذه الجبن، ويتجمع CO_2 ليكون العيون الغازية فى الجبن ، وتصبح الجبن أكثر صلابة وأقل ليونة ، نتيجة فقد الرطوبة . إذا كانت الصلابة أكثر من اللازم خلال تكوين العيون فأنه يحدث تشققات فى الجبن.

تسوي الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese عند درجة حرارة منخفضة ، وذلك بعد فترة تسوية قصيرة فى البداية فى غرف دافئة . فى هذه الجبن تتكون أحماض اللاكتيك ، الماليك ، الفورميك ، الخليك ، أيسوبروبيونيك ، الكابرويك، الكابريليك ، الكابريك ، البيروفيك والكيتوجلوتاريك . تسود أحماض اللاكتيك، الماليك ، أيسوبروبيونيك ، الكابرويك والكابريك وتساهم فى الطعم . تشارك هذه الأحماض أيضاً فى التغيرات التى تحدث فى pH ، بالرغم من ارتباطها مع مكونات أخرى فى الخثرة كأصول حامضية.

١٤-٤- التغيرات الطبيعية فى الجبن أثناء التسوية

تحدث أثناء التسوية تغيرات فى الصفات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية للجبن مصحوبة بظهور الطعم والنكهة المرغوبة . تتأثر هذه التغيرات بحجم وتركيب الجبن الطازج ، وكذلك بدرجة الحرارة والرطوبة النسبية التى يسوى ويخزن عليها الجبن. تتطلب تسوية بعض الأصناف (مثل الأمينتال الكمبير والستلتون) فترات خاصة تحت درجة حرارة ورطوبة نسبية معينة ، التى يحدث خلالها نشاط للبكتريا أو الفطريات المسئولة عن التغيرات فى القوام والتركيب البنائي والطعم للجبن ، ذلك قبل نقل الجبن إلى غرف التسوية . عادة يتبع التسوية عملية التخزين حتى يصبح الجبن جاهزاً للتسويق . الأنواع الأخرى من الجبن الجافة التى لا يتكون فيها عيون غازية (مثل التشدر والبرمسان) تخزن عند درجة حرارة ثابتة طوال مدة التسوية ، وقد تمتد هذه العملية إلى شهور عديدة.

أثناء التسوية ، تحدث تغيرات فى الجبن تؤدى إلى تغيير فى الطعم والقوام والتركيب البنائي وأحياناً فى لون الجبن . هذه التغيرات تحدث نتيجة :

أ- تحلل البروتين proteolysis بدرجة كبيرة أو محدودة مع إنتاج مركبات أبسط قابلة للذوبان فى الماء.

ب- تحلل الدهن lipolysis مع تكوين أحماض دهنية حرة .

جـ- تحلل الكربوهيدريت إلى أحماض عضوية ومكونات مكسبة للنكهة aroma – forming compounds .

تحدث هذه التغيرات بواسطة مجموعة من الإنزيمات من مصادر مختلفة سبق الإشارة إليها. وفيما يلي التغيرات التى تطرأ على الصفات المختلفة للجبن خلال التسوية :

١٤-١-١- التغيرات فى القوام

يعني القوام body تماسك الجبن ، ويعبر عنه بالصلابة firmness ، المرونة elasticity والبلاستيكية plasticity والالتصاق adhesive . يتم تحويل الخثرة الطازجة من الخشونة coarse والمطاطية rubbery بواسطة الإنزيمات المحللة للكازين ، حيث يتحول حوالي ٢٥ - ٤٠ % من الباراكازينات إلى بروتيوزات وببتيدات وأحماض أمينية ، حيث تكون هذه النواتج قابلة للذوبان (تشرب الماء) بدرجات متفاوتة تتوقف على حموضة الجبن . إذا كانت الحموضة مرتفعة ، لا يصل التشرب إلى الدرجة المطلوبة ، وتصبح الخثرة ضعيفة وهشة وقابلة للكسر أو الفرولة brittle ويوصف قوام مثل هذه الجبن التى تفتقد إلى المرونة بالقوام القصير short body ، وتعتبر هذه الصفة مرغوبة فى بعض أنواع من الجبن ، مثل الركفور والستلتون ، بينما تعتبر عيباً فى بعض أنواع من الجبن ، مثل التشدر والأمينتال . في هذه الجبن يفضل أن يكون القوام أكثر مرونة وطراوة وغير قابل للكسر ويعرف ذلك بالقوام الطويل long body ، حيث تكون الحموضة أقل ، وبالتالي تزيد قابلية الباركازين للتشرب والتى يؤدي إلى هذه التحولات فى القوام.

١٤-٤-٢- التغيرات فى التركيب البنائي

يوصف التركيب البنائي texture بوجود فارغات فى الجبن ، التركيب المقفول close texture ، يطلق على الجبن الذى لا يحتوى على فراغات ، بينما الجبن الذى يحتوى على الفراغات يطلق عليه التركيب المفتوح open texture .

يتكون فى معظم أنواع الجبن ، أثناء التسوية نتيجة التخمرات الميكروبية ، كمية كبيرة أو قليلة من الغازات . بعض هذه الغازات لا تذوب فى مصل الجبن ، مثل H_2 يظهر على هيئة فقاعات فى الجبن ، والبعض الآخر قابل للذوبان فى مصل الجبن ، مثل CO_2 . إذا كانت كمية الغاز المتكونة كبيرة بالدرجة التى لا يمكن أن تذوب جميعها فى مصل الجبن ، يتكون ثقوب فى الجبن ، يتوقف حجمها وعددها

على كمية الغاز المتكونة والسرعة التى تتكون بها . تتوقف شكل الثقوب (ثقوب صغيرة أو عيون غازية أو شقوق) على مرونة الخثرة . قد يتكون بالجبن ثقوب ميكانيكية ، نتيجة الإهمال فى خدمة الخثرة وفشل جزيئات الخثرة فى الالتصاق والالتحام وحجز كمية من الهواء بين قطع الخثرة ، التى تظهر فى صورة ثقوب صغيرة ، ويعتبر ذلك عيباً إذا كانت كمية هذه الثقوب كبيرة .

يعتبر التركيب المفتوح ضرورياً للجبن المسواه داخلياً بالفطر ، حتى تتمكن الفطريات من النمو داخل الجبن وإحداث التغيرات المطلوبة ، كما أن تكوين العيون الغازية من الصفات المميزة والمرغوبة لبعض أنواع من الجبن ، مثل اللمبرجر Limburger والجودا Goda ، بينما يعتبر ضرورياً لجبن مثل الأمينتلل Emmintal والجروير Gruyere .

١٤-٤-٣- النقص فى وزن الجبن

يقل وزن الجبن أثناء التسوية ، نتيجة فقد بعض من رطوبة الجبن بالرشح leaking أو التبخير evaporation من سطح الجبن ، الذى يختلف طبقاً لنوع الجبن. الجبن ذو التركيب المفتوح ، يكون الفقد فيه أعلى من الجبن ذات التركيب المقفول . كما ان تغطية أو تغليف سطح الجبن بطبقة من الشمع ، أو أي غلاف آخر أو تكوين قشرة rind سميكة على السطح يقلل من الفقد.

تتوقف نسبة الفقد على درجة الحرارة والرطوبة النسبية داخل غرف التسوية ، وكذلك على كمية الماء الحر الموجود فى الجبن ، يزداد فقد الرطوبة بارتفاع درجة حرارة التسوية والتخزين . عند ثبات درجة حرارة التسوية فإن نسبة الفقد يتوقف على محتوى الجبن من الرطوبة وعلى الرطوبة النسبية فى غرف التسوية . يزداد معدل النقص فى وزن الجبن بزيادة محتواه من الرطوبة (زيادة كمية الماء الحر) ، كما تقل سرعة الفقد فى رطوبة الجبن ، وبالتالى وزن الجبن بزيادة الرطوبة النسبية فى غرف التسوية . كما أن الجبن صغيرة الحجم يكون الفقد فيها أعلى من الجبن كبيرة الحجم.

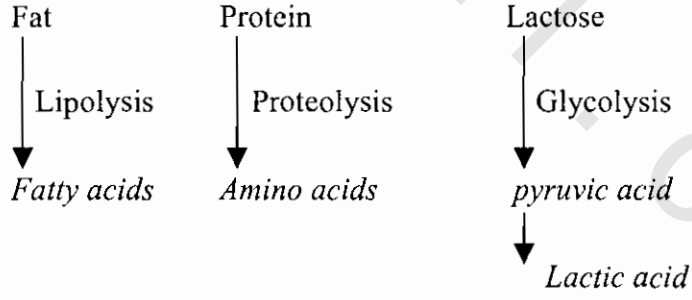
١٤-٥- التغيرات البيوكيماوية فى الجبن أثناء التسوية

التغيرات التى تحدث أثناء تسوية الجبن يمكن تقسيمها بصفة عامة إلى مرحلتين:

- **المرحلة الأولى** ، ويطلق عليها " التغيرات الأولية primary changes " وتشمل التغيرات التى تطرأ على المركبات الرئيسية فى الخثرة ، مثل الكربوهيدريت والدهن والبروتين ، ويؤدي ذلك إلى تراكم حامض اللاكتيك ، الأحماض الدهنية والأمينية الحرة (شكل ٢-٢) .
- **المرحلة الثانية** ، ويطلق عليها " التغيرات الثانوية secondary changes" حيث تتعرض المركبات الناتجة من المرحلة الأولى للتغيرات بفعل الإنزيمات الميكروبية ، حيث تتكون مكونات تساهم فى التغيرات التى تطرأ على صفات الجبن.

لا يوجد حد فاصل بين المرحلتين ، إنما يوجد تداخل كبير بين المرحلتين ويتوقف عليه نوع وجودة الجبن الناتج .

تبدأ التغيرات الأولية فى الكربوهيدريت بواسطة بكتريا البادئ (بكتريا حامض اللاكتيك) المضافة للبن لتكوين بيئة حامضية مناسبة فى الجبن . بكتريا البادئ مع المنفحة تساهم أيضاً فى التغيرات الأولية فى البروتين ، وتحدث التغيرات الأولية فى الدهن بصفة عامة بواسطة ليبيز اللبن أو مستحضرات الليبيز المختلفة المضافة إلى اللبن مع المنفحة .



شكل (١٠-٢) : التغيرات الأولية فى تسوية الجبن .

١٤-٥-١- تحلل الكربوهيدريت

أولاً : تمثيل اللاكتوز

تحويل اللاكتوز إلى حامض لاكتيك ، خلال وبعد عملية التصنيع ، يعتبر أساسياً فى جميع انواع الجبن ، وتعرف هذه العملية بالـ "glycolysis" ، وتتم بواسطة ١٤ عملية إنزيمية مختلفة . وبصرف النظر عن المرحلة التى يتكون عندها أقصى كمية لحامض اللاكتيك ، فإن معظم اللاكتوز الموجود أصلاً فى الخثرة يختفى خلال الأيام الأولى بعد الصناعة ، مع وجود كمية ضئيلة من الجلوكوز والجلاكتوز لمدة ٧ – ١٤ يوم . والجلاكتوز بصفة عامة يستمر وجوده لفترة أطول من الجلوكوز ، إلا أن هناك بعض الأبحاث تشير إلى وجود اللاكتوز والجلاكتوز بكميات ضئيلة فى الجبن لمدة قد تصل إلى عدة شهور بعد الصناعة . ويعتبر تخمر بقايا اللاكتوز فى خثرة الجبن بعد صرف الشرش عبارة عن عملية مكملة للتسوية .

وتعتمد صناعة الجبن على تخمر اللاكتوز ، بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك ، ليتكون حامض اللاكتيك بصورة رئيسية ، الذى يعطى نكهة حامضية نظيفة لخثرة الجبن ، ويساعد على سرعة تكوين الخثرة بالمنفحة ، ويؤدي إلى إنكماش الخثرة وسرعة طرد الشرش ، ويشجع على تكوين القوام المرغوب خلال تصنيع الجبن . حامض اللاكتيك المتكون (الذى يؤدي إلى خفض pH خثرة الجبن الطازج إلى ٥ – ٥,٢ ، وخفض جهد الأكسدة والاختزال (O/R) يؤدي إلى وقف نمو الميكروبات المرضية والميكروبات غير المرغوبة المسببة للفساد ، مثل بكتريا القولون coliforms وبكتريا حامض البيوتريك butyric acid bacteria ، التى تكوّن ، بالإضافة إلى حامض اللاكتيك ، كل من حامض الخليك وغازات H_2, CO_2 ، التى قد تؤدي إلى انتفاخ الجبن ، أي أن حامض اللاكتيك يكون له تأثير حافظ فى الجبن.

تختلف كمية الحامض ، التى تتكون فى الجبن خلال التصنيع والتسوية ، تبعاً لنوع الجبن . فى جبن التشدر والبرفولون ، تصل الحموضة أقصاها قبل أن تتم عملية التصنيع ، بينما فى أنواع أخرى مثل الأيدام ، الأمينتال ، الجودا والبريك لا يحدث ذلك إلا بعد إنتهاء الكبس أو فى أثناء وجود الجبن فى المحلول الملحي .

الاختلاف فى معدل تكوين الحموضة خلال عملية التصنيع ، قد يؤدي إلى التباين فى محتوى الرطوبة فى الجبن ، وظهور عيوب فى الطعم والقوام والتركيب البنائي واللون . يختلف معدل تخمر اللاكتوز باختلاف نوع الجبن ، لكن يكتمل تحويله إلى حامض لاكتيك خلال الأسابيع الأولى من التسوية . وقد وجد أن تخمر بقايا اللاكتوز فى جبن التشدر يتأثر بدرجة حرارة التسوية ، محتوى الملح فى الجبن ومقاومة بكتريا البادئ المستخدم فى التصنيع للملح . عموماً فإن معظم اللاكتوز يختفى من الجبن الجاف (٣٠ – ٤٠ % رطوبة) خلال الأيام القليلة الأولى من التصنيع ، لكن قد يطول هذا الوقت فى حالة الجبن الطرية المرتفعة الرطوبة ، مثل الكممبير ، حيث يصل إلى ١٤ يوماً .

تتوقف جودة جبن التشدر الناتج ودرجة تماثلها وخلوها من العيوب على ظروف التصنيع ، التى تسمح للـ Lactococci باستخدام كل اللاكتوز الموجود ، ويمكن الوصول إلى ذلك بالاهتمام بعملية تمليح الخثرة حتى تكون نسبة الملح فى رطوبة الجبن salt in moisture level قريبة من ٤ % ، حيث تستطيع بكتريا البادئ تخمر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك فى خلال ٢٤ ساعة بعد عملية الكبس. ارتفاع نسبة الملح فى رطوبة الجبن يثبط من نشاط البكتريا ، ويبقى اللاكتوز فى الخثرة فترة أطول مكوناً بيئة مناسبة لنمو ونشاط بكتريا حامض اللاكتيك الثانوية Lactobacilli & Pediococci ، حيث تقوم بتخمير اللاكتوز باستخدام مسار التخمر المختلط hetero-fermentative . وقد أقترح البعض التبريد السريع للخثرة بعد خروجها من المكبس إلى ١٠°م ، حيث أن بكتريا حامض اللاكتيك الثانوية تنمو فقط ببطء فى الجبن ، تحت هذه الظروف تقوم بتخمير المتبقي من اللاكتوز باستخدام مسار التخمر المختلط إلى حامض لاكتيك ولا تنتج المكونات الأخرى بالدرجة التى تضعف من إتزان الطعم وتسبب بعض العيوب فى الطعم.

وتختلف الصورة عن ذلك فى جبن الأمينتال والجرويير حيث تخمر *Str.thermophilus* ، *Lb.helveticus* اللاكتوز إلى حامض لاكتيك مكوناً بيئة مناسبة للنمو ونشاط الميكروبات الثانوية المضافة لهدف معين (*P.shermanii*) وتعتبر نمو هذه الميكروبات والتخمرات التى تقوم بها عملية متكاملة ومرتبطة ببعضها لأحداث التغيرات المطلوبة فى صفات الجبن ، كما سبق الإشارة .

نظراً لأن حوالى ٩٨% من اللاكتوز يفقد فى الشرش فى صورة لاكتوز أو لاكتات ، فإن خثرة الجبن ما زالت تحتوى على ٠,٨ – ١,٥ % لاكتوز عند نهاية خطوات صناعة الجبن . تحت الظروف الطبيعية ، يتخمر بقايا اللاكتوز بمعدل سريع يتحول أساساً إلى L-lactate بواسطة نشاط البادئ بصفة أساسية . تخمر بقايا اللاكتوز بدرجة سريعة نسبياً تعتمد على تركيز الملح فى رطوبة الخثرة (S/M) . *Lc.lactis* ssp. *cremoris* أكثر حساسية للملح عن *Lc.lactis* ssp. *lactis* ، الذى بدوره يكون أكثر حساسية عن بكتريا حامض اللاكتيك التى لا تنتمى إلى البادئ (NSLAB) . لذلك ، فإن نسبة الملح فى رطوبة الخثرة S/M تحدد صفات الناتج بعد حدوث تخمر اللاكتوز ، عند تركيز منخفض من S/M وأعداد منخفضة من NSLAB ، فإن بقايا اللاكتوز يتحول أساساً إلى L-lactate بواسطة البادئ . فى حالة وجود أعداد كبيرة من NSLAB ، مثل التخزين عند درجات حرارة مرتفعة ، فإن كميات ملحوظة من D-lactate تتكون جزئياً نتيجة تخمر بقايا اللاكتوز ، وجزئياً نتيجة تحويل L-lactate إلى D-lactate . عند تركيز مرتفع من S/M (حوالي ٦ %) ، فإن تركيز اللاكتوز ينخفض بمعدل بطئ جداً عند وجود أعداد قليلة من بكتريا NSLAB ، ويكون التحول إلى لاكتات ضعيفاً.

فى الجبن الطرية المخللة (تخزن فى شرش مملح) والمحتوية على نسبة مرتفعة من الملح ، مثل الجبن الدمياطي ، حيث تتميز هذه الجبن بارتفاع pH نسبياً (٦,٠ – ٦,٥) ، محتوى الرطوبة (حوالى ٦٠ – ٦٥ % أو أقل) ومحتوى كلوريد الصوديوم (٥ – ٨ %) ، تظل الكربوهيدريت موجودة فى الجبن الدمياطي حتى بعد ٦ شهور من التخزين ، حيث لوحظ وجود اللاكتوز والجلاكتوز ولا يوجد جلوكوز فى الجبن عمر ٦ شهور . وقد يبدو أن تخمر اللاكتوز فى الجبن الدميلطي والأنواع المشابهة يستمر ، حتى تثبط الحموضة المتكونة نمو الميكروبات فى الجبن . وعموماً فإن اللاكتوز (فى الجبن وفى محلول التحليل) يكون أكثر من احتياجات الميكروبات فى الجبن ، وهذا يوضح سبب ارتفاع بقايا اللاكتوز فى الجبن طوال فترة التخزين. يبدأ تخمر اللاكتوز فى هذه الجبن بتحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز ، لكن ميكروبات الجبن يستخدم الجلوكوز مع تراكم الجلاكتوز بطريقة مماثلة لما يحدث فى اليوجهورت والجبن السويسرية . الميكروبات الموجودة

فى هذه الجبن أساساً متجانسة التخمر ، مما يدل على أن تخمر اللاكتوز ينتج حامض اللاكتيك بصفة أساسية .

فى الجبن الطرية المخللة (تخزن فى شرش مملح) ، التى تستخدم فى صناعتها بادئ مثل Brinza, Teleme ، عند تركيزات مرتفعة من S/M (أعلى من ٥%)، فإن نشاط معظم بكتريا البادئ ينخفض بدرجة كبيرة أو يقف تماماً ، وتخمر بقايا اللاكتوز بواسطة الميكروبات الثانوية ، التى تشمل Lactobacilli, Pediococci, Micrococci . هذه الميكروبات تخمر اللاكتوز تخمراً مختلطاً ، مع إنتاج مكونات مختلفة من بينها حامض الخليك ، الذى يكون الحامض الطيار الرئيسي فى هذه المجموعة من الجبن .

تتأثر جودة الجبن بدرجة كبيرة بتخمر بقايا اللاكتوز . يعزى الانخفاض فى pH بعد التمليح أساساً إلى النشاط المستمر للبادئ عند تركيزات من S/M أقل من ٥ % ، لكن عند مستويات مرتفعة من S/M ينخفض نشاط البادئ بدرجة شديدة ، حيث يتضح ذلك من ارتفاع مستويات بقايا اللاكتوز وارتفاع pH ، كما أن جودة الجبن تنخفض بشدة عند تركيزات S/M أعلى من ٥ % . تحتوى أنواع الجبن الهولندية على اللاكتوز بتركيز يصل إلى حوالي ١,٤ % عند الكبس ، لكن ينخفض إلى أقل من ٠,١ % بعد الكبس ، وإلى نسبة ضئيلة يصعب تقديرها بعد عملية التمليح ، ويتخمر اللاكتوز بواسطة البادئ إلى L-lactate .

تخمير اللاكتوز فى أنواع الجبن السويسرية تعتبر عملية معقدة إلى حد ما . تحتوى جبن الأمينتال Emmental على حوالي ١,٧ % لاكتوز بعد ٣٠ دقيقة من تشكيل الخثرة ، الذى يتخمر بسرعة بواسطة *Str.thermophilus* ليصل إلى مستويات منخفضة جداً فى خلال ١٢ ساعة ، مع إنتاج L-lactate يصل إلى حوالي ٠,٨ % . يتم تمثيل شق الجلوكوز فقط الموجود فى اللاكتوز بواسطة *Str.thermophilus* ، وبالتالى يتراكم الجلاكتوز ويصل إلى أقصى حد له حوالي ٠,٧ % بعد حوالي ١٠ ساعات . تبدأ بكتريا Lactobacilli بعد ذلك فى التكاثر (بعد أن تبرد الخثرة نسبياً) ، وتخمر الجلاكتوز إلى خليط من L-lactate و D- حيث يصل تركيزهما إلى ٠,٣٥% ، ١,٢ % على الترتيب بعد ١٤ يوم حيث يكون عادة جميع السكريات قد تم استهلاكها تماماً . بعد ذلك

يحدث تغيير ضئيل فى تركيزات L-lactate و -D إلى أن تنقل الجبن إلى الغـــرف الدافئة حيث تبدأ بكتريا حمض البربيونيك فى النمو.

وفى الجبن الطرية والنصف طرية المسواه سطحياً يتوقف تقدم smear (طبقة الميكروبات التى تنمو على سطح الجبن) على تخمر اللاكتوز إلى حامض اللاكتيك، حيث يبدأ نشاط smear بنمو الخمائر والفطريات المستهلكة للاكتات وتحللها إلى CO_2 وماء ، ونتيجة لذلك يرتفع pH إلى درجة ملاءمة لنمو ونشاط الميكروبات الأخرى المكونة للـ smear بالتتابع المألوف لها لتقوم بالدور المطلوب منها فى تسوية هذه الجبن.

يبلغ تركيز اللاكتات فى الجبن الكمبير، السويسرية والتشدر ١,٠، ١,٤، ١,٥% ، على التوالي . اختفاء اللاكتات من الجبن أثناء التسوية قد جذب اهتمام كثير من الباحثين ، فقد وجد أن جبن التشدر على المستوى المعملي والتجاري تحتوى على تركيزات محسوسة من D-lactate ، التى قد تتكون من بقايا اللاكتوز بواسطة Lactobacilli ، أو بواسطة عملية تحويل صور المشابهات racemization حيث يتحول إلى D-lactate ، فى هذه الحالة يتأكسد L-lactate بواسطة إنزيم L-lactate dehydrogenase (L-LDH) إلى بيروفات ، الذى يختزل بعد ذلك إلى D-lactate بواسطة إنزيم (D-LDH) . وقد أشار البعض إلى أنه من المحتمل أن يكون Pediococci مسئولاً عن هذا التحول ، حيث وجد أن جميع Pediococci ، التى تم عزلها من الجبن التشدر وعددها ٢٧ ، كانت قادرة على تحويل L-lactate إلى D-lactate ، الذى ينتهي إلى تكوين مخلوط راسيمي racemic mixture (أي مخلوط من -D و -L) ، تحويل صور اللاكتات إلى مشابهاته تحدث فى عدة أنواع من الجبن . تحتوى جبن الجودة ،على النطاق التجاري ، على نسبة منخفضة نسبياً من D-lactate ، وقد يعزى ذلك إلى قصر فترة التسوية . مستوى L- or D-lactate فى جبن الكمبير منخفض جداً ، ويعزى ذلك إلى تمثيل اللاكتات بواسطة الفطر ، كما يتوقع أن يحدث هذا التأثير فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese إلا أنه لم يثبت حدوثه فى الجبن .

يبدو أن عملية تحويل المشابهات قد لا يكون لها تأثير معنوي على طعم الجبن ، لكن D-lactate قد لا يكون لها تأثيرات تغذوية غير مرغوبة فى الأطفال

الرضع infants حيث أن calcium D-lactate أقل ذوباناً عن calcium L-lactate . يكون D-lactate بللورات فى الجبن مسبباً تكوين بقع بيضاء غير مرغوبة عند الأسطح المقطوعة.

ثانياً : تمثيل اللاكتات

يمكن أن يحدث أكسدة للاكتات فى الجبن . ينتج Pediococci مول واحد من الخلات ، مول واحد من CO_2 ويستهلك مول واحد من O_2 لكل مول لاكتات تم استهلاكه . تختلف درجة pH المثلى من ٥ إلى ٦ ، ويتوقف ذلك على تركيز اللاكتات . يزداد تركيز اللاكتات فى الجبن عن الحد المطلوب لحدوث الأكسدة المثلى ، ولا يحدث أكسدة للاكتات إلا إذا استهلك جميع السكريات . يستمر نظام أكسدة اللاكتات فى حالة نشطة فى الجبن التى عمرها ستة شهور.

تشير نتائج البحوث فى هذا المجال إلى أن أكسدة اللاكتات إلى خلات فى الجبن يتوقف على أعداد بكتريا NSLAB وتركيز O_2 المتوفر ، الذى يتحدد بواسطة حجم قرص الجبن ودرجة نفاذية مواد التغليف للأكسجين . الخلات ، التى قد تنتج أيضاً بواسطة بكتريا البادئ من اللاكتوز أو السترات ، أو من الأحماض الأمينية بواسطة Lactobacilli البادئ ، عادة توجد فى تركيزات مرتفعة نسبياً فى جبن التشدر وتساهم فى طعم الجبن ، بالرغم من أن التركيزات المرتفعة قد تسبب أطعمة غير مرغوبة. لذلك فإن أكسدة اللاكتات إلى خلات قد تساهم لحد ما فى تكوين طعم الجبن . تحدث أكسدة L-lactate إلى خلات فى جميع انواع الجبن الجافة والنصف جافة .

يتم تمثيل اللاكتات بدرجة كبيرة فى أنواع الجبن التى تسوى سطحياً بالفطر، مثل جبن الكممبير ، الذى يبلغ تركيز اللاكتات فيها عند عمر يوم واحد حوالى ١,٠ % التى تتكون نتيجة نشاط البادئات المحبة للحرارة المعتدلة بصفة أساسية ، وتكون موجودة فى صور L-lactate . تنمو الميكروبات الثانوية بدرجة سريعة وتسود على سطح هذه الجبن ، حيث تنمو أولاً *Geotrichum candidum* والخمائر ، يليها *P.caseicolum* ، ثم *Br.linens* الذى لا ينمو ويسيطر على سطح الجبن ، إلا عندما يرتفع pH إلى أعلى من ٥,٨ . يمثل *G.candidum* ، *P.caseicolum* اللاكتات بسرعة إلى CO_2 وماء مسبباً ارتفاعاً فى pH . يحدث فى

البداية انخفاضاً فى الحموضة على سطح الجبن ، ويؤدي ذلك إلى تغيير فى pH تدريجياً من السطح متجهاً إلى مركز الجبن ، وينشأ عن ذلك انتشار اللاكتات متجهة إلى السطح الخارجي للجبن . عندما تستهلك جميع اللاكتات ، فإن *P.caseicolum* يقوم بتحليل البروتينات منتجاً أمونيا (NH_3) التى تنتشر متجهة إلى داخل الجبن مسبباً ارتفاع pH بدرجة أكبر .

تركيز فوسفات الكالسيوم على سطح الجبن تتجاوز درجة ذوبانها عند pH المرتفع، وتترسب مكونة طبقة من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ على السطح، انخفاض تركيز فوسفات الكالسيوم فى داخل الجبن يساعد فى زيادة طراوة قوام الجبن . ينشط pH المرتفع من فعل البلازمين ، الذى يكون مسئولاً مع بقايا المواد المجبنة عن تحلل البروتين فى هذه الجبن أكثر من إنزيمات البروتينيز proteinases التى تفرزها الميكروبات ، التى تنمو على سطح الجبن والذى بالرغم من قدرته المرتفعة على تحلل البروتين ، إلا أنه ينتشر إلى داخل الجبن فقط إلى درجة محدودة جداً بالرغم من أن الببتيدات الناتجة بواسطتها على سطح الجبن قد تتخلل إلى داخل الجبن.

تأثير pH المرتفع وفقد الكالسيوم وتحليل البروتين يعتبر ضرورياً لإحداث جزء كبير من الطراوة softening لقوام جبن الكممبير والبراى . فى الأنواع الأخرى ، مثل جبن الرومانو Romano ، تسود L-lactate فى البداية حيث تصل إلى أقصى حد لها حوالي ١,٩ % عند عمر يوم واحد . يبدأ التركيز فى الانخفاض بعد ١٠ أيام وتصل إلى ٠,٢ – ٠,٦ % عند ١٥٠ – ٢٤٠ يوم . قد يعزى بعض من هذا الانخفاض إلى تحويل L-lactate إلى D-lactate ، االذى يصل إلى أقصى تركيز له عند حوالى ٩٠ يوم ، ثم ينخفض بعض الشئ . تركيز الخلات قد يصل إلى مستويات مرتفعة جداً (حوالي ١,٢ %) بعد ٣٠ يوم ، لكن ينخفض إلى ٠,٢% على الأقل عند ٩٠ يوم . العوامل المسئولة عن تمثيل الخلات لم تحدد بعد، لكن يعتقد أن الخمائر من بين هذه العوامل.

فى أنواع الجبن السويسرية Swiss-type cheese ، تحول بكتريا حامض البربيونيك (PAB) اللاكتات إلى بربيونات وخلات و CO_2 :

$$CH_3 - CHOH - COOH \longrightarrow CH_3 - CH_2 - COOH + CH_3 - COOH + CO_2$$

lactic acid propionic acid acetic acid

يتحد جزء من حامض البروبيونيك والخليك مع الكالسيوم فى الجبن لتكوين بروبيونات الكالسيوم وخلات الكالسيوم . يعتبر بروبيونات الكالسيوم مسئولة بدرجة كبيرة عن الطعم الحلو sweet المميز لهذه الجبن ، ويسبب غاز CO_2 العيون الغازية فى الجبن ، التى تبدأ فى الظهور بعد أن تصل أعداد بكتريا حامض البربيونيك أقصاها (٢٥ – ٤٠ يوم) ، ويصبح التركيب البنائي للجبن مرناً بدرجة كافية لتكوين العيون دون حدوث تشقق فى الجبن ، وتعتبر هذه التغيرات أفضل مثال للتفاعلات الثانوية الهامة فى الجبن.

تفضل بكتريا حامض البروبيونيك L-lactate عن D-lactate لتصل إلى ٠,٢ % بعد ٢٠ يوماً فى الغرفة الدافئة الخاصة بالتسوية . فى الحقيقة ، يستمر تركيز D-lactate فى الزيادة ليصل إلى حوالي ٠,٤% خلال الأيام الأولى فى هذه الغرفة الدافئة قبل أن تستخدم بواسطة بكتريا حامض البروبيونيك Propionibacteria . زيادة أعداد Lactobacilli يسرع من عملية تمثيل السكر مكوناً تركيزات مرتفعة من كل من D-, L-lactate ، لكن يحد من نمو بكتريا حامض البربيونيك ويؤخر من إنتاج البربيونات والخلات . فى غياب Lactobacilli أو Gal⁻ Lactobacilli ، يتراكم الجلاكتوز ولا يتكون D-lactate، لذلك فإن نسبة Lactobacilli فى البادئ قد تؤثر على إنتاج CO_2 والأحماض الطيارة.

ثالثاً : تمثيل السترات

التركيزات المنخفضة نسبياً للسترات فى اللبن (حوالي ٩ ملليمول) لا يعطي صورة حقيقية عن أهمية تمثيل السترات فى عديد من أنواع الجبن التى تصنع باستخدام بادئات الحرارة المعتدلة . بكتريا *Lc.lactis* ssp. *lactis* or *cremoris* لا تخمر السترات ، بينما *Leuconostoc* spp., *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* تخمر السترات مع إنتاج ثنائي الأستيل diacetyl ، CO_2 . كما أن *Str.thermophilus* وكذلك thermopilic Lactobacilli لا تخمر السترات ،

لكن عدة أنواع من mesophilic Lactobacilli تخمر السترات مع إنتاج ثنائي الأستيل والفورمات ، ويؤثر وجود اللاكتوز على كمية الفورمات المتكونة .

لا تستخدم السترات كمصدر للطاقة بواسطة *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* أو *Leuconostoc* spp. ، لكن يتم تخميرها بمعدل سريع فى وجود كربوهيدريت قابلة للتخمر . نظراً لإنتاج CO_2 فإن السترات تعتبر مسئولة عن ظاهرة تكوين العيون فى جبن الأنواع الهولندية ، وعن القوام المفتوح غير المرغوب فى جبن التشدر ، والمرغوب فى الجبن المعرقة بالفطر وطفو الخثرة على سطح حوض التجبن فى جبن Cottage . كما أن تخمير السترات على جانب كبير من الأهمية فى تكوين الطعم والنكهة فى جبن Quarg, Cottage وعديد من الألبان المتخمرة ، نتيجة تكوين ثنائي الأستيل diacetyl . كما يساهم diacetyl فى طعم جبن الأنواع الهولندية وكذلك جبن التشدر ، كما أن الخلات الناتجة من تخمر السترات قد تساهم فى طعم الجبن.

حوالي ٩٠ % من السترات فى اللبن توجد على حالة ذائبة ومعظمها يفقد فى الشرش ، ومع ذلك فإن تركيز السترات فى الوسط المائي للجبن يبلغ حوالي ٣ أضعاف وجوده فى الشرش ، وقد يعكس ذلك تركيز السترات الغروية colloidal citrate ، حيث تحتوى جبن التشدر على ٠,٢ إلى ٠,٥ % سترات . فى حالة تصنيع الجبن باستخدام *Lc. lactis* ssp. *cremoris* فقط ، فإن السترات تبقى ثابتة عند تركيز ٠,٢ % حتى ٣ شهور ، لكن تنخفض إلى ٠,١ % عند ٦ شهور . الجبن المصنعة باستخدام *Lc.lactis* ssp. *cremoris* مع *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* لا تحتوى على سترات عند ٣ شهور . بالرغم من *Lb.casei* يستطيع تخمير السترات فى اللبن ، فإن تركيزات السترات فى الجبن المصنعة باستخدام *Lc.lactis* ssp. *cremoris* + *Lb.casei* ينخفض إلى معدل مماثل للموجود فى الجبن المصنعة باستخدام *Lc.lactis* ssp. *cremoris* بمفردها . وقد وجد أن السترات فى جبن التشدر تنخفض ببطء إلى أن تختفى تماماً عند ٦ شهور، ويرجع ذلك إلى تخمر السترات بواسطة Lactobacilli التى تصبح المكون الرئيسي لبكتريا NSLAB . تلقيح لبن الجبن ببكتريا *Lb.plantarum* تسرع من اختفاء السترات ، ويبدو أن Pediococci لا تستخدم السترات .

١٤-٥-٢- تحلل البروتين

يتكون بروتين الخثرة ، عقب عملية الكبس والتمليح "الجبن الطازج green cheese" أساسا من الباراكازينات المرتبطة بكمية من الكالسيوم ، يتوقف على مقدار ما يتكون من حامض اللاكتيك بالخثرة وخلال عملية التسوية . يتحلل جزء أو كل هذه البروتينات (التي يوجد معظمها في صورة غير ذائبة) تدريجيا بفعل الإنزيمات إلى مكونات نتروجينية أبسط وقابلة للذوبان . تكون مراحل التحلل على النحو التالي :

$$\text{Protein} \xrightarrow{+H_2O} \text{Proteoses} \xrightarrow{+H_2O} \text{Peptones} \xrightarrow{+H_2O} \text{Peptides} \xrightarrow{+H_2O} \text{Amino acids}$$

(غير ذائب) (◄——— soluble ذائب ———►)

يعتبر تحلل البروتين proteolysis أكثر التفاعلات تعقيدا أثناء تسوية الجبن ، وقد تكون على جانب كبير من الأهمية في تكوين الطعم والتركيب البنائي ، خاصة في الجبن التي تسوي داخليا بالبكتريا. تختلف درجة تحلل البروتين في الجبن من تحلل محدود كما في جبن الموزاريلا ، إلى تحلل شامل كما في الجبن المسواه بالفطر . بالرغم من أن تسوية بعض أنواع من الجبن ، مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese وجبن الرومانو Romano ، يعتمد أساسا على تحلل الدهن lipolysis ، إلا أن تحلل البروتين له أهمية متماثلة في جميع أنواع الجبن . يعتقد كثير من الباحثين أن تحلل البروتين في جبن التشدر والجبن الهولندية وبعض الأنواع الأخرى أهم التغيرات البيوكيماوية التي تحدث أثناء التسوية . يوجد ارتباط قوي بين شدة طعم جبن التشدر وتركيز الأحماض الأمينية الحرة.

بعض أنواع من الجبن الطرية ، مثل الكممبير واللامبرجر ، يحدث بها تحلل للبروتين بدرجة كبيرة مع تكوين مركبات نتروجينية ذائبة في الماء ، تشمل الببتيدات والأحماض الأمينية والأمونيا ، بينما تحدث في الجبن الجافة ، مثل التشدر والأمينتال ، تحلل للبروتين بدرجة أقل حيث يتحول حوالي ٢٥ - ٣٥ % من البروتين إلى مكونات ذائبة ، وفي الجبن التام التسوية تكون نسبة كبيرة من نواتج تحلل البروتين في صورة ببتيدات وأحماض أمينية . عادة يكون تحلل البروتين أسرع في الجبن المصنوع من لبن منخفض الجودة عما في الجبن المصنوعة من لبن مرتفع

الجودة ، لكن وجد أن الطعم المرغوب ودرجة جودة الجبن ترتبط ارتباطاً مباشرة مع درجة جودة اللبن ، وليس مع معدل ودرجة تحلل البروتين.

بسترة اللبن يسبب انخفاضاً فى معدل التسوية ، كما قدرت بمعدل ودرجة تحلل البروتين ، لكن جبن اللبن المبستر يكتسب درجة أفضل من الجودة والطعم . يزداد معدل تحلل البروتين بارتفاع درجة الحرارة ، كما يزداد معدل تكوين المركبات النتروجينية الذائبة فى البداية ثم تقل بتقدم عملية التسوية ، لكن المواد النتروجينية اللابروتينية والنتروجين الأميني يزداد تدريجياً خلال فترة التسوية . يرتبط معدل ودرجة تحلل البروتين خلال تسوية الجبن بطبيعة وتركيز الإنزيمات الميكروبية المحللة للبروتين ، ارتفاع الرطوبة ، وجود حامض اللاكتيك ، درجة الحرارة وغيرها من العوامل مثل pH ، جهد الأكسدة والاختزال (O/R) والأملاح التى تؤثر على نشاط الإنزيمات .

أولاً : العوامل المحللة للبروتين

توجد أربعة ، وفى بعض الأنواع خمسة ، عوامل تساهم فى تحلل البروتين proteolytic agents فى الجبن :

١- إنزيمات اللبن الطبيعية المحللة للبروتين ، خاصة البلازمين plasmin.

٢- المنفحة أو بدائل المنفحة .

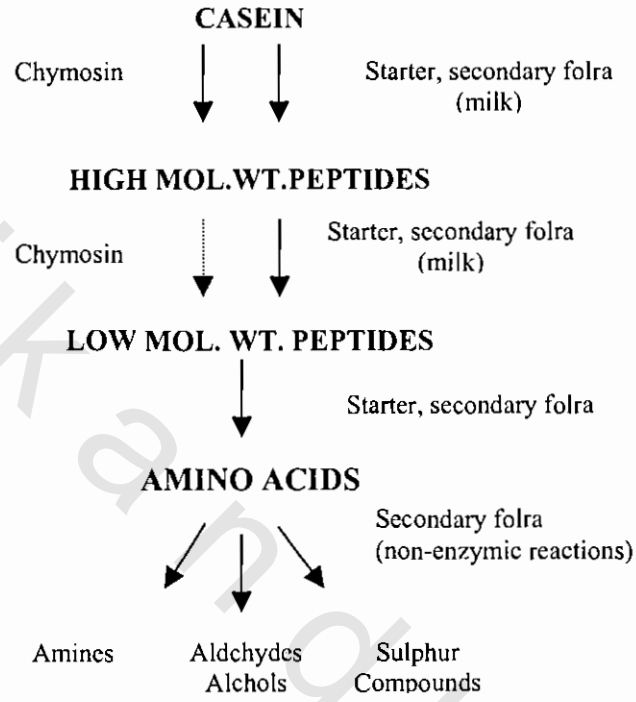
٣- إنزيمات بروتينيز proteinases وببتديز peptidases بكتريا البادئ ، التى تنفرد عندما تتحلل الخلايا .

٤- إنزيمات من بكتريا لا تنتمي إلى بكتريا البادئ non-starter bacteria (NSB).

٥- إنزيمات بروتينيز وببتيدات الميكروبات الثانوية (البادئات المساعدة adjunct starter) .

الإنزيمات من ٤ مصادر الأولى (١ - ٤) تكون نشطة تقريباً فى جميع أنواع الجبن المسواه ، بينما البادئات المساعدة (الميكروبات المضافة إلى لبن الجبن بهدف آخر غير زيادة الحموضة) يكون لها تأثير ملحوظ على تسوية هذه الأنواع من الجبن التى تضاف إليها ، مثل بكتريا حامض البروبيونيك فى أنواع الجبن

السويسرية ، *Br.linens* فى الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا (جبن البريك Brick) و*P.requeforti* فى الجبن المعرقة بالفطر *P.camemberti*, فى جبن الكممبير . كما أن الإنزيمات الخارجية التى تضاف للإسراع من التسوية يمكن إضافتها إلى عوامل التسوية السابق الإشارة إليها ، حيث يكون لها تأثير كبير فى هذا المجال عند استخدامها.



شكل (٢-٣) : تحلل الكازين أثناء تسوية الجبن

وقد دلت نتائج دراسات تقييم مساهمة العوامل المحللة للبروتين منفردة أو مشتركة فى تحليل البروتين ، أن المواد المجبنة (المنفحة) والبلازمين مسئولة عن تحلل الكازين فى المراحل الأولى من التسوية (ببتيدات مرتفعة الوزن الجزيئي) ، بينما يكون بكتريا البادئ وإنزيماتها أقل أهمية عند هذا المستوى من تحلل البروتين ، ومع ذلك فإن إنتاج الببتيدات الصغيرة (المنخفض الوزن الجزيئي) والأحماض الأمينية

الحرة ترجع أساساً إلى تأثير بكتريا البادئ وإنزيماتها على البيتيدات المرتفعة الوزن الجزيئي (شكل ٢-٣) .

أ- إنزيمات اللبن الطبيعية

تشير الدراسات التى أجريت على تسوية الجبن التشدر ، أن إنزيمات اللبن الطبيعية المحللة للبروتين تساهم بقدر محدود فى تحلل البروتين . ويرجع عدم مشاركة هذه الإنزيمات بدرجة واضحة إلى عدم ملاءمة pH الجبن ، حيث يتراوح pH معظم أنواع الجبن الجافة من ٥,٠ إلى ٥,٥ ، بينما درجة pH المثلى لنشاط إنزيم البروتينيز الطبيعي فى اللبن هو ٨,٠ ويصبح غير نشطاً تماماً عند pH ٥,٠ .

فى بعض أنواع من الجبن يتغير pH خلال فترة التسوية من الحموضة إلى القلوية الخفيفة . فى جبن الكممبير واللامبرجر يكون نشاط إنزيمات بروتييز وليبيز اللبن على جانب كبير من الأهمية ، نظراً لملاءمة طبيعة ظروف هذه الجبن لنشاط هذه الإنزيمات .

تدل نتائج الأبحاث الحديثة أن بروتييز اللبن القلوي alkaline milk protease ، ويعرف بالبلازمين plasmin ، يلعب الدور الرئيسي فى تحليل الكازين وخاصة β-casein إلى ببتيدات كبيرة . ويتوقف تركيز البلازمين فى الجبن على pH الخثرة عند تصفية الشرش ، حيث أن هذا الإنزيم ينفصل عن جزيئات الكازين بانخفاض pH . وقد وجد أن نشاط البلازمين فى الجبن السويسري يصل إلى ٢ - ٣ أضعاف نشاطه فى الجبن التشدر ، حيث يتم تصفية الشرش عن خثرة الجبن السويسري عند pH ٦,٤ أو أعلى ، بينما فى جبن التشدر يكون عند pH ٦,٣ أو أقل . كما أن هناك بعض إنزيمات اللبن الطبيعية تكون نشطة فى بعض أنواع من الجبن الجافة نظراً لملاءمة pH فيها لنشاط هذه الإنزيمات .

وفى ضوء هذه المعلومات يتضح أن إنزيمات اللبن الطبيعية يكون لها نشاط محدود فى تسوية الجبن وظهور الطعم فى معظم أنواع الجبن الجافة.

ب- المواد المجبنة :

للمنفحة فى صناعة الجبن دوران رئيسيان :

(١) تكوين الخثرة .

(٢) تحليل بروتينات الخثرة (باراكازينات الكالسيوم) إلى مكونات نتروجينية مختلفة ، تساهم فى التغيرات المطلوبة فى طعم وقوام وتركيب الجبن . المركبات النتروجينية التى تتكون بفعل إنزيمات المنفحة تقف غالباً عند مرحلة تكوين الببتونات والببتيدات poptone and peptide .

حوالى ٣ – ٦ % فقط من كمية المنفحة التى تضاف إلى لبن الجبن تحتجز فى الخثرة ، لكن تتأثر هذه الكمية بنوع المنفحة ودرجة الحرارة المستخدمة فى عملية الطبخ . نسبة الكيموسين chymosin المحتجز فى الخثرة تتأثر بشدة بدرجة pH عند صرف الشرش ، حيث ترتفع الكمية المحتجزة بانخفاض pH . تبقى المنفحة الحيوانية نشطة فى الجبن التى لا تسخن فيها الخثرة ، مثل الكممبير ، أو تسخن فيها الخثرة لدرجة لا تزيد عن ٤٠°م ، مثل التشدر ، حتى ٣ شهور ، لكن ليس لها نشاط فى الجبن التى تسمط فيها الخثرة لدرجة حرارة مرتفعة تصل إلى ٦٠°م ، كما فى الجبن السويسرية والأنواع المشابه وجبن الموزاريلا Mozzarella . تساهم المنفحة فى زيادة طراوة softening الخثرة نتيجة تحلل α_{s1}-casein . من المعروف أن الكيموسين يلعب الدور الرئيسي فى المراحل الأولى لتحليل α_{s1}-casein مع تكوين مركبات ذائبة فى الماء (معظمها بروتيوزات وببتونات) ، لكنه بصفة عامة لا يؤثر على β-casein عند pH المنخفض السائد فى الجبن .

جميع المنافح التجارية الأساسية عبارة عن بروتينيز حامضي acid proteinascs . ومن الأمور المستقرة أن المنفحة الحيوانية وبدائل المنفحة الرئيسية تؤثر على α_{s1}-casein وكذلك β-casein ، ويمكن أن يلاحظ هذا التأثير بدرجة كبيرة فى الجبن المسواه بالبكتريا حيث يكون β-casein مقاوم للتحلل لحد ما أثناء التسوية . وقد وجد أن البلازمين أو البروتينيز الميكروبي مسئول عن تحلل β-casein المقاوم للتحلل لحد ما أثناء التسوية . وقد وجد أن البلازمين أو البروتينيز الميكروبي مسئول عن تحلل β-casein فى الجبن المسواه بالفطر .

المنفحة الميكروبية تحلل β-caseins, α_{s1}- بمعدلات متماثلة تقريباً فى الجبن ، بالرغم من تأثير البروتينيز الفطرى (*Mucor miehei*) على β-casein قد يبدو مختلف عن تأثير الكيموسين فإن نشاطه يكون أقل حساسية للـ NaCl .

عموماً يمكن القول أن المنفحة تكون أكثر أهمية من عوامل التسوية الأخرى فى تحويل بروتين الجبن إلى مجموعة من المركبات الوسطية intermediate compounds والملاءمة فيما بعد للتحول بواسطة عوامل التسوية الأخرى إلى مكونات نهائية ورئيسية فى تكوين وظهور الطعم فى الجبن . كما أن بعض هذه المركبات تعمل كعوامل مشجعة لنمو بعض الميكروبات الأخرى المرغوبة فى تسوية الجبن ، التى تقوم ببعض التحولات الهامة والضرورية فى ظهور طعم الجبن .

جـ- الميكروبات

تحتوى الجبن على عدد كبير من البكتريا ، يختلف من بضع ملايين إلى ١٠ مليون فى الجرام . عادة لا توجد علاقة بين عدد البكتريا فى الجبن وظهور الطعم المميز لها ، حيث أن هناك سلالات معينة من البكتريا يكون لها دوراً هاماً ورئيسياً فى تسوية الجبن ، بينما هناك أنواع أخرى ليس لها دوراً واضحاً وقد يكون غير مرغوب فى عملية التسوية .

تتكون الميكروبات الموجودة فى الجبن الجافة بصورة رئيسية من بكتريا حامض اللاكتيك LAB ، التى تنتشر خلال الجبن ، وتنتج هذه الميكروبات كميات صغيرة فقط من الإنزيمات الخارجية المحللة للبروتين extracellular proteinases ، التى تنطلق من الخلية الميكروبية إلى بيئة النمو ، عندما تموت الخلايا وتتحلل autolysis ينطلق منها إنزيمات ببتديز داخلية (خلوية) intracellular peptidases enzymes ، مما يؤدي إلى تقدم عملية التسوية بصورة منتظمة فى الجبن . ملايين البكتريا تموت خلال الأسابيع القليلة الأولى من التسوية ، وينطلق منها عديد من الإنزيمات ، التى يلاحظ نشاطها عند توفر البيئة المناسبة والظروف البيئية المثلى لنشاطها . يحتوى الجبن على عديد من أنواع البيئات المناسبة ، كما أن pH الجبن الجافة ودرجة الحرارة عادة تكون مناسبة لنشاط أنواع عديدة من هذه الإنزيمات ، التى تنتج عن نشاطها نواتج نهائية ذات وزن جزيئي منخفض ، تتميز بمذاق ونكهة محددة .

(i) البادئات المحبة للحرارة المعتدلة Lactococci

تصل أعداد بكتريا بادئ الحرارة المعتدلة Lactococci إلى أقصاها فى جبن التشدر وجبن الأنواع الهولندية عند نهاية عملية التصنيع أو بعدها بقليل ، تنخفض الأعداد الحية لهذه البكتريا سريعاً بعد ذلك ، وتتحلل الخلايا بعد موتها وينطلق منها الإنزيمات الداخلية ، التى تنتشر فى الوسط المحيط . وقد وجد أن خلايا البكتريا تبقى سليمة بدرجة كبيرة فى الجبن ، ويرجع ذلك إلى التركيب البنائي للخثرة التى تستقر فيها هذه الخلايا ، وكذلك التركيز المرتفع للمواد الذائبة فى الوسط المائي ، مما يدل على أن الإنزيمات الداخلية فى الخلايا (مثل الببتديز peptidases) قد لا تكون جاهزة للإتصال بالبيئة (مواد التفاعل substrate) .

تحتوى الجبن التشدر خلال الفترة الأولى من التسوية (١ – ٢ أسبوع) عادة على عدة ملايين من البكتريا فى الجرام من *Lc.lactis* ssp. *lactis*, ssp. *cremoris* والأنواع المشابه ، وعادة تدخل هذه البكتريا إلى الجبن كبادئات starters . فى خلال ٣ شهور الأولى وعند ١٥,٥°م تنخفض هذه الأعداد إلى حوالي ٣٠ مليون أو أقل . الدور الرئيسي لإنزيمات البروتينيز فى Lactococci فى الجبن هو تحلل الببتيدات الكبيرة والمتوسطة الحجم الناتجة من تحلل شقوق الكازين المختلفة بواسطة الكيموسين أو البلازمين . كما أتضح أن بروتينيز Lactococci ليس له أهمية فى المراحل الأولى لتحلل β-casein فى جبن التشدر . جميع إنزيمات ببتيديز Lactococci داخلية (خلوية) interacellular مرتبطة بغشاء الخلية ، حيث يوجد نطاق واسع من إنزيمات الببتيديز فى Lactococci مثل amino-,di-, tri-and tetrapeptidases الذى يحلل الببتيدات الكبيرة الناتجة من تحلل Lactococci proteinases التى تتضمن ثنائي -di ، ثلاثي -tri ، رباعي -tetra وخماسي الببتيدات pentopeptides .

يعتبر إنزيمات البروتينيز /الببتديز proteinases / peptidases مسئولة عن تكوين الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية الحرة.

(ii) البادئات المحبة للحرارة المرتفعة Lactobacilli

بكتريا هذه البادئات قادرة على مقاومة درجات حرارة تصل إلى ٦٠°م ، وتستخدم فى عدد من الجبن (برمسان ، رومانو ، الجبن السويسرية ، موزاريلا ،

برفلونو ، البريك ، اللامبرجر) وبعض منتجات الألبان المتخمرة . وقد وجد أن إنزيمات البروتينيز proteinases والببتديز peptidases المرتبطة بجدار الخلية والغشاء السيتوبلازمي فى *Str.thermophilus* تكون قادرة على تحلل البروتين إلى أحماض أمينية ، وقد وجد ٣ أنواع من نشاط الببتديز : dipeptidase, dipeptidylpeptidase, aminopeptidase فى السيتوبلازم ، والتى تصبح نشطة فى تسوية الجبن وذلك بعد موت وتحلل الخلايا. إنزيمات بروتينيز *Lactobacillus* spp. مرتبطة بجدار الخلية أو توجد داخل الخلية (خلوية) . تحلل هذه الإنزيمات α_{s1}-casein بالإضافة إلى β-casein أو k-casein ، لذلك فإن الببتيدات العديدة polypeptides الناتجة تتحلل بدرجة أكبر بواسطة إنزيمات peptidases التى توجد فى غشاء سيتوبلازم lactobacilli .

(iii) بكتريا لا تنتمي للبادئ Non-Starter bacteria (NSB)

اللبن المبستر وكذلك لبن MF يكون خالياً من NSB عند بداية الصناعة ، بينما اللبن الخام يحتوي على ٣٠٠/مل . هذه البكتريا تنمو فى جميع انواع الجبن أثناء التسوية ، وتصل إلى أقصى عدد لها بعد حوالي ١١ أسبوع ، حيث يحتوى جبن اللبن المبستر وجبن لبن MF على حوالي 10^{7}/مل ، وجبن اللبن الخام على حوالي 10^{8}/مل . التباين فى أعداد هذه البكتريا قد يرجع إلى استخدام لبن خام أو لبن معامل حرارياً ، التباين فى بيئة المصنع أو فى معدل التبريد ، قد يسبب كثير من المشاكل ، وخاصة فى تسوية الجبن وجودة الجبن الناتج . تلعب NSB دوراً فى تسوية الجبن ، بالرغم من أنها قد تحدث بعض المشاكل وخاصة بكتريا حامض اللاكتيك العصوية المختلطة التخمر heterfermentative Lactobacilli Pedicococci, . معدل تبريد الخثرة بعد التعبئة فى القوالب يعتبر عاملاً رئيسياً فى تحديد نمو NSB وبالتالي جودة الجبن . عموماً يختلف معدل تبريد الخثرة بين المصانع ، وفى داخل المصنع الواحد أيضاً ، طبقاً لأمكانيات الإنتاج المتاحة فى كل مصنع.

فى جبن اللبن المبستر يكون مصدر Lactobacilli التى لا تنتمي للبادئ non-sterters Lactobacilli هو تلوث اللبن ما بعد البسترة من بيئة المصنع ، ومن المحتمل أن تكون هذه المجموعة من البكتريا مختلفة اختلافاً واضحاً طبقاً لمستوى

النواحي الصحية السائدة فى المصنع . ومن المتوقع أن تختلف أنـواع Lactobacilli فى جبن اللبن الخام واللبن المبستر بدرجة كبيرة . وقد وجد أن Lactobacilli المحبة للحرارة المعتدلة ، هى المجموعة التى تنتمي إليها معظم NSB ، تحتوي على إنزيمات بروتينيز مرتبطة بجدار الخلية وكذلك مجموعة من إنزيمات ببتيديز داخلية (خلوية) : exopeptidases ، dipeptidases ، aminopeptidases .

خلال عملية التسوية تموت بكتريا البادئ وكذلك معظـم الميكروبـات الأخرى الموجودة فى الخثرة ، وتتكاثر فقط Lactobacilli التى توجد فى الخـثرة الطازجة وتصل لمستويات تبلغ $١٠^{٦}$ – $١٠^{٩}$ /جم من الجبن خلال ٣ – ٦ أسابيع. تلعب هذه البكتريا دوراً هاماً فى ظهور الطعم فىالجبن المسواه ، أهم هذه الأنـواع *Lb.casei* وبعض سلالات هذه البكتريا تحسن من طعم جبن التشدر أو الجروبير ، بينما بعض سلالات من هذه البكتريا لا تستطيع أن تقوم بهذا الـدور ، ولكـن يصاحب ذلك فى بعض الأحيان ظهور طعم مر bitter وحامضي acid فى المراحل المتأخرة من التسوية.

- **Micrococci**

تعتبر Micrococci من المكونات الرئيسية لميكروفلورا اللبن الخام والجـبن الناتجة منه ، كما أنها توجد بأعداد كبيرة فى الجبن الناتجة من لبن مبستر . تنمـو Micrococci خلال المراحل الأولى من التصنيع والتسوية ، وبالرغم من ذلك فـإن Lactobacilli وPediococci قد توجد بأعداد أكبر فى الجبن عـن Micrococci. بعض أنواع من Micrococci تحلل البروتين بدرجة كبيرة وتنتج بروتينيز خـارجي extracellular proteinases ، كما تحتـوي أيضـاً علـى بروتينـيز داخلـي intacellular proteinases .

تم دراسة نشاط البروتينيز فى مستخلص خـال مـن الخلايـا cell-free extracts لعدة أنواع من Micrococci ، ووجد أن بروتينيز جميع الأنواع يفضـل تحليل الـ β-casein ، كما يوجد أيضاً aminopeptidase ، iminopeptidase ، dipeptidase فى خلايا بعض السلالات .

- **Pediococci**

تنمو Pediococci فى جبن التشدر ، وفى بعض الحالات تكون سائدة فى NSB ، بينما فى حالات أخرى تكون قليلة العدد فى NSB . كما وجدت أيضاً هذه البكتريا فى بعض انواع من الجبن الإيطالية ، مثل الجرانا Grana ، وكذلك بعض أنواع من الجبن الطرية المرتفعة فى الملح ، مثل الدمياطي Domiati . عندما تكون هذه البكتريا أحد المكونات الهامة فى NSB فى الجبن ، فأنها تلعب دوراً مؤثراً فى تسوية وجودة الجبن الناتج ، كما قد تكون مفيدة فى الإسراع من تسوية جبن التشدر المنخفض فى نسبة الدهن . أشار البعض إلى أن *Pediococcus* spp. تكون ضعيفة فى تحليل البروتين والدهن ، قد وجد أن خلايا بعض سلالات Pediococci تحتوى على proteinase, dipeptidase, aminopeptidase ، حيث أن الإنزيم الأخير يحلل كل من α_{s}-,β-caseins . وقد أوضحت بعض الدراسات أن *Pediococcus* spp. قد يساهم فى تحلل البروتين فى جبن التشدر وغيرها من الجبن ، التى تسوى داخلياً بالبكتريا . بالرغم من أن هذه البكتريا ضعيفة فى تحلل الدهن لكنها على جانب كبير من الأهمية فى طعم الجبن ، ويرجع ذلك إلى مقدرتها على أكسدة اللاكتات إلى خلات واختزال الأسيتالدهيد والبروبيونللدهيد propionaldeyde إلى الكحولات المقابلة ، كما يمكن أن تنتج كميات قليلة من ثنائي الأسيتيل .

(iv) ميكروبات البادئات المساعدة

- **بكتريا حامض البروبيونيك Propoinic acid bacteria** : يعتبر *P.shermanii* مكون أساسي فى ميكروفلورا أنواع الجبن السويسرية ، ويقوم أساساً فى هذه الجبن بتمثيل اللاكتات إلى بروبيونات وخلات و CO_2 ، حيث يكون الأخير مسئولاً عن تكوين العيون المرغوبة فى الجبن ، ومع ذلك ، فإن بكتريا حامض البروبيونيك تساهم أيضاً فى تحليل البروتين . تحتوي جبن الأمينتال على تركيز مرتفع من البرولين proline عن غيرها من أنواع الجبن الأخرى ، ويساهم هذا الحامض الأميني فى المذاق الحلو sweet taste لجبن

الأمينتال . وقد تم التوصل إلى أن بكتريا حامض البروبيونيك هي المسئول الرئيسي عن إنتاج البرولين.

وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن *P.shermanii* تستطيع أن تنتج كميات كبيرة من البرولين من الكازين المتحلل casein hydrolysates ، ولكن بكمية قليلة من الكازين غير المتحلل ، كما أن هذا الميكروب يستطيع أن يخلق البرولين . تختلف قدرة بكتريا حامض البروبيونيك فى إنتاج البرولين اختلافاً كبيراً بين أنواع وسلالات النوع الواحد.

بكتريا حامض البروبيونيك لها قدرة ضعيفة جداً على تحليل البروتين ، وقد يحتوى جدار وغشاء الخلية وكذلك بعض شقوق الخلية على عدة إنزيمات peptidases التى تكون نشطة على نطاق واسع من الببتيدات.

- ***Brevibacterium linens*** : وهو مكون رئيسي فى طبقة الميكروبات السطحية smear فى الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا ، وبدرجة أقل فى الجبن التقليدية التى تسوي سطحياً بالفطر . دور *Br.linens* فى تسوية الجبن غير معروف تماماً ، لكن بالتأكيد يقوم بمساهمة رئيسية فى عملية التسوية . هذا الميكروب يحتوي على نظام نشط لتحليل البروتين ، وخاصة بالنسبة لنشاط إنزيم peptidase . معظم نشاط هذا الميكروب فى تحليل البروتين غالباً ما يكون خارج الخلية ، ويكون عادة أفضل ما يمكن عند pH ٧,٢ ودرجة حرارة ٣٨°م ، ويكون بدرجة أكبر على الكازين عنه على بروتين الشرش ، كما يمكنه تحليل α_s-casein بدرجة أسرع من β-casein . *Br.linens* يكون نشطاً فى تحليل الأحماض الأمينية مع إنتاج أمينات amines ، أحماض طيارة volatile ، CO_2 , NH_3 . بعض هذه النواتج يكون لها تأثير كبير على طعم ونكهة الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا (smear) .
- ***Penicillium roqueforti & P.caseicolum*** : يحتوى كل من هذين الفطرين على أنظمة قوية لتحليل البروتين ، كما تفرز إنزيمات metalloproteinases حامضي ، متعادل وكذلك عدة إنزيمات من carboxypiptidases, aminopeptidases . كما أن الميسليوم يحتوي على إنزيمات بروتينيز وببتديز داخلي التى تنطلق عندما يموت الفطر ويتحلل .

تقوم المواد المجبنة بالمراحل الأولى من تحليل البروتين فى الجبن المعرقة بالفطر مع تحليل سريع لـ α_{s1}-casein ، كما يعتقد أن البلازمين وبروتينيز البادئ تساهم أيضاً . بعد نمو الفطر وتكوين الجراثيم ، تسيطر إنزيمات الفطر على تحلل البروتين فى هذه الجبن التى يحدث فيها تحلل البروتين بدرجة كبيرة جداً .

كما يحدث تحلل البروتين بدرجة شاملة فى الجبن المسواه سطحياً بالفطر ، ومن المعتقد أن البروتينيز الخارجي الذى يفرز بواسطة *P.caseicolum* يكون مسئولاً عن هذا التحلل ، لكن هذه الإنزيمات تتحلل إلى مسافات صغيرة فقط من السطح . يرجع معظم تحلل البروتين داخل الجبن إلى المواد المجبنة ، وغالباً ما يكون بمساهمة من البلازمين وخاصة عندما يرتفع pH خلال التسوية . ومع ذلك ، فإن الببتيدات الناتجة بفعل بروتينيز الفطر أمكن التعرف عليها فى مركز جبن الكممبير، ويعتقد أنها تكونت عند السطح ومنها تخللت إلى داخل الجبن . يلاحظ ارتفاع pH من السطح إلى مركز الجبن نتيجة تأثير الفطر .

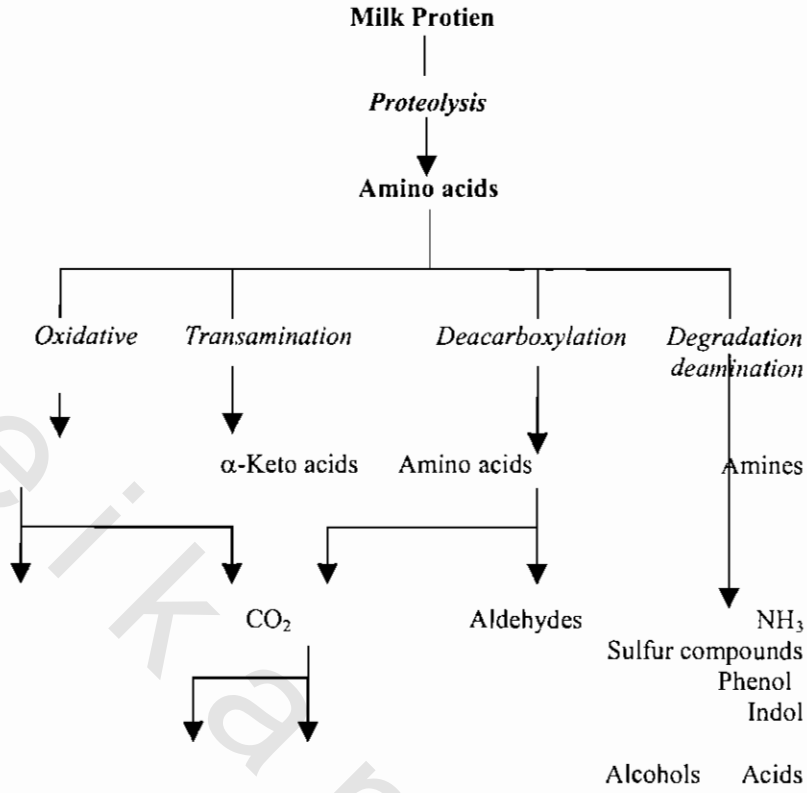
قد يلعب تمثيل الأحماض الأمينية الحرة دوراً هاماً فى تسوية معظم أنواع الجبن ، خاصة الجبن المسواه سطحياً بالفطر أو البكتريا . النواتج الرئيسية التى قد تنشأ من تمثيل الأحماض الأمينية هي :

١- الأمينات amines نتيجة نزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylation .

٢- الأمونيا ، الأحماض الكيتونية keto-acids ، الكربونيل carbonyls والكحولات الناتجة من نزع مجموعة الأمين deamination .

٣- أحماض أمينية اخرى ، الناتجة من نقل مجموعة الأمين transamination .

٤- thioesters, methanethiol, $(CH_3)_2S$, H_2S وغيرها من مركبات الكبريت ، التى تنشأ من نزع الكبريت desulphurylation و demethiolation . كثير من نواتج هذه التفاعلات تكون مهمة فى تغيرات pH ، NH_3 والطعم (خاصة الكربونيل والكحولات ومركبات الكبريت) والنواحي الغذائية والسمية toxicological nutritional aspects (مثل الأمينات الحيوية biogenic amines).



شكل (٢-٤) : تمثيل الأحماض الأمينية فى الجبن

ثانياً : تمثيل الأحماض الأمينية

تقوم كثير من الميكروبات بتمثيل الأحماض الأمينية فى المراحل المتأخرة من التسوية (شكل ٢-٤) ، مع إنتاج كميات مختلفة تساهم فى طعم الجبن بدرجات متباينة. تمثيل الأحماض الأمينية بواسطة الفلورا السطحية يؤدي إلى إنتاج مكونات الطعم ومصادرها ، وتعتبر مرحلة هامة فى إكساب طعم ونكهة جبن الكممبير . فمثلاً تشارك NH_3 فى تكوين النكهة ، وتنتج من نزع مجموعة الأمين deamination من الأحماض الأمينية بواسطة الخمائر والفطريات الملوثة ، وخاصة من النوع *Geotrichium* . كذلك الجبن التى تنمو على سطحها *Br.linens* تكتسب نكهة الأمونيا القوية ، حيث أن هذا الميكروب يقوم بنزع مجموع الأمين من معظم الأحماض الأمينية بما فيها مجاميع الأمين فى السلاسل الجانبية .

صفات الطعم السائدة عامة فى عديد من الجبن المسواه سطحياً يعزى إلى 3-methyl-1-butanol ، phenylethanol و phenol ، نتيجة نشاط عديد من الميكروبات منها *Br.linens* ، وتحويلها الليوسين والفينيل آلانين والتيروسين إلى هذه المكونات ، على الترتيب .

تمثل مكونات الكبريت الطيارة مجموعة أخرى هامة فى طعم ونكهة الجبن الطرية ، فقد وجد ان *P.camemberti* يقوم بإنتاج H_2S ، dimethylsulphide وكذلك methanethiol من methionine ، كما أن *Br.linens* يستطيع أيضاً أن يقوم بهذا التفاعل . يبدو أن *Br.linens* يتعاون مع Microcoeci لإنتاج نوع من thioesters ، الذى يعتقد أن يكون على جانب كبير من الأهمية فى الجبن المسواه سطحياً بواسطة smear . تتميز مركبات الكبريت بطعم ثوم قوي garlic فى الجبن الزائدة التسوية .

مركبات الكبريت الطيارة المشتقة من النواتج النهائية لتحليل البروتين قد تساهم أيضاً فى طعم جبن التشدر والأنواع المشابهة ، بالرغم من أن الكميات المتكونة فى هذه الجبن أقل من الموجودة فى الجبن المسواه بالفطر أو الطبقة السطحية smear . فمثلاً يقدر methanethiol فى الجبن التشدر بالنانوجرام/جم ، لكن فى الجبن المعرقة بالفطر بالميكروجرام/جم ، عدم وجود هذا المركب فى الجبن يتواكب مع غياب الطعم المميزة للجبن.

البكتريا التى تقوم بإنتاج methanethiol (*Br.linens* ، ، بعض أنواع من corynforms وكذلك عديد من *Pseudomonas* اللبن الخام) نادراً ما توجد فى الجبن التشدر ، لذلك فإن التفاعل الإنزيمي لم يحدث بدرجة محسوسة فى الجبن . بالرغم من methanethiol يوجد فى الجبن المصنوعة بالبادئ ولا توجد فى الجبن المصنوعة بالتحميض الكيماوي ، فإن البادئات لا تنتج هذا المركب مباشرة . وقد لوحظ أن E_h فى جبن البادئ أقل كثيراً (-١٥٠ إلى -٢٠٠ mV) عن مثيله فى جبن التحميض الكيماوي (+٣٠٠ mV) ، لذلك يعتقد أن methanethiol يتكون بواسطة تفاعلات غير إنزيمية ، لكن يبقى ثابتاً فى E_h منخفض فى الجبن المصنوعة بالبادئ . وقد أشار البعض إلى أن تكوين هذا المركب مرتبط بإنتاج

H_2S وعادة يوجد هذا الغاز فى الجبن ، ويحتمل مساهمته فى الطعم ، ويلاحظ أن Lactobacilli ينتجه تحت ظروف حامضية ومصدر كربون محدود فى الجبن .

عدد من المركبات التى تنشأ من تحلل الأحماض الأمينية ، مثل NH_3 ، أمينات ، كيتونات ، ألدهيدات وأحماض دهنية طيارة ومركبات محتوية على كبريت ، تكون مركبات نكهة أو مصدر لمركبات النكهة فى الجبن . المسارات pathways الرئيسية فى تمثيل الأحماض الأمينية فى *Micrococcus* وبكتريا coryneform فى الجبن قد أشارت إلى وجود إنزيمات decarboxylases ، transminases ، deaminases أو إنزيمات أخرى التى تحلل السلاسل الجانبية ، جميع هذه الإنزيمات خلوية (داخلية) intracellular . إنزيمات decarboxylases تنتج CO_2 وأمينات . تحتوى Micrococci (*M.roscus* ، *M.luteus* ، *M.lacticum, M.lysodeikticus*) على إنزيمات decarboxylases التى تكون نشطة على الأرجنين ، الليسين lysine ، فينيل آلانين phenylalanine ، تيروسين tyrosine وتربتوفان tryptophan . يتميز *Staph.saprophyticus* بنشاط ضعيف فى نزع مجموعة الكربوكسيل من الفينيل آلانين مكوناً phcnylacetaldehyde ، phenylethanol ، التى تكون مكونات طعم هامة فى فى جبن الكممبير . تتكون الأمونيا من أحماض أمينية من خلال نزع مجموعة الآمين تحت ظروف مؤكسدة أو مختزلة ، وكذلك من تحليل أسبارجين asparagine ، جلوتامين glutamine وأرجنين بواسطة إنزيمات hydrolases . بعض سلالات من *Br.linens* تنتج كميات كبيرة من الأمونيا من السيرين serine بواسطة إنزيم serine dehydrolase.

١٤-٥-٣- تحلل الدهن

تحلل الدهن lipolysis من التفاعلات البيوكيماوية الهامة والتى تحدث خلال تسوية الجبن . فى معظم أنواع الجبن يحدث تحلل محدود نسبياً للدهن . يعتبر معظم المستهلكين أن جبن التشدر والأنواع الهولندية والسويسرية المحتوية على مستوى معتدل من الأحماض الدهنية الحرة جبن زنخ rancid . تختلف درجة تحلل الدهن باختلاف نوع الجبن ، فبينما لا تزيد درجة تحلل الدهن عن ٢ % من

الجليسريدات الثلاثية فى جبن ، مثل الجودا ، الجروييز أو التشدر ، بينما تكون عادة بين ٥ – ٢٠ % فى الجبن المعرقة بالفطر ، حيث يحدث تحلل للدهن بدرجة كبيرة دون ظهور طعم زنخ فى هذه الجبن . فى الجبن الزائدة التسوية ، قد تساهم الأحماض الدهنية إيجابياً فى الطعم عندما تتوازن مع نواتج تحلل البروتين وغيرها من التفاعلات ، ويستثنى من هذه القاعدة الجبن المعرقة بالفطر وبعض أنواع من الجبن الإيطالية ، مثل الرومانو والبرمسان.

أولاً : العوامل المحللة للدهن فى الجبن

يحتوى اللبن على إنزيم ليبيز lipoprotein lipase نشط جداً ، الذى يحلل دهن اللبن بدرجة كبيرة فى جبن اللبن الخام ، وقد يساهم لحد ما فى جبن اللبن المبستر ، خاصة إذا كان اللبن قد سخن لدرجات حرارة أقل من البسترة ، حيث أن التسخين إلى ٧٨°م لمدة ١٠ ثوان يكون ضرورياً لإتلافه . إنزيم ليبيز اللبن متخصص بدرجة عالية فى الأحماض الدهنية الموجودة على ذرة الكربون الثالثة من الجليسريد ، حيث أن معظم حامض البيوتريك فى دهن اللبن يرتبط مع الجليسرول ويكون إستر عند هذا الوضع ، وهذا يوضح التباين فى تركيز حامض البيوتريك الحر فى الجبن.

مستخلص المنفحة مرتفع الجودة لا يحتوي على أي نشاط لليبيز ، بعكس عجينة المنفحة rennet paste التى تستخدم فى صناعة بعض أنواع من الجبن الإيطالية ، حيث تحتوي على ليبيز قوي ، pregastric esterase (PGE) ، الذى يضاف فى بعض الدول للبن الجبن فى صورة نقية جزئياً . إنزيمات PGE متخصصة بدرجة عالية فى الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة المرتبطة فى صور جليسريدات عند ذرة الكربون الثالثة فى الجليسريد . ونظراً لأن الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة فى دهن اللبن يكثر وجوده عند هذا الوضع ، فإن تأثير PGE يؤدي إلى إنفراد تركيزات مرتفعة من الأحماض الدهنية قصيرة ومتوسطة السلسلة ، التى تكون مسئولة عن الطعم الحريف فى الجبن الإيطالية الجافة . يتوفر إنزيمات PGE من العجول والماعز والغنم على نطاق تجاري ، بالرغم من أن هذه الإنزيمات متشابه فى صفاتها بصفة عامة إلا أنه يوجد فروق دقيقة فى درجة تخصصها الذى يساعد على إنتاج جبن إيطالية ذات أطعمة متميزة مختلفة.

معظم إنزيمات الليبيز الأخرى غير صالحة لصناعة الجبن الإيطالية نظراً لأن تأثيرها غير مرغوب فى تحلل الدهن ونوعية الأحماض الدهنية المنفردة والتى قد تسبب بعض العيوب فى الطعم . وقد وجد أن الليبيز الناتج من *M.miehei* ، وربما من *P.roqueforti* يعطي نتائج مرضية وأن إضافة PGE إلى لبن جبن التشدر والفتا Feta والدمياطي والرأس والجبن المعرقة بالفطر وغيرها من الأنواع الأخرى تحسن من جودة هذه الجبن. بكتريا حامض اللاكتيك (*Lactococcus*, *Lactobacillus*) لها قدرة ضعيفة ، يمكن قياسها ، على تحلل الدهن.

تنتج *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* وكذلك *Lb.casei* كل من الليبيز والأستريز ، نشاط الإنزيم الأخير (أستريز) يكون أعلى من نشاط الليبيز فى جميع السلالات . تتميز Lactococci بنشاط ليبيز وأستريز أعلى من Lactobacilli ، الإنزيمات مرتبطة أساساً بغشاء الخلية وتنتج إنزيمات أكثر عندما تنمو الخلايا فى اللبن عنه فى بيئة سائلة broth .

أنواع Micrococci لها أهمية فى الجبن فقد تم تنقية إنزيمين من الليبيز ذات وزن جزيئي مختلف (٢٥ ، ٢٥٠ kDa) من السائل الرائق الخال من خلايا *M.freudenreichii* . هذه الإنزيمات تكون نشطة على الجليسريدات والأسترات طويلة وقصيرة السلسلة . بعض أنواع من Micrococci تحتوى على ١ – ٤ إنزيم أستريز ، هذه الإنزيمات تكون أكثر نشاطاً عند pH ٨,٠ ودرجة حرارة ٤٠°م ، ويمكن تثبيطها بدرجة كبيرة بواسطة NaCl وخاصة عند pH ٥,٠ . عموماً Staphylococci مثل *Staph.saprophyticus*, *Staph. xylosus* تكون أكثر قدرة على تحلل الدهن عن *Micrococcus* spp.

بكتريا Micrococci ليس لها القدرة على تحليل الدهن عندما تكون الخلايا كاملة ، لكن عندما تموت الخلايا وتتحلل ينطلق منها إنزيمات ليبيز خلوية (داخلية) تنتج أحماض دهنية طيارة . تعتبر البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophs التى تكون سائدة فى اللبن المبرد مصدراً هاماً لإنزيمات الليبيز القوية فى اللبن والجبن . عديد من هذه الإنزيمات مقاوم للحرارة ويمتز على سطح حبيبات الدهن لذلك فإنه يتركز فى الجبن ، ومن المحتمل أن يكون ليبيز هذه

المجموعة من البكتريا أكثر أهمية فى الجبن والزبد وأن إنزيماتها من البروتينيز التى تكون ذائبة فى الماء تفقد فى الشرش .

تعتبر Pediococci أيضاً من مجموعة NSB فى الجبن ويوجد بها نظام lipase-esterase system ولكن لا توجد دراسات كافية عنه فى هذا المجال.

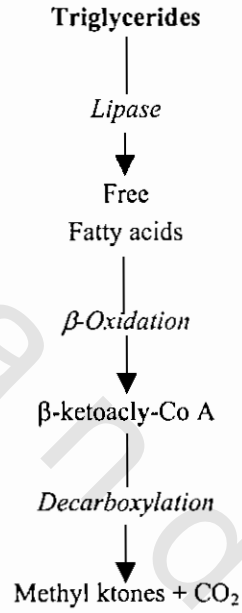
يحدث فى الجبن المسواه بالفطر ، وخاصة الجبن الركفور وأنواعها المختلفة Blue cheese ، تحلل الدهن بدرجة كبيرة ، حيث ينفرد حوالي ٢٥ % من الأحماض الدهنية الكلية فى بعض أنواع من الجبن المعرقة بالفطر . تأثير الأحماض الدهنية على الطعم فى هذه الجبن يكون أقل منها فى أنواع الجبن الإيطالية الجافة ، وقد يعزى ذلك إلى استهلاك جزء من هذه الأحماض فى معادلة الارتفاع فى pH وكذلك إلى سيادة الميثيل كيتونات methyl ketones على طعم الجبن المعرقة بالفطر. يرجع تحلل الدهن فى الجبن المسواه بالفطر أساساً إلى *P.roqueforti* أو *P.camemberti* ، كل منهما يفرز ليبيز خارجي خارج الخلايا نشط جداً . كما يبدو أن *P.camemberti* يفرز إنزيم ليبيز واحد فقط ذات درجة pH مثلى حوالي ٩ ودرجة حرارة مثلى حوالي ٣٥°م ، بينما *P.roqueforti* يفرز نوعين من إنزيم الليبيز ، درجة pH المثلى لأحدهما عند ٧,٥ – ٨ وقد يصل إلى ٩,٠ – ٩,٥ وللثاني يكون ٦,٠ – ٦,٥ ، أي أن أحدهما ليبيز حامضي والآخر ليبيز قلوي ولكل منهما له خاصية مختلفة .

ثانياً : تمثيل الأحماض الدهنية

يسود مركبات الميثيل كيتونات methyl ketones طعم ونكهة الجبن المعرقة بالفطر ، تحتوى على عدد ذرات كربون من ٣ – ١٧ ، وقد أمكن التعرف على بعضها فى الجبن . مركبات الميثيل كيتونات فى هذه الجبن هى 2-heptanone, 2-nonanone . معدل إنفراد الأحماض الدهنية بواسطة إنزيمات ليبيز *Penicillium* spp. يحدد معدل تكوين مركبات الميثيل كيتونات من الأحماض الدهنية بواسطة أكسدة جزئية بإتباع مسار β-oxidation ، الذى يحدث فى كل من الجراثيم والميسليوم . عموماً يحتوي كل من *P.roqueforti* ، *P.camemberti* ، *G.cadidium*, على نظام إنزيمي يسمح بتكوين مركبات ميثيل كيتونات من الأحماض الدهنية الحرة (FFA) من خلال مسار β-oxidation (شكل ٢–٥) ،

حيث يتم أكسدة FFA إلى β-ketoacyl-Co A ، الذى يتحـــول بفعـــل إنـــزيم thiolase إلى β-ketoacid ، الذى يفقد بسهولة مجموعة كربوكسيل بواسطة إنزيم β-ketoacyl-decarboxylase ليكون ميثيل كيتون يحتـــوي علـــى عـــدد ذرات كربون أقل ذرة واحدة عن الحامض الدهني الناتج منه .

هناك إرتباط موجب بين مستوى الأحماض الدهنية الحرة وكمية مركبـــات الميثيل كيتونات المتكونة ، الجبن الذى حدث به تحلل للدهن محدود لا يحتوي علـى نكهة قوية .



شكل (٢-٥) : تكوين مركبات الميثيل كيتونات من الأحماض الدهنية.

الفطر الأبيض السطحي *P.camemberti* فى جبن البراى Brie والكممـــبير Camembert ينتج أيضاً أحماض دهنية حرة ويؤكســـدها إلى مركبـــات ميثيـــل كيتونات التى تكون أساسية لتكوين الطعم المتوازن فى هذه الأنواع من الجـــبن . النشاط التأكسدي متباين والنواتج الرئيسية هي2-undecanone, 2-nonanone .

ميكروبات الطبقة السطحية smear على الجبن النصف طرية تشمل الخمائر، Micrococci مع أو بدون *Br.linens* تكون قادرة على تحليل الدهن وتســـاهم فى

تكوين الطعم. كثير من الجبن الجافة ونصف الجافة المسواه تعتمد على محتواها من بكتريا حامض اللاكتيك فى تكوين الطعم ، هذه البكتريا قد تكون قادرة على تحليل الدهن بدرجة محدودة . قد يرجع جزء من صفات هذه الأنواع من الجبن إلى التركيزات المنخفضة من الأحماض الدهنية الحرة الطيارة (٥ – ١٠ ميكروجرام/جم جبن) ، فمثلاً تزداد كمية هذه الأحماض بدون حامض الخليك أثناء تسوية جبن التشدر ويرجع ذلك إلى النشاط الضعيف لإنزيم الأستريز esterase والليبيز lipase الناتج من ميكروبات اللبن وبادئ Lactococci .

١٥- طعم ونكهة الجبن

تكوين الطعم والنكهة فى الجبن عملية بالغة التعقيد ، حيث أن عدد كبير من مركبات الطعم تتكون أثناء التسوية ، بالإضافة إلى عدة مكونات فى المواد الخام تساهم فى ظهور الطعم فى الجبن . يمكن تقسيم مركبات نكهة الجبن aroma إلى مجموعتين :

أ- مجموعة غير طيارة non-volatile ، تكون مسئولة بصفة رئيسية عن مذاق الجبن taste ، مثل حامض اللاكتيك ، أحماض أمينية ، أحماض غير طيارة ، كحولات أمينات ، أملاح معدنية ، NaCl .

ب- مجموعة طيارة volatile ، تعتبر الشق المهم فى نكهة الجبن ويشمل أحماض ، ألدهيدات ، كيتونات ، كحولات ، أمينات ، أسترات ، H_2S ، NH_3 ، sulphides .

هذا التقسيم يعطي صورة عامة عن طبيعة مذاق ونكهة الجبن ، التى تكون الطعم فى الناتج النهائي . بعض هذه المركبات بالرغم من وجودها فى الجبن بكميات ضئيلة يصعب تقديرها ، إلا أنها على درجة كبيرة من الأهمية فى تكوين طعم الجبن .

الهدف من صناعة الجبن هو إنتاج ناتج يحتوي على الطعم والنكهة والتركيب البنائي للنوع المراد إنتاجه وخال من العيوب فى أقل وقت ممكن . التغيرات فى التركيب البنائي عملية معقدة جداً ، وقد تكون أكثر تعقيداً عن غيرها من التغيرات مثل الطعم والنكهة . يتحدد التركيب البنائي للجبن بداية من

تركيب لبن الجبن ، خاصة نسبة الدهن : الكازين ، بواسطة عملية التصنيع التى تنظم معدل طرد الشرش ، وبالتالي محتوى الجبن من الرطوبة ومعدل زيادة الحموضة ، الذى ينظم درجة نزع المعادن من الخثرة demineralization ، التى بدورها يكون لها تأثير رئيسي على التركيب البنائي فى الجبن . يتغير التركيب البنائي للجبن أثناء التسوية ، نتيجة تحلل البروتين خاصة α_{s1}-casein بواسطة المنفحة وانخفاض النشاط المائي (a_w) ، نتيجة لأنفراد المجاميع الأيونية المرتبطة بالماء، وإعادة توزيع الملح وفقد الماء بالتبخير ، وإلى التغيرات فى pH نتيجة تحلل البروتين وتحلل حامض اللاكتيك ، الذى يكون واضحاً فى الجبن التى تسوي سطحياً بالفطر.

بدون شك ، فإن نكهة وطعم الجبن تتأثر بالتركيب البنائي للخثرة ، فمثلاً الإدراك الحسي للمستهلك وإنفراد مركبات النكهة التى تعطي الأحساس بالطعم الجيد ، ينشأ أثناء مضغ قطعة الجبن . يلعب الدهن فى الجبن عدة أدوار فى تحديد جودة الجبن ، نتيجة التأثير المباشر على التركيب البنائي للجبن ، كما أنه يعمل كمصدر لمركبات النكهة ومركبات الإحساس بالطعم الجيد sapid أثناء المضغ ، ويعمل كمذيب لهذه المكونات التى تتكون من ليبيدات الجبن وغيرها من المصادر.

طرق التحليل المختلفة مثل GC وكذلك mass spectroscopy ساعدت على اكتشاف مئات من المركبات التى تستطيع أن تساهم فى طعم ونكهة الجبن . معظم هذه المركبات توجد فى تركيزات منخفضة جداً ، وكثير منها أقل من الحد المطلوب للطعم ولكن ما زالت تؤثر على جودة الجبن . وفى البداية ، كان يعتقد أن مركب واحد أو قسم من المركبات تكون مسئولة عن الطعم فى الجبن ، ولكن ما لبث بعد ذلك أن أتضح عدم دقة هذا الاعتقاد ، وانتهى الأمر إلى افتراض أن طعم الجبن عبارة عن اتزان مقبول لمخلوط من المركبات ، وتعرف هذه النظرية بأسم نظرية إتزان المركبات component balance theory ، التى أصبحت مقبولة بدرجة واسعة . وأصبحت المشكلة تتركز فى تحديد المركبات الأساسية المسئولة عن طعم ونكهة الجبن .

١٦- عوامل الحفظ preservative factors فى الجبن

تختلف قوة حفظ الجبن اختلافاً كبيراً طبقاً لنوع الجبن وصفاته الكيماوية والميكروبيولوجية ، حيث يمكن حفظ هذه الجبن صالحة للأستهلاك الآدمى من عدة أيام إلى عدة سنوات . لذلك فإن صناعة الجبن تعتبر أساسا وسيلة لحفظ مكونات الجبن ، حيث بركز الدهن والكازين إلى ٦-١٢ ضعفا ، طبقا لنوع الجبن ،نتيجة لتجبن الكازين إنزيمياً أو حامضياً وانكماش الخثرة وطرد الشرش عن طريق تنظيم وتداخل بعض العوامل ، مثل الوقت ودرجة الحرارة ، التقليب والكبس . عند نهاية عملية التصنيع ،فإن جميع جبن التجبن الإنزيمى متشابه بدرجة كبيرة فى شبكة كازينات الكالسيوم ، التى ينتشر فيها الدهن مع محتوى الرطوبة يتراوح بين ٣٥- ٥٠ % ، طبقا لدرجة حرارة السمط المستخدمة فى صناعة الجبن.

يتوقف مدة حفظ الجبن على كمية الماء المتاحة لنمو الميكروبات . ارتفاع محتوى الجبن من الرطوبة يجعل الجبن أكثر عرضة لحدوث الفساد ، الجبن الطرى (مثل البراى واللامبرجر) أكثر عرضة للفساد بالفطريات وغيرها من الميكروبات ، بينما الجبن الجافة (مثل الجبن السويسرية والتشدر) أقل عرضة للفساد . الطبقة القشرية على سطح الجبن الطبيعية تساعد على منع حدوث الفساد ونتيجة لتوفر ظروف لا هوائية داخل هذه الجبن ، ولكن ما يزال محتوى الرطوبة كافيا للسماح لنمو الفطريات . وقد وجد أن النشاط المائى (a_w) يتناسب بطريقة مباشرة مع محتوى الرطوبة فى الجبن وبطريقة عكسية مع تركيز الملح وغيرها من الجزئيات المنخفضة. تلعب a_w فى صناعة وتسوية الجبن دورا هاما فى البداية ودورا أساسياً فى النهاية .المادة الخامة سريعة الفساد (اللبن يحتوى على ميكروبات طبيعية ، a_w مرتفع، pH قريب من التعادل ، E_h مرتفع نسبياً) عادة يحفظ عند درجة حرارة منخفضة ، يسخن إلى درجة حرارة البسترة للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة الموجودة فى اللبن وخاصة المرضية غير المتجرثمة ، ويلقح بميكروبات تنافسية (بكتريا حامض اللاكتيك) لتحدث تغيرات خاصة من خلال التنافس ، أنخفاض فى E_h, pH للسيطرة على نمو الميكروبات المتبقية غير المرغوبة (المسببة للفساد) ثم تنخفض بعد ذلك a_w نتيجة طرد الشرش من خلال إنكماش وكبس الخثرة ، تمليح

الخثرة وتجفيف وتسوية الجبن عند درجات حرارة منخفضة إلى أن يصبح a_w منخفضاً بدرجة كافية تزيد من حفظ الجبن تحت الظروف العادية (غير المبردة).

هناك علاقة عكسية بين محتوى الرطوبة فى الجبن وقوة حفظ الجبن ، كلما كان محتوى الجبن من الرطوبة منخفضا طالت فترة صلاحية الجبن . الجبن شديدة الجفاف (مثل البرمسان) تكون فترة صلاحيتها أطول من الجبن الجافة (مثل التشدر وأنواع الجبن السويسرية) التى تتميز بقترة صلاحية أطول عن الجبن النصف جافة والنصف طرية (مثل الأيدام والجودا والجبن المعرقة بالفطر) والجبن الطرية المسواه (الكممبر والبراى) أو التى تستهلك طازجة أى غير المسواه (القريش ، الكوارج و Cottage) . يتم تسوية الجبن الجافة المحتوية على رطوبة منخفضة وحموضة مرتفعة ببطء ، وقد تحفظ لفترات طويلة ، بينما تحفظ الجبن النصف جافة والنصف طرية لعدة شهور ، الجبن الطرية المسواه لعدة أسابيع ، بينما تحفظ الجبن الطرية غير المسواه والمحتوية على رطوبة مرتفعة لعدة أيام فقط دون حفظها فى الثلاجة . تشمل عوامل الحفظ الأخرى التى تحدد قوة حفظ (فترة صلاحية) الجبن محتواها من اللاكتوز والأكسجين والملح ، بالإضافة إلى pH ودرجة حرارة التخزين.

فى الجبن المسواه ، يستخدم بكتريا البادئ اللاكتوز ، حيث لا يتبقى لاكتوز متاح بدرجة كافية لميكروبات الفساد التى قد تكون موجودة ، مما يحد من فساد الجبن المسواه بواسطة الميكروبات التى تتمكن من أكسدة اللاكتات أو تستخدم نواتج تحلل البروتين . تشمل هذه الميكروبات الخمائر السطحية film yeasts ، الفطريات وبعض البكتريا المتجرثمة اللاهوائية مثل *Clostridium tyrobutyricum* .

تحد الظروف اللاهوائية السائدة داخل الجبن من نشاط الخمائر السطحية والفطريات ويقتصر نموها ونشاطها على السطح فقط . يمكن التغلب فقط على نمو هذه الميكروبات وذلك بتنظيف السطح (مثل جبن الأمينتال والجرويير) أو بتعبئة الجبن فى أغشية (مثل التشدر) أو بتغطية الجبن بشمع البرافين (مثل الأيدام) أو زيت نباتى (مثل البرمسان). فى حالة الجبن المسواه سطحيا ، فأنه من الضرورى

تثبيط نمو الميكروبات غير المرغوبة مثل الخمائر والفطريات (مثل *Mucor* spp) فى غرف التسوية .

مهما كانت طريقة التمليح أو كمية الملح المضافة ، فإن التأثير الحافظ preservative effect يعتمد على تركيز NaCl فى الوسط المائى فى الجبن water phase (رطوبة الجبن) ، لذا فإن الجبن الجاف الذى يحتوى على ١,٦% ملح ورطوبة ٣٦ % ، يكون تركيز المحلول المحلى الحقيقى فى هذه الجبن ٤,٤% (١,٦/٣٦ × ١٠٠) والذى يعتبر كافيا لمنع نمو البكتريا المسببة للفساد المحتمل وجودها.

يبلغ قيم pH معظم الجبن ٥,٣ ، فى كثير من أنواع الجبن يصل إلى ٤,٥ . لا تمنع الحموضة نمو الخمائر السطحية والفطريات ، لكنها تثبط نمو البكتريا المسببة للفساد داخل الجبن ، خاصة إذا كانت مصحوبة بمحتوى رطوبة منخفضة، غياب الأكسجين وارتفاع تركيز الملح . استخدام عاملين أو أكثر من هذه العوامل الحافظة تكون فعالة فى منع الفساد بواسطة الميكروبات عند المستويات الطبيعية والمنخفضة من التلوث. ومع ذلك ، فإن المستويات المرتفعة من التلوث قد تؤدى إلى فساد خطير حتى عند التركيزات المرغوبة من الرطوبة والملح والحموضة.

إضافة أملاح النترات و NaCl إلى اللبن مباشرة أو الخثرة عبارة عن وقاية كيماوية chemical control لتثبيط الميكروبات المكونة للغازات أو المنتجة للحموضة ، على التوالى . استخدام أتزان النترات/ النيتريت فى الجبن المنخفضة الحموضة (مثل الجودا والأيدام) لتثبيط الميكروبات المنتجة للغازات تؤثر على جهد الأكسدة والأختزال (E_h) فى الخثرة .

الإضافات الكيماوية المختلفة الشائعة الاستخدام فى صناعة الجبن (مثل $NaCl, CaCl_2, H_2O_2$ ، حامض السوربيك ، حامض البروبيونيك وغيرها من الأحماض ، النترات والنيتريت ...) قد تغير من العوامل الطبيعية (E_h , pH, a_w) من خلال التفاعلات ، بالرغم من أن بعضها أيضا يحدث تأثيرات معينة على بعض الميكروبات. لهذا فإن H_2O_2 يزيد E_h ويحفظ اللبن الخام، إضافة CO_2 إلى اللبن الخام والذى يخفض pH اللبن يحد من نمو البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophs كما يؤثر على مزارع البادئات وتكوين العيون فى الجبن بواسطة

البكتريا المنتجة للنكهة ، $CaCl_2$ يحسن من قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وانكماش الخثرة وطرد الشرش منها syneresis ويخفض من a_w ويؤثر أيضا على نمو بكتريا البادئ والبكتريا التى لا تنتمى للبادئ ، ونشاط إنزيمات اللبن الطبيعية والإنزيمات المجبنة والمبكروبية ، وجميع هذه الإنزيمات بدورها تؤثر على تسوية الجبن والتركيب الكيماوى، وجودة وقوة حفظ وسلامة الجبن . حامض السوربيك وأملاحه من الكالسيوم ، الصوديوم والبوتاسيوم تكون فعالة جدا فى منع نمو الخمائر السطحية والفطريات وإنتاج السموم الفطرية mycotoxins. السوربات والبروبيونات والمواد الحامضية acidutants (أحماض السوربيك ،الخليك ، اللاكتيك والستريك) بالإضافة إلى خفض pH فإنها تؤثر على مقاومة *Listeria monocytogenes* فى الجبن ، النترات والنيتريت (الذى يعتمد نشاطه المثبط للميكروبات على pH، E_h ، a_w مثل تأثير NaCl) يثبط نمو *Clostridium* spp. ، وبالتالى يمنع إنتاج الغاز المتأخر فى الجبن late blowing ، وهذه بعض أمثلة لتفاعلات العوامل الكيماوية والطبيعية والبيولوجية .

١٧- فساد الجبن

١٧-١- نمو الفطريات Mold growth

تستخدم أنواع معنية من الفطريات بصفة أساسية فى تسوية أنواع معنية من الجبن ، لكن نمو الفطريات فى معظم أنواع الجبن غير مرغوب فيه . يؤدى نمو الفطريات إلى فساد المظهر appearance ويعطى نكهة تعفنيه وقد ينتج سموما فطرية mycotoxins. معظم أنواع الفطريات الشائعة فى غرف التسوية تشمل أنواع *Aspergillus, Monilia Caldosporium , Penicillium Alternaria*، بالإضافة إلى تعرض الجبن الطرية المرتفعة الرطوبة ، مثل جبن القريش و Cottage وجبن القشدة للإصابة بأنواع *Geotrichum*. تنمو الفطريات والخمائر على حوائط وأرفف غرف التسوية ، الالتزام بالتنظيف الجيد يعتبر عاملا هاما فى الحد من نمو هذه الفطريات .

وقد أجريت محاولات للحد من نمو الفطريات على سطح الجبن وذلك بمعاملة مواد التغليف والتعبئة بمبيدات فطرية أو مواد تمنع من نمو الفطريات .

كذلك طلاء غرف التسوية بأنواع خاصة من البويات المضادة للفطريات مع ضرورة العناية بنظافة وتطهير أرفف ومعدات غرف التسوية باستخدام محلول ١٠ % فورمالين ، أو محلول ٥٠٠ جزء فى المليون من مركبات الأمونيوم الرباعية أو هيبوكلوريت الصوديوم تساعد على الحد من المشاكل الناجمة عن نمو الفطريات فى الجبن .

حامض السوربيك وأملاحه من الكالسيوم ، الصوديوم والبوتاسيوم لها تأثير فعال بدرجة كبيرة فى منع نمو الخمائر والفطريات . لذلك فإن حامض السوربيك قد يستخدم فى معاملة أسطح الجبن الجافة لمنع نمو الفطريات أثناء التسوية والتخزين وبالتالي يحافظ على جودة الجبن . ترجع أهمية هذه المواد للحفظ إلى أنها تمنع أيضا نمو الفطريات القادرة على إنتاج الأفلاتوكسين ، فمثلا تركيز سوربات ٢٠٠-٤٠٠ جزء فى المليون يمنع أو يثبط الفطريات المنتجة للأفلاتوكسينات . كما أن السوربات تقلل بدرجة كبيرة أو تمنع إنتاج الباتيولين patulin بواسطة *Penicilium.patulum*.

يستخدم الجسم حامض السوربيك مثل أى حامض دهنى موجود فى الغذاء ، حيث يتم تمثيلة مثل الأحماض الدهنية الأخرى المحتوية على عدد مماثل من ذرات الكربون ، مثل الكابرويك caproic . حيوانات التجارب التى غذيت على عليقه تحتوى على ٥ % حامض السوربيك لم يظهر عليها أى أعراض مرضية. استخدام حامض السوربيك وأملاحه مسموح به فى عدد من الدول فى معاملة بعض الأغذية ، خاصة الجبن . حامض السوربيك أحد المواد الحافظة الشائعة الاستخدام نظرا لأنه غير سام وفى نفس الوقت له تأثير قوى فى الحفظ .

ناتاميسين natamycin ويعرف بالـ " pimaricin " مضاد حيوى ينتج بواسطة *Streptomyces natalensis* ، وهو مثل حامض السوربيك يثبط من نمو الفطريات والخمائر ولكن له تأثير ضعيف على البكتريا . فطر *Aspregillus flavus* بصفة خاصة حساس جدا للناتاميسين .

يستخدم الناتاميسين مثل حامض السوربيك فى معالجة أسطح الجبن . يبقى الناتاميسين على سطح الجبن لفترة طويلة نسبيا ، بينما ينتقل السوربات من سطح الجبن إلى داخل الجبن ، وفى حالة الناتاميسين فإنه ينتقل لمسافة لا تزيد عن

٢ مللم من القشرة السطحية .ينصح عادة باستخدام الناتاميسين على سطح الجبن بتركيزات ١٠٠٠ جزء فى المليون ، مما يؤدى إلى وجود ٥ جزء فى المليون على سطح الجبن للحد من نمو الفطريات والخمائر.

نظرا لأن العمق الذى ينفذ إليه الناتاميسين محدود جدا ، فإن الجبن المعاملة بالناتاميسين تكون مقاومة للإصابة بالفطريات لمدة حوالى ٨ أسابيع ، كما أنه يمنع تكوين الأفلاتوكسين . عند تسويق الجبن للاستهلاك فإن مستوى الناتاميسين يجب ألا يتجاوز ٢ ملليجم / dm^2 من سطح الجبن وأن العمق الذى ينفذ إليه داخل الجبن يجب ألا يتجاوز ٥ مللم . بالرغم من أن الناتاميسين يستخدم منذ عدة سنوات فإن الفطريات والخمائر لم تكّون أى مقاومة ضد هذا المضاد الحيوى . هذا المضاد الحيوى ليس له أى تأثيرات فسيولوجية وغير سام ، كما أنه لم يتسبب فى ظهور أى أعراض حساسية عند استخدامه ، الكمية المقبولة للاستهلاك من الناتاميسين هى ٠,٢٥ ملليجم / كجم من وزن الجسم يومياً .

الفساد بالفطريات قد يكون مشكلة رئيسية خاصة فى الجبن المغلفة ، لذلك فإن الأمر يحتاج إلى اتخاذ احتياطات شديدة وصارمة فى مصانع التعبئة ، ويشمل ذلك تعقيم الهواء بالترشيح ، التطهير بالأشعة فوق البنفسجية للأسطح المتداولة واستخدام أغشية تعبئة معاملة بمواد مضادة للفطريات anti-mycotic ، إذا سمحت اللوائح بذلك . التوسع فى التعبئة تحت تفريغ vacuum والتعبئة فى جو معدل modified atmosphere تساعد فى التغلب على فساد الجبن بالفطريات. وجود نمو فطريات عند التعبئة قد يستمر بدرجة كافية ليسبب فساداً ظاهراً ، كما أن تنفيث leaking (عدم قفل العبوات بإحكام) العبوات تعتبر مشكلة مستمرة . وقد أقترح التشعيع بأشعة جاما Gamma-ray كوسيلة للسيطرة على هذه المشكلة.

تحدث الفساد بالفطريات نتيجة نمو الفطريات وغالبا ما تكون مصحوبة بالخمائر ، فى التعبئة باستخدام أفلام بلاستيكية قابلة للانكماش والطى fold، يؤدى ذلك إلى بقع أو خيوط سوداء ، بنية داكنة أو خضراء وتكون مصحوبة بانفصال شرش من الجبن عند التعبئة تحت تفريغ .أنواع *Penicillium,*

Cladosporium تكون أكثر شيوعاً ، لكن *Phoma* قد تساهم أيضا. أنواع *Candida* من الخمائر تكون أكثر شيوعا فى هذا المجال .

فساد الجبن بالفطريات بصورة شائعة يؤدى إلى احتمال إنتاج سموم فطرية mycotoxin . أظهرت الدراسات المسحية نتائج مختلفة ، وقد أشارت هذه الدراسات إلى أن حوالى ٢٠% من فطريات الفساد الشائعة من *Aspergillus* ، *Penicillum* تنتج نواتج تمثيل سامة .

١٧-١-١- السموم الفطرية فى الجبن

نظرا لأن الفطريات وخاصة *Penicillium* تستخدم فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر وكذلك الجبن المسواة سطحيا بالفطر ، لذلك فإن السؤال المطروح هل يتكون سموم فطرية mycotoxins. المكونات التالية هى نواتج تمثيل متكونة من خلال نشاط *P.roqueforti* :

١- " Roquefortin" وهو عبارة عن قلويد alkaloid وهو ناتج تمثيل metabolite بواسطة *P.roqueforti* فى الجبن المعرقة بالفطر ، ويوجد بتركيزات ٠,٥-٦,٨ جزء فى المليون . هذه التركيزات منخفضة جدا ، بعيدة عن حدود السمية ، لذلك فإن تناول الجبن المعرقة بالفطر لا تسبب أى أضرارا صحية للمستهلك.

٢- سم PR " PR-toxin" الذى يتكون بواسطة عدد قليل من سلالات *P. roqueforti* وعلى البيئات الصناعية فقط . يعتبر الجبن بيئة غير مناسبة لتكوين هذه السموم ، بالإضافة إلى ذلك فإن PR-toxin غير ثابت . إذا وجدت فى الجبن فإنها تتفاعل مع مجاميع الأمين وتتحول بسرعة جدا إلى مكونات غير سامة ، لذلك فإن هذا السم لا يوجد فى الجبن ، حتى فى الجبن التى تصنع بسلالات تنتج هذه السموم.

وقد وجد أن *P.roqueforti* المعزول من جبن معرقة بالفطر أسبانية (Cabrales) يمكن أن ينتج ١,٦-١,٩ ملليجم / ١٠٠مل PR-toxin، ٠,٩-٠,١٨ ملليجم /١٠٠ مل من roquefortin .

٣- الباتيولين patulin وهو ناتج سام من الفطر ويعتبر مادة مسرطنة carcinogenic حيث يسبب سرطانات فى الكبد والقناة الهضمية للفئران ، ولا

ينتج بواسطة سلالات من *P.roqueforti* المستخدمة فى صناعة الجبن . تكوين الباتيولين فى الجبن يمكن تثبيطه بدرجة كبيرة بالتفاعل مع مجاميع السلفادريل sulphydryl groups حيث تختفى هذه المادة بسرعة من الجبن حتى إذا كانت موجودة فى البداية . لم يتمكن من الكشف عن هذا السم فى الجبن Tilsiter التى تم حقنها فعلا بالفطريات المنتجة للباتيولين.

٤- *P.orqueforti* يكون قادرا على تكوين حامض الفينوليك الفطرى mycophenolic acid (٠,١-١٥ ملليجم /كجم) وكذلك حمض البنسليك penicillic acid.

لا يوجد فى مزارع *P.camemberti, P.caseicolum* أى سموم فطرية mycotoxins . حامض سيكلوبيازونيك cyclopiazonic acid الذى يتكون بواسطة بعض سلالات من *P.camemberti* والذى قد يوجد فى بعض أنواع من الجبن المسواة سطحيا بالفطر الأبيض (أساسا فى قشرة الجبن rind) ليس لدية القدرة على إحداث تغيرات طفرية .

عندما تغذى الحيوانات على مزارع الفطر المستخدمة فى صناعة الجبن ، أو عندما تحقن هذه الحيوانات بالمستخلص الخام لهذه الفطريات ، لم يلاحظ أى تأثير ضار. وعند أخذ جميع النتائج فى الاعتبار عن النشاط البيولوجى لسموم الفطريات ، التى توجد طبيعيا فى الجبن المسواة بالفطر ، فإنه يستبعد حدوث أضرارا صحية للإنسان حتى عند تناول كميات كبيرة من الجبن . وهناك بعض الاهتمام فيما يتعلق بإنتاج السم بواسطة سلالات من *Penicillun* المستعملة فى تلقيح الجبن المسواة بالفطر ، فقد أوضحت الأبحاث أن استخدام *P.roqueforti, P.camemberti* فى تصنيع الجبن المسواه بالفطر أدت إلى إنتاج جبن خالية من الأفلاتوكسين أو حامض البنسيليك أو الباتيولين فى الجبن ، عند عزل الباتيولين أو حامض البنسيليك أو سموم (PR) من مزارع *P.roqueforti* فإن هذه السموم قد وجدت فقط عند استعمال بيئة خميرة السكروز فى المعمل ، لم يكتشف سموم (PR) فى ١٣ نوع من الجبن المعرقة بالفطر المصنوع باستخدام *P.roqueforti* ومع ذلك فإن آثار من روكوفورتين أو حامض سيكلوبيازونك قد وجدت فى الجبن المعرقة بالفطر.

وقد وجد أنه من بين ٢٢ نوع من *Aspergillus*، نوع واحد قادر على إنتاج أفلاتوكسين aflatoxins بعد النمو المباشر على نوع جبن يونانى "Teleme" . تحت ظروف خاصة وجد أن فطر *Aspergillus versicolor* ، الذى ينتمى للفلورا الملوثة لجبن الجودا ، يمكن أن ينتج السم الفطرى ستريجماتوسستين sterigmatocystin، ويمكن تجنب نمو هذا الفطر على الجبن بوسائل تكنولوجية . قد يتكون حامض البنزويك أيضا نتيجة نشاط ميكروبى . تحتوى جبن التشدر وجبن Quarg على ٢٠-٢٥ ملليجم حامض بنزويك /كجم ، وجبن الجودا وجبن Cottage والجبن المطبوخ على حوالى ١٠ ملليجم / كجم ، جبن الكممبير والأيدام على حوالى ٧ ملليجم /كجم ، وتحتوى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese على آثار من حامض البنزويك . يحدث انتقال حامض البنزويك والهيبوريك benzoic & hippuric acids اللذان يوجدان طبيعيا فى اللبن إلى الجبن فقط عند مستوى أقل من ١٠% .

تنتج بعض الفطريات مثل *A.flavus, A.parasiticus* سموم تعرف بالأفلاتوكسينات aflatoxins ، قد تسبب سرطان الكبد ، وخاصة أفلاتوكسين B_1. إذا تناولت ماشية اللبن عليقة ملوثة بالأفلاتوكسين B_1 (الأكثر انتشاراً فى العلائق) يتحول هذا التوكسين إلى مشتق M_1 (يسبب السرطان) الذى ينتقل إلى اللبن . عند استعمال مثل هذا اللبن فى صناعة الجبن فإن الأفلاتوكسين M_1 يحتجز فى الجبن . وقد وجد أن ٤٧% من التوكسين فى اللبن يبقى فى جبن التشدر ، فى حين يبقى ٥٠% فى جبن الكممبير و ٤٥% فى الشرش ، وأن الكمية الموجودة فى الجبن لم تنخفض حتى بعد مضى ٤٠ يوما من التخزين ، بينما لا يوجد نقص فى جبن الجودا حتى بعد مضى ٦ شهور من التسوية ، وبالتالى فإن الأفلاتوكسين ثابت فى الجبن ولا يتعرض لأى تلف أثناء التخزين . وقد وجد أفلاتوكسين M_1 فى ١٧,٥% من أنواع الجبن عند مستويات تتراوح ما بين ٠,٠٢-١,٠٣ نانو جرام / جم . عموما يتوقع أن تحتوى الجبن على ما بين ٣,٥-٥ أضعاف كمية الأفلاتوكسين M_1 الموجود فى اللبن المستخدم فى صناعة الجبن .

تنتج *A.parasiticus, A. flavus* سموم فطرية فى جبن التشدر عند درجة حرارة الغرفة ،لكن ليس عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٤,٤-٧°م ، ويمكن أن

تنتج أيضا فى جبن تلست Tilsit أو إمينتال Emmental ولا ينتج فى جبن الكممبير . عموما ، فإن *A.flavus , A. parasiticus* لا ينتج أفلاتوكسينات عند درجة حرارة أقل من ١٠°م ، تنمو سلالات *Penicillium* المنتجة للباتيولين وحامض البنسيليك بكثافة على جبن التشدر والسويسرية والموزاريلا عند ٥، ١٢، ٢٥°م ، ومع ذلك لم يكتشف وجود سموم فطرية فى أى نوع من هذه الجبن ، ما عدا آثار من الباتيولين فى جبن التشدر التى حفظت عند ٢٥°م . عموما فإن الجبن بيئة غير جيدة لإنتاج السموم الفطرية ، حيث ينقصها التركيز المرتفع من الكربوهيدريت اللازم لإنتاج هذه السموم . كما أن الجبن تسوى عند درجات حرارة أقل من الحد الأدنى اللازم لإنتاج التوكسين .

١٧-٢- تكوين الغاز Gas formation

قد يحدث إنتاج غاز غير مرغوب فيه أثناء صناعة أو تسوية الجبن ، ويعتمد ذلك على أعداد وأنواع الميكروبات المكونة للغاز فى اللبن ، أو الملوثة للخثرة. قد يتكون فى اللبن الخام شديدة التلوث ببكتريا القولون coliforms كمية كبيرة من الغاز مما يؤدى إلى طفو الخثرة فى الحوض. هذا العيب نادر الحدوث فى مصانع الألبان الحديثة ، حيث يتم بسترة اللبن بكفاءة مع اتباع طرق تصنيع جيدة، لكن يحدث فى خثرة جبن Cottage خلال فترة التجبن البطئ long setting (٤-٥ ساعة عند ٣١-٣٢°م) إذا كانت بكتريا القولون coliforms موجودة ، ومن المحتمل أن يساهم Leuconostocs البادئ فى طفو الخثرة فى الحوض. عموما يحدث الانتفاخ المبكر early blowing فى الجبن خلال الأيام القليلة الأولى من التسوية . ينتج هذا الغاز بكتريا القولون coliforms ، وتعتبر أنواع *Aerobacter* أكثر نشاطاً من أنواع *Escherichia* . تتوقف درجة الفساد على بكتريا القولون ، نشاط بكتريا البادئ ، كمية اللاكتوز المتاحة ، ودرجة الحرارة التى يحفظ عندها الجبن . بكتريا القولون تكون قادرة على تحمل تركيز الملح والحامض فى معظم الجبن ، ولا يوقف نموها بكتريا البادئ ، وتخمر اللاكتوز بسهولة ، وتنمو جيدا عند درجة الحرارة المستعملة فى تصنيع معظم أنواع الجبن وخلال الأيام الأولى من التسوية خلال تكيف الجبن مع درجة حرارة التخزين . يمكن الحد من هذه

البكتريا بطريقة فعالة باستخدام لبن مرتفع الجودة الميكروبيولوجيـــة واســتخدام معاملات حرارية مناسبة .

قد يحدث الانتفاخ الميكر فى الجبن أيضا بواسطة الخمائر المخمرة للاكتوز lactose- fermenting yeasts ، التى تنتج أيضا طعم فاكـــهى fruity flavor . تخمر البكتريا المتجرثمة الهوائية (مثل *Bacillus subtilis*) اللاكتوز أيضا وتنتج H_2, CO_2 وحامض الخليك وكحول الأيثايل ethyl لكن ليس لها أهمية كبيرة فى الجـبن الجافة نتيجة لانخفاض الأكسجين و pH المنخفض.

يحدث الانتفاخ المتأخر late blowing ، أو إنتاج الغاز الذى يحدث بعـد عدة أسابيـع من الصناعـــة بواسطـــة أنـــواع مـــن Clostridia (مثـل *Cl.tyrobutyricum, Cl.sporogenes, Cl.butyricum*) . توجد أعداد صغـيرة من هذه البكتريا المتجرثمة اللاهوائية فى كثير من عينات اللبن ، لكن هذه البكتريـا حساسة للحموضة والملح ، كما أن ظروف تسوية معظم أنواع الجبن لا تســاعد على نمو هذه البكتريا . تسبب هذه البكتريا مشاكل خطـــيرة فى أنـــواع الجـبن السويسرية ، حيث أن درجة الانتفاخ تختلف من ثقوب صغيرة وبأعداد قليلـة إلى ثقوب كبيرة وشقوق ، ويتوقف ذلك على عدد البكتريا ، كمية الغـاز ومعـدل إنتاج الغاز ومرونة elasticity قوام الجبن . يمكن اتخاذ احتياطات كافية لتلافى هذا العيب منها:

أ- العناية بنظافة وتعقيم أدوات إنتاج اللبن وتصنيعه.

ب- عدم استخدام اللبن الناتج من أبقار تم تغذيتها على سيلاج فى صناعة الجـبن ،حيث يكون السيلاج المنخفض الجودة المصدر الرئيسي للتلوث بميكروبات *Cl. tyrobutyricum* المسئول عن الانتفاخ المتأخر .

جـ بسترة اللبن للقضاء على بكتريا القولون والخمائر التى قد تسبب الانتفاخ المبكر.

د- استخدام بادئات نشطة لإيقاف نشاط البكتريا المسببة لهذا العيب .

هـ استخدام سلالات من *Lc.lactis* ssp *lactis* المنتجة للنيسين nisin والمعروف بفاعليته ضد بكتريا Clostridia. حاول كثير من الباحثين استخدام النيسين فى عدة أنواع من الجبن ، خاصة الأيدام والجبن السويسرية ، الذى يكـون

أكثر عرضة للانتفاخ ، وقد انتهت الدراسات بصفة عامة إلى أن تخمر حامض البيوتريك يمكن السيطرة عليه بكفاءة باستخدام سلالات منتجة للنيسين (Nis^+) أو البكتريوسين (Bac^+) ، لكن جودة الجبن النهائى قد يتأثر ، حيث أن هذه السلالات غالبا ما تثبط سلالات البادئ الأخرى ونتيجة لذلك تؤثر على إنتاج الحموضة أو إنتاج مكونات الطعم.

لذلك يجب الاهتمام باختبار السلالات المنتجة للبكتريوسين (Bac^+) الفعالة ضد *Cl. tyrobutyricum* . توجد بعض الصعوبات فى استخدام السلالات المنتجة للنيسين(Nis^+)، هذه السلالات بصفة عامة حساسة جدا للفاج، بالإضافة إلى وجود ميكروبات منتجة لإنزيم nisinase الذى يتلف النيسين ويبطل تأثيره ، مما يؤدى إلى الحد من الاستفادة العملية من السلالات المنتجة للنيسين (Nis^+) لتثبيط *Cl.tyrobutyricum*.

١٧-٣- القشرة المتعفنة Rind rot .

يؤدى الفشل فى حفظ سطح الجبن الجافة جافا إلى تراكم الرطوبة ، ونمو الميكروبات ، مثل الخمائر السطحية film yeasts ، الفطريات والبكتريا المحللة للبروتين . يؤدى هذا النمو إلى طراوة وتغيير لون الجبن ،وإنتاج روائح غير مرغوبة. يمكن منع حدوث هذا العيب بتقليب الجبن على فترات منتظمة والمحافظة على سطح الجبن جافا.

١٧-٤- البقع الملونة Discoloration

هناك عديد من عيوب اللون قد تحدث فى الجبن . قد يتغير لون سطح الجبن نتيجة لنمو الفطريات : (١) بقع سوداء نتيجة نمو *Aspergillus niger* على الجبن الجاف ، (٢) بقع حمراء نتيجة نمو *Sporendonema casei* على الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese . ظهور البقع الملونة داخل الجبن نادر الحدوث ، لكن ظهور بقع صدئية rusty spots فى جبن التشدر والتششر Cheshire قد تعزى إلى أنواع من البكتريا منتجة للصبغات ، مثل *Lb.brevis,* ssp.*rudensis* و *Lb.plantarum* ssp.*rudensis* ، الأنواع المنتجة للصبغات من بكتريا حامض

البروبيونيك ، مثل *Propionibacterium rubrum* ، قد يسبب بقع ملونة فى الجبن السويسرية.

قد يظهر لون وردى pink فى جبن الجودا المحتوية على نترات nitrate ، قد ترجع إلى إختزال النترات إلى نيتريت بواسطة مجموعة من البكتريا التى تسودها *Micrococcus* التى تكون مصدرها أرفف غرف التسوية والتخزين . عند pH ٥,٢-٦,٧ ينفاعل النيتريت nitrite مع صبغة الأناتو فى القشرة أو الطبقة الخارجية للجبن لإنتاج مركب وردى .

١٨ - الجبن شديدة الجفاف

هذه المجموعة من الجبن جافة جداً very hard cheese (grating) ، منخفضة فى نسبة الرطوبة (٢٦ - ٣٤ %) ومنخفضة فى نسبة الدهن (٣٢ - ٣٨ % دهن فى المادة الجافة FDM) ، معظمها يستهلك فى صورة مبشورة grating وتستخدم كمكسبات للطعم والنكهة فى كثير من الأغذية والمخبوزات . تعتبر هذه المجموعة أساساً إيطالية ، مثل الجرانا Grana ، (البرمسان Parmesan) والرمانو Romano . يستخدم فى صناعة هذه الجبن لبن منخفض فى نسبة الدهن ، بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic LAB ، درجة سمط عالية ، التمليح الرطب لمدة طويلة والتسوية لفترات طويلة قد تصل إلى عامين بواسطة البكتريا.

١٨-١- البرمسان Parmesan (الجرانا Garana)

يرجع أسم جرانا إلى المظهر المحبب لهذه الجبن عند كسرها ويصنع فى شمال إيطاليا من لبن منزوع الدهن جزئياً بواسطة الجاذبية الأرضية (الترقيد) أو الفراز. تصنع فى أقراص يبلغ وزنها ٢٢ - ٤٢ كجم ، نصف قطرها ٣٥ - ٤٥سم مع ارتفاع ١٧ - ٢٣ سم ، تسوى لفترة حوالي ٢ سنة ونادراً ما تصل إلى ٤ سنوات . تحتوي على نسبة دهن فى المادة الجافة FDM لا تقل عن ٣٢ % ونسبة الرطوبة لا تزيد عن ٣٢ % بعد سنتين من التسوية ، أو ٢٨% بعد ٣ سنوات من التسوية .

طريقة الصناعة : تعدل نسبة الدهن فى اللبن المستخدم فى صناعة الجبن ، بأستخدام فرازات خاصة إلى ١,٨ – ٢,٠ % دهن ، حتى تكون الجبن عند خروجها من المكبس تحتوى على ٣٥ – ٣٨ % FDM ورطوبة ٤٠ – ٤١ %، ثم ينقل اللبن إلى أوعية التصنيع التى يسع كل منها ١٥٠ جالون من اللبن ، تكون كافية لتصنيع قالب واحد من الجبن . قد يستخدم اللبن الخام ، لكن يفضل اللبن المبستر . إجراء عملية السمط عند درجة حرارة مرتفعة تقلل من أهمية عملية البسترة فى هذه الأنواع من الجبن . ترفع درجة حرارة اللبن إلى ٣٢ – ٣٥°م ، يضاف البادئ LAB المحب لدرجات الحرارة المرتفعة (*Str.thermophilus* ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) بنسبة ١ % ، بعض المصانع قد تضيف كمية معينة من مزارع *Lc.lactis* ssp. *lactis* أو ssp. *cremoris* . بعد تسوية اللبن لفترة ٥ – ١٠ دقيقة ، تضاف المنفحة (٢٠ مل /١٠٠ لتر لبن) بعد تخفيفها بالماء لإتمام التجبن فى ١٠ – ١٥ دقيقة ، تستعمل منفحة خاصة غنية بإنزيم الليبيز تعرف بعجينة المنفحة rennet paste . بعد تمام التجبن ، تقطع الخثرة إلى جزيئات صغيرة الحجم (٣ ملم) بواسطة سكاكين ٠,٢٥ بوصة ، حيث تبلغ حموضة الشرش ٠,١١ – ٠,١٥ % ، تترك الخثرة بدون تقليب لمدة ١٠ دقائق قبل بدء عملية الطبخ ، لتقليل الفاقد من الدهن فى الشرش . تقلب الخثرة والشرش معاً وتسخن على مرحلتين ، حيث يتم التسخين فى المرحلة الأولى إلى ٤٥°م خلال فترة ١٥ دقيقة ثم تحجز لمدة ١٥ دقيقة أخرى ، ثم التسخين إلى ٥٤ – ٥٨°م لمدة ١٥ – ٣٠ دقيقة ، طبقاً لمعدل تقدم الحموضة بفعل بكتريا البادئ ، حيث تصل حموضة الشرش ٠,١٢٥ – ٠,١٣ % . عندما تصبح جزيئات الخثرة صلبة بدرجة كافية ، فإنها تترك لتستقر فى القاع لمدة ١٠ دقائق ثم تفصل عن الشرش باستخدام قماش خاص ، حيث تؤخذ كتلة الخثرة إلى خارج الوعاء حيث تعلق عن طريق القماش فى خطاطيف وتترك الخثرة لتصفية الشرش لمدة ٣٠ دقيقة قبل كبسها طوال الليل. تحجز الخثرة بعد خروجها من المكبس فى القوالب فى غرفة التحضير لمدة ٣ أيام عند ١٥°م لإعطاء فرصة لبكتريا البادئ أن تنمو وتخمر اللاكتوز ، ثم تبدأ عملية التمليح الرطب وذلك بغمر الجبن فى محلول ملحي (٢٦% ملح) عند ٨ – ١٠°م لمدة ١٤ يوم، ثم تترك لتجف لعدة أيام عند ١٥ – ٢٠°م، حيث تنقل الجبن بعد ذلك إلى غرف التسوية .

تتم عملية التسوية على مرحلتين ، حيث تحجز الجبن فى المرحلة الأولى عند ١٠°م ورطوبة نسبية (RH) ٨٥ % لمدة ٦ – ١٢ شهر ، تقلب الجبن خلالها باستمرار للمحافظة على شكلها ولتجنب حدوث أي فساد يحدث لقشرة قرص الجبن ، التي تغسل وتكشط وتدعك بزيت نباتي (زيت زيتون) لمنع نمو الفطر . يمكن أن يباع الجبن عند عمر سنة للمستهلك كجبن طبيعي أو الاستمرار فى التسوية لمدة أطول (٢-٤سنوات) ، حيث تغطى هذه الجبن بمخلوط من الزيت النباتي مع دهن لمنع فقد الرطوبة بالتبخير من السطح ، ثم تحفظ عند ١٠ – ١٢°م ورطوبة نسبية بين ٨٥ – ٩٠% ، حيث تحدث تغيرات نتيجة لتحلل البروتين والدهن تعطى نكهة حادة مميزة لهذه الجبن ويصبح الجبن أكثر جفافاً ويبشر لأغراض الطبخ . يعتمد الطعم المميز لهذه الأنواع من الجبن بدرجة كاملة على الأحماض الدهنية الحرة الناتجة بفعل إنزيمات الليبيز الحيواني المضاف.

التغيرات الميكروبيولوجية : أثناء التصنيع ، تزداد أعداد *Lb.delbreueckii* ssp. *bulgaricus* ، *Str.thermophilus* وتستمر هذه الزيادة لعدة أيام بعد ذلك طالما يوجد سكر اللاكتوز ، تجد بكتريا اللبن الخام ، عدا بكتريا البادئ ، فرصة للنمو قبل إضافة المنفحة حيث أن معظمها يقضي عليها بفعل درجة حرارة السمط ، حيث تقوم إنزيماتها الخارجية (التى تفرز خارج الخلية) بتحليل البروتين والدهن أثناء التسوية .

يوجد تأثير مثبط ضعيف للمجموعة الميكروبية فى الجبن بفعل الملح خلال الأسبوعين الأولين من التسوية ، لكن درجة حرارة المحلول الملحي (١٠°م) لا تشجع على النمو ، خلال حجز الجبن حتى يجف السطح بعد عملية التمليح لعدة أيام عند ١٥ – ٢٠°م ، تستطيع أي بكتريا حية حتى تلك الفترة (١٤ يوم) أن تنمو وتستخدم منتجات تخمر اللاكتوز . تحد الرطوبة المنخفضة و pH ودرجة الحرارة المنخفضة وطول أو قصر فترة التسوية من التغيرات الميكروبيولوجية فى الجبن والتغيرات البيوكيماوية فى البروتين والدهن والكربوهيدريت المسئولة عن التسوية ، نتيجة لفعل الإنزيمات التى تفرزها بكتريا اللبن الأساسية ، أو بكتريا البادئ المضاف أو إنزيمات المنفحة.

تم عزل *Propionibacterium shermanii* ، *P.freudenreichii* من جبن البارمسان المصنوعة فى إيطاليا فى دراسة عن تأثير موسم الإنتاج ودرجة حرارة

التسوية على أعدادها ، حيث وجد أن زيادة أعداد *P.shermanii* بطريقة غير عادية يكون مرتبط بظهور عيوب فى الجبن ، كما تم عزل ميكروبات يحتمل أن تكون من *Pediococcus* spp من جبن البرمسان خلال مراحل التسوية المختلفة . وجد أن بعض التغيرات الميكروبيولوجية التى تحدث فى جبن البرمسان خلال فترة التسوية فى الولايات المتحدة ، تتضمن تناقص العدد الكلي للبكتريا فى الجبن بوضوح خلال فترة التسوية من $١٠^{٧}$ /جم فى الجبن الطازج إلى $١٠^{٥}$ - $١٠^{٤}$ /جم فى جبن عمر ١٤ شهراً ، هذا التناقص كان أكثر وضوحاً بعد عملية التمليح أو فى المراحل المبكرة من التسوية . البكتريا المتحملة البرودة وبكتريا القولون *Staph.aureus*, غير مرغوب فيها ، حيث تسبب مشاكل فى الجبن الطبيعي ، أهمية تواجد بكتريا حامض البروبيونيك غير واضحة . تنمو بكتريا حامض اللاكتيك فى الجبن الطازجة نسبياً لكن قد تستبدل سلالة البادئ *Lb.bulgaricus* فى النهاية بـ *Lb.casei* عندما يتم تسوية الجبن ، وقد فشلت جراثيم البكتريا الهوائية واللاهوائية بصفة عامة فى الإنبات.

تنشأ العيوب فى جبن البرمسان والأنواع الأخرى شديدة الجفاف وأنواع الجبن المبشور من التغيرات الإنزيمية ، التى تتبع التلوث البكتيري للجبن الجبن ، وتكون مرتبطة عادة بالنكهة الزنخة والشبيه بالفاكهة المتخمرة . يمكن تجنب عيوب السطح مثل نمو الفطر وتلف القشرة إذا عوملت الجبن بعناية أثناء التسوية. عادة المعاملة الحرارية التى تعرضت لها الخثرة أو الشرش والمعاملة التالية للجبن فى المحلول الملحي وفى المخزن تساعد معاً على منع نمو الميكروبات المسببة للفساد.

١٩- الجبن الجافة

الجبن الجافة hard cheese عبارة عن مجموعة كبيرة من أنواع مختلفة من الجبن ، تحتوى على نسبة رطوبة منخفضة (٣٩ - ٤٤ %) ونسبة دهن فى المادة الجافة تتراوح بين ٤٨ - ٥٠ % ، نتيجة التحكم فى حجم قطع الخثرة واستخدام درجات حرارة مرتفعة فى سمط الخثرة ، وتتميز بقشرة نظيفة (إذا لم توجد قشرة تغلف بأغشية رقيقة) . تتراوح فترة التسوية من ٣ إلى ١٢ شهراً حيث تتم التسوية بفعل إنزيمات من بكتريا البادئ ، بكتريا أخرى (بادئات مساعدة) والمنفحة . تنقسم هذه الجبن إلى مجموعتين رئيستين : (١) جبن جافة لا تحتوي

على عيون غازية ، مثل التشدر والأنواع المشابه ، (٢) جبن جافة تحتوى على عيون غازية ، مثل الأمينتال والجرويير .

١٩-١- جبن جافة لا تحتوى على عيون غازية

تصنع هذه الجبن (التشدر والأنواع المشابه) من لبن كامل ، وتحتوي على رطوبة ٣٩ % أو اكثر ودهن فى المادة الجافة ٤٨% أو أكثر ،تستخدم بادئات بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic lactic acid bacteria، درجات حرارة منخفضة (حوالي ٤٠°م) فى طبخ الخثرة حيث تتقدم الحموضة أثناء التصنيع قبل عملية التمليح وكبس الخثرة ، يطرد الشرش من الخثرة عن طريق التقطيع والطبخ ، ثم تتعرض الخثرة لبعض عمليات تشكيل التركيب البنائي cheddaring .

تفرم خثرة جميع أنواع جبن هذه المجموعة فى طاحونة ، يضاف الملح إلى الخثرة المفرومة ثم تعبأ فى قوالب جبن مناسبة وتكبس . جميع أنواع جبن هذه المجموعة تكون تقليدياً إسطوانية الشكل إلا أنها تختلف فى القطر والارتفاع عادة ، وتغطى هذه الجبن بشمع البارافين لحماية القشرة ومنع التبخر الزائد للرطوبة . كما أنها تسوي على الأرفف فى المخازن عند ١٥°م ، ورطوبة نسبية ٨٨% . وتمكن طرق الكبس والتعبئة الحديثة لجبن التشدر والأنواع الأخرى المشابه فى قوالب أو أقراص بدون قشرة من رصها على الأرفف فوق بعضها البعض فى المخزن ، التحكم فى الرطوبة تحت هذه الظروف ليس ضرورياً ، لكن يجب خفض درجة الحرارة إلى ٤ – ٦°م ، عند هذه الدرجة فإن الجبن تسوي ببطئ خلال ٤ – ١٠ شهور . ويتم تسوية هذه الجبن تقريباً بإنزيمات ناتجة من بكتريا البادئ والمنفحة . عند التسوية ، فإن قوام الجبن يصبح جامداً وليس صلباً والتركيب البنائي إما أن يكون close texture (مثل التشدر Cheddar ، كانتال Cantal ، دوبل جلوسستر Double Goucester ، وديربي Derby) أو مفتوحاً open texture (مثل تششر Cheshire) .

١٩-١-١- جبن التشدر Cheddar

أخذ جبن التشدر Cheddar إسمه من قرية تشدر فى جنوب غرب إنجلترا، يصنع فى الأساس فى معامل الألبان الريفية فى مقاطعة سمرست Somerset بالطرق اليدوية منذ قديم الزمن، وقد وجدت طريقة التصنيع العامة فى عام ١٨٧٥ وأصبحت طريقة تجارية، وقد أخذت فى الانتشار فى العالم. تتميز هذه الجبن بقوة حفظ عالية، وتعتبر من أكثر أنواع الجبن شيوعاً فى أمريكا وإنجلترا وإستراليا ونيوزيلندا وكندا.

إن طريقة الصناعة الريفية أصبحت متمركزة فى معامل الألبان الكبيرة منذ ١٨٧٠م، أدختلت عليها تعديلات وتطورات. ثم ميكنت عملية التصنيع إلا أن أساسيات عملية التصنيع لم يطرأ عليها تغيير والتى تعتبر الأساس لأجهزة تصنيع الجبن العالية الميكنة العاملة فى المعامل الريفية والمصانع حتى الآن(شكل ٢-٦) .

طريقة الصناعة : يعدل تركيب اللبن المستخدم فى تصنيع الجبن إلى نسبة معينة من الكازين إلى الدهن (C:F) (٠,٦٨ - ٠,٧٢) ، أو نسبة الدهن إلى الجوامد اللادهنية (F:SNF) (٠,٣٣ - ٠,٤٦) . يبستر اللبن (٧١°م لمدة ١٥ ثانية) ، ثم يبرد إلى ٣٠°م ، ويصب فى أحواض التصنيع ، ويلقح بعد ذلك بـ ١ - ٢ % من بادئ بكتريا حمض اللاكتيك المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة بعد ٢٠ دقيقة إضافة البادئ ، تضاف المنفحة (٢٢ مل ١٠٠ لتر لبن) ، وبعد مضي ٣٠ - ٤٠ دقيقة تقطع الخثرة إلى مكعبات صغيرة يبلغ حجمها ٥سم^{٣} . عند هذه المرحلة ، تكون حموضة الشرش بين ٠,١ - ٠,١٤% كحامض لاكتيك ، تقلب الخثرة فى الشرش ، وتسخن لدرجة حرارة ٣٩ - ٤٠°م فى مدة ٤٠ - ١٥ ق (٠,١١ - ٠,١٥% حامض لاكتيك) . يستمر التقليب حتى تصبح الخثرة صلبة بدرجة كافية ومناسبة للترسيب والانفصال من الشرش (٠,١٥ - ٠,١٩ % حامض لاكتيك)، وتعتبر هذه المرحلة الأخيرة من تصنيع الخثرة ، التى عندها تكون قد حدثت الزيادة القصوى فى عدد بكتريا البادئ ، ويجب أن تكون نسبة الرطوبة فى الخثرة وصفاتها الطبيعية مثالية . بعد تصفية الشرش ، تجرى عملية الشدرنة (cheddering) للخثرة (٠,٢٠ - ٠,٢٢% حامض لاكتيك) أما باليد كما فى الطريقة التقليدية أو بإحدى أجهزة الشدرنة الميكانيكية .

شكل (٢-٦): خطوات صناعة جبن التشدر .

obeikandl.com

تستمر بكتريا البادئ فى التكاثر وإنتاج حامض اللاكتيك بمعدل ٠,١٠% تقريباً كل ٢٠ دقيقة ، يستمر انفصال الشرش من الخثرة حتى تصبح مطاطة وناعمة وحريرية الملمس وتكون مماثلة للحم صدر الدجاج (٠,٦٠ - ٠,٨٠ % حامض لاكتيك) ، عندئذ تفرم الخثرة ثم يضاف الملح (٢ %) ويخلط جيداً لضمان التوزيع المتجانس . تعبأ الخثرة بعد تمليحها فى قوالب الجبن ثم تكبس بضغط (٢-٣ طن) لمدة ١٥-١٨ ساعة.

تتكون المجموعة البكتيرية فى جبن التشدر والأنواع المشابه من بكتريا البادئ *Lc.lactis* ssp. *lactis Lc.lactis* ssp. *cremoris*, *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* التى أضيفت عمداً للبن ، بالإضافة إلى البكتريا التى توجد فى اللبن أساساً وتقاوم عملية البسترة thermoduric bacteria ، أو التى لوثت اللبن بعد البسترة . تشمل هذه البكتريا Lactobacilli ، Pediococci ، Leuconostocs ، Micrococci ، Stphylococci ، Enterococci وبكتريا سالبة لجرام مثل Coliforms ، Achromobacteria, Pseudomonads .

أثناء تصنيع الجبن ، يزداد أعداد بكتريا البادئ Lactococci من ٢ × $١٠^{٧}$ cfu/جم من لبن الجبن بعد ٢٠ دقيقة من التلقيح بالبادئ إلى ٢ × $١٠^{٩}$ cfu/جم من الخثرة عند كبسها . تحدث أكبر زيادة فى خلال ٣ - ٣,٥ ساعة الأولى من تصنيع الجبن عندما تكون الخثرة موجودة فى الشرش ، أما الفترة التالية حتى عملية التمليح (٢ - ٣ ساعة) فإن عدد بكتريا البادئ يبقى ثانياً وربما يتناقص تبعاً لنوع سلالة بكتريا البادئ المستخدمة . تحافظ *Lc.lactis* ssp. *lactis* على أعدادها عند الحد الأقصى حتى بعد رفع الجبن من المكبس ، بينما يتناقص أعداد *Lc.lactis* ssp. *cremoris* بعد أن يكون قد وصل إلى الحد الأقصى له . تعتمد البكتريا المتبقية فى الجبن أيضاً على مقاومتها للملح ، *Lc.lactis* ssp. *lactis* أكثر مقاومة للملح عن *Lc.lactis* ssp. *cremoris* ، تحتوى خثرة الجبن الطازج على $١٠^{٨}$ - $١٠^{٩}$ cfu بكتريا البادئ/جم عند التمليح . يتوقف الحد الأقصى لأعداد البكتريا على السلالة strain ، السلالات التى تصل إلى أعداد أقل (مثل AM_1 & AM_2) تكون غير قادرة على النمو بدرجة جيدة عند درجة حرارة الطبخ ، بينما السلالات التى تصل إلى أعداد أكبر (مثل ML_1 & Z8) تنمو أثناء عملية الطبخ . تموت

Lactococci بمعدل سريع نسبياً أثناء المراحل الأولى من التسوية ، يتوقف على نوع البكتريا وكذلك السلالة ، *Lc.lactis* ssp. *cremoris* تموت بسرعة أكبر عن *Lc.lactis* ssp. *lactis* أو *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* . بعض السلالات تنخفض بمعدل أعلى من ٩٩,٩ % (٣ دورات لوغاريتمية) فى خلال ٤ أسابيع . هذا الانخفاض لا يرجع إلى موت الخلايا ، لكن إلى تحلل الخلايا cell lysis ، الذى يسبب إنفراد إنزيمات خلوية intracellular إلى الجبن ، حيث تلعب دوراً فى الإسراع من معدل تسوية الجبن.

عند بداية عملية التسوية يصل مستوى اللاكتوز إلى حوالي ١% الذى ينخفض ببطء خلال أسابيع قليلة ، مع زيادة مصاحبة فى إنتاج L-lactate . يحدث نمو بكتريا حامض اللاكتيك التى لا تنتمي إلى البادئ nonstarter lactic acid bacteria (NSLAB)، التى تصل فى نهاية الأمر إلى $١٠^{٧}$ إلى $١٠^{٨}$ /جم . تتكون NSLAB أساساً من Lactobacilli, متجانسة التخمر والمحبة لدرجات الحرارة المعتدلة homofermentative mesophilic lactobacilli مثل *Lactobacillus casei, Lb.plantarum* ، هذه البكتريا تحول L-lactate المتكونة بواسطة Lactococci إلى D-lactate ، وقد يعزى ذلك إلى إنزيم L-specific NADH-dependent lactate deyhydrogenase (LDH) الذى يحول L-lactate إلى بيروفات pyruvate ، ثم يتحول البيروفات إلى D-lactate بواسطة إنزيم D- specific NADH- dependent LDH . ويفسر ذلك انخفاض مستوى L-lactate أثناء التسوية . الكمية الكلية للاكتات فى جبن التشدر تبقى ثابتة أثناء التسوية عند مستوى ١,٥ % .

نسبة الملح فى رطوبة الجبن S/M المثلى فى جبن التشدر مرتفعة الجودة تتراوح بين ٤ – ٦ % . تعتبر هذه النسبة مهمة فى تقدير معدل تحويل اللاكتوز إلى حامض لاكتيك بواسطة Lactococci . عند مستويات منخفضة من S/M يختفى اللاكتوز فى المراحل المبكرة من التسوية ، بينما توجد كميات كبيرة ، عند مستويات مرتفعة S/M حتى بعد ٤٨ يوم من التسوية . البادئ يكون أيضاً على جانب كبير من الأهمية ، حيث تختلف درجة حساسيتها للملح . يؤثر نسبة S/M على pH النهائي فى جبن التشدر (وربما جبن أخرى أيضاً) . النسبة المنخفضة من

S/M تؤدي إلى قيم أقل من pH ، بينما النسب المرتفعة من S/M يؤدي إلى قيم أعلى من pH . فى هذه التجارب تم تقسيم الخثرة المملحة والمفرومة milled إلى جزيئات مختلفة الحجم تتراوح بين ٠,٥ إلى ٢٠ جم قبل عملية الكبس . تحتوى الجزيئات الأقل حجماً على ملح أكثر نسبياً عن الجزيئات الأكبر حجماً ، وبالتالي تكون قيم S/M أعلى. تؤثر نسبة S/M بدرجة ضئيلة على نمو NSLAB، التى تكون مقاومة للملح نسبياً ولا يحدث لها تثبيط حتى يصبح مستويات الملح إلى ١٠ % (حجم/وزن) . لاكتات الكالسيوم فى صورة Calcium D-lactate تكون غير قابلة للذوبان بدرجة أكبر عن لاكتات كالسيوم فى صورة Calcium L-lactate وتكون مسئولة عن البقع البيضاء التى غالباً ما تظهر فى جبن التشدر القديمة aged .

تحدث أكسدة اللاكتات إلى الخلات أيضاً فى جبن التشدر نتيجة التمثيل التأكسدي oxidative metabdison بواسطة NSLAB ، خاصة عند أسطح الجبن غير المغلفة :

$$\text{Lactate} + O_2 \longrightarrow \text{acetate} + CO_2 + H_2O$$

يتوقف ذلك على أعداد NSLAB الموجودة ، نفاذية مواد التغليف للأكسجين ، حجم قرص الجبن والفترة التى تمر على تقطيع الجبن . تساهم الخلات acetate فى طعم جبن التشدر ، وتختلف مستوى الخلات فى الجبن من ٠,٠٢ إلى ٠,١٨ %. المستويات الزائدة عن هذه الحدود يكون لها تأثير ضار على الطعم .

تتكون الخلات أيضاً من تمثيل السترات والأحماض الأمينية . لا توجد معلومات كافية عن تمثيل السترات فى جبن التشدر ، لكن يمكن القول أن ذلك يتوقف على نوع البادئ المستخدم . مزارع بادئ DL,D تمثل السترات بدرجة سريعة ، ولذلك يجب أن تقوم بتمثيل كميات كبيرة من السترات أثناء التصنيع . على العكس ، فإن مزارع بادئ L تمثل السترات بمعدل بطئ بينما مزارع بادئ O لا تخمر السترات على الإطلاق ، لذلك فإن كميات كبيرة من السترات يجب أن توجد فى الجبن الناتجة باستخدام هذه المزارع . تمثيل السترات فى الجبن أثناء

التسوية من المحتمل أن تعزى إلى استخدام السترات بواسطة NSLAB ، خاصة بكتريا حامض اللاكتيك العصوية المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic Lactobacilli .

قد توجد Lactobacilli فى أعداد تتراوح من ١٠-١٠^{٤}/جم فى الخثرة ، وتكون بكتريا حامض اللاكتيك الوحيدة التى تتكاثر فى تسوية الجبن (ماعدا Pediococci) ، وتصل إلى أعداد ١٠^{٦}-١٠^{٨}/جم فى ١٠-٦٠ يوم ، والتى تبقى حتى ٤-٦ شهور ثم تنخفض أعدادها بعد ذلك . تشمل الأنواع الموجودة *Lb.buchneri, Lb.brevis* وعديد من Streptobacteria غير المعرّفة . توجد Pediococci بدرجة أقل كثيراً ، لكن تتكاثر بمعدل مماثل ، وإذا وجدت فإنها تصل إلى أعداد ١٠^{٧}/جم . الأنواع الموجودة *Pediococcus pentosaceus* (تعرف حالياً *P.cerevisiae*)

بكتريا Leuconostocs التى قد توجد فى الخثرة بأعداد قليلة (١ - ١٠٠/جم) ، لا تتكاثر لكنها تموت ببطء خلال تسوية الجبن . أكثر الأنواع شيوعاً هى *Leuc.mesenteroids* ssp. *cremoris,* ssp. *dextranicum* *Leuc.mesenteroids* ssp. *mesenteroids* *Leuc.mesenteroids* ssp. *lactis*.

مجموعة بكتريا Enterococci تتواجد فى الجبن بأعداد متباينة ، فقد لا توجد على الاطلاق ، أو توجد بأعداد قليلة (١٠/جم) أو بأعداد كبيرة تتراوح بين ١٠^{٤} - ١٠^{٦} /جم ، إذ أنها تموت بمعدل يختلف طبقاً للسلالة ، حيث تبقى فى بعض الجبن لعدة أسابيع وقد تمتد إلى ٣ شهور . وقد وجد أن الأنواع الأكثر شيوعاً تشمل *Ent.bovis, Ent. faecium* .

توجد Micrococci فى الخثرة بمعدل يتراوح بين ١٠^{٢} - ١٠^{٦} /جم ، والتى تعتمد جزئياً على معاملة اللبن بالحرارة ،كما أن الأعداد تتناقص ببطء شديد خلال فترة التسوية ، حيث تصل بعد ٦ شهور إلى ١٠ - ١٠٠/جم من الجبن . يقضي على سلالات *Staph.aureus* Coagulase-positive المنتجة للتوكسين بالبسترة . استعمال معاملة حرارية أقل قد تتلف الخلايا ولكنها تبقى نشطة وقادرة على النمو على البيئات المغذية المناسبة . الخلايا المتأثرة بالمعاملة الحرارية لا تستطيع أن تنمو تحت الظروف غير الملاءمة من الحموضة (٥,٢ pH) والملح (٤,٥ %) فى

خثرة جبن التشدر . بكتريا Micrococci المقاومة للحرارة عادة تكون *M.varians* وأنواع أخرى غير مصنفة من Micrococci . وقد وجد أيضاً أنواع أخرى مثل *M.lacticus, M.luteus* .

البكتريا السالبة لجرام يقضى عليها بالبسترة . توجد Pseudomonads بأعداد منخفضة كملوثات بعد البسترة . توجد بكتريا القولون coliforms بدرجة أكبر ، تبعاً لمستوى النواحى الصحية فى المصنع والعاملين . وتعتبر البكتريا الوحيدة فى NSB التى تتكاثر أثناء صناعة الجبن ، حيث أنها لا تثبط بتقدم الحموضة ، وتموت سريعاً فى الجبن.

توجد بكتريا corynebacteria والبكتريا المتجرثمة الهوائية Bacilli بأعداد قليلة فى الخثرة وتقاوم لعدة شهور دون أن تتكاثر أو تتناقص.

١٩-١-٢- أنواع الجبن المشابه للتشدر

تؤدي عملية التعديل فى طريقة تصنيع جبن التشدر إلى الحصول على أنواع مشابه لها مثل دوبل جلوسستر Double Gloucester ، ودربى Derby ، كنتال Cantal وليسستر Leicester ، يؤدي الاختلاف البسيط فى قوام وتركيب ونسبة الرطوبة (من خلال التحكم فى معاملة الخثرة) إلى اختلافات فى معدل تحلل الكربوهيدريت والبروتين والدهن والمسئولة عن الصفات المميزة لهذه الأنواع .

تختلف التشيشر Cheshire عن التشدر فى تركيبها المفتوح والقوام المفرول وطعم حامض اللاكتيك المعتدل . هذه الصفات تظهر نتيجة الاختلافات فى طريقة الصناعة الناشئة عن إنتاج الحموضة بمعدل أسرع نتيجة استخدام سلالات نشيطة جداً لبادئات Lactococci (سلالة منتقاه من *Lc.lactis* ssp. *lactis*) والحاجة لطرد الشرش بسرعة من الخثرة فى فترة تصنيع قصيرة (٣ساعات) . يفضل استخدام اللبن الخام فى بعض المعامل لصناعة Cheshire للحفاظ على الحالة الطبيعية لهذه الجبن ، وتساعد درجة ومعدل إنتاج الحموضة على تثبيط نمو البكتريا غير المرغوب فيها . يمكن تصنيع جبن Cheshire وتسويتها بسرعة (٦-٨ أسابيع) أو تسويتها ببطء وتصل إلى مرحلة النضج خلال ٣-٤ شهور . يصنع جبن Cheshire المعرقة بالفطر وذلك بتلقيح اللبن أو الخثرة بجراثيم *P.roqueforti* ،

وتهيئ الخثرة المرتفعة الحموضة والتركيب المفتوح للجبن الظروف الملاءمة لنمو الفطر والذى يمكن تشجيعه عن طريق تخريم piercing الجبن أثناء التسوية .

العيوب . من النادر أن تحدث عيوب فى جبن التشدر والأنواع المشابه نتيجة نمو الميكروبات ، طالما استخدمت بادئات مناسبة قادرة على إنتاج حموضة كافية بمعدل مقبول ولا تسبب أطعمة غير مرغوبة مثل الطعم الفاكهي fruity أو المرارة bitterness . الجدول (٢-٥) يوضح الأطعمة غير المرغوبة off-flavors الناتجة بواسطة بادئات بكتريا حمض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة Lactococci.

جدول (٢-٥) : الأطعمة غير المرغوبة فى جبن التشدر الناتجة عن بادئات Lactococci .

الميكروب	الطعم غير المرغوب	السبب
Lc.lactis ssp. *lactis* (NCDO 763)	فاكهي fruity	Ethyl butyrate
Lc.lactis biovar *diacetylactis*	فاكهي fruity	Ethyl hexanoate
Lc.lactis ssp. *lactis* (NCDO 604)	مولت malty	3-Methylbutanal
سلالات بادئ سريع fast ، معظم سلالات من *Lc.lactis* ssp. *lactis* وكذلك من *Lc.lactis* ssp. *cremoris* (NCDO 607)	مر bitter	ببتيدات عديدة Oligopeptides غير محبة للماء hydrophobic

□ **خثرة غازية gassy curd** .ينشأ هذا العيب مع انتفاخ الغشاء المغلف للجبن عن:

١- وجود *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* فى البادئ التى تستخدم السترات الموجود فى لبن الجبن مع إنتاج CO_2 .

٢- *Lb.casei* الذى يستخدم أيضاً السترات ، وإذا وجد فى الخثرة ، ينمو أثناء التسوية وينتج CO_2 ، مسبباً أنتفاخ العبوة فى المراحل المتأخرة من التسوية .

٣- ارتفاع مستويات Lactobacilli مختلطة التخمر التى تنتج أيضاً CO_2 أثناء تخمر الكربوهيدريت ، وبالتالي يمكن أن يسبب انتفاخ الغشاء المغلف

للجبن، لكن لا يحدث هذا العيب إلا فى وجود أعداد كبيرة جداً من هـــذه البكتريا.

٤- إذا وجدت بكتريا القولون coliforms بأعداد كبيرة فى لبن الجـــبن ، قـــد تتكاثر أثناء صناعة الجبن ، خاصة إذا كان تقدم الحموضة بطـــئ ، منتجـــة خثرة غازية gassy curd ، التى تسبب فى بعض الأحيان انتفـــاخ غشـــاء التغليف وتعطي أطعمة غير مرغوبة off-flavor "faecal" للجبن .

□ **التزنخ rancidity** . توجد إنزيمات الليبيز lipases المقاومة للحرارة والناتجة مـــن البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophs ، مثـــل Pseudomonads ، فى اللـــبن الخام الذى يبقى فى الجبن ، وإذا وجدت بمستويات مرتفعة بدرجة كافية ، يسبب الزناخة نتيجة تحلل جليسريدات دهن اللبن وإنفراد أحماض دهنية حـــرة (FFA) ، مثل بيوتريك ، كابرويك وكبريك . تبقى مثل هذه الإنزيمات نشطة فى الجبن لمـدة تزيد عن ١٢ شهر ، حيث تستمر مستويات FFA وشدة الزناخة فى الارتفاع.

□ **نمو الفطريات mold growth** . الجبن ضعيفة القوام التى تظهر بهـــا شـــقوق ، نتيجة خطأ فى صناعة الجبن ، قد تصاب بالفطريات ، عادة spp. *Penicillium* . تسمح الظروف الهوائية الناشئة عن هذه الشقوق لهذه النموات أن تتخلل داخـــل الجبن . يجب أن يكون تركيز الأكسجين عن سطح الجـــبن المغلفـــة بالأغشـــية منخفضاً بدرجة لا تسمح بنمو الفطريات .

١٩-١-٣-الجبن الراس Ras cheese

يعتبر الجبن الراس Ras cheese من أكثر أنواع الجبن الجافـــة شـــيوعاً فى جمهورية مصر العربية ، حيث يتميز بطعم حاد sharp ومحتوى ملح مرتفعاً نسبياً . ويصنع من اللبن البقري أو خليط من اللبن البقري والجاموسي (١ : ١) ، حيـــث لا يفضل صناعته من لبن جاموسي لطول فترة التسوية بالإضافة إلى صفات غـــير مرغوبة فى القوام والتركيب . تسوي هذه الجبن داخلياً بالبكتريا وخالية من العيون الغازية وتصل فترة التسوية ٣-٦ شهور . وعادة تستخدم بادئ بكتريا حـــامض اللاكتيك المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic LAB فى صناعته .

طريقة الصناعة : تصنع الجبن الراس من لبن بقري أو خليط من اللبن البقري والجاموسي (١ : ١) مبستر (٧٢°م/١٥ ثانية) مع تبريده إلى ٣٠ – ٣٢°م وإضافة ٠,٥ – ١% بادئ جبن محب للحرارة المعتدلة ، ثم تضاف المنفحة الحيوانية السائلة أو المنفحة الميكروبية حيث تستغرق فترة التجبن ٣٠-٤٠ دقيقة. تقطع الخثرة بعد ذلك بالسكاكين الطولية والعرضية للحصول على مكعبات صغيرة الحجم (تماثل حجم حبوب البسلة) ويتم تسخين الخثرة فى الشرش إلى ٤٥°م فى خلال ١٥ دقيقة حيث تصل حموضة الشرش إلى ٠,١٤ %. يصرف ثلث الشرش من الحوض ويضاف ٢% ملح إلى مخلوط الشرش والخثرة المتبقى فى الحوض لمدة ٥ دقائق ، يتم بعد ذلك صرف الشرش من الحوض ، ثم تعبئة الخثرة فى قوالب إسطوانية (٣٥-٥٠سم فى القطر مع ٣٠-٣٥سم ارتفاع) مبطنة بالشاش وتقلب الخثرة بعد ٣ ساعات من كبسها مع تغيير الشاش ويعاد كبسها لمدة ١٠ ساعات أو لثاني يوم . تنزع الجبن من القوالب وتملح تمليحاً جافاً لمدة ٥ أيام بمعدل ٤٠ جم ملح/اليوم حيث يدعك سطحي أقراص الجبن بالملح يومياً . بعد إنتهاء فترة التمليح ، ينظف سطح الأقراص ويترك لتمام الجفاف لمدة ١-٢ يوم ، حيث يشمع بعد ذلك وينقل إلى غرف التسوية عند ١٥°م (رطوبة نسبية ٨٦ %) لمدة ٣-٦ شهور حتى تصبح صالحة للتسويق .

التغيرات الميكروبية أثناء الصناعة والتسوية : يزداد العدد الكلي للبكتريا خلال الشهر الأول من التسوية حيث يرتفع من ٢٣ × ١٠^{٦}/جم فى بداية عملية التسوية إلى ٦٥ × ١٠^{٦}/جم فى نهاية الشهر الأول ، ثم ينخفض بعد ذلك تدريجياً مع تقدم فترة التسوية . تبلغ العدد الكلي للبكتريا فى نهاية فترة التسوية (٤ شهور) ٢١ × ١٠^{٦}/جم . بكتريا حامض اللاكتيك تكون سائدة فى الجبن خلال فترة التسوية ، حيث يحتوي الجبن فى بداية عملية التسوية على ٢٢ × ١٠^{٦} بكتريا حامض اللاكتيك /جم ، التى تزيد خلال الشهر الأول من التسوية وتصل فى نهايته إلى ٦٤ × ١٠^{٦}/جم . تنخفض أعداد بكتريا حامض اللاكتيك تدريجياً مع تقدم عملية التسوية ، حيث تصل أعداها فى نهاية فترة التسوية (٤شهور) إلى ١٨ × ١٠^{٦}/جم . نظراً لأن البادئ المستخدم فى صناعة هذا الجبن من بادئات بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة (*Lc.lactis* ssp. *lactis*, ssp.

(*cremoris*) ، فإن أعداد بكتريا حامض اللاكتيك الكروية Streptococci تفوق أعداد بكتريا حامض اللاكتيك العصوية Lactobacilli طول فترة التسوية حيث تبلغ أعداد Lactobacilli, Streptococci فى بداية فترة التسوية ١٨ × ١٠^{٦} و ٣ × ١٠^{٦}/جم ، على التوالي ، ترتفع أعداد هذه البكتريا تدريجياً حتى تصل أقصى أعداد لها بعد شهر من التسوية ، حيث تكون أعداد Streptococci ٣٩ × ١٠^{٦}/جم و Lactobacilli ٢٤ × ١٠^{٦}/جم ، ثم تأخذ هذه الأعداد فى النقصان وتصل إلى ١٠ × ١٠^{٦} Streptococci/جم ، ٢ × ١٠^{٦} Lactobacilli/جم فى نهاية فترة التسوية (٤ شهور).

تتواجد بكتريا القولون Coliforms بأعداد كبيرة فى بداية التسوية ، لكن سرعان ما تأخذ هذه الأعداد فىالنقصان نتيجة تقوم الحموضة ، وتختفى تماماً من الجبن بعد مضي شهرين من التسوية .

فى دراسة مسحية ميكروبيولوجية لعينات من الجبن الرأس جمعت من الأسواق المحلية (القاهرة/الجيزة) على البكتريا غير المرغوبة والتى تشمل Salmonella-Shigella ، Staphylococci, Coliforms وقد وجد أن أعداد Salmonella-Shigella تتراوح بين ٩٠-٣٨٠/جم من الجبن ، وأعداد Staphylococci ١,٥ – ١٠٥ × ١٠^{٣}/جم من الجبن . أعداد بكتريا القولون ٠,٣ – ٩٨ × ١٠^{٢}/جم من الجبن . وقد وجد أن Staphylococci كانت موجودة فى ٨٧,٥ % من العينات ، بينما Salmonella-Shigella وبكتريا القولون توجد فى ٤٥ و ٥٥% من العينات على التوالي.

تساهم كل من المنفحة وإنزيمات اللبن الطبيعية وبكتريا البادئ فى التغيرات البيوكيماوية التى تطرأ على مكونات الجبن الرئيسية (خاصة اللاكتوز والبروتينات) خلال الأسابيع الأولى من التسوية ، حيث يتكون اللاكتات والببتيدات المرتفعة الوزن الجزيئي (البروتيوزات والببتونات). بعد ذلك تصبح بكتريا حامض اللاكتيك هى السائدة وكذلك البكتريا التى لا تنتمي إلى البادئ NSB مثل Micrococci حيث تقوم بدور هام فى التغيرات التى تطرأ على الجبن ، حيث تقوم الإنزيمات الخلوية التى تنطلق من هذه الميكروبات نتيجة تحللها بعد موتها بتحلل الببتيدات المرتفعة الوزن الجزيئي إلى ببتيدات منخفضة الوزن الجزيئي وأحماض

أمينية . كما تساهم إنزيمات بكتريا حامض اللاكتيك و Micrococci فى تحلل الدهن وإنفراد أحماض دهنية حرة بدرجة محدودة . تساهم جميع المركبات الناتجة من تحلل مكونات الجبن الرئيسية (لاكتوز ، بروتينات وليبيدات) فى تكوين الطعم المرغوب فى هذه الجبن ، وكذلك الصفات المرغوبة فى القوام والتركيب من خلال عملية التسوية (٣-٦ شهور).

فى عينات جبن الراس التى جمعت من الأسواق المحلية (القاهرة/الجيزة) كانت نسبة الرطوبة تتراوح بين ١٩,٠ - ٣٨,١٩ % (متوسط ٢٨,٨١ %) ، نسب الدهن فى المادة الجافة ٤٠,٣ - ٥٩,١ % (متوسط ٣٨,٣٤ %) ، الملح ٢,٢٥ - ٤,٨١ % (متوسط ٣,٥٣ %) والحموضة ٠,٨٥ - ١,٩٨ % (متوسط ١,٤٩ % حامض لاكتيك) .

العيوب : تنشأ العيوب فى جبن الراس من التغيرات الإنزيمية التى تنشأ من التلوث البكتيري للبن الجبن والخثرة أثناء عمليات الصناعة وتكون عادة مرتبطة بالطعم المر bitter ، الفاكهي fruity والزنخ rancid . كما قد تنشأ عيوب السطح نتيجة نمو الفطريات وتلف القشرة . وقد تتعرض الجبن الراس لعيب الغاز المبكر والمتأخر نتيجة تلوث اللبن والخثرة بالميكروبات المسببة لهذه العيوب وأنخفاض حموضة الخثرة وكذلك محتوى الملح .

١٩-٢- الجبن الجافة المحتوية على عيون غازية

تعتبر وجود العيون eyes من الصفات المميزة لأنواع معينة من الجبن الجافة والمعروفة بالجبن السويسرية Swiss ، مثل الأمينتال Emmental والجرويير Gruyere . تتكون العيون نتيجة أنطلاق CO_2 فى الجبن بفعل بكتريا حامض البروبيونيك propionic acid bacteria . يكون الغاز الناتج فقاقيع فى الجبن ، التى تزداد فى الحجم تبعاً لمعدل إنتاج الغاز ، وطبيعة خثرة الجبن . عند صناعة هذه الأنواع ، فإنه من الضروري إنتاج خثرة مرنة بدرجة كافية تسمح بتكوين العيون وصلبة لحد ما بحيث تحافظ على الشكل ، ويكون حامض البروبيونيك الناتج أملاحاً تساهم فى طعم هذه الجبن .

١٩-٢-١- جبن الإمينتال Emmental

أشتق هذا الأسم من وادي نهر Emmen فى مقاطعة بيرن بسويسرا ، حيث نشأت هذه الصناعة منذ عدة قرون . تصنع الجبن السويسرية التقليدية فى أحجام كبيرة يتراوح قطرها من ٦٧ - ٧٨سم وتزن ما بين ٧٠ - ٨٠ كجم . حالياً يصنع جبن الأمينتال بدون قشرة ، على هيئة قوالب تزن حوالي ٤٠ كجم . الجبن الناتج له قوام مرن ، ذو تركيب ناعم به عديد من العيون الكبيرة (تتراوح بين ١-٢سم فى القطر) التى يجب أن تكون ناعمة ولامعة وتتميز بطعم حلو يشبه المكسرات.

طريقة الصناعة : يعدل تركيب اللبن المرتفع الجودة عن طريق تعديل نسبة الدهن إلى ٢,٨ - ٣,١ % ليعطي جبن يحتوى على ٤٥ % دهن فى المادة الجافة (FDM). قد ينقي اللبن ثم يرفع درجة حرارته إلى ٣٠ - ٣٥°م ، ويضاف إليه بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة العالية thermophilic starter . يتكون هذا البادئ بصفة عامة من ٠,٠٣ - ٠,١ % *Str.thermophilus* ٠,٢ % *Lb.helveticus* أو *Lb.delbrueckii* ssp *bulgaricus* ، بالإضافة إلى بضع نقاط (١-٢,٥ مل /١٠٠٠ لتر لبن) من Propionibacteria . يضاف مستخلص المنفحة (١٦ مل /١٠٠ لتر لبن) ، بعد مضي ٢٥ - ٣٥ دقيقة تقطع الخثرة إلى شرائط ثم إلى مكعبات وفى النهاية إلى دقائق تبلغ حوالي ٣ ملم فى القطر . ترفع درجة حرارة الخثرة بعد ذلك إلى ٤٥°م بمعدل درجة واحدة كل دقيقتين ، ثم إلى ٥٣ - ٥٧°م بمعدل ١°م لكل دقيقة واحدة . هذه المعاملة مهمة جداً لقتل البكتريا غير المقاومة للحرارة . يصل وقت التسخين الكلي إلى حوالي ٤٥ دقيقة ، وعندما تصبح الخثرة صلبة بدرجة كافية تجمع الخثرة فى قماش خشن وترفع من الحوض وتوضع فى قالب أسطواني الشكل مصنوع من الخشب أو الصلب غير القابل للصدأ موجود فوق منضدة تصفية مع مكبس فوقه ، يكبس الجبن لمدة ٢٠ - ٢٤ ساعة ، يزداد خلالها الضغط بالتدريج حتى يصل إلى ١٥ كجم/كجم جبن ، ويقلب الجبن على فترات حتى يمكن التخلص من الشرش بصورة منتظمة . عندما تبرد الخثرة ، فإن بكتريا البادئ تتكاثر وتنتج الحموضة اللازمة لجعل دقائق الخثرة تلتصق ببعضها وتكون كتلة متماسكة مرنة.

بعد الكبس تبقى الجبن فى القوالب وتحجز فى غرفة التمليح عند ١٠°م لمدة ١-٢ يوم لتبرد ، تقلب على فترات ثم يرش الملح الجاف على السطح . ينزع الجبن بعد ذلك من القوالب ويغمس لمدة ٢-٣ أيام فى محلول ملحي يحتوي على ٢٣ % كلوريد صوديوم عند درجة حرارة بين ٨ - ١٢°م . تركيز محلول الملح مهم جداً ، عندما يغمس الجبن فى محلول ملحي ضعيف التركيز يصبح لزجاً ويظهر أطعمة غير مقبولة ويصبح محلول الملح كريهة الرائحة . يقلب الجبن مرة يومياً ويرش الملح فوق السطح ، حيث يساعد ذلك على المحافظة على تركيز محلول الملحي ثابتاً بإحلال ملح بدلاً من الملح الذى قد أمتص فى الجبن ، بعد رفع الجبن من المحلول الملحي ، يوضع فى مكان نظيف على ألواح خشبية جافة ، وتحجز فى غرفة مبردة (١٠-١٢°م ، ورطوبة نسبية ٨٠-٨٥ %) لمدة ٨-١٠ أيام. يمسح سطح الجبن يومياً بقطعة قماش مبللة بمحلول ملحي ويقلب ثم يملح تمليحاً جافاً ، بالنسبة للمرحلة التالية من التسوية ، ينقل الجبن إلى غرفة دافئة (١٨-٢٣°م ورطوبة نسبية ٨٠-٨٥ %) لتشجيع نمو البكتريا المكونة للعيون ، يقلب الجبن عدة مرات على فترات منتظمة خلال ٤-٨ أسابيع التالية ، وينظف ويغسل بالمحلول الملحي لمنع نمو الفطر . يأخذ الجبن شكلاً مستديراً بدرجة بسيطة وعندما تتكون العيون بشكل مرضي تنقل إلى غرفة التسوية (١٣°م و ٨٠ - ٨٥ % رطوبة) حيث يغسل ويقلب الجبن على فترات منتظمة خلال فترة التسوية المتبقية (٣-٩ شهور) .ويحتاج ظهور الطعم المميز لهذه الجبن ٦ شهور على الأقل.

الجودة الميكروبيولوجية للبن : تصنع الجبن السويسرية عادة من اللبن الخام وبالتالي فإن الظروف الميكروبيولوجية للبن تعتبر عاملاً مهماً فى إنتاج جبن مرتفع الجودة . ووجود بكتريا القولون بأعداد كبيرة قد يتداخل مع إنتاج الحموضة بواسطة بكتريا البادئ وبالتالي تخفض جودة الجبن . بكتريا *Enterobacter aerogenes* تثبط Lactobacilli و *E.coli* تثبط Streptococci .

بعض Micrococci يثبط والبعض الآخر يشجع إنتاج الحموضة بواسطة بكتريا البادئ ، وبالتأكيد فإن أعداد قليلة من Micrococci فى لبن الجبن تقلل من العيوب الناشئة عن إنتاج الحموضة بدرجة غير كافية ، يمكن أن تسبب

البكتريا المتجرثمة اللاهوائية (خاصة *Cl.tyrobutyricum*) عيب الغـــاز المتـــأخر (الإنتفاخ المتأخر) فى الجبن ، أما بالنسبة للبن الخام المخزن لعدة أيام عند درجـــة حرارة الثلاجة ، فإن البكتريا المتحملة البرودة يمكن أن تتكاثر ، وعندما توجـــد بأعداد كبيرة تعطي تغيرات فى اللبن نتيجة لتحلل الدهن.

تحسن تنقية اللبن من جودة جبن الأمينتال بالرغم من أنها قد تخفض نســـبة الرطوبة فى الجبن ، وقد يكون هناك فاقد من الدهن فى الشرش ، كمـــا أن هـــذه المعاملة (التنقية) تحسن من تكاثر بكتريا البادئ فى حين تقلل من عدد العيـــون فى الجبن لكن تزيد من حجمها . بالإضافة إلى ذلك فإن عملية التسوية تكون بطيئـــة لحد ما ويصبح الجبن أكثر صلابة ، يمكن التغلب على عيوب التنقية عـــن طريـــق ضبط درجة الحرارة ومعدل السريان أثناء التنقية .

تجرى عملية التخلص من البكتريا بالطرد المركزي (Bactofugation) عنـــد درجة حرارة عالية (٦٠°م) ، فى السويد لإزالة جراثيم Clostridia مـــن اللـــبن المستخدم فى صناعة جبن Grevé ، نوع مشابه لجبن الأمينتال به عيون مستديرة . وقد وجد أن هذه المعاملة مفيدة لجبن الأمينتال لكن تتوقف كفاءتها علـــى عـــدد الجراثيم الموجودة فى اللبن والتى يجب أن لا تكون أكثر من دورة لوغاريتمية فـــوق حد الأمان ٢٠٠/مل . فى المصانع الكبيرة المنتجة لجبن الامينتال عند تجميع اللـــبن من مزارع بعيدة ، قد يتطلب الأمر تخزينه قبل استعماله ، فإن اللبن عادة يســـخن دائماً قبل تصنيع الجبن إلى ٦٢°م لمدة ٣٠ثانية ، تخفض درجة حرارة البسترة عدد البكتريا غير المرغوبة ، وبالتالي يمكن تصنيع جبن مرتفع الجودة من لبن ســـخن إلى ٦٨ – ٧٤°م لمدة ١٥ثانية . أعداد كبيرة من البكتريا يمكنها أن تتحمل درجـــة حرارة أقل من ٦٨°م ، فى حين أن التسخين إلى درجة حرارة أعلى مـــن ٧٤°م تسبب تغيرات فى الكازين ، والتى تؤدي بدورها إلى عيوب فى القـــوام والعيـــون وظهور شروخ أو شقوق فى الجبن . تستخدم التسخين thermization إلى درجـــة حرارة مرتفعة بدون حجر فى بعض الدول التى تعتبر البسترة معاملة شديدة .

البادئات Starters : تلعب بكتريا حامض اللاكتيك المحبة لدرجـــات الحـــرارة المرتفعة دوراً رئيسياً فى تصنيع وتسوية الجبن السويسرية ، ويجب أن تكون مقاومـــة للحرارة وقادرة على النمو عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً ، وتتحمـــل درجـــة

حرارة الطبخ والاستمرار فى النمو أثناء التصنيع . يحدد معدل تقدم الحموضة أثناء التصنيع فى الحوض والكبس pH ، الحموضة والرطوبة وقوام وتركيب الجبن وكذلك جودته. الميكروبات المستخدمة والأكثر شيوعاً هى *Str.thermophilus* و *Lb.helveticus* و *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* .

تعتبر Propionibacteria ضرورية لظهور الطعم المميز وتكوين العيون فى الجبن السويسرية ، حيث أنها تخمر حامض اللاكتيك والكربوهيدريت وكحولات عديدة الإيدروكسيل إلى أحماض البروبيونيك والخليك وCO_2 ، كما انها تنمو ببطئ وتفضل الظروف اللاهوائية وpH المثالي لها بين ٦,٠ – ٧,٠ (بحد أقصى ٨,٥ وأدنى ٤,٦) ودرجة حرارة نموها المثلى ٣٠°م ، لكنها تبقى حية لمدة تصل إلى ٨ أسابيع عند التخزين عند ٥°م ، كما إنها تتميز بمقاومة منخفضة للملح ، بينما يوجد اختلاف بين السلالات فى درجة تأثرها بالمضادات الحيوية ، حيث يثبط البنسلين والإستربتوميسين تسوية الجبن السويسرية العادية . يشجع وجود *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* و *Lb.helveticus* نمو Propionibacteria وبالتالي تنتج كمية أكبر من حامض البروبيونيك وCO_2 والتى بدورها تحسن طعم الجبن.

دور المجموعة الميكروبية فى التصنيع والتسوية : أثناء تصنيع الخثرة فإن أعداد *Str.thermophilus* تزداد ببطء وثبات ، لكن بمعدل أكبر عند درجات الحرارة المرتفعة القريبة من السمط ، وقد تنخفض أعداد *Lb.delbrueckii* spp. *bulgaricus* . وقد تسمح درجة حرارة الطبخ المنخفضة للبكتريا غير المرغوبة بالنمو ، وبالتالي تسبب عيوباً فى الجبن ، وتساعد عملية التصفية والكبس فى تحديد نسبة الرطوبة فى الخثرة وتشجع من تقدم الحموضة والتى تساعد على التصاق دقائق الخثرة ببعضها . تتم عملية التصفية والكبس عند درجة حرارة الغرفة (٢٠°م) وتستمر لمدة ٢٠ – ٢٤ ساعة . خلال هذه المرحلة ، فإن درجة حرارة الجبن تنخفض من ٥٠°م وتحدث زيادة فى نمو بكتريا البادئ وإنتاج الحموضة مع انخفاض درجة الحرارة . ونظراً لأن التبريد يكون أسرع عند سطح الجبن ، فإن بكتريا حامض اللاكتيك المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة تبدأ فى التكاثر خلال الساعات القليلة الأولى من الكبس . تتكاثر *Str.themophilus* أولاً منتجة حامض

اللاكتيك بالقرب من السطح الخارجي للجبن خلال ٢ – ٣ ساعات وتصل إلى أقصى عدد لها ١٠^٨/جم عند مركز الجبن و ١٠^٩/جم عند السطح الخارجي في الثلاث ساعات التالية . تبدأ Lactobacilli في التكاثر في المراحل المتأخرة ، فمثلاً *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* تتكاثر بعد ٤ – ٥ ساعات ، *Lb.helveticus* بعد ٦ – ٨ ساعات ، فتصل إلى الحد الأقصى لها خلال ٢٠ ساعة ، بينما يصل العدد مرة أخرى عند مركز الجبن أقل بمقدار ١٠ أضعاف عن السطح الخارجي . يتكون حامض اللاكتيك بمعدل أسرع عند السطح الخارجي للجبن ، لذلك فإن اللاكتوز ينتشر من مركز الجبن في اتجاه السطح الخارجي حيث يستهلك اللاكتوز وتكون كمية اللاكتوز أقل عند مركز الجبن ، حيث تكون درجة الحرارة مناسبة لنشاط بكتريا حامض اللاكتيك . عند رفع الجبن من المكبس (خلال ٢٤ ساعة) لا يبقى أي لاكتوز ، وتوجد لاكتات عند السطح الخارجي بنسبة أكبر من المركز . تؤثر هذه التغيرات البيوكيميائية على نمو Propionbacteria ، وتكوين CO_2 وأحماض دهنية طيارة . يجب أن يكون pH للجبن عند رفعها من المكبس (عمر ٢٤ ساعة) بين ٥,٢ – ٥,٣ ، وإذا كان أعلى من ذلك فإنه قد تنشأ عيوباً في تكوين العيون والطعم ، لكن إذا تم تثبيط بكتريا البادئ بفعل بقايا المضادات الحيوية الموجودة في اللبن ، فإنه قد يحدث إنتفاخ في المراحل المبكرة .

تمليح الجبن من الخارج عن طريق الغمر في محلول ملحي ، أو دعك الملح على السطح ، يؤدي إلى تركيز الملح على السطح الخارجي للجبن ، وبالرغم من أن الملح ينتشر ببطء خلال كتلة الجبن أثناء الأشهر الأولى من التسوية ، فإن تركيزه يصل إلى ما بين ٠,٤ – ٠,٨ % لذا فإن الملح يستمر في الانتشار خلال الجبن وكذلك يوجد اختلاف في تركيز الملح في الجبن حيث يصل الحد الأقصى لهذا التباين حوالي ٤ – ٥ مرات بين السطح الخارجي (أعلى تركيز) والمركز (أقل تركيز) . هذا التباين له تأثير هام على المجموعة الميكروبية في الجبن . نظراً لأن Propionbacteria تثبط بتركيزات منخفضة نسبياً من الملح ، فإنها يجب أن تنمو عندما يكون الملح مركزاً بدرجة كبيرة عند سطح الجبن . وعموماً، فإن تكوين العيون بدرجة زائدة "oversetting" في الجبن يدل على انخفاض نسبة الملح في الجبن . عندما تنتقل الجبن عند عمر ٧ – ١٠ أيام إلى حجرة دافئة ، فإن

Propionic acid bacteria تنمو بسرعة ، ويصل عددها إلى 10^9/جم بعد ٤ – ٨ أسابيع ، وتبقى هذه المجموعة من البكتريا سائدة حتى نهاية فترة التسوية.

تتكون عملية تسوية أنواع الجبن السويسرية من تحلل بطئ لبروتين proteolysis ودهن lipolysis الخثرة مما يؤدى إلى تكوين الطعم ، كما فى جبن جافة أخرى ، وتخمر اللاكتات بواسطة Propionibacteria .

دور البادئ فى تسوية الجبن السويسرية : عموماً تصنع أنواع الجبن السويسرية Swiss cheese (الأمينتال Emmental والجرويير Gruyere) باستخدام *Lb.helveticus*, *Str.thermophilus* . درجات الحرارة المرتفعة والوقت المستخدم فى عملية طبخ الخثرة (٥٤°م لمدة تصل إلى ساعة) تمنع إنتاج الحموضة أثناء التصنيع . عندما تنخفض درجة الحرارة أثناء عمليات التشكيل molding والكبس pressing تتكون كميات كبيرة من الحامض . عندما تصنع جبن كبيرة الحجم (تصل إلى ٨٠ كجم فى حالة الأمينتال) ، تنخفض درجة الحرارة داخل الجبن بمعدل أبطأ عنه خارج الجبن . هذا التغيير فى درجة الحرارة تؤثر على أعداد بكتريا البادئ ، حيث تصل أعدادها إلى حوالي ١٠ أضعاف (10^9/جم) عند سطح قرص الجبن عنه عند مركز قرص الجبن (10^8/جم) . نتيجة لذلك ، يتم تمثيل اللاكتوز وإنتاج اللاكتات بمعدل أسرع عند سطح الجبن عنه عند مركز الجبن . تنمو *Str.thermophilus* بمعدل أبطأ ويصل إلى الأعداد القصوى بعد ١٥ أو ٢٠ ساعة من الصناعة .

بعض التغيرات البيوكيماوية والميكروبيولوجية التى تحدث فى أنواع الجبن السويسرية أثناء التصنيع والتسوية قد تم دراستها . تنمو *Str.thermophilus* أولاً ويحول اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز . يتخمر الجلوكوز إلى L-lactate ، بينما يفرز الجلاكتوز ويتراكم فى الجبن . ينمو *Lb.helveticus* فيما بعد أثناء التصنيع وتخمر الجلاكتوز وأي متبقيات من اللاكتوز إلى D-, L-lactate ، تتكون تركيزات أعلى معنوياً من L-lactate عن D-lactate .

خلال عملية التسوية ، تحجز أنواع الجبن السويسرية عند ٢٠ إلى ٢٣°م لعدة أسابيع لتشجيع نمو *Propionibacterium freudenereichii* ssp. *shermanii* ، الذى يخمر اللاكتات إلى بروبيونات وخلات وCO_2 :

3 lactate ⟶ 2 propionate + 1 acetate + 1 CO_2

غاز CO_2 الناتج يكون مسئولاً عن تكوين العيون eyes الكبيرة الموجودة فى كثير من هذه الجبن . تصنع جبن الأمينتال Emmental التقليدية من لبن خلم ، يحدث تخمر حامض البروبيونيك الذى يعزى إلى بكتريا حامض البروبيونيك PAB التى توجد طبيعياً فى اللبن الخام . على العكس ، عند استخدام لبن معامل حرارياً فى إنتاج جبن الأمينتال على مستوى تجاري ، يضاف عموماً مزارع متخصصة من *P.freudenereichii* ssp. *shermanii* إلى اللبن ، تفضل هذه البكتريا استخدام L-lactate قبل D-lactate ، وتزداد هذه البكتريا وتصل إلى أعداد مرتفعة ($١٠^{٩}$/جم) فى الجبن . تحتوى جبن الأمينتال المسواه عموماً على كميات ضئيلة جداً من اللاكتات .

بكتريا حامض البروبيونيك PAB تكون هامة فى تحويل اللاكتات إلى بروبيونات وخلات وCO_2 أثناء تسوية جبن الأنواع السويسرية . بالرغم من أن هذه البكتريا تنتج الكتاليز catalase positive ، فإنها تنمو بدرجة أفضل تحت ظروف لاهوائية عنه تحت ظروف هوائية . قدرة هذه البكتريا على تحلل البروتين والدهن ليست هامة فى الجبن بصفة عامة.

١٩-٢-٢- جبن الجروير Gruyere

يشبه جبن الجروير لحد كبير جبن الأمينتال فى المظهر والطبيعة وطريقة الصناعة . الاختلاف الرئيسي يتمثل فى تكوين العيون وفى حجم أقراص الجبن وفى القشرة . تحتوى جبن الجروير على عيون أقل وأصغر فى الحجم ، وحجم القرص أصغر وله قشرة خشنة ، لونها بنى داكن مع مظهر زيتي خفيف لامع . تحدث التسوية السطحية بواسطة *Br.linens* بدرجة معينة تعطي لجبن الجروير طعمها المميز.

العيوب :

- **أطعمة غير مرغوبة نتيجة تحلل الدهن Lipolytic off-flavors**: تخزين اللبن عند درجات حرارة منخفضة لعدة أيام قد يسبب مشاكل نتيجة نمو البكتريا المتحملة البرودة psyshrotrophic bacteria المحللة للدهن lipolytic .

- **الإنتفاخ المبكر Early blowing** : تثبيط بكتريا البادئ بواسطة المضادات الحيوية الموجودة فى اللبن ، انخفاض درجة حرارة المعاملة الحرارية بدرجة كبيرة و/أو انخفاض درجة حرارة السمط (الطبخ) قد يؤدى إلى نمو البكتريا غير المرغوبة (مثل *Aerobacter aerogenes*) مسببة إنتاج غاز فى الخثرة أثناء عملية الكبس .
- **التخمر الثانوي Secondary fermentation** : قد يحدث تخمر ثانوي يعد تكوين العيون المرغوبة بواسطة بكتريا حامض البروبيونيك ، مما يؤدى إلى تكوين عيون أكثر وتكوين شقوق فى الجبن ، نظراً لأن تركيب الجبن زائدة التسوية تكون غير مناسبة لتكوين العيون . إنتاج CO_2 المتأخر قد يعزى إلى نزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأمينية بواسطة Enterococci (مثل *Ent.faecium, Ent.durans* ، *Ent.faecalis*) ، أو إلى تنشيط بكتريا حامض البروبيونيك بواسطة أحماض أمينية حرة (مثل حامض الجلوتاميك) المتكونة بواسطة Enterococci ، أو نتيجة تحلل البروتين بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك (مثل *Lb.lactis*) . يثبط *Lb.helveticus* التخمر المتأخر.
- **الإنتفاخ المتأخر Late blowing** : الإنتاج غير الطبيعي لغاز CO_2 أثناء التسوية عادة ينتج بواسطة أنواع من Clostridia المخمرة للاكتات lactate-fermenting (مثل *Cl.tyrobutyricum*) . تنتج هذه الميكروبات كميات كبيرة من حامض البيوتريك و CO_2 ، وتسبب فساداً شديداً للجبن السويسرية . توجد هذه الأنواع من البكتريا بأعداد كبيرة فى اللبن الناتج أيضاً من أبقار تم تغذيتها على سيلاج silage ، أعداد تزيد عن ٢٠٠/لتر تعتبر كافية لجعل الجبن أكثر عرضة لحدوث هذا العيب.
- **تكوين العيون بدرجة زائدة Oversetting** : قد تتكون أعداد كبيرة من العيون الصغيرة نتيجة النمو الزائد لبكتريا حامض البروبيونيك ، وقد يرجع ذلك عادة إلى نقص الملح أو الحموضة فى الجبن .
- **عدم تكوين العيون Lack of eye formation** : بكتريا حامض البروبيونيك حساسة جداً للملح والحموضة ، التركيزات المرتفعة من الملح والحموضة يمكن أن تثبط نمو هذه البكتريا . كما أن ارتفاع تركيزات الملح والحموضة قد

يسبب أيضاً فقد المرونة elasticity فى الخثرة ، التى تؤدي إلى حدوث شقوق بدلاً من المطاطية stretching عندما تتكون العيون ، يعرف ذلك بالعيب الزجاجي glass defect .

- **أطعمة غير مرغوبة off-flavors متنوعة** : تتكون هذه العيوب فى الجبن إذا كانت الميكروبات غير المرغوبة قادرة على النمو . جميع الميكروبات المنتجة للغاز تكون مركبات تسبب أطعمة غير مرغوبة ، مثل خمائري yeasty ، متخمر fermented ، غير نظيف unclean ومتعفن putrid .

٢٠- الجبن النصف جافة

تختلف الجبن النصف جافة semi-hard cheese بدرجة كبيرة ، حيث تلعب بكتريا حامض اللاكتيك دوراً واضحاً فى تصنيع الجبن وتقدم عملية التسوية وظهور الطعم والنكهة . تتراوح الاختلافات من خثرة كيرفيلي Caerphilly الطازجة الحامضية إلى لانكاشير Lancashire المفككة المفرولة ذات الطعم القوي ، والجبن المقفولة التركيب ذات الطعم المعتدل والخثرة المغسولة ، الأيدام والجودا . جميع هذه الأنواع من الجبن تصنع من لبن كامل أو منخفض الدهن مع إضافة بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة ، تقطع الخثرة المتكونة بفعل المنفحة إلى قطع كبيرة وتسمط عند درجة حرارة معتدلة ، وبالتالي تحتوى على نسبة مرتفعة من الرطوبة واللاكتوز . توجد اختلافات فى خطوات صناعة هذه الجبن وذلك للتحكم فى نمو بكتريا حامض اللاكتيك وتقدم الحموضة فى الخثرة . هذه الاختلافات تحدد pH اللجبن الطازجة وتسبب اختلافات كبيرة بين جبن أنواع هذه المجموعة . تتميز خثرة كيرفيلي ولانكاشير بتركيب مفرول وخثرة حامضية (pH ٥,٠ – ٥,٢) ، بينما أنواع أخرى مثل الأيدام والجودا تكون الحموضة أقل (pH ٥,٣ – ٥,٤) حيث يستبدل جزء من الشرش بالماء لخفض اللاكتوز والحد من إنتاج الحموضة ، ويكون القوام مرن والتركيب مقفول .

٢٠-١- جبن الأيدام Edam والجودا Gouda

نشأت هذه الأنواع فى هولندا حيث إنها أكثر أنواع الجبن المصنعة أهمية ، وقد تم ميكنة (mechanized) صناعتها بالكامل . يصنع جبن الأيدام على شكل كور تزن حوالي ٢ كجم ، تغلف بشمع أحمر اللون للتسويق ، يصنع جبن الجودا على شكل أقراص صغيرة يزن كل منها بين ٣,٥ - ٢٥ كجم . هذا النوعان من الجبن عبارة عن خثرة غير حامضية ، تجبن بالمنفحة وتغسل الخثرة بالماء ، و pH كلا الخثرتين (٥,٣ - ٥,٤) وغياب حامض اللاكتيك اللازم لمنع نمو البكتريا المسببة للفساد يوضح أهمية استعمال لبن مرتفع الجودة الميكروبيولوجية لتصنيع هذه الأنواع من الجبن . عملية إزالة الميكروبات بالطرد المركزي Bactofugation تحسن من جودة اللبن المستخدم فى صناعة جبن الجودا Gouda وبالتالي جودة الجبن الناتج يسبب إزالة عدد كبير من جراثيم Clostridia الموجودة فى اللبن.

طريقة الصناعة : يعدل تركيب اللبن ويبستر ثم يبرد إلى ٣٠ - ٣١°م . قد يضاف $CaCl_2$ (حتى ٠,٠٢ %) ونترات الصوديوم (لا يزيد عن ٠,٠٢ %) وملون قبل إضافة بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic بمعدل ٠,٥ % ، ثم تضاف المنفحة (٣٠ مل/١٠٠ لتر لبن) ، ثم تقطع الخثرة بعد مضي ٣٠ دقيقة من إضافة المنفحة إلى مكعبات بحجم ١٠ ملم ، تسمط الخثرة عن طريق إزالة جزء من الشرش واستبداله بماء درجة حرارته ٥٠ - ٦٠°م مما يؤدى إلى رفع درجة الحرارة فى الحوض إلى ٣٦ - ٣٧°م فى خلال ٣٠ دقيقة . تعادل كمية الماء المضافة ٢٥ % من كمية اللبن المستخدمة فى التصنيع ، حيث يقلل هذا التخفيف كمية اللاكتوز فى الخثرة ، وبالتالي يحد من نمو بكتريا البادئ . بعد تصفية الشرش ، تعبأ القوالب بالخثرة المرتفعة الرطوبة (pH ٥,٣ - ٥,٤) ثم تكبس. تملح الجبن بعد ذلك فى محلول ملحي (٢١ - ٢٦ % ملح طعام) لمدة ٢٤ - ٤٨ ساعة ، وتجفف للمساعدة على تكوين القشرة ، ثم تسوى لمدة ٦ أسابيع تقريباً (١٢ - ١٥°م ورطوبة نسبية ٨٥ - ٩٠ %) وتشمع أو تغلف الجبن بغشاء رقيق قبل التسويق .

تضاف فى صناعة هذه الجبن ١٥ جم $NaNO_3$ أو KNO_3 لكل ١٠٠ لتر لبن (كحد أقصى مسموح به فى صناعة أنواع من الجبن النصف جافة) ، حيث أنه

خلال فترة التسوية تختزل النترات nitrate إلى نيتريت nitrite التي تثبط نمو Clostridia ، وبالتالي تمنع من حدوث الإنتفاخ المتأخر فى الجبن late bloating cheese . النيتريت ليس لها تأثير على نمو بكتريا حامض اللاكتيك . جزء من النترات التى تضاف أثناء صناعة الجبن تفقد مع الشرش أو تتحلل إلى المحلول الملحي ، وجزء آخر من النترات يتحول إلى غازات حيث يتبقى فقط جزء صغير فى صورة نيتريت . فى حالة الجبن المصنوعة بدون إضافة النترات ، فإن النترات الناتجة طبيعياً تتراوح من ١ – ٨ ملليجم/كجم جبن ، بينما تتراوح فى الجبن المضاف إليها النترات من ١ – ٤١ ملليجم/كجم . وتشير المواصفات الهولندية أن متبقيات النترات فى الجبن يجب ألا تزيد عن ٥٠ ملليجم/كجم جبن .

وقد وجد أن محتوى النيتريت فى جبن الجودا المصنوعة من لبن مضاف إليه ٢٠ جم نترات /١٠٠ لتر لبن يرتفع إلى حد أقصى يصل إلى ٠,٧ ملليجم/كجم ثم ينخفض بدرجة كبيرة أثناء التسوية . فى هولندا الحد الأقصى المسموح به من النيتريت فى الجبن ٢ جزء فى المليون ، لكن الأرقام الحقيقية التى امكن التوصل إليها فى الأبحاث العديدة أقل من ذلك . تفاعل اللبيدات مع النيتريت يعتبر أحد العوامل المسببة فى انخفاض ملحوظ لمحتوى الجبن من النيتريت.

تصل أعداد بكتريا البادئ إلى أقصاها فى الخثرة عند نهاية عملية التصنيع أو بعدها بقليل ، وتنخفض الأعداد الحية لهذه البكتريا سريعاً بعد ذلك وتتحلل الخلايا بعد موتها وينطلق منها الإنزيمات الداخلية وتنتشر فى البيئة المحيطة .

التغيرات التى تحدث أثناء التسوية مطابقة لما يحدث فى الجبن الجافة الأخرى من ناحية تحلل الكازين بإنزيمات المنفحة والبروتينيز proteinases الناتج من بكتريا البادئ ، التى تحلل مركبات الكازين الوسطية إلى مرحلة متقدمة (بروتيوز وببتون) وهذه محددة الحد ما بارتفاع pH الخثرة الطازجة (٥,٣ عند عمر ٢٤ ساعة) . يزداد العدد الكلي للبكتريا فى الجبن بسرعة عند بداية عملية التسوية ثم ينخفض بعد ذلك ببطء . توجد *Lc.lactis* ssp. *cremoris* بأعداد كبيرة خلال ١٠ أيام الأولى ، ثم تختفي بعد ذلك بسرعة. تنمو لـ *Leuc.mesenteroides* ssp *dextranicum* بسرعة فى الأسبوع الأول ثم ينخفض بعد ذلك ببطيء . عندما تنمو بكتريا البادئ ، فإن pH الجبن ينخفض إلى ٥,١ عند ٣ أيام ، ويزاد تحلل

الكازين . تتباين قدرة سلالات معينة من بكتريا حامض اللاكتيك فى تحليل نواتج تحلل الكازين وفى تأثيرها على المجموعة الميكروبيولوجية وجودة جبن الأيدام.

نظراً لاحتواء جبن الجودا على كمية رطوبة أقل بدرجة ضئيلة ، فأنها تسوي لمدة أطول عن الجبن الأيدام ، وهذا يسمح بتحلل أكبر للبروتين وتكوين طعم أفضل فى هذا النوع من الجبن . يتكون عدد قليل من العيون الصغيرة الناتجة من بكتريا حامض البروبيونيك فى الجودا ، لكن يعتبر ذلك عيباً إذا وجدت فى جبن الأيدام .

العيوب : تتعرض جبن الجودا والأيدام إلى كثير من العيوب التى تصيب الجبن الجاف ، مثل نمو الفطريات (خاصة *Penicillium, Aspergillus*) وتكوين الغازات وظهور الأطعمة غير المرغوبة والمرارة.

٢١- الجبن النصف طرية المسواه سطحياً بالبكتريا

تشمل مجموعة الجبن النصف جافة المسواه سطحياً بالبكتريا bacterial surface-ripened semi-soft cheese عدداً من الأنواع التى تسوى أساساً من الخارج بواسطة مجموعة ميكروبية ، تشمل هذه المجموعة جبن البريك Brick ، اللمبرجر Limburger ، المونستر Munster وغيرها . جميع الأنواع تصنع من خثرة غير حامضية ، تجبن بالمنفحة وتسوى إلى حد ما بالتحلل البروتيني بواسطة بكتريا البادئ والمنفحة ، لكن نمو *Brevibacterium linens* على السطح مكونة طبقة حمراء برتقالية اللون مميزة تسهم كثيراً فى تسوية بعض الأنواع من الجبن ويؤثر فى نكهتها جميعاً .

طريقة الصناعة : طريقة التصنيع العامة متشابه فى جميع الأنواع . تصنع الجبن من لبن مبستر وكمية بسيطة من بادئ بكتريا حامض اللاكتيك ، حيث يستخدم بادئ *Lc.lactis* ssp. *lactis* بمفردها أو مع *Str.thermophilus* . تختلف كمية البادئ المضاف بين ٠,١ – ٠,٨ % طبقاً لنوع الجبن . تختلف كمية البادئ من ٠,١-٠,٢ % لجبن اللمبرجر إلى ٠,٨ % لجبن بروت دو سالو Port du salut .

تضاف المنفحة (٢٢ مل لكل ١٠٠ لتر لبن) عند ٣٠ – ٣٢°م ، تقطع الخثرة بعد ٣٠ – ٤٠ دقيقة إلى قطع صغيرة ثم تسخن جزيئات الخثرة فى الشرش .

تضبط نسبة الرطوبة فى الأنواع المختلفة عن طريق التحكم فى حجم الجزيئات ودرجة حرارة السمط ، ٣٥°م فى اللمبرجر ، وتصل إلى ٤٥°م فى البريك Brick. بعد التخلص من الشرش تعبأ الخثرة فى قوالب الجبن المناسبة ، توضع التوابع والأوزان على قمة الخثرة لزيادة التصاقها وصلابتها . تقلب الجبن باستمرار لعدة أيام ثم تغمر بعد ذلك فى محلول ملحي (٢٣ % NaCl) عند ١٠°م لمدة ٢٤ ساعة ، أو يملح السطح تمليحاً جاف لمدة ١ – ٢ يوم ثم يمسح بقماش مبلل بالمحلول الملحي . فى النهاية توضع الجبن على أرفف فى غرف التسوية ، فى خلال أيام قليلة تظهر طبقة لزجة ذات لون أحمر برتقالي على سطح الجبن ، هذا النمو اللزج يغطي كل السطح نتيجة توزيع البكتريا توزيعاً متجانساً . تختلف هذه الأنواع من الجبن فى الحجم ، والعلاقة بين سمك الجبن وقطر السطح تكون هامة ، فزيادة القطر أو السمك بدرجة كبيرة قد يسرع أو يبطئ من التسوية ، ويمكن أن يصبح الجبن زائد التسوية أو مر bitter بالقرب من السطح قبل أن ينضج داخل الجبن .

دور المجموعة الميكروبية فى التصنيع والتسوية : أثناء التصنيع تنمو بكتريا حامض اللاكتيك بسرعة ، وتستمر فى إنتاج حامض اللاكتيك أثناء تصفية الخثرة فى القوالب . يصل pH بعد ٢٤ ساعة إلى ٥,٠ تقريباً والذى يختلف باختلاف نوع الجبن . يتحكم معدل إنتاج الحموضة فى معدل طرد الشرش من الخثرة ، وبالتالي فى كمية الرطوبة المحتجزة فى الجبن حيث أنها تتأثر بعدد ونشاط البكتريا المنتجة للحموضة وبدرجة حرارة الغرفة . يؤدي إنتاج الحموضة السريع إلى خثرة جافة أو صلبة بدرجة زائدة أو إلى بطء أو عدم تصريف الشرش بدرجة كافية ، مما يؤدي إلى الحصول على خثرة طرية وحامضية وبالتالي فإن الجبن الناتج لا يتم تسويته بدرجة مقبولة.

المجموعة الميكروبية السطحية Smear : خلال يومين من الصناعة تظهر نمو الخمائر الهوائية المقاومة للملح و *Geotrichum candidum* على سطح الجبن ، وفى الأيام القليلة التالية عندما يرتفع pH نتيجة نشاط الميكروبات السطحية ، تنمو *Br.linens* ويظهر لون أحمر برتقالي (نتيجة تكوين صبغات كاروتينية carotenoid pigments أثناء نمو هذا الميكروب فى الضوء) ويصبح السطح لزجاً.

Br.linens نشطة جداً في تحليل البروتين ، وتتوقف درجة النمو على نوع الجبن حيث تصل أقصاها في جبن اللمبرجر لدرجة أن الجبن تصبح مماثلةلقوام الزبد الدافئ warm butter. معظم سلالات *Br.linens* لا تستطيع النمو عند pH أعلى من ٦,٠ . هذه البكتريا هوائية إجبارية ، وبالتالي تنمو على سطح الجبن ، كما أنها مقاومة للملح حيث تنمو في أكثر من ١٠ % NaCl . وقد لوحظ اختلافات كبيرة في طبيعة هذه الميكروبات ، التي لا تنتمي لبكتريا حامض اللاكتيك ، في مصانع مختلفة تستخدم لبن خام في صناعة الجبن . جزء من بكتريا Coryneform تم تعريفها كبكتريا *Br.linens* (مستعمرات برتقالية) ، ومن بين بكتريا *Micrococcaceae* ، تعتبر *Staph.saprophyticus* (مستعمرات بيضاء) ,*Micrococcus* spp. (مستعمرات صفراء) على جانب كبير من الأهمية .

التسوية Ripening : في هذه الجبن ، عندما تموت بكتريا البادئ فإن الخثرة تتعرض لدرجات مختلفة من تحلل البروتين والدهن مرتبطة بإنزيمات المنفحة والإنزيمات الناتجة من بكتريا البادئ . وظيفة الميكروبات السطحية smear وخاصة *Br.linens* المساهمة ، بدرجة ، أكبر أو أقل ، في الطعم المميز للجبن . وتتحكم في درجة نمو هذه الميكروبات ومساهمتها في طعم الجبن عن طريق : ١) كمية الرطوبة في الخثرة ، في الأنواع الأكثر جفافاً مثل بيل بيزا Bel Paesa ومونتيري Monterey ، تكون التسوية السطحية محدودة وبالتالي يكون الطعم ضعيف ، ٢) مساحة الجبن المعرض التسوية ، قد توضع الجبن فوق بعضها مما يحد من نمو *Br.linens* الزائد ، ٣) درجة حرارة وفترة التسوية و ٤) إزالة طبقة النمو السطحي . يتراوح طعم هذه الأنواع من المعتدل mild كما في Bel Paesa, Monterey إلى المتوسط كما في Brick, Munster إلى الطعم القوي كما في اللمبرجر Limbuger .

في جبن اللمبرجر ، فإن النمو السطحي يكون مسئولاً عن العديد من التغيرات أثناء التسوية . تستخدم *G.candidia* اللاكتات المتكونة وبالتالي يرفع pH عند سطح الجبن ، مما يؤدي إلى نمو *Br.linens* . الاختلاف في pH عند السطح ، ٦,٠٠ – ٧,٠ ، إلى ٥,٤ – ٥,٧ عند المركز يدل على أن معادلة

الحموضة مرتبطة بمنتجات الميكروبات السطحية أكثر من منتجات تحلل الكازين فى الجبن .

يحتوى *Br.linens* على ٣ – ٦ إنزيمات بروتييز خارجية extracellular proteases ، تشمل إنزيم a serine protease نشط عند pH أعلى من ٧,٠ . نشاط تحلل البروتين خلوياً (داخل الخلية) intracellular proteolytic activity لبكتريا *Br.linens* يكون أقل كثيراً من النشاط خارج الخلية extracellular activity . يحتوى هذا الميكروب أيضاً على إنزيم aminopeptidase خارجي وعدة إنزيمات exopeptidases خلوية (داخلية) ، مما يدل على القدرة على إفراز أحماض أمينية حرة التى تعتبر مصدراً لطعم الجبن . قد تساهم بكتريا Micrococci و Staphylococci فى تسوية الخثرة ، حيث تفرز بعض هذه الميكروبات إنزيم بروتييز خارجي exocellular protease يتراوح pH المثلى له من ٥,٥ إلى ٧,٥ ، الذى يكون نشطاً فى الخثرة . تحتوى هذه البكتريا أيضاً على بروتييز خلوي intracellular protease ، الذى يفضل تحليل β-casein أكثر من α_s-casein وإنزيم exopeptidases خلوي الذى يفرز أحماض أمينية حرة عند قيم pH قريبة من التعادل .

العيوب :

- **نمو الفطريات** . تعتبر نمو الفطريات فى الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا من أكثر العيوب أهمية نتيجة الفشل فى تكوين الطبقة السطحية اللزجة smear . وقد يحدث ذلك إذا كان سطح الجبن جاف جداً ، أو الرطوبة فى غرف التسوية منخفضة جداً . النمو البطئ للطبقة السطحية اللزجة smear يسمح بنمو الفطريات غير المرغوبة ، مثل أنواع *Penicillium* ، *Cladosporium* ، *Aspergillus* وغيرها .
- **الانتفاخ المبكر Early blowing** . قد تعاني جميع أنواع جبن هذه المجموعة من تكوين الغاز المبكر نتيجة نمو ميكروبات القولون coliforms أثناء تصفية الشرش والتمليح ، ما لم يستخدم لبن مبستر مرتفع الجودة .
- **الانتفاخ المتأخر Late blowing** . تكون جبن هذه المجموعة عرضة لتكوين الغاز المتأخر نتيجة لنمو Clostridia . إذا كان pH الخثرة بعد التصنيع ليس

منخفضاً بدرجة كافية (أقل من ٥,٣) أو محتوى الملح ليس مرتفعاً بدرجة كافية .

- **الحموضة الزائدة Over-acidity** . تكوين الحموضة بدرجة زائدة بواسطة بكتريا البادئ أثناء صناعة الجبن قد تسبب انخفاض pH الخثرة بدرجة سريعة (٤,٧ – ٤,٨) . هذا العيب شائع فى جبن البريك Brick .

٢٢- الجبن النصف طرية المسواه داخلياً بالفطر

هذه المجموعة internal mold-ripened cheese عبارة عن جبن نصف طرية semi-soft معرقة بالفطر الأخضر المزرق blue-viened cheese مثل الركفور (فرنسا) ، جروجونزولا (إيطاليا) ، الستلتون (المملكة المتحدة) . يعتبر جبن الركفور أشهر أنواع الجبن المعرقة بالفطر ، ويحمى التشريع الفرنسي هذا الجبن حيث يطلق جبن الركفور فقط على الجبن التى تصنع من لبن غنم بمقاطعة Aveyron وستة مقاطعات أخرى فى كورسيكا Corsica وبيرنيس Pyrenees ، حيث تشترك هذه المناطق فى أسلوب الزراعة ، سلالات الغنم ، المراعى والمناخ . يمكن أن يصنع الجبن فى معامل الألبان المحلية فى هذه المقاطعات ويرسل إلى الكهوف الواسعة لتسويته فى كوسى كومبالو Causee du Combalou ، وهى عبارة عن قباب واسعة من حجر الجير تطل على قرية ريكفور. والجبن الزرقاء Blue فى الدنمارك تصنع ، على هيئة قوالب أسطوانية بقطر ١٥ – ٣٠سم وارتفاع ١٠ – ٣٠ سم ، من خثرة نصف طرية مرتفعة الحموضة ، حيث تتقدم الحموضة ببطء أثناء مرحلة تصفية الشرش الطويلة . هذا الجبن لا يكبس ، حيث تترك الخثرة تلتصق ببعضها تحت تأثير وزنها . يمكن إضافة الملح إلى الخثرة الحامضية بعد تصفية الشرش وقبل تعبئتها فى قوالب الجبن (الستلتون) ، ربما يدعك سطح هذا الجبن بالملح ، حيث تتقدم الحموضة أثناء وجودها فى القوالب (الركفور والجروجونزولا). قد يتعرض الجبن المعرقة بالفطر فى البداية إلى بعض تحلل البروتين بفعل بكتريا البادئ وإنزيمات المنفحة ، لكن عندما يتم تخريم الخثرة حتى يسمح للهواء بالدخول إلى الجبن والفطريات الخضراء المزرقة مثل *Penicillium*

roqueforti أو *P.glaucum* بالانتشار خلال الجبن ، حيث يقوم بتحليل البروتين والدهن المسئول عن التسوية وظهور الطعم المميز لهذه الأنواع من الجبن .

صناعة الجبن :

اللبن : يستخدم فى صناعة هذه الجبن لبن مرتفع الدهن ، حيث أن تحلل الدهن يلعب دوراً هاماً فى ظهور الطعم المميز . يستعمل لبن الغنم بكثرة فى فرنسا ويعتبر أساسي وضروري لصناعة جبن الركفور . تصنع جبن الستلتون والجروجونزولا وغيرها من الجبن الزرقاء من لبن بقري ، وفى هذه الحالة يفضل إضافة قشدة إلى اللبن إذا كانت نسبة الدهن به منخفضة .

عادة يستخدم اللبن الخام فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر ، حيث يساعد إنزيم ليبيز اللبن الطبيعي فى تحلل الدهن أثناء عملية التسوية ، لكن يفضل حالياً بسترة اللبن للتغلب على ما قد ينشأ من عيوب عند استخدام اللبن الخام المنخفض الجودة الميكروبيولوجية وللمساعدة فى الحصول على جبن موحد الصفات والجودة. قد يتم تجنيس اللبن أو فصل قشدة اللبن وتجنيسها بمفردها وإعادتها إلى اللبن الفرز الناتجة منه ، حيث أن ذلك يؤدى إلى إنتاج خثرة ناعمة بالإضافة إلى احتفاظها بنسبة عالية من الرطوبة ، وتسرع من تحلل الدهن بواسطة *P.roqueforti* نتيجة زيادة مساحة سطح الدهن بالتجنيس ، مما يؤدى إلى سرعة ظهور الطعم المميز لهذه الجبن .

البادئات : تستعمل بادئات بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic ، حيث أن نموها وإنتاج الحموضة يكون ضرورياً لحدوث تصفية كافية للخثرة . تتكون البادئات المستعملة عموماً من سلالات biovar *Lc.lactis* *Lc.lactis* ssp. *lactis, diacetylactis* وأنواع من *Leuconostoc* .

الفطريات : تضاف مزارع *P.roqueforti* على هيئة معلق مائي أو مسحوق جراثيم spore powder إلى اللبن قبل إضافة المنفحة أو يرش مع الملح على الخثرة . يتم تخريم الخثرة أثناء التسوية حتى يسمح للهواء بالدخول وخروج CO_2 من الجبن حتى يتمكن الفطر من النمو ويقوم بتحليل البروتين والدهن فى الجبن ليعطي الجبن المعرقة بالفطر الطعم الحريف المميز لهذه الجبن.

طريقة الصناعة : تصنع أنواع كثيرة من الجبن المعرقة بالفطر فى فرنسا من لبن الغنم، الماعز والأبقار ، ويطلق عليها أسم المكان الذى صنعت فيه . فى الولايات المتحدة ، أستراليا ، الدنمارك وإيرلندا ، يصنع الجبن المعرقة بالفطر بأتباع نفس المبادئ الأساسية فى إنتاج الحموضة العالية أثناء الفترة الطويلة لتصفية الشرش . فمثلاً يصل pH إلى ٤,٥ – ٤,٧ فى خلال ٢٤ ساعة ، حيث تكون هذه الزيادة البطيئة فى الحموضة كافية لطرد الشرش من خثرة المنفحة وتنتج جبن طري ناعم القوام ، مفتوح التركيب منخفض pH ويحتوى على ٤٨ – ٥٠ % رطوبة . يضاف كل من البادئ والمنفحة إلى اللبن ، وبعد تقطيع الخثرة يطرد الشرش عن طريق رفع الحموضة فقط ، حيث لا تسخن الخثرة أثناء التصنيع ولا تضغط ميكانيكياً بعد تعبئتها فى القوالب ، بل تقلب القوالب عدة مرات للحصول على تصريف كاف للشرش وصلابة كافية للخثرة بفعل وزنها . قد تسبب التغيرات فى طريقة الصناعة الإسراع فى صناعة وتسوية الجبن المعرقة بالفطر فى اختلافات كبيرة فى طعم الجبن ، فمثلاً يصنع الجبن الدنماركي من لبن مجنس وتملح الخثرة بنسبة كبيرة من الملح وتضاف جراثيم الفطر إلى الخثرة عن طريق الوخز لزيادة نموها الذى يساعد على تحلل الدهن بدرجة كبيرة وإظهار الطعم الملحي لهذا الجبن .

إضافة الملح إلى الخثرة قبل التعبئة فى قوالب أو إلى أقراص الجبن يخفض من محتوى الرطوبة ، وإذا أضيف الملح إلى الجبن فإنه يساعد فى زيادة صلابة السطح . عند هذه المرحلة عندما تملح الجبن ، فإن أعداد بكتريا البادئ يكون مرتفعاً ($١٠^{٩}$/مل) ، لكن انخفاض pH وزيادة تركيز الملح فى رطوبة الجبن يوقف نمو هذه الميكروبات ، وبعد مضي ٢ – ٣ أسبوع تبقى أعداد قليلة من الميكروبات حية ، ولا يوجد بكتريا أخرى بأعداد محسوسة خلال التسوية . فى الجبن المعرقة بسالفطر Blue cheese ، كلما طالت فترة التمليح ، كلما أنخفض مستويات النتروجين الذائب ،كما يحدث انخفاض ملحوظ فى تحلل الدهن lipolysis فى هذه الجبن عندما يزيد تركيز الملح عن ٦ % .

العملية المميزة فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر هى وخز وتخريم الجبن لإعطاء الهواء وجراثيم الفطر الفرصة للوصول إلى داخل الجبن . يخرم جبن الركفور والجروجونزولا عند عمر ٢ – ٣ أسبوع ، بينما جبن الستلتون عند

عمر ٥ – ٦ أسبوع . يظهر فطر *P.roqueforti* بصفة عامة بعد ٨ – ١٠ أيام من التسوية عند ١٠ – ١٣°م ورطوبة نسبية ٩٦ % . ينتشر الفطر فى الجبن خلال القنوات فى الجبن الناشئة عن عملية التخريم ، ويصل إلى أقصى نمو فى خلال ٣٠ – ٩٠ يوم . وعموماً فإن أقصى نمو للفطر يظهر فى مركز الجبن نظراً لانخفاض تركيز الملح . كما أن الفطر ينمو تحت تركيزات منخفضة من الأكسجين (٥ %) . تغلف الجبن برقائق الألمونيوم بعد ذلك أو تنقل إلى غرفة مبردة لخفض معدل التسوية أثناء الفترة المتبقية من التسوية.

يعتمد وجود *P.roqueforti* كعامل تسوية رئيسي فى الجبن المعرقة بالفطر على أن هذه الأنواع من الفطريات تكون أكثر مقاومة للملح المرتفع وتركيز الأكسجين المنخفض ولتركيز CO_2 المرتفع ، كما أنه يضاف بأعداد كبيرة إلى خثرة الجبن .

خلال عملية الصناعة وحتى تتكون القشرة على سطح الأقراص ، فإن الجبن المعرقة بالفطر تكون عرضة للإصابة بالفطريات المنتشرة فى الهواء ، تكوين قشرة غير منفذة وناعمة نسبياً تكون ضرورية لوقاية الجبن خلال مراحل التسوية ، يختلف نوع هذا الغلاف أو القشرة طبقاً لنوع الجبن . تتأثر المجموعة الميكروبية الموجودة على السطح بعوامل كثيرة ، مثل pH ، كمية الرطوبة وتركيز الملح . عادة تنمو الخمائر المتحملة الملح salt-tolerant yeasts أولاً ، حيث يرتفع pH مما يسمح للميكروبات الأخرى بالنمو . يمكن أن يظهر اللون الأحمر البرتقالي نتيجة نمو *Br.linens* ويصبح السطح لزجاً slimy[zl] (مثل الجبن الأزرق Blue cheese الأمريكي) . عندما يصبح سطح الجبن أكثر جفافاً (مثل جبن الستلتون) ، فإن الخمائر و Lactobacilli توجد بصفة منتظمة مع البكتريا المتجرثمة الهوائية aerobic spore-formers والبكتريا الكروية المنتجة للصبغات pigmented cocci وبكتريا القولون coliforms التى توجد بصورة غير منتظمة ومتباينة فى الأعداد ، وغالباً ما يكون نوع الغلاف مرتبطاً بطبيعة غرف التسوية.

التسوية : تحتوى الخثرة فى البداية على مجموعة متباينة بدرجة كبيرة من الميكروبات، تشمل بكتريا حامض اللاكتيك، خمائر، Micrococci وبكتريا القولون . أثناء المراحل المختلفة من التسوية ، فإن كل مجموعة أو نوع ينمو ويتطور بطريقة

مختلفة. خلال الأيام القليلة الأولى ، يتحول اللاكتوز إلى حامض لاكتيك بواسطة بكتريا البادئ ، ويحدث تغيير ضئيل فى الميكروبات الكلية والخمائر . قبل فترة التمليح يكون اللاكتوز المتبقي حوالي ٤,٥ جم/كجم من الجبن ومحتوى L-lactate ١٦,٠ جم/كجم من الجبن . تنخفض بدرجة سريعة أعداد Micrococci وبكتريا القولون على سطح الجبن . أثناء التسوية فى الغرف المبردة ، ينخفض معدل التخمر وترتفع أعداد الخمائر وبالتالي بنخفض محتوى الجبن من حامض اللاكتيك .يغير التمليح من التوازن بين الميكروبات المختلفة بدرجة كبيرة . على سطح الجبن ، حيث يكون تركيز الملح مرتفعاً ، ينخفض المحتوى الميكروبي الكلي وكذلك أعداد الخمائر ، بينما يحدث تغيير ضئيل فى مركز الجبن ، حيث لا يصل تركيز الملح إلى الحد الأقصى له حتى ١٠ أيام بعد التمليح . خلال هذه الفترة ، تبقى أعداد الخمائر ثابتة وترتفع أعداد Micrococci . تتلوث الجبن بـ Micrococci من الملح وتتكاثر بمعدل سريع ، وتحل محل Staphylococci تماماً وتصبح الفلورا السائدة على السطح.

بعد تغليف الجبن فى رقائق الألمونيوم aluminum foil ، تبقى أعداد الخمائر السطحية Micrococci, surface yeasts تقريباً ثابتة . تزداد أعداد Micrococci داخل الجبن ، وقد يعزى ذلك إلى نمو *P.roqueforti* . يتم تنشيط نمو هذا الفطر نتيجة تخريم الجبن بواسطة أبر needles ، التى تسمح بدخول الهواء إلى الجبن ويساعد على زيادة جراثيم الفطر . تموت بكتريا القولون بصفة مستمرة ، لكن ليس بمعدل ثابت أثناء التسوية . بالإضافة إلى ذلك ، مع تقدم التسوية تقل كمية الأكسجين ويزداد CO_2 وتصبح الظروف غير ملاءمة لنمو أنواع أخرى من الفطريات ، *P.roqueforti* أكثر مقاومة لهذه الظروف عن الأنواع الأخرى من الفطريات . مع تقدم الفطر فى النمو يتحلل الكازين ويزداد قوام الجبن طراوة . إنزيمات البروتينيز proteinases الناتجة من الفطر تسبب هذا التحلل مما يؤدى إلى زيادة ملحوظة فى كمية النتروجين الأميني ، ويكون ذلك أكثر وضوحاً خلال الشهور الأولى من فترة التسوية وتستمر هذه الزيادة ببطء أثناء تسوية الجبن .

تحليل البروتين يكون شديداً فى الجبن المعرقة بالفطر ، حيث يمثل النتروجين الذائب حوالي ٥٠ – ٦٠ % من النتروجين الكلي عند pH ٤,٦ . يحتوي هذا

الشق أساسا على ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية ، تمثل الأحماض الأمينية حوالي ١٠ % من النتروجين الكلي . تحليل البروتين يكون أقل على السطح الخارجي للجبن عنه فى داخل الجبن ، وقد يرجع ذلك إلى تثبيط *P.roqueforti* بواسطة الملح . يحتوى *P.roqueforti* على نظام معقد لتحليل البروتين يتضمن إنزيمات a metalloproteinase ، an acid carboxy peptidase, aspartate proteinase ، an alkaline amino peptidase ، بالإضافة إلى an alkaline proteinase, an alkaline carboxypeptidase . ينشط إنزيم البروتينيز عند pH يتراوح بين ٥,٣ – ٧,٠ والنشاط الأمثل له عند pH ٦,٠ . أثناء التسوية يرتفع pH هذه الجبن من الحد الأدنى عند البداية بين ٤,٥ – ٤,٧ خلال ٢٤ ساعة الأولى إلى الحد الأقصى بين ٦,٠ – ٦,٤ خلال ٢ – ٣ شهور ، وقد يرجع ذلك إلى أن *P.roqueforti* يستخدم حامض اللاكتيك مما يؤدي إلى انخفاض pH فيما بعد وخاصة عندما تنفرد أحماض البيوتريك ، الكبرويك بالإضافة إلى الأحماض الدهنية طويلة السلسلة من الدهن بواسطة إنزيم الليبيز الناتج من الفطر .

تحلل الدهن ، مثل تحلل البروتين ، يكون أيضا شديدا فى الجبن المسواه بالفطر ، وقد وجد أن نسبة من الدهن قد تصل إلى ٢٥ % تكون فى صورة أحماض دهنية حرة فى بعض أنواع من الجبن المعرقة بالفطر . ينتج *P.roqueforti* نوعان من إنزيم الليبيز ، أحدهما حامضي (pH المثلى له ٦,٠ – ٦,٥) والثاني أكثر قلوية (pH المثلى ٧,٥ – ٨,٠) ، لكن يحتفظ بحوالي ٢٠ % فقط من نشاطه عند pH ٦,٠ . هذه الإنزيمات تكون نشطة عند pH ودرجة حرارة وتركيز الملح الموجود فى الجبن المسواه . قد يستخدم جزء من نواتج تحلل الدهن بواسطة الفطر ويزيد الأحماض الطيارة ويظهر الطعم المميز بدرجة واضحة . لذا فإن الطعم الحريف (طعم الفلفل peppery) للجبن المعرقة بالفطر قد يعزى إلى مركبات الميثيل كيتونات methyl ketones المشتقة من أحماض الكابروبك والكايربليك والكابريك .

يسود طعم ونكهة الجبن المعرقة بالفطر مركبات الميثيل كيتونات ، تحتوى على عدد ذرات كربون من ٣ – ١٧ وقد أمكن التعرف على بعضها فى الجبن . مركبات الميثيل كيتونات السائدة فى هذه الجبن هى 2-nonanone

و 2-heptanone . يتم تكوين الميثيل كيتونات بأتباع مسار β-axidation ميكانيكية تكوين مركبات الميثيل كيتونات بصفة عامة عبارة عن أكسدة الحامض الدهني إلى β-keto acid ونزع مجموعة الكربوكسيل من هذا الحامض وتحويله إلى ميثيل كيتونات ، يحتوي على عدد ذرات كربون أقل ذرة واحدة من الحامض الدهني ، أى أن تحويل الأحماض الدهنية إلى مركبات ميثيل كيتونات تتم على النحو التالي :-

١- أكسدة الحامض الدهني (β-oxidation)

$$CH_3\text{-}(CH_2)_6 - COOH + O_2 \longrightarrow CH_3 - (CH_2)_4 - CO - CH_2 - COOH + H_2O$$

caprylic acid — β-keto caprylic acid

٢- نزع مجموعة الكربوكسيل (decarboxylation)

$$CH_3\text{-}(CH_2)_4 - CO - CH_2 - COOH \longrightarrow CH_3 - (CH_2)_4 - CO - CH_3 + CO_2$$

β-keto caprylic acid — methyl –n-amyl keton

انخفاض تركيز الأكسجين يقلل من كمية الميثيل كيتونات المتكونة . هذه المركبات سامة للفطر عندما توجد بتركيزات مرتفعة ، وعليه فأنها تحد من النمو الزائد للفطر . يتناسب تكوين مركبات الميثيل كيتونات مع درجة تحلل الدهن . الجراثيم وكذلك الميسليوم تستطيع أن تؤكسد الأحماض الدهنية إلى ميثيل كيتونات . يعتقد أن مركبات الميثيل كيتونات ليس هى المكونات الوحيدة المسئولة عن طعم الجبن المعرقة بالفطر ، حيث يحتوى الجبن أيضاً على تركيزات محسوسة من الكحولات الثانوية، خاصة 2-nonanol, 2-heptanol, 2-pentanol، التى تتكون نتيجة إختزال الميثيل كيتونات المقابلة بواسطة *P.roqueforti* .

يمكن ملاحظة دور *P.roqueforti* فى تسوية الجبن المعرقة بالفطر عند غياب الطعم المميز والتغير فى تحلل البروتين فى الجبن المصنع بدون إضافة فطر إليه (مثل جبن الستلتون الأبيض) .

من المحاولات التى استخدمت للإسراع من ظهور الطعم ، إضافة إنزيم الليبيز الحيواني animal lipase يزيد من كمية الأحماض الدهنية الطيارة فى الجبن المعرقة بالفطر ويسرع من ظهورها . كما أن الطعم المميز لجبن الركفور يظهر بدرجة أسرع عن الجبن المصنع بالفطر فقط ، لكن قد يصاحب ذلك ظهور طعم

مر bitter . وقد وجد أن استخدام خمائر *Candida lipolytica* يسرع من تسوية الجبن المعرقة بالفطر الناتجة من لبن مبستر مجنس فى الولايات المتحدة الأمريكية ، لكن لم يستخدم هذا الأسلوب على مستوى الصناعة.

العيوب :

- **تكوين غازات Gassiness** : انخفاض pH وارتفاع تركيز الملح فى الجبن الحديث المعرقة بالفطر أثناء التسوية مع استخدام درجات حرارة منخفضة فى التسوية يوفر ظروف غير ملاءمة لنمو البكتريا المسببة للفساد ، لذا فإنه نادرا ما يتكون الغاز . انطلاق الأحماض الدهنية الطيارة فى المراحل المبكرة من التسوية ، خاصة إذا تم تجنيس اللبن ، يثبط العديد من البكتريا ، وبالتالي يساعد على الحد من نمو البكتريا المسببة للفساد.
- **عدم نمو الفطر Failure to blue** : عدم نمو *P.roqueforti* بدرجة ملاءمة وبالتالي انخفاض درجة تحلل البروتين والدهن يعطى للجبن صلابة وطعما ناقصا . قد يرجع النمو الضعيف للفطر إلى ارتفاع الحموضة المتكونة فى الخثرة مما يساعد على إنتاج خثرة ذات تركيب مقفول أو نتيجة للزيادة الكبيرة فى الحموضة التى تجعل الخثرة أكثر جفافا . كما أن انخفاض الرطوبة فى غرف التسوية تسبب زيادة فى جفاف الخثرة ويؤثر على نمو الفطر . قد يرجع اللون الضعيف للفطر إلى أنواع أو سلالات *Penicillium* المستخدمة أو ربما لنقص الحديد فى اللبن.
- **نمو الفطر الزائد Over bleuing** : قد ينمو الفطر بدرجة زائدة إذا تم تخريم الجبن بدرجة زائدة مما يؤدى إلى حدوث اختلال فى نسبة الأكسجين إلى CO2 ، ويمكن الحصول على اللون الأزرق الجيد لكن الأحماض الطيارة قد تستخدم فى تمثيل الفطريات ، إلا أن الطعم المرغوب لا يتكون بعد تحت الظروف غير المناسبة وقد يتكون الطعم العفن غير النظيف.
- **عيوب السطح Surface defects** : يمكن أن تسبب هذه العيوب فقدا كبيرا، كما يمكن أن ينمو عادة الفطر الأسود ، عادة نوع من *Cladosporium* على السطح وفى الثقوب مسببا طعم فطرى musty . تشميع الجبن بالبلرافين

أو التغليف بأغشية الكريوفاك Cryovac أو رقائق الألمونيوم بعد الحصول على نمو مقبول للفطر يحافظ على الجبن .

- **اللبن البني Browning** : اللون البني الناشئ عن الفطر يعتبر عيباً شائعاً ، وقد وجد أن ظهور هذا اللون يكون مصحوباً بارتفاع pH بين ٨ – ٨,٥ فى الجبن .
- **انفصال قشرة الجبن Slip-coat** : انفصال قشرة جبن الستلتون والحواف الطرية فى جبن الركفور من العيوب المرتبطة من تجمع الرطوبة تحت قشرة الجبن . وقد وجد أن الميكروبات النشطة فى تحليل البروتين ، *Ent.faecalis* (*liquefaciens*) و *Proteus vulgaris* مرتبطة بانفصال القشرة ، لكن لا يشكلان السبب الوحيد فى حدوث هذا العيب .

٢٣- الجبن الطرية

تشتمل الجبن الطرية soft cheese على مجموعة كبيرة من الأنواع المختلفة من الجبن التى تتميز بارتفاع محتوى الرطوبة فيها (٥٥ – ٨٠ %) وبالتالي فأنها أكثر عرضة للتلف . تصنع هذه الجبن من القشدة ، اللبن الكامل ، أو اللبن الكامل المعدل بإضافة قشدة ، أو من اللبن الفرز ، ويمكن الحصل على الخثرة باستخدام المنفحة أو الحامض أو الاثنين معاً . وإذا استخدم البادئ فأنه يكون من نوع بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة ، قد تقطع الخثرة بدرجة بسيطة أو لا تقطع وقد تسمط أو لا تسمط ، والجبن الناتج لا يكبس وبالتالي فإن تصريف الشرش يتم بفعل الضغط الناشئ عن وزنها ، وقد تتكون حموضة مرتفعة فى أنواع معينة ، وعادة تصنع الجبن فى أشكال أسطوانية صغيرة أو مستطيلة أو قوالب . بعض الأنواع تستهلك طازجاً ، خلال عدة أيام من صناعتها ، حيث يكون طعمها حامضي نظيف ويحدث بها تحلل بسيط للبروتين أو الدهن ، وهناك أصناف تسوى بالفطريات التى تنمو على السطح (مثل جبن البراي Brie والكممبير Camembert) أو بالبكتريا السطحية (جبن الرومادور Romadour) حيث يحدث تحلل للبروتين بدرجات مختلفة خلال فترة تسوية قصيرة تتراوح بين ١ – ٦ أسابيع.

كما يوجد أنواع أخرى من الجبن الطرية يعرف بالجبن الأبيض المملح (المخلل) white brined cheese ، تصنع من ألبان مختلفة (بقري ، جاموسي ، غنم) قد تضاف إليه بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة قبل المنفحة وتخزن الجبن الناتج فى محلول ملحي لأتمام التسوية (مثل جبن الفتا) . قد يضاف الملح مباشرة إلى اللبن (٥ – ١٢ % ملح) كما فى الجبن الدمياطي بأنواعه المختلفة ، الجبن الناتج قد يستهلك طازجا (مثل جبن الثلاجة) أو يخزن فى الشرش المملح الناتج من صناعة هذه الجبن فى صفائح محكمة القفل لفترة قد تصل إلى ٣ – ٤ شهور عند درجة حرارة الغرفة (مثل الجبن الدمياطي خزين) .

٢٣-١- الجبن الطرية المسواه سطحيا بالفطر

تشتمل هذه المجموعة surface mold ripencd soft cheesc على عدة أنواع من الجبن الطرية التى تصنع فى فرنسا وأكثرها انتشارا جبن الكممبير والبراي ، وهى عبارة عن جبن طرية كاملة الدسم تحتوي على ٤٥ – ٥٠ % دهن فى المادة الجافة FDM وعلى ٥٥ % من الرطوبة كحد أقصى ، وعموما تصنع من لبن بقري ، وقد يستخدم لبن الغنم والماعز فى صناعة بعض الأنواع (مثل جبن تشابرس Chabris) . تصنع الجبن من لبن كامل بإضافة البادئ والمنفحة للحصول على خثرة طرية متوسطة الحموضة ، تنقل هذه الخثرة بدون سمط إلى قوالب مثقبة ومصافي مناسبة . ويتم تقليب القوالب بصفة منتظمة لتسهل عملية صرف الشرش. تعتبر هذه العملية مهمة للتسوية التالية حيث تعطى الجبن سطحا جافا بدرجة كافية تناسب نمو الخمائر والفطريات.

تفرز إنزيمات قوية محللة للبروتين من الفطر *P.camemberti* تتخلل إلى داخل الخثرة حيث تحولها إلى جبن طرية وناعمة خلال فترة تسوية قصيرة نسبيا . تصنع الجبن الطرية المسواه سطحيا بالفطر فى أحجام صغيرة للحصول على سطح كبير لنمو الفطر ومسافة مناسبة لانتشار الإنزيمات الناتجة . تفسد الجبن الناضجة بسرعة فى حالة عدم تخزينها فى الثلاجة لذا فإنه يجب تسويقها بسرعة.

٢٣-١-١- جبن الكممبير Camembert

يعتبر هذا النوع من الجبن أكثر أنواع الجبن الطرية الفرنسية أهمية حيث نشأ أصلا فى مقاطعة نورماندي ويصنع بكثرة فى المعامل الصغيرة والكبيرة فى هذه المقاطعة ، يجب أن تبقى صالة التصنيع دافئة (٢٢ – ٢٥°م) وأن تجهز بأحواض مناسبة لصناعة الخثرة وقوالب جبن أسطوانية ومناضد تصفية أو ترشيح .

يصنع الجبن من لبن بقري طازج ، قد يستخدم لبن خام ، لكنه عادة يسخن إلى ٧٢°م لمدة ١٦ ثانية ثم يبرد إلى ٣٣ – ٣٤°م وينقل إلى أحواض التصنيع ، يضاف بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة بنسبة ١,٥ – ٢,٥ % ثم يترك اللبن لمدة ساعة للتخمر ، قبل إضافة المنفحة ١٦ – ١٧ مل/١٠٠ لتر) . عادة يحدث التجبن بعد ٢٥ دقيقة تقريبا ويجب أن تكون الخثرة صلبة بدرجة كافية حتى يمكن غرفها بعد ٧٠ – ٧٥ دقيقة من التنفيح . تغرف الخثرة إلى قوالب أسطوانية بها ثقوب موضوعة على ألواح خشبية فوق منضدة الترشيح ، تأخذ عملية الترشيح حوالي ٦ ساعات ، فى خلال هذه الفترة يجب أن تنكمش الخثرة إلى حوالى نصف ارتفاعها الأصلي وتكون حموضة الشرش حوالي ٠,٦ – ٠,٧ % كحامض لاكتيك ، ثم تقلب الجبن بعد ذلك وتترك للتصفية طول الليل عند ٢٢°م على الأقل.

التغيرات أثناء التصنيع والتسوية : عندما تنزع القوالب من الجبن الطازجة فى الصباح التالي فإن محتوى الرطوبة يصل إلى حوالي ٦٠ % ، لذا فإن تنظيم درجة حرارة ورطوبة غرفة التصنيع يساعد فى تحقيق التوازن بين الزيادة فى الحموضة والانخفاض فى محتوى الرطوبة والتى تعتبر أساسية لنمو المجموعة الميكروبية على السطح . وتبطئ درجة الحرارة المنخفضة فى غرفة التصنيع من إنتاج الحموضة وتصريف الشرش ، بينما درجات الحرارة المرتفعة تسرع من تقدم الحموضة وتسبب طرد الشرش بدرجة زائدة . عندما يبلغ عمر الجبن ٢٤ ساعة ، تملح الجبن بطريقة التمليح الجاف وتحجز عند ١٨ – ٢٠°م لمدة ٢٤ ساعة أخرى ويساعد ذلك على جفاف سطح الجبن بدرجة أكبر والحد من الميكروبات التى لها القدرة على النمو على سطح الجبن ، ثم يرش الجبن بمزرعة من فطر *P.camemberti* ثم تنقل بعد ٢٤ ساعة إلى غرفة التسوية . خلال هذه الفترة ،

تتكاثر بكتريا البادئ وتزداد أعدادها فى الخثرة بدرجة كبيرة جدا ، مع ذلك فى خلال أيام قليلة من بداية التسوية فإن أعدادها تبدأ فى الانخفاض ، حيث أن الانخفاض pH (٤,٦ – ٤,٩) والنقص فى اللاكتوز وارتفاع كمية الملح فى الخثرة تمنع أى نمو زائد لهذه الميكروبات ، وقد توجد أنواع من Lactobacilli فى الجبن خلال التسوية إلا أن دورها يعتبر غير هام.

فى ١٠ – ١٤ يوم الأولى من التسوية يحفظ الجبن عند ١١ – ١٤°م ورطوبة نسبية ٨٥ – ٩٥ % ، وفى خلال ٢ – ٣ أيام تظهر أنواع من الخمائر السطحية (*Mycoderma*) و *Geotrichum* على السطح . هذه الميكروبات قادرة على تحمل الحموضة العالية والملح المرتفع عند سطح الجبن ، بعد عدة أيام وعندما يصبح السطح أكثر جفافا و pH أكثر ملاءمة لنموها ، فإن *P.camemberti* يبدأ فى النمو والانتشار فوق كل السطح ، ليصل أقصى نمو خلال ١٠ – ١٢ يوم وعندما تنخفض الحموضة عند السطح بدرجة كبيرة بفعل الخمائر والفطريات ، فإن البقع الحمراء البنية الناتجة من نمو *Br.linens* تبدأ فى الظهور .

تحدث فى جبن الكممبير أثناء التسوية سلسلة معقدة من التغيرات الميكروبيولوجية . الخمائر التى تنمو أولا تخمر سكر اللاكتوز المتبقي عند سطح الجبن وتخفض الحموضة ، ويجب أن لا يكون نموها زائدا ، وإلا فإن جراثيم فطر *P.camemberti* تجد صعوبة فى اختراق طبقة الخميرة المتكونة وتثبيت نموها . يمكن الحد من نمو الخمائر لدرجة معينة بمحتوى الملح عند سطح الجبن ، كما يمكن الحد من نموها بتعديل درجة الحرارة والرطوبة حتى يكون سطح الجبن جاف نوعا . مستويات الملح المنخفضة نسبيا يحد من نمو *G.candidum* دون تأثير ملموس على *Penicillium* . عند تأخير عملية التمليح فإن *G.candidum* ينمو جيدا ، كما أن الملح يشجع الخمائر على النمو . كما أن التمليح يؤخر أيضا من نشاط الإنزيمات ، خاصة الليبيز lipases والبروتييز proteases . تركيز ملح ٤ % فى جبن الكممبير يؤدي إلى انخفاض ملحوظ فى تحلل البروتين proteolysis ، بعد ٢٠ يوم من التسوية يصل درجة تحلل البروتين إلى ٤٠ % فى الجبن غير المملح و ٢٥ % فقط فى الجبن المملح .

تباينت الآراء فيما يتعلق بالدور التى تقوم به هذه الخمائر ، حيث يعتبرها البعض غير ضرورية وأن *P.camemberti* قادر على إحداث جميع التغيرات اللازمة للتسوية فى الجبن ، البعض الآخر يعتقد بأن نموها ضروري لتطرية الجبن أساسا وبالتالي يساهم فى الطعم ، وقد وجد أن جراثيم *P.camemberti* لا تنمو جيدا عند pH وتركيز الملح المتوفر عند سطح جبن الكممبير الطازجة.

ينتشر النمو الأبيض القطيفي لفطر *P.camemberti* فوق كل سطح الجبن الذى يكون مسئولا عن التغيرات المتتالية فى قوام وطعم الجبن ، لذا فإن نموه المناسب يكون ضروريا والذى يمكن تحقيقه عن طريق تعديل الظروف الجوية فى غرف التسوية ، فإذا كانت درجة الحرارة منخفضة بدرجة كبيرة فإن نمو الفطر يكون ضعيفا والتسوية بطيئة ، بينما درجة الحرارة العالية تؤدى إلى نمو الفطر بدرجة زائدة وظهور الطعم فى الجبن بدرجة قوية . إذا كانت الرطوبة النسبية منخفضة جدا ، فإن سطح الجبن يصبح جافا جدا ، خاصة إذا كانت حركة الهواء شديدة ، مما يحد من نمو الخمائر والفطريات الطبيعية ، بينما يعطى الفرصة للفطريات البرية ، مثل فطريات penicillia ذو الجراثيم الخضراء ، للنمو . أما إذا كانت الرطوبة عالية جدا وكانت حركة الهواء غير مناسبة ، فإنه تبخر الرطوبة من سطح الجبن يكون غير كافيا . لذلك يسمح بنمو الخمائر السطحية film yeasts بدرجة زائدة ، وبالتالى فإن أنواع *Geotrichum* و *Mucor* و *P.camemberti* قد تثبط.

تعتبر اختيار سلالة *P.camemberti* المستخدمة فى صناعة جبن الكممبير على جانب كبير من الأهمية ، حيث لا يتوقف الاختيار فقط على قدرة السلالة على تحليل كل من البروتين والدهن وعلى قدرتها على تحليل الأحماض الدهنية ، لكن أيضا على قدرتها على النمو على سطح الجبن ، لونها وارتفاع الميسليوم . الملح له تأثير هام على هذا النوع من الجبن ، حيث يحد من نمو *G.candidum* دون التأثير على نمو *P.camemberti* . الحد من نمو *G.candidum* بواسطة الملح والتصفية الكافية للشرش من الأمور الضرورية والهامة لتجنب حدوث عيوب فى المظهر ، حيث أن هذا الفطر شديد العدوانية highly invasive ويمنع نمو

P.camemberti . كما يمكن اختبار سلالات من *G.candidum* التي تحسن من الجودة الحسية لجبن الكممبير.

بعد مضي حوالي ١٠ – ١٤ يوم من بدء التسوية فإن حواف الجبن تبدأ فى الطراوة وعند هذه المرحلة تغلف الجبن وتوضع فى الصناديق . عند الوقت التى تصل فيه إلى المستهلك (بعد ٢ – ٣ أسابيع) ، فإن الطراوة تكون قد وصلت إلى مركز الجبن ويكون الطعم المميز لهذه الجبن قد أصبح واضحا وبذلك تكون التسوية قد أكتملت .

عندما تفرز الإنزيمات القوية فى تحليل البروتين والدهن بواسطة الفطر المنتشر إلى الداخل فى اتجاه المركز ، فإن الخثرة الحامضية الصلبة تصبح أكثر طراوة ونعومة وتشبه الشمع. يستمر تحلل البروتين ببطء لمدة ١٠ أيام ثم يزداد بمعدل ثابت وربما يصل إلى ٨٠ % فى الجبن كاملة التسوية . وعلى العكس من ذلك ، فهناك انخفاض فى الحموضة داخل الجبن وعلى سطحها حيث تتكون مركبات قلوية داخل الجبن بينما على السطح تستخدم الخمائر والفطريات اللاكتات.

تحتوى *P.camemberti* على نظام معقد لتحليل البروتين يتضمن an alkaline ، an aspartate proteinase ، a metallo proteinase aminopeptidase, an acid carboxy peptidase . يكون تحليل البروتين فى جبن الكممبير ، مقدرا كنتروجين ذائب فى ١٢ % TCA ، بدرجة أكبر على السطح عنه داخل الجبن ، نظرا لأن *P.camemberti* ينمو على سطح الجبن . تحليل البروتين داخل الجبن يكون انعكاسا لنشاط إنزيمات proteinases بكتريا حامض اللاكتيك وبقايا المنفحة عندما يرتفع pH ، نظرا لأن الإنزيمات المحللة للبروتين الخاصة بفطر *P.camemberti* لا تستطيع الهجرة إلى مركز الجبن . يمثل الأمونيا NH_3 حوالي ٧ – ٩ % من النتروجين الكلى فى جبن الكممبير وذلك نتيجة لنزع مجموعة الأمين deamination من الأحماض الأمينية . انخفاض نشاط تحليل البروتين فى مركز جبن الكممبير وارتفاعه عند سطح الجبن يوضح أن إنزيمات proteases لفطر *Penicillium* لا تستطيع أن تنتقل إلى داخل الخثرة . يعتقد البعض أن الببتيدات المتكونة من تحليل البروتين تهاجر ناحية مركز الجبن . تتكون إنزيمات metallo proteinase, aspartate proteinase فى نفس الوقت وتصل

إلى أقصى تركيز لها بعد حوالي أسبوعين من التسوية ، حيث يحدث انخفاض بطئ بعد ذلك .

تنمو *G.candidum* على سطح عدد من الجبن وتنتج إنزيمات proteinases، تتميز بدرجة pH مثلى حوالي ٦,٠ ، لكن نشاطها يكون أقل عنه فى حالة إنزيمات proteinases فطر *P.camemberti* . نشاط تحليل البروتين بواسطة الخمائر يكون أساسا خلويا intracellular ، لكن تحتوي الخمائر أيضا على إنزيمات carboxypeptidase, aminopeptidase التى تنتج الأحماض الأمينية المهيئة للطعم . قد تكون الفطريات مسئولة عن تكوين مركبات الكبريت الطيارة volatile sulfur compounds . يكون methanethiol ، الذى يتكون من تحليل الميثيونين methionine ، نشط جدا ، وقد يتكون منه عدة مركبات متميزة الصفات فى الجبن المسواه نتيجة تفاعلات كيماوية . تتكون كميات محسوسة من 2-phenyl ethanol ، وكميات أقل من 2-phenyl propionate أو 2-phenyl acetate من phenylalanine بواسطة الخمائر فى جبن الكممبير من لبن خام . كما أن الفطريات تكون مسئولة عن تكوين كميات كبيرة من الأمونيا الموجودة فى جبن الكممبير ، وذلك نتيجة لنزع مجموعة الأمين deamination من الأحماض الأمينية ، خاصة السيرين serine ، بواسطة *G.candidum* .

عملية تحليل الدهن تكون محدودة فى جبن الكممبير ، وتحدث بدرجة أكبر على سطح الجبن عنه داخل الجبن ، نظرا لأن نمو *P.camemberti* يكون على السطح . ترجع النسبة المرتفعة جدا من حامض الأوليك oleic acid فى جبن الكممبير إلى إنزيم ليبيز *G.candidum* ، الذى يفضل إفراز هذا الحامض من الدهن . ينتج *P.camemberti* إنزيم ليبيز خلوي واحد فقط ، الذى يظل نشطا جدا فى نطاق من درجة الحرارة يتراوح بين الصفر المئوي و ٢٠°م . يكون *P.camemberti* أيضا Oct-1-en-3-ol ، الذى يعطى نكهة عيش الغراب العطرية aromatic "mushroom" المميزة لجبن الكممبير . إذا أرتفع مستوى هذا المركب ليصل إلى أكثر من ٥ – ١٠ ميكروجرام/جم ، فإنه يسبب ظهور عيب فى المذاق (رائحة عيش الغراب الطازج odor of fresh mushroom) .

التركيب البنائي Texture

تأثير pH : يعتبر التركيب البنائي أحد عناصر الجودة الرئيسية فى الجبن الطرى . فى حالة جبن الكممبير ، فإن السطح الخارجي للجبن يزداد طراوة بصورة مطردة مع تقدم عملية التسوية . تستمر الطراوة فى التقدم إلى داخل الجبن، وفى حالة الجبن المحتوية على رطوبة مرتفعة جدا ، فإن الجبن تصبح فى الواقع مائلة للسيولة liquefy . يعزى هذا التغير فى التركيب البنائي عموما إلى نشاط إنزيمات proteases الناتجة بواسطة *P.camemberti* ، لكن كما سبق الذكر ، فإن إنزيمات proteases السطح لا تنتشر إلى داخل الجبن . لذلك فإن تحلل البروتين يكون غير كافيا لشرح التغيرات الريولوجية التى حدثت . وقد أشار بعض الباحثين إلى أهمية pH الجبن على درجة صلابة الجبن . يسبب *P.camemberti* ارتفاعا متدرجا فى pH من خلال استهلاك حامض اللاكتيك .

تم دراسة تأثير ارتفاع pH على التركيب البنائي وعلى طراوة جبن الكممبير وذلك فى نماذج أنظمة حيث يتم رفع pH تدريجيا إصطناعيا بالتحضين فى جو من الأمونيا . وقد أظهرت النتائج أن الجبن عند pH مرتفع تكون أكثر طراوة عن الجبن عند pH منخفض ، وقد يعزى هذا التغيير إلى تأثير pH على الكازين .

فى جبن الكممبير التقليدية ، يكون pH بعد عملية التصنيع حوالي ٤,٦ ، حيث يكون عندها الكازين غير ذائبا insoluble . عندما يرتفع pH ، فإن محصلة الشحنات على الكازين ترتفع أيضا ، ويحدث تعديل فى التفاعلات بين بروتين – بروتين وبروتين – ماء . تزيد قدرة هذه المركبات على الاحتفاظ بالرطوبة مما يجعل الكازين يذوب وتصبح الجبن طرية .

تأثير المركبات غير العضوية inorganic compounds : تتوقف الصفات الريولوجية للجبن بدرجة كبيرة على محتواها من Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Pi ، البروتينات والببتيدات . مستويات Ca^{2+} ,Pi فى الجبن ، وكذلك نسبة Ca^{2+} إلى Pi تعتمد بدرجة كبيرة على العمليات التكنولوجية المستخدمة فى تصنيع الجبن ، ويمكن أن يستخدم لتحديد صفات أنواع الجبن المختلفة.

تتغير هذه العوامل أثناء التسوية حيث تعتمد أساسا على pH . فى جبن الكممبير والبراي ، فإن التدرج فى pH يعتمد على نمو *P.camemberti* . ينتقل Ca^{2+} ,Pi من داخل إلى خارج الجبن ، نتيجة ارتفاع pH (عند سطح الجبن) وإنتاج الأمونيا . وقد شرح بعض الباحثين هذه الظاهرة على النحو التالي : يكون Ca^{2+} روابط عرضية cross-link بين البروتينات فى نسيج الجبن matrix ويحسن من التركيب المتماسك rigid structure للجبن . ومع ذلك ، فإن إزالة روابط الكالسيوم العرضية ، التى تتكون عندما يتحرك Ca^{2+} من تفاعلات البيروتين إلى مركبات الأملاح ، قد تؤدى إلى طراوة التركيب البنائي للجبن بصفة عامة . الدراسات على تركيب مركبات Ca^{2+} الموجودة على سطح الجبن تدل على أن الصور السائدة هى فوسفات ثنائي وثلاثي الكالسيوم dicalcium, tricalcium phosphates ، التى تكون ضمن أملاح الكالسيوم غير الذائبة الموجودة فى الجبن. البرتونات القابلة للتأين ionizable protons نتيجة لتحلل الفوسفات غير العضوية inorganic phosphate المتعاقب عندما يصل pH البيئة إلى قيم pK_a . قيم pK_a لحامض الفوسفوريك تكون ٢,١٢ ، ٧,١٢ ، ١٢,٣١ ، وعندما يحدث تحلل البرتون فإن Ca^{2+} تتحد مع الفوسفات ليكون مركبات الفوسفور والكالسيوم الأكثر ثباتا عند هذا pH . يتميز كل مركب أملاح موجود فى الجبن أثناء التسوية بدرجة ذوبان معينة ، التى تحكم حركة هذه الأنواع خلال كتلة الجبن ، ودرجة ذوبان بعض الأملاح . لذلك ، عندما يرتفع pH سطح جبن البراي بإضطراد أثناء التسوية ، فإن معظم مركبات Ca^{2+} ,Pi ، فوسفات أحادي الكاليوم القاعدية monobasic Ca phosphate الذائبة تتحول بسهولة إلى صور غير ذائبة ، فوسفات ثلاثي الكالسيوم tricalcium phosphate ، الذى يترسب بعد ذلك . لذلك فإن محصلة تأثير إزالة Ca^{2+} من داخل الجبن يقلل من إتاحة Ca^{2+} لتكوين روابط عرضية ، التى يجب أن تؤدي إلى زيادة ذوبان الكازين . عموما فإن هذه التأثيرات تساهم فى تطور طراوة التركيب البنائي أثناء تسوية الجبن المسواه سطحيا بالفطر mold surface- ripened cheeses . تصاحب هجرة Ca^{2+} وبلورة فوسفات ثلاثي الكالسيوم أيضا إنفراد الماء المرتبط ، الذى يؤدى إلى عيوب فى القشرة .

العيوب :

تحدث عدة عيوب للجبن المسواه سطحيا بالفطر نتيجة لاختلال تركيب الخثرة أو الظروف المحيطة أثناء التسوية ، الجبن المحتوية على نسبة عالية من الرطوبة أو عرضت لدرجة حرارة عالية فى غرف التسوية تعطي تحللا زائدا للبروتين وطعم قوي ، والجبن ذات الخثرة الجافة أو أسطح جافة نتيجة لانخفاض الرطوبة لا تسمح للفطر بالنمو الطبيعي ، كما أن التمليح الزائد أو بدرجة أقل من المطلوب قد يؤثر على النمو السطحي الملائم ، تمثل الأسطح المبللة للجبن مخاطرة نتيجة للنمو الزائد لميكروب *Br.linens* وبالتالى تتكون نموات لزجة على السطح smear بدلا من نموات الفطر على السطح.

يحدث أحيانا عيب الغاز المبكر early gas أثناء تصفية الخثرة خاصة إذا استعمل اللبن الخام ، لكن فى المراحل المتأخرة لا يحدث مثل هذا العيب نتيجة لارتفاع الحموضة وكمية الملح التى تمنع نمو Clostridia . يمكن أن تشكل الفطريات البرية مثل *P.glaucum* ، *P.roqueforti* و *P.bruneo-violaceum* مشكلة ، فإذا أصبح الجبن جاف جدا بدرجة تمنع نمو فطر *P.camemberti* من النمو . إن الالتزام بالاحتياطات الصحية يكون ضروريا فى المصنع لمنع التلوث بهذه الفطريات ، إطالة تسوية الجبن أو عدم حفظها عند درجة حرارة منخفضة يؤدى إلى الفساد السريع.

٢٣-١- الجبن الأبيض المملح (المخلل) White brined cheese

يطلق الجبن الأبيض على مجموعة من الجبن التقليدية التى تنتج وتستهلك على نطاق واسع فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط والبلقان . تختلف طريقة الصناعة لحد ما من دولة لأخرى وكذلك تركيب الجبن الناتج . جميع هذه الجبن مرتفعة فى محتوى الملح ،حيث تعطى للناتج قوة حفظ أفضل . تتشابه هذه الجبن فى كثير من الصفات وكذلك فى الخطوات الأساسية فى الصناعة . تصنع هذه الجبن عادة من لبن ماعز وغنم ، ولكن يصنع حاليا فى كثير من الدول من اللبن البقري ، كما قد يستخدم اللبن الجاموسي أو خليط من البقري والجاموسي فى بعض الدول مثل جمهورية مصر العربية . قد تكون الخثرة إنزيمية أو إنزيمية حامضية

حيث يستخدم بادئ بكتريا حامض اللاكتيك المحب للحرارة المعتدلة mesophilic (*Lc.lactis* ssp. *lactis, Lc. lactis* ssp. *cremoris*) بنسبة ٢ : ١) كما فى جبن الفتا Feta . تغرف الخثرة فى قوالب مثقبة أو فى أكياس من القماش أو شاش لتصفية الشرش ، حيث يتم تصفية الشرش ذاتيا فى المراحل الأولى ثم توضع أثقال بعد ذلك للمساعدة فى تصفية الشرش . تقطع الخثرة بعد ذلك إلى مكعبات مناسبة وتغمر فى محلول ملحي عند ١٢ – ١٤°م لمدة ١٢ – ١٤ ساعة . تعبأ الخثرة المملحة فى صفائح أو عبوات مناسبة ثم تغطى بشرش مملح حامضي يحتوى على ٨ – ١٢ % ملح ثم تسوى لفترات مختلفة .

قد يضاف الملح مباشرة إلى اللبن (كما فى الجبن الدمياطي) وتعبأ قطع الخثرة فى صفائح وتغطى بالشرش المملح الناتجة من هذه الجبن وتغلق هذه الصفائح بأحكام وتسوى لفترة قد تصل إلى أكثر من ٤ – ٦شهور.

٢٣-٢-١- الجبن الدمياطى

يعتبر هذا النوع من الجبن من أكثر الجبن الطرية شيوعا فى مصر والدول العربية ، ويطلق عليها أحيانا الجبن الأبيض . يصنع هذا الجبن من لبن جاموسي أو بقري أو خليط منهما للحصول على نسبة الدهن المرغوبة طبقا لنوع الجبن المراد إنتاجه . الجبن الدمياطي كامل الدسم ، نصف دسم وربع دسم تصنع من لبن يحتوي على ٨ ، ٤ ، ٢ % دهن على الترتيب. يرشح اللبن بواسطة مصفاه أو شاش ناعم لإزالة الشوائب والمواد الغريبة المرئية ثم يضاف الملح مباشرة إلى اللبن بواقع ٥ – ١٥ % من وزن اللبن وذلك بعد معاملة اللبن حراريا أو بسترته . عموما تعدل درجة حرارة اللبن بعد ذلك إلى ٣٥ – ٤٥°م حيث تضاف المنفحة (٣٠ – ٤٥ مل/١٠٠ لتر لبن) بعد تخفيفها بالماء إلى حوالي ٤ – ٥ أمثال حجمها، وتقلب جيدا فى اللبن لمدة ٥ دقائق لتمام توزيع المنفحة ثم يقلب سطح اللبن حتى ظهور بدء علامات التجبن . يترك اللبن ساكنا فى الحوض مع تغطيته لمدة ٢,٥ – ٣ ساعة حتى تمام التجبن . يتم تصفية الشرش بعد ذلك بأتباع إحدى الطريقتين : (أ) طريقة القوالب ، حيث تغرف الخثرة بعد ذلك فى قوالب معدنية مثقبة على هيئة طبقات رقيقة حتى يسهل تصريف الشرش ، وتترك القوالب لمدة

١٢ – ١٨ ساعة ثم تقلب مرتين يوميا لمدة ٢ – ٣ يوم حتى يصبح الجبن متماسكا، ثم ينزع الجبن من القوالب حتى يصبح معدا للاستهلاك أو التخزين فى الشرش المملح الناتج من هذه الجبن لإتمام عملية التسوية . (ب) طريقة الشاش ، حيث تغرف الخثرة فى طبقات رقيقة فى براويز خشبية بداخلها شاش ناعم ، حتى تملأ الشاشة إلى قرب ارتفاع البرواز ، ثم تضم أطراف الشاشة مع ربطها بإحكام على هيئة صرة . يرفع البرواز الخشبي بعد ٢ – ٣ ساعة ، ثم يوضع لوحا خشبيا على هذه الصرة مع استخدام أثقال مناسبة لمدة ١٢– ١٨ ساعة ثم يضاعف الثقل بعد ذلك ويترك لمدة ١٢ – ١٨ ساعة أخرى مما يساعد على سرعة صرف الشرش من الخثرة . ترفع الأثقال بعد ذلك وتفك الصرة وتقطع الجبن إلى مكعبات حيث تكون الجبن صالحا للتسويق أو التعبئة فى صفائح وتغطيتها بالشرش المملح الناتج من هذه الجبن وغلق هذه الصفائح بإحكام وتخزينها عند درجة حرارة الغرفة لفترة قد تصل إلى ٤ – ٦ شهور أو أكثر لإتمام التسوية (قد تعرف هذه العملية بالتخليل pickling) .

قد تصنع الجبن الدمياطي بأتباع نفس الطرق ولكن مع تخفيض نسبة الملح المضاف إلى اللبن إلى ٤ – ٦ % وتعرف الجبن الناتج بجبن الثلاجة حيث يحفظ فى الثلاجة وتستهلك طازجة .

التغيرات أثناء التسوية (التخليل pickling) : فى الجبن الطرية المخللة المحتوية على ملح مرتفع (٧ – ١٥ %) ، مثل الجبن الدمياطي ، وجد أن المنفحة تساهم بدرجة ملحوظة فى تحليل البروتين ، ويرجع ذلك إلى استخدام كميات كبيرة من المنفحة فى تجبن اللبن (مقارنة بمعظم الأنواع الأخرى من الجبن) ، واحتجاز جزء كبير من الإنزيمات المجبنة فى خثرة الجبن نظرا لارتفاع محتواها من الرطوبة ، وإلى تخزين الجبن فى شرش مملح يحتوى على بقايا المنفحة المستخدمة فى تجبن اللبن . يتحلل α_s-casein فى الجبن الدمياطي بسرعة ، بينما β-casein يقاوم التحلل . ارتفاع محتوى الجبن من NaCl مع ارتفاع درجة حرارة التخزين المستخدمة عادة فى صناعة وتسوية الجبن الدمياطي يساعد على تجمع β-casein ويجعله أقل حساسية لفعل المنفحة . وقد تم التعرف على ببتيد α_s-I الذى يتكون من α_{s1}-casein بفعل

المنفحة وكذلك γ-casein المتكون من β -casein بفعل البلازمين . كما تزداد نسبة β-/α_{s1} تدريجيا فى الجبن الدمياطي خلال فترة التخزين (التخليل) .

أشارت الدراسات الميكروبيولوجية التى أجريت على الجبن الدمياطي أن العدد الكلي للبكتريا total bacterial count ينخفض تدريجيا خلال فترة التخليل pickling ، كانت الأعداد فى الجبن الطازجة من اللبن البقري ٢ × ١٠^{٤} cfu/جم، وفى الجبن الطازجة من اللبن الجاموسي ٦ × ١٠^{٣} cfu/جم جبن . كما وجد أن أعداد بكتريا حامض اللاكتيك قد وصلت إلى حدها الأقصى عند اليوم السابع ، ثم أنخفضت تدريجيا بعد ذلك . كانت *Lc.lactis* biovar *diacetylatis* ، *Lc.lactis* ssp. *lactis* سائدة على جميع أنواع بكتريا حامض اللاكتيك الكروية، بينما كانت *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* سائدة على جميع أنواع بكتريا حامض اللاكتيك العصوية فى جبن الدمياطي المسواه . إضافة الكابسيكم capsiecum (المادة الحريفة فى الفلفل) إلى لبن الجبن الدمياطي ينشط من بكتريا حامض اللاكتيك أثناء التسوية . بكتريا *Lc.lactis* ssp. *lactis* ، *Lc.lactis* ssp. *cremoris* ، *Ent.faecalis* ، *Leuc.mesenteroids* ssp. *dextranicum* و *Leuc.lactis* كانت سائدة فى الأسبوع الأول من التخليل ، ثم أخذت فى النقصان تدريجيا حتى نهاية الأسبوع الثاني أو الثالث ، حيث لم يمكن الكشف عن وجوده .

وقد كانت أفراد جنس *Lactobacillus* توجد بأعداد منخفضة جدا فى بداية عملية التخليل ، ثم أخذت فى الزيادة تدريجيا حتى أصبحت سائدة فى الأسبوع الثاني . كانت أكثر هذه الأنواع شيوعا *Lb.brevis* ، *Lb.fermenti* ، *Lb.plantarum Lb.helveticus, Lb.casei,* ، ويعتبر النوعين الأولين أكثرها وجودا .

كما أمكن عزل أنواع تابعة لجنس *Micrococcus* فى بداية عملية التخليل فقط ، وأكثرها وجودا هو *M.luteus* حيث تمثل حوالي ٦٥ – ٧٠ % من فلورا الجبن فى اليوم الأول بعد الصناعة . وقد وجدت بكتريا القولون coliforms وكذلك أنواع تابعة لجنس *Staphylococcus* فى بعض العينات إلا إنه لم يلاحظ وجودها بعد أسبوعين من الصناعة .

يلاحظ أن نسبة الملح المضافة إلى اللبن تؤثر بدرجة واضحة على اعداد وأنواع البكتريا الموجودة فىالجبن أثناء التخليل . إضافة الملح بنسبة ٧,٥ % إلى اللبن المعد لصناعة الجبن الدمياطي يؤدى إلى الحصول على جبن تصل فيه أعداد البكتريا إلى أقصاها بعد أسبوعين ، ثم تأخذ فى النقصان . كما وجد أن الأنواع السائدة من بكتريا حامض اللاكتيك الكروية تتبع جنس *Enterococcus* والأنواع السائدة من جنس *Lactobacillus* هى *Lb.casei, Lb.plantarum* . عند زيادة نسبة الملح إلى ١٥ % فإن أنواع جنس *Micrococcus* كانت هى السائدة خلال الأسبوعين الأولين ، و لم يتمكن من عزل أفراد جنس *Lactococcus* إلا فى نهاية الأسبوع الثاني . الأنواع التابعة لجنس *Lactobacillus* أصبحت سائدة فى نهاية الأسبوع الثالث . قد يحدث انتفاخ الصفائح tins ، المحتوية على الجبن الدمياطي والشرش المملح (محلول التخليل) ، أثناء عملية التخليل ، وقد يرجع ذلك نشاط البكتريا المنتجة للغازات (أساسا بكتريا القولون coliforms) . تم دراسات تأثير تركيز NaCl على تثبيط هذه البكتريا ومنع إنتفاخ صفائح الجبن . ثم عزل *E.coli* من صفائح الجبن المنتفخة المحتوية على ٨,٥ – ١٣.٩ % NaCl . يحدث انتفاخ صفائح الجبن عندما تكون أعداد *Enterobacter aerogenes* أعلى من $١٠^{٦}$ /جم جبن ، يلاحظ انتفاخ صفائح الجبن فى خلال ١٠ أيام عند ١٢ – ١٥°م وفى خلال ٢ – ٣ شهر عند ٧°م . وقد تم التغلب على انتفاخ الجبن cheese blowing بواسطة سلالة typeI *E.earogenes* بزيادة تركيز NaCl إلى ١٠ % ، أو إذا كانت أعداد هذه البكتريا لا تزيد عن ٠,١ % من أعداد بكتريا حامض اللاكتيك الكروية.

وقد وجد أن الطبقة اللزجة slime المتكونة على سطح الجبن الناتج من لبن خام تتكون من *Enterobacter* ، *Escherichia* ، *Corynebacteria* وبكتريا حامض اللاكتيك ، بينما لوحظ Micrococci المحللة للبروتين بدرجة كبيرة فى الطبقة اللزجة على الجبن الناتجة من لبن مبستر. كما تم عزل *Arthrobacter* من الجبن الدمياطي ، كما عزلت *Cl.tyrobutyricum* ، *Cl.perfringens* من الجبن الناتج من اللبن المبستر بدون إضافة بادئ . عزلت أيضا *B.cereus* من الجبن الدمياطي .

وجد أن ٧٠ % من عينات لبن (٣٠ عينة) المحتوى على ٧ % ملح على Staphytococci بعد ٧ أيام من التخزين عند ٧°م قبل تصنيعه إلى جبن. تقاوم *Staph.aureus* ٢,٥ – ١٥ % NaCl فى الجبن ، وقد تم عزل هذا الميكروب من جبن دمياطي . أيضا تم عزل ١٦ سلالة toxigenic *Staph.aureus* من ١٠٠ عينة جبن دمياطي جمعت من الأسواق ، جميع هذه السلالات أنتجت thermonuclease . وقد وجد أن حقن اللبن المحتوى على ٤% NaCl بأربع سلالات من *Staph.aureus* (E ١٩٦ ، ٢٤٣ ، ١٣٧ ، ٣٢٦ من ATCC منتجة لتوكسين A ، B ، C ، E على التوالي) لإنتاج جبن ثلاجة (جبن دمياطي طازجة منخفضة فى نسبة الملح) أدى إلى نمو هذه السلالات فى الجبن أثناء حفظ الجبن فى الثلاجة ، حيث بلغ أقصى عدد من هذه البكتريا عند ٥ أيام مع إنتاج توكسين B,A فى الجبن ، بينما لم يلاحظ وجود توكسين C ، E فى الجبن . كما تم تصنيع جبن دمياطي من لبن يحتوي على ٩ ، ١٤ % NaCl تم حقنه بنفس السلالات السابقة ، حيث وجد أن هذه السلالات قد فقدت حيويتها سريعا فى الجبن واختفت تماما من الجبن بعد ١٠٥ ، ١٢٠ يوم من التخزين عند درجة حرارة الغرفة على التوالى . لم يلاحظ وجود أي توكسينات فى الجبن ، مما يوضح أن NaCl يساهم فى تنشيط وتثبيط *Staph.aureus* وإنتاج التوكسين فى الجبن .

وجد أيضا أن *Salmonella typhi* تبقى فى الجبن الدمياطي لمدة ١٠ أيام عند ١٠ % ملح ، كما تبقى *S.typhimurium* عند إضافة ٥ % NaCl إلى لبن الجبن ، بينما يحدث تثبيط بدرجة أكبر عند ١٠ ، ١٥ % NaCl . الجبن الدمياطي لا تحتوى على *M.tuberculosis* ، حيث أتضح ذلك من تحليل ١٠٠ عينة جبن دمياطي جمعت من السوق . كما عزلت *Corynebacterium* spp. من جبن دمياطي مرتفعة الحموضة (٠,١٨ – ٠,٢٤ %) و منخفضة الملح (٢,٣٨ – ٢,٨٢ %). تستطيع *Brucella abortus* أن تبقى فى الجبن الدمياطي لمدة ١٢ يوما عند درجة حرارة الغرفة .

كما تم عزل الخمائر *Candida albicans* ، *C.pseudotropicalis* ، *C.parapsilosis* ، من الجبن الدمياطي . وقد عزل أيضا الفطريات التالية من الجبن الدمياطي : *Aspergillus niger* ، *A.fumigatus* ، *A.terreus* ،

، *Fuserium* spp., *Alternaria* spp. ، *Mucor* spp. ، *Penicillium* spp. . *Cladosporium* spp.

كما وجد أن ٤,٩ % من ٨١ عينة جبن دمياطي مخللة تحتوى على ١٠,٢٥ ميكروجرام أفلاتوكسين B_1/كجم جبن وعينة واحدة تحتوى على ٢٥ ميكروجرام أفلاتوكسين G_1 /كجم جبن .

عموما فإن المواد المجبنة وإنزيمات اللبن الطبيعية (البلازمين) تساهم بدرجة واضحة فى تحليل الكازين فى المراحل الأولى ، حيث يتكون ببتيدات مرتفعة الوزن الجزيئي (بروتيوزات وببتوتات) ، بينما تلعب الإنزيمات الميكروبية المحللة للبروتين (proteinases/peptidases) دورا هاما فى تحلل البروتين أثناء فترة التخليل ، حيث تفرز هذه الإنزيمات فى الجبن عندما تتحلل الخلايا الميكروبية بعد موتها . قدرة هذه الميكروبات على تحلل الدهن فى الجبن أثناء التخليل ضعيفة وليست على جانب كبير من الأهمية فى طعم الجبن . ومع ذلك فإن نواتج تحلل البروتين هى المركبات الرئيسية المساهمة فى طعم الجبن ، الشق القابل للذوبان فى الماء فى الجبن المسواه (التى تتكون من الأحماض الأمينية والببتيدات) تكون على درجة كبيرة من الأهمية فى تحديد شدة طعم الجبن ، بينما الشق غير القابل للذوبان فى الماء (التى تتكون أساسا من البروتين والببتيدات الكبيرة) خالية من الطعم أو النكهة وتمثل مع بقية مركبات الجبن خلفية لهذه الشقوق لأظهار الطعم المميز لهذه الجبن.

٢٣-٢-٢- جبن الفتا Feta

جبن أبيض طري مملح يوناني المنشأ ، يعتبر اليونان وبلغاريا والمجر من الدول الرئيسية المنتجة والمصدرة لهذه الجبن . وقد دخلت الدنمارك حديثا كمصدر رئيسي لهذه الجبن الناتجة من لبن بقري باستخدام الترشيح الفائق UF . نظرا لأن اللبن المتوفر فى هذه المنطقة لبن الغنم ، فإن الجبن يكون لونه أبيض الذى يعتبر أحد صفات الجودة التى يهتم بها المستهلك . الطريقة التقليدية لصناعة هذا الجبن تتضمن تدفئة اللبن مع إضافة بادئ من *Lc.actis* ssp. *lactis*, ssp. *cremoris* ومنفحة . يصفى الشرش بغرف الخثرة فى قوالب متبقية أو قماش ترشيح وتترك على مناضد الترشيح لتصفية الشرش لمدة ٢ – ٤ ساعة . تقطع الخثرة إلى مكعبات وتملح بملح

جاف خشن لمدة ٢٤ – ٤٨ ساعة طبقا لدرجة حرارة الجو ، فإذا كان الجو حلوا فإن فترة التمليح تكون قصيرة . تسوى الجبن الطازج لمدة ٨ – ١٥ يوما ، حيث يتم خلال هذه الفترة نمو المجموعة البكتيرية الموجودة فى البادئ . تعبأ الجبن بعد ذلك فى براميل أو صفائح أو أكياس تملأ بالمحلول الملحي وتخزن عند ٢ – ٥°م . هذه الجبن تكون طرية ، وقد تكون عجينية pasty نوعا ما ، وتتميز بطعم ملحي وتركيب مقفول لكنه مملوء بفتحات ميكانيكية حيث لم تكبس الخثرة .

نظرا لأن هذه الجبن تصنع من لبن مبستر ويضاف إليه بادئ من *Lc.lactis* ssp. *lactis*, ssp. *cremoris* ، فإن هذه المجموعة البكتيرية تكون هى السائدة فى الخثرة . يساعد وجود الملح بنسبة ٦ % فى الجبن فى السيطرة على نمو البكتريا غير المرغوبة .

العيوب الشائعة فى الجبن الأبيض المملح هو تكوين الغاز فى المراحل المبكرة نتيجة نمو بكتريا القولون coliforms ، وكذلك ظهور بقع صدئية rusty spots نتيجة نمو بكتريا *Lb.plantaum* ssp. *rndensis* .

٢٤– أنواع أخرى من الجبن

٢٤–١– جبن الخثرة البلاستيكية Pasta filata

يطلق هذا الاصطلاح على مجموعة من الجبن الإيطالية التى تتضمن صناعتها عملية عجن ومط تعتمد على مهارة الصانع لإنتاج جبن تمتاز بصفات بلاستيكية . تشمل هذه المجموعة على جبن جافة مثل كاشكفالو Cacciocavallo وبروفولون Provolone ، وطرية غير مسواه مثل الموزاريلا Mozzarella ، ترجع هذه الصفة إلى تحول باراكازينات ثنائية الكالسيوم إلى باراكازينات أحادية الكالسيوم عندما تتم تطرية الخثرة العالية الحموضة (pH ٥,٣) فى ماء عند ٨٥°م حيث تعجن وتمط حتى تصبح ناعمة ولدنة ، ثم تشكل الجبن باليد إلى أشكال مميزة لها ثم تصلب بعد ذلك فى ماء بارد ، لا تكبس هذه الجبن . تملح جبن الموزاريلا فى محلول ملحي (١٦ – ٢٠ %) عند ٨ – ١٠°م لمدة ٢ – ٣ أيام ثم تكون بعد ذلك جاهزة للاستهلاك ، فى حين جبن كشكفالو وبروفولون تملح فى محلول

ملحي لمدة ٣ – ٤ أيام عند ١٠°م ثم تنظف وتدهن بالزيت بانتظام أثناء التسوية (٢ – ١٢ شهر) .

٢٤-١-١- جبن الموزاريلا Mozzarella

تصنع جبن الموزاريلا أساسا فى جنوب إيطاليا من اللبن الجاموسي ، وحاليا فى كثير من الدول من اللبن البقري أو حتى من لبن مخفف مسترجع . يختلف هذا الجبن اختلافا كبيرا فى الحجم (٥٠ – ٥٠٠ جم) والشكل (أقراص صغيرة إلى بيضاوية) . يجب أن يحتوى الجبن على ٤٤ – ٤٥ % FDM ، ٥٢ – ٦٠ % رطوبة ١,٦ % ملح . يضاف بادئ مكون من *Lb.delbrueckii,* *Str.thermophilus,* *Lc.lactis* ssp. *lactis,* ssp. *bulgaricus* (٠,٠٥ – ٠,٥ %) إلى لبن خام أو لبن مبستر عند ٣١ – ٣٢°م ويترك اللبن حتى تزيد الحموضة بمقدار ٠,٠٢ % . تضاف المنفحة (١٠ – ٢٠ مل/١٠٠ لتر لبن) ، وتقطع الخثرة بعد ٢٥ – ٤٥ دقيقة إلى مكعبات ١ – ١,٥ سم^{3} . تقلب الخثرة والشرش لمدة ٥ دقائق ثم تترك الخثرة لترسب لمدة ٣٠ دقيقة . يصرف الشرش وتفصل الخثرة وتغطى لتظل دافئة لمدة ٣ – ٤ ساعة . تقطع كتلة الخثرة بعد ذلك إلى بلوكات (٢٠سم) ، تغسل بماء بارد وتترك لصرف الشرش وتسوى فى غرفة مبردة عند ٤,٤°م . عند حموضة ٠,٧ % تكون الخثرة جاهزة للمط streching، حيث تقطع الخثرة إلى قطع صغيرة وتغطى بماء ساخن (٧٠ – ٨٢°م) . عندما تكون جميع قطع الخثرة دافئة ، تخلط مع بعضها من خلال عملية الشد والمط للحصول على كتلة مرنة التى تعبأ فى قوالب صلبة . قد يخلط الملح (٠,٧٥ %) مع الخثرة أو أن الخثرة بعد تشكيلها تغمر فى محلول ملحي (١٦ – ٢٠ % NaCl) عند ٨ – ١٠°م لمدة ٥ دقائق إلى ٢٤ ساعة . تترك الجبن حتى تجف لمدة ساعة ثم تعبأ.

تستهلك الجبن طازجا ، وتستخدم على نطاق واسع فى صناعة البيتزا pizza . هذه الجبن طرية ، شمعية القوام وطعم معتدل وملحي خفيف .

٢٤-١-٢- جبن الكشكفالو Cacciocavallo والبرفولون Provolone

تصنع هذه الجبن ببادئ محب للحرارة المرتفعة ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ، الذى يقاوم درجة حرارة الطبخ المرتفعة (٤٧,٨°م) المستخدمة فى صناعة هذه الجبن . تعطى درجة حرارة الطبخ المرتفعة والحموضة العالية المتكونة فى الخثرة (pH ٥,١ - ٥,٢) وعملية العجن والمط بعد ذلك فى ماء ساخن (٨٥°م) تعطى هذه الجبن نعومة عالية ، تركيب مقفول وتقضى على معظم البكتريا غير المرغوبة.

أثناء عملية التسوية ، تعطى الإنزيمات المحللة للبروتين والمحللة للدهن الناتجة من بكتريا البادئ وعجينة المنفحة ، هذه الجبن طعما معتدلا ذات زناخة خفيفة مقبولة . يوصف هذا الطعم بالطعم الحريف piquant الذى يعزى لحد كبير إلى نسبة مرغوبة بين أحماض البيوتريك والجلوتاميك الحرة.

توجد معلومات قليلة عن ميكروبيولوجيا هذه الجبن ، فقد وجد أن أعداد البكتريا فى جبن البرفولون تنخفض من 10^9 cfu/جم فى الشهر الأول إلى أقل من 10^6 cfu/جم فى الشهر الثاني عشر . كما وجدت *Ent.faecalis, Lc.lactis* ssp. *lactis* فى معظم عينات الجبن المسواه والناتجة من لبن مبستر.

٢٤-٢- جبن القريش

من الجبن الشائعة فى ريف جمهورية مصر العربية ، ويصنع عادة بالتجبن الحامضي للبن الذى يتم نزع الدهن منه بعد ترقيده وفصل القشدة الناتجة . كما تصنع هذه الجبن فى المصانع بإنتاج خثرة حامضية إنزيمية ، حيث تستخدم المنفحة بالإضافة إلى البادئ للإسراع فى عملية التجبن . عادة تستهلك هذه الجبن طازجة وتتميز بكونها مصدرا جيد للبروتين الحيواني وخالية من الدهن تقريبا . قد تخزن هذه الجبن فى محلول لفترة من الزمن حيث يتم تسويتها (عملية تخليل) حتى يمكن حفظها لفترة أطول.

الطريقة التقليدية لصناعة هذه الجبن تتضمن ترقيد اللبن الجاموسي لتكوين طبقة القشدة ونزعها واستخدام اللبن الرايب (الرقد) فى صناعة هذه الجبن . فى معامل ومصانع اللبن يعدل درجة حرارة اللبن الفرز إلى ٢٠ - ٢٥°م ويضاف

إليه بادئ محب للحرارة المعتدلة Lactococci بنسبة ٣ – ٥ % ، وبعد التقليب الجيد لتوزيع البادئ بطريقة جيدة ، يترك اللبن ساكنا حتى يتم التجبن فى مدة ١٢ – ١٨ ساعة ، ثم تعبأ الخثرة فى قوالب أو فى شاش مع وضع ثقل خفيف . يترع الجبن من القوالب بعد يومين أو من الشاش بعد يوم واحد ، قد يملح الجبن بعد ذلك فى محلول الشرش المملح (١٥ %) لمدة ٤٨ ساعة وعندئذ يكون الجبن صالحا للاستهلاك الطازج أو التخزين . قد لا يتم تمليح الجبن طبقا لرغبات المستهلك ، ويتم حفظه عند درجة حرارة منخفضة حتى الاستهلاك .

يتوقف أنواع الميكروبات السائدة فى الجبن القريش على المجموعة الميكروبية السائدة فى اللبن الخام وما يصل إلى الجبن أثناء الإنتاج من الظروف البيئية المحيطة بها . وعموما فقد أشارت الدراسات التى أجريت على هذا النوع من الجبن أن أنواع البكتريا السائدة تتبع أجناس *Micrococcus*، *Lactobacillus* ، *Bacillus*، *Lactococcus* ، *Streptococcus* ، بجانب وجود أعداد من بكتريا القولون وبعض أنواع من *Clostridium, Staphylococcus, Enterococcus* . وقد وجد أن حقن اللبن بأربع سلالات من *Staph.aureus* (E ١٩٦ ، ٢٤٣ ، ١٣٧ ، ٣٢٦ من ATCC منتجة لتوكسين A ، B ، C ، E على التوالي) لإنتاج جبن قريش بالبادئ ، قد أدى إلى اختفاء جميع السلالات تماما من الجبن فى أقل من ١٠ أيام من التخزين فى الثلاجة مع عدم إنتاج أي من التوكسينات فى هذه الجبن خلال فترة التخزين ، حيث أن نمو ونشاط البادئ (إرتفاع الحموضة مع انخفاض pH) ، يعتبر عاملا حيويا هاما فى إيقاف نمو هذه البكتريا وبالتالي منع إنتاج التوكسين.

٢٤-٣- جبن الشرش Whey cheese

يصنع هذا النوع من الجبن فى عدد من الدول الأوروبية وعادة يستخدم الشرش المتحصل عليه من تصنيع الجبن الجافة . لا يفرز الشرش لكن يمكن معادلته جزئيا إذا كانت حموضته زائدة . يضاف إليه ٥ – ١٠ % لبن فرز أو كامل الدسم لتحسين التصافي. يسخن الشرش ويركز فى وعاء مفتوح أو مغلق لعدة ساعات عند درجة حرارة عالية (٨٥ – ٩٠°م) مع التقليب المستمر ، ويؤدي

ذلك إلى تخثر وترسيب البروتينات ، وعندما تصل درجة الحرارة إلى ٤٠ – ٤٥°م يضاف الملح بمعدل يصل إلى ١,٠ % . تحجز البروتينات المترسبة الدهن المتبقي أو المضاف ثم تصعد إلى السطح مكونة طبقة من الخثرة عندما يوقف التقليب . تجمع الخثرة باستخدام أداة كشط مثقبة وتعبأ فى قوالب مثقبة لتصريف الشرش ثم تبرد لعدة ساعات ، ويفضل أن يجرى فى جو بارد . الجبن المصفاه تكون جامدة ولكن طرية ولها مدة صلاحية قصيرة . يمكن الحصول على جبن أكثر صلابة عن طريق استخدام الضغط أثناء تصفية الشرش . انخفاض الرطوبة فى الجبن الناتجة بالمعاملة الأخيرة تحسن من قوة حفظها.

الريكوتا Ricotta، جبن شرش إيطالي يصنع باستخدام بادئ من *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus, Str.thermophilus*، عبارة عن جبن مسوى mature جاف بدرجة كافية لاستخدامه كجبن مبشور grating cheese . الريكوتا الطازجة ، Ricottone ، عبارة عن جبن أبيض ، طرى غير حامضي sweet وخثرة محببة grainy غير مسواه ويتميز بطعم خفيف bland flavor . الميوسست Mysost جبن شرش إسكندنافية من لبن غنم وماعز . يكثف الشرش بالغليان لعدة ساعات ، ينزع بروتينات الشرش والدهن المحتجز على فترات وعندما ينخفض الحجم إلى ٢٥ % من الحجم الأصلى ، يضاف السكر إلى الكتلة المركزة اللزجة ، ثم تبرد وتصب فى قوالب حيث تبرد وتعبأ . الجبن بنية اللون ، لزجة مع طعم مطبوخ . هذه الجبن لا تسوى وتتميز بقوة حفظ جيدة .

أثناء صناعة الجبن يمكن التغلب على التغيرات الميكروبيولوجية نتيجة استخدام درجات الحرارة المرتفعة أثناء التصنيع وطبيعة المنتج المرتفع التركيز . هذه الجبن لا تسوى حيث أنها لا تحتوى على بكتريا حامض اللاكتيك ، لذلك فإن أي تغيرات ميكروبيولوجية أثناء التخزين ترتبط بالتلوث والفساد.

٢٥- الجبن المطبوخ Processed cheese

تصنع هذه الجبن من نوع واحد أو خليط من عدة أنواع من الجبن الطبيعية. يحضر مخلوط الجبن للحصول على الصفات والطعم المرغوب مع إضافة أملاح الاستحلاب ، كما قد يضاف مسحوق اللبن الفرز أو الشرش مع المواد

المكسبة للطعم والنكهة ، مع إضافة الماء بكمية لضبط نسبة الرطوبة فى الناتج النهائي طبقاً لنوع الجبن المراد إنتاجه . وتشمل عملية إنتاج الجبن المطبوخ الخطوات التالية:

١- اختيار أنواع الجبن والمكونات اللبنية المستخدمة فى المخلوط وتحديد نسبة كل منها طبقاً لنوع الجبن المراد إنتاجه . قد يستخدم نوع واحد من الجبن ذات درجات تسوية مختلفة أو عدة أنواع من الجبن مختلفة الصفات ودرجة التسوية . كما يمكن إضافة بعض أنواع من الفاكهة والخضراوات واللحوم والتوابل وغير ذلك من المواد التى تحدد الطعم والنكهة المرغوبة .

٢- فرم أنواع الجبن جيداً وخلطها مع بقية مكونات المخلوط جيداً مع إضافة أملاح الاستحلاب والمثبتات المناسبة للخلطة ونوع الجبن المراد إنتاجه .

٣- عملية الطبخ للمخلوط فى حلة خاصة بالطبخ مجهزة بإمكانيات تسمح بالتحكم بدقة فى عملية الطبخ من حيث درجة الحرارة والمدة وعملية التقليب حتى يساعد على الانصهار الكامل للمخلوط . تتم عملية طبخ المخلوط بالكامل إلى درجة حرارة تصل إلى ٨٠ - ٨٥ °م لمدة تتراوح بين ٤ - ٨ دقائق (الجبن المطبوخ) أو ٨٥ - ٩٨°م لمدة تتراوح بين ٨ - ١٥ دقيقة (مفرود الجبن المطبوخ) ، حيث ينصهر المخلوط ويتحول إلى كتلة بلاستيكية سائلة متجانسة .

٤- تعبئة الناتج بعد طبخه فى صورته السائلة المتجانسة (البلاستيكية) فى عبوات مناسبة ، تختلف من أنابيب أو قوالب مبطنة برقائق الألمونيوم ، أو فى صورة شرائح أو مثلثات أو فى عبوات زجاجية طبقاً لنوع الجبن المراد إنتاجه ، ثم تبرد بعد ذلك قبل تخزينها دون الحاجة إلى عملية تسوية.

توجد أنواع مختلفة من الجبن المطبوخ تختلف فى نسبة الرطوبة والدهن والجوامد اللبنية :

أ- جبن مطبوخ Processed cheese : يحتوى على ٥٧ % ±١ جوامد لبنية على الأقل ، ٤٠ % ±١ دهن فى المادة الجافة على الأقل . لا تزيد نسبة الرطوبة عن٤٠ % ±١ ولا تزيد نسبة مواد الاستحلاب والمثبتات عن ٣ % .

ب- أغذية الجبن المطبوخ Processed cheese food : يحتوى على الأقل على ٤٧ % ±١ ، جوامد لبنية ، ٣٥ % ±١ دهن فى المادة الجافة ، ولا تزيد نسبة الرطوبة عن ٥٠ % ±١ ولا تزيد مواد الاستحلاب والمثبتات عن ٣ % .

جـ- مفرود الجبن المطبوخ Processed cheese spread : يحتوى على ٤٠% ±١ جوامد لبنية ، ٤٥ % ±١ دهن فى المادة الجافة على الأقل ، ولا تزيد نسبة الرطوبة عن ٥٧ % ±١ ونسبة مواد الاستحلاب والمثبتات عن ٣% .

تؤدي خطوات صناعة الجبن المطبوخ إلى الحصول على ناتج مبستر ذات قوة حفظ عالية keeping quality . قد توجد فقط بعض أنواع من البكتريا المتجرثمة ، خاصة الأنواع اللاهوائية ، التى تتحمل درجات حرارة الطبخ ، التى تكون عادة من أنواع من Clostridia التى يكون مصدرها الجبن الأساسية والمكونات المضافة . ينشأ عن نمو هذه الأنواع من البكتريا انطلاق غاز مع تكوين شقوق فى الجبن وظهور أطعمة غير مرغوبة نتيجة تحلل البروتين والدهن . أهم أنواع هذه البكتريا التى قد تكون موجودة فى الجبن المطبوخ : *Cl.sporogenes*, *Cl.pasteurianum*. يمكن السيطرة على هذه العيوب بإضافة النيسين nisin إلى المخلوط . وقد وافقت إدارة الأغذية والأدوية FDA فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٩٨٨ على استخدام النيسين فى مفرودات الجبن cheese spreads ، حيث أن المحتوى المرتفع من الرطوبة والمنخفض من الصوديوم لا يمنع من مخاطرة تكوين سم البوتيلين botulinal toxin فى الناتج . استخدام النيسين مصرح به فى بعض الدول للتغلب على المخاطر الناجمة من جود جراثيم *Cl.botulinum* فى الجبن المطبوخ. المستحضرات التجارية للنيسين "نيسابلين nisaplin " يمكن أن يستخدم عند تركيز ٥٠٠ ملليجم /كجم . بعض المستحضرات تحتوى على ٢ % نيسين فقط ، لذلك فإن مستوى النيسين فى الجبن يصل إلى ١٠ ميكروجرام /كجم فقط. تركيز النيسين المستخدم يتوقف على عدة عوامل . (١) درجة حرارة انصهار الجبن أثناء عملية الطبخ تكون مرتفعة نسبيا (٨٠- ٨٥°م) ، حوالي ١٥% من نشاط النيسين يتلف عند هذه

الدرجة من الحرارة ، (٢) يتوقف الحد الأدنى من التركيز المثبط MIC على أعداد الجراثيم ، فمثلا أعداد $١٠^{٤}$ جراثيم *Cl.sporogenes* لكل مل يحتاج إلى ٠,٣ ملليجم من بنسايلين / مل ، لكن $١٠^{٢}$ جراثيم / مل يحتاج فقط ٠,١ من هذا المستحضر . يختفى نشاط النيسين تدريجيا أثناء تخزين الجبن المطبوخ ، يجب اختبار التركيز فى البداية بحيث تظل الكميات المثبطة موجودة عند نهاية فترة صلاحية الناتج المتوقعة. قد تنمو الفطريات على سطح الجبن المطبوخ نتيجة التلوث بعد المعاملة الحرارية وعدم أحكام قفل العبوات مما يوفر الظروف الهوائية المناسبة لنمو ونشاط الفطريات . يبلغ النشاط المائى a_w فى الجبن ٠,٩٥ أو أعلى قليلا ويكون pH حوالى ٥,٧ . نتيجة للمعاملة الحرارية الشديدة التى تتعرض لها هذه الجبن تجعل قوة حفظ هذه الجبن متوسطة تقع بين الأغذية نصف المحفوظة semi-preserved والأغذية المعلبة ، تصل فترة صلاحية هذه الجبن عدة أشهر عند درجات حرارة تصل إلى ٢٥°م .

قد تتعرض بعض الجبن المطبوخ للفساد بواسطة Clostridia إذا حفظت لفترات طويلة عند درجات حرارة أعلى من ٢٥°م . المحاولات التى تمت لإنتاج جبن ذات قوة حفظ جيدة عند درجة حرارة الغرفة قد لا تكون ناجحة دائما ، لأن الفتل الحرارى للميكروبات لا يتم بالدرجة الكافية بواسطة المعاملة الحرارية دون حدوث تغيرات غير مرغوبة فى صفات الجبن بدرجة كبيرة . ومن الأمور الجديرة بالذكر فى هذا الصدد أن توكيد سلامة الجبن safety assurance يكون من خلال التأكيد على خلو الجبن الطبيعية، المستخدمة فى صناعة الجبن المطبوخ ، من سموم البكتريا العنقودية staphylococcal entererotxins وكذلك السموم الفطرية mycotoxins . وعادة يتم تحضين الجبن المطبوخ عند ٢٨- ٣٠°م لمدة أسبوعين على الأقل للإسراع من التغيرات الميكروبية التى تحدث نتيجة عدم كفاءة المعاملة الحرارية ، ويتم بعد ذلك فحصها حسيا sensory examination بالإضافة إلى عد مستعمرات *Clostridium*, *Bacillus* spp. قبل وبعد التحضين . عادة الجبن المطبوخ المرتفع الجودة لا يحدث به أى فساد (تغيرات حسية غير مرغوبة) أو زيادة جوهرية فى أعداد Clostridia . الفحص الميكرسكوبى لعينات حديثة

(طازجة fresh) قد يعطى دليلا على نمو جوهرى للبكتريا العنقودية Staphylococci أو الفطريات molds فى المواد الخام.

٢٦- الميكروبات المرضية فى الجبن

قد تتواجد كثير من البكتريا المرضية pathogens فى اللبن الخام والتى قد يكون مصدرها الضرع المصاب (التهاب الضرع mastitis)، الروث أو الإفرازات الأخرى للحيوانات المصابة أو الحاملة للمرض ، والمصادر الآدمية والبيئة الملوثة أو معدات الألبان . تشمل هذه المجموعة البكتريا العنقودية *Staph.aureus* .، والأنواع الكروية *Streptococcus* ، أنواع السالمونيلا *Salmonella E.coli,* وأنواع *Yersinia enterocolitica, Bacillus,* وبكتريا السل *Campylobacter, Cl.perfringens Brucella, M.tuberculosis*. يمكن القضاء على هذه الأنواع بالبسترة الكاملة ، عدا البكتريا المتجرثمة spore-forming bacteria والبكتريا المقاومة للبسترة thermoduric مثل Enterococci . قد يصنع الجبن فى بعض الأحيان من لبن خام أو لبن تلوث بعد البسترة ، فإذا وجدت البكتريا المرضية فى مثل هذا اللبن وقاومت عمليات التصنيع، فإنه قد ينتج عن ذلك حالات تسمم غذائى نتيجة لاستهلاك جبن ملوث بالبكتريا المسببة أو بسمومها enterotoxins أو الأصابة بالبكتريا المرضية .

معظم أنواع التسمم الغذائى الشائعة هى تلك التى تسببها السموم الناتجة من البكتريا العنقودية نتيجة تلوث اللبن من العاملين ومرض ألتهاب الضرع فى القطيع بهذه البكتريا . التسمم بأنواع السالمونيلا من الجبن قليل الحدوث ، ولكن سلالات Enteropathogenic *E.coli* المرضية قد تسبب بعض حالات التسمم ، وتتواجد *E.coli* غالباً فى اللبن الخام وفى حالات تلوث اللبن بعد البسترة . لا زال مرض الحمى المالطية brucellosis شائعاً فى بعض الدول نتيجة لاستهلاك جبن غير مسوى مصنع من لبن خام خاصة لبن الماعز . احتمال حدوث أعراض التسمم بالـ Enterococci واردا ويكون نتيجة لإنتاج مستويات عالية من الأمينات الحيوية biogenic amines والتى تسبب ارتفاع ضغط الدم والتى قد

تتفاعل مع العقاقير المستخدمة فى المعالجة الإكلينيكية ويؤدى ذلك إلى تثبيط إنزيم monoamine oxidase .

تستطيع بادئات بكتريا حامض اللاكتيك المستخدمة فى إنتاج الجبن من حماية الجبن بكفاءة ضد البكتريا المرضية عن طريق إنتاج حامض اللاكتيك ، حامض الخليك ، H_2O_2 والمضادات الحيوية (مثل النيسين nisin) . يعتبر البادئ النشط ضروريا لمنع نمو البكتريا المرضية وغير المرغوبة . عندما يفشل البادئ فى إنتاج كميات كافية من الحموضة نتيجة للإصابة بالفاج ، أو المضادات الحيوية ، أو باستخدام سلالات بطيئة فى إنتاج الحموضة ، فإن البكتريا العنقودية وغيرها من البكتريا المرضية الأخرى تستطيع التكاثر بدرجة أسرع ، وتمثل هذه الجبن بعض المخاطر الصحية عند تناولها . عموما فإنه تحت الظروف المثلى لإنتاج الحموضة فإن معدل موت أو تكاثر البكتريا المرضية يتأثر بسلالة البادئ المستخدم، بعض السلالات تكون أكثر تثبيطاً عن سلالات أخرى .

يجب أن يتم بسترة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن أو معاملته بطريقة تضمن القضاء على الميكروبات المرضية غير المتجرثمة ، حيث أن البكتريا المرضية و/ أو البكتريا المنتجة للتوكسين الموجودة فى اللبن الخام قد توجد فى الجبن . كما أن هذه الميكروبات المرضية قد تجد طريقها إلى الجبن نتيجة للتلوث من البيئة أثناء الصناعة. أعداد هذه الميكروبات قد تنخفض أثناء تكوين الخثرة والتسوية ، لكن هذه الخطوات لم تثبت فاعليتها فى القضاء على الميكروبات المرضية . حدثت عدة حالات مرضية بالبروسيلا brucellosis من جبن صنعت من لبن ماعز خام ولبن بقرى خام . تستطيع *Brucella* أن تبقى أثناء خطوات صناعة الجبن وتبقى لعدة أسابيع فى الجبن . وقد وجد أن كل من *List.monocytogenes, Salmanella* تستطيع أن تبقى فى الجبن خلال فترة ٦٠ يوم (الحد الأدنى) لتسوية الجبن المصنوعة من اللبن غير المبستر. تقدم الحموضة ببطئ قد يسمح لميكروبات Staphylococci أن تنمو وتنتج كميات كافية من التوكسين لتسبب التسمم . تستطيع ميكروبات *E.coli* أن تتكاثر فى الجبن الطرية والنصف طرية المسواة سطحيا أثناء المراحل الأولى من التخمر وعلى السطح فى المراحل المتأخرة من التسوية بعد أن يرتفع pH . جراثيم *Cl. botulinum* الموجودة فى اللبن الخام

تقاوم البسترة وتتكاثر فى الجبن المنخفضة الملح إذا كان pH مرتفع نسبيا والتركيب مقفول حتى تتوفر ظروف لاهوائية . نمو *Cl. botulinum* مع إنتاج التوكسين قد لوحظ فى مفرودات الجبن المطبوخ processed cheesc spreads ولكن يمكن استبعادها أو القضاء عليها بالتركيب المناسب لمخلوط الجبن.

٢٦-١- Coagulase-positive *Staphylococcus*

عموما ، فإن المستويات العالية من التلوث بسلالات من *Staph.aureus* المرضية المعوية entcropathogcnic يؤدى إلى إفراز سموم خلال تصنيع الجبن ، لكن لم يعرف إلى الآن بصورة واضحة فيما إذا كانت هناك ظروف معنية تشجع من إنتاج هذه السموم.

٢٦-١-١ - ظروف تصنيع الجبن

فشل البادئ فى النمو وفى إنتاج الحموضة (نتيجة الإصابة بالفاج) فى جبن التشدر يؤدى إلى ارتفاع pH عند الطحن إلى ٦,٦ بدلاً من ٤,٩٥ ، كما يرتفع معدل تكاثر *Staph.aureus* إلى ٥-١٠ أضعاف خلال تصنيع الجبن عنه فى الجبن العادية .

وفى تجربة لصناعة جبن تجارياً من لبن مبستر تم تلويثه بغزارة بالبكتريا العنقودية Staphylococci ، فإن عدد كبير من هذه البكتريا قد أنتج كميات محسوسة من السموم فقط عندما تكون الحموضة منخفضة (أقل من ٠,٤%) ، لكن لم تكن ملحوظة مع الحموضة العادية . يختلف معدلات تكاثر البكتريا العنقودية باختلاف البادئ المستخدم . عند الحموضة العادية ، فإنه يجب تواجد ٢,٨ × ١٠^{٧} من البكتريا العنقودية لكل جم جبن لإنتاج السم ، لكن عند فشل البادئ نتيجة للإصابة بالفاج فإنه يكفى تواجد ٤ × ١٠^{٦} من البكتريا العنقودية لكل جم جبن لإنتاج السم . تلقيح اللبن المعد لصناعة الجبن السويسرية بأعداد كبيرة من *Staph.aureus* أدى إلى تكاثرها خلال تصنيع جبن الحموضة العادية ، ولقد أنتج السم بواسطة سلالتين منها على مستويات من ١٠^{٧} إلى ١٠^{٨} / جم جبن .

عموماً فإن *Staph.auereus* قد اختفت من جبن الأمينتال خلال ٢٤ ساعة عند استخدام بادئ نشط . جبن الجودا المصنع من لبن خام يحتوى على بكتريا عنقودية من $١٠^{٢}$ إلى $١٠^{٣}$ / مل قد يحتوى على أعداد تصل إلى $١٠^{٤}$ إلى $١٠^{٥}$ / جم من الجبن بعد ٢٤ ساعة تحت ظروف الحموضة العادية . يتأثر معدل موت الخلايا فى هذه الجبن بسلالة البادئ والمستويات العالية من البكتريا العنقودية فى حدود $١٠^{٨}$ / جم من الجبن يكون ضرورياً قبل التمكن من الكشف عن السم .

وفى دراسة أجريت على سلوك البكتريا العنقودية فى الجبن الطرية المصرية (الدمياطى ، الثلاجة ، القريش) حيث تم تلقيح اللبن فى كل من الجبن بأربع سلالات من *Staph.aureus* (E ١٩٦ ، ٢٤٣ ،١٣٧، ٣٢٦ من ATCC) المنتجة لتوكسينات (E,C , B, A ، على التوالى) وقد وجد أن هذه السلالات قد اختفت من الجبن القريش بعد ١٠ أيام من التخزين عند درجة حرارة الثلاجة مع عدم إنتاج أى نوع من السموم . فى الجبن الثلاجة المنخفضة فى نسبة الملح أستمر وجود هذه السلالات فى الجبن طول فترة التخزين (١٥٦ يوم) مع انخفاض تدريجى فى أعداد هذه السلالات أثناء التخزين ، كما أمكن الكشف عن وجود سموم A وB فى هذه الجبن. كما وجد أن هذه السلالات قد اختفت من الجبن الدمياطى، عند تصنعيه من لبن يحتوى على ٩ ، ١٤% ملح ، وذلك بعد ١٠٥، ١٢٠ يوم على التوالى ، مع عدم وجود أى من السموم فى الجبن سواء طازجاً أو خلال التخزين .

٢٦-١-٢- تسوية الجبن

قد تستمر البكتريا العنقودية فى التكاثر خلال الأسابيع القليلة الأولى فى جبن التشدر المنخفض الحموضة ، ثم تموت ببطء ولكنها قد تنخفض ١٠٠ ضعف بعد ١٦-٢٤ أسبوع فى الجبن العادى ، لكن فى الجبن المنخفض الحموضة قد لا ينخفض العدد حتى بعد ١٨ شهر من التسوية . يتناقص العدد بسرعة أكبر فى الجبن المسوى عند ١٠ أو ١٣°م عن الجبن المسوى عند ٧°م. معدل نمو البكتريا العنقودية منخفض جدا فى الجبن السويسرية العادية . لم يلاحظ وجود البكتريا

العنقودية بعد ١٠ أيام فى الجبن الكممبير ، بينما يحتاج ٢٢ يوماً لاختفائها من جبن الشيشر . إذا نمت البكتريا العنقودية إلى أعداد تصل على الأقل إلى $١٠^{٦}$ /جم فى الجبن خلال التصنيع فإن كميات محسوسة من السم يمكن أن تتكون ويظل هذا السم فعالاً فى الجبن لعدة شهور أو حتى لعدة سنوات.

٢٦-٢- السالمونيلا Salmonellae

فى جبن التشدر المنخفض الحموضة تستطيع السالمونيلا التكاثر بسرعة خلال عملية الصناعة ، ويرتفع العدد من $١٠^{٢}$ / مل فى اللبن إلى $١٠^{٤}$ / جم فى الخثرة و $١٠^{٥}$ / جم طوال الليل (pH عند الكبس ٥,٧) . وقد تنمو السالمونيلا فى الجبن العادى خلال التصنيع ولكن بمعدل أبطأ . فى الجبن المعرقة بالفطر ، يعتمد معدل القتل على pH عند نهاية التصنيع وقد تبقى أعداد قليلة عند pH ٥,٣. تموت السالمونيلا فى الجبن الطرية أثناء التصنيع (عند pH٤,٥٥) ولكنها تتكاثر ببطء فى الخثرة المنخفضة الحموضة (pH ٤,٩٥).تتناقص السالمونيلا ببطء خلال فترة التسوية ولكنها تنمو فى معظم الجبن الطرية وتقاوم لفترات تصل أو تتعدى فترة التخزين وإعدادها للاستهلاك.

٢٦-٣- Enteropathogenic *E.coli* (EEC)

قد تنمو *E.coli* حتى ما بعد مرحلة التسوية فى الجبن النصف جافة والجافة والطازجة ، وفى جبن الكممبير . التلوث البسيط للبن بهذه الميكروبات يؤدى إلى مستوى عالى غير مقبول فى الجبن .

عند استخدام لبن ملقح بـ EEC فى صناعة جبن الكممبير ، فإن EEC تظل باقية فى الجبن لمدة أكثر من ٦ أسابيع ، وفى الجبن المصنوعة من لبن يحتوى ٥٠٠ EEC/ مل فإن ٧٠٠ إلى ٢٠,٠٠٠ / جم تظل موجودة فى الجبن بعد ٧ أسابيع من التسوية.

عند فحص ١٠٦ من عينات جبن طرى وجد أن ١٧% منها تحتوى على أكثر من ١٠٠٠٠ / جم من faecal coliforms، ولكن لم يحتوى أى منها على سلالات من EEC. فى الجبن التشدر تنخفض أعداد *E.coli* إلى مستوى منخفض

خلال ٣شهور من التسوية ، ولكن ليس هنالك معلومات متوفرة عن السلالات المرضية EEC.

٢٦-٤- *Listeria monocytogenes*

فى السنوات الحديثة ، أكتشفت *List.monocytogenes* فى اللبن الخام وبعض أنواع من الجبن الطرية ، وأصبح معرفاً الآن بأنه ميكروب مرضي يصيب الإنسان .

يوجد هذا الميكروب فى روث الحيوانات وفى اللبن الخام والخضراوات الورقية. هناك عدة طرق يصل من خلالها هذا الميكروب إلى الجبن ، لذلك عند صناعة الجبن من اللبن الخام فإنه من الضرورى تسوية أو تخزين الجبن لمدة ٦٠ يوماً عند ١,٧°م (٣٥°ف) قبل عرضها للاستهلاك ، وقد وجد أن *List.monocytogenes* تقاوم عمليات تصنيع الجبن والتسوية عند ١٣,٦°م لمدة ١٥٤ إلى ٤٣٤ يوم . ومن الواضح أن تخزين الجبن لمدة ٦٠ يوماً تكون غير كافية للقضاء على هذا الميكروب ، لذلك فإن اللبن المستخدم فى صناعة الجبن يجب أن يتم معاملته بطريقة تضمن القضاء على هذا الميكروب.

قد يصل هذا الميكروب إلى الجبن من خلال مصادر مختلفة ، ويستطيع أن يقاوم ويتكاثر فى بيئة المصنع . المصدر الآخر لتلوث الجبن بهذا الميكروب هو البيئة المحيطة بعمليات التصنيع . قد يصل هذا الميكروب إلى لبن الجبن نتيجة التلوث بعد البسترة ، وينمو فى الجبن أثناء المراحل الأولى من الصناعة وعلى سطح الجبن خلال المراحل المتأخرة من التسوية ، حيث لوحظ وجود *Listeria* بأعداد أكبر من $١٠^{٦}$ خلية / جم . وقد وجد أنه عند تلقيح اللبن المستخدم فى صناعة جبن التشدر بميكروب *List.monocytogenes* ، فإن الأعداد الحية من هذا الميكروب فى الجبن تزيد حتى ١٤ يوماً من التسوية ، بعد ذلك تنخفض الأعداد ، لكن البعض قد يستمر باقياً فى الجبن لفترة ٥ شهور على الأقل . وقد قام البعض بدراسة اختفاء هذا الميكروب أثناء صناعة وتسوية جبن الكممبير من لبن مبستر ملقح بـ ٥×١٠^{٢} خلية / مل ، وقد أشارت النتائج أن أعداد *Listeria* زادت إلى حوالى ١٠ أضعاف خلال ٢٤ ساعة الأولى ، ثم أستقرت

بعد ذلك خلال ٢٥ يوم الأولى من التسوية. ومع ذلك ، عندما بدأ pH فى الانخفاض حدث نمو سريع لهذا الميكروب ، حيث وصلت أعداده إلى ١٠^{٧} خلية /جم على سطح الجبن بعد ٥٦ يوم .

مقاومة *List.monocytogenes* أثناء التصنيع وتخزين جبن Cottage قد تم دراستها ، ووجد أن أعداد هذا الميكروب كانت ثابتة نسبياً خلال عملية التصنيع حتى الطبخ cooking ، حيث انخفضت أعداد *Listeria* بدرجة كبيرة نتيجة عملية الطبخ . خلال تخزين خثرة جبن Cottage العادية أو بالقشدة عند ٣°م ، فإنه أمكن التعرف على هذا الميكروب فى ٥٩ عينة من ١١٢ عينة (٥٣%) عند مستوى يختلف من ١٠ إلى ١٠^{٧} خلية / جرام .

وقد أشارت كثير من نتائج البحوث على أن درجة مقاومة وتواجد هذا الميكروب فى الجبن يتوقف على معدل تقدم الحموضة بواسطة البادئ خلال عملية التصنيع ، وكذلك pH النهائى فى جبن الفتا . وقد وجد أن *List.monocytogenes* وصلت إلى أعلى عدد لها فى جبن الفتا Feta خلال يومين من التسوية ، وتوقف النمو عندما وصل pH الجبن إلى ٤,٦ . كما وجد أن بعض سلالات هذا الميكروب يتواجد فى جبن الفتا لمدة تزيد عن ٩٠ يوم حتى عند pH ٤,٣ . مدة التسوية العادية لجبن الفتا ٦٠ يوماً على الأقل ، لذلك فإن تواجد هذا الميكروب فى الجبن ممكن أن يسبب مخاطر صحية للإنسان ، أى يسبب مرض listeriosis . عموماً ، فإن الجبن الأبيض المخلل white pickled cheese المصنوع من لبن خام يمثل خطورة كامنة لانتشار مرض listeriosis فى الإنسان ، لذلك يوصى بصناعة الجبن من لبن مبستر ، ومن المعروف أن معدل الوفيات فى هذا المرض حوالى ٣٠ %.

يرجع تواجد هذا الميكروب فى الجبن إلى تلوث ما بعد البسترة للبن الجبن والمواد الداخلة فى التصنيع، إلى قدرة الميكروبات على مقاومة العمليات التصنيعية، وإلى مقاومة وقدرة الميكروب على النمو تحت ظروف التخزين والتسوية .

توفر بيئات جديدة للكشف عن هذا الميكروب سوف يعطى معلومات أفضل عن تواجد هذا الميكروب وقدرته المرضية فى اللبن والجبن . بالرغم من *List.monocytogenes* عبارة عن ميكروب محب للحرارة المعتدلة mesophilic

سريع النمو ، إلا أنه يتميز بقدرته على النمو السريع عند درجات حرارة منخفضة (عند ١٠°م) كما أنه يستطيع أن ينمو فى أنظمة تبريد اللبن التى تؤدي إلى تلـوث لبن الجبن بعد البسترة.

٢٦-٥- البروسيلا *Burcella*

تستطيع *Brucella melitensis, Brucella abortus* من النمـو تحـت ظروف التصنيع العادية للجبن وتظل حية لعدة شهور فى الجبن الجـاف . وقـد تستطيع *Brucella* النمو لمدة ٦ شهور فى جبن التشدر ولكنها لم تستطيع النمـو لأكثر من ٢٠ يوم فى جبن الكممبير المصنع من لبن تم تلويثه بهذه البكتريا .

٢٦-٦- *Yersinia enterocolitica*

هذه البكتريا ، بخلاف معظم البكتريا المرضية ، عبارة عن بكتريا متحملـة للبرودة ، ويمكن أن تنمو وتتكاثر عند ٤°م . وفى جبن تشدر والجبن الإيطالية (بما فيها البرفلون والموزاريلا) المصنع من لبن خام وجد أن ١٨% من هـذه الجـبن ملوث طبيعياً بـ *Y.enterocolitica*، كما وجدت فى ٩% مـن خـثرة جـبن التشدر ، ولكن لم توجد فى الجبن الإيطالية ، وقد كانت جميع الجبن سالبة لهـذه البكتريا عندما اختبرت بعد ٢٣ يوم (التشدر) و ١٠ أيام (الإيطالية) . وقد وجـد أن أعداد *Y.enterocolitica* يزيد فى الجبن وتستمر وجودها فى الجبن حـتى ٣٠ يوماً ، إذا كان تقدم الحموضة بطئ و pH فى الجبن النهائى أعلى من ٤,٥ . يمكن الكشف عن هذا الميكروب فى خلال ٧٢-١٢٠ ساعة فى جبن الفتا الناتجة مـع تكوين حموضة بمعدل مناسب أثناء التصنيـع ، بينمـا *List. monocytogenes* وصلت إلى أقصى عدد لها فى خلال يومين من التسوية.

٢٦-٧- *Mycobacterium tuberculosis*

تمثل هذه البكتريا مشكلة فى الدول التى يعتبر فيها مرض السل وبائيـا ، والتى لا يزال يستخدم فيها اللبن الخام لتصنيع الجبن . بالرغم من القضاء عليـها بالبسترة إلا إنها مقاومة للحموضة ، لذا فإن وجوده لا تتأثر بـ pH الجـبن ،

وتوجد فى الجبن فترات طويلة يتوقف على نوع الجبن ، إلا أن التقارير أثبتت وجودها لمدة ٢٢٠ يوم فى جبن التشدر ، ولمدة ٣٠٠يوم فى جبن Tilsit ، ولمدة ٩٠ يوم فى جبن الكممبير ، وأكثر من ٦٠ يوم فى جبن الأيدام ، المواد المثبطة للنمو فى جبن الأمينتال والجروير أدت إلى موت هذه البكتريا خلال ٢٠-٤٠ يوماً.

٢٦-٨- *Campylobacter*

توجد أنواع *Campylobacter* ، مثل *C.enterocolitica* ، بصورة منتظمة فى اللبن الخام وقد يسبب التهابات معوية . تقضى البسترة على هذه الأنواع ، لكن وجد أنه عند تلقيح لبن الجبن بخلايا حية من *C.fetus* ssp. *fetus* ، فإن أعداد قليلة تبقى فى جبن التشدر لمدة تصل إلى ١٥ يوماً فقط ، فى جبن Cottage يتم القضاء على هذا الميكروب بواسطة عملية الغسيل.

٢٦-٩- الفيروسات Viruses

تتوفر معلومات قليلة عن نمو الفيروسات المرضية للإنسان فى الجبن ، وقد أقترحت الأبحاث التى أجريت على لبن ملوث بفيروسات الشلل وفيروسات معوية معينة وفيروسات الأنفلونزا ، بأن البسترة تقلل كثيراً من أو تقضى على الفيروسات الموجودة فى اللبن . ظروف تصنيع الجبن من لبن غير معامل حرارياً يؤدى إلى انخفاض مستوى الفيروسات بدرجة ملحوظة ، ولكن الذى يقاوم منها قد يستمر فى الجبن لفترات طويلة (فيروس الشلل ٧ شهور فى جبن التشدر و ٥-٦ أسابيع فى جبن Cottage).

البادئ يساعد على تثبيط نمو أو إنتاج السموم بواسطة ميكروبات التسمم الغذائى . تلوث ما بعد البسترة فى الجبن الناتجة من لبن مبستر يعتبر من العوامل الهامة المساهمة فى حدوث عدوى منقولة عن طريق الغذاء . عدم كفاءة عملية البسترة وطرق الصناعة وكذلك تلوث وسائل الإنتاج بالميكروبات يمكن أن يعرض سلامة الجبن المصنوعة من لبن مبسترة للخطر .

٢٧-وقاية الجبن من الميكروبات المرضية

٢٧-١- اللبن المستخدم فى صناعة الجبن

٢٧-١-١- اللبن الخام

تعتبر البكتريا من أهم الميكروبات الموجودة فى اللبن ومنع فرص تلـــوث اللبن ونمو الميكروبات يأتى فى المقام الأول فى عملية إنتاج وتداول ونقل وتصنيـــع لبن مرتفع الجودة.

وطبقا لوجود هذه الميكروبات وصفاتها النوعيـــة فـــإن بعـــض هـــذه الميكروبات قد يكون مفيداً أو ضاراً ولكن يعتبر معظم هذه الميكروبات جزءاً مـــن فلورا اللبن ويجب أخذ عدة عوامل فى الاعتبار عن تقويم الظروف المثلى لإنتـــاج لبن مرتفع الجودة . الظروف البيئية مثل الأتربة (الغبار) النـــاتج مـــن الكنـــس ، السيلاج ، السماد ومواد الفرشة تحت الحيوان قد تساهم فى الحمـــل الميكـــروبى microbial load الذى يوجد فى أو على ضرع الحيوان . غالباً ما تكون قنـــوات الحلمات مستودعاً للبكتريا التى تفرز فى اللبن . وقد أشارت بعـــض التقـــارير أن أعداد البكتريا عادة تكون مرتفعة فى بداية عملية الحلب ثم تأخذ فى الانخفـــاض تدريجياً بتقدم عملية الحلب . الفلورا العادية فى اللبن الناتج من حيوان سليم خـــال مـــن الأمـــراض تتكـــون مـــن Streptococci, Micrococci, Lactobacilli. والميكروبات المسئولة عن مرض التهاب الضرع mastits تكون موجودة فى اللبن.

ومن المصادر الأخرى لتلوث اللبن ، هو السطح الخارجى لضرع الحيـــوان الذى قد يكون ملوثا ببقايا التربة مع مكونات الفرشة والسماد . الجسم الخـــلوجى للحيوان الذى قد يكون مستودعاً للميكروبات من المياة الراكدة والسماد والهـــواء والأوعية المستخدمة فى عملية الحلب والتداول بواسطة العاملين ، وعدم كفـــاءة عملية تطهير آلات الحلب وخطوطها الثابتة. يجب تبريد اللبن بكفاءة لمنع أو تقليل نمو الميكروبات الموجودة فى اللبن إلى أدنى حد.

بالرغم من أن الفيروسات والخمائر والفطريات توجد أيضاً فى اللبن فـــإن عائلات البكتريا ذات الأهمية فى هـــذا الشـــأن هـــى : *Pseudomondaceae, Lactobacteriaceae, Achromobacteriaceae, Micrococcaceae, Bacillaceae,Enterobactcriaceae* . اللبن المستخدم فى صناعة الجبن يجـــب أن

يكون ناتجاً من حيوانات سليمة خالية من الأمراض ومرتفع الجودة الميكروبيولوجية ، وعادة تقدر جودة اللبن بواسطة عدد الميكروبات الموجودة فيه. يجب أن يكون اللبن خالياً من المواد المثبطة ، مثل بقايا المضادات الحيوية المستخدمة فى علاج مرض التهاب الضرع ، كما يجب أن يكون مشجعاً على النمو النشط للميكروبات المنتجة للحموضة . بكتريا حامض اللاكتيك ضرورية لإنتاج الجبن والألبان المتخمرة ، لكن بعض الأنواع قد يكون غير مرغوباً فيها ، حيث أنها قد تكون مسئولة عن حدوث اختفاء اللون أو تبقع جبن التشدر وزيادة حموضة اللبن السائل والقشدة .

٢٧-١-٢- اللبن المبستر

كما سبق الإشارة ، فإن الهدف من البسترة هو القضاء على البكتريا المرضية غير المتجرثمة ، التى قد توجد فى اللبن ، قد تكون للمعاملة الحرارية المستخدمة لبسترة اللبن فى صناعة الجبن تأثير على جودة الجبن الناتج . قبل استخدام البسترة فى معاملة اللبن فى صناعة الجبن ، فإن صناعة الجبن تتأثر بدرجة ملحوظة بالفلورا الطبيعية الموجودة فى اللبن. إذا كانت بكتريا حامض اللاكتيك موجودة ، فإن الزيادة فى الحموضة تكون أسرع من المتوقع ، ويؤدى ذلك إلى إنتاج جبن مرتفع الحموضة ، أما إذا كانت بكتريا القولون coliforms أو غيرها من الميكروبات المخمرة للاكتوز موجودة فإن ذلك قد يؤدى إلى وجود غازات أو أطعمة غير نظيفة أو غير مرغوبة فى الجبن الناتج . غالباً ما يكون الجبن الناتج من لبن غير مبستر مصدراً للأمراض المنقولة عن طريق الغذاء.

وقد أشار البعض إلى مزايا استخدام لبن مبستر فى صناعة الجبن والتى تتلخص فى النقاط التالية :

١- سيطرة أفضل على تكوين الطعم .
٢- القضاء على البكتريا المرضية التى قد توجد فى اللبن .
٣- القضاء على بكتريا القولون والبكتريا غير المرغوبة .
٤- سيطرة أفضل على تقدم الحموضة أثناء صناعة الجبن .
٥- توحيد صفات الجبن .

٦- يمكن تسوية الجبن عند درجة حرارة مرتفعة وبالتالى الإسراع فى التسوية.
٧-زيادة طفيفة فى محصول الجبن الناتج .
٨- عائد مادى أفضل نتيجة لارتفاع جودة الجبن الناتج مع انخفاض نسبة الجبن الأقل جودة.

وتتلخص المشاكل الناجمة عن استخدام البسترة فى صناعة الجبن فيما يلى:
١- ارتفاع طفيف فى تكاليف الصناعة .
٢- الجبن المصنوعة من لبن مبستر أبطأ فى التسوية .
٣- ظهور الطعم فى الجبن الناتج بمعدل أبطأ ومختلف تماما من طعم الجبن الناتج من لبن خام .

والمزايا الناجمة عن استخدام البسترة للبن فى صناعة الجبن تفوق كثيراً العيوب الناتجة عن استخدامها.

ومن السهل السيطرة على التغيرات التى تحدث أثناء صناعة الجبن عندما يستخدم اللبن المبستر . فى مصانع الجبن الكبيرة والشائعة الآن فى صناعة الجبن فى كثير من الدول، حيث تصنع مئات الآلاف من لترات اللبن فى اليوم الواحد ، فإن بسترة اللبن ضرورية للسيطرة على التغيرات المطلوبة فى صناعة الجبن ، لضمان إنتاج جبن مرتفعة الجودة وخالية من المخاطر الصحية .

٢٧-١-٣- اللبن المعامل حراريا

يطلق لفظ المعاملة الحرارية heat-treatment على عملية تسخين اللبن لدرجة حرارة ومدة أقل من المستخدمة فى بسترة اللبن ، وقد يطلق عليها معاملة تحت البسترة subpasteurization أو عملية تسخين thermization ، حيث يسخن اللبن إلى ٦٣-٦٥°م (١٤٥-١٥°ف) لمدة ١٥-٢٠ ثانية للقضاء على البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophic bacteria دون أن يحدث اتلاف للإنزيمات .

يمكن إنتاج جبن مأمون ميكروبيولوجيا من لبن خام معامل حراريا ، حيث وجد أن المعاملة الحرارية عند ٦٥-٦٥,٥°م (١٤٩-١٥°ف) لمدة ١٦-

١٨ ثانية يؤدى إلى القضاء على معظم الميكروبات المرضية ، التى قد تمثل خطورة صحية وتؤدى إلى عدم إنتاج جبن مأمون صحياً.

تسخين اللبن الخام الملقح بأعداد من بكتريا تصل إلى ١٠^{٥} / مل فى مبادل حرارى (المستخدم تجاريا فى بسترة اللبن بطريقة HTST) إلى ٦٥°م (١٤٩°ف) ومدة حجز ١٧,٦ ثانية (١٦,٢ ثانية الحد الأدنى) أدى إلى القضاء على جميع سلالات *Yersina* spp., *E.coli, Compylobacter* spp. *Y.enterocoltica* وجميع أنواع السالمونيلا، ما عدا نوعا واحد هو و *Salmonella senftenber* . وبالرغم من أن البعض قد أشار إلى أن هذا الميكروب نادرا ما يوجد فى الجبن ، إلا أنه يمكن تثبيطه عند ٦٩°م (١٥٦,٢°ف). فى اللبن الذى أمكن تلويثة صناعيا بـ *Listeria monocytogenes* بأعداد تصل إلى ١٠^{٤} / مل ، وجد أن تثبيط هذه البكتريا يحدث عند ٦٦°م (١٥٠,٨°ف)، وعندما يلقح اللبن بهذا الميكروب بأعداد تصل إلى ١٠^{٥} / مل فإن ٦٩°م (١٥٦,٢°ف) تكون ضرورية لتثبيط هذا الميكروب.

وقد تم دراسة المقاومة الحرارية لـ ٢٣٦ سلالة من *Staphylococcus aureus* ، تم عزلها من اللبن الخام ومن الجبن التشدر ، ووجد أن المعاملة الحرارية إلى ٦٧°م (١٥٢°ف) كانت كافية لتثبيط هذه السلالات . وبناء على نتائج هذه البحوث بالإضافة إلى بحوث سابقة ، فيمكن القول أن المعاملة الحرارية تحت البسترة ، التى غالبا ما تستخدم فى معاملة اللبن فى صناعة الجبن ، يمكن أن تقضى على العديد من البكتريا المرضية الهامة فى هذا المجال . ومن مزايا استخدام البسترة فى صناعة الجبن ، هو رفع كفاءة عمليات تصنيع الجبن وتوحيد وثبات صفات الجودة فى الجبن الناتج خلال موسم الإنتاج . ويعزى سرعة تكوين الطعم فى الجبن الناتج من اللبن الخام عن جبن اللبن المبستر إلى الإتلاف الجزئى لإنزيمات اللبن الطبيعية والميكروبات الموجودة فى اللبن وغيرها من المكونات البيولوجية فى اللبن الخام .

٢٧-٢- نمو ومقاومة الميكروبات المرضية خلال صناعة الجبن

٢٧-٢-١- نشاط البادئ

يتوقف إنتاج الجبن على تكوين حامض اللاكتيك بواسطة البكتريا . زيادة الحموضة يساعد على تكوين الخثرة بالمنفحة ويساهم فى إنكماش الخثرة ويسهل طرد الشرش منها ، كما أنه مسئولاً عن إيقاف نمو الميكروبات غير المرغوبة أثناء الصناعة والتسوية ، ويؤثر على مطاطية الخثرة الناتجة وإندماج جزئيات الخثرة فى كتله متجانسة متلاحمة وعلى أنواع التغيرات الإنزيمية أثناء التسوية.

زيادة الحموضة مع انخفاض مصاحب فى pH يلعب دورا هاما وحيويا فى صناعة الجبن ويعتبر ضروريا فى تثبيط نمو الميكروبات غير المرغوبة أثناء الصناعة . عدم كفاءة البادئ فى إنتاج الحموضة الكافية لتثبيط نمو الميكروبات غير المرغوبة يعتبر من العوامل المساهمة فى حدوث عدوى ميكروبية نتيجة تناول الجبن الملوثة . وقد وجد أنه عندما يحدث تثبيط لبادئ بكتريا حامض اللاكتيك فإن *Staph.aureus* يمكنها أن تنمو وتنتج كميات محسوسة من السموم فى الجبن التشدر . كما أوضح البعض أن تثبيط البادئ نتيجة الإصابة بالفاج يعطى الفرصة لـ Staphylococci أن تنمو وتتكاثر .

وقد وجد أن حقن اللبن بأربع سلالات من *S.aureus* (E ١٩٦، ٢٤٣، ١٣٧ ، ٣٢٦ من ATCC) منتجة لتوكسين E,C, B, A ، على التوالى لإنتاج جبن قريش بالبادئ ، أن جميع هذه السلالات قد اختفت تماما من الجبن فى أقل من ١٠ أيام من التخزين فى الثلاجة مع عدم إنتاج أى من هذه التوكسينات فى الجبن خلال فترة التخزين ، حيث أن نمو ونشاط البادئ (زيادة الحموضة مع انخفاض pH) يعتبر عاملاً حيوياً وهاماً فى إيقاف نمو هذه البكتريا وبالتالى منع إنتاج التوكسين .

٢٧-٢-٢- الملح NaCl

من أهم تأثير التمليح فى صناعة الجبن ، هو الحد من نمو الميكروبات غير المرغوبة فى الناتج النهائى . البكتريا المحللة للبروتين حساسة جدا لتركيزات NaCl

الموجودة فى معظم أنواع الجبن ، وقد وجد أن تمليح الخثرة فى نهاية عملية الشدرنة من العوامل التى تثبط نمو *Staph.aureus* ، كما وجد أن *List.monocytogenes* تقاوم لمدة أكثر من ١٠٠ يوم فى الجبن التى يصل فيها تركيز الملح فى رطوبة الجبن (S/M) ١٠,٥-٣٠% . الملح يساهم أيضا فى طعم الجبن ويساعد فى التخلص من الشرش من الخثرة ، وبالتالى ينظم كل من الحموضة والرطوبة . وقد وجد أن حقن اللبن المحتوى على ٤ % NaCl أربع سلالات من *Staph.aureus* (E ١٩٦ ، ٢٤٣، ١٣٧، ٣٢٦ من ATCC) منتجة لتوكسين E, C, B, A ، على التوالى لإنتاج جبن ثلاجة (جبن دمياطى طازجة منخفضة فى نسبة الملح) أدى إلى نمو هذه السلالات فى الجبن أثناء حفظ الجبن فى الثلاجة ، حيث بلغ أقصى عدد من هذه البكتريا عند ٥ أيام مع إنتاج توكسين B, A فى الجبن ، بينما لم يلاحظ وجود توكسين E, C فى الجبن . كما تم تصنيع جبن دمياطى من لبن يحتوى على ٩ ، ١٤ % NaCl تم حقنه بنفس السلالات السابقة ، حيث وجد أن هذه السلالات قد فقدت حيويتها سريعاً فى الجبن وأختفت من الجبن بعد ١٠٥، ١٢٠ من التخزين عند درجة حرارة الغرفة ، على التوالى ، ولم يلاحظ وجود أى من التوكسينات فى هذه الجبن ، مما يوضح أن NaCl يساهم فى تنشيط وتثبيط *Staph.aureus* وإنتاج التوكسين فى الجبن .

٢٧-٢-٣- الرطوبة أو النشاط المائى (a_w)

يحدد محتوى الجبن من الرطوبة فترة الصلاحية shelf-life ونوع الجبن الناتج . الجبن الطرى الذى يحتوى على نسبة مرتفعة من الرطوبة يمكن حفظه لعدة أسابيع قليلة ، بينما الجبن النصف طرية يمكن حفظه لبضعة شهور ، والجبن الجاف يمكن حفظه لأكثر من سنة ، والجبن شديدة الجفاف grating cheese يمكن حفظها لمدد أطول غير محدودة . يتوقف محتوى الخثرة من الرطوبة على درجة إنكماش الخثرة وطرد الشرش،والتى تحدد أيضا محتوى الجبن من اللاكتوز . التحول التالى للاكتوز إلى حامض لاكتيك يحدد حموضة الخثرة الطازجة ، وبالتالى فإن محتوى الخثرة من الرطوبة ترتبط ارتباطا مباشرا بحموضة الخثرة .يؤثر a_w على

فترة حفظ الغذاء بما فيها الجبن ، حيث أن ذلك يقدر الماء المتاح الذى يسمح بنمو الميكروبات .

٢٧-٣- نمو ومقاومة الميكروبات المرضية أثناء التسوية

٢٧-٣-١- تركيب الجبن

فساد الجبن أو ظهور عيوب فى الجبن التى تحدث أثناء التسوية قد يعزى إلى أسباب ميكروبية ، وكذلك إلى تغيرات طبيعية وكيماوية ناتجة من الإنزيمات ، التى تنطلق من الخلايا المتحللة التى نمت أثناء عمليات التصنيع ، وكذلك الميكروبات التى تنمو أثناء فترة التسوية . التغيرات فى التركيب البنائى والطعم والقوام والمظهر قد يؤدى إلى جبن منخفض الجودة ، نتيجة نمو الميكروبات غير المرغوبة . أحد مظاهر الفساد الشائعة فى الجبن الجاف هو إنتاج الغاز المتأخر late gas production ، الذى يتسبب فى ظهور شقوق وكذلك أطعمة مرة bitter flavors فى الجبن . بعض المكونات مثل كبريتيد الأيدروجين H_2S ، الذى تنتجه بعض الميكروبات أثناء التسوية ، يتفاعل مع بعض المعادن أو الأملاح المعدنية أو المواد الملونة المضافة ويتسبب فى اختفاء اللون فى الجبن المسواه . فقد الرطوبة أثناء تسوية الجبن الجافة يشجع على تكوين قشرة واقية protective rind على سطح هذه الجبن ، ولكن المكونات الكيماوية الناتجة أثناء التسوية تلعب دوراً ثانويا فقط فى حفظ الجبن . إنتاج أحماض دهنية أثناء التسوية قد يؤدى إلى تثبيط بعض الميكروبات اللاهوائية ، ولكن معظم الجبن تكون أكثر عرضة لحدوث الفساد الميكروبى بتقدم العمر أو التسوية نتيجة ارتفاع pH . وقد وجد أن *List.monocytogenes* تنمو بسرعة فى جبن الكممبير والبراى أثناء التسوية ، وأن النمو يزداد بارتفاع pH . كما أمكن اكتشاف وجود هذا الميكروب فى جبن التشدر التى تم حقنها بهذا الميكروب بعد ١٥٤-٤٣٤ يوم من التسوية .

٢٧-٣-٢- درجة حرارة التخزين

تخزين الجبن عند درجات حرارة التبريد (درجة حرارة الثلاجة) لا يضمن خلو الناتج من الميكروبات المرضية ، فمن المعروف أن *List.monocytogenes*

ليست فقط تتحمل درجات الحرارة المنخفضة low-temperature tolerant ، لكنها تنمو عند درجات حرارة التبريد . ومن الواضح أن هذا الميكروب يصل إلى الجبن المصنوعة من لبن مبستر نتيجة التلوث من البيئة environmental contaminant ، بينما الجبن المصنوعة من لبن خام قد تحتوى على الميكروبات كملوثات طبيعية natural contaminant ، لذلك فإذا وجد هذا الميكروب فى الجبن ، وخاصة الجبن الطرى المحتوى على نسبة مرتفعة من الرطوبة ، فإنه قد ينمو أثناء التخزين عند درجات حرارة التبريد . ومن مصادر التلوث بهذا الميكروب ، بيئة المصنع التى تشمل غرف التسوية والتداول والتخزين . كما أشار البعض أن فترة التسوية واختلاف السلالة من العوامل الهامة فى مقاومة *Staph.aureus* فى الجبن المصنعة على نطاق تجارى ، بينما يرتفع عدد Staphylococci أثناء الصناعة فإن العدد الكلى للميكروبات ينخفض بانخفاض pH خلال المراحل الأولى من التسوية ، حيث تنخفض بنسبة ٩٠% بعد ثلاثة أيام. وقد لاحظ آخرون انخفاض أعداد Staphylococci أثناء تخزين الجبن المملح وغير المملح عند ٤°م ، لكن لم يلاحظ أى تأثير محسوس على إنتاج السموم .ومع ذلك ، فإن عند ١١°م قد لوحظ نمو *Staph.aureus* مع إنتاج التوكسين فى جبن التشدر المملح، لكن أعداد هذا الميكروب انخفضت فى الجبن غير المملح عند نفس درجة حرارة التخزين عادة ليست منخفضة بالدرجة الكافية لمنع نمو الفطريات على سطح الجبن المخزنة .

٢٧-٣-٣- النشاط المائى (a_w)

تتوقف مدة حفظ الجبن على كمية الماء المتاحة لنمو الميكروبات . الزيادة فى محتوى الجبن المسواة من الرطوبة يجعل الجبن أكثر عرضة لحدوث الفساد ، الجبن الطرى مثل البراى واللمبرجر أكثر عرضة للفساد بالفطريات وغيرها من الميكروبات ، بينما الجبن الجافة مثل الجبن السويسرية والتشدر أقل عرضة للفساد. الطبقة القشرية على سطح الجبن الطبيعية تساعد على منع حدوث الفساد ونتيجة لتوفر ظروف لاهوائية داخل هذه الجبن ، ولكن ما تزال محتوى الرطوبة كافيا للسماح لنمو بعض الفطريات . وقد وجد أن (a_w) يتناسب بطريقة مباشرة مع

محتوى الرطوبة فى الجبن وبطريقة عكسية مع تركيز الملح وغيرها من الجزئيات المنخفضة .

جدول (٢-٦): النشاط المائى (a_w) فى بعض أنواع من الجبن

الجبن	a_w
الكوارج ، Cottage	٠,٩٩
المطبوخ	٠,٩٨
الكممبير والبراى والأمينتال	٠,٩٧
الأيدام والتليست	٠,٩٦
التشدر ، الجودا ، الجروبير والجروجتزولا	٠,٩٥
الموزاريلا ، الرومانو والستلتيون	٠,٩٤
البرمسان	٠,٩٢
البرفلون والركفور	٠,٩١
الجمالوست	٠,٩٠

تتراوح a_w فى الجبن عادة بين ٠,٧-١,٠ ، بالرغم من أن معظم الأنواع يكون فيها a_w أعلى من٠,٩ (جدول ٢-٦) ، ويرجع هذا الاختلاف ، بالإضافة إلى نوع الجبن من حيث محتوى الرطوبة ، إلى الاختلاف فى النشاط الأيضى للميكروبات فى أنواع الجبن المختلفة وإنفراد المكونات الطيارة على مراحل والتى قد تتداخل مع تقدير a_w بواسطة بعض الطرق.

تعتبر a_w العامل الرئيسى المحدد لقوة الحفظ (فترة الصلاحية) وسلامة الجبن لفترة طويلة ، معظم الجبن الجافة المسواة تكون لها قوة حفظ جيدة عند درجة الحرارة العادية وكثير من الجبن تتميز بقوة حفظ ذاتية self-stable products جيدة نظراً لانخفاض a_w فيها . الجبن المرتفعة فى قيم a_w فقط تكون سريعة الفساد بدرجة ملحوظة وقد تسبب بعض حالات التسمم الغذائى ومن الضرورى حفظها تحت التبريد لحين استهلاكها .

قد تتواجد البكتريا المرضية فى الجبن المرتفعة a_w (مثل الجبن الطرية المسواة سطحياً مثل البراى والكممبير) ، الجبن الطازجة أو المسواة لمدة أقل من شهرين ، وتسبب بعض الأمراض مثل brucellosis (*Brucella abortus, B.melitensis*)

(*Shigella* spp.) shigellosis والشيجلا *(List.monocytogenes)* listeriosis, أساساً كنتيجة لاستخدام اللبن الخام أو اللبن غير المبستر بكفاءة فى صناعة الجبن ، botulism, *(Sallmonella)* Salmonellosis *(Cl.bolulinum)*، تسمم غذائى بالبكتريا العنقودية *(Staph.aureus)* وبعض الاضطرابات المعوية *(E.coli-EEC)* المرضية ، *(Y.enterocolitica,* نتيجة لتلوث الجبن بصفة أساسية بعد البسترة أو عدم كفاءة عملية بسترة لبن الجبن .وجود *E.coli* (EEC), *List.monocytogenes, Salmonella,* فى الجبن تعطى أهمية خاصة لما تسببه من مخاطر صحية شديدة عند تناولها ، بينما *Staph.aureus* يعتقد أنها تسبب خطورة أقل حيث يمكن بسهولة السيطرة عليها فى صناعة الجبن . تعتبر المعاملة الحرارية المعتدلة (٦٥-٦٦°م /١٦-١٨ ثانية) كافية للقضاء على جميع البكتريا المرضية غير المتجرثمة الموجودة فى اللبن والتى تعرض ثبات وسلامة الجبن لمخاطر كبيرة ، ومع ذلك فإنه يعتقد أنه لا يمكن للبسترة (نتيجة للتلوث بعد البسترة) أو أى عامل آخر بمفرده أن يؤكد السلامة الكاملة فى الجبن وقوة حفظ جيدة للجبن الناتج .

بعض الجبن الجافة والنصف جافة وخاصة الأنواع الإيطالية (مثل الرومانو والبرمسان والبرفلورنو) التى تتميز بقيم a_w منخفضة نسبياً نادراً ما تسبب تسمم غذائى ولكن تكوين التيرامين والهستامين من خلال نزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأمينية التيروسين والهستدين على التوالى بواسطة إنزيمات decarboxylases البكتيرية قد تسبب بعض المخاطر الصحية ، من ناحية أخرى ، هذه الأمينات يمكن أن تتحلل بواسطة بعض مزارع البادئات المحتوية على نشاط mono-, diamine oxidase .

٢٧-٣-٤- جهد الأكسدة والاختزال (E_h)

الظروف اللاهوائية قد تمنع من نمو أو تواجد بعض الميكروبات . المزارع الهوائية لـ *Staph.aureus* قد تنتج كميات أكبر من السموم من النوع B من المزارع التى حفظت تحت نفس الظروف ولكن حضنت فى جو يتكون من ٩٥% نتروجين ، ٥ % CO_2. بتقدم الجبن فى العمر وخاصة الجبن الجافة ، فإن نواتج تحلل البروتين والدهن قد يخفض من E_h فى الجبن ، ونتيجة لذلك فإن البكتريا

المتجرثمة اللاهوائية الموجودة فى الجبن قد تنمو وتسبب عيوباً ، مثل الطعم المر والطعم النتن putrid وشقوق غير مرغوبة نتيجة الغازات المتكونة . الفطريات تنمو تحت ظروف هوائية وغالبا ما تكون مسئولة عن فساد الجبن المخزنة .

pH -٥-٣-٢٧

فى نطاق التجارب المعملية ، وجد أن pH جبن التشدر غير المملحة وبعد الكبس تكون أقل من مثيلتها فى جبن التشدر المملحة ، وحامض اللاكتيك الناتج بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك التى لم يحدث لها تثبيط مسئولة عن انخفاضpH . كما وجد أن التغيرات فى pH أثناء عمليات الصناعة كانت طبيعية ، وأن درجات حرارة التخزين لم تؤثر على pH الجبن حتى الأسبوع الرابع من التخزين . عند ١٠°م ، يرتفع pH من ٥,١٩ إلى ٥,٦٨ بين ٤-٨ أسابيع ، لكن pH الجبن المخزنة عند ٤°م لنفس الفترة يبقى تقريبا ثابتا عند ٥,١ ،مما يدل على أن كمية البادئ المضاف لا تؤثر على pH .

يعتمد على بكتريا حامض اللاكتيك فى صناعة الجبن لتتنافس مع coliforms فى حالة وجودها فى اللبن ، كما يتوقع أن إنتاج الحامض بدرجة كافية يؤدى إلى تثبيط وعدم نشاط coliforms . ومع ذلك ، فإنه توجد بعض coliforms مقاومة بدرجة ملحوظة للظروف الحامضية . نتيجة لإنتاج الأمونيا من تحلل البروتين وتمثيل حامض اللاكتيك بواسطة *Penicillium* spp ، فسإن pH بعض أنواع من الجبن المسواة بالفطر قد يصبح متعادلا أو مائلا للقلوية ويكون مناسبا لنمو أو بقاء coliforms. تحتوى الجبن الطرية المسواة على نسبة رطوبة أعلى من ٥٠ % ، ويتضمن تسوية هذه الجبن تحلل البروتين نتيجة نشاط الفطر، وقد وجد أن هذه الجبن والتى يكون فيها pH مرتفعاً (٧-٧,٥) تحتوى على أعداد كبيرة من بكتريا القولون . كما أشار البعض أن *List.monocytogenes* تستطيع أن تنمو عند pH يتراوح من ٤,٧ إلى ٩,٢ وعند درجات حرارة تتراوح من ٤ إلى ٤٥°م ، فإذا تلوثت الجبن بهذا الميكروب وخزنت عند درجات حرارة التبريد (الثلاجة)، فإنه تكون هناك فرصة لنمو هذا الميكروب وحدوث مخاطر صحية عند تناول هذا الجبن.

٢٧-٣-٦- المثبطات

النيسين nisin عبارة عن بكتريوسين تنتجه بعض أنواع من Lactococci التى توجد طبيعيا فى اللبن الخام ، ويثبط معظم البكتريا الموجبة لجرام وخاصة المتجرثمة . يسمح باستخدام النيسين فى الأغذية فى ٤٩ دولة ، منها الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى سابقاً . وقد أشار البعض إلى أن تأثير النيسين فى تأخير أو منع نمو وتكوين السموم فى مفرود الجبن المطبوخ الملقح بسلالات من *Cl.botulinium* والمخزنة تحت ظروف مختلفة عن غرف التبريد . يتوقف مستوى النيسين اللازم على عدد جراثيم Clostridia الموجودة ، ومدة الحفظ المتوقعة ودرجات حرارة التخزين . المستوى الذى يستخدم عادة هو ٢٠٠-٥٠٠ IU نيسين / جرام ، يفضل مستوى أعلى من ذلك عندما يحتوى مخلوط الجبن المطبوخ على مواد مكسبة للطعم مضافة ، دهن منخفض ورطوبة مرتفعة . كما تم دراسة فعالية النيسين فى الجبن السويسرية ووجد أنه يمنع حدوث الانتفاخ الذى يعزى إلى نمو Clostridia . توجد عديد من المواد المثبطة للميكروبات antimicrobial طبيعيا فى الأغذية . بعض الإنزيمات والبروتينات الموجودة فى اللبن تكون مضادة لنشاط الميكروبات ، ولكن لم تتم الدراسة الكافية لتقدير مدى إمكانية استخدامها كمواد حافظة تضاف للأغذية . تتضمن هذه المواد الطبيعية ، الأحماض العضوية ، الأحماض الدهنية ، الزيوت النباتية والصبغات . بعض هذه المواد تلعب دورا فى تثبيط نمو الميكروبات غير المرغوبة فى الجبن .

٢٧-٣-٧- ميكروبات أخرى

التنافس بين الميكروبات المختلفة تتوقف على كثير من العوامل . النمو الضعيف للبادئ (بادئ غير نشط) يمكن أن يسمح بنمو الميكروبات غير المرغوبة . درجات الحرارة أثناء عمليات التصنيع تقضى على بعض الميكروبات ويسمح pH وتركيز الملح لبعض الميكروبات أن تنمو بينما البعض الآخر لا يستطيع مقاومة هذه الظروف . عمليات التصنيع ونوع الجبن ودرجات حرارة التخزين وفترة الصلاحية المتوقعة ونواتج عمليات التمثيل للميكروبات الموجودة فى الجبن ، جميعها تتفاعل وتلعب دورا فى سلامة نوع معين من الجبن .

٢٧-٤- البيئة الخارجية

٢٧-٤-١- الشئون الصحية فى المصنع

يرتبط وجود الميكروبات المرضية فى بيئة المصنع بصفة خاصة بالشئون الصحية للمصنع plant sanitation . عند فحص ٣٥٧ مصنع منتجات ألبان وجد أن ٩ مصانع منهم يوجد فيها *List.monocytogenes* ، ووجد أن هذا الميكروب له القدرة على الالتصاق بالصلب غير قابل للصدأ stainless steal عند ١٠-٣٥°م وعند pH بين ٥ إلى ٨ ، كما أن ماء التبريد يمكن أن يكون ملوثا بدرجة عالية بهذا الميكروب. فى دراسة أخرى لتقويم تأثير عدد من المطهرات sanitizers فى السيطرة على التلوث الميكروبى بواسطة الماء المبرد ، وجد أن تركيزات منخفضة من المواد المطهرة تقلل من أعداد الميكروبات التى تم اختبارها ومنها *Staph.aureus, Pseudomonas fluorescens,Bacillus spp.* فى نموذج نظام ماء التبريد بأكثر من ٩٠ % فى ٣٠ ثانية . عند ٢٥°م ، ٤°م ، فإن تركيز ٢٥ جزء فى المليون من الكلور ، ٢٠٠ جزء فى المليون من مركبات الأمونيوم الرباعية أو ١٢,٥ جزء فى المليون يود يعتبر ضروريا لخفض أعداد البكتريا . تمثل المواد الخام ، الماء غير المضاف إلية كلور، وحدات التبريد، سيور النقل المتحركة، وحدات معاملة الهواء وغرف التعبئة والتغليف مصادر كافية لإحداث التلوث بـ *Listeria*. كما أشار البعض إلى أن الأرضيات وبلوعات الصرف فى الأرضيات تعتبر من المصادر الرئيسية للتلوث بهذا الميكروب ، ويجب استخدام المواد المطهرة فى مصانع الأغذية لتنظيف الأسطح ، ومن أكثرها شيوعا فى هذا المجال :الكلور ، الأحماض الضعيفة ، مركبات الأمونيوم الرباعية ، مركبات اليود (الأيدوفور) ، يجب استخدامها على الأسطح النظيفة لضمان فاعليتها . لذلك يجب أن يفرض طرق تنظيف وتطهير فعالة عن طريق تشريعات صارمة تساعد على منع تلوث الناتج من الظروف البيئة للمصنع .

٢٧-٤-٢- المعاملة الحرارية

هناك بعض العوامل بالإضافة إلى البسترة أو المعاملة الحرارية التى تستخدم للبن فى صناعة الجبن يجب أن تؤخذ فى الاعتبار ، من أهمها المقاومة الحرارية لبعض

الميكروبات وطريقة صناعة بعض أنواع معنية من الجبن حيث تلعب دورا هاما فى تقدير جودة وسلامة الجبن . الميكروبات التى لا يمكن تثبيطها بالمعاملات الحرارية المستخدمة فى صناعة الجبن قد تظل حية ومقاومة ويمكن أن تنمو تحت ظروف التسوية والتخزين . ومن الضرورى فى جميع خطوات الصناعة متابعة درجات الحرارة والوقت وتسجيلها وذلك لضمان ناتج مأمون .

٢٧-٤-٣- نشاط البادئ

مزارع البادئ النشط من العوامل الحرجة لنجاح صناعة الجبن . تثبيط بكتريا حامض اللاكتيك بواسطة المضادات الحيوية ، يعطى الفرصة للميكروبات غير المرغوبة أن تنمو وتتكاثر ، وتؤدى فى النهاية إلى الحصول على ناتج غير مقبول منخفض الجودة ، وبالتالى حدوث خسارة اقتصادية . بكتريا حامض اللاكتيك ، وخاصة المحبة للحرارة المعتدلة ، تكون أكثر عرضة للإصابة بالفاج ، فإذا حدثت مثل هذه الإصابة ونتج عنها تثبيط البادئ ، وبالتالى عدم تقدم الحموضة ، مما يؤدى إلى نمو البكتريا المرضية وحدوث عدوى ميكروبية عند تناول الجبن الناتج . فى السنوات السابقة كانت تجرى عملية تنمية وتنشيط لبادئ بكتريا حامض اللاكتيك فى اللبن لإنتاج المزرعة الأم mother culture ، ولكن حاليا فإن المزارع المطلوبة متوفرة تجاريا فى صورة سائلة أو مجمدة ، ويجب التأكد من وجود البادئ على حالة نشطة جيدة حتى يمكن إنتاج ناتج نهائى مأمون وقابل للاستهلاك دون حدوث مخاطر صحية .

٢٧-٤-٤- الممارسة الجيدة لطريقة الصناعة

من الأمور الحيوية والهامة فى هذا المجال هو حماية الجبن من التلوث الميكروبى من المصادر البيئية ، وقد تم وضع تنظيمات بواسطة صناعة الجبن وأجهزة المتابعة والرقابة لمراقبة ومنع التلوث الميكروبى للجبن من المصادر البيئية . فى المملكة المتحدة أصدرت جمعية أصحاب مصانع الألبان برنامجا يتعلق بممارسة النواحى الصحية الجيدة فى صناعة الجبن الطرى والطازج . كما أن مجلس تسويق الألبان البريطانى أصدر برنامجا مماثلا لأتباع الطرق الصحية الجيدة فى تصنيع الجبن

الطرية والطازجة فى المصانع الصغيرة والوحدات الإنتاجية فى المـــزارع ، وهـــذه البرامج جميعها تساعد على منع تلوث الجبن الطرية بـــــ *List.monocytogenes* أثناء الصناعة . كما أن هناك برنـــامج لمواصفـــات الأغذيـــة مشـــتركة بـــين FAO/WHO يعرف بدستور الشئون الصحيـــة codes of hygienic practice لصناعة أنواع عديدة من الجبن ، وقد أسس هذا الدستور على منع احتمال تلـوث الجبن بالبكتريا المرضية أثناء الصناعة . كما توجد فى دول الســـوق الأوروبيـــة المشتركة برامج مماثلة فيما يتعلق بالنواحى الصحية اللازمة لتصنيع اللبن ومنتجاته. فى الولايات المتحدة فإن إدارة الأغذية والأدوية FDA قامت بوضع برنامجاً يوضح التنظيمات والمتطلبات اللازمة فى تصنيع ومعاملات وتعبئـــة وتخزيـــن الأغذيـــة للاستهلاك الآدمى ، والذى يستخدم فى تقويم النواحى الصحية فى تصنيع الجـــبن وهذه البرامج تحتوى على التفاصيل والمتطلبات اللازمة لإنتاج أغذية مأمونه صحيا وخالية من أى مخاطر صحية . أتباع هذه البرامج يساعد على خفـــض التلـــوث الميكروبى للمنتجات إلى أقل حد ممكن .

obeikandl.com