الفصل الأول

مقدمة عن الجبن
An overview of cheese

١- نبذه تاريخية

الجبن مجموعه من منتجات الأغذية المتخمرة والتى تصنع اساسا من اللبن وتنتج فى أشكال وأطعمة مختلفة فى جميع أنحاء العالم وتعتبر صناعة الجبن وسيلة لحفظ مكونات اللبن. ويوجد عدد كبير من انواع الجبن تصنع فى مناطق مختلفة من العالم وتصل إلى أكثر من ١٠٠٠ نوع من الجبن وقد تمكن بعض العلماء من وصف وشرح أكثر من ٤٠٠ نوع من الجبن بينما تمكن آخرون من تصنيف ٥١٠ نوع من الجبن.

ومن خلال الثورة الزراعية التى حدثت منذ ٨٠٠٠ سنه والتى حدث فيها تطويع النباتات والحيونات لتلبية أحتياجات الانسان فقد أدرك الانسان أهمية القيمة الغذائية للبن التى تنتجه حيونات المزرعة وأصبحت تشارك لبن الام فى تغذية الأطفال. من سوء الحظ فإن اللبن يعتبر أيضا مصدر غنيا للعناصر الغذائية للبكتريا التى تلوث اللبن . بعض أنواع من هذه البكتريا تستخدم سكر اللبن " اللاكتوز " كمصدر للطاقة منتجه حمض اللاكتيك كناتج ثانوى by - product وعندما تتكون كميه كافيه من الحامض فإن البروتين الأساسى فى اللبن " الكازين " يتجبن عند نقطة التعادل الكهربى I E P لتكون جل (خثرة) يحتجز فيها الدهن. وقد أنتجت أول مجموعة من أغذية الألبان المتخمرة مصادفه نتيجة قدرة مجموعة من البكتريا تعرف حاليا ببكتريا حمض اللاكتيك على النمو فى اللبن وأنتاج كمية كافية من الحامض لخفض pH اللبن إلى نقطة التعادل الكهربى للكازين التى عندها تتجبن هذه البروتينات و لم يخطط لكل من بكتريا حمض اللاكتيك أو الكازين للقيام بهذه الوظيفة ، فالكازين يتجبن أنزيميا فى معدة الحيونات الثدييه حيث يكون الـ pH المعوى حوالى ٦,٠ وهو اعلا كثيرا من نقطة التعادل الكهربى للكازين .

عندما يتفتت الجل المتكون بفعل الحامض مصادفة نتيجة الحركة العشوائية التى تحدث لأوعية التخزين أو نتيجة التكسير أو التقطيع عن عمد فأن الجل ينفصل الى خثرة

curd وشرش whey يتميز الناتج بأنه الشرش الناتج بأنه حامضى acid whey وطعمه مقبول كمشروب منعش للأستهلاك مباشرة بينما الخثرة قد تستهلك طازجة أو تخزن للأستخدام فيما بعد . كما أن مدة حفظ الخثرة يمكن أن تمتد لفترة طويلة نتيجة التجفيف أو/ مع أضافة الملح ، فأنواع الجبن ذات الملح المرتفع مثل الدمياطى والفتا شائعة ومعروفه فى مصر ومنطقة الشرق الاوسط . ويعتقد أن حامض اللاكتيك الناتج طبيعيا هو الأساس فى تجبن اللبن ويرجع إليه منشأ الجبن الحامضية acid cheese التى تتضمن حاليا جبن الكوخ Cottage ، القشدة Cream ، الكوارج Quarg ، القريش Karish وغيرها .

يمكن لعديد من الأنزيمات المحللة للبروتينات احداث بعض التغيرات فى نظام بروتين اللبن تؤدى إلى تجبنه تحت ظروف معينة والأنزيمات القادرة على أحداث هذه التغيرات توجد فى البكتريا ، الفطريات ، النباتات والأنسجة الحيوانية ولكن أهم هذه المصادر هو معدة الحيوان .فقد لوحظ أن معدة العجول الرضيعة تحتوى دائما على خثرة وخاصة إذا كانت هذه الحيوانات قد أرضعت قبل عملية الذبح بفترة قصيرة.كان من الشائع حفظ اللبن قبيل ظهور الخزف pottery (٥٠٠٠ سنه قبل الميلاد) فى قرب bags مصنوعة من جلود الحيونات (وما زالت تستخدم حتى الآن فى بعض البلاد) . ومعدة الحيونات المذبوحة من السهل تحويلها إلى قرب يمكن قفلها بأحكام وتحت هذه الظروف فإن اللبن يستخلص الأنزيمات المتجبنه من انسجة المعدة وبالتالى يحدث التجبن أثناء التخزين.

تختلف صفات الخثرة الأنزيمية عن الخثرة الحامضية حيث تتميز الاولى بمقدرة أفضل على الانكماش وطرد الشرش syneresis التى تجعل من الممكن أنتاج خثرة منخفضة الرطوبة ، لذلك فإن الخثرة الأنزيميه يمكن تحويلها إلى ناتج أكثر ثباتا عن الخثرة الحامضية وبذلك أصبح التجبن الأنزيمى (التجبن بالمنفحة) أكثر شيوعا فى صناعة الجبن ويعتبر المادة الرئيسية لمعظم أصناف الجبن الحديثة بالرغم من أن المنفحة الحيوانية تعتبر أول الأنزيمات المجبنه المستخدمة فإن المنفحة الناتجة من مجموعة من النباتات مثل التين figs كانت معروفة أيام الرومان ومع ذلك فإن المنفحة النباتية لاتصلح فى صناعة الجبن التى تسوى لفترات طويله. وقد أصبح البروتنيز المعوى المستخلص من العجول الصغيرة هى المنفحة القياسية standard rennet إلى أن أصبح هناك نقص فى مصادر المنفحة الحيوانية مما جعل من الضرورى أدخال بدائل للمنفحة rennet substitues .

الفوائد الناتجة من امكانية تحويل المكونات الرئيسية فى اللبن إلى جبن قد تتضمن

طول فترة التخزين (قوة الحفظ) وسهولة النقل وكذلك تعتبر وسيله لتنويع أغذية الأنسان. واكبت صناعة الجبن أنتشار الحضارة فى منطقة الشرق الأوسط ، مصر ، اليونان وروما وقد أوضحت الكتب التاريخية مدى أهتمام الرومان بصناعة الجبن بحيث أصبحت مكون اساسى فى وجبة الجنود الرومان . الهجرة الكبيرة للناس خلال أروبا بعد سقوط الأمبراطورية الرومانية شجعت على أنتشار صناعة الجبن وقد لعبت الأديرة والأقطاعيات دورا هاما فى تطوير صناعة الجبن وأستنباط أنواع مختلفة من الجبن حيث كانت لهذه الجهات أسهامات واضحة فى تطوير الزراعة فى أروبا وكذلك تطوير وتحسين الأغذية وخاصة الخمور والجبن . كثير من أنواع الجبن المعروفة حاليا ترجع نشأتها إلى هذة الأديرة.

ومن المعروف أن الأقطاعيات التى ظهرت فى العصور الوسطى كان من الأنشطة الرئيسية لها لضمان أحتياجتها المعيشيه هو حفظ الفائض من الأغذية الناتجة فى الصيف لاستخدمها فى الشتاء وكانت الجبن تمثل احد أهم المنتجات الغذائية بالأضافة إلى منتجات الحبوب واللحوم المملحة والجافة والخضروات والفواكه المتخمرة والبيرة والخمور . كانت الجبن تمثل سلعة تجارية هامة حيث كان هناك فائض منها عن أحتياجات هذه الأقطاعيات. وداخل هذه الأقطاعيات فإن الأفراد الذين يكتسبون مهارات خاصة يقومون بنقلها للأجيال التالية ومنها الى القرى والمجتمعات الأخرى .

كانت صناعة الجبن تعتبر فن أكثر منه علم لفترة قريبة ومع اكتساب معلومات عن كيمياء وميكروبيولوجى اللبن والجبن أصبح من الممكن السيطرة على التغيرات فى صناعة الجبن بطريقة أكثر دقه. وبالرغم من أن أنواع قليلة جديدة ظهرت نتيجة هذه المعلومات المتطورة فإن الأنواع القائمة أصبحت أكثر تحديدا فى صفاتها كما أن جودتها أصبحت أكثر تماثلا. من خلال التاريخ الطويل لصناعة الجبن فأنه يمكن القول أن أنواع الجبن القياسيه standard cheeses معروفه منذ زمن طويل وبالرغم من أن اسماء كثير من أنواع الجبن المعروفه حاليا قد أدخلت منذ مئات من السنين فقط فعلى سبيل المثال فقد ذكرت جبن الجروجونزلا Gorgonzola الأيطاليه منذ عام ٨٩٧ وجبن روكفر Roquefort الفرنسيه منذ عام ١٠٧٠وجبن التشدر Cheddar الأنجليزية منذ عام ١٥٠٠وجبن البرمسان الأيطالية Parmesan منذ عام ١٥٧٩ وجبن الجودا Gouda منذ عام ١٦٩٧ وجبن ستليتون Stilton منذ عام ١٧٨٥ وجبن الكمبير منذ عام ١٧٩١. كانت أول محاوله لتوصيف الأنواع الأنجليزية المعروفة Cheshire & Cheddar بواسطة John Harding فى منتصف القرن التاسع عشر ، وقبل ذلك كانت جبن التشدر التى تنتج

فى منطقة معينة فى أنجلترا حول قرية تشدر Cheddar مقاطعة Somerset تختلف بدرجة كبيرة بأختلاف الصناعة وعوامل أخرى . ومن المعروف أن صناعة الجبن كانت تقام فى القرى حتى منتصف القرن التاسع عشر وكان أول مصنع للجبن فى الولايات المتحدة قد أنشىء قريب من Rome فى نيويورك فى عام ١٨٥١ وفى أنجلترا فى Long ford فى Derbyshire فى عام ١٨٧٠ونظرا لأن هناك آلاف من صناع الجبن فمن المتوقع أن يكون هناك تباين كبير فى أى نوع من الجبن . فقد يكون هناك أختلافات داخل المصنع و أيضا بين المصانع فى الجودة والصفات التى تحدث يوميا فى الأنواع المعروفة مثل التشدر بالرغم من وجود علوم وتكنولوجيا متقدمة فإنه يمكن قبول التباين الذى يوجد بين الأنواع فى بداية الصناعة .

هناك بعض أنواع جديدة ورئيسية من الجبن قد استنبطت حديثا كنتيجة للبحث العلمى وعديد من الأنواع الأخرى قد تطورت بدرجة كبيرة حتى أصبحت أنواعا جديدة كنتيجة لتتابع البحث العلمى وظهور تكنولوجيات جديدة فمثلا جبن الفتا Feta تنتج بواسطة الترشيح الفائق ultrafiteration (UF) وكذلك أشكال مختلفة من جبن الكوارج Quarg .

من المصادر الرئيسية التى يرجع اليها التباين فى صفات الجبن هو أنواع الحيوانات المنتجه للبن فبالرغم من أن البان أنواع مختلفة من الحيونات تستخدم فى صناعة الجبن إلا أن البقر أهم هذه الحيونات بينما الغنم ، الماعز ، والجاموس لهم أهمية تجارية فى بعض المناطق. هناك اختلافات معنوية هامة فى تركيب اللبن نتيجة أختلاف نوع الحيوان التى تنعكس على صفات الجبن الناتج من هذه الألبان . من الأختلافات الرئيسية نتيجة أختلاف نوع الحيوان التى له أهمية فى صناعة الجبن هو تركيز وأنواع الكازين ، تركيز الدهن وخاصة محتواه من الأحماض الدهنية ، تركيز الأملاح وخاصة الكالسيوم . كما أن هناك أختلافات معنوية فى تركيب اللبن بين أجناس الماشية breed وهذه بدورها تؤثر على درجة جودة الجبن الناتج كما تؤثر أيضا الأختلافات التى تعزى إلى فصل الحليب وعوامل التغذية وكذلك طريقة أنتاج اللبن وتخزينه وتجميعه على صفات جودة الجبن الناتج.

٢- إنتاج وأستهلاك الجبن

أرتفعت كمية اللبن التى تستخدم فىصناعة الجبن على مستوى العالم بدرجة كبيرة خلال الـ ٣٥ عاما الأخيرة . حيث كان يصنع ١٣٪ فقط من الأنتاج الكلىمن الألبان إلى جبن فى عام ١٩٥٥ ثم أرتفع هذا المستوى الى ٣١٪ فى عام ١٩٨٤ . وفى عام ١٩٩٠

وجد أن أكثر من ٣٥٪ من أنتاج اللبن يصنع الى جبن .

وبالرغم من أن الجبن ينتج فى معظم دول العالم إلى أنه يعتبر ناتج رئيسى فى دول أروبا الغربية وكذلك الدول التى يسكنها مهاجرين من أروبا مثل كندا ونيوزلندا. يبلغ أنتاج العالم من الجبن حوالى ١٥ مليون طن (جدول ١-١) بمعدل زيادة سنوية خلال العشرين سنة الأخيرة يبلغ حوالى ٤٪. يبلغ أنتاج الدول الأروبية فى عام ١٩٩٤ حوالى ٥٠٪ من أنتاج العالم حيث تحتل فرنسا (١٥٦٢,٥ ألف طن). المرتبة الأولى فى أنتاج الجبن فى أروبا تليها ألمانيا (١٣٧١,٢ ألف طن) ثم أيطاليا (٩١٩,٤ ألف طن) يمثل أنتاج دول أمريكا الشمالية حوالى ٢٦٪ من الأنتاج العالمى حيث يصل أنتاج الولايات المتحدة الأمريكية، التى تعتبر أكبر دولة فى العالم فى أنتاج الجبن ، إلى حوالى ٣,٤ مليون طن والذى يمثل أكثر من ٢٠٪ من الأنتاج العالمى ، بينما تمثل كندا (٥٠٣,١ ألف طن) المرتبه الثانية فى أنتاج الجبن فى أمريكا الشمالية يليها المكسيك (١١٦,٤ ألف طن). ومن الأمور الجديرة بالذكر أن أنتاج الجبن فى أمريكا الشمالية والأتحاد السوفيتى سابقا ، الذى يكون فيه تعداد السكان مماثلا لما هو موجود فى أروبا ، حوالى ٥٠ ٪ ، ١٢٪ من أنتاج أروبا على التوالى .

جدول ١-١ : الأنتاج العالمى للجبن فى عام ١٩٩٤.

الدول	الأنتاج (ألف طن)
الدول الأروبية	٧٠٧٥,٧
دول أمريكا الشمالية	٣٨٦١,٩
الدول الأسيوية	٧٧٥,٨
دول أمريكا الجنوبية	٦١٣,٢
الدول الأفريقية	٤٩٥,٣
دول الباسفيك [١] Pacific	٥٢١,٦
إجمالى الأنتاج العالمى	١٤٨٨٠,١

(١) استراليا ونيوزلندا واليابان .

المصدر : الكتاب السنوى للأنتاج - منظمة الأغذية والزراعة FAO - الأمم المتحدة - ١٩٩٥.

يصل أنتاج الدول الأسيوية ما يقرب من ٦٪ من أنتاج العالم وتحتل إيران ٢٠٠,١ ألف طن). المرتبة الأولى فى أنتاج الجبن فى أسيا يليها الصين (١٦٤,٦ ألف

طن) ثم تركيا (١٣٩,٣ ألف طن). أنتاج الجبن فى دول أمريكا الجنوبية أعلا منه فى الدول الأفريقية حيث يبلغ أنتاج كل منهما ٤٩٥,٣ ، ٦١٣,٢ ألف طن على الترتيب . تحتل الأرجنتين (٣٣٠ ألف طن) المرتبة الأولى فى أنتاج الجبن فى أمريكا الجنوبية يليها فنزويلا (٧٤ ألف طن) ثم البرازيل (٦٠,٢ ألف طن) بينما تحتل جنوب أفريقيا (٣٨ ألف طن) المرتبة الأولى فى أنتاج الجبن فى أفريقيا يليها مصر (٣٣,٤ ألف طن) . أنتاج دول الباسفيك (أستراليا ونيوزلندا واليابان) (٥٢١,٦ ألف طن) يصل إلى أقل من ١٪ من أنتاج العالم حيث يبلغ أنتاج أستراليا ما يقرب من ٥٠٪ من أنتاج هذه الدول .

خلال العشر سنوات الأخيرة ، أرتفع استهلاك الفرد من الجبن بدرجة واضحة فى معظم دول العالم ويختلف استهلاك الجبن أختلافا واضحا بين دول العالم وحتى فى الدول الأروبيه فمثلا فى اسبانيا يكون استهلاك الفرد من الجبن أقل من ١/٣ نصيب الفردمن الجبن فى فرنسا أو اليونان (جدول ٢–١).

جدول ٢–١ : إستهلاك الفرد من الجبن (كجم / السنه) فى بعض الدول[1]

الدولة	الأستهلاك	الدولة	الأستهلاك	الدولة	الأستهلاك
فرنسا	٢٢,٠	النرويج	١٣,٣	المجر	٩,٣
اليونان	٢١,٦	بلغاريا	١٣,٢	استراليا	٩,٢
أيطاليا	١٧,٩	الدغارك	١٢,٧	نيوزلندا	٨,٤
المانيا	١٦,٩	تشيكوسلوفكيا	١٢,٦	المملكه المتحدة	٨,٢
اسرائيل	١٧,٤	الولايات المتحدة	١٢,٥	روسيا	٦,٤
ايسلندا	١٦,٤	فنلندا	١٢,٢	اسبانيا	٥,٢
السويد	١٥,٩	كندا	١١,٨	ايرلندا	٥,٠
بلجيكا	١٥,٨	بولندا	١١,٦	جنوب افريقيا	١,٦
سويسرا	١٤,٩	لكسمبورج	١٠,٠٠٠٠٠٦	اليابان	١,١
هولندا	١٤,٧	النمسا	١٠,٦	الهند	٠,٢

(١) فى عام ١٩٨٨

يلاحظ أنه لايوجد دولة (باستثناء أسرائيل) فى آسيا أو أفريقيا أو أمريكا الجنوبية تقع ضمن الـ ٢٥ دولة الأولى فى العالم فى أستهلاك الجبن . تحتل فرنسا واليونان المرتبة

الأولى فى نصيب الفرد من الجبن حيث يبلغ حوالى ٢٢كجم فى السنة وفى أنجلترا يبلغ نصيب الفرد من الجبن ٨,٢ كجم فى السنة بينما يصل نصيب الفرد فى الهند ٠,٢ كجم فى السنة .

ويلاحظ أن الجبن ذات أهمية محدودة نسبيا فى آسيا وأفريقيا (ما عدا مصر) وأمريكا الجنوبية حيث تعتمد الوجبات الغذائية بصفة أساسية على المنتجات النباتية أكثر منها على المنتجات الحيوانية حيث لاتوجد تجارة ألبان فى بعض هذه الدول ومع ذلك فإن بعض الأنواع الخاصة من الجبن قد تنتج فى معظم الدول فى أنحاء العالم.

٣ – صناعة اللبن ومنتجاته فى مصر

يبلغ أنتاج اللبن فى مصر عام ١٩٩٣ حوالى ٢٢٨٦ ألف طن ويساهم اللبن الجاموسى فى الأنتاج بأكثر من ٥٠٪ واللبن البقرى بما يزيد عن ٤٠٪ بينما لبن الأغنام والماعز فلا تزيد نسبة مساهمته فى الأنتاج المحلى من الألبان عن ١٪ .

يتم استهلاك الأنتاج المحلى من اللبن الخام بين مراكز الأنتاج ووحداته الأنتاجية التابعة لقطاع الأعمال والقطاع الخاص والأستثمارى حيث قدر أتحاد الصناعات المصرية (غرفة الصناعات الغذائية) أن حوالى ٥٥٪ من الأنتاج المحلى يستهلك فى مراكز الأنتاج مابين رضاعة العجول (٢٠٪) وتغذية الأسر المنتجة (١٥٪) وتصنيع لدى المربين (٢٠٪) بينما الـ٤٥٪ الباقية من الأنتاج تكون متاحة للتداول والتصنيع حيث تقوم مصانع القطاع الخاص والأستثمارى بتداول وتصنيع ٤٠٪ من الأنتاج المحلى بينما تقوم مصانع قطاع الأعمال العام (مصر للألبان والأغذية) بتداول وتصنيع ٥٪ من الأنتاج المحلى.

ونظرا لأن الألبان ومنتجاتها تعتبر من الأغذية الحيوية للأنسان فى مصر منذ تطور الأستهلاك نتيجة لأرتفاع الوعى الغذائى وأتجاه المواطنين إلى زيادة استهلاك منتجات الألبان عوضا عن اللحوم لارتفاع أسعارها فقد كان متوسط نصيب الفرد من الألبان حوالى ٥٠ كجم سنويا فى أوائل السبعينات ثم أرتفع هذا المعدل حتى وصل إلى ٧٠كجم سنويا فى عام ١٩٨٣ ثم أنخفض إلى ٦٠ كم سنويا فى عام ١٩٩٣ وتبذل حاليا جهود كبيرة لزيادة أنتاج الألبان فى مصر بمعدل ٣٪ سنويا الأمر الذى يترتب عليه رفع متوسط نصيب الفرد من اللبن تدريجيا حتى عام ٢٠٠٠ للوصول به الى الحد الأدنى الضرورى للتغذية السليمه (٩٠كجم سنويا).

٣-١- الوحدات الإنتاجية لصناعة اللبن ومنتجاته

تعتمد صناعة الألبان فى مصر على عدد كبير من الوحدات الأنتاجية المنتشرة بجميع انحاء الجمهورية والتى تختلف اختلافا كبيرا من حيث الأمكانيات والمستوى التكنولوجى بها ورؤوس الأموال المستثمرة فيها وطبيعة ملكيتها فضلا عن التباين فيما تنتجه من منتجات ألبان مختلفة وتنقسم هذه الوحدات حسب تبعيتها إلى :

أ - وحدات تابعة لقطاع الأعمال العام .

ب - وحدات تابعة للقطاع الخاص والأستثمارى .

تأسست أول شركة لأنتاج اللبن المبستر فى مصر عام ١٩٤٥ تحت اسم شركة " استرا " ثم تكونت شركة سيكلام (المندرة) بالأسكندرية لصناعة وتجارة الألبان عام ١٩٥٢. وكانت تعمل فى أنتاج اللبن المبستر ومنتجات الألبان الأخرى بطاقة أنتاجية قدرها ٢٥ طن لبن خام يوميا وقد تم تأميم هذه الشركة وضمها لشركة مصر للألبان والأغذية فى عام ١٩٦٣. تلى ذلك تأسيس مصنع اللبن المجفف فى سخا بمحافظة كفر الشيخ عام ١٩٥٦ بناء على أتفاقية بين الحكومة المصرية وهيئة أغاثة الطفولة العالمية وبدأ هذا المصنع فى الأنتاج عام ١٩٦٠ والذى أدمج بعد ذلك فى شركة مصر للألبان والأغذية وتغير نشاطه إلى أنتاج منتجات لبنية مختلفة.

٣-٢- دور قطاع الأعمال فى صناعة اللبن ومنتجاته

تأسست شركة مصر للألبان والأغذية مشاركة بين وزارة الأوقاف المصرية وبنك مصر فى عام ١٩٥٦بطاقة أنتاجية تبلغ ١٠٠ طن لبن يوميا وبدأ المصنع فى الأنتاج عام ١٩٦٠ . كما تم تأسيس شركة النصر للألبان والمنتجات الغذائية عام ١٩٦٠ وتضمن المشروع أنشاء ثلاثه مصانع لبسترة الألبان ومنتجاتها طاقة كل منها ٢٥ طن لبن يوميا وقد أنشئت هذه المصانع بطنطا والمنصورة والأسماعيلية وبدأت أنتاجها عام ١٩٦٥ وقد أدمجت فى شركة مصر للألبان والأغذية عام ١٩٦٠ كما تأسس فى عام ١٩٦٢مصنع لبسترة الألبان وتصنيع الجبن بدمياط بطاقة أنتاجية ١٠٠طن لبن خام يوميا وبدأ هذا المصنع فى الأنتاج عام ١٩٧١.

وفى أغسطس عام ١٩٦٣ تم أدماج المصانع المؤممة والمنقولة من جهات أخرى فى شركة مصر للألبان والأغذية حيث أممت شركة سيكلام لصناعة وتجارة الألبان وضمت إلى الشركة كما ضم مصنع تجفيف الألبان بسخا نقلا من وزارة الزراعة وكذلك المؤسسة

المصرية لصناعة الجبن المطبوخ (نستو) فى عام ١٩٦٤ وتقرر تصفية شركة النصر للألبان والمنتجات الغذائية فى عام ١٩٦٨ وضمت المصانع التابعة لها إلى شركة مصر للألبان والأغذية وتم نقل تبعية مصنع ألبان كوم أمبو من محافظة أسوان إلى نفس الشركة فى عام ١٩٧٢ وبذلك أصبحت شركة مصر للألبان والأغذية هى الشركة الوحيدة المسئولة عن نشاط تصنيع الألبان كقطاع عام على مستوى الجمهورية .كما يتبع هذه الشركة ٧٢ مركزا لتجميع وتبريد الألبان فضلا عن قيام الشركة بالأشراف على مركز لتدريب العاملين فى مجال تصنيع الألبان والذى تم أنشاؤه بالأسكندرية عام ١٩٨٠ بناء على أتفاقية بين الحكومة المصرية ومنظمة FAO .

فى ضوء ماسبق فإن المصانع الأنتاجية التابعة لقطاع الأعمال العام التى تعمل لصناعة الألبان يبلغ عددها ٩مصانع تتركز فى عدد محدود من المحافظات جميعها فى محافظات الوجه البحرى ما عدا مصنع واحد (كوم أمبو) فى محافظة أسوان . وتمثل محافظة القاهرة المرتبة الأولى بين تلك المحافظات من حيث عدد المصانع حيث يوجد بها مصنعان أما بقية المحافظات فيوجد بكل منها مصنع واحد (الأسكندرية ، طنطا ، المنصورة ، سخا ، الأسماعيلية ، دمياط) جميع هذه المصانع تقوم بأنتاج العديد من منتجات الألبان المختلفة بأستثناء مصنع نستو فى محافظة القاهرة المتخصص فى أنتاج الجبن المطبوخ.

٣-٣- دور القطاع الخاص فى صناعة اللبن ومنتجاته

تقوم معامل ومصانع الألبان التابعة للقطاع الخاص والأستثمارى بتصنيع كميات من الألبان المنتجة محليا تعادل حوالى ثمانية أضعاف تلك الكميات التى تستوعبها وتقوم بتصنيعها مصانع قطاع الأعمال مجتمعة .

يبلغ عدد المعامل المرخص بإنشائها حتى عام ١٩٩٠ والتابعة للقطاع الخاص ٢٧٨٤ معملا باختلاف مجموعة المعامل التى تعمل بدون ترخيص كما أن الطاقة الأنتاجية لهذه المعامل متباينة بدرجة كبيرة والقليل منها تصل قدرته الأنتاجية نحو ١٠ طن لبن يوميا فى موسم العمل إلا ان أغلب هذه المعامل تقل قدرتها الأنتاجية عن طن واحد من اللبن يوميا كما أن نشاطها موسمى ويقتصر أساسا على صناعة الجبن بنوعيه (الطرى والجاف) وأنتاج الزبد والسمن عند توفر الألبان بأسعار معتدلة. ويبلغ عدد الوحدات العاملة بصناعة الألبان والتى يعمل بها عشر عمال فأكثر ٩٢ وحدة أنتاجية فى عام ١٩٩١ وتتواجد هذه الوحدات فى عده محافظات (القاهرة - الأسكندرية - دمياط - الدقهلية - المنوفية - الشرقية - القليوبية - الغربية - السويس - الجيزة - البحيرة - بورسعيد - الفيوم - الأسماعيلية - كفر الشيخ) . وتمثل محافظة الأسكندرية المرتبة الأولى حيث تضم

١٦ وحدة أنتاجية (١٧,٤٪) تليها محافظة دمياط حيث تضم ١٢ وحدة أنتاجية (١٣٪) ثم محافظتى الدقهلية والجيزة وتضم كل منها ١٠ وحدات أنتاجية (١٠,٩٪ فى كل منها) أما بقية المحافظات الأخرى تضم مجتمعة ٤٨وحدة أنتاجيه (٤٧,٨٪). هذه المعامل تعتمد بصفة اساسية على اللبن البقرى والجاموسى الخام المنتج محليا فى تصنيع منتجات الألبان المختلفة حيث تقوم بإنتاج الجبن الأبيض (الدمياطى) صيفا بالأعتماد على اللبن الخام الطبيعى وأضافة اللبن المجفف أحيانا فى حين تتجه إلى تصنيع الجبن الرأس (جبن جاف) شتاء بالاعتماد على اللبن البقرى الخام وذلك بالاضافة إلى أنتاج الزبد والسمن .

منذ أواخر الستينات قامت الهيئة العامة للتصنيع بوضع المواصفات وأشترطات نموذجية لمعامل الألبان وذلك لرفع مستوى الأنتاج من الناحيتين الفنية والصحية وتنظيم صناعة الألبان ومنتجاتها وكان يجب على المتقدمين بتشغيل أحد معامل الألبان استيفاء هذه الأشتراطات والمواصفات قبل الترخيص لهم بشغل هذه المعامل كما تقوم المعامل المرخصة حينئذ باستيفاء تلك الأشتراطات خلال مرحلة أنتقالية محددة . وحتى عام ١٩٧٥ كان أنتاج القطاع الخاص يمثل حوالى ٨٠٪ من اجمالى منتجات الألبان فيما عدا صناعة اللبن المبستر واللبن المجفف وصناعة سكر اللاكتوز من الشرش حيث يقتصر أنتاجها على مصانع القطاع العام .

منذ بداية عام ١٩٧١حتى نهاية عام ١٩٨٨ كانت التراخيص الصناعية الممنوحة للقطاع الخاص والأستثمارى المشترك قد بلغ عددها ١٥٧ مشروعا جملة تكليفها الأستثمارية تقدر بحوالى ١٠٠٠ مليون جنيه وتعطى أنتاجا سنويا تبلغ كميته عند التشغيل الكامل نحو ٩٣٠ ألف طن من الألبان المبسترة والمعقمة ومنتجات الألبان الأخرى مثل الجبن الأبيض والجاف والمطبوخ واللبن الزبادى والقشدة والزبد والسمن والأيس كريم وتعمل على توفير فرص عمالة عند تشغيل هذه المصانع بالكامل نحو ١٣ ألف عامل. ويمثل أنتاج اللبن المبستر والمعقم ٤١٪ ، الجبن الأبيض والجاف ٢٣,٥ ٪ ، الزبادى ١٥٪ والأيس كريم ١٧,٦ ٪ والزبد والسمن الطبيعى ١,٦٪ من جملة الطاقة الأنتاجية المرخص بها فى الفترة من ١٩٧١ حتى ١٩٨٦ .

يلاحظ أن القطاع الوطنى المستثمر لأمواله فى صناعة اللبن ومنتجاته يفضل الدخول فى مجال أنتاج الجبن الأبيض والزبادى لعدم أحتياج هذين المنتجين إلى تكنولوجيا متقدمة وإلى الخبرة المكتسبه عند الأجيال فى أنتاجها خاصة الجبن الأبيض المصرى المعروف بأسم الجبن الدمياطى ولنفس الأسباب لايميل هذا القطاع إلى الدخول فى مجال أنتاج الجبن الجاف

والجبن المطبوخ .

من الامور التى يجدر الأشارة إليها هو التطور التكنولوجى الذى طرأ على صناعة الألبان فى مصر خلال السنوات الخمس الأخيرة تذكر منها على سبيل المثال ما يلى :

١- أنتاج الجبن الأبيض بالطريقة المستمرة بأستخدام طريقة الترشيح الفائق UF حيث توجد خطوط أنتاج فى بعض المصانع لصناعة الجبن تبلغ طاقته الأنتاجية ١٨ طن لبن يوميا حيث تؤدى هذه الطريقة إلى أنتاج جبن أبيض ذات صفات ثابتة علاوة على المزايا التاليه:

أ - زيادة العائد الناتج والتصافى لزيادة أحتجاز بروتينات الشرش .

ب - أنخفاض نسبة الفقد خلال تخزين الجبن.

جـ - خفض نسبة الملح المستخدم فى الصناعة .

د - أنخفاض نسبة المنفحة المستخدمة .

هـ - أمكانية الأستفادة من الشرش الناتج (غير مملح) فى الكثير من الصناعات الأخرى.

٢- إنتاج الجبن الأبيض بالطريقة المستمرة " طريقة ألبا "

٣- أستخدام طريقة UHT فى أنتاج اللبن السائل (اللبن المعقم)

٣-٤- الأنتاج المحلى والواردات والصادرات من منتجات الألبان

يغطى الانتاج المحلى من الألبان ومنتجاته فى مصر حوالى ثلث احتياجات الأستهلاك المحلى فقط بينما أجمالى الكميات المستوردة من الخارج تمثل نحو ثلثىأحتياجات الأستهلاك . فى عام ١٩٩٣ بلغ كمية منتجات الألبان المستهلكه ٧٤٨ ألف طن تم تغطية ٢٦٠ ألف طن منها من الأنتاج المحلى بنسبة ٣٥٪ وأستورد من الخارج ٤٨٨ ألف طن بنسبة ٦٥٪ من أحتياجات الأستهلاك .

تبلغ كمية الأنتاج المحلى فى عام ١٩٩٣من الجبن الأبيض والأجبان الأخرى (الجافة ، المطبوخة) حوالى ٢٢١,٢ ألف طن ، ١٥,٥ ألف طن على الترتيب وهذا يغطى ٨٥,٦٪ من أحتياجات الأستهلاك من الجبن الأبيض ، ٢٠,٦٪ من احتياجات الأستهلاك المحلى من الجبن الجاف والنصف جاف والمطبوخة ويتم تغطية ٣٧,١ ألف طن (١٤,٤٪) ٥٩,٦ ألف طن (٧٩,٤٪) من احتياجات الأستهلاك المحلى من كل من الجبن الأبيض والجبن الجاف والمطبوخه على التوالى عن طريقة الأستيراد من الخارج لتغطية الفجوة بين الأنتاج والأستهلاك فى مصر.

تبلغ مجموع كمية الصادرات المصرية من منتجات الألبان بإختلاف أنواعها نحو ١٠ - ١٦ ألف طن سنويا ، يمثل الجبن أكثر من ٥٠٪ منها ، ويلاحظ أن أغلب

الصادرات من تلك المنتجات يصدر لتموين السفن المارة بقناة السويس وتمثل صادرات منتجات الألبان فى عام ١٩٩٣ حوالى ٦٪ من حجم الأنتاج المحلى وحوالى ٣,١٪ من حجم الواردات من تلك المنتجات.

٤ – صناعة الألبان فى الوطن العربى

يملك الوطن العربى ثروة هائلة من الحيونات الحلوب بأنواعها المختلفة وكذلك مئات المصانع الحديثة لأنتاج أنواع مختلفة من المنتجات اللبنية والتى تعتبر نمطا غذائيا سائدا بعد الحبوب شيوعا على موائد الطعام العربى وبالرغم من الجهود التى بذلت إلا أنه لم يحقق الأكتفاء الذاتى فى معظم الدول العربية من هذه المادة الغذائية الهامة .

مازالت صناعة الألبان فى الوطن العربى تعتمد فى تقنيتها وفنون أنتاجها الحديثة على الخارج وكذلك عمليات التعبئة والتغليف سواء كمعادن وخامات وكذلك الأستيرادات العربية من أنواع اللبن المجفف والمركز والزبد والجبن مستمرة وفى تصاعد .

تتميز صناعة الألبان فى الوطن العربى بأنها صناعة متخصصة تتمركز فى المدن الكبيرة قرب مراكز الأستهلاك تساهم فى هذه الصناعات كلا من القطاعين العام والخاص بالأضافة إلى بعض المشروعات المقامة فى بعض الدول العربية بواسطة شركات أجنبية ورؤوس أموال عربية وتختلف الطاقة الأنتاجية لهذه المصانع طبقا لحجم الأستثمارات المستغلة وكميات اللبن المتوفرة للتصنيع ومستلزمات الأنتاج المختلفة والقوى العاملة والخبرة الفنية المتاحة .

فى ضوء الدراسات القطاعية عن صناعة الألبان فى الوطن العربى حتى عام ٢٠٠٠ التى قامت بإعدادها المنظمة العربية للتنمية الصناعية فإن عدد المصانع فى الوطن العربى يبلغ حوالى ١٥٤مصنعا وبطاقة أنتاجية أجمالية ١٠٩٣٧ طن لبن يوميا وأجمالى طاقات أنتاجية سنوية لهذه المصانع تصل الى ٣٣٠٠ ألف طن لبن خام وتنتج هذه المصانع اللبن المبستر والمعقم UHT والألبان المتخمرة والأيس كريم والجبن الأبيض والجاف والزبد والسمن والأيس كريم وبعضها ينتج الجبن المطبوخ واللبنه والحليب المجفف .

ومن الجدير بالذكر أن معظم هذه المصانع لاتعمل بكامل طاقتها الأنتاجية حيث لاتتجاوز الطاقة الأنتاجية التى تعمل بها فى أحسن الأحوال عن ٤٥ – ٥٠٪ .

٤-١- واردات الألبان ومنتجاتها

يعتمد الوطن العربى فى سد احتياجاته من اللبن ومنتجاته لتغطية الفجوة الغذائية

للألبان عن طريق استيراد اللبن ومنتجاته المختلفة أما للأستهلاك المباشر أو لاستخدامه كمواد أولية فى الصناعة وتحويله إلى منتجات لبنية مختلفة لتغطية أحتياجات الأستهلاك المحلى وتبلغ كمية الواردات من جملة الألبان ومنتجاتها فى الوطن العربى فى عام ١٩٩٣ حوالى مليون طن مقدرة فى صورة لبن سائل وتبلغ قيمتها حوالى ٢,٣ مليار دولار أمريكى (جدول ٣-١) .

جدول ٣-١ : كمية وقيمة الواردات من الألبان ومنتجاتها فى الوطن العربى عام ١٩٩٣

الواردات	الكمية (ألف طن)	القيمة (مليون دولار أمريكى)
لبن طازج وقشدة	١٤٦,٣٧	١٧٩,٤٨
لبن مجفف وقشدة	٤٦٦,٧٢	١٠٤٧,٣٠
لبن مركز ومجفف	١٩٤,٤٢	٣٥٤,١٨
زبد وسمن	١٩٤,٠٧	٣٤٥,٢٧
جبن مختلفة	١٦٨,٩٩	٣٩٧,١٧
الجملة فى صورة لبن سائل	٩٥١٦,١٣	٢٢٥٩,٠٠

المصدر : الكتاب السنوى للأحصاء الزراعية العربية - المنظمة العربية للتنمية الزراعية - المجلد ١٤ الخرطوم - ١٩٩٤

٤-٢- صادرات الألبان ومنتجاتها

وتقوم بعض الدول العربية بتصدير بعض منتجات الألبان حيث يوضح (الجدول٤-١) كمية وقيمة الصادرات من جملة الألبان ومنتجاتها فى صورة لبن سائل فى الوطن العربى ومنه يتضح أن ثمانية دول عربية (الأردن - الأمارات - تونس - السعودية - سوريا - عمان - الكويت - مصر) تقوم بتصدير لبن ومنتجاته تبلغ ٥٨٨,٣١ ألف طن مقدرة فى صورة لبن سائل وتبلغ قيمتها ٧٥,٩٠ مليون دولار أمريكى .وتتكون هذه الصادرات من لبن طازج ولبن مجفف ومركز ومكثف وزبد وجبن معظم هذه الدول لاتنتج هذه المنتجات المصدرة بل تعتمد على الأستيراد وهى عملية تجارة المواد الغذائية ومنتجات الألبان وتحتل السعودية المرتبة الأولى فى هذا النشاط يليها الأردن والأمارات وعادة يتم هذا النشاط بين الدول العربية .

جدول ٤-١ : كمية وقيمة الصادرات من الألبان ومنتجاتها فى الوطن العربى عام ١٩٩٣

الصادرات	الكمية (ألف طن)	القيمة (مليون دولار أمريكى)
الأردن	٢٨٧,٨٧	١٥,٣٩
الأمارات	١١٤,٨٠	١٥,٣٣
تونس	١٩,٦١	٧,٥٩
السعودية	١٣٦,١٤	٣٢,٥٠
سوريا	١٠,٩٧	٠,٧١
عمان	٧,٧٥	٢,٥٢
الكويت	١,٨١	١,٢٤
مصر	٩,٣٦	٠,٦٢
الجملة فى صورة لبن سائل	٥٨٨,٣١	٧٥,٩٠

المصدر : الكتاب السنوى للأحصاء الزراعية العربية - المنظمة العربية للتنمية الزراعية - المجلد ١٤- الخرطوم - ١٩٩٤

٤-٣- الفجوة الغذائية والأكتفاء الذاتى للألبان ومنتجاتها

توضع البيانات الصادرة عن المنظمة العربية للتنمية الزراعية عن أوضاع الأمن الغذائى فى الوطن العربى فى عام ١٩٩٣ أن العجز فى الألبان ومنتجاتها تحتل المرتبة الثانية وتمثل قيمة هذه الفجوة حوالى ٢٠٪ من القيمة الجمالية للفجوة الغذائية وهى تعادل قيمة فجوة القمح ، والجدول (٥-١) يوضح الفجوة الغذائية للألبان فى الدول العربية المختلفة فى عام ١٩٩٣ ومنها يتضح أن نسبة الأكتفاء الذاتى من منتجات الألبان فى صورة لبن سائل على مستوى الوطن العربى تبلغ ٥٩,٤١٪ أى حوالى ٦٠٪ من أحتياجات الدول العربية من الألبان ومنتجاتها تغطى عن طريق الأنتاج المحلى والباقى الذى يبلغ حوالى ٤٠٪ يتم استيراده من الخارج فى صورة منتجات ألبان مختلفة تقدر قيمتها بحوالى ٢,٣ مليار دولار أمريكى.

تختلف مقدار الفجوة الغذائية فى الألبان بين الدول العربية أختلافا كبيرا فهناك دول حققت الأكتفاء الذاتى ولديها فائض قابل للتصدير مثل الأردن حيث وصلت نسبة الأكتفاء الذاتى إلى ١٤٢,٩٠٪ وهناك دول حققت اكتفاء ذاتيا كاملا مثل السودان والصومال حيث بلغت نسبة الإكتفاء الذاتى فى كل منهما ٩٩,٦٩ ، ٩٩,٢١٪ على التوالى .

وتشير البيانات التى قامت بأعدادها وتقديرها المنظمة العربية للتنمية الصناعية فى

بغداد عن صناعة الألبان فى الوطن العربى حتى عام ٢٠٠٠ والصادرة فى عام ١٩٨٤ أن مقدار الفجوة الغذائية فى اللبن ومنتجاتها فى الوطن العربى عام ٢٠٠٠ حوالى ٢١٢٥٧ ألف طن منتجات ألبان مقدرة فى صورة لبن سائل وقد تمت هذه التقديرات عل اساس أن حاجة المواطن العربى من منتجات ألبان تقدر بحوالى ١٢٠ كجم فى السنة وفى ضوء النمو السكانى للأقطار العربية حتى عام ٢٠٠٠ والذى يبلغ ٢٩٧ مليون نسمه .

جدول ٥-١ : الفجوة الغذائية والأكتفاء الذاتى للألبان ومنتجاتها فى الوطن العربى عام ١٩٩٣

الدولة	الأنتاج (ألف طن)	الصادرات (ألف طن)	الواردات (ألف طن)	الميزان السلعى (ألف طن)	المتاح للأستهلاك (ألف طن)	نسبة الأكتفاء الذاتى (٪)
الأردن	٢٢٩,٥	٢٨٧,٨٧	٢١٩,٨٩	(٦٧,٩٨)	١٦١,٥٢	١٤٢,٩٠
الأمارات	٨٠,٨٥	١١٤,٨٠	٥٨٥,٨٤	٤٧١,٠٤	٥٥١,٨٩	١٤,٦٥
البحرين	١٦,٤٦	-	٩٤,٥٠	٩٤,٥٠	١١٠,٩٦	١٤,٨٣
تونس	٤٧٠,٠٠	١٩,٦١	٢٩٦,٩٥	٢٧٧,٣٤	٧٤٧,٣٤	٦٢,٨٩
الجزائر	١٠١٦,٠٠	-	٢٥٨١,٦٤	٢٥٨١,٦٤	٣٥٩٧,٦٤	٢٨,٢٤
السعودية	٤١٢,٠٨	١٣٦,١٤	١٩٩٥,٦٣	١٨٥٩,٤٩	٢٢٧١,٧٥	١٨,١٤
السودان	٣٨٦٦,٥٢	-	١٢,٠٨	١٢,٠٨	٣٨٧٨,٦٠	٩٩,١٩
سوريا	١٢٤٤,٠٠	١٠,٩٧	٢٢٤,٧٨	٢١٣,٨١	١٤٥٧,٨٠	٨٥,٣٣
الصومال	١٤٢٠,٧٣	-	١١,٣٤	١١,٣٤	١٤٣٢,٧٠	٩٩,٢١
العراق	٢٨٧,٠٠	-	١٧٤,٦٥	١٧٤,٦٥	٤٦١,٦٥	٦٢,١٧
عمان	٧٩,٢١	٧,٧٥	٢٧٨,٠٤	٢٧٠,٢٩	٣٤٩,٥٠	٢٢,٦٦
قطر	٢٥,٠١	-	١٠٧,١٣	١٠٧,١٣	١٣٢,١٤	١٨,٩٣
الكويت	٢٠,١٥	١,٨١	٣١٠,٩٩	٣٠٩,١٨	٣٢٩,٣٣	٦,١٢
لبنان	١٤٤,٨٥	-	٢٨١,٢٥	٢٨١,٢٥	٤٢٦,١٠	٣٣,٩٩
ليبيا	٢٠١,٨١	-	٣١٤,٨٤	٣١٤,٨٤	٥١٦,٦٥	٣٩,٠٦
مصر	٢٣٥٠,٩٧	٩,٣٦	١١٣٨,٤٣	١١٢٩,٠٧	٣٤٨٠,٤٠	٦٧,٥٦
المغرب	٨١٤,٠٠	-	٥٠٢,٧١	٥٠٢,٧١	١٣١٦,٧١	٦١,٨٢
موريتانيا	٢٣٠,٩٨	-	٩٠,٤٧	٩٠,٤٧	٣٢١,٤٥	٧١,٨٦
اليمن	١٥٥,٠٠	-	٢٧٠,٥٤	٢٧٠,٥٤	٤٢٥,٥٤	٣٦,٤٢
إجمالى	١٣٠٦٥,١٢٠	٥٨٨,٣١	٩٥١٦,١٣	-	٢١٩٩٢و٩٤	٥٩,٤١

المصدر : استخلص من جداول الكتاب السنوى للأحصاءات الزراعية العربية - المنظمة العربية للتنمية الزراعية -المجلد ١٤- الخرطوم ١٩٩٤

٥ - أساسيات صناعة الجبن

بالرغم من أن بعض أنواع من الجبن الطرى تستهلك طازجة بدون تسوية فإن أنتاج معظم أنواع الجبن يمكن تقسيمها إلى مرحلتين محددتين هما التصنيع والتسوية .

لبن ← (عمليات الصناعة) خثرة جبن طازج ← (تسوية) جبن ناضج (مسوى)

تعرف مرحلة التصنيع بأنها عبارة عن العمليات التى تجرى خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى بالرغم من أن بعض هذه العمليات (مثل التمليح والتجفيف) قد تستمر لفترة أطول. الخطوات الأساسية الشائعة فى صناعة معظم أنواع الجبن هى : التحميض acidification ، التجبن coagulation ، التجفيف dehydration (وتشمل تقطيع الخثرة، الطبخ ، التقليب ، الكبس ، التمليح وغيرها من العمليات التى تشجع على أنكماش الخثرة وطرد الشرش synereis ، التشكيل (العجن والكبس) والتمليح.

صناعة الجبن بصفة أساسية عبارة عن عملية تجفيف وفيها يتم تركيز كل من الدهن والكازين فى اللبن بين ٦ إلى ١٢ ضعف طبقا لنوع الجبن . تتوقف درجة التجفيف على مدى أتمام وأستخدام خطوات الصناعة الخمسة السابقة بالأضافة إلى تركيب اللبن وبالتالى فإن مستوى الرطوبة والملح و pH وميكروبات الجبن تنظم وتحدد التغيرات البيوكيماوية التى تحدث أثناء التسوية والتى تحدد الطعم والنكهة وقوام والتركيب البنائى للناتج النهائى. بناء على ذلك فإن طبيعه وجودة الناتج النهائى تتحدد بدرجة كبيرة بواسطة خطوات الصناعة ومع ذلك فإنه خلال فترة التسوية قد تظهر صفات الطعم والتركيب لأنواع الجبن.

٥-١- أعداد اللبن لصناعة الجبن

تبدأ صناعة الجبن بأختيار لبن على درجة مرتفعة من الجودة الكيماوية والميكروبيولوجيه وخال من المضادات الحيوية . عادة يبرد اللبن إلى ٤°م عقب عملية الحلب مباشرة وقد يحجز على هذه الدرجة لعدة أيام فى المزرعة وفى المصنع . التخزين المبرد (تحت درجة حرارة منخفضة) قد يسبب تغيرات طبيعية كيماوية فى اللبن (مثل تعديل فى اتزان فوسفات الكالسيوم وتحلل بعض جزيئات الكازينات) التى قد يكون لها تأثير غير مرغوب على تصنيع اللبن الى جبن بالأضافة الى نمو البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria غير مرغوب فيها .

بالرغم من أن اللبن الخام مازال يستخدم فى صناعة الجبن سواء فى المصنع أو فى المزرعة فإن معظم لبن الجبن يتم بسترته حاليا قبل استخدامه مباشرة والبستره قد تحدث تغيير فى الميكروبات الموجودة فى اللبن وتسهل صناعة جبن ذات صفات جودة موحدة كما أنها قد تسبب بعض التغيرات فى صفات اللبن التى قد تؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة. فى حالة اللبن المبستر بكفاءة فإن جبن التشدر (وبعض الأصناف الأخرى) الناتجة من لبن مبستر تسوى ببطء ويكون الطعم فى الجبن الناتج أقل وضوحا عن الجبن

الناتج من لبن خام. بعض التغيرات التى تحدث نتيجة المعاملة الحرارية (مثل اتلاف انزيمات اللبن الطبيعية ، القضاء على معظم الميكروبات الموجودة طبيعيا فى اللبن ، تغيير طبيعه بروتينات اللبن denaturation وتفاعلها مع الكاباكازين وكذلك تغيير فى أتزان الأملاح وأتلاف الفيتامينات) قد تكون مسئوله عن هذه التغيرات . وحتى الأن لم يتمكن من تحديد أى من هذه العوامل مسئولة بصفة أساسية عن هذه الأختلافات فى الجودة بين جبن اللبن الخام وجبن اللبن المبستر . مع ذلك فإن أستخدام الترشيح الدقيق microfiltration يؤدى إلى أزالة حوالى أكثر من ٩٠٪ من الميكروبات الموجودة فى اللبن دون حدوث أى من التغيرات السابقة .

وقد وجد أن جودة الجبن التشدر الناتج من كل من اللبن المبستر الذى تم معاملته بالترشيح الدقيق كانت جيده ومتماثلة بالرغم من أن جبن اللبن الخام قد حصلت على درجات منخفضة فى التحكيم حيث كان طعم الجبن غير جيد إلا أن طعم هذه الجبن كان أكثر وضوحا وأسرع فى الظهور عن مثيله فى جبن اللبن الخام.كما وجد أن عدد بكتريا Lactobacilli فى جبن اللبن الخام أعلا حوالى ١٠ أضعاف عن جبن اللبن المبستر كما أن Cنواع هذه البكتريا مختلف . هذه النتائج الأوليه تدل على أن ميكروبات اللبن الطبيعية قد تلعب دورا هاما فى تكوين الطعم فى جبن التشدر المصنع من لبن خام .

تقلل بسترة اللبن من مخاطر الجبن كمصدر لميكروبات التسمم الغذائى أو الميكروبات المرضية لذلك فإن اللبن الخام حتى المرتفع الجودة غير مقبول فى صناعة الجبن. عادة يتم معاملة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن حراريا (حوالى ٦٥°م لمدة ١٥ ثانية) عند وصوله للمصنع فى بعض الدول بهدف الحد من البكتريا المقاومة للبرودة وعموما يبستر اللبن قبيل استخدامه فى صناعة الجبن .

يحتجز حوالى ٧٥٪ على الأكثر من البروتين الكلى فى اللبن فى جبن المنفحة وحديثا يستخدم الترشيح الفائق UF فى معامله اللبن المستخدم فى صناعة الجبن بهدف زيادة أحتجاز بروتينات الشرش فى الجبن وقد تم أستخدام هذه المعاملة بنجاح فى صناعة الجبن الطرى مثل الدمياطى والفتا Feta والكوارج Qurag وبأقل نجاحا فى الجبن الجافة و النصف جافة .

وفى بعض الدول كما فى مصر وبعض دول الشرق الأوسط ودول أروبا الشرقية يضاف الملح بمعدل قد يصل الى حوالى ١٢-١٤٪ إلى اللبن مباشرة قبل أضافة المنفحة بهدف الحد من نمو الميكروبات الموجودة فى اللبن والتى قد تسبب بعض العيوب فى الجبن الناتج بالأضافة إلى مساهمة الملح فى تحسين طعم وقوة حفظ الناتج النهائى.

٥-٢- تسوية اللبن

من الخطوات الأساسية فى صناعة معظم إن لم يكن جميع أنواع الجبن هو تسوية اللبن أى زيادة الحموضة بصورة مضطرده خلال مرحلة التصنيع (أى خلال فترة تصل الى ٢٤ ساعة) . عادة يتم زيادة حموضة اللبن نتيجة أنتاج حمض اللاكتيك بواسطة بادىء بكتريا حمض اللاكتيك أو بواسطة مواد منتجة للحموضة(glucono-δ-lactone) acidogenحيث تستخدم حاليا للتحميض المباشر للخثرة فى بعض أنواع من الجبن مثل الموزاريلا والفتا الثائجه بطريقة UF وجبن Cottage. وحتى فترة قريبة نسبيا كان يعتمد على الميكروبات الموجودة طبيعيا فى اللبن فى انتاج الحموضة ونظرا لأن هذه الميكروبات تتكون عاده من ميكروبات مختلفة فإن معدل أنتاج الحموضة يكون غير منتظم ونمو الميكروبات غير المرغوبة قد يؤدى إلى أنتاج غاز وأطعمة غير مرغوبة.وقد أصبح الآن من الضرورى أضافة مزرعة بادىء من بكتريا حمض اللاكتيك المنتقاه إلى لبن الجبن المبستر ليقوم بأنتاج الحامض بالمعدل المطلوب وبصورة منتظمة . فى الجبن التى تطبخ على درجة حرارة لاتزيد عن ٤٠°م يستخدم عادة بادىء يتكون من *L.lactis* subsp. *cremoris* أو مع *L.lactis* subsp. *lactis* بينما يستخدم بادىء مختلط من *S.salivarius* subsp. *thermophilus* مع *Lactobacillus* spp. (*Lb.bulgaricus, Lb.helveticus, Lb.lactis*) أو مزرعة *Lactobacillus* فقط لأنواع الجبن التى تطبخ على درجات حرارة أعلا مثل الجبن السويسريه Swiss والجبن الأيطالية الجافة .

مازال فى كثير من الدول تستخدم بادئات مختلطة محبة لدرجات الحرارة المعتدلة mixed strain mesophilic starter ونظرا لأن السلالات البكتيرية فى هذه البادئات تكون حساسة للفاج كما أن السلالات فى المخلوط قد تكون متباينه وبالتالى تؤدى الى سياده سلالة أو عدد قليل من السلالات فإن معدل أنتاج الحموضة بواسطة بادئات مختلطة السلالة يكون غير منتظم حتى مع أتباع أقصى درجات العناية فى الأختيار والتداول. وللتغلب على هذه المشاكل بدأ فى نيوزلندا فى عام ١٩٣٥ أدخال بادئات محبه لدرجات الحرارة المعتدلة وحيده السلالة ومنتجة للحموضة بمعدل سريع تكسب الجبن الناتج طعم مر bitter وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بأستخدام سلالتين منتقاه أحدهما منتجة للحموضة بمعدل سريع والأخرى منتجة للحموضه بمعدل بطىء fast and slow acid producers .

يعتبر أنتاج الحموضة بمعدل مناسب هى الخطوة الأساسية فى أنتاج جبن حيث

تؤثر الحموضة على سرعة تجبن اللبن بالمنفحة وصلابة الخثرة وقدرتها على الأنكماش وطرد الشرش كما تعمل على تثبيط معظم الميكروبات غير المرغوبة التى قد تكون موجودة فى اللبن وتسبب بعض العيوب فى الناتج النهائى .

بكتريا *Lactococcus* المحبة للحرارة المعتدلة قادرة على خفض pH الجبن إلى ٤,٩ - ٥,٠ بينما بكتريا *Lactobacillus* الى pH أقل قد يصل إلى ٤,٦ . لذلك فإن pH النهائى الطبيعى لخثرة الجبن يقع بين ٤,٦ - ٥,١ ومع ذلك فإن الوقت اللازم للوصول إلى هذا pH يختلف من حوالى ٥ ساعات للجبن التشدر إلى ٦-١٢ ساعة فى الجبن المعرقة بالفطر والجبن الهولندية والسويسرية . يرجع هذه الأختلافات إلى كمية البادىء المضافة إلى لبن الجبن (٠,٢-٥٪) ، برنامج عملية السمط الذى قد يؤخر من نمو بكتريا البادىء ومعدل تبريد الخثرة عقب ذلك . درجة pH خثرة الجبن المعرقة بالفطر تكون عاده ٦,١ عند صرف الشرش وينخفض تدريجيا إلى ٥,١ فى خلال ٦ساعات . كما ينخفض pH خثرة الجودا تدريجيا بينما فى حالة جبن التشدر يكون غير منتظم لأرتفاع درجة حرارة السمط المستخدمة فى الجبن الأخيرة التى تؤخر من تكوين الحموضة أثناء السمط .أنتاج الحموضة تكون أكثر تعقيدا فى جبن الأمنتال والجروبير التى تسمط على درجات حرارة مرتفعة (٥٣ - ٥٦°م) والتى ينمو فيها البادىء *Lb.helveticus* or *Lb.casei* , *S.salivarius* subsp *thermophilus* بدرجة رئيسية بعد الكبس. وتوضع الخثرة فى المكبس عند درجة حرارة حوالى ٥٠°م وتبرد خلال عملية الكبس عند أطراف قرص الجبن بمعدل أسرع عنه عند مركز قرص الجبن ونتيجة لذلك فإن معدل نمو البادىء ومعدل تكوين الحموضة يختلف خلال الجبن ويؤدى ذلك إلى تدفق حمض اللاكتيك من الأطراف إلى مركز الجبن الذى يصل الى الأتزان نتيجة الأنتشار diffusion مع تقدم الجبن فى العمر . يؤثر تركيز حامض اللاكتيك و pH على نمو *Propionibacterium shermanii* وبالتالى كمية ثانى أكسيد الكربون CO_2 المتكونة . كما أن التباين فى pH يؤثر على الصفات الوظيفيه لبروتينات الجبن وبالتالى التركيب البنائى للجبن texture. وتنظم كل من معدل أنتاج حجم CO_2 والصفات الريولوجية لشبكة البروتين عملية تكوين وعدد وتوزيع العيون التى تعتبر من الصفات الأساسية فى هذه الانواع من الجبن .

يكون لمستوى وطريقة التمليح تأثير كبير على التغيرات فى pH الجبن. تركيز الملح فى الجبن (عادة ٠,٧ - ٤٪ أى ٢ -١٠٪ ملح فى الماء salt - in - moisture) يكون كافيا لايقاف نمو بكتريا البادىء . بعض أنواع الجبن ، أساسا الأنواع الأنجليزية ،

تملح بخلط الملح الجاف بالخثرة قرب نهاية التصنيع لذلك فإن pH خثرة هذه الأنواع من الجبن يكون قريب من pH النهائى (حوالى ٥,١) عند التمليح . وفضلا عن ذلك فإن أنواع من الجبن تملح بغمرها فى محلول ملحى brine أو بتمليح سطح الجبن بأستخدام الملح الجاف لذلك فإن انتشار الملح فى ماء الجبن تكون عملية بطيئة وبالتالى يكون هناك وقت كاف للـ pH لينخفض إلى حوالى ٥,٠ . قبل أن يصل تركيز الملح إلى التركيز المثبط . درجة pH خثرة معظم أنواع الجبن مثل السويسريه والهولنديه والمعرقة بالفطر وغيرها تكون ٦,٢–٦,٥ عند التعبئة فى قوالب والكبس ولكن تنخفض إلى حوالى ٥,٠ خلال أو بعد الكبس بفترة قصيرة وقبل التمليح .

فى حالات خاصة قليله مثل الجبن الدمياطى فمن المألوف اضافة كمية كبيرة من الملح (١٠–١٢ ٪) إلى لبن الجبن للحد من نمو الميكروبات الموجودة فيه . تركيز الملح له تأثير رئيسى ليس فقط على تكوين الحموضة ولكن أيضا على التجبن بالمنفحه وصلابة الخثرة وانكماشها وطرد الشرش.

٥–٣ – التجبن

الخطوة الأساسية فى صناعة جميع أنواع الجبن هو تجبن الكازين ليكون جل (خثرة) التى تحتجز الدهن ، إذا وجد ، ويمكن أن يتم التجبن بواسطه :

١–تحلل بروتينى محدود بواسطة انزيمات بروتينيز منتقاه .

٢–التحميض إلى pH ٤,٦ .

٣–التحميض إلى pH أعلا من ٤,٦ (~ ٥,٢) مع التسخين .

تصنع معظم الجبن بواسطة التجبن الأنزيمى (المنفحة) . فى بعض الحالات قد يستخدم البروتينيز النباتى plant proteinase أو بروتينيز حامضى (aspartate) من أصل حيوانى أو فطرى وعادة يستخدم الكيموسين chymosin من معدة الحيوانات الصغيرة (بقر ، ماعز ، غنم ، جاموس) كمنفحة ولكن نظرا لأن مصدر هذه المنافح محدود وذلك لزيادة الاتجاه فى كثير من الدول فى ذبح الحيوانات عند عمر أكبر من المفروض) مع الزيادة المستمرة فى صناعة الجبن على مستوى العالم قد أدى إلى حدوث نقص واضح فى المنفحة الحيوانية وبالتالى فإن بدائل المنفحة rennet substitutes (عادة البيسين البقرى ، الخنزيرى ، والداجنى والبروتينيز الحامضى *Mucor meihie* وبدرجة أقل *M.pusillus* أو *Endothia parasitica*) تستخدم بكثرة الآن فى صناعة الجبن فى عديد من الدول مع نتائج مرضية . وقد تم نقل جين كيموسين العجول calf chymosein إلى *K.lactis* ,

E.coli, A.niger وقد أصبح الكيموسين الناتج من هذه الميكروبات متوفر حاليا فى الأسواق .

بالرغم من المعروف منذ عام ١٩١٧ عدم تجبن اللبن بالمنفحة عند درجة حرارة منخفضة فقد أوضح بعض الباحثين أن تجبن اللبن بالمنفحة يحدث على مرحلتين أحدهما أنزيمية رئيسية primary enzymatic phase والأخرى غير أنزيميه ثانوية - secondary non enzymatic phase ويبلغ معامل درجة الحرارة temperature coefficient (Q_{10}) للمرحلة الأولى من التجبن ١,٨-٢ ويحدث هذا التفاعل عند درجة حرارة أقل تصل إلى الصفر المئوى ، بينما معامل المرحلة الثانية ١٢-١٦ ويتم هذا التفاعل ببطء شديد أولايحدث تماما عند درجة حرارة أقل من ١٥°م ، وبالتالى فإنه يمكن فصل المرحلتين بسهولة عن طريق التحكم فى درجة الحرارة ، حيث تتم المرحلة الاولى عند درجة حرارة أقل من ١٥°م وإذا سخن اللبن المبرد المحتوى على المنفحة فإن التجبن يحدث بسرعة شديدة. إضافة المنفحة إلى اللبن المبرد يتبعها تدفئة سريعة للبن يعتبر الأساس فى طرق تجبن المستمر للبن continuous coagulation of milk . عادة يحدث تداخل بين مرحلتى التجبن ويتوقف هذا التداخل على pH اللبن حيث تكون المرحلتين متباعدتين عند pH منخفض ودرجات الحرارة المرتفعة وفى اللبن المركز بالترشيح الفائق UF .

وقد أوضح كثير من الباحثين أن عملية التجبن بالمنفحة تعتمد على أتلاف قدرة الكاباكازين k-casein على حماية جسيمات الكازين micelles بواسطة المنفحة حيث وجد أن الكاباكازين هو بروتين اللبن الوحيد الذى يتحلل خلال المرحلة الأولى من تجبن اللبن بالمنفحة وحيث تتحلل فقط الرابطه الببتيرية Phe_{105} - Met_{106} ويحدث هذا التحلل عند درجة pHمثلى (٥,١ - ٥,٥) مع أنفراد الشق المحب للماء مكروببتيد (macropeptides) .

نظرا لأن الكاباكازين هو العامل الأساسى الواقى لجسيمات الكازين فإن تحلله يضعف من ثبات الجزيئات الناتجة " باراكازين para-casein " التى تتجبن فى وجود تركيز حرج critical من أيونات الكالسيوم Ca^{2+} عند درجة حرارة ٢٠°م أو أعلى (المرحلة الثانية غير الأنزيمية من التجبن non - enzymatic phase) . أنخفاض محتوى جسيمات الكازين من فوسفات الكالسيوم الغروية (CCP) يمنع من حدوث التجبن إلا إذا أرتفع تركيز أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) ، وقد يكون ذلك غير متوقع حيث أن اللبن الخال من (CCP) يكون غير ثابت لأيونات الكالسيوم ويرجع ذلك إلى أن الأخلال

فى التركيب البنائى لجسيمات الكازين نتيجة أزالة (CCP) يغير من قدرة الكازينات على تكوين شبكة جل بروتين (الخثرة).

٥-٤ - عمليات إعداد الخثرة

خثرة المنفحة عادة تكون ثابتة لحد كبير إذا حفظت تحت ظروف ساكنه ولكن إذا تم تقطيعها أو تكسيرها يحدث أنكماش الخثره وطرد الشرش سريعا syneresis. يتأثر معدل ودرجة طرد الشرش بتركيب اللبن خاصة ، تركيز كل من أيونات الكالسيوم والكازين ، pH الشرش ، درجة حرارة الطبخ معدل وفترة تقليب مخلوط الخثرة والشرش. يتوقف التركيب الكيماوى للجبن النهائى بدرجة كبيرة على درجة التخلص من الشرش حيث أن هذه العملية من السهل أن تكون تحت سيطرة صانع الجبن والتى عن طريقها يمكن انتاج أنواع مختلفة من الجبن بالرغم من أن تركيب لبن الجبن ، كمية ونوع البادىء وكمية ونوع المنفحة من العوامل الهامة فى هذا المجال .

التمليح هو أخر العمليات التصنيعية ولا يعتبر وسيلة لتنظيم محتوى الجبن من الرطوبة بالرغم من أنه يساهم فى عملية طرد الشرش من الخثرة. والملح له عدة وظائف فى الجبن سوف تناقش فيما بعد .

صناعة الجبن أساسا عملية تجفيف dehydration ومع ظهور عملية الترشيح الفائقUF كعملية تركيز فإنه ينتظر أن تكون لهذه العملية استخدامات مفيدة فى صناعة الجبن ليس فقط فى تعديل تركيب اللبن بالنسبه للدهن والكازين ولكن بدرجة أكثر أهمية فى تحضير مركز مماثل فى تركيبه لتركيب الجبن النهائى والتى يطلق عليه عادة جبن أولى pre-cheese. تعديل تركيب لبن الجبن بإضافة مركز الـ UF (retentate) تعتبر حاليا عملية شائعة فى بعض البلاد ولكن صناعة الجبن الأولية pre-cheese تعتبر عملية ناجحة تجاريا لبعض أنواع من الجبن مثل الدمياطى والفتا Feta والكوارج Quarg مما يشجع على إنتشار أستخدام UF فى صناعة الجبن الطرية .

ونظرا لأمكانية الترشيح الدقيق فى الحد من الميكروبات الموجودة طبيعيا فى لبن الجبن فإنه من المتوقع أن تحتل هذه الطريقة مكانة خاصة فى صناعة الجبن للأستفادة منها فى أنتاج الجبن فى المستقبل القريب .

٥-٥- التسوية

بعض أنواع من الجبن تستهلك طازجة وتمثل هذه الجبن جزء كبير من الجبن التى

تستهلك فى بعض الدول ومع ذلك فإن معظم أنواع الجبن لاتكون صالحة للأستهلاك عند نهاية عملية الصناعة ولكن تحتاج إلى عملية تسوية (أنضاج) لفترة من الوقت تختلف من حوالى ٣ أسابيع إلى اكثر من سنتين. عموما فإن مدة التسوية ترتبط ارتباطا عكسيا بمحتوى الجبن من الرطوبة وقد يستهلك عديد من أنواع الجبن عند أى مرحله من مراحل التسوية حيث يتوقف ذلك على درجة الطعم المقبولة للمستهلك والعوامل الأقتصادية.

بالرغم أن خثرة الجبن المختلفة تكون عادة مختلفة بدرجة واضحة عند نهاية خطوات التصنيع (أساسا نتيجة للأختلافات فى التركيب الكيماوى والتركيب البنائى والتى ترجع إلى الأختلافات فى تركيب اللبن وخطوات الصناعة) وتظهر الصفات المميزة لكل نوع من الجبن أثناء عملية التسوية. وبالرغم من التغيرات البيوكيماوية التى تحدث اثناء التسوية فإن طعم ونكهه والتركيب البنائى للجبن النهائى يتحدد بدرجة كبيرة فى عملية التصنيع بواسطة التركيب الكيماوى وخاصه الرطوبه ، كلوريد الصوديوم ، pH ونوع البادىء والبادىء المساعد (الثانوى) الذى يضاف إلى لبن الجبن أو الخثرة فى بعض أنواع من الجبن .

خلال عملية التسوية تحدث مجموعة تغيرات بيوكيماوية معقدة بمساعدة عوامل التسوية التالية :

١- المواد المجبنة coagulants.

٢- أنزيمات اللبن الطبيعية وخاصة البروتينيز والليبيز والتى لهما أهمية فى الجبن التى تصنع من اللبن الخام.

٣- بكتريا البادىء والأنزيمات الناتجة منها .

٤- الميكروبات الثانوية والأنزيمات الناتجة منها .

تتكون الميكروبات الثانوية من الميكروبات الموجودة فى اللبن طبيعيا التى تقاوم البسترة و تصل إلى اللبن بعد البسترة مثل *Lactobacillus* ، *Pediococcus* ، *Micrococcus* أو من أضافة بادىء ثانوى (مساعد) فى بعض أنواع من الجبن مثل Propionibacteria فى الجبن السويسرى والـ *Penicillium roqueforti* فى الجبن المعرقة بالفطر ، *P.caseicolum* فى جبن الكمبير أو تصل إلى الجبن من البيئة أثناء التسوية مكونة طبقة من الميكروبات على سطح الجبن مثل *Brevibacterum linens* فى جبن Brick ، Tilist ، Limburger. فى حالات كثيرة فإن صفات الناتج النهائى تعزى الى نواتج تمثيل هذه الميكروبات .

تشمل التغيرات البيوكيماوية الرئيسيه primary تحلل الكربوهيدريت glycolysis ، تحلل الدهن lipolysis وتحلل البروتين proteolysis ولكن هذه التغيرات قد يعقبها تغيرات ثانوية secondary تتضمن نزع مجموعة من الأمين deamination ، نزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylation ونزع مجموعة الكبريت desulphurylation من الأحماض الأمينيه وكذلك β-oxidation للأحماض الدهنية وبعض التغيرات البنائية synthetic changes مثل تكوين الأسترات esterification .

٦ - تقسيم الجبن

توجد تجارة عالمية للأنواع الرئيسية للجبن ، عديد من هذه الأنواع يتم أنتاجها فى عدد من دول العالم لكن قد تكون غير متماثلة فى صفاتها وتركيبها . هناك عدة محاولات قد تمت لوضع تخطيط لتقسيم أنواع الجبن وذلك لمساعدة التجارة العالمية وتقديم معلومات تغذوية وقد تكون لأسباب أخرى مثل البحث العلمى .

تختلف المحاولات التى تمت لتقسيم الجبن طبقا للأساس الذى بنى عليه عملية التقسيم فقد أعتمد البعض على عمليات التصنيع وتم تعديلها وتقسيمها إلى خمس مجموعات على أساس محتواها من الرطوبة (الرطوبة فى الجبن الخال من الدهن) على النحو التالى :

- جبن شديدة الجفاف dried تحتوى على أقل من ٤٠٪ رطوبة
- جبن جافة جدا grated تحتوى على ٤٠ إلى ٤٩,٩٪ رطوبة
- جبن جاف hard تحتوى على ٥٠ إلى ٥٩,٩٪ رطوبة
- جبن طرية soft تحتوى على ٦٠ إلى ٦٩,٩٪ رطوبة
- جبن طازجة fresh تحتوى على ٧٠ إلى ٨٢,٠٪ رطوبة

وقد تم تقسيم أربعة من هذه المجاميع (الطازجة ، الطرية ، الجافة والجافة جدا) كل منها إلى ماتحت المجموعتين (أى إلى ثمانى ماتحت المجموعة subgroups) على أساس عملية الكبس والطبخ . كما تم تقسيم كل من هذه التحت مجموعة إلى ستة أقسام (a - f) على أساس تركيز الكالسيوم فى الجوامد اللادهنيه fat - free solids الخالية من الملح NaCl - free : أكثر من ٢,٥٪ ، ٢,١ - ٢,٥٪ ، ١,٦ - ٢,٠٪ ، ١,٥ - ١,١٪ ، ٠,٦ - ١,٠٪ ثم أقل من ٠,٦٪ والتى تعكس معدل ودرجة زيادة الحموضة.

كما تم تقسيم الجبن على أساس الصفات الريولوجية rheological properties أو

نسبة الرطوبة ويتضمن هذين التقسيمين اسس متماثلة. فى التقسيم الثانى قسمت الجبن بصفة اساسية إلى جافة hard ، ونصف جافة semi-hard وطرية soft التى قسمت على أساس صفات الميكروبات الأساسية فى الجبن مثل بادىء بكتريا حمض اللاكتيك ، بكتريا حمض البروبيونيك propionibacteria ، الطبقة السطحية الميكروبية surface slime والفطريات الداخلية أو السطحية وقد تم تقسيم ٥١٠ نوع من الجبن على أساس محتواها من الرطوبة كعامل أساسى فى التقسيم ومعامل اللزوجة viscosity factor ، معامل المطاطية elasticity factor ومعامل springiness factor إلى جبن شديد الجفاف ، جافة ، نصف جافة وطرية .

يبدو من هذا التقسيم أن مستوى الرطوبة المقترح فى التقسيم منخفض جدا . وقد قسم Scott الجبن بصفة رئيسية على أساس محتوى الرطوبة إلى جافة ، ونصف جافة وطرية ثم قسمت هذه المجاميع على أساس درجة حرارة الطبخ أو/ والميكروبات الثانوية . وقد قام Walstra بوضع تقسيم للجبن نسبة الماء إلى البروتين water : protein ratio بدلا من استخدام محتوى الرطوبة كأساس للتقسيم وأستبدال درجة حرارة الطبخ بنوع البادىء أى بادىء محب للحرارة المعتدلة mesophile وبادىء محب للحرارة المرتفعة thermophile الذى يعتبر معادلا لأستخدام درجة حرارة الطبخ المستخدمة بواسطة آخرين.

وقد أقترح حوالى ١٨ نوع محدد من الجبن الطبيعية natural cheeses تصنع بطرق مختلفة حيث تختلف فى تنفيح اللبن ، تقطيع ، تقليب ، طبخ ، صرف الشرش ، كبس ، تمليح الخثرة وتسوية الجبن. ولكن هناك بعض الملاحظات على هذا التقسيم حيث يوجد تطابق بين بعض هذه الأنواع مثلا الايدام Edam والجواد Gouda أنواع متشابهه لحد كبير كما لم يتضمن هذا التقسيم الأنواع المحتوية على ملح مرتفع مثل الفتا Feta والدمياطى .

وقد أقترح Walter and Hargrove تقسيم بديل يتضمن ٨ عائلات مشابه لدرجة كبيرة على النحوالتالى :

١ - جبن جافة جدا (grating) Very hard

أ - تسوى بالبكتريا : مثل Asiago ، البرمسان Parmesan، الرومانو Romano .

٢ - جبن جافة Hard

أ - تسوى بالبكتريا ولا تحتوى على عيون مثل التشدر Cheddar ، Cociocavallo .

ب - تسوى بالبكتريا وتحتوى على عيون مثل Emmental ،

. Gruyere

٣ – جبن نصف طرية Semi - soft

أ – تسوى بالبكتريا مثل Munster ، Brick

ب – تسوى بالبكتريا والميكروبات السطحية : Limburger ، Trappist .

جـ – تسوى بالفطر الأزرق داخليا : Roquefort ، Gogonzola ، Stilton .

٤ – جبن طرية Soft

أ – مسواه بالفطر : Camembert , Brie .

ب – مسواه بالبكتريا : Domiati , Feta .

جـ– تستهلك طازجة (غير مسواه) Tallaga , Karish , Primost Mysost , Ricotta , Cottage, Cream .

وقد أقترح Fox تقسيم الجبن إلى عائلات كبيرة على أساس عامل التجبن coagulation agent على النحو التالى :

١– جبن التجبن بالمنفحة rennet cheese وتضم معظم أنواع الجبن الرئيسية.

٢– جبن التجبن الحامضى acid coagulation وتضم جبن Cottage والكوارج Quarg والقريش Karish والقشدة Cream.

٣– جبن التجبن بالحرارة والحامض heat / acid. مثل جبن الريكوتا Ricotta والزيجر Ziger.

٤– جبن التركيز والبلورة concentration / crystallization مثل جبن الميوسست Mysost

وقد يبدو مقبولا أن أنواع الجبن المرتفعة فى الملح التى عادة تخزن فى محلول ملحى أو شرش مملح وتشمل الدمياطى والفتا والبلغارى يجب أن توضع فى التقسيم كتحت عائلة sub-family منفصلة لجبن المنفحة أو فى أى من نظم التقسيم السابق ذكرها.

وقد أقترح بعض الباحثين بتقسيم الجبن على أساس عمل بصمة كيماوية لكل نوع من الجبن chemical finger print ولكن هناك بعض الصعوبات التى تواجه هذا النظام حيث أن التسوية نظام متغير غير ثابت وبالتالى يطرأ على الجبن تغيرات مستمرة خلال فترة التسوية والتى تختلف طبقا لطول فترة التسوية مما يصعب معه وضع بصمة كيماوية ثابتة

لكل نوع من الجبن ويمكن استعراض التغيرات الكيماوية التى تحدث فى الجبن أثناء التسوية والتى قد تساعد فى هذا المجال .

أ . تحليل الكربوهيدريت : Glycolysis

عادة يتحول جميع اللاكتوز الموجود فى الجبن إلى لاكتات ، بصفة عامة L-isomer . فى معظم الجبن التى تسوى داخليا بالبكتريا يتحول L-lactate إلى مخلوط راسيمى DL racemic mixture (DL) بمعدل يتأثر بأعداد بكتريا حمض اللاكتيك من غير البادىء ويستثنىء من ذلك أنواع الجبن السويسريه Swiss- type cheeses ، وفيها يتحول معظم اللاكتات إلى بروبيونات وخلات و CO_2 بواسطه بكتريا حمض البروبيونيك وفى الجبن التى تسوى سطحيا بالفطر يتحول اللاكتات إلى CO_2 وماء . تمثيل اللاكتات قد يؤخذ كدليل لتقدير عمر الجبن الحديثة فى العمر young cheese ولكن قد لايكون مفيدا كأساس فى تقسيم الجبن .

يقع pH معظم أنواع الجبن الطازجه بين ٤,٦ إلى ٥,٢ . خلال التسوية . يرتفع pH معظم أنواع الجبن لحد ما ولكن هذا التغيير يكون أكثر وضوحا فى الجبن التى تسوى داخليا أو سطحيا بالفطر حيث يرتفع pH إلى ٦,٥ - ٧,٥ نتيجة إلى استهلاك اللاكتات مع / أو بدون أنتاج أمونيا .

فى ضوء ما سبق يبدوأن نواتج تمثيل اللاكتوز لايصلح استخدامه كأساس جيد فى تقسيم الجبن بحيث يعطى تقسيم أفضل مما هو متاح على أسس أخرى أى جبن تحتوى على عيون أو تسوى بالفطر داخليا أو سطحيا .

ب - تحليل الدهن : Lipolysis

يحدث فى معظم أنواع الجبن تحلل بسيط نسبيا للدهن فيما عدا الأنواع الأيطالية والمعرقة بالفطر .بالرغم من أن تحليل الدهن فى الجبن المعرقة بالفطر ليس له فائدة إضافية فى تقسيم الجبن فأنه قد يمثل صفة أضافية بواسطتها يمكن أن تقسم إلى أنواع جافة وأنواع شديدة الجفاف . كما قد تكون نسب بعض الأحماض الدهنية المنتقاه مفيدة فمثلا نسبة C_{10} / C_{12} فى بعض أنواع من الجبن .

كما أن نواتج تمثيل الأحماض الدهنية ، وبصفة خاصة ميثيل كيتون methyl ketones واللاكتونات lactones ، قد تكون محدودة الفائدة كأساس فى تقسيم الجبن . مركبات المثيل كيتون المتكونة بتركيزات كبيرة فقط فى الجبن المعرقة بالفطر قد تكون لها

قيمة خاصة فى تقسيم الجبن . بعكس اللاكتونات حيث أن المعلومات المتوفرة عنها فى الجبن محدودة جدا.

جـ - تحليل البروتين : Proteolysis

تعتبر عملية تحليل البروتين أكثر التغيرات التى تحدث فى الجبن أثناء التسوية تعقيدا وبالتالى يمكن أن يكون اساسا مقبولا فى تقسيم الجبن كيماويا وهناك عدة دلائل لتحليل البروتين indices of proteolysis قد تكون مفيدة فى تقسيم الجبن :

١- فى الجبن المسواه سطحيا بالفطر أو بالبكتريا smear تتحول نسبة مرتفعة من النتروجين الكلى إلى أمونيا وقد يكون ذلك صفة مفيدة فى تقسيم بعض أنواع من الجبن.

٢- محتوى الجبن من الأحماض الأمينية الحرة قد تكون أيضا أساس مفيد فى تقسيم الجبن بالرغم من أن أحماض الليوسين والفينيل ألانين والجلوتامين قد تبدو أحماض أمينية حرة اساسية فى معظم أنواع الجبن بالأضافة إلى أن بعض الحالات الخاصة (مثل أنواع الجبن السويسريه التى تحتوى على تركيزات مرتفعة من البرولين الحر free proline) . وعموما فإن المعلومات المتوفرة حاليا عن محتوى الجبن من الأحماض الأمينية الحرة غير كافية لأستخدامها كأساس فى تقسيم الجبن.

٣- تحليل المواد الطيارة فى عديد من الجبن بهدف التعرف على المكونات المسئولة عن الطعم فى الجبن أوضحت أنه من الممكن أن تكون أساس للتمييز بين أنواع الجبن ولكن وجد أن هذه المواد المسئولة عن طعم ونكهة الجبن تختلف باختلاف تركيب الجبن وعمر الجبن وظروف التسوية .

٤- يختلف النشاط المائى (a_w) water activity فى الجبن من ٠,٨٨ إلى أقل من ٠,٩٩ والـ a_w فى الجبن على جانب كبير من الأهمية فى تحديد سلامة الجبن من ناحية الصحة العامة وفى تحديد نوع ودرجة التسوية .

الفصل العاشر

النشاط المائى وقوة حفظ الجبن
Water activity and keeping quality of cheese

١- مقدمة

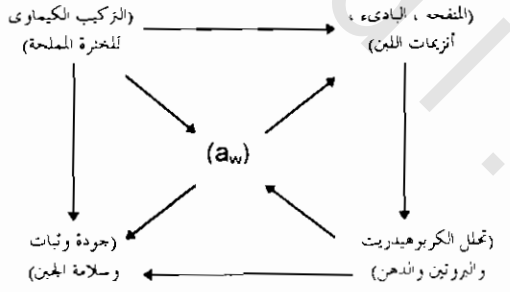
الجبن ليس نظاما ثابتا حيث توجد به تغيرات مستمرة فى الصفات الطبيعية والكيماوية والبيولوجية نتيجة للنشاط البيوكيماوى سواء للميكروبات المفيدة أو الضارة (المسببة للتغيرات غير المرغوبة والمرضية) والذى يؤدى الى تكوين نظام بيئى مناسب يعتمد على سلسلة تفاعلات بين العوامل الطبيعية والكيماوية والبيولوجية والتى تنتهى الى تهيئة ظروف معينة داخل الجبن تحدد قوة حفظ وسلامة الناتج النهائى. ويعتبر النشاط المائى (a_w) من العوامل الأكثر أهمية فى هذا المجال والتى تلعب دورا هاما فى تحديد قوة حفظ الجبن keeping quality (أى ثبات الجبن stability of cheese) حيث تقوم بتهيئة الظروف الملاءمة لنمو ونشاط ومقاومة الميكروبات فى الجبن والذى يؤدى الى تغيرات فى صفات الجبن الناتج تؤثر على تحدد قوة حفظه وصلاحيته للأستهلاك .

تعتبر صناعة الجبن أساسا وسيلة لحفظ مكونات اللبن لفترات متباينة حيث يتم تحويل اللبن، مادة سريعة الفساد (a_w مرتفع ، pH قريب من التعادل) الى جبن يتميز بقوة حفظ أفضل (a_w و pH منخفض). فى بداية صناعة الجبن يكون a_w حوالى ٠,٩٩ . حيث يأخذ فى الأنخفاض طبقا لطريقة الصناعة وفترة تسوية الجبن التى تختلف طبقا لنوع الجبن . لذلك فإن a_w فى الناتج النهائى يلعب دورا هاما فى تحديد قوة حفظه . والجبن الطرية والنصف طرية تتميز بقوة حفظ قصيرة نسبيا (٢-١٢ أسبوع) حيث تكون a_w مرتفعة وتتراوح بين ٠,٩٦-٠,٩٩ (a_w فى جبن الكممبير ٠,٩٨ ومدة الحفظ لا تتجاوز ٨-١٢ أسبوع ، جبن الكوارج ، Cottage حيث تكون a_w ٠,٩٩ ومدة الحفظ فى حدود أسبوعين). الجبن شديدة الجفاف مثل البرمسان تتميز بقوة حفظ طويلة تصل الى أكثر من سنتين حيث تكون a_w منخفضة نسبيا (٠,٩). الجبن المرتفعة فى a_w تكون سريعة الفساد

بدرجة ملحوظة وقد تسبب بعض حالات التسمم الغذائى ومن الضرورى حفظها تحت درجات حرارة منخفضة حتى الأستهلاك . وعموما لا تستطيع الميكروبات أن تنمو فى الأغذية التى تقل فيها قيم a_w عن ٠,٦ ، لذلك فإن حدوث أى تغيرات غير مرغوبة (تؤدى الى فساد وعدم الصلاحية للأستهلاك) فى هذه الأغذية لا ترجع الى نشاط ميكروبيولوجى ولكن ترجع بصفة أساسية الى آفات حشرية أو تفاعلات كيماوية مثل الأكسدة .

الأساس فى صناعة الجبن الطرية والنصف طرية تتضمن أنخفاض pH والنشاط المائى a_w من خلال تخمر حمض اللاكتيك الذى يتبعه طرد الشرش وتمليح الخثرة . يتم تجبن اللبن بواسطة التجبن الأنزيمى بأستخدام أنزيم بروتينيز مناسب (قد يكون منفحة حيوانية أو ميكروبية) مع أنتاج حمض لاكتيك بواسطة بكتريا البادئ . زيادة الحموضة خلال مراحل التصنيع مثل تسوية اللبن ، التجبن ، تصفية الخثرة ثم تسوية الجبن على جانب كبير من الأهمية فى تحديد a_w وقوة حفظ وسلامة الجبن .

يعتبر النشاط المائى (a_w) حاليا من أهم التطورات فى مجال علوم الأغذية والألبان فى خلال ٥٠ سنة الأخيرة حيث يتم حاليا دراسة تأثير a_w على التغيرات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية التى تحدث فى الأغذية على أسس علمية . وتعتبر a_w حاليا بعد درجة الحرارة من أهم العوامل فى تكنولوجيا الأغذية والألبان . وتلعب a_w دورا مركزيا فى الجبن كما يتضح من المخطط التالى حيث يؤثر على جودة وقوة حفظ وسلامة الناتج النهائى من الجبن .



٢- النشاط المائى وعلاقته بنمو الميكروبات

جميع أنواع الميكروبات لا تستطيع أن تنمو فى عدم توفر الماء . تختلف كمية الماء المطلوبة لنمو الميكروبات والتى يعبر عنها بالماء المتاح available water أو النشاط المائى

water activity (a_w) . وهناك عدة طرق قد تؤثر على عدم إتاحة الماء لنشاط الميكروبات:
١- المواد الذائبة والأيونات ترتبط بالماء لذلك فإن أى زيادة فى تركيز المواد الذائبة مثل السكريات والأملاح يؤدى الى تقليل الماء المتاح. هذا بالإضافة الى أن الماء يميل الى التسرب من الخلايا الميكروبية بفعل الأسموزية نظرا لأرتفاع تركيز المواد الذائبة خارج الخلايا عنها داخل الخلايا .
٢- الغرويات المحبة للماء hydrophilic (الجل) يجعل الماء غير متاح . وجود كميات ضئيلة من السكر (حوالى ٣-٤٪) فى البيئة قد تمنع نمو البكتريا نتيجة لأنخفاض كمية الماء المتاح عن الحد المطلوب لنمو هذه البكتريا .
٣- ماء البللورة crystallization أو التشرب hydration عادة يكون غير متاح للميكروبات . الماء نفسه عندما يتحول الى بللورات ثلجية لا يمكن استخدامه بواسطة الميكروبات . a_w لمخلوط الماء والثلج ينخفض بأنخفاض درجة الحرارة إلى أقل من الصفر المئوى . قيم a_w للماء النقى ١,٠ عند الصفر المئوى ، ٠,٩٥٣ عند-٥°م ، ٠,٩٠٧ عند-١٠°م ، ٠,٨٤٦ عند-١٥°م ، ٠,٨٢٣ عند -٢٠°وهكذا . عندما يتكون بللورات ثلجية فى الغذاء فإن تركيز المواد الذائبة فى الماء غير المتجمد يرتفع ويؤدى الى خفض a_w .

يتوقف الأنخفاض فى a_w بواسطة المواد الذائبة بصفة أساسية على التركيز الكلى للجزئيات والأيونات الذائبة ، كل من هذه الجزئيات والأيونات محاطة بجزئيات من الماء مرتبطة بدرجات مختلفة من القوة . لذلك فإن درجة تجمد المحلول تنخفض وكذلك الضغط البخارى مقارنة بالماء النقى . فى هذه الحالة فإن الميكروبات يجب أن تتنافس مع هذه الجزئيات والأيونات على جزئيات الماء المتاح حتى يمكن أن تنمو .

aw عبارة عن النسبة بين الضغط البخارى vapor pressure للمحلول (المواد الذائبة فى رطوبة الجبن) والضغط البخارى للمذيب (عادة الماء) عند نفس درجة الحرارة .

$$\frac{\text{الضغط البخارى للمحلول (P)}}{\text{الضغط البخارى للماء النقى (Po)}} = a_w$$

وقيمة a_w للماء النقى ١,٠ ولمحلول بتركيز ١ مول ٠,٩٨٢٣ والـ a_w(x ١٠٠) تكون فى حالة أتزان مع الرطوبة النسبية relative humidity (RH) للهواء الجوى المحيط بالجبن أى أن الرطوبة النسبية عند الأتزان :

equilibrium relative humidity (ERH) = a_w x ١٠٠ أو $a_w = ERH/100$

الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بالغذاء (الجبن) تعادل قيم a_w أقل من الموجوده فى الغذاء والتى قد تسبب جفاف سطح الغذاء ، وعلى العكس من ذلك فإذا كانت الرطوبة النسبية

أعلا من قيم a_w المقابله فإن ذلك يؤدى الى زيادة a_w عند سطح هذه الأغذية .

الأنخفاض فى الضغط البخارى لأى مذيب مثالى يتبع قانون Raoult's law : الضغط البخارى للمحلول بالنسبة للمذيب النقى يعادل التركيز المولى للمذيب أى أن :

$$P/P_o = n_2 / n_1 + n_2$$

حيث أن P ، P_o = الضغط البخارى لكل من المحلول والمذيب على التوالى

n_1 ، n_2 = تركيز المواد الذائبة والمذيب بالمول على التوالى .

بالرغم من أن a_w تختلف بأختلاف درجة الحرارة إلا أن التباين يكون ضئيل جدا فى نطاق درجات الحرارة التى تسمح بنمو الميكروبات . وعلى أى حال فإن زيادة تركيز المواد الذائبة يجعل الأختلاف فى درجة الحرارة يصبح أكثر أهمية بالنسبة للـ a_w نظرا لزيادة التأين بأرتفاع درجة الحرارة .

لكل ميكروب قيم مثلى ودنيا وقصوى من a_w للنمو . عندما ينخفض a_w الى أقل من الدرجة المثلى فإنه يحدث أطالة لمرحلة النمو اللاحى lag phase وبالتالى أنخفاض فى كل من معدل النمو وبناء مواد الخلايا . تختلف معدل هذه التغيرات بإختلاف الميكروب والمواد الذائبة المستخدمة فى خفض a_w . تتضمن طرق قياس أو تقدير قيم a_w فى الأغذية: تقديرات نقطة التجمد ، أستخدام المانومترات وكذلك معدات كهربائية . تقدير نقطة التجمد تكون ذات جدوى فقط فى حالة الأغذية السائلة ذات a_w مرتفعة وتستخدم بصفة روتينية فى برامج مراقبة الجودة فى صناعة الألبان للكشف عن غش الألبان بإضافة الماء ويمكن تطبيقها فى مراقبة جودة الجبن . تستخدم طرق المانومترات لقياس الضغط البخارى مباشرة فى الحيز البخارى vapor space المحيط بالغذاء وهى طريقة دقيقة . يستخدم معدات كهربائية لقياس a_w بطريقة غير مباشرة حيث تستخدم حساس sensor الذى يقيس الرطوبة النسبية فى الحيز البخارى المحيط بالغذاء على أساس المقاومة الكهربائية electrical resistance . عادة يوضع الغذاء فى وعاء خاص ويترك حتى يحدث اتزان بين الماء فى الغذاء والحيز البخارى المحيط به وتصل عادة حالة الأتزان فى خلال ساعة أو عدة ساعات. وعادة تستخدم جداول قياسية لتحويل المقاومة الكهربائية الى قيم a_w أو نسبة مئوية للرطوبة النسبية .

معظم الميكروبات تنمو بصورة جيدة فى البيئات التى تقترب فيها a_w من ١,٠ (من ٠,٩٩٥-٠,٩٩٨) أى أن الميكروبات تنمو بدرجة أفضل فى التركيزات المنخفضة من السكر أو الملح بالرغم من أن هناك أستثناءات واضحة فى هذا الشأن . بيئات المزارع لمعظم البكتريا تحتوى على سكر بنسبة لا تزيد عن ١٪ ، ٠,٨٥٪ NaCl (محلول ملحى

فسيولوجى) . وجود السكر بتركيز ٣-٤٪ ، NaCl بتركيز ١-٢٪ قد يثبط نمو بعض البكتريا . تختلف درجة a_w المثلى والحد الأدنى للنمو بأختلاف البكتريا وكذلك نوع الغذاء ، درجة الحرارة ، pH ، وجود الأكسجين ، CO_2 والمواد المثبطة . عموما فإن البكتريا تحتاج الى رطوبة أعلا من الخمائر ، الخمائر تحتاج رطوبة أعلا من الفطريات كما يتضح من جدول (١-١٠) الذى يبين الحدود الدنيا للـ a_w للبكتريا ، الخمائر والفطريات. توجد بعض الأستثناءات فى هذا المجال حيث توجد بعض الفطريات تحتاج الى a_w أعلا للنمو (وأنبات الجراثيم) عما يحتاجه كثير من الخمائر وبعض البكتريا . الميكروبات التى تستطيع أن تنمو فى وجود تركيزات مرتفعة من المواد الذائبة (مثل السكر والملح) يكون a_w لها منخفضة . تحتاج البكتريا المحبة للملوحة halophilic bacteria الى حد أدنى من تركيزات NaCl لكى تنمو ، الخمائر المحبة للتركيزات المرتفعة من السكر osmophilic yeasts تنمو بدرجة أفضل فى وجود تركيزات مرتفعة من السكر .

جدول ١-١٠ : الحد الأدنى لقيم a_w التى تسمح بنمو نشط للميكروبات

الميكروبات	الحد الأدنى للقيم a_w
البكتريا السالبة لـجرام	٠,٩٧
البكتريا الموجبة لجـرام	٠,٩٠
الخمائـر	٠,٨٨
الفطريات	٠,٨٠
البكتريا المحبة للملوحة Halophilic bacteria	٠,٧٥
الفطريات التى تنمو على الأغذية الجافة Xerophilic fungi	٠,٦٥
الخمائر المحبة للتركيزات المرتفعة من السكر Osmophilic yeasts	٠,٦٠

٣- تقدير النشاط المائى فى الجبن

الجبن ليس نظام ثابت حيث أن كمية الماء (المذيب) التى توجد فى الجبن تتناقص بصفة مستمرة نتيجة البخر evaporation مع أنتاج مواد ذائبة جديدة منخفضة الوزن الجزئى بصورة تدريجية من العمليات البيوكيماوية التى تحدث فى الجبن خلال التسوية . هذه التغيرات المستمرة فى كل من المواد الذائبة فى الماء وتفاعلات الأيونات الصغيرة فى الماء ونتيجة لفقد الماء فإن النسبة بين الماء والجوامد غير الذائبة تنخفض وبالتالى تسرع من التفاعلات الداخلية بين الكازين والماء والتى بدورها تقلل من النسبة بين الماء غير المرتبط والماء المرتبط غير المشترك فى الذوبان . تأثر هذين العاملين (تغير الرطوبة وتكوين المواد

الذائبة) يكون ضئيل فى الجبن الطازجة ومع ذلك فعندما تسوى هذه الجبن فإن التأثير المشترك للتجفيف والتحلل الكيماوى يصبح على جانب كبير من الأهمية .

تتراوح a_w فى الجبن عادة من ٠,٧-١,٠ بالرغم من أن معظم الأنواع يكون فيها a_w أعلا من ٠,٩ ويجب أن يؤخذ ذلك فى الأعتبار عند أختيار الطريقة لتقدير a_w فى الجبن وكذلك زيادة نشاط الميكروبات فى بعض أنواع وأنفراد بعض المركبات الطيارة على مراحل والتى قد تتداخل مع تقدير a_w بواسطة بعض الطرق . تتضمن طرق قياس أو تقدير a_w فى الأغذية بالإضافة إلى الطرق السابق الإشارة اليها طريقة وزنيه تعتمد على التغيرات فى محتوى الرطوبة للعينة بعد الوصول الى حالة أتزان مع الجو المحيط بالعينه معروف الرطوبة النسبيه ، فإذا كانت a_w للعينة أقل من الرطوبة النسبية فى الجو المحيط فإن وزن العينة يزيد إذا كان a_w أعلا فإن وزن العينة ينخفض . بأجراء وزن العينه فى نطاق مختلف من الرطوبة النسبية فإنه من الممكن تحديد الرطوبة النسبية التى لا تسبب تغيير فى وزن العينة وبالتالى حساب a_w للعينة من المعادلة التالية : $a_w = ERH/100$

استخدام طرق التجميد فى قياس a_w فى الجبن يمكن تطبيقها فى مراقبة جودة صناعة الجبن وتعتمد هذه الطريقة على العلاقة بين a_w عند ٢٠°م للجبن التى يكون فيها a_w ٠,٩ أو أعلا ونقطة تجمد المستخلصات المائية لهذه الجبن . وتتلخص طريقة الأعداد فيما يلى :

جزء واحد بالوزن من الجبن يخلط مع ٣ أجزاء بالحجم من ماء مقطر ويعرض المخلوط للطرد المركزى عند سرعة ١٣٢٥ (g) لمدة ٥ دقائق ثم تترك أنابيب الطرد المركزى ساكنة فى حمام ثلجى ice bath حتى تتجمد الطبقة الدهنية المتكونة على السطح . عند هذه النقطة يتم التقدير نقطة تجمد (f.p.) الوسط المائى الموجود فى الوسط (أسفل طبقة الدهن) وتحسب a_w لعينة الجبن الأصلية من نقطة تجمد (بالدرجات المئوية) لمستخلص الجبن من المعادلة التالية : $a_w = 1.0155 + 0.1068\ f.p.$

وعند استخدامها للجبن الطرى فإن هذه الطريقة تعطى نتائج مماثلة للطرق الأخرى . وهناك طريقة أخرى تعتمد على نقطة التجمد يمكن أستخدامها للجبن المطبوخة فقط حيث تستخدم فى الأتحاد السوفيتى (سابقا) معتمدة على المعادلة التالية :

$$\log a_w = - 0.004221 - 0.000002\ \Delta t^2$$

حيث أن Δt عبارة عن الأنخفاض فى نقطة تجمد الجبن المطبوخة المسالة (الذى تم تسيحها) عند ٧٠°م ثم حفظت عند ١٠-١٢°م لمدة ٢٤ ساعة .

هناك طرق أخرى لحساب a_w بطريقة مباشرة بأستخدام معادلات خاصة تعتمد على التركيب الكيماوى للجبن . بعض هذه المعادلات يمكن تطبيقها على النتائج المتوفرة من

البحوث السابق إجرائها أو من جداول التركيب الكيماوى للأغذية للحصول على تقدير تقريبى للـ a_w لأنواع مختلفة من الجبن . وفيما يلى بعض المعادلات المختارة لحساب a_w لأنواع مختلفة من الجبن على النحو التالى:

١ – الجبن غير المسواه unripened cheese

$$a_w = 0.9719 - 0.0044\ (NaCl) + 0.0041\ pH$$

٢ – الجبن المسواه بالبكتريا bacterial ripened cheese

$$a_w = 1.0234 - 0.0070\ (Ash)$$

٣ – الجبن المسواه بالفطر mold ripened cheese

$$a_w = 1.0058 - 0.0045\ (Ash) - 0.0107\ (NPN)$$

أ – الجبن الطرية soft cheese

$$a_w = 0.9960 - 0.0029\ (Ash) - 0.0106\ (NPN)$$

ب – جبن معرقة بالفطر blue cheese

$$a_w = 0.9808 - 0.0058\ (Ash).$$

٤ – جبن مطبوخة processed cheese

$$a_w = 0.9951 - 0.0032\ (Ash)$$

٥ – جميع أنواع الجبن ذات a_w أعلا من ٠,٩

$$a_w = 0.9450 - 0.0059(NaCl) - 0.0056(NPN) - 0.0019\ [(Ash)-(NaCl)] + 0.0105\ pH$$

حيث أن NPN النتروجين غير البروتينى (النتروجين الذائب فى ١٢٪ TCA) و جميع مكونات الجبن الكيماوية يعبر عنها بالجرام / ١٠٠ جرام رطوبة .

ويمكن تقدير a_w فى الجبن الطازج بواسطة محلول مركز من NaCl ، حيث ترتبط تركيز المحاليل الملحية بالمول (m) بالنشاط المائى ، من خلال هذه العلاقة :

$$a_w = 1 - 0.033\ [NaCl_m]$$

لحساب الحد الأعلى لـ a_w للجبن غير المسواه بدقة عالية بشرط أن يكون تركيز محلول NaCl لا يزيد عن ١,٢ مول . قيم a_w الحقيقة دائما تكون أقل ويرجع ذلك الى وجود مواد ذائبة أخرى .

ولتبسيط ذلك فإن المعادلة تصبح على النحو التالى :

$$a_w = 1 - 0.00565\ [NaCl]$$

التى تستخدم للخثرة المملحة salted curd والجبن الطازجة (حديثة العمر) والتى يكون فيها تركيز الملح فى الرطوبة salt-in-moisture أقل من ٧ جرام / ١٠٠ جرام ماء .

وقد وجد أن a_w لنوع من الجبن المسواه بالبكتريا ترتبط مباشرة بمحتواها من الرطوبة من خلال المعادلة التالية :

$$a_w = 0.7662 + 0.0046 \text{ (g } H_2O/100 \text{ g cheese)}$$

ولكن أيضا تكون أكثر أرتباطا (عكسيا) بمحتوى الرماد فى الرطوبة . وقد وجد أن هذه المعادلة يمكن استخدامها لعديد من أنواع الجبن المسواه بالبكتريا . ومع ذلك لم تختبر لبعض أنواع من الجبن الرئيسية مثل التشدر والأنواع الهولندية والسويسرية والإيطالية . حيث أن ثوابت الانحدار regression constant تختلف كنتيجة لبعض الصفات المميزة للجبن (التمليح ، الحجم والشكل ، التغليف أو التشميع ، السمط ، تخمر حمض البروبيونيك ، تحلل الدهن بواسطة أنزيم الليبيز المضاف). وقد أقترحت المعادلة التالية لتقدير a_w فى الجبن المسواه بالفطر :

$$a_w = 1.0076 - 0.0079 \text{ (Ash)}$$

محتوى NPN فى الجبن يؤثر أيضا على a_w لهذه الجبن ولكن فى البحث عن الأرتباطات بين a_w وكمية الرماد فى الرطوبة لجاميع الجبن التى يحدث بها تحلل البروتين بدرجات مختلفة ولكن متماثلة فى خلال كل مجموعة (أى الجبن التى تسوى بالبكتريا أو الفطر). محتوى NPN ، أقل فى الجبن المسواه بالبكتريا عن الجبن المسواه بالفطر ، قد يؤثر (بدرجة تتناسب مع محتوى الجبن من NPN) على أنخفاض a_w فى جميع الجبن فى كل مجموعة ولذلك فإنه لا يؤثر بدرجة محسوسة على الأرتباطات مع محتوى الرماد فى كل مجموعة .

يمكن تقدير a_w للجبن المسواه بالفطر الأبيض ليس فقط من المعادلة (٣أ) السابقة ولكن أيضا من العلاقات الأخرى التى تكونت بواسطة الارتباطات البسيطة :

$$a_w = 0.9769 - 0.0019 \text{ (Ash)}$$

$$a_w = 0.9793 - 0.0101 \text{ (NPN)}$$

a_w للجبن المعرقة بالفطر يمكن تقديرها من المعادلة (٣ ب) :

$$a_w = 1.0013 - 0.0051 \text{ (Ash)} - 0.0056 \text{ (SN)}$$

حيث أن SN تعنى محتوى الجبن من النتروجين الذائب عند pH ٤,٦ . المعادلة (٥) يمكن استخدامها فى جميع أنواع الجبن والتى تكون فيها a_w أعلى من ٠,٩ وهى ذات قيمة علمية أكثر من قيمتها العملية وبالرغم من أنها تعطى نظرة شاملة للعوامل الكيماوية الرئيسية الأربعة والعامل الطبيعى الرئيسى الذى يؤثر على النشاط المائى فى الجبن فإن الأمر يتطلب الحصول على بعض النتائج التى يمكن استخلاصها بسهولة من نتائج البحوث

السابقة (جداول التركيب الكيماوى) ولذلك فإنه يجب تقديرها معمليا بطرق أكثر تعقيدا عن الطرق المستخدمة فى قياس a_w وعلى أية حال فأنه قد تم إستخدامها بنجاح لمئات من عينات الجبن لعديد من الأنواع ولكن لا يمكن إستخدامها لبعض أنواع من الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese (a_w أقل من ٠,٩) كما تكون النتائج مبالغ فيها لقيم a_w للجبن المسواه سطحيا بالفطر .

٤- النشاط المائى فى الجبن

تعتبر صناعة الجبن بصفة أساسية وسيلة لحفظ مكونات اللبن لمدة قصيرة أو متوسطة مع وجود صفات أساسية مثل إنخفاض pH والنشاط المائى (a_w) . يعتبر اللبن مادة سريعة الفساد نظرا لأرتفاع a_w حيث يصل الى ٠,٩٩٥ ويتراوح pH من ٦,٥-٦,٧ بينما الجبن يكون أكثر ثباتا فى التخزين لفترة أطول أى ذات مدة حفظ أطول حيث يكون أقل عرضة للفساد نظرا لإنخفاض pH ، a_w . خلال المراحل الأولى فى صناعة الجبن يكون a_w حوالى ٠,٩٩ حيث يأخذ فى الإنخفاض طبقا لعمليات التصنيع المستخدمة فى كل نوع من الجبن . عموما فإن الجبن الأكثر جفافا (أعلا فى المواد الصلبة اللادهنية MFFC) تكون أقل فى قيم a_w على عكس الجبن الأكثر طرواة (أقل فى MFFC) تكون أعلا فى قيم a_w . ويعتبر قيم a_w على درجة كبيرة من الأهمية عند الأخذ فى الاعتبار صفات التسوية وقوة حفظ ومدة تخزين أنواع الجبن المختلفة بعد ذلك . بعد التمليح والتسوية بصفة عامة فإن قيم a_w تكون أقل من القيم المثلى اللازمة لنمو بكتريا البادئات وبالتالى فإن a_w تنظم أو تحد من نشاط ونمو الميكروبات خلال فترة التسوية ومدة الحفظ المتوقعة للجبن . لذلك فإن جبن مثل البرمسان التى تكون a_w فيها منخفضة نسبيا (٠,٩٠) تسوى ببطء ويكون pH فيها مرتفع نسبيا ومدة الحفظ تزيد عن سنتين .

فى الجبن الطرية مثل الكوارج Quarg أو Cottage حيث تكون قيم a_w مرتفعة (٠,٩٩) وبالتالى فإن نشاط بكتريا البادىء يكون عاليا بدرجة كبيرة مما يؤدى الى خفض pH بدرجة ملحوظة مع فترة حفظ قصيرة فى حدود أسبوعين . جبن الكممبير حيث تكون قيم a_w ٠,٩٨ و pH فى البداية فى حدود ٤,٦ يتم تسويتها فى فترة قصيرة نسبيا (٤-٨ أسابيع) وتكون أقصى فترة حفظ لها ٨-١٢ أسبوع . تتراوح قيم a_w فى الجبن الطرية والنصف طرية بصفة عامة من ٠,٩٦-٠,٩٩ ، pH من ٤,٣-٥,٠ ومدة حفظ تتراوح من ٢-١٢ أسبوع تحت درجات حرارة التبريد . لذلك ينظر الى هذه المنتجات على أن مدة حفظها قصيرة وتحتاج الى نظام تبريد يبدأ من الصناعة حتى الأستهلاك .

تتراوح a_w فى الجبن عادة بين ٠,٧ - ١,٠ بالرغم من أن معظم الأنواع يكون فيها a_w أعلا من ٠,٩ (جدول ٢-١٠) ويرجع هذا الأختلاف ، بالإضافة الى نوع الجبن من حيث محتوى الرطوبة ، إلى الأختلاف فى النشاط الأيضى metabolism للميكروبات فى أنواع الجبن المختلفة وأنفراد المكونات الطيارة على مراحل والتى قد تتداخل مع تقدير a_w بواسطة بعض الطرق .

جدول ٢-١٠ : النشاط المائى (a_w) فى بعض أنواع من الجبن

الجبن	a_w
الكوارج ، Cottage	٠,٩٩
مطبوخة	٠,٩٨
الكممبير والبراى والأمينتال	٠,٩٧
الأيدام والتليست	٠,٩٦
التشدر ، الجودا ، الجرويير والجروجونزلا	٠,٩٥
الموزاريلا ، رومانو وستليتون	٠,٩٤
البرمسان	٠,٩٢
البرفلونو والركفور	٠,٩١
الجمالوست	٠,٩٠

النظام البيئى فى الجبن ليس ثابتا نتيجة للتغيرات التى تطرأ على محتوى الجبن من الماء والصفات الطبيعية والكيماوية والبيولوجية نتيجة لنشاط الميكروبات الموجودة فى الجبن مما ينتج عنه فقد فى الرطوبة وزيادة فى المواد الذائبة ، مثل هذه التغيرات تقلل من النسبة بين الماء الحر والماء المرتبط فى الجبن وتساهم فى أنخفاض a_w فى الجبن خلال فترة التسوية. وكما لوحظ سابقا فإن هذه التغيرات تنتج من كل من الفقد فى الماء (المذيب) من خلال التجفيف الطبيعى physical dehydration ومن تكوين أنواع جديدة من المواد الذائبة المنخفضة الوزن الجزئيى من خلال تحلل المكونات الأصلية . وفى حالة تسوية الجبن فالمكونات الكبيرة الحجم (مثل البروتينات والدهن والسكريات العديدة) التى يحدث لها تحليل مائى مثل الكربوهيدريت glycolysis ، البروتين proteolysis والدهن lipolysis تتأثر بالعوامل البيوكيماوية والميكروبيولوجية .

٤-١- النشاط المائى فى الخثرة المملحة

يمكن النظر الى الجبن المملحة بطريقة مبسطة كنظام طبيعى - كيماوى يتكون من نسيج (شبكه) بنائى structural matrix للمكونات ذات الأوزان الجزئية الكبيرة والقطبية يمتلأ جزئيا بالجليسريدات الثلاثية غير المحبة للماء hydrophobic وجزئيا بالماء والذى بدوره يحتوى على المواد الذائبة المنخفضة الوزن الجزيئى . وبعض من الماء (حوالى ١٠٪) يكون مرتبط بالباراكازينات المرتفعة الوزن الجزئى كماء غير مذيب non-solvent (ماء مرتبط) بينما باقى الماء ، الموجود على حالة حرة محتجز طبيعيا فى فراغات الشبكة ، يحفظ قدرته على الإذابة ولكن يكون الضغط البخارى له أقل من الماء النقى (a_w) نظرا لوجود NaCl المضاف عند التمليح وبقايا اللاكتوز وأملاح اللبن (من الشرش) .

ونظريا إذا كانت التفاعلات بين البروتينات والماء والأيونات الصغيرة التى تحدث فى خثرة الجبن لا تؤثر بدرجة كبيرة على الضغط البخارى للوسط المائى الحر فإن قيم a_w القصوى فى أى جزء فى الخثرة المملحة يمكن حسابها بدقة كبيرة من المعادلات السابق ذكرها والتى تربط التركيز المولى للمحاليل الملحية بالنشاط المائى (a_w) لهذه المحاليل . وفى خلال المراحل الأولى من التمليح فإن a_w للخثرة المملحة أو الجبن الطازجة قد تكون ثابتة كنتيجة للتغيرات المستمرة الناتجة من أنتشار الماء فى البداية متجهاً إلى الخارج وتحلل الكربوهيدريت glycolysis أو نتيجة أنتشار الملح/الرطوبة لمعادلة أختلاف التركيز . وقيم a_w المذكورة للجبن الطازجة هى فى الحقيقة متوسط قيم متحصل عليها من عينات ممثلة ومتجانسة للناتج متحصل عليها عند وقت معين بعد الصناعة أو عند وقت غير معلوم خلال فترة حفظه تحت الظروف التجارية .

ومن الناحية العملية فإن تفاعلات البروتينات مع الماء والأيونات يجب أن تلغى تأثير كل منهما تقريباً عندما تكون a_w فى الجبن الطازجة والمحتوية على نسبة رطوبة أعلا من ٤٠٪ محسوبة من تركيز NaCl فى الرطوبة الكلية التى تكون أعلا قليلاً من قيم a_w المقدرة فى عينات الجبن . وقيم a_w الحقيقية فى الجبن الطازجة أقل لحد ما من القيم المقدرة حسابياً (NaCl فى رطوبة الجبن) ، وغالباً ما تكون نتيجة إنخفاض أضافى لضغط بخار الماء ناتج من المواد الذائبة المنخفضة الوزن الجزئيى غير NaCl (مثل اللاكتوز والأملاح فى الشرش المتبقى) .

لذلك فإن التمليح هو أهم المعاملات التى تؤثر فى الأنخفاض الأولى للضغط البخارى للماء فى خثرة الجبن .

٤-٢- دور فقد الماء فى أنخفاض a_w

من المعروف أن صناعة الجبن أساساً عبارة عن عملية تجفيف والتى قد تستمر خلال فترة طويلة من التسوية قد تصل إلى أكثر من سنة . فإذا كان اللبن يتم تركيزه إلى ٤ أضعاف فإن a_w فى البداية تقريباً ٠,٩٩٥ تنخفض إلى حوالى ٠,٩٩٠ والتى تعادل اضافة ٢٥ جرام من NaCl لكل لتر من اللبن. التجفيف يؤثر على الجبن المملحة بدرجة أكثر وضوحاً بالنسبة لأنخفاض a_w لذلك فإن جزء من الرطوبة الكلية تكون مرتبطة بالكازين (ماء مرتبط) لدرجة أن فقد الماء الحر نتيجة التبخير بمفرده يزيد من نسبة الماء المرتبط بالنسبة للرطوبة المتبقية الكلية كما أن تركيز المواد الذائبة فى الماء الحر سوف يكون أكبر بكثير عن المتوقع من النسبه بين المواد الذائبة / الرطوبة الكلية .

تأثير التجفيف على النشاط المائى فى الجبن يمكن تقييمه من معامل الأرتباط بين a_w والرطوبة الكلية فى الجبن أو تركيز المحلول المائى (بالجرام /١٠٠ جرام رطوبة) لبعض المكونات الخاملة inert والتى تؤخذ كمقياس . لذلك فإن نتائج ٢٠ عينة من دفعتين لنوع من جبن مسواه بالبكتريا تعطى علاقة مستقيمة ذات معنوية عالية بين محتواها من الرطوبة تتراوح بين ٢٠ - ٤٦٪ ، a_w من ٠,٩٨ إلى ٠,٨٥ مع معامل أرتباط r = ٠,٩٨ .

معامل الأرتباط بين محتوى الرماد فى الرطوبة (جرام رماد لكل ١٠٠ جرام ماء) والنشاط المائى أعلا (r = ٠,٩٩) من المتوقع لعينات مماثلة فى العدد نظراً لأن محتوى الرماد يعكس أختلاف كمية الملح المضافة فى عمليات التصنيع . كما أن النتائج المتحصل عليها من ٨٢ عينة جبن مختلفة فى قيم a_w فى نطاق ٠,٩٩٤ - ٠,٨٧ أوضحت أن a_w يرتبط بالنتروجين الكلى ومحتوى الرماد ، الذى لم يحدث له تغيرات كمية أثناء التسوية ويعزى إليه الأختلافات فى التمليح على التوالى ، مع معامل أرتباط من -٠,٨ ، - ٠,٩ على التوالى أى أعلا من الناتج من أى مكون آخر أو معامل أختلاف (NaCl، NPN ، pH) عند التعبير عنه على أساس نسبة الرطوبة . وعموماً فإنه يوجد معامل أرتباط مرتفع فى معظم عينات الجبن لأنواع مختلفة من الجبن بين a_w والجوامد اللادهنية فى الجبن (MFFC) يصل إلى ٠,٩ .

ومن الملاحظات السابقة يمكن القول أن فقد الماء الحر من الجبن نتيجة التمليح (خلال عملية التجفيف وطوال فترة التسوية) يعتبر أهم عملية فردية يرجع اليها الزيادة فى تركيز المواد الذائبة والأنخفاض المصاحب فى a_w فى معظم أنواع الجبن وخاصة فى الجبن الجافة المسواه بالبكتريا لفترة طويلة . ومن الأستثناءات لهذه الملاحظة ،الجبن الطازجة ، التى تغلف بأغشية غير نافذة للرطوبة والأنواع المسواه بالفطر والتى تكون فى حالة أتزان

مع الرطوبة النسبية المرتفعة فى هواء غرف التسوية خلال فترات التسوية .

لذلك فإن تركيز جميع المكونات الكيماوية المتضمنة فى المعادلات المستخدمة فى تقدير a_w يجب أن يعبر عنها على أساس نسبتها فى الرطوبة .

٤-٣- مساهمة تحلل الكربوهيدريت فى أنخفاض a_w فى الجبن الطازج

يعتبر تحلل الكربوهيدريت من أول التغيرات البيوكيماوية التى تساهم فى أنخفاض الضغط البخارى فى الجبن الطازج نتيجة زيادة أعداد الجزئيات والأيونات الذائبة .حامض اللاكتيك الناتج من تخمر اللاكتوز يمثل زيادة فى عدد الجزيئات تصل إلى ٤ أضعاف حيث أن تحلل مول واحد من اللاكتوز يعطى نظرياً ٤ مول من حمض اللاكتيك وبالتالى فإن كفاءته تصل إلى ٤ أضعاف كفاءة اللاكتوز فى خفض الضغط البخارى .

وتحتوى خثرة المنفحة على بعض المكونات غير العضوية ، أساساً فوسفات الكالسيوم الغروية وكميات محسوسة من مغنسيوم جسيمات الكازين وبعض السترات والتى تتحول إلى الحالة الذائبة خلال عملية تخمر الكربوهيدريت وبالتالى تسبب أنخفاضاً أكبر فى a_w .

أنخفاض pH الناتج من حمض اللاكتيك المتكون من تخمر اللاكتوز يؤثر على أتزان فوسفات الكالسيوم بزيادة كمية كل من الكالسيوم الذائب والكالسيوم الأيونى والفوسفات الذائبة على حساب فوسفات الكالسيوم الغروية $Ca_3 (PO_4)_2$. لذلك فإن دور pH يكون أكثر تاثيراً عن دور حمض اللاكتيك .

٤-٤- مساهمة تحلل البروتين فى أنخفاض a_w فى الجبن المسواه بالفطر

بعد الأنخفاض الأولى فى a_w فى خثرة الجبن نتيجة التمليح والفقد التدريجى فى الرطوبة أثناء تسوية كثير من أنواع الجبن والذى يعتبر أكثر أهمية فى أنخفاض a_w ، فإن تحلل البروتين يعتبر أهم التغيرات البيوكيماوية التى تساهم فى انخفاض a_w أثناء تسوية الجبن (وخاصة من خلال نشاط الفطر) نتيجة تكوين مواد ذائبة منخفضة الوزن الجزئيى نتيجة تحلل البروتين التدريجى والمتزايد .

العوامل الرئيسية لتحلل البروتين فى الجبن هى المنفحة ، أنزيمات اللبن وبكتريا البادئ. فى جميع أنواع الجبن فإن α_{s1}-casein هو الهدف الرئيسى لتحلل البروتين بواسطة بقايا المنفحة ، التى تنتج ببتيدات عديدة polypeptide كناتج رئيسى من هذا التحلل ذائب فى الماء . والبلازمين ، أنزيم البروتينيز الرئيسى فى اللبن ، يحلل β-casein منتجاً أيضاً نواتج عديدة ذائبة من ببتيدات وبروتيوز ببتون. جميع هذه النواتج الرئيسية من تحلل

البروتين والناتجة بفعل المنفحة والبلازمين من α_{s1}.caseins ، -β على الترتيب تكون ببتيدات عديدة مرتفعة الوزن الجزئيى نسبياً (نيتروجين ذائب SN عند pH ٤,٦) التى يكون لها تأثير ضئيل على a_w والذى يتضح من عدم وجود أرتباط معنوى .

من ناحية أخرى بالرغم من أن بكتريا حمض اللاكتيك المستخدمة كبادئات فى الجبن تكون قدرتها على تحلل البروتين ضعيفة وتحتوى على أنواع من أنزيمات البروتينيز والببتديز والتى فى مجموعها تكون قادرة على تحلل β-casein أساساً وكذلك الببتيدات العديدة الكبيرة والمتوسطة ، إلى ببتيدات أصغر وأحماض أمينية حرة لذلك تكون مسئولة بصفة رئيسية عن تكوين NPN (نيتروجين ذائب SN فى ١٢٪ TCA) والذى بدوره يكون له تأثير قوى على a_w . كمية المكونات النيتروجينية الذائبة (فى صورة ببتيدات ذات أوزان جزئية مختلفة وأحماض أمينية) الناتجة من جبن الجودا المصنوعة تحت ظروف معقمة نتيجة الفعل المشترك أو المنفرد للمنفحة ، بروتينيز اللبن وبكتريا البادىء قد تم تقديرها .

وفى الجبن المسواه بالفطر يتحلل البروتين إلى درجة أكبر بكثير عن الجبن المسواه بالبكتريا . وفى الجبن المسواه سطحياً بالفطر والجبن المعرقة بالفطر Blue cheese فإن المواد النيتروجينية الذائبة SN تمثل ٣٠ - ٦٠٪ ، ٥٠ - ٧٥٪ من النتروجين الكلى على التوالى . عمق تحلل البروتين يكون أكثر أهمية من درجة تحلل البروتين بالنسبه للـ a_w والناتج من فعل أنزيمات الفطر (أنزيمات البروتينيز الخارجية الحامضية والمتعادلة التى تفرز بواسطة *P. roqueforti, P.camemberti* ، فى Blue cheese ، أنزيمات البروتينيز والببتديز الداخلية الناتجة من تحلل ميسليوم الفطر) التى قد تحول إلى NPN بنسبه تصل إلى ٢٠ - ٤٠٪ من النتروجين الكلى فى الجبن الطرية وحتى ٤٠ - ٧٥٪ من النتروجين الكلى فى الجبن المعرقة بالفطر والتى تمثل فيها الأحماض الأمينية الحرة حوالى ١٠٪ من النتروجين الكلى . لذلك فإن المكونات النتروجينية المنخفضة الوزن الجزئيى تلعب دوراً أكثر أهمية عن عملية التجفيف فى أنخفاض a_w فى الجبن المسواه بالفطر حيث أن الرطوبة تفقد لدرجة محدودة فقط بعد رفع الجبن من غرف التسوية . لذلك فإن محتوى NPN يجب أن يؤخذ فى الأعتبار عند تقدير a_w بدقة أكبر فى الجبن المسواه بالفطر .

٤-٥- مساهمة تحلل الدهن فى أنخفاض a_w فى الجبن أثناء التسوية

العلاقة بين تحلل الدهن أثناء التسوية والأنخفاض فى a_w ما زالت غير واضحة وتسوية معظم الجبن عادة تكون مصحوبة بمستوى منخفض من تحلل الدهن حيث يشمل أقل من ٢٪ من الجليسريدات الثلاثية . ومع ذلك كما فى تحلل البروتين فإن تحلل الدهن فى الجبن المسواه بالفطر يكون بدرجة أكبر وقد يصل إلى ٢٠٪ من الجليسريدات الثلاثية . فى الجبن

المعرقة بالفطر يحدث تحلل الدهن أساساً بفعل أنزيمات الليبيز الناتجة من *P.roqueforti* بالرغم من أن أنزيم ليبيز اللبن الطبيعى قد يساهم أيضاً لدرجة معينة خاصة فى جبن اللبن الخام .

أنواع الجبن الأيطالية الجافة (البرمسان والرومانو) يحدث بها أيضاً تحلل الدهن بدرجة كبيرة أثناء التسوية بواسطة أنزيم الأيستريز المعوية من عجينة المنفحة rennet paste الذى يؤدى إلى انفصال الأحماض الدهنية الذائبة (قصيرة السلسلة) من الجليسريدات الثلاثية لينتج كميات كبيرة نسبياً من حمض البيوتريك وبالرغم من أن a_w يؤثر على تحلل الدهن فى جبن الرومانو فإن محتوى الأحماض الدهنية الحرة (FFA) تزيد مع a_w . ومن غير المؤكد أن العكس صحيح ، أى أن المستويات المرتفعة من الأحماض الدهنية الحرة قصيرة السلسلة تخفض a_w بدرجة كبيرة .

وبدون شك فإن الأحماض الدهنية الحرة والجليسريدات الأحادية والثنائية الناتجة من تحلل اللبيبدات ، تتفاعل بطرق مختلفة مع جزيئات الماء وبالتالى يؤثر على التركيب الطبيعى وصفات الماء ، ومع ذلك فإنه كقاعدة فإن الأهمية العملية لهذه التفاعلات فى أنخفاض الضغط البخارى للماء (a_w) يكون ضئيل جداً يمكن التغاضى عنه بالمقارنة بالأنخفاض الناتج من التجفيف ، التمليح وتحلل البروتين والكربوهيدريت .

ومن ناحية أخرى ، بالرغم من أن الجليسرول له تأثير خافض للـ a_w ويستخدم كمادة مقاومة للرطوبة ، مقاومة للتجميد antifreeze أو مقاومة للتبريد فإن كمية الجليسرول الحر الناتج من التحلل الكلى للروابط الثلاثة فى جزئى الجليسريدات الثلاثية (بأستخدام ليبيز البنكرياس) يجب أن يكون ضئيل جداً ليحدث تأثير يمكن قياسه فى معظم أنواع الجبن .

بالرغم من أن تحلل الدهن من المحتمل أن يكون له تأثير ضئيل على a_w فى كثير من الجبن المسواه بالبكتريا (مثل الجودا ، التشدر ، الجروييز والتى يمثل فيها الأحماض الدهنية الحرة أقل من ٣٪ من الأحماض الدهنية الكلية) وحتى فى الجبن المسواه بالفطر الناتج من فعل الفطريات السطحية (الكممبير ، البراى ٣ - ١٠٪ أحماض دهنية حرة) أو الفطريات الداخلية (مثل الركفور ١٠ - ١٥٪ أحماض دهنية حرة) فإنها تبقى لمعرفة إذا كان تأثير تحلل الدهن على بعض أنواع الجبن المعرقة بالفطر (Cabrales , Danablu ، ١٥ - ٢٠٪ أحماض دهنية حرة) وخاصة على الجبن المضاف إليها ليبيز ، والتى فيها الأحماض الدهنية الحرة تمثل أكثر من ٢٠٪ من الأحماض الدهنية الكلية ، يجب أن تؤخذ فى الأعتبار فى وضع المعادلات للجبن المعرقة بالفطر أو للجبن الإيطالية (مثل البرمسان

والبرفولونو والرمانو) .

تأثير الأحماض الدهنية الحرة الكلية (كدليل على تحلل الدهن) على أنخفاض a_w فى الجبن المعرقة بالفطر المسواه لفترات طويلة ما زال يحتاج إلى دراسة . ومع ذلك فإنه من الأفضل أختيار جبن الرومانو (٣٠ - ٤٥٪ أحماض دهنية حرة) كنموذج نظام model system والذى يتحدد فيه دور تحلل الدهن فى خفض a_w وتكوين عدة علاقات خطية :

$$a_w = a - b\,(Ash) - c(FFA)$$

والتى يمكن أستخدامها للجبن الأيطالية الجافة فى ضوء :

(أ) على عكس الجبن المعرقة بالفطر ، فإن مستوى ونوع تحلل البروتين فى هذه الجبن يكون عادى ومماثل لما هو موجود فى معظم الجبن النصف الجاف والجبن الجافة المسواه بالبكتريا .

(ب) تفقد هذه الجبن رطوبة أكثر عن الجبن المسواه بالفطر وبالتالى تعطى أسس مختلفة بدرجة أكبر للتعبير عن تركيز الأحماض الدهنية الحرة والرماد .

(ج) أرتفاع نشاط الأيستريز فى هذه الجبن يؤدى إلى تحلل الجليسريدات الثلاثية وبالتالى أنفراد أحماض دهنية حرة ذائبة فى الماء قصيرة السلسلة (C_6 - C_{10}) وخاصة حمض اليبوتريك ، بدرجة أكبر عن الأنواع الأخرى من الجبن .

٤-٦- العوامل الرئيسية التى تؤثر على أنخفاض a_w فى الجبن

تلعب العوامل الطبيعية الكيماوية الرئيسية دوراً هاماً فى أنخفاض a_w أثناء تسوية الجبن ، من أهم هذه العوامل والتى تؤثر على a_w فى الجبن :

- محتوى الرطوبة فى جميع أنواع الجبن .
- نسبة الرطوبة الكلية / المواد الصلبة اللادهنية فى الجبن الجافة والشديدة الجفاف.
- محتوى الجبن من NaCl .
- pH فى حالة الجبن الطازجة غير المسواه .
- محتوى الرماد فى جميع أنواع الجبن .
- محتوى النتروجين اللابروتينى (NPN) فى الجبن المسواه بالفطر.
- محتوى الأحماض الدهنية الحرة الكلية أو الأحماض الدهنية الحرة الذائبة فى الماء (C_2-C_{10}) فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese وفى أنواع الجبن الجافة المضاف إليها ليبيز.

٥- تفاعلات a_w مع عوامل أخرى بالنسبة لقوة حفظ وسلامة الجبن

٥-١- العوامل الطبيعية الأساسية

تشمل العوامل الطبيعية الأساسية فيما يتعلق بقوة حفظ الأغذية درجة الحرارة و a_w للبيئات الصلبة والسائلة (والرطوبة النسبية ، $ERH = a_w \times ١٠٠$ للبيئات الغازية) pH ، جهد الأكسدة والأختزال (E_h) . النشاط الميكروبى يمكن أن يحدث فقط فى نطاق من درجات الحرارة حوالى ١٠٠ درجة (يبدأ من مرحلة أنتقال الماء السائل من حوالى - ١٠°م للبكتريا المقاومة للبرودة إلى ٩٠°م) . وبالرغم من أن الميكروبات بصفة عامة تتأقلم على درجة الحرارة للنظام البيئى الطبيعى التى تعيش فيه فإن هناك مدى أكثر تحديداً من درجات الحرارة للمجموعات الميكروبية المختلفة (مثل المحبة للبرودة psychrophilies ، والمقاومة للبرودة psychrotrophs ، المحبة للحرارة المعتدلة mesophiles والمحبة للحرارة المرتفعة thermophiles ، جميع هذه الميكروبات لها درجات حرارة مثلى ودنيا وقصوى والذى يختلف داخل كل جنس ونوع وسلالة .

يعتبر a_w ثانى أهم العوامل الطبيعية الحرجة بالنسبة لميكروبيولوجيا الأغذية . ويتراوح نطاق a_w من صفر إلى ١,٠ ولكن النشاط الميكروبى microbial metabolism يتم عادة عند قيم a_w فى نطاق أعلا من ٠,٦ حيث يكون هناك ماء حر غير مرتبط (مفيد للميكروبات) قريب جداً من الوحدة (أى ٠,٩٩٩) حيث يوجد كميات كافية متاحة من العناصر الغذائية الذائبة . معظم الميكروبات تحتاج إلى أكثر من الماء العادى (أى بعض العناصر الغذائية) لتنمو وتبقى . قيم a_w المثلى والقصوى لمعظم الميكروبات قريبة جداً من الوحدة (البكتريا المرضية وكثير من الميكروبات الأخرى تنمو بدرجة أسرع عند قيم a_w فى نطاق٠,٩٩٥ إلى ٠,٩٨٠) وقيم a_w الدنيا للنمو وإنتاج التوكسين تعتبر من أهم العوامل المرتبطة بتكنولوجيا حفظ الأغذية وحماية الصحة العامة .قيم a_w لمعظم بيئات مزارع البكتريا الشائعة تقع فى نطاق ٠,٩٩٩ إلى ٠,٩٩٠ بالرغم من أن هناك بعض البكتريا extremophilic لها القدرة على النمو فى بعض الأغذية الجافة عند قيم منخفضة من a_w (من البكتريا المحبة للملوحة halophilic ، الخمائر المقاومة للتركيزات المرتفعة من السكر osmotolerant والمحبة للتركيزات المرتفعة من السكر osmophilic ، إلى فطريات xerophilic fungi القادرة على النمو على الأغذية الجافة) والتى تتطلب بيئات نمو خاصة ذات قيم a_w أقل من ٠,٩٨ . البيئات الخاصة المناسبة لمثل هذه الميكروبات تتراوح فيها a_w من ٠,٩ إلى ٠,٧ .

من المعروف أن تركيز أيونات الأيدروجين التى يعبر عنها بمقياس pH يؤثر على حياة وموت الميكروبات ، حدود النمو للميكروبات يختلف فى نطاق واسع من pH (١ - ١١) . وكقاعدة فإن قيم pH القصوى للنمو متماثلة للبكتريا ، الخمائر والفطريات ولكن الخمائر والفطريات تنمو عند pH أقل بكثير عن البكتريا . وبالرغم من النمو الأمثل للبكتريا عادة يكون عند قيم pH قريبة من ٧ ، فإن بكتريا حمض اللاكتيك وغيرها من البكتريا تنمو بدرجة مثلى بين pH ٥,٥ أو أقل و ٦ .

أهمية جهد الأكسدة والأختزال (E_h) بالنسبة للميكروبات غير واضحة تماماً . نطاق E_h للتفاعلات الكيماوية الكهربائية electrochemical يكون فى حدود حوالى ± ٣ فولت ولكن نمو البكتريا يكون فى نطاق E_h ± ٠,٥ فولت . بينما بعض الميكروبات التى تحتوى على نظام واحد لإنتاج الطاقة تكون نشطة فى نطاق ضيق نسبياً من E_h ، البعض الآخر يحتوى على أنظمة بديلة والتى يمكن تنشيطها أو أيقافها بواسطة E_h أو وجود أو غياب الأكسجين ، والميكروبات الهوائية إجبارياً تستخدم الأكسجين كمستقبل طرفى terminal acceptor للألكترون فى التنفس بينما اللاهوائية إجبارياً يمكن أن تنمو فقط عند قيم E_h منخفضة (سالبة) والبعض ينمو فى غياب الأكسجين الجزيئى . ومن ناحية أخرى فإن البكتريا اللاهوائية أختيارياً (مثل *Lactobaillaceae*) يمكن أن تستخدم الأكسجين كمستقبل طرفى terminal acceptor للالكترون ولكن فى غياب الأكسجين يمكن أن تستخدم أيضاً أنواع مختلفة من مستقبلات الألكترون . فى المزارع الميكروبية المختلفة قد تتراوح E_h من حوالى + ٣٠٠ mV للميكروبات الهوائية إلى أقل من -٤٠٠ mV للميكروبات اللاهوائية .

وبالرغم من ان كل عامل قد يؤثر بمفرده على النشاط الميكروبى وقد يكون قاتل عند مستويات غير عادية ، إلا أن جميع هذه العوامل عادة تتفاعل مع بعضها أو بالتبادل فى التأثير على حياة وموت الميكروبات .

٥-٢- التفاعل بين العوامل الطبيعية

نظرياً فإن كل عامل من العوامل الطبيعية الأربعة (E_h , pH , T , a_w) يمكن أن تستخدم تكنولوجيا لأيقاف التفاعلات الكيماوية والأنزيمية إذا وصل واحد منهم إلى الحد المثبط حتى إذا بقيت العوامل الثلاثة الأخرى عند حدودها المثلى . ومع ذلك فإن هذه العوامل بالرغم من وجودها على حالة نشطة إلا أنه يمكن الحصول على نفس التأثير المثبط بأستخدام قيم أقل من الحدود المثلى لعاملين أو أكثر .

يعتبر الجبن والمنتجات المتخمرة مثل السجق النصف جاف تطبيق نموذجى للأستفادة

من التأثير الفعال لـ a_w مع pH فى حفظ الأغذية . التأثير المثبط المشترك لهذين العاملين على مقاومة الميكروبات يكون additive (أى عند أى قيم a_w معينة ينخفض نشاط الميكروبات بإنخفاض pH والعكس صحيح) أو أكثر تعاونى synergistic (أى أن تأثير أنخفاض a_w , pH على مقاومة الميكروبات المسببة للفساد أو المرضية يتحسن بالتبادل) . تتكاثر السالمونيلا *Salmonella* عند a_w = ٠,٩٧١ ، pH = ٥,٨ ومع ذلك فإذا أنخفض pH إلى ٥,٠ فإن قيم a_w الدنيا ترتفع إلى ٠,٩٨٦ أو أعلا كما لوحظ سلوك مماثل لهذا التأثير بالنسبة *Staphylococcus aureus* . وعموماً فإن أنواع الجبن المرتفعة فى a_w و pH تكون أقل ثباتاً عن الأنواع المنخفضة فى هذين العاملين . عادة يكون تأثير pH أكثر فاعلية فى الجبن الطازجة والمعرقة بالفطر بينما تأثير a_w يكون عادة أكثر فاعلية فى الجبن الجافة والشديدة الجفاف وهناك كثير من الأحتمالات المعروفة التأثيرات الثنائية المشتركة والتى سوف يذكر بعض أمثلة لها . حدود درجة الحرارة وpH لمقاومة ونمو البكتريا المرضية الرئيسية فى الجبن قد تم تقديرها (جدول ٣-١٠) ، فإذا كان أى من العاملين عند قيمته المثلى بالرغم من أن العامل الآخر يكون أقل من قيمته المثلى فإن معدل نمو الميكروب المعنى يكون أعلا عما إذا كان كل من العاملين أقل من قيمتهما المثلى . بعض التأثيرات الثنائية مع a_w يكون مرتبط مع درجة الحرارة وإزالة الأكسجين أو أنخفاض E_h (مثل الحد الأدنى a_w لنمو *S.aureus* يكون ٠,٨٦ تحت ظروف هوائية ، ٠,٩ تحت ظروف لا هوائية) بينما *C.botulinum* عند الحد الأمثل a_w ، والذى يكون مرتفعاً جداً ، ينمو جيداً فى نطاق+٦٠ إلى -٤٠٠ mV ولكن عند E_h أقل (-٤٠٠ mV) فإن أنخفاض بسيط فى a_w (٠,٩٨) عند أضافة NaCl يقلل بدرجة كبيرة أحتمال نمو الجراثيم.

ومثال للتأثير المشترك لثلاثة عوامل طبيعية على إمكانية حدوث فساد ميكروبى للأغذية أو تسمم غذائى موضح فى الجدول (٤-١٠) وفيه القيم الدنيا للثلاثة عوامل (T ، a_w ، pH) والتى تسمح بنمو الميكروبات المسببة للأمراض المنقولة عن طريق الغذاء موضح أيضاً فى هذا الجدول، فإذا كان عاملين من هذه العوامل عند قيمتهما المثلى فإن النمو يحدث عند قيم غير عادية للعامل الثالث ولكن نطاق النمو يكون محدود عندما يكون العاملين الآخرين عند قيمتها الأقل من المثلى . عند ٣٧°م فإن نمو *C.botulinum* نوع A يحدث عند a_w ٠,٩٤ ، pH ٧,٠ بينما عند pH ٥,٣ فإن الحد الأدنى لـ a_w يرتفع إلى ٠,٩٩ .

جدول ٣-١٠ : نطاق درجة الحرارة و pH لمقاومة ونمو بعض البكتريا المرضية فى الجبن

مستوى المخاطرة في الجبن	البكتريا المرضية	درجة حرارة (°م) أدنى	درجة حرارة (°م) أقصى	pH أدنى	pH أقصى
مرتفع (High)	*Salmonella paratyphy*	٦,٥	٥٧	٤,٦	١٠,٠
	S.senftenberg	٧,٠	٤٧	٤,٧	١٠,٠
	Listeria monocytogenes	١,٠	٤٥	٤,٨	٩,٦
	Escherichia coil (EEC)	٢,٥	٤٥	٤,٦	٩,٥
متوسط (Medium)	*Yersinia enterocolitica*	١,٠	٤٤	٤,٤	٩,٠
	Mycobacterium tuberculosis	٣٠,٠	٣٨	٦,٣	٧,٨
منخفض (Low)	*Staphylococcus aureus*	٧,٠	٤٨	٤,٠	٩,٨
	Clostridium botulinum (A,B)	١٠,٠	٥٠	٤,٧	٩,٠

٥-٣-التفاعلات الطبيعية ، الكيماوية والميكروبيولوجية فى الجبن

بالإضافة إلى العوامل الطبيعية فإن المواد الكيماوية (المواد الحافظة preservatives) والميكروبيولوجية (الميكروبات المنافسة competitive flora) يجب أيضاً أن تؤخذ فى الأعتبار بالنسبة لقوة حفظ وسلامة الأغذية بصفة عامة وفى الجبن بصفة خاصة .

الأضافات الكيماوية المختلفة الشائعة الأستخدام فى صناعة الجبن (مثل H_2O_2 ، $CaCl_2$ ، NaCl ، حمض السوربيك ، حمض البروبيونيك وغيرها من الأحماض ، النترات nitrate والنيتريت nitrite ...) قد تغير من العوامل الطبيعية (E_h , pH , a_w) من خلال التفاعلات ، بالرغم من أن بعضها أيضاً يحدث تأثيرات معينة على بعض الميكروبات. لهذا فإن H_2O_2 يزيد E_h ويحفظ اللبن الخام ، أضافة Co_2 إلى اللبن الخام والذى يخفض pH اللبن ويحد من نمو البكتريا المقاومة للبرودة psychrotroph كما يؤثر على مزارع البادئات وتكوين العيون فى الجبن بواسطة البكتريا المنتجة للنكهة ، $CaCl_2$ يحسن من قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وأنكماش الخثرة وطرد الشرش منها syneresis ويخفض من a_w ويؤثر أيضاً على نمو بكتريا البادىءوبكتريا من غير البادىء ، ونشاط أنزيمات اللبن الطبيعية ، والأنزيمات المجبنة والميكروبية ، وجميع هذه الأنزيمات بدورها تؤثر على تسوية الجبن والتركيب الكيماوى ، وجودة وقوة حفظ وسلامة الجبن . حمض السوربيك وأملاحه من الكالسيوم ، الصوديوم والبوتاسيوم تكون فعالة جدا فى منع نمو الخمائر والفطريات السطحية وإنتاج التوكسينات الفطرية mycotoxin . السوربات والبروبيونات والمواد الحامضية acidulants (أحماض السوربيك ، الخليك ، اللاكتيك ،الستريك) بالأضافة إلى

خفض pH فأنها 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 bloating of cheese وهذه بعض أمثلة لتفاعلات العوامل الكيماوية والطبيعية والبيولوجية .

جدول ٤-١٠ : القيم الدنيا لثلاثة عوامل طبيعية التى تسمح بنمو بعض البكتريا المرضية فى الجبن.

مستوى المخاطرة فى الجبن	البكتريا المرضية	درجة الحرارة (°م)	a_w	pH
مرتفع (High)	*Salmonella* spp.	٥,٣	٠,٩٤	٤,٠
متوسط (Medium)	*Vibrio parahaemolyticus*	٥,٠	٠,٩٤	٤,٨
	Yersinia enterocolitica	صفر	-	٤,٤
منخفض (Low)	*Staphylococcus aureus*	٦,٧	٠,٨٦	٤,٥
	(toxin production) *Clostridium botulinum*	(١٠,٠)	(٠,٩٠)	-
	(A,B)	١٠,٠	٠,٩٤	٤,٧
	(E)	٣,٠	٠,٩٧	-
	Clostridium perfringens	١٢,٠	٠,٩٣	٥,٠
	Bacillus cereus	٧,٠	٠,٩٥	٤,٣

العوامل البيئية الطبيعية والكيماوية والميكروبية التى تشجع نمو أنواع أو سلالات معينة من البكتريا المختلفة المتواجدة فى الغذاء قد تسبب تأثيرات خاصة من خلال التنافس والتفاعلات المشتركة بين الأنواع المختلفة من البكتريا محدثاً تغيرات فى العلاقات الميكروبية السائدة والتى يكون لها تأثير واضح على تتابع نمو الميكروبات فى الغذاء . تعتمد صناعة الجبن على التأثير الناتج من تفاعل بعض العوامل الطبيعية (T ، pH ، E_h ، a_w) الكيماوية (المواد الحافظة) والميكروبيولوجية (الميكروبات المتنافسة) تحت ظروف معتدلة أقل من المثلى لذلك فإن a_w فى صناعة وتسوية الجبن تلعب دوراً على جانب كبير من الأهمية فى البداية ودوراً 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 ثم يحضن بميكروبات تنافسية (بكتريا حمض اللاكتيك) لتحدث تغيرات خاصة من خلال التنافس ، أنخفاض فى pH و E_h للسيطرة على نمو الميكروبات المتبقية غير المرغوبة (المسببة للفساد) ثم تنخفض بعد ذلك a_w نتيجة

طرد الشرش من خلال أنكماش وكبس الخثرة ، تمليح الخثرة وتجفيف وتسوية الجبن عند درجات حرارة منخفضة إلى أن يصبح النشاط المائى منخفضاً بدرجة كافية تزيد من حفظ الجبن تحت الظروف العادية (غير المبردة) . أثناء صناعة بعض أنواع من الجبن عادة يضاف مواد حافظة بخلاف الملح ، بعض أنواع الجبن يجرى لها عملية تدخين بعد الصناعة والتى تضيف مواد حافظة من الدخان smoke preservatives على سطح الجبن بينما الهواء الساخن يخفض من النشاط المائى .

تعتبر a_w العامل الرئيسى المحدد لقوة حفظ وسلامة الجبن لفترة طويلة ،معظم الجبن الجافة المسواه تكون لها قوة حفظ جيدة عند درجة الحرارة العادية وكثير من الجبن تتميز بقوة حفظ ذاتية self-.stable products جيدة نظراً لأنخفاض 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 أستهلاكها .

قد تتواجد البكتريا المرضية فى الجبن المرتفعة a_w (مثل الجبن الطرية المسواه سطحياً مثل البراى والكممبير) ، الجبن الطازجة أو المسواه لمدة أقل من شهرين ، وتسبب بعض الأمراض مثل brucellosis *(Brucella abortus,B.melitensis)* ، listeriosis *(L.monocytogenes)* والشيجلا shigellosis (*Shigella* spp.) أساساً كنتيجة لأستخدام اللبن الخام أو اللبن غير المبستر بكفاءة فى صناعة الجبن ، لـ salmonellosis (*Sallmonella*) ، botulism (*C.bolulinum*) ، تسمم غذائى بالبكتريا العنقودية (*S.aureus*) وبعض الأضطرابات 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) , *L.momocytogenes* , *Salmonella* فى الجبن تعطى أهمية خاصة لما تسببه من مخاطر صحية شديدة عند تناولها بينما *S.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 الميكروبات المرضية 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 الأيطالية (مثل الرومانو والبرمسان والبرفلونو) 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 أنزيم decarboxylaes البكتيرى قد تسبب بعض المخاطر الصحية ، من ناحية أخرى ، هذه الأمينات يمكن أن تتحلل بواسطة بعض مزارع البادئات المحتوية على نشاط mono-, diamine oxidase .

obeikandl.com

الفصل الحادى عشر

القيمة الغذائية للجبن
Nutritional value of cheese

١- مقدمة

تختلف قوة حفظ الجبن إختلافا كبيرا طبقا لنوع الجبن وصفاتة الكيماوية والميكروبيولوجية حيث يمكن حفظ هذه الجبن صالحة للإستهلاك الآدمى من عدة أيام الى عدة سنوات. لذلك فإن صناعة الجبن تعتبر وسيلة لإطالة فترة صالحية الغذاء للإستهلاك. يجب على صانع الجبن أن يعمل كل جهده لإنتاج جبن مقبول وصالح للإستهلاك والتسويق وذات قيمة غذائية مع المحافظة على هذه الصفات طول فترة التخزين لحين الاستهلاك كما يجب أن يكون الجبن خاليا من المواد السامة والميكروبات المرضية .

يعتبر الجبن الغذاء الذى يتميز بقوة حفظ جيدة وارتفاع البروتين مع الدهن والكالسيوم والفوسفور والريبو فلافين وغيرها من الفيتامينات والمتوفرة فى صورة مركزة . ويعتبر الجبن كبديل للأغذية الأخرى فى الوجبة الغذائية بالنسبة للبروتين . فمثلا ١ كجم من جبن التشدر يعادل تقريبا فى قيمتة الغذائية : ١٠ لتر لبن ، ٣٠ بيضة ، ١,٥-٢,٠ كجم لحم ، ٢-٣ كجم سمك ، ١٨-٢٠ كجم خضروات ورقية .

يختلف التركيب الكيماوى للجبن إختلافا كبيرا طبقا لنوع الجبن وطريقة الصناعة (جدول ١-١١) وأيضا بإختلاف الدول التى تقوم بإنتاج هذه الأنواع من الجبن .

بالرغم من أن إستهلاك اللبن السائل ومعظم منتجات الألبان فى تناقص إلا أن هناك زيادة مستمرة فى استهلاك الجبن فى معظم الدول ويزداد إستهلاك الجبن على مستوى العالم بمعدل يصل الى ٤٪ سنويا وقد إرتفع استهلاك الجبن فى معظم دول العالم بدرجة واضحة فمثلا فى المانيا ارتفع معدل الاستهلاك منذ ١٩٦٢ من ٨ الى ١٨ كجم/ للفرد/ السنة. يوجد أعلا استهلاك الجبن للفرد فى العالم فى فرنسا واليونان بينما الاستهلاك يكون منخفضا جدا فى أمريكا الجنوبية والدول الأفريقية والأسيوية .

جدول ١-١١: التركيب الكيماوى الإجمالى لبعض أنواع من الجبن .

نوع الجبن	الرطوبة (٪)	البروتين (٪)	الدهن (٪)	الدهن / المادة الجافة (٪)
دمياطى (لبن جاموسى)	٥٣,٥	١٥,٦٩	٢٤,٠	٥١,٦
دمياطى (لبن بقرى)	٥٥,٠	١٢,٩٥	٢٠,٠	٤٤,٤
دمياطى (خليط ١:١)	٥٣,٥	١٠,٩٧	٢٤,٥	٥٢,٧
قريش	٧١,٨٥	١٠,٧٩	٥,٣٢	١٨,٩
فتا	٦٣,٠	١٨,٤	١٦,٠	٤٠,٠
Cottage	٨٠,٠	١٠,٠	٥,٠	٢٠,٠
كممبير	٥٤,٠	٢١,٠	٢١,٨	٤٥,٠
جبن معرقة بالفطر (Blue)	٤٣,٠	٢٢,٤	٢٩,٠	٥٠,٠
إيدام / جودا	٤٦,٠	٢٤,١	٢٥,٤	٤٥,٠
تشدر	٣٧,٠	٢٥,٤	٣٢,٤	٥٠,٠
إمينتال	٣٦,٠	٢٨,٩	٣٠,٠	٤٥,٠
برمسان	٣١,٠	٣٧,٥	٢٦,٠	٣٥,٠
رأس	٣٣,٧	٢٧,٨	٣٧,٧	٥٦,٨

الجبن من المواد الغذائية الهامة حيث تعتبر مصدرا مركزا للبروتين وفى بعض الحالات مصدرا للدهن. وتفقد بروتينات الشرش أثناء صناعة الجبن والبروتين الموجود فى الجبن يعتبر مشتق تماما من الكازين وبالرغم من ذلك فإن الأحماض الأمينية الأساسية عادة موجودة فى الجبن .

تختلف محتوى الجبن من الدهن طبقا لنسبة الدهن فى لبن الجبن ونوع الجبن. وجبن اللبن الكامل مرتفع فى محتواه من الدهن مثل جبن التشدر و الستليتون حيث تحتوى على ٤٥-٥٠٪ دهن بينما جبن الايدام والأنواع المشابهة تحتوى على ٤٠٪ . مثل هذه الجبن تكون مصدراً للدهن للأفراد المحتاجين الى وجبات غنية فى الطاقة وعلى العكس من ذلك فإن جبن اللبن الفرز تكون منخفضة فى محتوى الدهن وغالبا ما تكون جزاً من الوجبة الغذائية الصحية أو المنخفضة الطاقة الحرارية. وعموما يوجد الكوليسترول فى جميع منتجات الألبان الكاملة الدسم ، محتوى الكوليسترول لعديد من أنواع الجبن مرتفع ، جبن التشدر تحتوى على حوالى ٧٠ ملليجم /١٠٠ جرام كما أن الجبن مصدر جيد للفيتامينات بالرغم من أن فيتامين C يفقد أثناء الصناعة. الجبن أيضا له أهمية خاصة كمصدر جيد

للأملاح المعدنية وخاصة الكالسيوم والحديد والفوسفور .

٢- العناصر الغذائية فى الجبن

٢-١- الدهن

نظرا لتعديل نسبة الدهن فى اللبن المستخدم فى صناعة الجبن الى نسب مختلفة فإن الجبن يختلف إختلافا كبيرا فى محتواها من الدهن (الذى يعبر عنه عادة كنسبة دهن فى المادة الجافة (fat in dry matter ; FDM ٪).

تصل نسبة الدهن فى الجبن الطازجة الى حوالى ١٢٪ بينما فى الجبن المسواه تحتوى على ٢٠-٣٠٪ دهن (جدول ١-١١). يفضل المستهلكون بصفة عامة الجبن المرتفعة فى الدهن حيث يساهم بدرجة كبيرة فى جودة طعم الجبن . النكهة المميزة لبعض أنواع من الجبن مثل التشدر تظهر فقط عندما تصل نسبة الدهن فى المادة الجافة على الأقل الى ٤٠-٥٠٪ حيث أن النكهة ترجع أساسا الى نواتج تحلل الدهن التى تتكون أثناء تسوية الجبن .

يجب أن يوجد الدهن فى كمية مناسبة فى الغذاء حتى يمكن أن يستفيد منه الجسم بطريقة سليمة دون حدوث مشاكل صحية. لتجنب أمراض تصلب الشرايين فإن الاحتياجات الغذائيه اليومية التى يوصى بها من الدهن تقدر بحوالى ٢٥٪ للفرد قليل المجهود ، ٣٥٪ للفرد كثير المجهود من كمية الغذاء التى تعادل ٢٠٠٠-٢٧٥٠ كيلو كالورى من الطاقة يوميا. ونظرا لأن الدهن يعطى ٩ كيلو كالورى لكل جرام فإن الاحتياجات اليومية من الدهن فى الغذاء هو ٥٥ جرام للفرد قليل المجهود ، ١٠٦ جرام للفرد كثير المجهود. ويختلف معامل هضم coefficient of digestibility لدهن أنواع مختلفة من الجبن من ٨٨ ٪ الى ٩٤٪ .

وقد أدى الإهتمام بالنواحى التغذوية فى مجال الالبان الى انتاج منتجات لبنية لها أهمية صحية وعلاجية مثل انتاج جبن منخفضة فى نسبة الدهن وكذلك منتجات لبنية خالية من الكوليسترول. انتاج الجبن المنخفض فى الدهن low-fat cheese تقدم فرصة كبيرة لتسويق منتجات جديدة تتميز بفوائد صحية نتيجة انخفاض محتواه من الدهن . ومن الضرورى أن تكون هذه الجبن مقبولة من حيث الصفات الحسية (الطعم ، التركيب ، القوام ، المظهر) .

يحدث تحلل الدهن أثناء تسوية الجبن بصفة رئيسية بواسطة الليبيز الميكروبى microbial lipases حيث أن أنزيم الليبيز الطبيعى فى اللبن يتلف بدرجة كبيرة بواسطة

البسترة (ماعدا فى الجبن الذى يستخدم فيها عجينة المنفحة أو الاستريز المعوى pregastric esterase). ونتيجة لتحلل الدهن فإن تركيز الأحماض الدهنية فى الجبن عادة يكون ١-٥ جرام لكل كجم . وتوجد علاقة بين محتوى الجبن من الأحماض الدهنية الطيارة الحرة فى عدد من أنواع الجبن وشدة الطعم فى هذه الجبن.

وفى ألمانيا تساهم الجبن بحوالى ٤,٧٪ فقط من الاحتياجات اليومية من الدهن الكلى والذى يبلغ ١٢٨ جرام/للفرد/اليوم وبالنسبة لمحتوى الجبن من الكوليسترول فإنة يجب التركيز على ما يلى :

- محتوى الجبن من الكوليسترول منخفض جدا (صفر الى ١٠٠ ملليجم / ١٠٠ جرام جبن طبقا لنسبة الدهن فى الجبن) .
- يساهم الجبن بـ ٣-٤٪ فقط من الإحتياجات الكلية من الكوليسترول
- الكوليسترول فى الوجبة الغذائية له تأثير محدود على مستوى الكوليسترول فى الدم .

وقد أشارت بعض المحاولات لانتاج جبن من لبن خالى من الكوليسترول cholesterol-free الى بعض المصاعب التكنولوجية مثل زيادة طراوة الخثرة وصعوبة التخلص من الشرش مما يؤدى الى الحصول على جبن منخفض الجودة ومرتفع فى الرطوبة وفقير فى الطعم.

ويوجد فى جسم الانسان نظام تحكم يضمن إنخفاض بناء الكوليسترول بواسطة الجسم عندما تزداد كمية الكوليسترول المستهلكة.

٢-٢- البروتين

ترجع الأهمية الغذائية للجبن الى إرتفاع محتواها من البروتين ذات القيمة الحيوية . يختلف محتوى الأنواع المختلفة من الجبن من البروتين من ٢٠ الى ٣٥٪ . فى أى نوع من الجبن يتناسب محتواه من البروتين تناسبا عكسيا مع محتواه من الدهن . وقد وجد أن ١٠٠ جرام من الجبن الطرى تغطى ٣٠-٤٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية من البروتين للفرد البالغ بينما ١٠٠ جرام من الجبن الجافة تغطى ٤٠-٥٠ ٪ فى صناعة الجبن يحتجز معظم الكازين فى الجبن بينما معظم بروتينات الشرش ذات القيمة الحيوية يفقد فى الشرش لذلك فإن ٧٥-٨٠ ٪ من البروتين الكلى وحوالى ٩٥٪ من الكازين تنتقل من اللبن الى الجبن الطازج . لذلك فى الجبن الناتج من لبن مبستر فإن محتوى بروتينات الشرش من البروتين الكلى يبلغ حوالى ٤-٦٪ . ونظرا لأن بروتينات الشرش

أفضل غذائيا من الكازين الذى يفتقر لحد ما فى الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت فإن القيمة الحيوية للبروتينات فى الجبن أقل لحد ما عنها للبروتينات الكلية فى اللبن ولكن أعلا منه للكازين بمفرده . فى جبن التشدر وجد أن قيم PER (نسبة كفاءة البروتين protein efficiency ratio) مرتفعة بدرجة كبيرة عن مثيلتها فى الكازين (٣,٧ مقابل ٢,٥) وقيم NPU (الاستفادة الحقيقية من البروتين net protein utilization) للكممبير والتشدر والجودا تتراوح بين ٧٥,٠ الى ٧٦,٣ مقارنة بـ ٧٨,٠ للبن الكامل. وإذا كان معامل الحمض الأمينى الأساسى essential amino acid index للبروتين الكلى فى اللبن معبرا عنة لكل ١٠٠جم فإن القيم المقابلة للبروتينات فى عدد من أنواع الجبن تتراوح من ٩١ الى ٩٧. القيمة الحيوية للبروتينات تنخفض بفعل المنفحة أو غيرها من الأنزيمات النشطة خلال تسوية الجبن ولا تتأثر بزيادة الحموضة. تفاعل ميلارد Maillard reaction لا يحدث أثناء صناعة الجبن لذلك فإن وجود الليسين فى الجبن يكون تقريبا مماثل لوجوده فى اللبن. والتسوية لفترة من ١٦-٢٠ أسبوع لاتحدث تغيرات هامة فى قيم NPU ، PER للبروتينات فى جبن الجودا والتليستر Tilsiter ، وفى بعض الحالات فإن قيم PER ، NPR (net protein ratio نسبة الفاعلية الكلية للبروتين) لبروتينات الجبن أعلا من مثيلتها لبروتينات اللبن .

وعندما يستخدم UF لتركيز لبن الجبن لرفع مستوى المادة الجافة الى مثيلتها فى الجبن حتى لا ينتج شرش فإن بروتينات الشرش تحتجز فى الجبن وبالتالى ترفع من القيمة الغذائية للجبن. بروتينات الشرش فى مثل هذه الجبن تمثل حوالى ١٥٪ من البروتين الكلى .ويمكن أن تساهم الجبن بدرجة كبيرة كمصدر للأحماض الأمينية الأساسية.

جدول (٢-١١) يبين محتوى الأحماض الأمينية الأساسية لبروتينات اللبن والجبن مقارنة ببروتين قياسى (FAO / WHO) reference protein والذى يدل على التركيز المثالى للأحماض الأمينية الأساسية فى بروتين الوجبة الغذائية . ويمكن ملاحظة أن بروتين الجبن يغطى الإحتياجات بدرجة مماثلة لبروتين اللبن ما عدا الاحتياجات من أحماض الميثايونين methionine والسيستين cystine .

أثناء تسوية الجبن جزء من الكازين غير الذائب فى الماء يتحول الى مركبات نيتروجينية ذائبة فى الماء والتى تشمل نواتج وسطية من تحلل البروتين وكذلك أحماض أمينية حرة . ويمكن النظر الى عملية تسوية الجبن على أنها عملية هضم أولية وبالتالى الى زيادة قابلية البروتينات للهضم . قابلية الهضم الحقيقية لعدد من أنواع من الجبن يصل تقريبا الى ١٠٠٪ وقابلية بروتين الجبن للهضم أعلا منه عن بروتينات اللبن الكامل

(٩٦,٢-٩٧,٥٪ مقابل ٩١,٩ ٪). البيبتيدات الصغيرة يمكن أن تمر من خلال جدار الأمعاء ومن الممكن أن تنفذ حتى من غشاء الخلايا وبالتالى تصبح جاهزة للإستخدام المباشر بواسطة الخلية. فى أحد التجارب على الفئران ، وجد أن معدل الاستفادة من بروتين الجبن كان أعلا من مثيله فى الكازين ومتوسط درجة الاستفادة من الاحماض الأمينية الأساسية فى بروتين الجبن ٨٩,١٪ وهو أعلامن القيم المقابلة لبروتين اللبن (الذى يبلغ ٨٥,٧٪ ومعادل تقريبا لقيمة بروتين البيض ;٨٩,٦٪). والأحماض الأمينية الأساسية فى الجبن وخاصة الأسبارتيك aspartic و الجلوتاميك glutamic تشجع إفراز العصارة المعوية. الأحماض الأمينية الحرة فى صورة free D-amino acids (D-) تكون شائعة فى الجبن المسواه (ملليجم / ١٠٠ جرام وكنسبة مئوية للأحماض الأمينية الحرة الكلية على التوالى): جبن الجودا ١٨,٥ ، ٢,٦ ، جبن الترابست ٤٤,٠ ، ٤,٧ ، جبن الامينتال ٨٣,١ ،٣,٧، جبن البرمسان ٤,٣ ،٥,٥ . تعتبر الأحماض الأمينية فى صورة -D ليس لها قيمة غذائية بالنسبة للإنسان لذلك فإن تركيز هذة الأحماض الأمينية وخاصة فى حالة الأحماض الأمينية الأساسية وكذلك التى توجد بكميات مرتفعة يجب خصمها من الكمية الكلية للأحماض الأمينية فى حسابات التغذية . ونظرا لأن أنزيم D-amino acid oxidase يوجد فى الكلى والكبد ومخ معظم الفقاريات فإن كميات قليلة من D-amino acids قد لا يكون ضارا للإنسان .

جدول ٢-١١: تركيز الأحماض الأمينية الأساسية فى بروتين اللبن والجبن

الأحماض الأمينية الأساسية	بروتين اللبن (جرام	بروتين الجبن / ١٠٠ جرام	بروتين قياسى (FAO/ WHO) بروتين)
التربتوفان	١,٤	١,٤	١,٠
فينيل الانين + تيروسين	١٠,٥	١٠,٩	٦,٠
ليوسين	١٠,٤	١٠,٤	٧,٠
أيسوليوسين	٦,٤	٥,٨	٤,٠
ثيرونين	٥,١	٤,٨	٤,٠
ميثايونين + سستين	٣,٦	٣,٢	٣,٥
ليسين	٨,٣	٨,٣	٥,٥
فالين	٦,٨	٦,٨	٥,٠
إجمالى	٥٢,٥	٥١,٦	٣٦,٠

نزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأمينية أثناء تسوية الجبن يؤدى الى انتاج أمينات amines ، والأمينات الرئيسية والتى توجد فى الجبن هى الهستامين histamine والتيرامين tyramine ، والتريبتامين tryptamine ، البيوترسين putrescine ، الكادافرين cadaverine ، الفينيل أيثل أمين phenylethlamine . الجدول (٣-١١) يوضح مصدر هذه الأمينات. توجد إختلافات كبيرة فى تركيز كل من هذه الأمينات فى الجبن ويتوقف ذلك على مدة التسوية ، جودة اللبن ، ظروف التخزين ، محتوى الملح والميكروفلورا .

جدول ٣-١١ : الأمينات المرضية ومصدرها من الأحماض الأمينية فى الجبن .

الأمين	المصدر (الحمض الأميني)
تيرامين Tyramine	تيروسين Tyrosine
هستامين Histamine	هستدين Histadine
بيوترسين Putrescine	أورنثين Ornithine
كادافرين Cadaverine	الليسين Lysine
تريبتامين Tryptamine	تربتوفان Tryptophan
فينيل أيثيل أمين Phenylethylamine	فينيل ألانين Phenylalanine

الجدول (٤-١١) يوضح متوسط محتوى كل من التيرامين والهستامين فى بعض أنواع من الجبن حيث يتضح من ذلك أن جبن التشدر تحتوى على تركيزات مرتفعة بدرجة بالغة من التيرامين وعلى العكس من ذلك فإن دراسات سابقة أوضحت أن الجبن المعرقة بالفطر لا تحتوى على تركيزات مرتفعة من الامينات بالرغم من أن بعض البحوث قد أشارت الى تركيز التيرامين قد يصل الى ٤٢٠ ملليجم /١٠٠ جرام. وتوجد فروق ضئيلة بين الجبن الجافة ونصف الجافة والطرية وكقاعدة فإن الجبن المسواه تحتوى على ١٠-٣٠ ملليجم هستامين ، ١٥-٤٠ ملليجم تيرامين/١٠٠ جرام. تركيز الامينات منخفض جدا فى جبن Cottage وجبن القشدة Cream وخثرة الجبن والجبن المطبوخة . محتوى الجبن من phenylethlamine أقل بدرجة واضحة من ١٠ ملليجم لكل ١٠٠ جم وتركيز أمينات tryptamine ، putrescine ، cadaverine عادة تتراوح بين صفر ، ٥ ملليجم/١٠٠ جرام.

جدول ٤-١١ : متوسط تركيز التيرامين والهستامين فى بعض أنواع من الجبن

نوع الجبن	هستامين	تيرامين
	ملليجم /١٠٠ جرام	
تشدر	١٦	٩٧
رأس	٦,٣	٥,٠
الامينتال / الجرويير	١٧	١٨
الجبن المعرقة بالفطر	٩	٢٥
الايدام / الجودا	٢١	١٧
دمياطى	٦,٣	٦,٠
الكممبير / البراى	١٣	١٦

الأمينات النشطة فسيولوجيا يمكن أن تؤثر على ضغط الدم ، فالتيرامين و phenylethylamine تزيد من ارتفاع ضغط الدم hypertensive effect بينما الهستامين يخفض من ضغط الدم hypotensive effect ومع ذلك فإن أنزيمات mono-and diamine oxidases يحول الامينات المرضية biogenic amines التى تتناول مع الغذاء بسرعة واضحة الى الدهيدات وأخيراً الى أحماض كربوكسيلية carboxylic acid بواسطة أكسدة ونزع مجموعة الأمين oxidative deamination . وبالرغم من إختلاف الرأى بدرجة كبيرة حول حد السمية للأمينات (للتيرامين من ١٠-٨٠ ملليجم ، هستامين ٧٠-١٠٠ ملليجم) ، فإن الاشخاص الأصحاء يكون لهم القدرة على تمثيل الأمينات المرضية المهضومة حتى عندما تستهلك كميات كبيرة من الجبن بدون تفاعلات فسيولوجية غير عادية. بعض الاشخاص الذين يعانون من حساسية قد يتعرضوا للإصابة بصداع نصفى migraine نتيجة تناول الجبن ومن المحتمل أن يكون هؤلاء الأفراد يعانون وراثيا من نقص أنزيم monoamine oxidase . تناول ١٠٠ ملليجم من التيرامين ينشأ عنه صداع شديد فى عدد كبير من هؤلاء الافراد. وعندما يعالج مرضى إرتفاع ضغط الدم من الاضطرابات المماثلة بتناول أدوية تحتوى على مثبط أنزيم monoamine oxidase ، فإن التحلل العادى للأمينات فى الجسم يتم إيقافه.وقد ذكرت حالات يؤدى فيها تناول الجبن ، فى خلال ٣٠ دقيقة الى ساعتين ، الى إرتفاع ضغط الدم ويطلق عليها " أعراض الجبن cheese syndrome " . ومع ذلك فإن مثل هذه الادوية نادراً ما تستخدم

فى الوقت الحالى. فى الحالات التى تعطى فيها أدوية تحتوى على مثبطات أنزيم monoamine oxidase فإن المرضى يجب أن يمنعوا من تناول الجبن أو غيرها من الأغذية المحتوية على تيرامين خلال فترة العلاج بالرغم من أن الاختلافات الكبيرة فى محتوى الأنواع المختلفة من الجبن من التيرامين لا يجعل حدوث تفاعل غير عادى أمراً يمكن تجنبة.

٢-٣- اللاكتوز وحامض اللاكتيك

لايوجد لاكتوز فى كثير من الجبن أو قد يوجد فقط فى تركيزات منخفضة جدا (١-٣ جرام /١٠٠ جرام) نظرا لأن معظم اللاكتوز فى اللبن يفقد مع الشرش والجزء المتبقى فى خثرة الجبن يتحول جزئيا أو كليا الى حامض لاكتيك خلال تسوية الجبن . لذلك فالجبن يعتبر غذاء مناسب للأشخاص الذين يعانون من سوء أمتصاص اللاكتوز أو من مرض السكر diabetics . ويبلغ متوسط محتوى حمض اللاكتيك فى عدد من الجبن كما يلى : الرأس ١,٥٨٪ ، دمياطى ٠,٧٦٪ ، برمسان ٠,٧٪ ، تشدر ١,٣٪ ، Cottage ٠,٣٪ ، الجبن المعرقة بالفطر ٠,٦٪ ، الامينتال ٠,٤٪ ، الكمبير ٠,٢٪ .

الجبن يحتوى عادة على كل من lactic acid L(+) ، D(-) ويتوقف نسبة D على نوع البادئ المستخدم وغيرها من عوامل التسوية الأخرى . وخلال التخزين يحدث تحويل lactic acid L(+) الى D(-) lactic acid بواسطة بكتيريا من غير بكتيريا البادئ (NSB) لذلك فإنة بعد التخزين قد يوجد D(-) lactic acid فى تركيزات محسوسة ويختلف الأنواع المختلفة من D(-) lactic acid إختلافا كبيرا (الجبن الطازج ٤-١٤٪ ، الجبن الناضج ١٠-٥٠٪). ويمكن للإنسان تمثيل D(-) lactic acid فقط لدرجة محدودة بواسطة D-2-hydroxy acid dehydrogenase ولكن أشارت بعض التقارير الى أن التأثير السام لـ D(-) lactic acid لا يمكن أن يحدث للمراهقين أو البالغين و لم تذكر تقارير منظمة الصحة العالمية الحد المسموح بة للبالغين من D(-) بينما للأطفال الرضع (حتى عمر سنة واحدة) فإنة يفضل الأغذية الخالية من D(-) lactic acid .

٢-٤- الأملاح المعدنية

محتوى الجبن من الكالسيوم والفوسفور مماثل فى أهميتة لما هو موجود فى اللبن حيث أن ١٠٠ جرام من الجبن الطرية تغطى حوالى ٣٠-٤٠٪ ، ١٢-٢٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية لكل من الكالسيوم والفوسفور على الترتيب و١٠٠ جرام من الجبن الجافة تغطى تماما الاحتياجات الغذائية اليومية من الكالسيوم وتساهم بحوالى ٤٠-٥٠٪ من الإحتياجات اليومية من الفوسفور.

فى الولايات المتحدة وجد أن إستهلاك الجبن يساهم فى المتوسط بحوالى ٢٥ الى ٤٢٪ من الاحتياجات الموصى بها من الكالسيوم. وفى المانيا وفرنسا فإن الإنسان البالغ يحصل على حوالى ١٥٠ ملليجم كالسيوم فى اليوم من الجبن أى حوالى ٢٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية من الكالسيوم. متوسط تركيز P, Ca وغيرها من العناصر المعدنية فى عدد من أنواع الجبن موضح فى الجدول (٥-١١).

ويلاحظ أن الجبن المحتوى على دهن مرتفع تحتوى على كالسيوم وفوسفور أقل. عادة تحتوى جبن المنفحة على كالسيوم أعلا من جبن التجبن الحامضى. وقد وجد أن حوالى ٦٠-٦٥ ٪ من الكالسيوم ، ٥٠-٥٥٪ من فوسفور اللبن يحتجز فى جبن التيلستر Tilsiter والترابست Trappist. يستفاد الجسم من كل من الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم فى الجبن بكفاءة مماثلة لما هو موجود فى اللبن . التغيرات الكيماوية والطبيعية التى تحدث أثناء صناعة وتسوية الجبن لاتؤثر على الاستفادة الحيوية من الكالسيوم ، إمتصاص الكالسيوم بواسطة الفئران من جبن التشدر يبلغ ٧٦,٨٪ ، بينما امتصاص الفوسفور فى الإنسان يبلغ ٦٤٪ من اللبن ، ٦٢٪ من الجبن ويبلغ ٢٩٪ فقط من الخبز . ويعتقد أن النسبة بين الكالسيوم الى الفوسفور مقبولة غذائيا ، ويعتبر الجبن أحد الأغذية التى لا تسبب تسوس للأسنان cariogenic .

جدول ٥-١١ : محتوى العناصر المعدنية فى بعض أنواع من الجبن .

الجبن	ملليجرام / ١٠٠ جرام				
	Ca	P	Na	K	Mg
البرمسان	١٣٠٠	٨٥٠	١٢٠٠	١٠٠	٤٤
التشدر	٧٦٠	٥٠٠	٦٤٠	٩٠	٣٠
الأمينتال	١٠٨٠	٧٣٠	٢٥٠	٩٠	٤٣
الأيدام / الجودا	٨٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٠٠	٤٠
الجبن المعرقة بالفطر	٤٢٠	٣٥٠	١٢٠٠	١١٠	٥٠
الموزاريلا	٤٠٠	٣٤٠	٤٥٠	١٠٠	١٦
الكممبير	٣٥٠	٣٠٠	٩٣٠	١٥٠	٢٠
الجبن المطبوخ	٦٠٠	٦٠٠	١٣٥	١٠٠	٢٤
Cottage Cheese	٨٠	١٤٠	٣٨٠	٧٥	٨
جبن طازجة من لبن فرز	٩٠	١٩٠	٣٠	١٢٠	٩

يرجع التباين الواضح فى محتوى الجبن من الصوديوم الى إختلاف محتوى الجبن

المختلفة من NaCl (جدول ٦-١١).

جدول ٦-١١: محتوى أنواع مختلفة من الجبن من NaCl .

الجبن	NaCl ٪	الجبن	NaCl ٪
الفتا	٣,٧	معرقة بالفطر (Blue)	٤,١
الدمياطى	٥-٨	الرأس	٢,٤
الكممبير	٢,٤	تشدر	١,٧
الأيدام / الجودا	١,٩	أمينتال	٠,٥
جبن مطبوخ	٢,٥	جروير	١,٥

تبلغ إحتياجات الجسم الغذائية من الصوديوم أقل من ٥٠٠ ملليجم وبحد أقصى ٤ جرام للفرد فى اليوم وهناك إختلاف فى الرأى عما إذا كان إرتفاع إمتصاص الصوديوم من الأغذية ضار للأفراد بصفة عامة أو هو عامل التغذية الرئيسى المسبب لإرتفاع ضغط الدم عند بعض الأفراد. ومع ذلك فإنه يوصى بتحديد مستوى الصوديوم وخاصة فى أغذية الأفراد الذين يعانون من إرتفاع ضغط الدم . تساهم الجبن فى تغطية الإحتياجات الكلية من الصوديوم بدرجة محدودة حتى فى الدول التى يستهلك فيها معدلات مرتفعة من الجبن مثل ٠,١٢-٠,٢٣ جرام صوديوم / للفرد/ اليوم فى أستراليا وسويسرا والمملكة المتحدة. وبالرغم من أن الجبن يساهم فقط بحوالى ٥٪ من الإحتياجات الكلية من الصوديوم فإنة يوصى بإنتاج جبن منخفض فى الصوديوم بإستخدام محلول ملحى يحتوى على كلوريد بوتاسيوم أو ماغنسيوم. وعندما يستخدم محلول من كلوريد الماغنسيوم بدلا من كلوريد الصوديوم فإن محتوى جبن الجرويير من الصوديوم ينخفض بمقدار ٨٠٪ (٥٠ مقابل ٢٥٠ ملليجم/١٠٠ جم) ويزداد محتوى المغنسيوم الى الضعف . كما يمكن انتاج جبن التشدر وجبن مطبوخة منخفضة الصوديوم ومقبولة للمستهلك (أقل من ٥٠٠ ملليجم ١٠٠ جرام) بإحلال كلوريد الصوديوم بكلوريد البوتاسيوم بنسبة ١:١ وإستخدام مستحلبات أملاح البوتاسيوم مع glucono-δ-lactone . وقد وجد أن الجبن المصنعة تحتوى حتى ٧٥٪ أقل فى الصوديوم عن الجبن التقليدية تكون مقبولة للمستهلك. وقد أشارت بعض التقارير أن الإستبدال بكلوريد البوتاسيوم قد يسبب مذاق مر bitter taste. وطبقا للتشريعات الألمانية فإن الجبن المنخفضة فى الصوديوم قد تحتوى على ٤٥ ملليجم صوديوم كحد أقصى

لكل ١٠٠ جرام ، ويمكن الحصول على هذا المستوى بحفظ جبن الإيدام فى محلول ملحى (١٨٪ كلوريد صوديوم) لمدة ٦ ساعات فقط و الجبن الناتج يكون مقبولا حسيا .

وقد يعتقد أن إرتفاع ضغط الدم قد يرجع الى نقص فى الكالسيوم الغذائى أكثر من إستهلاك زائد للصوديوم حيث لوحظ أن المريض الذى يعانى من إرتفاع ضغط الدم يستهلك الكالسيوم بمعدل يقل بنسبة ٢٥٪ عن الأشخاص الأصحاء نتيجة للإستهلاك المنخفض من اللبن ومنتجاتة .

٢-٥- العناصر النادرة

الجدول (٧-١١) يوضح تركيز بعض العناصر النادرة trace elements فى انواع مختلفة من الجبن .

جدول ٧-١١: تركيز بعض العناصر النادرة فى بعض أنواع من الجبن

الجبن	تركيز لكل ١٠٠ جرام							
	Zn (mg)	Fe (mg)	I (µg)	Mn (µg)	Se (µg)	Cu (µg)	Al (µg)
تشدر	٣,٨	٠,٦	٥٢	٤٠	١١	٥٠	٠,٠٢
برمسان	٣,٦	٠,٦	٤٠	٤٠	١٢	٢٠٠	-
إمينتال	٥,٠	٠,٥	٤٠	٤٠	١١	٢٠٠	٠,٢
إيدام /حودا	٤,٠	٠,٥	٣٥	٤٠	-	١٠٠	٠,٣
موزاريلا	٣,٥	٠,٤	٤٥	٣٠	٣	٦٠	-
جبن مطبوخة	٣,٤	٠,٣٥	٤٨	٢٢	١٠	٥٠	٩,٤
Cottage cheese	٠,٥	٠,٢	٢٠	٦	٥	١٧	٠,١

ومن هذا الجدول يلاحظ الأتى :

- تعتبر الجبن المطبوخة مصدرا هاما للألومنيوم حيث تحتوى على مستويات أعلا من الألومنيوم عن الانواع الأخرى من الجبن . ويقدر الإحتياجات الغذائية اليومية من الالومنيوم بحوالى ١٠ ملليجم /للفرد/اليوم وأقل من ١٠٪ من الإحتياجات يحصل عليها من الجبن . ونتيجة للهضم بواسطة العصارات المعوية فإن جزء كبير من الزنك Zn (٩١,٠٪) ينطلق الى الجزء المهضوم من الجبن والذى يكون دليلا على توفر الزنك من الجبن بدرجة جيدة .

- محتوى الجبن من السلينيوم Se يتراوح ما بين ٥ الى ١٢ ملليجرام /١٠٠ جرام وفى الولايات المتحدة تتراوح الإحتياجات الغذائية الموصى بها ما بين ٥٠-٢٠٠ ميكروجرام / اليوم. يساهم اللبن ومنتجاته بحوالى ٥٪ من الإحتياجات الكلية من السلينيوم والجبن بحوالى ١,١ ملليجم /للفرد/ اليوم .
- فى هولندا فإن متوسط ما يحصل عليه من الزنك من الجبن هو ١,١ ملليجم / للفرد/ اليوم .
- محتوى الجبن من النيكل يتراوح بين ٢ الى ٣٤ ميكروجرام /١٠٠ جرام
- محتوى الجبن من الزئبق يختلف من ٠,٤ الى ٠,١٦ ميكروجرام/١٠٠ جرام وهى أقل بكثير عن الكميات المسموح بها.

بروتين اللبن لا يؤثر على إمتصاص الحديد. جبن Cottage الناتجة من لبن مدعم بالحديد يحتجز ٥٨٪ من الحديد الموجودة فى اللبن وأن كل ١٠٠ جرام من مثل هذه الجبن يغطى ثلث الاحتياجات اليومية من الحديد للأنثى البالغ. الجبن المدعمة بسترات أمونيوم حديديك ferric ammonium citrate يكون لة تأثير فى علاج إنخفاض الهيموجلوبين وفى تجربة على الفئران وجد أن ٦٦-٧٥٪ من الحديد المتحصل علية من الجبن المدعمة قد اندمج فى الهيموجلوبين الذى يعادل تقريبا اللحم البقرى والبيض. جودة جبن التشدر المدعمة (حتى ٤ ملليجرام/١٠٠ جرام) كانت مماثلة بدرجة جيدة للجبن غير المدعم.

٢-٦- الفيتامينات

يتوقف تركيز الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهن فى الجبن على محتواها من الدهن . معظم فيتامين A (٨٠-٨٥٪) الموجود فى اللبن ينتقل الى الجبن ولكن النسبة تكون أقل طبيعيا للفيتامينات الذائبة فى الماء حيث يحتجز حوالى ١٠-٢٠٪ من كل الثيامين ، حمض النيكوتنيك nicotinic acid وحمض الفوليك folic acid وحمض الأسكوربيك ascorbic acid ، ٢٠-٣٠٪ لكل من الريبوفلافين والبيوتين biotin ، ٢٥-٤٥ ٪ من البيرودكسين pyridoxine وحمض البنتوثينيك pantothenic acid ، ٣٠-٦٠٪ للكوبالامين cobalamin ويفقد الباقى فى الشرش .

اللبن يحتوى على تركيزات مرتفعة من بعض فيتامينات B لذلك فإن الجبن يعتبر مصدرا هاما لهذه الفيتامينات ، حيث يمكن أن تكون مصدراً لتغطية حتى ١٠٠ ، ٢٧ ، ١٥٪ من الاحتياجات لفيتامين B_{12} ، B_2 وحمض الفوليك على التوالى من ١٠٠

جرام من الجبن ومن ناحية آخرى فإن مساهمة الجبن لتغطية الاحتياجات من فيتامين B_6 يكون ١-٢٪ فقط وذلك فى هولندا.

الجدول (٨-١١) يوضح متوسط تركيزات الفيتامينات فى عدد من أنواع الجبن. بعض أنواع من الجبن المسواه بالفطر تحتوى على فيتامينات B بدرجة أكبر عن الأنواع الأخرى من الجبن حيث تحتوى جبن الكممبير على محتوى مرتفع من فيتامينات B_2 ، B_6 و النياسين.

يصل المحتوى الكلى لفيتامين B_2 فى جبن الأمينتال والجرويير ٠,٤٢-٠,٥٥ ملليجم/١٠٠ جرام مع نسبة تقدر بحوالى ٢٥-٣٥ ٪ تكون فى صورة flavin adenine dinucleotide .

وقد أشارت بعض التقارير الى محتوى الجبن من فيتامينات أخرى :

- فيتامين D : ٠,٤-٠,٥ ميكروجرام /١٠٠ جرام جبن .
- نياسين niacin : حوالى ٧٠ ميكروجرام/١٠٠ جرام جبن .
- بيوتين biotin : ٠,٦-٣,٢ ميكروجرام/١٠٠ جرام جبن .
- حمض بنتوثينيك pantothenic : ٠,١١-٠,٧١ ملليجم/١٠٠ جرام جبن .
- بيتا كاروتين β-carotene : ٠,٠٩-٠,١٣ ميكروجرام/١٠٠ جرام جبن.

يتغير تركيز فيتامينات B فى الجبن أثناء التسوية حيث أنها تستهلك و تتكون بواسطة الميكروفلورا فى الجبن. يتوقف تركيز عدة أنواع من فيتامينات B على نوع البادئ المستخدم ويزداد التركيز بزيادة فترة التخزين لذلك فإن تركيز هذه الفيتامينات فى الجبن يزيد بعد فترة طويلة من التسوية. وقد أوضحت بعض الدراسات نتيجة عزل أنواع معينة من الميكروبات أن هذه الأنواع قادرة على بناء النياسين وحمض الفوليك والبيوتين وحمض البنتوثنيك pentothenic .

تكوين فيتامين B_{12} بواسطة بكتريا حمض البروبيونيك فى الجبن الجافة وخاصة الأمينتال أثار كثير من الإهتمام لذلك فإن بكتريا حمض البروبيونيك عند إضافتها على نطاق تجريبى الى اللبن لصناعة جبن الأيدام والتيلستر Tilster وأنواع أخرى من الجبن أوضحت النتائج فى بعض الحالات وخاصة مع *Propionibacterium freudenreichii* أن محتوى الكوبالامين قد زاد الى الضعف. من ناحية أخرى كان معظم حمض السورييك قد تحلل أثناء تسوية فى الجبن .

جدول رقم ٨–١١ : محتوى بعض أنواع من الجبن من الفيتامينات.

نوع الجبن	محتوى الفيتامين لكل ١٠٠ جرام						
	A (mg)	B_1 (µg)	B_2 (µg)	B_6 (µg)	B_{12} (µg)	Folic acid (µg)	Tocopherol (mg)
الأمينتال	٠,٣٣	٣٥	٠,٣	١٠٥	٢,٧	١٢	٠,٩
التشدر	٠,٣٦	٣٥	٠,٤	٧٥	١,٠	١٦	١,٠
ايدام/جودا	٠,٢١	٣٥	٠,٣٥	٧٠	١,٩	٢٥	٠,٧
الجبن المعرفة بالفطر (Blue)	٠,٤	٣٦	٠,٥	١٠٠	١,٢	٤٥	٠,٩
الكممبير	٠,٣	٤٠	٠,٥٢	١٥٠	١,٨	٦٠	٠,٧
جبن القشدة	٠,٤٤	٢٧	٠,٢٦	٤٥	١,٠	١٥	٠,٩
جبن Cottage	٠,٠٨	٢٨	٠,٢٤	٥٥	١,٠	١٥	٠,٢
جبن اللبن الفرز	-	٣٥	٠,٢٨	٥٠	١,٠	٣٠	-
الجبن المطبوخ	٠,٣	٢٣	٠,٣	٥٥	١,٠	١٥	٠,٤

وقد وجد أن معظم فيتامين A فى اللبن يحتجز فى الجبن الدمياطى ويبقى ثابتا أثناء التخزين، ومن ناحية أخرى يحتجز نسب مختلفة من الثيامين والريبوفلافين والبيوتين ، B_{12} وحمض الفوليك فى الجبن الطازج . مستويات البيوتين ، B_{12} وحمض الفوليك يبقى تقريبا ثابتا أثناء التخزين بينما التغيرات فى الريبوفلافين والنياسين يتوقف على ظروف التخزين (هوائية / لا هوائية). يحتوى الجبن القريش الطازج على فيتامين B_1 (٠,٦ ملليجم /جم) ، B_2 (٠,٣٤ ملليجم/١٠٠جم) ، كما يحتوى أيضا على النياسين ، بيوتين ، B_{12} وحمض الفوليك بمعدل ٣٤,٣٤ ، ١,٨٣ ، ٠,١٥ ، ٣,١ ميكروجرام/١٠٠ جم .

٣- الجبن الطازج

من الناحية الغذائية فإن الجبن الطازج(Quarg و Cottage والقريش والأنواع المشابهة) والتى تصنع أساسا بالتجبن الحامضى بواسطة بادئ بكتيريا حمض اللاكتيك مماثلة أيضا لمنتجات الألبان المتخمرة ، ونظرا لأن هذه الجبن منخفضه فى الدهن فإنها تكون غنية فى البروتين المرتفعة القيمة الحيوية ، الكالسيوم والفوسفور وطاقتة الحرارية منخفضة فإنه يوصى به لمختلف الأفراد وخاصة كبار السن وفى عمليات نقص الوزن.

هذه الجبن أيضا سهلة الهضم مما يجعلها فى الأغذية العلاجية وخاصة فى حالات أمراض الكبد .

عادة يسخن اللبن فى صناعة الجبن الطازج لدرجة حرارة مرتفعة (٩٥°م/١٠ دقائق) وتؤدى هذه المعاملة الى تكوين مركب complex بين الكازين وبروتينات الشرش لدرجة أن جزء كبير من بروتينات الشرش تترسب مع الكازين عند التحميص ويحتجز فى الخثرة . ترتفع نسبة النتروجين الكلى المتجبن من ٧٧-٧٩٪ الى ٨٨-٨٩٪ لذلك فإن هذه الجبن تتميز بمحتوى مرتفع من كل من الأحماض الأمينية الأساسية والبروتين ذات القيمة الحيوية العالية. الإحتجاز الكامل لبروتينات الشرش فى الجبن الطازج يمكن الوصول الية بواسطة UF للبن المستخدم فى صناعة الجبن.

تعتبر هذه الأنواع من الجبن غذائيا من الأغذية المنخفضة الطاقة ومع ذلك فإنها تحتوى على مستويات من الكالسيوم (حوالى ٣٠ ملليجم/١٠٠ جرام مادة جافة ، ٦٠ ملليجم /١٠٠ جرام خثرة مضاف اليها قشدة ، ٦٨ ملليجم/١٠٠ جرام خثرة منخفضة فى الدهن) أقل من معظم جبن المنفحة والتى يتراوح فيها الكالسيوم من ٧٠٠ الى ٩٥٠ ملليجم /١٠٠ جرام ويعتقد أن حوالى ٥٠٪ من الكالسيوم فى جبن Cottage يأتى من القشدة المضافة للجبن . ويبلغ محتوى الكالسيوم فى هذه الجبن ذات قطع الخثرة الكبيرة حوالى ٦٠٪ أعلا منها فى الجبن ذات قطع الخثرة الصغيرة حيث أن نسبة مساحة السطح الى الحجم أكبر فى الأخيرة والتى تسبب فقد أكبر تحت ظروف مماثلة لغسيل الخثرة .

إضافة $CaCl_2$ الى اللبن لايؤثر على محتوى الجبن من الكالسيوم ومع ذلك فإن مستوى الكالسيوم قد يرتفع نتيجة إضافة أملاح الكالسيوم (كلوريد ، لاكتات أو فوسفات) الى مخلوط القشدة المضاف دون تأثير واضح على الجودة الحسية والميكروبيولوجية .

تركيز الصوديوم فى جبن Cottage حوالى ٤ ملليجم/جرام ومعظمه يضاف الى مخلوط القشدة cream dressing حيث أن ٣٪ فقط من الصوديوم فى اللبن (حوالى ٠,٥ ملليجم/جرام) يحتجز فى خثرة الجبن (حوالى ٠,١١ ملليجم/جرام) بعد غسيل الخثرة ٣ مرات. جبن Cottage المنخفضة فى الصوديوم مع جودة حسية مماثلة لجبن Cottage العادية يمكن الحصول عليها بخفض محتوى الصوديوم فى مخلوط القشدة بحوالى ٢٥٪ أو بإستبدال كمية من كلوريد الصوديوم قد تصل حتى ٥٠٪ بكلوريد البوتاسيوم. وعموما فإن منتجات الألبان تعتبر مصدرا فقيرا فى الحديد حيث وجد أن هذه الجبن تحتوى على ١٧٤,١ ميكروجرام حديد ، ٤٨٢,٦ ميكروجرام زنك ، ٢,٦

ميكرجرام نحاس ، ٣,٧ ميكروجرام منجنيز لكل ١٠٠ جرام جبن وإضافة الحديديك Fe^{3+} فى صورة سترات أمونيوم حديديك ferric ammonic citrate الى اللبن الفرز (ليصل التركيز النهائى الى ٢٠ ميكروجرام / مل لبن) يؤدى الى وجود ٥٨٪ من الحديد فى الخثرة بعد غسلها دون حدوث تأثير ملحوظ على جودة الجبن ويمكن تدعيم هذه الجبن بفيتامين A ، C مع الحصول على نتائج مرضية.

٤- الجبن المطبوخة

فى انتاج الجبن المطبوخ processed cheese يحدث تشرب وتحلل للكازين نتيجة تأثير أملاح الاستحلاب emulsifying salts لذلك فإن نسبة البروتين القابل للذوبان فى الماء ترتفع بدرجة ملحوظة وتستخدم أملاح عديد الفوسفات polyphosphates على نطاق واسع كأملاح استحلاب كما تستخدم السترات واللاكتات أيضا. وأثناء تخزين الجبن المطبوخ فإن أملاح عديد الفوسفات تتحول جزئيا أو كليا الى أملاح أحادية وثنائية الفوسفات di-and monophosphates وتحتوى الجبن المطبوخ بصورة عامة على نفس العناصر الغذائية للجبن المصنع منها وتختلف محتوى الدهن من ٩ الى ٣١٪ ومحتوى البروتين من ٨ الى ٢٤٪ كما أن محتوى الأملاح المعدنية يكون مماثلا لما هو موجود فى الجبن الأصلى . أضافة أملاح عديدة الفوسفات لايؤدى الى زيادة محتوى الجبن من الفوسفات بدرجة كبيرة حيث يختلف محتوى الجبن من الفوسفات من ٠,٤-٢,٧ ٪ فى الجبن الطبيعى ، ومن ٠,٨-٢,٧٪ فى الجبن المطبوخ . ويحدث بعض الفقد لفيتامينات B_1، B_2 ، النياسين ، حمض بنتوثينيك pentothenic acid ، B_{12} أثناء صناعة الجبن المطبوخ . يرتفع محتوى الأحماض الأمينية الحرة فى الجبن وقابلية البروتين للهضم بعملية الطبخ processing ويعتقد أن الاستفادة من بروتينات الجبن المطبوخة تكون أفضل عن بروتينات الجبن الطبيعية ، ولا يحدث تغيير فى مدى توفر الليسين lysine كما أن الاستفادة من الكالسيوم يكون أفضل مع أغذية الجبن المطبوخ عنه مع أغذية اللبن واليوجهورت .

عديد الفوسفات المهضومة مع الغذاء لاينتج عنة تأثير فسيولوجى حيث أنها سريعة التحول بواسطة الانزيمات الى فوسفات أحادية والتى تمتص بعد ذلك، لذلك فإن هذه الاملاح غير ضارة بالصحة. والفوسفات المهضومة كجزء من الجبن المطبوخ يجب أن يأخذ فى الإعتبار من ضمن الاحتياجات من الفوسفور الكلى والذى يتكون من محتوى الفوسفور الطبيعى فى الغذاء بالاضافة الى فوسفات أحادية وعديدة مضافة ،

الفوسفات الموجودة فى الجبن المطبوخ قد تساهم فى تغطية الإحتياجات من الفوسفور ونظرا لأن الاحتياجات اليومية على مدى طويل من الفوسفات العديدة تبلغ ٤٠ ملليجم/كجم من وزن الجسم فى المتوسط فإنة ليس هناك خطورة من تناول الجبن المطبوخة حيث لا يؤدى تناولها الى الافراط فى جرعة الفوسفات. عند حساب كمية الفوسفات المضافة والمهضومة من خلال الجبن المطبوخة وغيرها من الاغذية المدعمة بالفوسفات وجد أنها حوالى ١,٢ جرام/ اليوم وهذا يقع فى نطاق الاختلاف فى احتياجات الفوسفات اليومية. تعتبر الجبن المطبوخة غذاء ذو قيمة متميزة حيث يعتقد أن الفوسفات تحمى من تسوس الأسنان dental caries .

وليس هناك أعتراض على استخدام السترات كأملاح استحلاب حيث أن حمض الستريك وأملاحة توجد فى كثير من الاغذية ونواتج طبيعية لعمليات التمثيل الغذائى فى جسم الإنسان .

٥- تأثيرات غذائية خاصة بالجبن

٥-١ - التأثير المضاد لتسوس الأسنان للجبن Anticariogenic effect

لوحظ من التجارب مع الحيوانات والإنسان أن الجبن قد يحمى من تسوس الأسنان dental caries. وفى إختبار مضغ chewing test فإن الجبن ينتج كميات كبيرة من حامض اللاكتيك الذى يتحلل بدرجة كبيرة بعد ١-١٠ دقائق حيث كان pH بعد ٩٠ دقيقة حوالى ٦,٧٠ ولم ينخفض الى أقل من درجة pH الحرج (٥,٥). الاختبار الذى يجرى على لعاب الانسان يؤكد طبيعة مقاومة التسوس للجبن . فى الفئران التى تم تغذيتها على أغذية تحتوى ٥ أو ٢٠٪ سكروز وجد أن الاصابة بتسوس الأسنان كان واضحا بدرجة كبيرة عما فى الفئران التى تم تغذيتها على جبن تحتوى على ٢٠٪ سكروز كما كانت الإصابه بتسوس الأسنان أقل فى الفئران التى غذيت على الجبن.

هناك عدد من التفسيرات المحتمل حدوثها لشرح التأثير المفيد للجبن فى هذا الشأن:

- انفراد الكالسيوم وانتشارة فى طبقة البلاك plaque فى الاسنان من التأثيرات الهامة وعند دراسة المكونات الأكثر نشاطا ضد تسوس الأسنان فى المستخلص المائى لجبن وجد أن معظم هذا التأثير يرجع الى محتوى الكالسيوم والفوسفور والذى يحتمل أن يؤثر على عمليات نزع واكتساب المعادن demineralization-remineralization process .

- تناول الجبن يسبب زيادة سريان اللعاب الذى يميل الى القلوية وبالتالى يعمل كمنظم buffer.
- الكازين أو ببتيدات معينة قد تلعب أيضا دورا فى الحماية من تسوس الأسنان .

ويجب التأكد على ان تناول أى جبن بواسطة الأفراد وخاصة الذين لديهم استعداد لحدوث التسوس يجب أن يكون فى الوقت الذى عنده يمكن أن يعطى أفضل تأثير، ويكون ذلك بعد تناول الطعام مباشرة حيث يكون انتاج الحامض عند أعلا حد له ومعادلة neutralization الحموضة بواسطة اللعاب وزيادة فى كالسيوم طبقة البلاك وبالتالى يمكن الحصول على أفضل تأثير.

٥-٢- وجود أورام Tumour incidence

وجد أن الإصابة بسرطان الثدى يكون مرتبطا ايجابيا بمدى تناول الجبن حيث أن نسبة الإصابة تكون أقل عند السيدات اللاتى يتناولن الجبن يوميا. وقد كانت نسبة الإصابة فى المجموعة التى تتناول جبن ٣٢٪ بينما كانت فى مجموعة الكنترول ٣٨٪. ونظرا لأن الفروق بسيطة بين المجموعتين فإن الأمر يحتاج الى مزيد من الدراسة والبحث.

٦- إضافة النترات

٦-١- النيتريت nitrite

فى جميع أنواع الجبن التى يتم تسويتها لفترة طويلة هناك خطورة من أن البكتيريا المتجرثمة اللاهوائية من نوع Clostridia وخاصة *C. tyrobutyricum* التى تقاوم البسترة قد تسبب تخمر حمض البيوتريك butyric acid fermentation بدرجة كبيرة مسببا انتفاخ الجبن مما يجعلها غير صالحة للإستهلاك. لذلك فأن إضافة ١٥ جرام من نترات الصوديوم ($NaNO_3$) أو نترات البوتاسيوم ($K\ NO_3$) لكل ١٠٠ لتر من لبن الجبن مسموح به كحد أقصى فى صناعة بعض أنواع من الجبن النصف جافة حيث أنه خلال فترة التسوية تختزل النترات nitrates الى نيتريت nitrites والتى تثبط نمو Clostridia وبالتالى تمنع ما يسمى انتفاخ الجبن المتأخر late bloating cheese. النيتريت ليس لها تأثير على نمو بكتيريا حامض اللاكتيك. لا تستخدم النترات أو نسبة ضئيلة منها فى صناعة الجبن الامينتال حتى لا يحدث تثبيط أو خلل فى تخمر حمض البروبيونيك. ويفضل استخدام الترشيح الدقيق microfiltration (MF) للبن فى صناعة الجبن بدون اضافة النترات أو استخدام الليسوزيم lysozyme أو ازالة البكتيريا بالطرد المركزى bactofugation لتقليل اضافة النترات .

جزء من النترات التى تضاف أثناء صناعة الجبن تفقد مع الشرش أو يتخلل الى المحلول الملحى brine وجزء آخر من النترات يختزل الى غازات حيث يتبقى فقط جزء صغير فى صورة نيتريت. فى حالة الجبن المصنوعة بدون اضافة النترات فإن النترات الناتجة طبيعيا تتراوح من ١-٨ ملليجم / كجم بينما تتراوح فى الجبن المضاف اليها نترات من ١-٤١ ملليجم / كجم . وتشير المواصفات الهولندية أن بقايا النترات فى الجبن يجب ألا يتجاوز ٥٠ ملليجم/كجم جبن . وفى ألمانيا وجد أن النيتريت لا يمكن الكشف عنها فى ٩٥٪ من عينات الجبن الجافة ، ٨٨٪ من عينات الجبن النصف جافة. ينخفض محتوى الجبن من النترات تدريجيا أثناء التسوية .

النيتريت مركب سام لذلك فإن الجبن يجب ألا تحتوى على أى كميات ضارة منها عند نهاية فترة التسوية .وقد وجد أن النيتريت المتكونة أثناء تسوية الجبن تتحلل بسرعة لدرجة أن الناتج النهائى يحتوى على آثار فقط من النيتريت . إضافة ٢٠ جم نترات لكل١٠٠ لتر لبن فى جبن لا يؤدى الى وجود نيتريت فى الجبن الناتج. معظم الجبن بصفة عامة لا تحتاج الى اضافة نترات أثناء الصناعة وتكون خالية من النيتريت .

فى هولندا فإن الحد الأقصى المسموح به من النيتريت فى الجبن هو٢ جزء فى المليون ولكن الأرقام الحقيقية التى أمكن التوصل اليها فى الابحاث العديدة أقل من ذلك. وقد وجد أن محتوى النيتريت فى جبن الجودا المصنوعة من لبن مضافة اليه ٢٠ جرام نترات لكل ١٠٠ لتر لبن يرتفع الى حد أقصى يصل الى ٠,٧ ملليجم/كجم ثم ينخفض بدرجة كبيرة أثناء التسوية . تفاعل الليبيدات مع النيتريت يعتبر أحد العوامل المسببة فى إنخفاض ملحوظ لمحتوى الجبن من النيتريت .

وقد أوضحت نتائج التجارب على الحيوانات أن الحد الأقصى للجرعة اليومية المأمونة للإنسان من النيتريت هى ٤٦ ميكروجرام /كجم من وزن الجسم . والاحتياجات اليومية المقبولة بواسطة منظمة الصحة العالمية WHO هى ٥ ملليجم نترات أو ٠,٢ ملليجم نيتريت لكل كجم من وزن الجسم يوميا . التركيزات المنخفضة من النترات والنيتريت فى الجبن لا تمثل خطورة صحية على المستهلك . الاحتياجات الغذائية اليومية من النترات فى الدول المختلفة تختلف من ٥٠ الى ١٠٠ ملليجم وفيها تساهم الخضروات بحوالى ٧٠-٨٠٪ واللبن ومنتجاته بما فيها الجبن بحوالى ٠,٢-٠,٣ ملليجم فقط فى اليوم والتى تمثل ٠,٢-٠,٦ ٪ من الاحتياجات الكلية من النيتريت. كمية النيتريت المهضومة مع اللبن ومنتجاته تكون أقل (٠,٠١ -٠,٠٢ ملليجم / اليوم أو ٠,١٪ من الاحتياجات الكلية من النيتريت) .

٦-٢- نيتروز أمين

يتكون نيتروز أمين nitrosamines نتيجة تفاعل بينْ الامينات الثانوية والنيتريت ويوجد ٦٠ نيتروز أمينات مختلفة معروفة ومعظمها يسبب أمراضا سرطانية بدرجة كبيرة فى الفئران. يتوقف تكوين نيتروز أمين على كمية النيتريت الموجودة ولايرتبط بتركيز الامين . الهستامين والتيرامين من الأمينات الرئيسية الموجودة فى الجبن لا تدخل ضمن الأمينات التى تتحول الى نيتروزامين. يعتمد التفاعل على pH ويحدث بدرجة أفضل عند pH يتراوح من ٢ الى ٤,٥ ، pH الجبن أعلا من ذلك وبالتالى يمنع حدوث هذا التفاعل الذى يؤدى الى تكون نيتروز أمين . بعض الفطريات مثل *Penicillium camemberti* يكون قادرا على تكوين نيتروز أمين فى نطاق pH الجبن ومع ذلك فإن هذه الأنواع من الجبن عادة تصنع من لبن معامل بالنترات ولا تحتوى على هذا الفطر .

يمكن أن يتكون نيتروز أمين فى معدة الحيوانات والإنسان من النيترات والأمينات الثانوية ، يشجع pH المنخفض للعصير المعوى على حدوث هذا التفاعل . ومع ذلك يمكن إيقاف هذا التفاعل تماما بواسطة حمض الأسكوربيك ويعتقد أن مركبات النيتروز nitroso فى الجبن قد يتحلل بواسطة أنزيمات .

وفى ألمانيا وجد أن النيتروز أمين يوجد بتركيز قد يصل ١,٢ ميكروجرام / كجم فى الجبن الناتجة بإضافة الكميات المسموح بها من النترات. بينما وجد أن تركيز النيتروز أمين كان أقل من ٠,٥ ميكروجرام/كجم فى ٩٦٪ من عينات الجبن التى تم فحصها. محتوى معظم الجبن من النيتروزامين منخفض جدا حيث يصل إلى حوالى ٠,٠١ ميكروجرام/كجم. لا توجد علاقة بين محتوى الجبن من النترات ومحتواها من النيتروز أمين . وقد وجد أن الجبن المصنوعة بدون إضافة النترات غالبا ما تحتوى على نيتروز أمين فمثلا عندما تكون النيتريت الناتجة سواء من الجبن المحتوية على نيتريت أو من منتجات اللحوم موجودة أثناء صناعة الجبن المطبوخة أو منتجاتها فقد يتكون نيتروز أمين. ويمكن منع حدوث هذا التفاعل بإضافة حمض الاسكوربيك ولا يوجد نيتروز أمين بمستويات يمكن الكشف عنها فى الوجبات المحضرة من جبن محتوية على نيتريت أو لحوم.

. مركبات النيتروزامين التى غالبا ما تكون موجودة فى الجبن هى dimethylnitrosamine فى هولندا بتركيزات تصل الى ٠,١٥ ميكروجرام /كجم ، diethylnitrosamine بتركيزات تصل الى ٠,٠٣ ميكروجرام/كجم. تنتمى النيتروز أمين لمجموعة المكونات التى تسبب الأمراض السرطانية بدرجة كبيرة فى الحيوانات ، كما

تؤكد التقارير أنها تسبب أيضا أمراض سرطانية فى الإنسان . وبناء على الدراسات السمية على الحيوانات فقد إقترح حد الأمان safety ٥-١٠ ميكروجرام/جرام من الغذاء ، وقد وجد أن الأفراد يتناولون أقل من ٥٠ ميكروجرام من نيتروز أمين/ السنة مع أغذيتهم.

ويبلغ متوسط الاحتياجات اليومية فى المملكة المتحدة حوالى ١ ميكروجرام يساهم فيها الجبن بـــ ٤٪ بينما فى اليابان يكون متوسط الإحتياجات اليومية ٠,٥ ميكروجرام ويساهم الجبن بـ ٠,١٪ . تشير بعض الحقائق الى أن جسم الإنسان نفسة ينتج نيتريت مما يدل على حدوث بناء داخلى للنيتروز أمين لذلك فإن الكميات الضئيلة المتكونة فى الجبن يمكن التغاضى عنها، وكقاعدة عامة فإن تكوين النيتروز أمين يحدث عند قيم pH والتى تكون شائعة فى التجارب المعملية ولكن تكون نادرة الحدوث أثناء تجهيز الأطعمة فى المنازل .

٧- السموم الميكروبية Microbial toxins

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

١- "roquefortin" وهو عبارة عن alkaloid وهو ناتج تحلل بواسطة *P.roqueforti* فى الجبن المعرقة بالفطر ، ويوجد بتركيزات ٠,٥-٦,٨ جزء فى المليون وهذه التركيزات منخفضة جدا وبعيدة عن حدود السمية لذلك فإن تناول الجبن المعرقة بالفطر لا تسبب أى أضرار صحية للمستهلك .

٢- سموم PR "PR-toxin" الذى يتكون بواسطة عدد قليل من سلالات *P.roqueforti* وعلى البيئات الصناعية فقط ، يعتبر الجبن بيئة غير مناسبة لتكوين هذة السموم بالاضافة الى ذلك فإن سموم -PR غير ثابتة وحتى إذا وجدت فى الجبن فإنها تتفاعل مع مجاميع الأمين وتتحول بسرعة جدا الى 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/١٠٠ من PR-toxin ، ٠,٩

-١٨,٠ملليجم/١٠٠ مل من roquefortin.

٣- الباتيولين patulin وهو ناتج سام من الفطر ويعتبر مادة مسرطنة حيث 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 جبن Tilsiter التى تم حقنها فعلا بالميكروبات المنتجة للباتيولين .

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

لايوجد فى مزارع *P.caseicolum* ، *P.camemberti* أى سموم فطرية mycotoxins. حمض سيكلوبيازونيك cyclopiazonic acid الذى يتكون بواسطة بعض سلالات من *P.camemberti* و الذى قد يوجد فى بعض أنواع من الجبن المسواة سطحيا بالفطر الأبيض (أساسا فى قشرة الجبن rind) ليس لديه القدرة على إحداث تغيرات طفرية.

عندما تغذى الحيوانات على مزارع الفطر المستخدمة فى صناعة الجبن أو عندما يحقن هذه الحيوانات بالمستخلص الخام لهذه الفطريات لم يلاحظ أى تأثير ضار. وعند أخذ جميع النتائج فى الإعتبار عن وجود النشاط البيولوجى لسموم الفطريات التى توجد طبيعيا فى الجبن المسواه بالفطر فإنة يستبعد حدوث أضرار صحية للإنسان حتى عند تناول كميات كبيرة من الجبن .

وقد وجد أنه من بين ٢٢ نوع من *Aspergillus* نوع واحد قادر على انتاج أفلاتوكسين aflatoxins بعد النمو المباشر على نوع جبن يونانى " Teleme " . وتحت ظروف خاصة وجد أن فطر *Aspergillus versicolor* ، والذى ينتمى للفلورا الملوثة لجبن الجودا ، يمكن أن ينتج السم الفطرى ستريجماتوسستين sterigmatocystin ويمكن تجنب نمو هذا الفطر على الجبن بوسائل تكنولوجية. قد يتكون حمض البنزويك أيضا نتيجة نشاط ميكروبى فى الجبن . وقد وجد أن جبن التشدر، Quarg يحتوى على ٢٠-٢٥ ملليجم حمض بنزويك /كجم وجبن الجودا و Cottage والجبن المطبوخ على حوالى ١٠ ملليجم/كجم والكممبير والأيدام على حوالى ٧ ملليجم/كجم وتحتوى الجبن المعرقة

بالفطر Blue cheese على آثار من حمض البنزويك. يحدث انتقال حمض البنزويك والهيبوريك benzoic & hippuric acids واللذان يوجدان طبيعيا فى اللبن الى الجبن فقط عند مستوى أقل من ١٠٪ .

تنتج بعض الفطريات مثل *A.flavus, A.parasitcus* سموم تعرف بالافلاتوكسين aflatoxin قد تسبب سرطان الكبد وخاصة أفلاتوكسين B_1. إذا تناولت ماشية اللبن عليقة ملوثة بالأفلاتوكسين B_1 (الاكثر انتشارا فى العلائق) يتحول هذا التوكسين الى مشتق M_1 (يسبب السرطان) الذى ينتقل الى اللبن. عند استعمال مثل هذا اللبن فى صناعة الجبن فإن الافلاتوكسين 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. وقد دلت الدراسات على أن الافلاتوكسين ثابت فى الجبن ولا يتعرض لأى تلف أثناء التخزين وأن من المتوقع أن تحتوى الجبن على ما بين ٣,٥-٥ أضعاف كمية الافلاتوكسين M_1 الموجود فى اللبن (يرجع إلى ٢- الفصل التاسع).

٨- الأمينات المرضية فى الجبن

نظرا لأن الجبن من الأغذية المرتفعة فى محتواها من البروتين فإنها تعتبر بيئة مثالية لتكوين الأمينات بواسطة أنواع معينة من البكتيريا عن طريق نزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأمينية. وجود الأمينات وتراكمها فى الجبن يعتمد على وجود أنواع معينة من البكتيريا والأنزيمات، مادة التفاعل substrate ، العوامل المساعدة المناسبة cofactorsوبعض الظروف البيئية مثل pH ، درجة الحرارة ، الملح ، الرطوبة. تختلف وجود الأمينات بدرجة كبيرة بين أنواع الجبن المختلفة وقد وجد أن الجبن الطرية غنية فى الأمينات بينما الجبن الجافة فقيرة نسبيا فى الأمينات .

يوجد فى الجبن عديد من الأمينات الطيارة volatile amines فى الجبن: diethylamine, n-hexylamine, dimethylamine, ethylamine, methylamine, n-propylamine , n- butylamine, وغيرها . كما توجد أيضا أمينات غير طيارة non- volalile amines فى الجبن مثل التيرامين والهستامين والتيربتامين وغيرها وهذه الأمينات نشطة بيولوجيا وتعرف بالامينات المرضية biogenic وأكثرها شيوعا فى الجبن الهستامين histamine والتيرامين tyramine حيث توجد فى الجبن المسواه نتيجة لنزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylation كما توجد أنواع مختلفة من الأمينات فى كثير من أنواع الجبن (جدول ٩-١١). يسبب التيرامين أرتفاع ضغط الدم وقد يكون

مصحوباً بصداع وحمى وقئ وتبلغ الجرعة السامة ١٠-٨٠ ملليجم بينما الهستامين يسبب إنخفاضاً فى ضغط الدم مع صداع وألم فى المعدة وغثيان وقئ وعطس والتهاب فى الشفاه وتبلغ الجرعة السامة ٧٠-١٠٠ ملليجم. ويعتقد أن *Lb.buchneri* (ليس من بكتيريا البادئ) يلعب دورا رئيسيا فى نزع مجموعة الكربوكسيل من الهستدين كما ينتج الهستامين بكميات صغيرة نسبيا بواسطة سلالات من *Lb. fermentum* ، *Lb.helveticus* ، *L.lactis* ، *En. faecium* والتى تم عزلهم من جبن سويسرية. بكتريا *Lb.helveticus* ، *L.lactic* لهما أهمية خاصة ويرجع ذلك الى دورهما كبادئ. ومع ذلك فإن احتمال وجود سلالات قادرة على نزع مجموعة الكربوكسيل من الهستدين histidine decaboxylating strains محدود نسبيا وحتى عندما توجد فإن كميات كبيرة لحد ما من الهستامين تتكون فقط تحت ظروف معينة (مثل درجة حرارة مرتفعة وتركيزات منخفضة من كلوريد الصوديوم) .

يحتوى الجبن عادة على مستويات منخفضة من الهستدين الحر ويبدو أن تحلل البروتين يعتبر خطوة أولية فى تكوين الهستامين ، ولهذا السبب فإن مشكلة سمية الهستامين تكون أكثر حدوثا مع أنواع الجبن مثل السيتليتون والسويسرية والتى يحدث بها تحلل شامل للبروتين أثناء التسوية .

وتحت الظروف العملية فإنه من الصعب إستبعاد البكتيريا التى لها القدرة على نزع مجموعة الكربوكسيل من الهستدين ولكن التسوية على درجة حرارة أقل من ٧°م تكون وسيلة فعالة لمنع تكوين الهستامين. توجد طرق بسيطة نسبيا لمحاولة تقدير الهستامين وكذلك طرق الكشف عن وجود البكتيريا التى تستطيع نزع مجموعة الكربوكسيل من الهستامين وقد تستخدم فى فحص الحالات المرضية الناتجة عن هذه الأمينات أو تحديد حالات الجبن المشكوك فيها. وعموما فإن انتاج الجبن تحت ظروف تكنولوجية وصحية جيدة قد تؤدى الى تقليل فرص تواجد البكتيريا المنتجة للأمينات فى أعداد كبيرة وبالتالى تضمن عدم إحتواء هذه الجبن على الأمينات المرضية بجرعات سامة (يرجع إلى ٢-٢-٢- البروتين) .

٩- حفظ الجبن

حمض السوربيك وأملاحة من الكالسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم لهم تأثير فعال بدرجة كبيرة فى منع نمو الخمائر والفطريات. لذلك فإن حمض السوربيك قد يستخدم فى معاملة أسطح الجبن الجافة والنصف جافة لمنع نمو الفطريات أثناء التسوية والتخزين

وبالتالى يحافظ على جودة الجبن. ترجع أهمية هذه الطرق للحفظ الى أنها تمنع أيضا نمو الفطريات القادرة على انتاج الأفلاتوكسين فمثلا تركيز سوربات ٢٠٠-٤٠٠ جزء فى المليون يمنع أو يثبط نمو الفطريات المنتجة للأفلاتوكسين. كما أن السوربات تقلل بدرجة كبيرة أو تمنع انتاج الباتيولين patulin بواسطة *P.patulum* .

جدول ٩-١١ : الأمينات الموجودة فى بعض أنواع مختلفة من الجبن

الجبن	الأمينات	الجبن	الأمينات
بريك	Tryptamine	جروير	Putrescine
	Tyramine	موزاريلا	Cadaverine
كممبير	Cadaverine	برمسان	Tyramine
	Putrescine	برفلونو	Cadaverine
	Tyramine		Putrescine
تشدر	Cadaverine	رومانو	Tyramine
	Phenylethylamine	ركفور	Cadaverine
	Putrescine		Putrescine
	Tyramine		Tyramine
إيدام	β - Phenylethylamine	سويسرية	Cadaverine
	Putrescine		Putrescine
	Tryptamine		Tyramine
	Tyramine	رأس	Tyramine
جودة	Tryptamine		Histamine
	Tyramine		Putrescine
دمياطى	Tyramine		Cadaverine
	Histamine		Phenylethylamine
	Tryptamine		
	Phenylethylamine		
	Putrescine		

حمض السوربيك ضار بدرجة ملحوظة حيث أن الجسم يستخدمة 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 عليقة تحتوى على ٥٪ حمض السوربيك لم يظهر عليها أى أعراض مرضية. استخدام حمض السوربيك وأملاحة مسموح به فى عدد من الدول فىمعاملة بعض الأغذية خاصة الجبن. وحمض السوربيك أحد المواد الحافظة الشائعة الاستخدام نظرا لأنه غير سام وفى نفس الوقت لة تأثير قوى فى الحفظ .

ناتاميسين natamycin ويعرف بالـ "pimaricin" مضاد حيوى ينتج بواسطة *Streptomyces natalensis* وهو مثل حمض السوربيك يثبط من نمو الفطريات والخمائر

ولكنه لة تأثير ضعيف على البكتيريا . فطر *Aspregillus flavus* بصفة خاصة حساس جدا للناتاميسين.

يستخدم الناتاميسين مثل حمض السوربيك فى معالجة أسطح الجبن . يبقى الناتاميسين على سطح الجبن لفترة طويلة نسبيا ، بينما ينتقل السوربات من سطح الجبن الى داخل الجبن وفى حالة الناتاميسين فإنة يحدث انتقال لمسافة لا تزيد عن ٢ ملليم من القشرة السطحية .

نظرا لأن العمق الذى ينفذ الية الناتاميسين محدود جدا فإن الجبن المعاملة بالناتاميسين تكون مقاومة للإصابة بالفطريات لمدة حوالى ٨ أسابيع كما أنه يمنع تكوين الأفلاتوكسين . عند تسويق الجبن للإستهلاك فإن مستوى الناتاميسين يجب ألا يتجاوز ٢ ملليجم / dm^2 من سطح الجبن وأن العمق الذى ينفذ الية داخل الجبن يجب ألا يتجاوز ٥ ملليم . بالرغم من أن الناتاميسين يستخدم لعدة سنوات فإن الفطريات والخمائر لم تكوّن أى مقاومة ضد هذا المضاد الحيوى . ليس لهذا المضاد الحيوى أى تأثيرات فسيولوجية وغير سامة ، كما أنه لم يتسبب فى ظهور أى أعراض حساسية عند استخدامه والكمية المقبولة للإستهلاك من الناتاميسين هى ٠,٢٥ ملليجم /كجم من وزن الجسم يوميا .

obeikandl.com

مراجع مختارة

Selected references

١ – المراجع الأجنبية

- Abd EL-Salam; M. H. and S. EL-Shibiny. 1966. The chemical composition of buffalo milk. 1- General compostion. Indian J. Dairy Sci., 19:151.

- Abd-Rabo, F. H.; S. H. Taha. and M. N. A. Hassan. 1991. Ras cheese manufacture from buffalo's milk using different renneting systems. Egypt . J. Food sci., 19:169.

- Adams , M. R. and M. O. Moss.1995. Food Microbiology. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. UK.

- Addeo, F.; J. C. Mercier and B. Ribadeau - Dumas. 1977. The caseins of buffalo milk . J. Dairy Res. 44:455.

- Adrews, A.T. and J. Varley. 1994. Biochemistry of Milk Products. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.

- Ali, A. A. 1994. Accelerating cheese ripening with bacterial proteinases. Ph.D. Thesis, Faculty of Agric., Ain Shams University, Cairo, Egypt.

- Ali, A. A.; A. E. Shehata; T. E. Shehata and E. M. Sybert. 1992. Heat- stable Proteases produced by *B. subtilis* and *P. fluorescens* recovered using Millipore pellicon membranes. Presented at the ADSA 87th Annual meeting, Submitted for publication.

- Alkhalaf, W.; M. EL-Soda; J.C. Gripon and L.Vassal. 1989.Acceleration of cheese ripening with liposomes -

obeikandl.com

entrapped proteirase : Influence of liposomes net charge. J. Dairy Sci. 72:2233.

- Asker, A. A.; M. Gaafar; M.N.I. Magdoub; and A.E. Shehata. 1982. Manufacture of Domiati cheese by direct acidification method. Egypt.J. Dairy Sci., 10:73.

- Attaie R.; R.L. Richter and E. Risch. 1996. Producrtion of Cottage cheese using dressing fermented Bifidobacteria. J. Dairy Sci., 79:8.

- Back, J. P.; S. A. Langford and R. G. Kroll.1993. Growth of *L. moncytogenes* in Camembert and other soft cheeses at refrigeration temperatures. J. Dairy Res., 60:421.

- Bery, G. and F. A. Exterkate. 1993 . Technological parameters involved in cheese ripening . Int. Dairy J., 3:485.

- Birkeland, S. E.; R. K Abrahamsen and T. Langsrud. 1992. Accelerated cheese ripening : Use of lac ⁻ mutants of Lactococci. J. Dairy Res., 59: 389.
- Branen, A.L.; P.M. Davidson and S. Salminen, (eds.). 1990. Food Additives. Marcel Dekker, Inc. New York.

- Buaggi, M. M.; M. E. Johnson and M. E. Marth. 1992. Survival of *Listeria monocytogenes* during the manufacture and ripening of Swiss cheese . J. Dairy sci., 75:380.

- Davis, J.G. 1965. Cheese. Vol. 1: Basic Technology. American Elsevier Publishing Company Inc., New York , USA.

- Davis, J.G. 1966. Cheese. Vol. III: Manufacturing Methods. American Elsevier Pulbishing Company Inc., New York , USA.

- Davies, F. L. and B.A. Law, (eds.). 1994. Advances in the Microbilogy and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk . Elsevier Applied Science Publishers, London and New York.

- De Vuyst, L. and Vandamme, R.J. (eds.). 1994. Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. Microbiology, Genetics and Application. Blackie Academic & Professional, London.

- Early, R. (ed.). 1992. The Technology of Dairy Products . VCH Publishers, Inc. New York.

- El-Nawawy M. A.; A. E. Shehata; A. A. Hofi; Laila A. El - Koussy and Nagla A. Hegazi. 1983 Production of microbial rennet. Il - partial Purification and some properties of the proteases produced by *M. pusillus* CAlM 171 and *M. Pusillus* CAIM 113. Parper read at the 2nd Egypt. Confer, Dairy Sci.& Technol., Nov. 1983. Cairo, Egypt .

- El- Sadek, G. M.; A. E. Shehata ; A. A.. Hassan and H. A. El-Tobgi. 1975. The effect of freeze-drying on viability and activity of lactic strepococci cultures. Egypt J. Dairy Sci., 3:95

- El-Sadek, G. M.; A. E. Shehata and M.N.I. Magdoub. 1969. Effect of formaldehyde on keeping quality of milk . Res . Bull. No. 28, Fac. of Agric., Ain Shams Univ.

- El- Sadek, G.M.; A. E. Shehata and M.N.I. Magdoub . 1969. Effect of H_2O_2 on keeping quality of milk. Paper read in the 3 rd conference of animal production , Cairo. Egypt.

- EL-Shibiny, S.; G. M. Mahran; H. F. Haggag ; M. B. Mahpouz and M. M. EL-Sheik.1991. Manufacture and qualtiy of UF Ras cheese . Nahrung, 35:1028.

- El-Soda, M. 1986. Acceleration of cheese ripening : recent advances. J. Food Prot. 49:395.

- EL- Soda, M. A. 1993. Accelerated maturation of cheese. lnt . Dairy J., 3:531.

- EL-Soda, M. A. 1993. The role of lactic acid bacteria in accelerated cheese ripening. FEMS - microbiol Rev., 12:239.

- EL-Soda, M. A.; A. A. Hantira; N. I. Ezzat and H. K. El-Shafei. 1992. Accelerated ripening of Ras cheese using freeze-shocked mutant strains of *Lb. casei.* Food chemistry, 44:179.

- El-Soda, M A. and S. Pandian. 1991. Recent developments in accelerated cheese ripening . J.Dairy Sci., 74:2317.

- El-Zayat; A.I. and E.H. EL-Bagoury. 1988. Tryptamine, Tyramine and Histamine content of Domiati, Ras and Roquefort cheese. Egypt . J.Dairy Sci., 16:197.

- Fontecha, J.; C. Pelaeg; M. Juarcz and M.C. Martin-Hernadez. 1994. Effect of freezing and frozen storage on the physicochemical, organoleptic and microbiological characteristics of a semi-hard ewes's milk cheese. J. Dairy Res., 61:133.

- Food and Agricultural Organization.(FAO) 1995.Year Book Production. Vol. 49. United Nation.

- Fox, P.F. (ed.). 1985. Development in Dairy Chemistry - 3. Lactose and Minor Constituents. Elsevier Applied Science Pubilshers, London and New York.

- Fox, P.F. (ed.). 1993. Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology. Vol.1, 2nd edn, Chapman Hall, London.

- Fox, P.F. (ed.). 1993. Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology. Vol.2, 2nd edn, Chapman & Hall, Landon.

- Fox, P. F. and L. Stepaniak. 1993 . Enzymes in cheese technolgy. Int . Dairy J., 3:509.

- Frazier, W.C. and D.C. Westhoff, 1988. Food Microbiology. 4th edn, Mcgraw-Hill Book Company, New York.

- Gehan, A. Moustafa. 1994 . Studies on *staphylococcus aureus* in soft cheese. M. Sc. Thesis, Facully of Agric., Ain Shams Univ, Cairo, Egypt.

- Gilliland, S.E. (ed.). 1985. Bacterial Starter Cultures for Foods. CRC Press Inc., Boca Raton , Florida, USA.

- Gomaa, M. S; M. Y. Mehana; M. B. A. El-Razek, 1992. Utilization of autolyzed starter to accelerate ripening process of Ras cheese. Egypt . J. Food Sci., 20:313.

- Grappin, R.; T. C. Rank and N.F. Olson. 1985. Primary proteolysis and cheese protiens during ripening. A review. J. Dairy Sci. 68:531.

- Grazier, C. L.; F. W. Bodyfelt; M. R. Mcdamiel, and J. A. Torres. 1991. Temperature effects of the development of Cheddar. cheese flavor and aroma . J. Dairy Sci., 74:3656

- Guinee, T. P.; P. D. Pudja and E. O. Mulholland. 1994. Effect of milk protein standardization, by ultrafiltration, on the manufacture, composition and maturation of Cheddar cheese J. Dairy Res., 61:117

- Hagrase, A. E.; H. F. Haggage; F. M. Abo El -Naga and A. E. Shehata 1984 Effect of direct acidification on the yield and gross composition of Ras cheese. Egypt.J. Dairy Sci., 12:231.

- Hamdy, A. ; Z. A. El - Atawy, C. M. El- Sadek and A.E. Shehata. 1974. Effect of standardization of buffalo milk fat on soft cheese yield and properties. Agric. Rev. Res. 52:201.

- Harper, W. J. and C. W. Hall. 1976. Dairy Technology and Engineering. The AVI Puplishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

- Hassan, A.S. 1996. Accelerated cheese ripening with microbial lipases. Ph.D Thesis, Fac. Agric., Ain Shams Univ.

- Hofi, A. A.; A. E. Hagrass; F. M. Abo- El- Naga; H. F. Haggage and A.E. Shehate. 1984 Effect of direct acidification on some milk properties. Egypt . J. Dairy Sci., 12:145.

- Hofi, A. A.; A. E. Shehata; M. A. El-Nawawy, Laila A. El-Koussy and Nagla A. Hegazi. 1983. Production of microbial rennet.III- Manufacture of white soft cheese using the protease produced by *M. pusillus* CAIM 171 and *M. pusillus* 113. Paper read at the 2nd Egypt . Confer. Dairy Sc., & Technol., Nov.1983. Cairo, Egypt.

- Hofi, A. A.; A. E. Shehata, M. N. I. Magdoub and E.O. Fayed. 1978. Acceleration of Ras cheese ripening by filtrates from milk cultures of some proteolytic spore-formers. Paper read in The XII International Congress of Microbiology , Munchen, 1978.

- Hofi, A. A.; A.E. Shehata; M.N.I. Magdoub and M.A. Hofi. 1979.Effect of hydrogen peroxiede - catalase treatment on the chemical quality of Ras cheese. Res. Bull. No. 974, Fac. of Agric., Ain Shams Univ .

- IDF. 1994. The Significance of Phathogenic Microorganisms in Raw Milk. International Dairy Federation, Belgium.

- Jones, J.M. (ed.). 1995. Food Safety. Eagan Press, Minnesota, USA.

- Joosten , H. M. J. 1988. The biogenic amine contents of Dutch cheese and their toxicological significance. Neth . Milk Dairy J. 42:25.

- Khalafalla, S. M.; A. E. Shehata; M. N. I. Magdoub and A. A. Hofi. 1976. Spore-forming bacteria in buffaloes' milk. Milchwissenschaft, 31: 738.

- Khalafalla, S. M.; G. M. El-Sadek and A. E. Shehata and M.N.I. Magdoub.1973. Effect of H_2O_2-catalase treatment on coliform organisms in milk . Egypt J. Dairy Sci, 1 :13.

- Khalafalla. S. M.; G. M. El - Sadek; A.E. Shehata and M.N.I. Magdoub. 1973.Comparative study on the effect of pasteurization and H_2O_2 - catalase treatment of milk on the chemical properties of Domiati cheese. Egypt. J . Dairy Sci., 1: 163

- Khalafalla, S. M.; G. M. El - Sadek; A.E. Shehata and M.N.I. Magdoub. 1973.Micrococci and Streptococci in the H_2O_2 - catalase treated milk .Annals Agric. Sci., Fac . of Agric., Ain Shams Univ., 18:49.

- Khalil, A.A.M. 1996. Studies on using different heat- shocked starters for accelerating Ras cheese. M.Sc. Thesis , Ain Shams Univ.

- Kosikowski, F. V. 1982. Chees and Fermented Foods, 2nd, edn., F.V. Kosikowski and Associates, Brooktondale, New York.

- Labuza, T. P. 1982. Shelf-Life Dating of Foods, Food Nutrition Press, Inc. Westport, Connecticut, USA.

- Law, B. A.; and J. S. King. 1985. Use of liposomes for proteinase addition to cheese ripening . J. Dairy Res. 52:183.

- Lewis, J. E., 1988. Cheese Starters, Development and Application of Lewis System. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York.

- Maga, J. A. and T. A. Tu, (eds.). 1995. Food Additive Toxicology. Marcel Dekker, Inc. New York.

- Magdoub. M.N.I.; A. E. Shehata; E. O. Fayed and A. A. Hofi. 1979.Effect of filtrates from milk cultures of some proteolytic sporeformers on the bacteriological quality of Ras cheese during ripening. Dairy Industries International, Vol. 44 No. 1.

- Magdoub, M.N.I.; A. E. shehata; E. O. Fayed and A. A. Hofi. 1980. Stimulation of lactic stater cultures by filtrates from milk cultures of some proteolytic spore - formers. 2. *B. cereus* Milachwissenschaft, 35:474.

- Magdoub, M.N.I.; A. E. Shehata; E. O. Fayed and A. A. Hofi. 1983. Carbonyl compounds in Domiati cheese containing different concentrations of salt and capsicum tinctiure. Annals Agric. Sci., Vol. XXVII, 125:128.

- Magdoub, M.N.I.; A. E. Shehata; E. O. Fayed and A. A. Hofi. 1983 Effect of added salt and capsicum tincture on sporeformers and coliforms in pickled Domiati cheese. Egypt. J. Dairy Sci ., 11 :140.

- Magdoub, M.N.I.; A. E. Shehata, E. O. Fayed and A. A. Hofi. 1983. Yield and weight loss in pickled Domiati cheese containing different concentrations of salt and capsicum tincture. Egypt. J. Food Sci., 15:137.

- Magdoub, M.N.I.; A.E. Shehata; E.O. Fayed and A.A. Hofi 1984 Effect of salt and capsicum tincture on the properties of pickled Domiati cheese. II. Yield and weight loss. Egypt . J. Food Sci., 12:93.

- Magdoub, M. N. I.; A. E. Shehata; M. A. Hofi and A. A. Hofi. 1979. Use of trace elements in accelerating ripening of Ras

cheese made from H_2O_2- catalase treated milk . Res. Bull. No 976, Fac. of Agric., Ain Shams Univ.

- Magdoub, M.N.I.; N. E. Sultan; N. A. Hegazi and A. E. Shehata 1984. Effect of adding calcium chloride to the rennet on milk clotting activity. Asian J. Dairy Sci., 3:47.

- Magdoub, M. N. I.;Y. A. El-Samragy; N. H. Mohammad and A. E. Shehata. 1983. Utilization of Soy milk in manufacturing Ras cheese. Annals Agric. Sci., Fac. of Agric., Ain Shams Univ., 27:188.

- Marshall, R.T. (ed.). 1992. Standard Metheds For the Examination of Dairy Products. 16th edn., American Public Health Association, Washingtion , D.C.

- Mitchell, R. (ed.). 1993. Environmental Microbiology. Wiley-Liss Inc., New York .

- Molimard, P. and H.E. Spinnler. 1996. Review: Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheese : Origins and properties. J. Dairy Sci., 79:169.

- Moussa, M. S. 1995 . Studies on the production of microbial rennet. Ph. D. Thesis, Faculty of Agric., Ain Shams Univ, Cairo, Egypt.

- Nettleton, J. A. 1995. Omega-3 Fatty Acids and Health. Chapman Hall, London.

- Nunez, M.; A. M. Guillen; M. A. Rodriguez - Marin and A. M. Murciila; P. Gaya and M. Medina. 1991. Accelerated ripening of ewe's milk Manchego cheese : The effect of neutral proteinases. J. Dairy Sci., 74:4158.

- Oberg, C. J.; R. K. Merrill; R. J. Brown. and G. H. Richardson. 1992. Effects of milk - clotting enzymes on physical properties of mozzarella cheese. J. Dairy Sci., 75:669.

- Omar, M. M. and A. H. Guirguis. 1991. Protein decomposition during ripening of cheese manufacture by coagulation total milk protein . Egypt. J. Food Sci. 19:31.

- Otero, A.; M. C. Gorcia; M. L. Gareia, J. A Samtos and B. Moreno. 1992. Behaviour of *Staph. aureus* strains FRI 137 and FRI 316 during the manufacture and ripening of Manchego cheese . Int . Dairy J. 3:85.

- Picon, A. ; P. Gaya; M. Medina and M. Nunez. 1994 . The effect of liposome encapsulation of chemosin derived by fermentation on Manchego cheese ripening . J . Dairy Sci, 77:16.

- Picon, A., P. Geaya, M.Medina and M. Nunez. 1995. The effect of liposome-encaprulated *Bacillus subtilis* neutral proteinase on Manchego cheese ripening. J. Dairy Sci., 78:1238.

- Ramk, T.C.; R. Grappin and N.F. Olson. 1985. Secondary proteolysis of cheese during ripening : Areview. J. Dairy Sci., 68:801

- Renner, E.and M.H. Abd El-Salam. 1991. Application of Ultrafiltration in the Dariy Industry. Elsevier Applied Science, London and New York

- Robinson, R.K. (ed.). 1986. Modern Dairy Technology. Vol.1 , Advances in Milk Processing. Elsevier Applied Science Pubishers, London and New York.

- Robinson, R. K. (ed.). 1986. Modern Dairy Technology. Vol.2, Advances in Milk Products. Elsevier Applied Science Publishers, London.

- Robinson, R. K. 1990. Dairy Microbiology. Vol. 1, The Microbiology of Milk. 2nd edn., Elsevier Applied science , London and New York .

- Robinson, R. K. 1990. Dariy Microbiology. Vol.2, The Microbiology of Milk Products. 2nd end., Elsevier Applied Sciemce, London and New York .

- Robinson, R.K. and A.Y. Tamime. (eds.). 1991. Feta and Related Cheeses. Ellis Horwood, New York.

- Rosenthal, I.; S. Benstein and B. Rosen. 1996. Alkaline phosphatase activity in *Penicillium roqueforti* and in blue-veined cheese. J. Dairy Sci. 79:20

- Sanders, G. P. 1953. Cheese Varieties and Descriptions. USDA, Agr. Hand book, No. 54.

- Schlesser, J. E.; S. J. Schmidt and R. Speckman. 1992. Characterization of chemical and physical changes in Camembert cheese during. ripening . J. Dairy Sci., 75:1753.

- Scloari, G.; M. Vescov; P. G. Sarra and V. Bottazzi . 1993. Proteolysis in cheeese made with liposome-entrapped protcolytic enzymes. Lait, 73:281.

- Scott, R., 1981. Cheesemaking Practice. Applied Science Publishers LTD, London.

- Shehata, A. E; A. A. Asker; S.H. Hafez and A. E. A. Hagrass. 1983 Some factors affecting production of Domiati cheese from Friesian Cows'milk. Annals Agric. Sci., Fac. of Agric.; Ain Shams Univ., 28:1453.

- Shehata, A. E.; A. A. Esmeil; A. Hegazi and A. M. Hamdy. 1978. Fractionation of commercial rennet enzymes on Sephadex G-100. Milchwissenschaft, 33:693.

- Shehata, A. E.; A. A. Hofi ; M. A. El - Nawawy, and Laila A. El-Koussy and Nagla A. Hegazi. 1983. Production of microbial rennet . I. Effect of culture conditions on protease production by the selected strains. Parper read at the 2nd Egypt. Confer, Dairy Sci.& Technol., Nov. 1983. Cairo, Egypt.

- Shehata, A. E.; A. E. Hagras; T. E. Shehata and A. A. Ali. 1995. Acceleration of Ras cheese ripenoing with Liposome-entrapped *P. fluoreseens* Protease. Submited for publication.

- Shehata, A. E.; A. M. Gaafar and Gehan, A. Moustafa. 1995. Growth and survival of enterotoxigenic *S. aureus* in Kareish cheese. Proc .6th Egypt. Conf . Dairy Sci. & Tech., 155-168.

- Shehata, A. E.; A. M. Gaafar and Gehan, A. Moustafa. 1995. Fate of enterotoxigenic *S. aureus* in Tallaga cheese. Proc 6th Egypt. Conf . Dairy Sci. & Tech., 169-182.
- Shehata. A. E.; G.M. El - Sadek; A. A. Hassan and H.A. El-Tobgi. 1974. A study on the preserving lactic streptococci cultures by freezing. Egypt. J. Dairy Sci., 2:113.

- Shehata, A. E.; G. M. El-Sadek ; S. M. khalafalla and M. N. I. Magdoub. 1975. Effect of pasteurization and H_2O_2 - catalase treatment of milk on lactic acid bacteria in Domiati cheese. Egypt J. Dairy Sci., 3:120

- Shahata, A. E.; L. A.. Abd' El- Hamid ; Z.Y. Teama and F. M. Abd' El- Naga. 1976. The relation between various constitents of buffaloes' and cows'milk. J. Agric. Res., Tanata Univ, 2 : 124

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub, E. O. Fayed and A. A. Hofi. 1980. Stimulation of lactic starter cultures by filtrates from milk

cultures of some proteolytic spore-formers. I-*B.circulans* culture filtrates. Milchwissenschaft, 35:28.

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub; E. O. Fayed and A. A. Hofi 1980. Stimulation of lactic starter cultures by filtrates from milk cultures of some proteolytic spore - formers. 3. *B. Pumilus* culture fitrates. Milchissenschaft, 35 :607.

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub; E. O. Fayed and A.A. Hofi. 1983. Effect of added salt and capsicum tinctures on lactic acid bacteria in pickled Domiati cheese. Paper read at the 2nd Egypt. Confer. Dairy Sci. & Technol., Nov. 1983. Cairo, Egypt

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub; E. O. Fayed and A. A. Hofi 1983. Chemical charactristics of Domiati cheese containing different concentation of salt and capsicum tincture. Annals Agric. Sci., Fac. of Agric. Ain Shams Univ., 27:92

- Shehata, A.E.; M.N.I. Magdoub; E.O. Fayed and A.A. Hofi 1983. Bacteriological quality of Domiati cheese containing different concentrations of salt and capssicum tincture. Egypt. J. Dairy Sci., 11:91.

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub; E. Sultan and Y. A. El-Samragy. 1983. Aerobic mesophilic and psychrotrophic sporeforming bacteria in buffaloes milk . J Dairy Sci., 66:1228.

- Shehata, A.E.; M.N.I. Magdoub; M.A. Hofi and A.A. Hofi. 1979. Bacteriological quality of Ras cheese made from hydrogen peroxide catalase treated milk. Res. Bull. No.975, Fac. of Agric., Ain Shams Univ.

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub; N. E. Sultan and I. M. Rowshdy 1986 Incidence of *Bacillus cereus* in some dairy

products. the 3rd Egypt. Conference for Dairy Sci. & Technol., Nov . 1986. Cairo, Egypt.

- Shehata, A.E.; M.N.I. Magdoub, S. M. Safty and S.M. Farahat. 1976. Influenc of H_2O_2- catalase tratment of milk on rennet coagulation time. J. Agric. Res, Tanta Univ., 2:134

- Shehata, A. E.; M.N.I. Magdoub; Y. A. Samragy and A. A. Hassan 1977. Effect of salt grade on the microbiological quality of butter. Egypt. J. Dairy Sci., 5:97.

- Shehata, A. E.; N. F. Meena Iyer; N. F.Olson and T. Richardson. 1967.Effect of type of acid used in direct acidifation procedures on moisture, firmness and calcium levels of cheese . J. Dairy Sci., 50 : 824.

- Shehata, A. E. and N. F. Olson. 1966. Manufacture of Blue cheese by direct acidification methods. J. Dairy Sci., 49:1025 .

- Shehata, A. E.; Soheir A. El-Nockrashy; Y. A. El-Samragy and B. A. Mahmoud. 1986. Effect of pre - proceessing treatment on evalution of bacterial flora of raw milk . Annals Agric. Sci., Fac. of Agric., Ain Shams Univ., 31:477.

- Shehata, A. E.; S. M. Khalafalla; A. Moneib and E. Hafez. 1976.Yield and composition of friesian milk in Egypt. I. Effect of stage of Lactation. Agric. Res. Rev., 54:126.

- Shehata, A. E.; S. M. Khalafalla; M.N.I. Magdoub and A. A. Hofi. 1977. The use of nisin in the production of sterilized milk drinks. Milchwissenschaft, 32: 412.

- Shehata, A. E.; S. M. Khalafalla; M.N.I. Magdoub and A. A. Hofi. 1977. Heat resistance parameters for spores of some Bacillus species in milk. Milchwissenschaft, 32: 136.

- Shehata, A. E.; Z. Y. Teama; M. N. I. Magdoub; R. M. Sherief and A. Gouda. 1977. Effect of adding sodium citrate to buffaloes'milk on chemical and organoleptical properties of Res cheese. Annals Agric. Sci., Moshtohor, 7:83.

- Shehata, A. E.; Z. Y. Teama; R. M. Sherief; M. N. I . Magdoub and A. Couda.1977. Effect of diluting the whey during scalding process on the chamical and organoleptical preperties of Ras cheese. Annals Agric. Sci. Moshtohor , 7:93.

- Srivastava, S. and V. Singhal. 1995. Microbiology of Food . Anmol Publications PVTLTD, New Delhi.

- Sulzer, G. and M. Busse.1993 .Behaviour of *Listeria* spp. during the production of Camembert cheese under various condition of inoculation and ripening. Milchwissenschaft, 48:196.

- Tornadijo, E.;J. M. Fresno; J. carballo and R. Marthin Sarmiento 1991. Study of *Enterobacteriaccae* throughout the manufacturing and ripening of hard goat's cheese. J.Appl. Bact., 75:240

- Van Slyke, L. L. and W.V. Price. 1952. Cheese. Orange Judd Publishing Compomy. Inc., New York.

- Varnam, A. H. and J. P. Sutherland. 1994. Milk and Milk Products, Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman &Hall, London.

- Visser, S. 1993. Proteolytic enzymes and their relation to cheese ripening and flavour : An overview . J. Dairy Sci., 76:329.

- Wilkinson, M.G.; T. P. Guinee and P. F. Fox. 1994. Factors which may influencc the determination of autolysis of starter bacteria during Cheddar Cheese ripening . Int. dairy J., 4:141

- Wilster, G.H. 1964. Practical Cheesemaking. 10th edn., O.S. U. Book Stores, Inc., Corvallis, Oregon , USA.

- Wong, N.P. (ed.). 1988. Fundamentals of Dairy Chemistry. 3rd edn., Van Nostrand Reinhold Company. New York.

- Wood, B. J. (ed.). 1992. The Lactic Acid Bacteria. Vol. 1, The Lactic Acid Bacteria in Health and Disease. Elsevier Applied Science, London and New York.

- Zadow, J. G. (ed.). 1992. Whey and Lactose Processing . Elsevier Applied science, London and New York.

٢- المراجع العربية

- المنظمة العربية للتنمية الصناعية . ١٩٨٤ . صناعة الألبان فى الوطن العربى حتى عام ٢٠٠٠ - بغداد .
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية. ١٩٩٤. الكتاب السنوى للأحصاءات الزراعية، مجلد ١٤. الخرطوم .
- جمال الدين الصادق ، سعد خلف الله، عبده السيد شحاته. ١٩٦٨. أختبارات وتصنيع اللبن ومنتجاته - كلية الزراعة - جامعة عين شمس - القاهرة .
- جمال الدين أحمد مهران وآخرون ١٩٩٣ . الحالة القطاعية للصناعات الغذائية فى مصر . كلية الزراعة - جامعة عين شمس واكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.
- جلال خليل المخلاتى . ١٩٩١. التغذية وصحة الأنسان. دار الشوانى للنشر والتوزيع . المملكة العربية السعودية .
- حامد التكرودى ، خضر المصرى. ١٩٩٤ تغذية الأنسان . مكتبة الصلاح للنشر والتوزيع . الكويت.
- حمزه محمد النخال . ١٩٨٧. علم الأحياء الدقيقة . دار المعارف .
- سمير عبد العزيز غنيم ، محمود محمود الشربينى . ١٩٩٠موسوعة قوانين مراقبة الأغذية المحلية والمستوردة وتنظيم تداولها. دار الجبل للنشر والتوزيع - بيروت.
- عبده السيد شحاته . ١٩٨٩ . تكنولوجيا الجبن (محاضرات) كلية الزراعة - جامعة عين شمس - القاهرة .

- عبده السيد شحاته ، محمد نبيل المجدوب . ١٩٩٢ . ميكروبيولوجيا اللبن ومنتجاته. كليةالزراعة - جامعة عين شمس - القاهرة.
- عبده السيد شحاته، محمد نبيل المجدوب . ١٩٩٢. المعاملات الحرارية للبن السائل. كلية الزراعة - جامعة عين شمس - القاهرة .
- عبده السيد شحاته وآخرون ١٩٩٥. صناعة الألبان أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا - القاهرة.
- عبده السيد شحاته وآخرون ١٩٩٥. رؤية حول صناعة الألبان فى مصر . المؤتمر المصرى السادس لعلوم وتكنولوجيا الألبان ، نوفمبر ١٩٩٥ - القاهرة .
- لطفى عبد المطلب ، رياض سليم . ١٩٨٣ . صناعة الجبن والألبان المتخمرة . وزارة التعليم العالى والبحث العلمى - العراق .

obeikandl.com

المـؤلـف فــى ســطور

- د. عبـده السيد شحاته.
- مـن مواليد بورسعيد ، عـام ١٩٣٩.
- حصل على بكالوريوس فى العلوم الزراعية (صناعات غذائية وألبان) عام ١٩٦٠، من كلية الزراعة جامعة عين شمس .
- حصـل علـى الدكتـوراه فـى علـوم وتكنولوجيـا الألبـان عــام ١٩٦٦ مـن جامعــة ويسكونسن ، الولايات المتحدة الامريكية .
- تـدرج فـى وظـائف هيئـة التدريـس بالجامعــة إلى أن أصبــح أســتاذ تكنولوجيــا وميكروبيولوجيا الألبان ، ثم وكيلا للدراســات العليـا والبحـوث بكليـة الزراعـة – جامعة عين شمس .
- عمل محاضرا فى بعض الجامعات العربية .
- عضو فى عدة هيئات وجمعيات علمية وأكاديمية.
- له مايزيد عن ٨٠ بحثـا منشـورا عـلاوة علـى أشـرافه علـى أكـثر مـن ٤٠ رسـالة ماجسـتير ودكتوراه فى مجال علوم وتكنولوجيا الألبان .
- شارك فى العديد من النشاطات والمؤتمرات العلمية والأقليميه والدوليه.
- شارك فى تأليف عدد من الكتب العلمية.
- يعمل حاليا عميدا لكلية الزراعة – جامعة عين شمس.
- متزوج وله بنت وولد

obeikandi.com

الفصل الثانى

اللبن والمواد المضافة فى صناعة الجبن
Milk and additives in cheese making

تعرف الجبن طبقاً للمادة (١١) من قرار وزير الصحة رقم ١٧٤ لسنة ١٩٧٢ بأنه الناتج طازجاً وناضجاً أو رخواً حلواً أو حامضاً من تجبن اللبن الكامل الدسم أوالمنزوعة قشدته كلية أو جزئياً أو من القشدة أو من الشرش أو من خليط من بعض المواد السالفة وذلك بواسطة التخمير الطبيعى الناتج من تفاعل سكر اللبن الذى تحول إلى حامض اللبنيك أو بواسطة إضافة أحماض عضوية مناسبة مثل حمض الخليك والستريك والطرطريك أو بواسطة إضافة مخمرات منضجة ومناسبة ونقية أو بواسطة إضافة المنفحة أو مواد أخرى غير ضارة توافق عليها وزارة الصحة .

من ذلك يتضح أن المواد الأساسية والضرورية اللازمة لإنتاج جبن مطابق للمواصفات القياسية التى تتضمنها التشريعات الغذائية الصادرة من وزارة الصحة ومن هيئة التوحيد القياسى إلى قسمين رئيسين :

(١) اللبن ومكوناته

(٢) المواد المضافة اللازمة لصناعة الجبن بأنواعه المختلفة .

١- اللبن فى صناعة الجبن

بالرغم من أن لبن أنواع عديدة من الثدييات يستخدم فى صناعة الجبن إلا أنه غالباً ما يستخدم اللبن البقرى على مستوى الصناعة فى إنتاج الجبن فى معظم دول العالم . ومع ذلك فإنه فى بعض الدول مثل فرنسا وأسبانيا وبعض دول البحر الأبيض المتوسط يتم تصنيع جزء كبير من الجبن من لبن الماعز وبدرجة أقل من لبن الغنم . وفى مناطق أخرى من العالم كما فى مصر يستخدم اللبن الجاموسى فى صناعة بعض أنواع من الجبن حيث يتوفر هذا اللبن . وفى البلاد التى لا يتوفر فيها إنتاج لبن كاف من اللبن الطبيعى فإنه يتم تصنيع الجبن من لبن معاد تركيبه من دهن اللبن نقى butteroil ولبن فرز مجفف مسترجع.

يؤثر التركيب الكيماوى للبن على طبيعة الناتج النهائى من الجبن والذى يتأثر طبقاً لنوع وجنس الحيوان والعوامل البيئية والغذائية والموسمية وتصل الحليب والأمراض التى تصيب الحيوان . أهم الأعتبارات التى يهتم بها صانعوا الجبن المحصول وصفات الجبن الناتج . يتوقف محصول الجبن على تركيب اللبن وخاصة محتواه من الكازين والدهن وكفاءة عملية تحويل اللبن إلى جبن . كما أن الصفات الهامة للجبن من حيث القوام body والتركيب البنائى texture يتحدد بتركيب اللبن والمعاملات التكنولوجية التى يتعرض لها اللبن أثناء صناعة الجبن والتى تساعد فى إنتاج أنواع مختلفة من الجبن .

يتوقف نوع وجودة الجبن الناتج على الجودة الكيماوية والميكروبيولوجية للبن المستخدم فى الصناعة والتى تكون عرضة للتغيير من يوم لآخر . الجودة الكيماوية (التركيب الكيماوى) للبن والمتمثلة بصفة خاصة فى تركيب وكمية كل من الكازين والدهن اللذان يحددان نسبة التصافى وصفات الجبن الناتج من حيث القوام والتركيب بينما درجة نظافة اللبن (الجودة الميكروبيولوجية) تؤثر على العمليات التكنولوجية وجودة الجبن الناتج وما يصاحبها من تغيرات أثناء التسوية فى الطعم والقوام والتركيب للجبن وكذلك ظهور الأطعمة غير المرغوبة أو عيوب فى التركيب .

١-١- العوامل التى تؤثر على صفات اللبن فى صناعة الجبن

١-١-١- نوع الحيوان

يصنع الجبن بصفة عامة من لبن الأبقار ولكن قد يستخدم لبن الثدييات الآخرى فى بعض الدول لتصنيع أنواع معينة من الجبن . يستخدم لبن الأغنام فى صناعة جبن الركفور كما يستخدم لبن الماعز فى صناعة أنواع عديدة من الجبن فى ايطاليا واليونان وفرنسا بينما يستخدم لبن الجاموس فى مصر والعراق والهند . الجدول (١-٢) يبين الأختلافات فى التركيب الكيماوى لهذه الألبان .

جدول ١-٢ : التركيب الكيماوى (٪) للبن أنواع مختلفة من الحيوانات الثديية.

الحيوان	الدهن	الكازين	اللاكتوز	بروتينات الشرش	الرماد
البقر	٣,٧٥	٣,٠٠	٤,٧٥	٠,٥	٠,٧٥
الماعز	٣,٥٠	٣,٣	٤,٦	٠,٧	٠,٨٤
الغنم	٦,٠	٤,٦	٥,١	١,١	١,٠٠
الجاموس	٧,١٤	٣,٦١	٤,٩٩	٠,٥٩	٠,٧٩

يتميز لبن كل من الغنم والجاموس بأرتفاع نسبة الدهن وكذلك الجوامد الكلية

بالمقارنة بالألبان الأخرى حيث يتماثل كل من لبن الأبقار والماعز فى محتوى الدهن والجوامد الكلية مما يكون له أثر كبير على تصافى الجبن حيث من المتوقع أن يعطى لبن الغنم والجاموس محصول أعلا . ومع ذلك فإن اللبن البقرى يستخدم بكثرة فى صناعة الجبن على مستوى العالم حيث تصنع منه غالبية أنواع الجبن المعروفة عالمياً يلى ذلك لبن الماعز ثم الغنم والجاموس . كما لوحظ أن أنواع الجبن الجافة المصنعة من لبن الجاموس منخفضة الجودة نظراً لسرعة جفافها وفقد الرطوبة منها مما يؤدى إلى بطء عملية التسوية لذلك فإن أغلب أنواع الجبن التى تصنع من اللبن الجاموسى من الأنواع الطرية التى تستهلك طازجة أو بعد تخليلها فى محاليل ملحية أو شرش مملح ، كما قد يخلط باللبن البقرى لتعديل تركيبه وصفاته حتى يكون أكثر صلاحية لصناعة الجبن الجافة .

كما تختلف حجم حبيبات الدهن بدرجة كبيرة بين هذه الألبان حيث أن هذه الخاصية تؤثر على مدى صلاحية اللبن لصناعة الجبن ومقدار الفاقد من الدهن فى الشرش والذى يرتفع بزيادة حجم حبيبات الدهن. ومن المعروف أن حجم حبيبات الدهن فى اللبن الجاموسى أكبر عن بقية الألبان الآخرى يلى ذلك لبن الأبقار ثم الغنم والماعز والذى يكون له أنعكاس على نسبة الدهن المفقود فى الشرش فى صناعة الجبن . تتوزع حبيبات الدهن فى لبن الأغنام بصورة متجانسة إلى حد ما فى خثرة الجبن الناتج لصغر حجمها وبذلك يكون لبن الغنم مشابه للبن المجنس مما يؤدى إلى نعومه قوام وتركيب الجبن ، كما أن تسوية جبن لبن الغنم يكون أسرع مع تكوين الطعم والصفات المرغوبة فى الناتج النهائى .

كما تتميز بعض هذه الألبان بصلاحيتها فى إنتاج أنواع معينة من الجبن حيث تتميز بمكونات خاصة تساهم بدرجة كبيرة فى إظهار الطعم المميز للجبن . يصنع أفضل أنواع الجبن المعرقة بالفطر (Blue cheese) من لبن الغنم والماعز حيث يتميز دهن هذه الألبان بأرتفاع نسبة الأحماض الدهنية الطيارة قصيرة السلسلة (C_4 - C_{10}) عن الألبان الآخرى والتى تعتبر المصدر الرئيسى لمكونات الطعم (الميثيل كيتون) فى هذه الجبن ويكسبها الطعم الخريف المميز لها .

١-١-٢- جنس الحيوان

يختلف تركيب اللبن طبقاً لجنس الحيوان breed حيث يوضح الجدول (٢-٢) الأختلافات فى تركيب اللبن فى الأجناس المختلفة للبقر .يلاحظ أن نسبة الدهن أكثر هذه المكونات عرضة للأختلاف فمثلاً نجد أن لبن الشورتهورن والفريزيان به نسبة دهن أقل من

لبن الأيرشير مع تماثل حجم حبيبات الدهن فى هذين النوعين ، بينما لبن الجرسى والجيرنسى أعلا فى نسبة الدهن وأكبر فى حجم حبيبات الدهن مما يؤدى إلى أرتفاع الفاقد من الدهن فى الشرش عند إستخدام هذه الألبان فى صناعة الجبن بمقارنتها بالألبان الآخرى . ويعتقد البعض أن لبن الأبرشير أفضل أنواع اللبن البقرى فى صناعة الجبن نظراً لصغر حجم حبيبات الدهن مع أرتفاع الدهن نسبياً عن الشورتهورن والفريزيان . بالرغم من أعتقاد بعض صانعى الجبن بعدم صلاحية لبن الجيرسى والجيرنسى لصناعة الجبن نظراً لكبر حجم حبيبات الدهن إلا أنه فى نيوزيلندا يستخدم لبن الجرسى بنجاح فى صناعة الجبن وأشار البعض إلا أن جبن الأيدام المصنوع من هذا اللبن على درجة عالية من الجودة.
تختلف صلابة الخثرة الناتجة من هذه الألبان بأختلاف الجوامد الكلية فى اللبن ، أرتفاع الجوامد الكلية تعطى خثرة أكثر صلابة . كما وجد أن دهن لبن الجيرسى يكون أكثر طراوة نظراً لأرتفاع الأحماض الدهنية غير المشبعة عن بقية الألبان وبالتالى يكون الفاقد من الدهن فى الشرش أعلا .

جدول ٢-٢: التركيب الكيماوى (٪) للبن أجناس مختلفة من الأبقار

الجنس	الدهن	البروتين	اللاكتوز	الرماد
الجيرسى	٥,١٤	٣,٨	٥,٠	٠,٧٥
الجيرنسى	٤,٩	٣,٨٥	٤,٩٥	٠,٧٥
الشورتهورن	٣,٦٥	٣,٣	٤,٨	٠,٦٩
الأيرشير	٣,٨٥	٣,٣٥	٤,٩٥	٠,٦٩
الفريزيان	٣,٤	٣,١٥	٤,٦	٠,٧٣

الأنواع المختلفة من الحيوانات المجترة تنتج ألبانا تختلف بدرجة كبيرة فى قابليتها للتجبن بالمنفحة نتيجة لأختلاف تركيب هذه الألبان . التأثير الرئيسى لجنس الحيوان على صفات اللبن فى صناعة الجبن قد يرجع إلى الأختلاف فى محتوى الكازين . يتأثر صلابة الخثرة والتركيب البنائى لها مباشرة بتركيز الكازين كما أن الدهن والكازين فى اللبن ، المواد الصلبة الرئيسية فى اللبن ، يحدد بدرجة كبيرة محصول الجبن . وقد وضعت عدة معادلات للتنبأ بمحصول الجبن من خلال محتوى الدهن والكازين (أو البروتين) فى اللبن .

بالنسبة لمحتوى اللبن من الكازين والدهن فإن محصول جبن التشدر ينخفض بالترتيب التالى : لبن جيرسى ، جيرنسى ، ايرشير ، الفريزيان (الهولستين) . كما توجد أختلافات

وراثية فى بعض حيوانات اللبن تؤدى إلى إنتاج شقوق كازينات وبروتينات الشرش تختلف فى محتواها من الأحماض الأمينية وهذه الأختلافات الوراثية قد تسبب تغيرات على درجة كبيرة من الأهمية فى قابلية اللبن للتجبن وكذلك صفات اللبن فى صناعة الجبن (يرجع إلى بروتينات اللبن) .

١-١-٣- مرض ألتهاب الضرع Mastitis

وجود لبن مواشى مصابة بمرض ألتهاب الضرع mastitic milk بنسبة كبيرة فى لبن الجبن يضعف من كل من قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة والمحصول وجودة الجبن الناتج . حالات مرض ألتهاب الضرع الشديدة يؤدى إلى زيادة الوقت التجبن إلى الضعف وخفض صلابة الخثرة إلى النصف ولكن وجود لبن ألتهاب الضرع بنسبة تصل إلى ١٠٪ فى لبن الجبن يؤدى إلى زيادة فترة التجبن ويعطى خثرة منخفضة الجودة .أصابة الماشية بمرض ألتهاب الضرع يؤدى إلى إرتفاع بروتينات الشرش وأنخفاض الكازين مع أختلاف الأتزان الملحى وأرتفاع pH مما يؤدى إلى صعوبة عملية التجبن وتكوين خثرة ضعيفة مرتفعة فى نسبة الرطوبة مع زيادة الفاقد من الدهن فى الشرش وأنخفاض محصول الجبن . وقد وجد أن أرتفاع الفاقد من الدهن وأنخفاض تركيز الكازين فى اللبن يؤدى إلى أنخفاض محصول الجبن بحوالى ٥٪ . معالجة هذا المرض يؤدى إلى عودة محصول الجبن إلى معدله الطبيعى ، كما ان هناك إمكانية تحسين محصول الجبن بتحسين صحة الحيوان حيث أن اللبن المحتوى على أعداد قليلة من الخلايا somatic cells (٥ x ١٠^{٤} /مل) يعطى محصول أفضل من الخثرة عن الألبان التى تحتوى على عدد خلايا somatic cells (٥ x ١٠^{٥} /مل). وقد أقد أقترح البعض تدعيم اللبن المرتفع فى عدد خلايا somatic بإضافة UF retentate محضر عن لبن بقرى منخفض فى عدد الخلايا حيث يؤدى ذلك إلى تجبن اللبن بطريقة مماثلة للبن الطبيعى لينتج محصول عال من جبن مرتفع الجودة .

اللبن الناتج من الحيوانات المصابة بمرض ألتهاب الضرع والتى تعالج بالمضادات الحيوية مثل البنسلين فإن هذه المضادات تفرز فى اللبن وتسبب كثير من المشاكل فى صناعة الجبن من أهمها فشل البادىء فى النمو وإنتاج الحموضة بالمعدل المطلوب فى صناعة الجبن مما يسبب خسائر أقتصادية كبيرة فى هذا المجال . لذلك تنص معظم اللوائح والتشريعات على أن يستبعد الناتج من الحيوانات التى ما زالت تحت العلاج مدة لا تقل عن ٢٤ ساعة (فى انجلترا) أو ٧٢ ساعة (فى الولايات المتحدة) من آخر جرعة من المضادات الحيوية يتناولها الحيوان وذلك لضمان خلو اللبن المستخدم فى صناعة الجبن من

المضادات الحيوية .

١-١-٤- العوامل البيئية والموسمية وفصل الحليب

معظم العاملين فى صناعة الجبن على معرفة تامة بالتغيرات الموسمية على صفات وتركيب اللبن فى صناعة الجبن وبالتالى يستطيع تحديد مدى صلاحية اللبن الناتج فى فصول السنة المختلفة فى صناعة أنواع مختلفة من الجبن . قد ترجع هذه التغيرات إلى التباين فى تركيب اللبن الذى يرجع بصفة رئيسية إلى تأثير فصل الحليب والعليقة . التباين فى مدة التجبن بين الألبان المختلفة أثناء فصل الحليب ينتج أساساً من الأختلاف فى قيم pH حيث أن اللبن الأكثر حموضة يتجبن أسرع . تميل صلابة الخثرة أن تكون أعلا ما يمكن فى المراحل الأولى من فصل الحليب وينخفض إلى مستوى ثابت تقريباً خلال بضعة أسابيع وهذا يتمشى بالتوازى مع الأنخفاض فى تركيز الكازين فى اللبن . ومع ذلك يزداد معدل انكماش الخثرة وطرد الشرش syneresis خلال هذه الفترة وقد يكون ذلك مرتبطاً بأنخفاض فى تركيز الدهن فى اللبن . عملية انكماش الخثرة وطرد الشرش تصبح بطيئة فى لبن المراحل المتأخرة من فصل الحليب والتى تكون مصحوبة بمستويات مرتفعة من الرطوبة فى الجبن الناتج . اللبن فى نهاية فصل الحليب يماثل لحد كبير لبن ألتهاب الضرع mastitic milk حيث يميل اللبن إلى القلوية (أرتفاع pH) ويرتفع الألبيومين والكلوريد مع أنخفاض الكازين واللاكتوز والكالسيوم وتختلف درجة التباين بمدى التأخر فى موسم الحليب ولكن بصفة عامة فإن مثل هذه التغيرات تكون أكثر وضوحاً فى خلال ٨ شهور من الولادة .

تؤثر عوامل التغذية بدرجة ملحوظة على سلوك اللبن أثناء عملية التجبن ، فقد لوحظ أن صلابة الخثرة تكون أعلا خلال مرحلة التغذية على العليقة الخضراء عن العليقة الجافة . كما أن صلابة الخثرة تزيد مع أرتفاع نسبة المركزات فى العليقة . تؤدى هذه التغيرات إلى الأختلاف فى تركيز الكازين فى الألبان . كما وجد أن فصل السنة (التغيرات المناخية) يؤثر على قابلية اللبن للتجبن وجودة الجبن الناتج . وقد وجد أن محصول الجبن يختلف بأختلاف موسم السنة بالنسبة للدهن والبروتين وأن الأختلافات الطفيفة فى هذا الشأن قد يعزى إلى التغيرات فى نسبة بروتينات اللبن . الألبان التى تنتج خثرة جيدة تعطى محصول وجودة أفضل . بينما الخثرة الضعيفة تؤدى إلى جبن منخفض الجودة مع رطوبة مرتفعة . لذلك فإن المحافظة على تركيز مرتفع من الكازين خلال السنة يعتبر من أهم العوامل التى تؤدى إلى محصول جيد وجبن مرتفع الجودة .

١-١-٥- هرمون النمو Bovine somatotropin (BST)

BST هرمون متعادل ناتج من أفراز الغدة النخامية للأبقار يحدد معدل تمثيل الطاقة فى الغذاء وتوجيهها إلى الغدة الثديية المسئولة عن إنتاج الألبان فى الأبقار . يوجد BST بكميات ضئيلة فى لبن جميع الأبقار .أمكن إنتاج مستحضر مشابه لهذا الهرمون عن طريق التكنولوجيا الحيوية وتحديداً من *E.coli* بعد أدخال العامل الجينى Stb الذى يمكن أستخدامه فى زيادة معدل إنتاج القطيع من اللبن بحوالى ١٠-٢٠٪.

وبالرغم من هذه المستحضرات لا تسوق فى الدول الأروبية EC إلا أن قد تم منح بعض هذه الدول ترخيص لإنتاج هذه المستحضرات وقد تم الموافقة عليه فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٩٩٣ بواسطة هيئة الأغذية والأدوية FDA .

وقد أتضح أن اللبن الناتج من الماشية المعاملة بهذا الهرمون BST لا يختلف كثيراً عن اللبن النتاج من الماشية غير المعاملة به بالنسبة لصناعة الجبن فقد أشار البعض أن استخدام BST فى إنتاج اللبن لصناعة الجبن قد يكون له جدوى إقتصادية .

١-٢- مكونات اللبن فى صناعة الجبن

١-٢-١- بروتينات اللبن

يحتوى اللبن البقرى على ٣,٥٪ بروتين . يتكون هذا البروتين من نوعين رئيسين طبقاً لدرجة الذوبان عن pH ٤,٦ . تحت هذه الظروف يترسب حوالى ٨٠٪ من النتروجين الكلى ويعرف بالكازين بينما يبقى ٢٠٪ من النتروجين الكلى على حالة ذائبة فى السيرم (الشرش) ، حوالى ١٥٪ منها عبارة عن بروتينات الشرش والباقى عبارة عن مواد نيتروجينية غير بروتينية .

أ- الكازينات

تتكون الكازينات caseins فى اللبن البقرى من ٤ أنواع من البروتين يعرف α_{s1}-,α_{s2}-, β-and $_k$- caseins . ويوجد نوع آخر يعرف γ-casein وقد ينتج من تحلل β- casein بواسطة أنزيم بروتينيز اللبن (البلازمين) . جدول (٣-٢) يبين الأختلافات بين هذه الشقوق . كل من شقوق الكازين يتكون من ببتيدات عديدة متميزة وكل منه له أنواع وراثية تسبب تغيرات ثانوية فى التركيب البنائى الأساسى للبروتينات . جميع هذه الشقوق عبارة عن فوسفوبروتين أى تحتوى على مجاميع فوسفات معظمها فوسفوسرين phosphoserin وفى بعض الحالات فوسفوثيرونين phosphothreonine أيضاً. وجود هذه المجاميع الوظيفية من الفوسفات يجعل الكازين حامضى acidic casein حيث تقع نقطة

التعادل الكهربى له IEP فى نطاق ٤,٥ إلى ٥,٠٠ . كما أن هذه المجاميع على درجة كبيرة من الأهمية حيث تسمح بالأرتباط بأيونات الكالسيوم مع البروتينات . فى اللبن البقرى يحتوى k-caesin على ١ أو ٢ ، β-casein على ٥ ، α_{s1}-casien على ٨ أو ٩ ، α_{s2}- casien على ١١-١٤ مجموعة فوسفوسرين لكل مول وتكون مسئولة عن وجود مساحات محبة للماء hydrophilic ذات شحنات سالبة . كما تحتوى جسيمات الكازينات على مجاميع غير محبه للماء hydrophobic ويحتوى β-casein على معظم المكون غير المحب للماء .

عندما ترتبط هذه الشقوق بأيونات الكالسيوم فإن α_s- and β-caseins يترسب ولكن k-casein لا يترسب ، وشقوق α_s-caseins أكثر شقوق الكازينات قابلية للترسيب يليها β-casein . فى وجود تركيزات الكالسيوم الذى يوجد فى اللبن فإن هذين الشقين يترسبا ولكن لا يحدث هذا الترسيب نتيجة للفعل الواقى k-casein .

لا توجد الكازينات فى اللبن فى صورة جزيئات منفردة فى المحلول ولكن تكون مرتبطة مع الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم لتكون دقائق particles تعرف بجسيمات الكازينات casein micelles . معظم ، إن لم يكن جميع ، الكازين فى اللبن يحتوى على هذه الكازينات فى صورة جسيمات معقدة complex يتراوح قطرها من ٥٠ - ٣٠٠ ***nm*** وتحتوى على عدة ألاف من جزيئات الكازين الغروية ، وترتبط الكازينات بدرجة كبيرة بفوسفات الكالسيوم (فى صورة فوسفات كالسيوم غروية) . وتحتل α_s- and β-casein الجزء الأكبر داخل جسيمات الكازين مع وجود k-casein على سطح هذه الجسيمات . يقوم هذا الغلاف من k-casein بحماية جسيمات الكازين من التجبن ويجعل اللبن فى حالة معلق غروى ثابت . يحتوى α-casein على ١٨٦ - ١٩٩ حمض أمينى ويتحلل إلى مجموعة من الببتيدات بعضها يتميز بالطعم المر bitter بينما β-casein يحتوى على ٢٠٩ حمض أمينى ويتحلل بالإضافة إلى الشق γ- الذى ينفصل بسهولة عن السلسلة الببتيدية الرئيسية فى β-casein وقد يعمل كمصدر لمكونات نيتروجينية لا بروتينية لتكوين مكونات الطعم والنكهة والقوام فى الجبن النهائى . كما يحتوى k-casein على ١٦٩ حمض أمينى .

يؤدى معاملة اللبن بالمواد المجبنة (مثل المنفحة) إلى تحليل رابطة معينة فى k-casein بين الحمض الأمينى رقم ١٠٥ (فينيل آلانين) والحمض الأمينى رقم ١٠٦ ميثايونين ، فى السلسلة الببتيدية لهذا الكازين وبالتالى ينقسم إلى جزئين ، الأول يعرف para-k-casien يحتوى على أحماض أمينية من (١ -١٠٥) والثانى يعرف caseinomacropeptide

(يحتوى على أحماض أمينية من ١٠٦ - ١٦٩) . يبقى para-k-casien فى الجسيمات ولكن macropeptide يكون على حالة ذائبة ويفقد فى سيرم اللبن . يحتوى macropeptide على جلاكتوز مع N-acetylneuraminic acid بكميات صغيرة قد تساعد فى نمو الميكروبات فى الخثرة .لذلك فإن سطح k-casein الموجود على الجسيمات يتحلل بصفة مضطردة خلال عملية التنفيح renneting ويؤدى ذلك إلى عدم ثبات جسيمات الكازين وتبدأ فى التجمع فى صورة خثرة منفحة . لذلك فإن المنفحة تحلل بسهولة سطح الجسيمات حتى يصبح تكوين الخثرة ممكناً . ويلاحظ أن الكازينات الأخرى بخلاف k-casein تلعب دوراً ثانوياً فى عملية التجبن حيث تكون مسئولة على الأقل جزئياً عن أرتباط الجسيمات عندما تضاف المنفحة أو عند القيام بعملية التنفيح ، لذلك يمكن أن تؤثر على صلابة وبناء الخثرة ولكن لا تؤثر على عملية التجبن بالمنفحة نفسها .

ومع ذلك فإن α_{s1}- and β-caseins على درجة كبيرة من الأهمية فى تسوية الجبن حيث تعتبر مسئولة جزئيا عن تكوين مكونات الطعم . تتحلل الكازينات بواسطة المنفحة وبروتينيز البادىء

جدول ٣-٢ : تركيب وصفات شقوق الكازين فى اللبن البقرى

الشق	الوزن الجزيئى	٪ من الكازين الكلى	بحاميع الفوسفوسرين	حساسية الكالسيوم	كربوهيدريت
α_{s1}-	٢٣٠٠٠	٣٨,١	٨ - ٩	++	-
α_{s2}-	٢٥٠٠٠	١٠,٢	١١ - ١٤	+++	-
β-	٢٤٠٠٠	٣٥,٧	٥	+	-
γ-	٢٠٥٠٠-١١٦٠٠	٣,٢	١ او صفر	-	-
k-	١٩٨٠	١٢,٨	١ أو ٢	-	+

ليكون أحماض أمينية وببتيدات والتى تعمل على تكوين مكونات الطعم فى الجبن. لذلك فإن التباين فى تركيب وبناء كازين الألبان من أنواع مختلفة من الحيوانات قد يسبب ظهور أطعمة مختلفة فى الجبن .

فى ألبان الغنم والماعز توجد صورة واحدة فقط من β-casein الذى يعتبر المكون الرئيسى ولكن يوجد فى صورتين (β_1 , β_2) اللذان يختلفان فقط فى درجة الفسفرة . كما يحتوى كل من لبن الغنم والماعز على بروتينات مشابه لـcaseins- α_{s1}-,α_{s2} فى اللبن البقرى. ويوجد casein - α_{s2} فى لبن الماعز بنسبة أعلا مما هو موجود فى اللبن البقرى

(١٠٪ من الكازين الكلى فى اللبن البقرى) ، كما أن β-casein يمثل حوالى ٤٠٪ من معقد الكازين فى هذه الألبان ولكن تختلف نسبة α_s-caseins المختلفة.

يوجد تشابه كبير بين k-caseins فى كل من لبن الغنم والماعز حيث يحتوى فقط على ٩ أختلافات فى تتابع الأحماض الأمينية فى السلسلة الببتدية حيث يستبدل أثنين منها Gln أو Asp بالأميدات amides الخاص بهما ومن المتوقع أن يكون سلوك هذا الكازين فى لبن الغنم والماعز متماثل بدرجة كبيرة .

الكازينات فى لبن الماعز والغنم متماثلة بدرجة أكبر عما فى اللبن البقرى لذلك فإن الأختلافات فى الكازينات لا تسبب تغيرات هامة فى التركيب البنائى أو السلوك لجسيمات الكازين ، وتدل كثير من النتائج أن جسيمات الكازين فى لبن الغنم والماعز أصغر منها فى اللبن البقرى . ومع ذلك فإن موقع k-casein على سطح الجسيمات ووجود الكازينات فى معقد متماثل يدل على أن سلوك الكازينات لا يتأثر بدرجة كبيرة نتيجة التباين فى تركيبها البنائى .

الكازينات فى اللبن الجاموسى مثل كازينات اللبن البقرى يحتوى على α_{s1}-,α_{s2}-,β-and k-caseins. يرجع الأختلاف بين الكازينات فى كل من اللبن البقرى والجاموس فى أن الأخير يحتوى على شقين من α_{s1}-casein مع وجود إختلاف بينهما فى مجموعة فوسفات واحدة فقط . الأختلاف الآخر يرجع إلى نسبة كل من α_{s1}-,α_{s2}-,β-and k-caseins فى الكازين الكلى حيث تكون فى اللبن الجاموس حوالى ٣٠ ، ١٨ ، ٣٤ ، ١٥٪ بينما فى اللبن البقرى تكون ٣٩ ، ٨ ، ٣٤ ، ١٥٪ على التوالى. مجموع α_{s1}- + α_{s2} ونسب k-andβ-caseins متساوى تقريباً فى كل نوعى اللبن ولكن α_{s2}- casein فى الكازين الكلى فى لبن الجاموس أعلا .

جميع شقوق k- caseins لبن الجاموس متماثلة فى محتواها من الأحماض الأمينية والفوسفور ومشابه لشقوق k-caseins فى اللبن البقرى ويختلف محتوى شقوق k-casein من الجلاكتوز N-acetylgalactos- amine وحمض سياليك sialic من صفر إلى ٤,٣ ، ٥,٥ ، ٨,٥ مول / مول بروتين على الترتيب . والأرقام المقابلة لشقوق الكازين البقرى أعلا بالنسبة للسياليك والجلاكتوزآمين ولكن أقل بالنسبة للجلاكتوز حيث تتراوح من صفر إلى ٦,٧ ، ٣,٥ ، ٤,٣ مول/مول بروتين على الترتيب .

β-casein لبن الجاموس مماثل لما هو موجود فى اللبن البقرى ومحتواه من الأحماض الأمينية فى كلا النوعين متماثل جداً ولكن β-casein الجاموسى يحتوى فقط على ٤ مجاميع فوسفات بدلاً من ٥ فى بروتين البقرى .

يوجد شقين من α_{s1}-caseins فى كازين الجاموسى والأحماض الأمينية فى كل منهما متماثلة ولكن مجاميع الفوسفات تكون عبارة ٧ ، ٨ مجموعة /مول على التوالى . محتوى الأحماض الأمينية فى كل من α_{s1}-caseins البقرى والجاموسى متماثل . يوجد شقين من α_{s2}-caseins الكازين الجاموسى لهما نفس المحتوى من الأحماض الأمينية ولكن تحتوى على ١٠ ، ١١ مجموعة فوسفات /مول على التوالى ، كما أن محتوى الأحماض الأمينية متماثلة فى α_{s2}-casein لكل من البقرى والجاموسى .

تتماثل شقوق الكازين فى البقرى والجاموسى فى درجة حساسيتها فى وجود أيونات الكالسيوم Ca^{2+} ، سلوك الشقوق - α_{s1}-,α_{s2} متماثل عند جميع تركيزات Ca^{2+} كما أن كل من شقى -α_{s2} أقل ذوباناً عن الشقوق الآخرى ويصبح غير ذائب عند تركيزات أقل من Ca^{2+}.

قد توجد إختلافات وراثية فى بعض حيوانات اللبن تؤدى إلى إنتاج شقوق كازينات وبروتينات الشرش تختلف فى بعض الأحماض الأمينية . وهذه الأختلافات الوراثية تسبب تغيرات هامة فى قابلية اللبن للتجبن وكذلك صفات اللبن فى صناعة الجبن. بعض هذه التغيرات قد تنتج مباشرة من التغيرات الطبيعية فى اللبن التى تنشأ نتيجة الصفات الطبيعية لجزئيات البروتين ، لكن فى معظم الحالات ترجع إلى اختلافات وراثية . وقد أشار بعض الباحثين إلى تأثير أنواع مختلفة من k-casein فى الألبان أثناء صناعة الجبن ، أنواع B ، AB تكون مرتبطة بقصر مدة التجبن وأرتفاع صلابة خثرة k-casein عن نوع A ، حيث وجد البعض أن مدة تجبن اللبن انخفضت بأكثر من ٣٠٪ وأن فقد الدهن من اللبن كان أقل عندما تصنع الجبن من لبن يحتوى على k-casein من نوع B مقارنة بنوع A ولكن كان هناك أختلاف طفيف فى محصول وتركيب الجبن النهائى .

كما أوضح آخرون أن نوع B أدى إلى تحسين التركيب البنائى لجبن البرمسان لذلك فإن هذا النوع مرغوب فيه على الأقل فى مرحلة التجبن فى صناعة الجبن .اللبن المحتوى على k-casein من نوع B يكون أعلا فى محتوى الكازين من الكالسيوم والفوسفور وأقل فى محتوى السترات عن اللبن المحتوى على k-casein من نوع A .وقد وجد أن جسيمات الكازين تكون أكثر ثباتاً فى اللبن المحتوى على k-casein من نوع A كما أن النوع B يكون مرتبط بخثرة أكثر صلابة عن النوع A .

اللبن الذى يحتوى على α_{s1}-casein A يكون فيه تطور الحموضة أبطأ عن اللبن المحتوى على نوع B أو BC بينما صلابة الخثرة تنخفض بالترتيب التالى : AA, AB, B, BC . وقد وجد أن صلابة الخثرة يكون مرتبط بدرجة كبيرة بمحتوى اللبن منα_{s1}-casein

كما أن تحلل α_{s1}-casein مرتبط بالتغيرات فى الصفات الريولوجية للجبن حديثة الصنع . لهذا يبدوا أن α_{s1}-casein هو الأساس فى تكوين شبكة البروتين فى الخثرة وذلك أمتداداً لدوره فى بناء جسيمات الكازين . هذا النوع له صفات طبيعية مختلفة قد تسبب تغيرات مباشرة فى الصفات الريولوجية للخثرة .

ب- بروتينات الشرش (بروتينات السيرم)

يحتوى اللبن على ٠,٦٪ بروتينات شرش whey proteins ذائبة فى سيرم اللبن (جدول٤-٢) والتى تتضمن بيتالاكتوجلوبيولبن (β-Ig) β-lactoglobulin وألفا لاكتوالبيومين α-lactalbumin وسيرم آلبيومين البقرى (BSA) bovin serum albumin وعلى جلوبيولينات المناعة (تشمل IgG, IgA, IgM) والذى يمثل ٥٠ ، ٢٠ ، ١٠ ، ١٠٪ على الترتيب من بروتينات الشرش الكلية فى اللبن البقرى .

جدول ٤-٢ : بروتينات الشرش فى اللبن البقرى

الشق	٪ من البروتين الكلى	الوزن الجزئيى
β- lactoglobulin	٩,٦	١٨٣٠٠
α-lactalbumin	٣,٨	١٤٠٠٠
Serum albumin	١,٤	٦٣٠٠٠
Immunoglobulin	١,٤	حتى ١٠٠,٠٠٠

يحتوى الشرش أيضاً على عدد من البروتينات الثانوية minor ، تشمل البروتيوزبتون proteose-peptones وهو خليط غير متجانس من الببتيدات العديدة المقاومة للحرارة والذائبة فى الحامض (pH ٤,٦) ، ويترسب بواسطة ١٢٪ TCA وينتج معظمها من تحلل الكازين بواسطة أنزيمات اللبن الطبيعية . كما يحتوى الشرش الناتج من التجبن الأنزيمى على بروتينات نشطة حيوية مثل لاكتوبروكسيديز lactoperoxidase ، لاكتوترانسفرين lactotransferrin ، كازين جليكومكروببتيد casein glycomacropeptide (ناتج من تحلل κ-casein بواسطة الكيموسين) وبعض الأنزيمات.

هذه البروتينات ذائبة وتشبه الكازين فى قدرتها على الأرتباط بسهولة بالكالسيوم بالرغم من أنها لا تكون غرويات بطريقة مماثلة للكازينات .

ترتبط بروتينات السيرم بالأنزيمات مثل الكازين وذات أهمية فى الأتزان والتفاعلات العامة التى تحدث فى اللبن والجبن . تحتجز بروتينات الشرش فى الخثرة عند التجبن ولكن نظراً لأنها فى صورة ذائبة فأنها تستخدم كبيئة لنمو البكتريا فى المراحل الأولى من الصناعة.

الأنواع الوراثية للـ β-lactoglobulin قد تكون هامة فى صناعة الجبن بالرغم من أن هذا البروتين من بروتينات الشرش فإن له دور مباشر فى تكوين الخثرة . اللبن المحتوى على البيتالاكتوجلوبين من النوع B ينتج خثرة أكثر صلابة عن اللبن المحتوى على النوع AA أو AB كما يمكن الحصول على محصول ومواد جافة أكبر عن اللبن المحتوى على النوع B بالمقارنة باللبن المحتوى على النوع A مع انخفاض فى البروتين فى الشرش بالترتيب التالى: BB, AB, AA .

بروتينات السيرم أقل مقاومة للحرارة عن الكازين حيث يحدث لها تغيير فى طبيعتها (دنترة denaturation) عند التسخين لدرجات حرارة أعلا من ٧٠°م . يحدث دنترة لبروتينات السيرم فى اللبن المبستر ولكن عند درجات حرارة أعلا فإن الدنترة وخاصة فى α-lactalbumin وبعض الجلوبيولين يحدث بدرجة أسرع .

بروتينات الشرش الرئيسية تحتوى على أحماض أمينية محتوية على كبريت وتكون مصدراً رئيسياً لمجاميع السلفادريل sulphudryl groups عند التسخين حيث تساهم هذه المجاميع فى أكساب اللبن الطعم المطبوخ كما أن هذه المجاميع تكون روابط عرضية بين وداخل الجسيمات . عند التسخين لدرجات حرارة مرتفعة يتفاعل β-lactoglobulin مع κ-casein مكوناً معقد يقلل من قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة .

يحتوى السرسوب على نسبة مرتفعة من بروتينات السيرم وأستخدام هذا اللبن فى صناعة الجبن يؤدى إلى صعوبات فى تكوين الخثرة بالصفات المطلوبة . هذه البروتينات لا تكون خثرة مطاطية غير قادرة على الأنكماش مثل الكازين ، حيث تميل الخثرة إلى حجز الرطوبة التى تساعد على نمو البكتريا غير مرغوبة مع تكوين غازات وأطعمة غير المرغوبة فى الخثرة .

اللبن الناتج من مواشى مصابة بمرض ألتهاب الضرع يحتوى على نسبة مرتفعة من بروتينات السيرم وغالباً ما يكون مرتفع فى أملاح الصوديوم والكالسيوم . أستخدام هذا اللبن فى صناعة الجبن يسبب صعوبات فى عملية التجبن ،مع تكوين خثرة زائدة الطراوة

ومحصول منخفض نظراً لأنخفاض الكازين فى هذا اللبن .

يختلف الكازين عن بروتينات الشرش أساساً فى النقاط التالية :

١. الكازينات غير ذائبة عند نقطة التعادل الكهربى IEP (pH حوالى ٤,٦) بينما فى الوسط الأيونى للبن فإن بروتينات الشرش ذائبة عند نقطة التعادل الكهربى (pH حوالى ٥,٠) .

٢. إضافة مستحضرات أنزيمات البروتينيز الخام (مثل المنفحة) إلى اللبن يحدث تحلل محدود للكازين يؤدى إلى تجبنه بينما تبقى بروتينات الشرش ذائبة .

٣. الكازينات مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة بينما بروتينات الشرش حساسة للحرارة . عند تسخين اللبن عند درجة أعلا من ٧٠°م فإن بروتينات الشرش تحدث لها دنترة denaturation وتتفاعل مع الكازينات لتكون معقد يقلل من قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة .

٤. يكون الكازينات فى اللبن معقد يصل وزنه الجزيئى حوالى 10^8 ومتوسط قطر جسيمات الكازين micelles حوالى ١٠٠ nm ويحتوى على أملاح غير عضوية (بصفة أساسية كالسيوم ، فوسفات ، مغنسيوم وسترات ويطلق عليها فوسفات الكالسيوم الغروية CCP) بينما بروتينات الشرش تكون على حالة ذائبة .

١-٢-٢- الدهن

يختلف محتوى اللبن من الدهن طبقاً لجنس الحيوان وفصل الحليب ونوع العليقة . والجدول (٥-٢) يوضح محتوى الألبان ، الشائع أستخدامها فى صناعة الجبن ، من الدهن. تلعب تغذية الحيوان الدور الرئيسى فى تقدير كل من محصول ومكونات الدهن . يحتوى الدهن متماثل تقريباً فى كل من لبن الجاموس والغنم واقل من لبن الماعز والبقر . يفرز الدهن فى كل نوع من هذه الألبان فى صورة حبيبات يختلف حجمها طبقاً لنوع الحيوان حيث يتميز لبن الماعز والغنم بصغر حجم حبيبات الدهن وقد وجد أن ٢,٤٪ فقط من حبيبات دهن لبن الغنم يكون قطرها أكبر من ٦ um بينما فى لبن الماعز تكون النسبة ٥,٦ وفى البقرى ١٦,٧٪ .

ونظراً لأن غلاف حبيبة الدهن فى كل من هذه الأنواع يتكون بطريقة متشابه فإن أنواع اللبيدات الموجودة متماثلة بدرجة كبيرة حيث تتكون أساساً من الفوسفوليبدات . توجد هذه الفوسوليبدات فى كل من حبيبات الدهن والسيرم . الأنواع الرئيسية من هذه المكونات واحدة فى كل من السيرم وحبيبات الدهن لألبان الأنواع المختلفة حيث تتكون

أساساً من phosphatidyl choline, sphingomyelin , phosphatidyl ethanolamine مع وجود كميات صغيرة فقط من phosphatidyl inositol , phosphatidyl serine .

جدول ٥-٢ : نسبة الدهن فى لبن بعض الحيوانات

نوع اللبن	٪ للدهن
البقر	٣,٤ - ٥,١
الغنم	٥,٨ - ٩,١
الماعز	٢,٨ - ٦,٥
الجاموس	٥,٤ - ٩,٦

بالأضافة إلى الفوسفوليبدات فإن المواد المرتبطة بالليبيدات (المواد المستخلصة بواسطة مخلوط من الكلورفورم : الميثانول) يحتوى على كميات صغيرة من الكوليسترول cholesterol وسربروسيدز cerebrosides ، يبلغ تركيز الكوليسترول حوالى ٤٠٠ ملليجرام/١٠٠جم دهن فى كل من هذه الألبان. وتمثل المواد المرتبطة بالليبيدات ١,٥٪ من الليبيدات بينما الباقى عبارة عن ليبيدات حرة يمكن استخلاصها بـpetroleum ether . عادة أكثر من ٩٨٪ من الليبيدات الحرة تتكون من الجليسريدات الثلاثية والباقى عبارة عن جليسريدات ثنائية أو أحادية . تتميز الأحماض الدهنية فى هذه الجليسريدات بأنها أحماض دهنية مشبعة بطبيعيتها ويوجد أحماض دهنية قصيرة (C_4) ومتوسطة السلسلة (C_6-C_{12}) . وعموماً فإن الحمض الدهنى الوحيد غير المشبع الذى يوجد بكميات محسوسة هو حمض الأوليك oleic ($C_{18:1}$) .الأحماض الدهنية الطيارة (الخليك ، البروبيونيك ، البيوتريك) تعتبر المكونات النهائية لتخمر الكربوهيدريت بواسطة الميكروبات وتحلل البروتين ونزع مجموعة الآمين من الأحماض الأمينية بواسطة الميكروبات فى كرش الحيوانات . تستخدم الحيوانات المجترة هذه النواتج فى تخليق بعض المكونات(الخلات والبيوترات تعمل كمصدر للأحماض الدهنية والبروبيونات كمصدر للكربوهيدريت) . فى الكرش تتحلل الليبيدات ويتخمر الجزء الذى لا ينتمى للأحماض الدهنية non-fatty acid portion . ونظراً لأن الظروف فى الكرش مختزلة بدرجة قوية فإن يحدث هدرجة hydrogenation للأحماض

الدهنية غير المشبعة . الأحماض الدهنية الأساسية $C_{18:2}$, $C_{18:3}$ وكل منهما ينتج أحماض دهنية مشبعة $C_{18:0}$ نتيجة الهدرجة الكاملة .

مصدر الأحماض الدهنية فى دهن لبن الحيوانات المجترة من الغدد الثديية أو الدم . الأحماض الدهنية المحتوية حتى C_4 يكون مصدرها الغدد الثديية بينما الأحماض الدهنية المحتوية حتى C_{14} يكون مصدرها الدم . يعتقد أن الأحماض الدهنية C_{16} مصدرها كل من الغدد الثديية والدم ، لذلك فإن الأحماض الدهنية طويلة السلسلة ، C_{18} - C_{16} ، فى دهن اللبن يتكون نتيجة للعمليات التى تحدث فى الكرش فمثلاً ترتفع الأحماض الدهنية غير المشبعة (عديدة الروابط الزوجية) نتيجة إضافة زيوت نباتية إلى العليقة .

بالرغم من أن دهن لبن المجترات يحتوى على نسبة ضئيلة من أحماض $C_{18:2}$ أو $C_{18:3}$ إلا إنه غنى بنسبة محسوسة فى حمض $C_{18:1}$ cis(حمض الأوليك). توجد فى المجترات أنزيمات desaturase ، أنزيمات متخصصة فى تحويل C_{18} إلى $C_{18:1}$ cis فى كل من جدار القناة الهضمية والغدد الثديية .

تختلف محتوى دهن اللبن من الأحماض الدهنية طبقاً لنوع الحيوان كما فى جدول (٦-٢) والذى يتضح منه الحقائق التالية :

١. يحتوى دهن لبن الغنم على نسبة أعلا من C_4 عن بقية دهن الألبان الآخرى .
٢. يحتوى دهن لبن الجاموس على نسبة أقل من C_6 عن بقية دهن الألبان الآخرى .
٣. يحتوى دهن لبن الماعز والغنم على نسبة أعلا C_8 , C_{10} , C_{12} عن دهن لبن الأبقار والجاموس .
٤. يحتوى دهن لبن الماعز على أعلا نسبة ودهن لبن الغنم على أقل نسبة من C_{14} بينما محتوى كل من لبن البقر والجاموس من هذا الحامض متماثل .
٥. يحتوى دهن اللبن الجاموسى على أعلا نسبة ودهن لبن الغنم على أقل نسبة من C_{18}, C_{16}
٦. نسبة الأحماض غير المشبعة ($C_{18:1}$) مرتفعة فى كل من دهن لبن البقر والغنم يليها دهن لبن الماعز واقلها دهن لبن الجاموس .
٧. نتيجة لتمثيل الأحماض الدهنية غير المشبعة (متعددة الروابط الزوجية) فى الكرش فإن اللبن يكون مصدراً فقيراً نسبياً لهذه الأحماض الدهنية (linoleic & linolenic acids) والتى تعرف بالأحماض الدهنية الأساسية .

يختلف وضع الأحماض الدهنية فى الجليسربدات الثلاثية حيث يعتقد أن هذه الأحماض ترتبط مع الجليسرول عشوائياً ولكن من المعروف أن الأحماض الدهنية قصيرة

السلسلة (C_4 - C_6) ترتبط بالذرة (٣) فى الجليسرول بينما الأحماض الدهنية (C_{16}) تفضل الذرة الثانية مما يؤكد أن تركيب الجليسريدات الثلاثية بعيدا عن العشوائية .

جدول ٦-٢: محتوى الأحماض الدهنية فى دهن لبن الحيوانات المختلفة (٪ بالوزن)

النوع	Butyric (C_4)	Caproic (C_6)	Caprylic (C_8)	Capric (C_{10})	Lauric (C_{12})	Myristic (C_{14})	Palmatic (C_{16})	Stearic (C_{18})	Oleic ($C_{18:1}$)	Other acids *
بقرى	٢,٩	٢,٢	١,١	٣,٠	٢,٧	٩,٠	٢٥,٠	١٥,٨	٣٣,٠	٧,٣
ماعز	٣,١	٢,٨	٣,٠	١٠,١	٦,٠	١٢,٢	٢٧,٢	٢٧,٥	٢٥,٦	٣,٧
غنم	٤,٢	٢,٠	٢,٢	٦,٠	٣,١	٥,٥	١٦,٩	١٣,٨	١٥,٨	٥,٥
جاموس	٣,١	٠,٩	١,٥	١,٨	٢,٥	٩,٠	٣٧,٥	٣١,٠	٣١,٠	١,٧

* أحماض arachidic , linolenic , linoleic

وتلعب الأحماض الدهنية دوراً هاماً فى أظهار بعض الأطعمة المميزة فى الجبن الناتج، من المعروف أن وجود الأحماض الدهنية ذات الطعم المميز (مثل حمض البيوتريك) يؤثر على طعم الجبن النهائى . يحتوى لبن الماعز على كمية كبيرة من C_6 - C_{10} حيث أن الجبن الناتجة من هذا اللبن يتميز بطعم حريف (مثل الفلفل) والذى يميز جبن لبن الماعز ، يحتوى لبن الغنم على كمية من C_{10} ولكن ليست كافية لتكون طعم حريف مماثل لطعم جبن لبن الماعز .

١-٢-٣- الكربوهيدريت

يعتبر اللاكتوز السكر الوحيد الموجود فى لبن الحيوانات الثديية وعادة يطلق عليه سكر اللبن وهو سكر ثنائى يتكون من الجلوكوز والجلاكتوز ويعتبر أقل السكريات ذوباناً ويتراوح محتوى هذه الألبان من ٤,٢ إلى ٥,٠٪ ويكون نسبته منخفضة فى اللبن فى نهاية فصل الحليب وفى حالة إصابة الحيوانات ببعض الأمراض مثل مرض ألتهاب الضرع mastitis . فى بعض الأحيان قد يوجد الجلوكوز والجلاكتوز فى اللبن الطازج بكميات ضئيلة كما قد توجد كربوهيدريت أخرى فى اللبن بكميات مماثلة مثل سكريات أمينية amino sugars ، سكريات تحتوى على فوسفات sugar phosphates ، سكريات عديدة oligosaccharides وسكريات نكلوتيدية nucleotide sugars .

الكربوهيدريت فى اللبن مصدر جيد للطاقة وخاصة للميكروبات (بكتريا البادىء أثناء صناعة الجبن والألبان المتخمرة). يتخمر اللاكتوز بواسطة مزارع البادئات لينتج مكونات مختلفة من أهمها حمض اللاكتيك . تحتوى ألبان البقر والغنم والماعز والجاموس على كميات كافية من اللاكتوز يمكن أستخدامها بواسطة مزارع البادئات أثناء صناعة الجبن والألبان المتخمرة .

١-٢-٤ الأملاح المعدنية

الأملاح المعدنية والتى تعرف بالرماد ash على جانب كبير من الأهمية فى صناعة الجبن . يحتوى الرماد على نسبة عالية من الفلزات الصوديوم ، الكالسيوم ، الماغنسيوم ، المنجنيز ، الحديد ، النحاس ، الكوبالت ، الزنك ، الكروم ، النيكل بالأضافة إلى المكونات من اللافلزات مثل الكبريت ، الكلورين ، الفوسفور ، اليود .....ألخ . كما يحتوى الرماد على أصول حامضية مثل الكبريتات ، الفوسفات ، الكلوريد ولكن السترات تتحلل أثناء عملية الحرق فى تحضير الرماد . وقد أمكن رصد حوالى ٢٥ معدن فى اللبن البقرى بالرغم من أن وجود بعض هذه المعادن فى اللبن يعتمد على وجوده فى العليقة .

جدول٧-٢: محتوى الأملاح المعدنية فى الألبان المختلفة (ملليجرام/١٠٠ جم لبن)

النوع	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Cl
بقرى	٥٥	١٤٠	١١٥	١١	٩٢	٠,٠٦	آثار	٠,٤	١٠٠
ماعز	٤٢	١٧٠	١٠٠	١٣	٩٠	٠,١٢	٠,٠٣	٠,٥	١٥٠
غنم	٤٤	١٢٠	١٧٠	١٨	١٥٠	٠,٠٣	٠,١	٠,٧	٨٢
جاموسى	٥٣,٠	١٨٢	١٥٤	٣٦	١١٢	–	–	–	٧٥

الجدول (٧-٢) يوضح التباين فى محتوى ألبان الحيوانات المختلفة ويرجع هذه الأختلافات إلى نفس العوامل التى تؤثر على تركيب اللبن بصفة عامة . ويلاحظ أن لبن الغنم والماعز أغنى فى الأملاح المعدنية من اللبن البقرى والجاموسى . بعض المعادن النادرة مثل Fe, Cu, Zn متماثلة فى معظم الألبان ولكن مستوى الكلوريد يكون أعلا فى لبن الماعز مقارنة بالألبان الآخرى كما يوجد أيضاً فى هذه الألبان آثار من Mn .

بعض هذه المعادن يوجد بكميات ضئيلة (آثار) وتلعب دوراً هاماً بالنسبة للأنزيمات وغيرها من المكونات الحيوية فمثلاً الكوبالت يكون مركز فيتامين B_{12} ، الزنك فى carbic anhydrase ، الماغنسيوم فى arginase والمولبيدات فى xinthine oxidase ، الحديد فى كل من lactoperoxidase, xinthine .

جدول ٨-٢ : توزيع الأملاح المعدنية بين الحالة الذائبة والغروية فى اللبن البقرى .

الأملاح المعدنية	الحالة الذائبة (٪)	الحالة الغروية (٪)
الكالسيوم الكلى	٣٣	٦٧
الكالسيوم المتأين	١٠٠	صفر
الكلوريد	١٠٠	صفر
السترات	٩٤	٦
المغنسيوم	٦٧	٣٣
الفوسفور الكلى	٤٥	٥٥
الفوسفور المعدنى	٥٤	٤٦
البوتاسيوم	٩٣	٧
الصوديوم	٩٤	٦

جميع هذه الأملاح موزعة بين الحالة الذائبة والغروية بينما الأيونات آحادية التكافؤ توجد بدرجة كبيرة أو جميعها ا فى حالة ذائبة ، فمثلاً ٦٦٪ من الكالسيوم ، ٥٥٪ من الفوسفور قد يوجد على حالة غروية . توزيع الكالسيوم ، السترات ، المغنسيوم والفوسفات بين الحالة الذائبة والغروية وتفاعلها مع بروتينات اللبن تلعب دوراً هاماً فى ثبات اللبن ومنتجاته . يحافظ فوسفات الكالسيوم الغروية على بقاء جسيمات الكازين كاملة ، كما أن أيونات الكالسيوم ترتبط ببعض الكازينات ويكون معقد مع السترات . يرتبط تركيز الكالسيوم الذائب فى اللبن بدرجة كبيرة مع تركيز سترات الكالسيوم الذائبة ومعظم السترات توجد فى معقد من السترات ($Ca\ Cit^-$) . يوجد حوالى نصف الفوسفات

غير العضوية فى صورة فوسفات كالسيوم غروية وكمية قليلة (حوالى ٦,٦٪) من الكالسيوم يوجد فى صورة أيونات ذائبة Ca^{2+} . ترتبط السترات أيضاً بدرجة أكبر بالمغنسيوم . تختلف السترات فى اللبن طبقاً لفصل السنة والعليقة ، يؤثر تركيز السترات على تركيز الكالسيوم الذائب وثبات اللبن . الجدول (٨-٢) يبين توزيع الأملاح المعدنية فى اللبن البقرى .

١-٢-٥- الأنزيمات

يوجد مايقرب من ٥٠ أنزيما طبيعياً فى اللبن . هذه الأنزيمات توجد أساساً فى البلازما ، السيرم ، غلاف حبيبة الدهن ، جسيمات الكازين أو كرات الدم البيضاء . وفيما يلى أهم الأنزيمات الرئيسية الموجودة طبيعياً فى اللبن .

يوجد أنزيمات الليبيز lipoprotein lipase ، فى اللبن وهو الأنزيم الرئيسى المحلل للدهن فى اللبن ، بكميات كبيرة فى اللبن الطازج أو المحلوب حديثاً ولكن التأثير الواقى لغلاف حبيبة الدهن يجعل حدوث تحلل للدهن بدرجة محسوسة نتيجة لنشاط هذا الأنزيم نادر الحدوث . هذا الأنزيم لا يقاوم للحرارة وبالتالى ليس له أهمية فى الألبان المعاملة حرارياً حيث أن التسخين لدرجة ٧٨°م لمدة ١٠ ثوان يكون كافياً لأتلاف الأنزيم . قد يحدث تحت ظروف معينة تحلل ذاتى للدهن وأنفراد أحماض دهنية حرة ويؤدى إلى ظهور طعم زنخ rancid وصابونى soapy فى اللبن . نشاط هذا الأنزيم مرتبط بالدهن وجسيمات الكازين فقد وجد أن ٤٥٪ من نشاط الأنزيم فى لبن الماعز يكون فى وسط الدهن ، ٨٪ مرتبط بالكازين بينما فى اللبن البقرى يكون ٥ - ٣٠٪ ، ٧٧٪ على التوالى . أى أن جزء كبير من هذا الأنزيم فى اللبن البقرى مرتبط بجسيمات الكازين . تظل هذه الأنزيمات غير نشطة فى اللبن إلى أن يتم تنشيطها بالتقليب لينفرد دهن حرنتيجة المعاملة الحرارية أو دهن سائل نتيجة التجنيس لتفتيت غلاف حبيبة الدهن . يمكن أسراع تحلل الدهن فى اللبن بتدفئة اللبن البارد لدرجة حرارة أعلا من ٣٢°م وعند تبريد اللبن لدرجة أبعد من نقطة تصلب دهن اللبن فإن اللبن يصبح زنخا rancid بدرجة سريعة ، قد يحدث ذلك إذا أضيف لبن حلبة الصباح الدافىء إلى لبن حلبة المساء البارد فى خزانات الحفظ فى مزارع الألبان حيث تكون معدات التبريد ليست على الكفاءة المطلوبة لتبريد اللبن . تقليب اللبن فى نظام مغلق يسبب تنشيط للأنزيمات المحللة للدهن التى تسبب الزناخة .

ونظراً لأن ملح الطعام يثبط من نشاط الليبيز فإن بعض صانعى الجبن قد يضيف ملح إلى اللبن أثناء تخزينه لمنع حدوث تحلل الدهن وظهور الطعم الزنخ ولكن قد يسبب إضافة

الملح إلى اللبن بعض الصعوبات فى تجبن اللبن بالمنفحة حيث تبطء من عملية التجبن مع إنتاج خثرة طرية التى تحتجز الرطوبة لدرجة يصعب طرد الشرش منها .

يتجنب بعض صانعى الجبن بسترة اللبن فى صناعة الجبن لعدم إتلاف أنزيمات الليبيز والتى تساعد فى تسوية الجبن والأسراع من ظهور الطعم فى الجبن . كما يلجأ بعض صانعى الجبن الأيطالية حيث تتميز هذه الجبن وخاصة الأنواع التى يعتمد الطعم فيها على تحلل الدهن وأنفراد الأحماض الدهنية (مثل جبن البرفلونو) إلى استخدام عجينة المنفحة نظراً لأرتفاع نشاطها فى تحلل الدهن . هذه المستحضرات عبارة عن مخلوط من المنفحة ومسحوق أنسجة الغدد من الغنم أو الماعز التى تتميز بأرتفاع محتواها من الأنزيمات المحللة للدهن .

وجد فى اللبن كميات صغيرة من أنزيمات الأستريز esterases والتى تختلف عن الليبيز . هذه الأنزيمات مسئولة عن بعض التغيرات فى الليبيدات وتلعب دور ثانوى فى تسوية الجبن . أنزيم الفوسفاتيز القلوى alkaline phosphatase عبارة عن أنزيم استريز يساعد فى تحليل الفوسفات العضوية ويدمص بدرجة كبيرة على غلاف حبيبة الدهن ويتلف بالبسترة كما أنه يساهم فى تسوية الجبن .

يوجد فى اللبن أنزيم البيروكسيديز peroxidase بكميات متباينة وينقل الأكسجين من البيروكسيدات . هذا الأنزيم مقاوم للحرارة لدرجة ٨٠°م ويستخدم كأختبار للكشف عن المعاملات الحرارية أعلا من البسترة التى يتعرض لها اللبن . بعض الألبان لا تحتوى أو تحتوى على كميات ضئيلة فقط من البيروكسيديز . ونظراً لأن الدم يحتوى على كميات كبيرة من هذا الأنزيم فإن إصابة الضرع ببعض الأمراض أو الأضرار يؤدى إلى إفراز كميات أكبر من هذا الأنزيم فى اللبن .

يوجد فى اللبن أيضاً أنزيم الكتاليز الذى يحلل البيروكسيد إلى ماء وأكسجين غير نشط بينما أنزيم البيروكسيديز ينقل الأكسجين النشط . يحتوى السرسوب واللبن الناتج من مواشى مريضة (مثل مرض ألتهاب الضرع mastitis) تحتوى على كميات كبيرة من الكتاليز الذى غالباً ما تكون مرتبطة ببعض أنواع من البكتريا وكرات الدم البيضاء ، لذلك فإن هذا الأنزيم يستخدم للكشف عن لبن الحيوانات المريضة وقد يحل محله فى هذا المجال أختبار كرات الدم البيضاء .

يستخدم الكتاليز فى تحليل فوق أكسيد الأيدروجين المتبقى من معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين بديلاً عن المعاملة الحرارية للبن للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة .

المعاملة الحرارية لدرجة الحرارة تصل إلى ٩٠ - ٩٥°م ضرورية للأتلاف الكامل للأنزيم بالرغم من أن البسترة تقضى على الأنزيم إلا أنه قد يحدث أستعاده جزئية لنشاطه . عندما يتجبن اللبن يترسب الأنزيم مع الكازين .

يحتوى اللبن على عدة أنزيمات طبيعية محللة للبروتين منها البلازمين plasmin الذى يعتبر الأنزيم الرئيسى فى هذه المجموعة ومماثل لبروتين الدم الذى يحمل نفس الأسم وهو عبارة عن بروتينيز يشبه التربسين trypsin ودرجة pH المثلى له ٧,٥ ومقاوم للحرارة بدرجة كبيرة ومتخصص فى نشاطه بدرجة عالية للروابط الببتيدية التى تتضمن lysin . يحتوى اللبن على نظام بلازمين كامل يتكون من بلازمين وبلازمينوجين plasminogen ومثبطات البلازمين plasmin inhibitors ومنشطات البلازمينوجين plasminogen activators وكذلك مثبطات منشطات البلازمينوجين inhibitors of plasminogen activators . يرتبط البلازمين بحسيمات الكازين ويصاحبها داخل الخثرة بينما المكونات الآخرى لنظام البلازمين تفقد مع الشرش فى صناعة الجبن . ويبلغ تركيز البلازمينوجين ٤ أضعاف تركيز البلازمين ومعظم البلازمين والبلازمينوجين يحتجز فى الخثرة وقد يساهم لحد ما فى تسوية معظم أنواع الجبن . يرتفع تركيز البلازمين فى اللبن طبقاً لدرجة تسرب مكونات الدم إلى اللبن ويكون مرتفعاً فى بداية ونهاية فصل الحليب وكذلك فى حالة إصابة الماشية بمرض ألتهاب الضرع .

يوجد أنزيم lactopecoxidase فى اللبن بتركيزات مرتفعة وله القدرة على أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة مع إنتاج طعم مؤكسد oxidized taste هذا الأنزيم أيضاً أحد مكونات نظام lactoperoxidase/thiocyanate/hydrogen peroxide: (LPS) system الذى يتميز بمقدرته على تثبيط الميكروبات antimicrobial .

يعتبر نشاط كثير من الأنزيمات فى اللبن له أهمية ثانوية فى لبن الجبن وعديد من هذه الأنزيمات يتلف بالمعاملة الحرارية . الميكروبات التى تنمو فى اللبن بعد المعاملة الحرارية (المتبقية وبكتريا البادىء) تنتج أنظمة أساسية وضرورية فى تسوية الجبن بطريقة مناسبة ، ومع ذلك فإن بعض أنزيمات اللبن الطبيعية مثل البلازمين على جانب كبير من الأهمية فى تسوية الجبن .

١-٢-٦- الفيتامينات

توجد الفيتامينات فى اللبن فى : (١) حبيبات الدهن وتعرف بالفيتامينات الذائبة فى الدهن (A,D,E,K) و (٢) سيرم اللبن وتعرف بالفيتامينات الذائبة فى الماء (C مجموعة B

المعقدة). المجموعة الأولى من الفيتامينات أكثر مقاومة للحرارة وقد أمكن كشف آثار من فيتامين K فى لبن البقر والغنم والماعز . المجموعة الثانية من الفيتامينات وهى الذائبة فى الماء أقل مقاومة للحرارة . يتأثر محتوى اللبن من هذه الفيتامينات بعدة عوامل مثل جنس الحيوان ، فصل السنة ، العليقة ، عمليات التصنيع .

جدول٩-٢ : محتوى الفيتامينات فى الألبان المختلفة

الفيتامينات	١٠٠ جم	اللبن البقرى	لبن الماعز	لبن الغنم
ريتنول Retinol	ug	٥٢	٤٤	٨٣
كاروتين	ug	٥١	آثار	آثار
D	ug	٠,٠٣	٠,١١	٠,١٨
E	mg	٠,٠٩	٠,٠٣	٠,١١
فيتامين (B_1)	mg	٠,٠٣	٠,٠٤	٠,٠٨
ريبوفلامين(B_2)	mg	٠,١٧	٠,١٣	٠,٣٢
نياسين	mg	٠,٠٨	٠,٣١	٠,٤١
تربتوفان-٦٠	mg	٠,٧٥	٠,٧٣	١,٢٧
B_6	mg	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٨
حمض بنتوثنيك	mg	٠,٣٥	٠,٤١	٠,٤٥
B_{12}	ug	٠,٠٤	٠,١	٠,٦
حمض فوليك	ug	٦,٠	١,٠	٥,٠
بيوتين	ug	١.٩	٣,٠	٢,٥
C	mg	١,٠	١,٠	٥,٠

الجدول (٩-٢) يبين محتوى بعض الألبان من الفيتامينات . تركيز الفيتامينات الذائبة فى الدهن أعلا فى لبن الغنم وذلك بمقارنته بألبان البقر والماعز . مستوى نشاط ريتنول retinol فى لبن الغنم ضعف مثيله في لبن الماعز وقد يعزى ذلك إلى أرتفاع محتوى الدهن فى اللبن .β-carotene منخفض جداً فى لبن الماعز والغنم والجاموس والذى يؤثر على لون الجبن الناتج من هذه الألبان (اللون يكون أكثر بياضاً عند مقارنته باللون القشدى ، مائل للأصفرار ، عندما يصنع من اللبن البقرى) .

عموماً مستوى الفيتامينات الذائبة فى الماء فى لبن الغنم أعلا منه فى لبن البقر والماعز وبصفة خاصة تربتوفان -٦٠ (tryptophan-60) وهو مصدر لحمض النيكوتينيك nicotinic ، فيتامين C. محتوى لبن الماعز من حمض الفوليك أقل بكثير من الألبان الآخرى.

بالإضافة إلى الأهمية الغذائية للفيتامينات فى الجبن إلا أنها تلعب دوراً فى النشاط الأيضى للميكروبات فى الجبن . كمية الفيتامينات وغيرها من عوامل النمو فى اللبن يتوقف على العليقة التى يتناولها الحيوان لذلك فأنها تختلف طبقاً لنوع الحيوان وفصل السنة.كثير من هذه الفيتامينات تكون ضرورية لنمو نشط للميكروبات ولكن بعض هذه الميكروبات تستطيع تكوين فيتامينات كجزء من عمليات التمثيل التى تقوم بها . هذه الميكروبات تحتاج لحد أدنى من هذه الفيتامينات لكى تبدأ النمو ومع ذلك فإنها تستطيع بعد ذلك أن تنتج كمية كافية من الفيتامين . الجبن الذى يحتوى على أعداد كبيرة من الميكروبات من المحتمل أن يحتوى على كميات أكبر من بعض الفيتامينات عن اللبن نفسه .

فى صناعة الجبن تحتجز الفيتامينات الذائبة فى الدهن فى الخثرة وفيتامين C وبعض فيتامينات مجموعة B تفقد فى الشرش . بقايا بكتريا البادىء يمكن أن تكون بعض الفيتامينات الذائبة فى الماء أثناء فترة التسوية ، هذا بالأضافة إلى أن صانعى الجبن يهتم بالأبقاء على عوامل النمو الأساسية للفلورا فى الجبن وكذلك الأحتفاظ بأكبر قدر ممكن من هذه الفيتامينات فى الجبن مما يزيد من القيمة الغذائية لهذا الناتج .

١-٢-٧- أحماض عضوية

يوجد فى اللبن أحماض عضوية مختلفة كما يتضح من جدول (١٠-٢). يحتوى اللبن البقرى على حميض أروتيك orotic acid بتركيزات أعلا مما فى لبن الغنم والماعز ومع ذلك فإن تركيز هذا الحامض يختلف فى هذه الألبان حيث يتراوح بين ٤٠٠ - ٦٠٠ ، ١٢٠ ، ٣٠ ميكرمول/لتر من اللبن البقرى ، لبن الماعز ولبن الغنم على الترتيب .كما توجد أحماض كربوكسيليه مثل اللاكتيك والخليك والبيروفيك والتى يعكس الظروف

الصحية أثناء عملية إنتاج اللبن حيث أن هذه الأحماض فى لبن الماعز كما فى الجدول السابق ، تدل على أن اللبن لم يتم إنتاجه تحت ظروف صحية جيدة . توجد الأحماض العضوية الآخرى ، ما عدا حمض الستريك ، فى تركيزات منخفضة فى الألبان المختلفة وغالباً ما تكون متماثلة فى هذه الألبان .

جدول ١٠-٢ : الأحماض العضوية فى الألبان المختلفة (ميكرو جرام /جرام)

الحمض العضوى	لبن بقرى	لبن ماعز	لبن غنم
أورتيك orotic	٧٠	١٧	٣١
ستريك	١١٥٣	٥١١	١٠٦٦
بيروفيك	٢٣	١٦	٦١
لاكتيك	٢٧٠	٢١١٤	٧٥١
يوريك/فورميك	١١	١٥	٩
خلات	-	٣٤٥	٩٩
هيبيورك Huppuric	٨	١٥	١٢

يختلف محتوى الجبن والألبان المتخمرة من الأحماض العضوية طبقاً لظروف عمليات التصنيع ونوع الميكروبات المستخدمة فى مزارع البادىء . وقد أستقر أن حمض الأورتيك مكون هام فى جميع الخلايا ، أثناء تصنيع اليوجهورت فإن مزرعة البادىء يكون لها القدرة على استخدام حمض الأورتيك فى اللبن البقرى أثناء فترة التخمر . مزارع البادئات الآخرى مثل *Bifidobacterium bifidum, Lb.acidophilus* النامية فى اللبن لاتستخدم حمض الأورتيك ، والتى تكون على جانب كبير من الأهمية فى تغذية الأنسان . نتيجة لنشاط بكتريا مزارع البادىء فإن تركيزات حمض اللاكتيك والخليك والبيروفيك تزيد والذى يعتبر ذات أهمية فى صناعة الجبن أثناء عملية التجبن وتكوين التركيب البنائى

للخثرة ، كما أن الأحماض تساهم فى تكوين الطعم فى الناتج النهائى .

١-٣- الجودة الميكروبيولوجية

بالرغم من أن الجبن تصنع بصفة عامة من لبن الأبقار فى معظم دول العالم إلا أن هناك أهتماماً متزايد 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 . ومهما يكن مصدر الحليب فإنه من الضرورى الحصول عليه من حيوانات سليمة حيث أن اللبن الناتج من حيوانات مصابة بمرض ألتهاب الضرع يحتوى على ميكروبات مرضية ويعتبر لبن غير طبيعى وبالرغم من أنه لا يؤثر على تصنيع الجبن على النطاق التجارى فى المصنع نتيجة تأثير التخفيف إلا أن الميكروبات المرضية تعتبر مصدر خطر للعاملين فى مجال إنتاج الجبن فى المزارع وقد ينتقل التلوث إلى المصنع .

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

نظراً لأعتقاد العديد من صانعى الجبن أن اللبن غير المعامل (الخام) ينتج جبن ذات طعم أفضل فإن بعض المزارعين فى إنجلترا وبعض الدول الأوربية وبصورة أكبر فى الدول الأسيوية 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 ومنها بعض Corynebacteria ، Micrococci ، *Bacillus* ، *Clostridium* ، ملوثات ما بعد البسترة مثل Staphylococci coagulase positive ، Coliforms ، وفى بعض الأحيان Leuconostocs ومكورات الأمعاء Entrococci وتأتى هذه الميكروبات من خطوط نقل اللبن وحوض الجبن على نطاق واسع . أستخدام 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 والتى تستخدم فيها أحواض التصنيع أكثر من مرة واحدة فى اليوم .

إضافة إلى وجود هذه الميكروبات فإن الأنزيمات المحللة للبروتين والدهن والمقاومة للحرارة تكون موجودة أيضاً ، وتفرز هذه الأنزيمات من الميكروبات المحبة للبرودة والتى

يتم القضاء عليها بالبسترة ولكن الأنزيمات تقاوم البسترة وتظل نشطة فى اللبن . جميع الميكروبات الموجودة فى اللبن تصبح جزءاً من فلورا الخثرة الطازجة وتتركز حوالى ١٠ مرات فى الخثرة . أن مستوى كل من هذه الميكروبات فى الخثرة والتى لا تعتبر من بكتريا البادىء ترتبط بتاريخ اللبن الخام (مثل التبريد ، العمر ،.....) والمعاملات الحرارية التى تعرض لها ومستوى الظروف الصحية والنظافة فى المصنع .

٢- المواد المضافة Additives

بالأضافة إلى مزارع البادئات البكتيرية (الأساسية والمساعدة) والفطريات الداخلية والخارجية والمواد المجبنة (المنفحة وبدائل المنفحة) والتى سيتم أستعراضها فى فصول منفصلة ، فإنه يوجد عدد من المواد التى يمكن أن تضاف للبن المعد لصناعة الجبن أو خثرة الجبن أو الجبن نفسه . إضافة بعض المواد إلى اللبن أو الخثرة فى صناعة الجبن تحددها قوانين وتشريعات خاصة تصدر فى بعض الدول. وفيما يلى أهم المواد المضافة التى تستخدم عادة فى صناعة الجبن :

١. الأملاح التى تعيد توازن الكالسيوم فى اللبن .
٢. الأملاح المثبطة للميكروبات غير المرغوبة .
٣. المواد الحامضية التى تستخدم بمفردها أو كمواد مساعدة لحمض اللاكتيك .
٤. المواد الملونة والقاصرة للون .
٥. المواد المكسبة للطعم .
٦. المستحضرات الأنزيمية
٧. ملح الطعام
٨. المواد المثبتة والمستحلبة .

٢-١- أملاح توازن الكالسيوم

أتزان الأملاح salt balance فى اللبن عملية معقدة وتتأثر بدرجة الحرارة و pH ، يوجد فقط ٣٠ - ٣٥٪ من الكالسيوم فى اللبن عادة فى صورة أيونية ionic (ذائبة أو نشطة) بينما ٥٠٪ مرتبط بالسترات ، ١٠٪ فقط مرتبط بالفوسفات . بعض فوسفات الكالسيوم مرتبط بالكازينات بينما البعض الآخر يبقى على حالة ذائبة فى السيرم . يعتمد تجبن اللبن على وجود توازن بين صور الكالسيوم المختلفة وعندما يحدث خلل فى هذا الأتزان نتيجة تسخين أو تبريد اللبن فإن الأمر يتطلب إضافة أملاح الكالسيوم إلى اللبن لتصحيح التوازن بين صور الكالسيوم المختلفة وأيضاً عند أستخدام بعض أنواع من المنفحة

النباتية أو الميكروبية فى عملية التجبن .عادة يضاف كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) فى صناعة الجبن للأسراع من التجبن وزيادة صلابة الخثرة مع سرعة طرد الشرش وقد يرجع ذلك إلى أرتباطه بجسيمات الكازين بطريقة تؤدى إلى خفض قوى التنافر بين هذه الجسيمات . تحت هذه الظروف فإنه جميع مراحل صناعة الجبن التى تعتمد على تجميع الكازينات يحدث لها تنشيط .يعتبر إضافة $CaCl_2$ فى صورة محلول قياسى من أكثر الطرق أستخداما فى أضافة أملاح إلى اللبن نظراً لسهولة استخدامه وتوزيعه . يجب إضافة الكمية المطلوبة بكل دقة حيث أن إضافة $CaCl_2$ بكميات زائدة فإنه يحدث تحلل لمركب α_s-casein-$_k$-casein ويصبح شق α_s-casein بدون حماية من $_k$-casein ويحدث لها ترسيب . إضافة $CaCl_2$ بكميات أقل من المطلوب يؤدى إلى إنتاج خثرة غير مرنة قدرتها على الأنكماش ضعيفة . عادة يضاف $CaCl_2$ بمعدل ٠,٠٢ ٪ للحصول على تجبن جيد حتى مع الألبان التى تعرضت لمعاملات حرارية مرتفعة .

إضافة ٠,١ ٪ $CaCl_2$ يقلل وقت التجبن من ٣٠ دقيقة إلى ١٨ دقيقة بينما إضافة ٠,٠٤ ٪ $CaCl_2$ يؤدى إلى تقليل وقت التجبن بدرجة كبيرة حيث يصل إلى ٩ دقائق فقط. بعض صانعى الجبن يستخدم ماء جير (محلول أيدروكسيد الكالسيوم) أو لاكتات كالسيوم بدلاً من $CaCl_2$ لزيادة سرعة تجبن اللبن بالمنفحة . أحتجاز $CaCl_2$ بكميات زائدة فى الخثرة يؤدى إلى إنتاج خثرة صلبة مع ظهور طعم مر وقوام جاف .

كما أستخدمت أملاح الفوسفات فى صورة فوسفات الصوديوم لأستعادة الأتزان الملحى (Ca/P) فى الحالات التى تحدث فيها خلل كبير فى الأتزان الملحى. وقد وجد أن ٦٠ - ٨٠٪ من الكالسيوم فى اللبن، ٥٠ - ٦٠٪ من الفوسفات تحتجز فى الجبن الجافة ، بينما فى الجبن الطرية تفقد نسبة أعلا من هذه الأملاح وبالتالى يحتجز فى الخثرة كالسيوم وفوسفات أقل .

تخفيف اللبن بالماء ، كما هو متبع فى صناعة بعض أنواع من الجبن ، يزيد من تشتت جسيمات الكازين ، ويصبح الكازين أكثر ذوباناً . مما يؤدى إلى انخفاض محصول الجبن نتيجة لفقد المواد الذائبة فى الشرش . إضافة أملاح الكالسيوم يساعد على أستعادة جسيمات الكازين لوضعها الطبيعى تحت هذه الظروف وينتج خثرة تنكمش وتطرد الشرش بسهولة أكبر .عندما يحفظ اللبن لمدة طويلة عند درجة حرارة ٤ - ٥°م فإن كمية الكازين الذائبة تزيد إلى ١٥٪ ، تحت هذه الظروف فإن أضافة الكالسيوم يزيد من حجم جسيمات الكازينات . نظراً لأن اللبن البقرى يحتوى على ٠,١٢٣ ٪ كالسيوم وأن أفضل ظروف للتجبن تحدث عند تركيز ٠,١٤٢ ٪ فإن إضافة ٠,٠٢ ٪ $CaCl_2$ ، المسموح به فى كثير

من الدول ، تكون كافية لأحداث التجبن بصورة جيدة بواسطة المنفحة.

٢-٢- الأملاح المثبطة

من الأمور التقليدية فى إنتاج بعض أنواع من الجبن المنخفضة الحموضة مثل الأيدام والجودا ، Svecia أضافة أملاح مثبطة inhibitory salts إلى اللبن لمنع نمو البكتريا المنتجة للغازات التى تسبب أنتفاخ الجبن . غالباً ما يوجد فى اللبن جراثيم بعض البكتريا اللاهوائية مثل Clostridia التى تستطيع أن تخمر اللاكتات فى الجبن الناتج حيث تكون كل من pH والرطوبة مرتفعة نسبياً مع أنخفاض نسبة الملح وأرتفاع درجة حرارة التسوية مما يشجع على نمو هذه البكتريا وتخمر اللاكتات مع إنتاج غازات تسبب أنتفاخ 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 لذلك يفضل إضافة بعض الأملاح المثبطة مثل النترات أو قد يضاف lysozyme إلى لبن الجبن . تستخدم أملاح النترات (مثل نترات الصوديوم salt petre أو نترات البوتاسيوم) للحد من نمو بكتريا القولون . يساعد النترات مع الملح (NaCl) فى الجبن فى الحد من نمو بكتريا حمض البيوتريك butyric acid bacteria . والنترات لا تؤثر على بكتريا حمض اللاكتيك وبكتريا حمض البروبيونيك المنتجة للغاز .

تسمح المواصفات فى بعض الدول بإضافة نترات البوتاسيوم KNO_3 بمعدل ١٥ جم لكل ١٠٠ لتر من اللبن . يحدث فى الجبن أختزال بطىء للنترات إلى نيتريت بواسطة أنزيم اللبنxanthine oxidase . تمنع النيتريت نمو جراثيم بكتريا حمض البيوتريك butyric acid bacteria . ويوجد 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 ٢٠جم كل ١٠٠ لتر من اللبن الخام أو المبستر فى حوض الصناعة لمنع نمو *C.tyrobutyricum* فى الخثرة إلى أن يصل تركيز الملح إلى المستوى المطلوب فى الجبن بعد التمليح الرطب .

إضافة النترات قد يسبب بعض المشاكل فى صناعة الجبن حيث تؤدى إلى صعوبة جفاف الخثرة نظراً لعدم قدرة الخثرة على الأنكماش وطرد الشرش كما قد تسبب تبقع الجبن خصوصاً إذا كان الجبن مضاف إليه ملون الأناتو . كما قد تحدث عيوب فى الطعم نتيجة تفاعل بعض الأحماض الأمينية مثل التيروسين مع النيتريت المتكونة من أختزال النترات. كما قد تؤدى إلى زيادة تحلل البروتينات نتيجة تشجيع نمو بعض البكتريا المتجرثمة

الهوائية مثل *B.polymyxa* مع تكوين غازات ، *B.cereus* قد تسبب تسمم غذائى .

إضافة هذه المواد تلقى معارضة شديدة من جانب كثير من الهيئات ومنظمات الصحة الدولية نظراً لأحتمال حدوث أورام سرطانية نتيجة تكوين نيتروز أمين nitrosamines فى الجبن إلا أن غالبية المصانع فى هولندا تقوم بإضافة نترات البوتاسيوم فى صناعة جبن الأيدام والجودا للتغلب على ظهور الأنتفاخ المبكر أو المتأخر فى الجبن بحيث يكون نسبة التلوث منخفضة ويجب ألا يتجاوز نسبة الأضافة عن ٠,٠٤٪ .

النيسين nisin مضاد حيوى تنتجه بعض سلالات *L.lactis* subsp. *lactis* ويستخدم على النطاق التجارى فى حفظ الأغذية ويتميز بأتساع مجال تأثيره (*Bacillus , Listeria , Staphylococcus, Clostridium, Corynebacterium*) . والنيسين عبارة عن عديد الببتيد polypeptide يحتوى على ٣٤ حمض أمينى ومقاوم للحرارة عند pH حامضى ووزنه الجزيئى ٣,٥ kD ويتضمن فى مجموعة المضادات الحيوية المعروفة بـ Lantibotics ومعظمها تنتج بواسطة بكتريا ليست من مجموعة بكتريا حمض اللاكتيك non-LAB ويتميز بأحتوائه على أحماض أمينية غير عادية مثل lanthionine, β-methyllanthionine (3.3- thiodialanine) .

يعتقد أن أسلوب تأثير النيسين على البكتريا يرجع إلى تغيير فى نفاذية الغشاء السيتوبلازمى للخلية حيث يكون النيسين قنوات تسمح بمرور الأيونات القابلة للنفاذ ion permeable channels فى الغشاء السيتوبلازمى للخلية وهذا يؤدى إلى زيادة فى نفاذية الغشاء وتدفق ATP ، الأحماض الأمينية والأيونات الأساسية مثل البوتاسيوم والمغنسيوم . وفى النهاية يحدث تثبيط لإنتاج الطاقة وتخليق مكونات الخلية نتيجة لأختلال كثير من عمليات التمثيل مما يؤدى إلى موت الخلايا .

وعادة يستخدم النيسين فى الجبن المطبوخة ليثبط من نشاط البكتريا المنتجة للغازات ولكن فى الجبن الطبيعية فإن استخدام النيسين محدود نتيجة لوجود بعض أنواع من البكتريا لها القدرة على أتلاف نشاط النيسين . وقد وجد أن بعض البكتريا الموجودة فى اللبن مثل *En.faecalis* وبعض سلالات من *L.lactis* subsp *lactis* وكذلك *Propionibacterium* spp. لها القدرة على أتلاف 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 أى رفع pH المنخفض (٤,٧) نتيجة نشاط بكتريا حمض اللاكتيك . وفى بعض المناطق قد

يستخدم فوسفات أحادى الصوديوم بدلاً من مخلوط الكربونات .

٢-٣- المواد الحامضية

من أكثر المواد الحامضية المعروفة فى اللبن والجبن حامض اللاكتيك الذى يتكون بواسطة بكتريا حمض اللاكتيك النامية فى اللبن والخثرة . والأجراء 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 .

أستخدام الأحماض فى تحميض اللبن كيماوياً من الأمور الشائعة فى صناعة بعض أنواع من الجبن ، يتم التحميض فى جبن الريكوتا Ricotta بأستخدام حامض اللاكتيك أو الخليك كما أن عصير الليمون والخل يمكن أستخدامها أيضاً فى هذا المجال . وقد أمكن صناعة جبن الموزاريلا بأستخدام خل (٠,٠٣٪) قبل إضافة المنفحة إلى اللبن ، فى أنواع أخرى من الجبن يستخدم حمض الخليك الثلجى فى أمريكا الجنوبية وكذلك 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 البادىء للتحميض المباشر direct acidification للبن فى صناعة الجبن . تتضمن هذه الطريقة أضافة حامض اللاكتيك مع حامض الفوسفوريك إلى اللبن المبرد عند درجة 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 يؤدى 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 .

من مزايا التحميض المباشر تحسين كفاءة عملية تصنيع الجبن والتخلص من المشاكل المرتبطة بمزارع البادىء مثل فشل البادىء نتيجة الأصابة بالفاج أو وجود مضادات حيوية فى اللبن . الوقت الكلى اللازم لعمليات التصنيع من تحميض اللبن الفرز حتى نهاية عملية غسيل الخثرة خلال صناعة جبن Cottage بالطريقة المستمرة بواسطة التحميض المباشر بحامض HCl حوالى ٣٥ دقيقة فقط بينما الوقت اللازم فى الطريقة التقليدية يصل إلى عدة ساعات .

وقد تم استخدام التحميض المباشر بأستخدام أحماض اللاكتيك ، الستريك ، الأيدروكلوريد أو الفوسفوريك فى إنتاج خثرة جبن الدمياطى والرأس والتشدر والموزاريلا

مماثلة فى القوام والتركيب البنائى للخثرة الناتجة بالطرق التقليدية . وقد وجد أن هذه الطريقة أدت إلى خفض فترة التصنيع وكمية المنفحة بمقدار ٥٠٪ وكمية البادىء بمقدار ٧٥٪ مقارنة بالطرق التقليدية حيث أمكن الحصول على خثرة ذات قوام وتركيب جيدين بواسطة التجبن الأنزيمى للبن تم تحميضه إلى pH ٥,٦ بحامض HCl مع إضافة ٠,٥٪ بادىء بكتريا حمض 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 سريع 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 أعلا فى الرطوبة عن الخثرة الناتجة من HCl ،بينما أدى استخدام حمض الستريك إلى تكوين خثرة أكثر نعومة وأعلا فى نسبة الرطوبة وكانت 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 والذى يستهلك طازجاً ، يتم تجبن البروتين من اللبن على درجة ٨٢ - ٨٥°م بالتحميض المباشر وذلك بإضافة أحماض مصرح بإضافتها إلى الغذاء food grade مثل أحماض HCl , H_3PO_4 ، الستريك ، الطرطريك ، الخليك الثلجى وعصير الفواكه ومركز الشرش الحامضى. يستخدم كل من حمض الستريك والخليك الثلجى بكثرة فى هذا المجال . كمية الحامض اللازمة للتجبن يتوقف على القوة التنظيمية للبن ، ولكى يتم تجبن البروتين تحت هذه الظروف يتم خفض pH اللبن إلى ٥,٢ - ٥,٣ بإضافة حوالى ٢,٧٪ (حجم/حجم) من حمض الخليك الثلجى أو ٠,٣٤٪ (حجم/حجم) حمض الستريك إلى اللبن وعادة يخفف الحامض بالماء بنسبة ١ : ١٠ قبل الأضافة .

يمكن معادلة الحموضة الزائدة فى بعض الألبان بأستخدام بيكربونات الصوديوم أو كربونات الصوديوم فى بعض أنواع من الجبن فى تشيكوسلوفكيا . الأستخدام الزائد من المواد المتعادلة يعطى طعم شديد المرارة فى الجبن .

٢-٤- المواد الملونة والقاصرة للون

يعتبر اللون فى اللبن والجبن عامل مهم من حيث قابلية الناتج للأستهلاك . ينتقل لون اللبن إلى الجبن بدرجة أكبرحيث يتركز اللون فى الجبن ، ومن الأمور الشائعة إضافة مواد ملونة لتحسين اللون فى هذه المنتجات . يوجد فى اللبن نوعان من اللون على جانب كبير من الأهمية أحدهما يعزى إلى الريبوفلافين الذى يوجد أساساً فى سيرم (الشرش) بينما

يعزى اللون الآخر إلى الكاروتين وهى صبغة موجودة فى دهن اللبن . الريبوفلافين لونه أصفر فى المحلول ويعطى للبن لون أصفر مخضر وللجبن لون يشوبه الأخضرار . معظم هذا اللون يفقد فى الشرش لذلك فإن تأثيره على لون الجبن ضئيل . ومع ذلك فإن اللون الأصفر الذهبى الذى يعزى للكاروتين يكون اكثر أهمية . هناك فرق كبير بين لون لبن الصيف والشتاء ، لذلك يحاول صانعو الجبن المحافظة على لون جبن متماثل على مدار السنة وذلك بأستخدام الأناتو anatto أو البيتاكاروتين فى اللبن فى فصل الشتاء . كما قد يستخدم أيضاً الزعفران saffron فى بعض أنواع من الجبن فى ألمانيا وأيطاليا 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 والآيدام 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 السنه . يستخلص صبغة الأناتو من ثمار وبذور أشجار *Bixa orellana* من أمريكا الجنوبية (البرازيل) وكذلك الهند .يمكن أستخلاص هذه الصبغة بعملية أستخلاص 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) لأستخدامه فى تلوين الزبد أو الجبن المرتفع فى نسبة الدهن أو تذاب فى أحد القلويات المخففة مثل أيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم لأستخدامه فى تلوين الجبن .

تعرف المادة الملونة فى الأناتو بالبكسين bixin وهى ذات لون أحمر قاتم (توجد بنسبة ٣٪ فى بذور الأناتو) وتوجد فى المحاليل التجارية فى صورة أملاح بوتاسيوم الحمض النوربكسن norbixin وغالباً ما يكون لونها مائل للأحمرار ويقل اللون الأصفر بأنخفاض pH بينما يزداد اللون الأحمر خاصة عند pH ٥,٧ إلى ٦,٠ . تذوب هذه الصبغة بسهولة فى الكلورفورم والكحول وتعطى لون أزرق غامق مع حمض الكبريتيك المركز ويمكن بهذا التفاعل الكشف عن وجود صبغة الأناتو بالجبن.

الصبغة حساسة للضوء لكنها مقاومة للأحماض والقواعد الضعيفة وشديدة الحساسية للمواد المؤكسدة أو المختزلة حيث يمكن فقد لونها بواسطة H_2O_2 وكذلك بالهواء ولكن ببطء فى عدم وجود الضوء الذى يساعد على سرعة الأكسدة بالهواء ومع الرطوبة . النحاس والحديد يسرع أيضاً من أكسدة الصبغة بواسطة H_2O_2 لذلك فإن قصر اللون

الأحمر فى بعض أجزاء من الجبن غالباً ما يوجد فى الجبن المنخفضة الجودة فى الخثرة الملوثة.

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

كما 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 بأستخدامها دولياً .

فى بعض الدول قد تضاف العصارة الخضراء المستخلصة من بعض الأعشاب أو تغلف الخثرة ببعض الأوراق النباتية بهدف تلوين الجبن وأكسابها نكهة وطعماً خاصاً . فى فنزويلا تغلف بعض أنواع من الجبن فى أوراق الموز وجبن Hopfen الألمانى فى أوراق حشيشة الدينار .

عند صناعة بعض أنواع من الجبن من اللبن البقرى مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese تجرى عملية قصر اللون المائل للأصفرار نتيجة وجود الكاروتين وذلك بمعاملة القشدة الناتجة من اللبن بواسطة benzoyl peroxide أو كربون نشط active carbon ثم أعادتها مرة أخرى إلى اللبن الفرز. وفى 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 البقرى 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 البقرى حيث يصبح اللبن أكثر بياضاً . إضافة titanium dioxide إلى لبن الجبن يؤدى إلى اخفاء mask اللون الأصفر للبيتاكاروتين طبيعياً من خلال زيادة تشتيت الضوء مما يعطى الشعور باللون الأبيض ولذلك تعتبر titanium dioxide مادة تبييض whitening agent كما تستخدم فى صناعة معجون الأسنان ولا تؤدى إلى أتلاف

البيتاكاروتين ويفضل إضافة هذه المادة كمادة تبييض فى صناعة جبن الفتا إذا كانت الطرق الأخرى لأزالة اللون غير مسموح بها قانوناً .

٢-٥-المواد المكسبة للطعم

يوجد نوعان من المواد المكسبة للطعم flavours تضاف للجبن :

١. المواد التى تضاف لاكساب نكهة وطعم خاص للجبن مثل الأعشاب والتوابل.

٢. المواد التى تضيف قيمة غذائية بالأضافة إلى الطعم والنكهة مثل اللحوم وبعض الخضروات والفواكه والتى تتضمنها الجبن .

تضاف الأعشاب أو عصائرها أو فى صورة مسحوق لأكساب خثرة الجبن الطعم والنكهة . يدمج مخلوط الأعشاب فى الخثرة عند التشكيل وقبل الكبس أو جزئياً أو كلياً بالجبن المسواه مع كبسها فى أشكال أو عبوات مختلفة . من النباتات المستخدمة النعناع والكرفس والبقدونس كما قد تستخدم البصل والثوم أو النباتات المشابه وبعض الثمار مثل الأناناس والموز حيث تدمج بصور مختلفة فى خثرة بعض أنواع من الجبن الطازجة أو نصف جافة قبل عرضها للأستهلاك .

قد تستخدم التوابل التى تتميز بقوة الطعم والنكهة فى الجبن لأكسابها طعم ونكهة مميزة ومن هذه التوابل المستخدمة فى الجبن بذور الكراوية ، القرنفل ، القرفة ، الزنجبيل ، الكمون ، جوزة الطيب والكزبرة والفلفل كما قد تستخدم مستخلصات هذه التوابل .

تضاف عادة هذه التوابل بعد طحنها وخلطها مع الملح عند تمليح الخثرة حتى يمكن خلطها مع الخثرة وتوزيعها توزيعاً متجانساً وقبل التعبئة فى القوالب . تعتمد إضافة التوابل على رغبة وطلبات المستهلك . تستعمل التوابل بكثرة مع الجبن المطبوخ والأنواع الطرية وقد تستخدم بعض المركبات الصناعية التى لها روائح ونكهات بعض هذه التوابل .

كما قد يضاف إلى الجبن بعض أنواع من المكسرات مثل عين الجمل فى صورة كاملة أو مجزأة حيث تخلط مع الخثرة المسواه التى تطحن ثم يعاد كبسها إلى أشكال مختلفة (مثل جبن تششر مطعمة بعين الجمل) .يجب أن تسلق المكسرات قبل استخدامها .

قد يضاف فى بعض الدول الأوربية بعض المشروبات الكحولية مثل النبيذ والويسكى والبيرة إلى الجبن حيث تضاف إلى خثرة الجبن الطازج أو ينقع الجبن الناضج فى هذه المشروبات مثل جبن البراندى فى ألمانيا وجبن البيرة فى انجلترا والمانيا أو بعض أنواع من الجبن الأيطالية والفرنسية والسويسرية .

فى بعض الدول تجرى عملية تدخين أنواع معينة من الجبن كما هو متبع فى تدخين اللحوم والأسماك . هناك طريقتان لأجراء عملية التدخين smoking ، الطريقة التقليدية لتدخين اللحوم والأسماك وغيرها من الأغذية حيث يتم تعليق الجبن فى غرفة التدخين حيث يتولد فيها الدخان من حرق بعض الأعشاب أو الأخشاب مع عدم ضرورة أستخدام درجات حرارة مرتفعة . وقد يستخدم نشارة كل من خشب البلوط oak أو خشب التفاح لتوليد الدخان الذى يكون له تأثير حافظ preservative effect بالأضافة إلى أكساب الجبن طعم مميز . أما فى الطريقة الثانية حيث يستخدم سائل مكثف الدخان liquid condensed .قد تضاف المستحضرات السائلة إلى الجبن أو يرش على الخثرة قبل الكبس أو تضاف مثل التوابل مع الملح أو تضاف بوضع الجبن فى أكياس من أغشية قابلة للنفاذ وتغمر فى محلول من سائل الدخان . يمكن تحضير سائل الدخان كيماوياً لأكساب الجبن الطعم والنكهة المطلوبة ولكن يعترض على أستخدام هذه الطريقة لأحتمال أن تسبب بعض الأضرار الصحية وأورام سرطانية .

التدخين التقليدى يؤدى إلى وجود الدهن على سطح الجبن وتبخير بعض الرطوبة وأدخال الدخان المحتوى على المواد الفينولية التى تساعد على أكساب الجبن الطعم والنكهة بالإضافة إلى تأثيرها الحافظ . كما أن الدهن على سطح الجبن يمنع نمو الفطر إذا كانت الجبن جافة .من أهم الجبن التى تجرى لها عملية تدخين جبن البرفلونو Provolone .

٢-٦- مستحضرات أنزيمية

تستخدم مستحضرات أنزيمية تجارية enzyme preparations فى صناعة بعض أنواع من الجبن بهدف الأسراع من عملية التسوية وتكوين الطعم المميز لهذه الجبن وقد تحتوى هذه المستحضرات على أنزيمات محللة للدهن أو البروتين أو كليهما وقد تكون من أصل حيوانى أو ميكروبى من أهم هذه المستحضرات :

- Neutrase . بروتينيز متعادل من *B.subtilis* .
- Subtilisin . بروتينيز قلوى من *B.licheniforms* .
- Pronase . بروتينيزمن*Streptomyces griseus*. ذات نطاق واسع من النشاط
- Maxilact . بروتينيز من *Kluyveromyces lactis* .
- Rulactine بروتينيز من *M.caseolyticus*
- Flavor Age-FR . مخلوط من الليبيز والبروتينيز من *Aspergillus oryzae* .

- Palastase – ليبيز من *M.miehei* .
- Accelase – نظام أنزيمى محتوياً على CFE من Lactococci وأنزيم بروتينيز.
- Capalase . أنزيمات محللة للدهن تستخلص من أنسجة معوية فى الماعز ، الغنم أو البقر .

٢-٧- ملح الطعام

يضاف الملح NaCl إلى كثير من الأغذية كمادة حافظة بالإضافة إلى تحسين الطعم وأهميته الغذائية لجسم الأنسان . يضاف الملح إلى معظم أنواع الجبن عدا بعض الأنواع التى تستهلك طازجة بعد الصناعة مباشرة . قد يضاف الملح مباشرة إلى اللبن قبل إضافة المنفحة بنسبة تتراوح بين ٦ – ١٥٪ كما فى الجبن الدمياطى أو قد يضاف إلى الخثرة بعد تصفية الشرش كما فى الجبن الرأس أو بعد عملية الشدرنة كما فى جبن التشدر أو بدعك السطح بالملح الجاف (تمليح جاف) كما فى الجبن السويسرية والرأس والجبن المعرقة بالفطر أو فى صورة محلول ملحى (تمليح رطب) حيث تنقع الخثرة فى محلول ملحى (١٥ – ٢٣٪) لمدة تتراوح بين ٣ – ٥ أيام كما فى جبن الأيدام والجودا والسويسرية كما قد تستخدم أكثر من طريقة من الطرق السابقة كما فى الجبن السويسرية والرأس .

تختلف نسبة الملح عادة فى معظم أنواع الجبن الجافة بين ١ – ٣٪ والحد الأعلى من هذا النطاق قد يعيق من نمو بكتريا البادىء لذلك يراعى إضافة الملح بعد تكوين الحموضة المطلوبة كما أن نسبة ١٪ قد تشجع نمو بعض أنواع من البكتريا بينما فى الجبن النصف جافة وخاصة المعرقة بالفطر تكون أعلا من ذلك وعموماً فإن نسبة الملح المضافة تتوقف على ذوق المستهلك .

يجب أستخدام ملح مرتفع الجودة فى صناعة الجبن لتجنب ظهور بعض العيوب فى الناتج تؤثر على صفات وجودة الناتج النهائى . من أهم الصفات التى يجب أن تتوفر فى الملح الجيد هو عدم زيادة نسبة الرطوبة عن ٤٪ فى الملح الجاف وعند تجفيفه عن ٠,٢٪ وأن يكون محلوله بتركيز ١٠٪ عديم اللون ولا تقل نسبة كلوريد الصوديوم فيه عن ٩٩,٦٪ وألا تزيد بعض المكونات الضارة بالصحة عن حدود معينة فمثلاً يجب ألا تزيد نسبة كربونات الصوديوم عن ٠,٠٣٪ والحديد ٠,٠٠١٪ والنحاس عن ٠,٠٠٠٢٪ والزرنيخ عن ٠,٠٠٠١٪ والرصاص عن ٠,٠٠٠٥٪ والكالسيوم عن ٠,٠١٪ والمغنسيوم عن ٠,٠١٪ وأن يكون خالياً من الشوائب المرئية كالأتربة والرمل . بعض هذه الشوائب

قد تسبب ظهور بعض العيوب وخاصة فى اللون مثل الحديد والنحاس والرصاص .

الملح سريع الأمتصاص للرطوبة والتميع حيث يكون كتلة صلبة فى البيئة الرطبة التى لا تقل الرطوبة النسبية فيه عن ٧٥٪ لذلك يجب حفظه فى عبوات محكمة القفل غير نافذة للرطوبة .

فى بعض الدول قد يدعم الملح المستخدم فى صناعة الجبن ببعض الإضافات الخاصة حيث يضاف اليود لتعويض نقصه فى الأغذية وليس لليود تأثير على صفات وجودة الجبن الناتج .

٢-٨- المواد المثبتة والمستحلبة

قد تضاف بعض المواد المثبتة والمستحلبة لتحسين صفات وقوام الجبن الناتج وتوزيع مكوناته خاصة الدهن بصورة متجانسة فى جميع أجزاء الخثرة والجبن وكذلك لتقليل الفاقد من المواد الصلبة فى الشرش أثناء الصناعة وبالتالى تؤدى إلى زيادة طفيفة فى محصول الجبن (التصافى) نظراً لزيادة نسبة الرطوبة ولكن وجد أن جودة الجبن الناتج تكون منخفضة . من المواد المستعملة لهذا الغرض الجليسريدات الأحادية والثنائية وسترات الصوديوم أو فوسفات الصوديوم وخاصة عند صناعة الجبن المرتفع فى الدهن . وقد تم استخدام سترات الصوديوم فى صناعة الجبن الدمياطى والرأس حيث أدى إلى نعومة الجبن وزيادة فى المحصول نظراً لأرتفاع نسبة الرطوبة فى الجبن الناتج مع أنخفاض ملحوظ فى فقد الدهن فى الشرش . كما وجد أن إضافة السكريات العديدة polysaccharides تزيد من مستوى الرطوبة فى الجبن ، بعض المواد مثل النشا المعدل والكراجينات carrageenans لا تؤثر على التجبن والبكتين يسرع بدرجة بسيطة من التجبن وصلابة الخثرة . كما أن إضافة ٢٠٪ من بروتين فول الصويا إلى مخلوط اللبن البقرى والجاموسى فى صناعة الجبن الدمياطى يقلل من صلابة الخثرة ويعطى جبن مرتفع الرطوبة .

٣- 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 موقف لآخر على النحو التالى :

أ. 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 فطر)

ب. مواد أخرى تستخدم فى حدود معينة . الحدود القصوى لهذه المواد على النحو التالى:

- 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 كحمض سوربيك (يستخدم كمضاد فطرى) .
- أنزيمات من أصل نباتى أو حيوانى 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 خثرة حمض 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 .

الفصل الثالث

بادئـات الجـبن
Cheese starters

١- مقدمـة :

تعتبر مزارع البادئات المحتوية على بكتريا حمض اللاكتيك من المـواد الأساسية فـى صناعة معظم أنواع الجبن وهذه المزارع يطلق عليها بادئات starters حيث أنها تبدأ أنتـاج حامض اللاكتيك وهو الهدف الرئيسى من أستخدامها فى صناعة الجبن . أنتـاج الحموضة مع طبخ وتقليب الخثرة فى الشرش يجعل خثرة الكـازين تنكمـش وتطـرد الشـرش لأنتـاج جبن بمحتوى رطوبة أقل (حيث تنخفض الرطوبة من ٨٧٪ وهى نسـبة المـاء فـى اللـبن الى ٣٥-٦٠٪) و pH أقل (مـن pH ٦,٦ فـى اللـبن الى حـوالى ٤,٦-٥,٢) وبالتـالى تتميز بقوة حفظ أفضل من اللبن . أنتاج الحموضة خلال صناعة الجبن يكون لها تأثـيرات أخـرى بجانب أنكماش الخثرة وطرد الشرش syneresis حيث تؤثـر علـى نشـاط وتغيـر طبيعـة (دنترة) وأحتجاز المواد المجبنة (المنفحة) فى الجبن وكذلك تؤثر على صلابـة الخـثرة ودرجـة تحلل فوسفات الكالسيوم الغروية كما يثبط نمو كثير من الميكروبات المرضية وكذلك غـير المرغوبه المسببه للعيوب pathogenic and defect-producing bacteria .

٢- نبذة تاريخية

بدأ فى استخدام البادئات لأنتاج حموضة أثناء صناعة الجبن منذ فترة طويلة قبل أن يتم التعرف على البكتريا المسببة لذلك حيث كان يحفظ اللبن على درجة حرارة الغرفة لعدة ساعات يتم خلالها تكاثر بكتريا حمض اللاكتيك الموجودة فى اللبن طبيعياً مع أنتاج حمـض اللاكتيـك ويستخدم اللـبن الحـامض المتجـبن لحقـن اللـبن المسـتخدم فـى صناعـة الجـبن ، ومازالت هذه الطريقة مع بعض الأختلافات تستخدم فى سويسرا وإيطاليـا وفرنسـا حيـث مازالت توجد وحدات صغيرة للأنتاج بطريقة تقليدية . الشـرش النـاتج مـن صناعـة الجـبن عادة يحضن عند درجة حرارة مناسبة لأستخدامه فى اليوم التالى فى صناعـة الجـبن . جميـع البادئات المستخدمة حالياً فى صناعة الجبن نشأت بهذه الطريقة حيث أنتقلت بـين صنـاع الجبن من جيل الى آخر وأستمرت هذه الطريقة البدائية فى إنتاج البادئات حتى نهاية القرن

التاسع عشر حينما أوضح كل من Storch فى الدنمارك و Conn فى الولايات المتحدة الأمريكية أنه يمكن أنتاج زبد متخمرة ذات طعم جيد من قشدة تم تخميرها بواسطة مزرعة نقية من *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* أو *L.lactis* subsp. *cremoris* ولكن الزبد الناتجه مازالت خالية من الطعم الحقيقى المميز للزبد التقليدى ، وقد تم التوصل إلى سبب هذا الأختلاف فى عام ١٩١٩ عندما أوضح كل من Hammer & Bailey فى الولايات المتحدة ، Storch فى الدنمارك ، Boekhout & de Vries فى هولندا منفرداً أن مزارع البادئات القادرة على انتاج زبد يتميز بالطعم التقليدى عبارة عن مخلوط من أنواع مختلفه من البكتريا أحدها قادرة على أنتاج حاض لاكتيك (Lactococci) والثانيه قادرة على أنتاج الطعم والنكهة (Leuconostocs) . وكان يعتقد فى البداية أن الأحماض الطيارة هى المسئولة عن الطعم والنكهة ولكن فيما بعد وجد أن ثنائى الأسيتيل diacetyl هو المكون الرئيسى للنكهة .

٣- أنواع البادئات

يستخدم بصفة أساسية نوعان من البادئات فى صناعة الجبن :

أ - بادئات محبة للحرارة المعتدلة Mesophilic . درجة الحرارة المثلى لها حوالى ٣٠°م .

ب - بادئات محبة للحرارة المرتفعه Thermophilic ودرجة الحرارة المثلى لها حوالى ٤٥°م.

ويتوقف أختيار البادىء على نوع الجبن المراد أنتاجه فمثلاً بادئات mesophilic تستخدم فى صناعة جبن التشدر والجودا والمعرقة بالفطر والكمبير بينما تستخدم بادئات thermophilic فى صناعة أنواع الجبن السويسرية والإيطالية . هذا الأختيار عادة يكون مرتبطاً بطريقة الصناعه حيث أن الأنواع السويسرية والايطالية تطبخ على درجة حرارة مرتفعه (٥٠-٥٥°م) لذلك يجب أن يكون البادىء المستخدم قادراً على مقاومة الحرارة المرتفعه وتتوفر معلومات أكثر عن بادئات الحرارة المعتدلة عن بادئات الحرارة المرتفعة مما يدل على أن الجبن التى تصنع ببادئات الحرارة المعتدلة تنتج بكميات أكبر .

الجدول (١-٣) يوضح بكتريا حمض اللاكتيك Lactic Acid Bacteria (LAB) وبعض صفاتها الهامة . وعادة تستخدم المقدرة على النمو عند درجة ١٠°م ، ٤٥°م لتمييز أنواع البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة عن أنواع البكتريا المحبة للحرارة المرتفعه بينما الفحوص الميكروسكوبية وقياس كمية ونوع مشابهات isomers حامض اللاكتيك الناتج والمقدرة على تمثيل السترات (فى الأنواع المحبة للحرارة المعتدلة) تستخدم فى تمييز معظم الميكروبات داخل هاتين المجموعتين .

جدول ١-٣ : الصفات المميزة لبكتريا حمض اللاكتيك الموجودة فى مزارع البادئات .

الميكروبات	الأسم القديم	الشكل	أختزال عباد الشمس فى اللبن قبل التجبن	٪ حامض اللاكتيك الناتج فى اللبن	صور isomer اللاكتات	تخمير			النمو عند (°م)			إنتاج الأمونيا من الأرجنين	تخثير السكريات	تحمل الملوحة
						جلوكوز	جلاكتوز	لاكتوز	٤٥	٤٠	١٠			
Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus*	*Str. thermophilus*	كروى Cocci	–	٠,٦	L	+	–	+	+	+	–	–	–	+
Lactobacillus helveticus	unchanged	عصوى Rods	–	٢,٠	DL	+	+	+	+	+	–	–	–	+
Lactobocillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*	*Lb. bulgaricus*	عصوى Rods	–	١,٨	D	+	–	+	+	+	–	–	–	+
Lactobacillus delbrueckii subsp. *lactis*	*Lb. lactis*	عصوى Rods	–	١,٨	D	+	±	+	+	+	–	±	–	+
Lactococcus lactis subsp. *cremoris*	*Str. cremoris*	كروى Cocci	+	٠,٨	L	+	+	+	–	–	+	–	–	+
Lactococcus lactis subsp. *lactis*	*Str. lactis*	كروى Cocci	+	٠,٨	L	+	+	+	–	+	+	+	±	+
Leuconostac lactis	unchanged	كروى Cocci	–	أقل من ٠,٥	D	+	+	+	–	–	+	–	+	+
Leuconostoc mesenteroides subsp. *cremoris*	*Leuc. cremoris*	كروى Cocci	–	٠,٧	D	+	+	+	–	–	+	–	+	+

obeikandl.com

يمكن استخدام المقدرة على أنتاج الجلاكتوز من اللاكتوز بواسطة *Lb.delbruckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb.delbruckii* subsp. *lactis* وليس بواسطة *Lb.helveticus* في تمييز أنواع Lactobacilli . كما أن *S.salivarius* subsp. *thermophilus* ينتج جلاكتوز من اللاكتوز ويمكن تمييز Leuconostocs عن غيره من بكتريا البادئات بمقدرتها على تمثيل السكريات من خلال مسار phosphoketolase pathway وعدم مقدرتها على النمو في اللبن مالم يضاف مستخلص الخميرة (٠,٣٪) إلى اللبن كمادة منشطة stimulant وفي بعض الحالات يضاف ١,٠٪ جلوكوز. وتحت هذه الظروف فإن Leuconostocs يجبن اللبن في أقل من ٢٤ ساعة وينتج حوالى ٠,٦٪ حامض لاكتيك . ومع ذلك فإن *Leuc.lactis* ينمو بصورة جيدة نسبياً في اللبن (جدول ١-٣) . وقد تعكس الحاجة إلى مستخلص الخميرة إلى عدم مقدرة هذه البكتريا على إنتاج proteinase بدرجة كافية لتحليل بروتين اللبن إلى أحماض أمينية وببتيدات صغيرة ضرورية للنمو بينما تعكس الحاجة إلى الجلوكوز الى عدم مقدرتها على أستخدام اللاكتوز كمصدر للطاقة .

٣-١- بادئات الحرارة المعتدلة المختلطه السلالة

Mixed strain mesophilic cultures

ظهرت هذه البادئات في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين وأستخدمت بكثرة في صناعة منتجات الألبان المتخمرة في شمال أوروبا . تتكون هذه البادئات بصفة رئيسية من *L.lactis* subsp. *cremoris* بالرغم من أنه في بعض الأحيان قد تحتوى على *L.Lactic* subsp. *lactis* . والأكثر أرتباطاً بها ويطلق على هذه الأنواع Lactococci (الأسماء القديمة Lactic streptococci) . بعض البادئات المحبة للحرارة المعتدلة والمختلطه السلالات قد تحتوى على نوع من *Lactococcus* يستطيع تمثيل السترات (Cit^+) إلى CO_2 ومكونات الطعم والنكهة والأسم القديم لهذا الميكروب هو *Streptococcus diacetylactis* والفرق الأساسى بينه وبين *L.lactis* subsp. *lactis* هو أحتوائه على بلازميد plasmid مسئول عن امتصاص السترات وتتضمن الأنواع المحبة للحرارة المعتدلة Lactococci أنواع غيره قادرة على تخمر السترات (Cit^-) وأخرى قادرة على تخمر السترات (Cit^+) حيث تشارك الأولى في أنتاج الحموضة بينما الثانية في تكوين الطعم والنكهة . تشارك *Leuconostoc* spp. في أنتاج مكونات الطعم والنكهة من السترات في البادئات المختلطه . تقسم البادئات المحبة للحرارة المعتدلة والمختلطة السلالات طبقاً لطبيعة أنتاج مكونات الطعم والنكهة الى :

أ - L type ويحتوى على *Leuconostoc* spp. .

ب - D type ويحتوى على Cit$^+$ lactococci قادرة على تخمر السترات (diacetylactis).

جـ - DL type ويحتوى على النوعين السابقين (L & D types) .

د - O type ولايحتوى على أى نوع من الأنواع القادرة على أنتاج مكونات الطعم والنكهة.

ويطلق عادة على البكتريا المنتجة لمكونات النكهة aroma producer أو مستهلكة للسترات citrate utilzers أو مخمرة للسترات citrate fermenters . تكون كل من الأنواع المنتجة للحموضة ، الطعم والنكهة فى بادئات الحرارة المعتدلة حوالى ٩٠ ، ١٠٪ من اجمالى الأنواع الموجودة فى البادىء على التوالى ويطلق عليها مزارع مختلطه mixed cultures ليس لأنها تحتوى على أنواع مختلفة من البكتريا ولكن أيضاً لأنها تتضمن سلالات مختلفه لنفس النوع . ويلاحظ أنواع بكتريا المزارع المختلطه تحتوى خلاياها على أنواع مختلفه من البلازميدات وذلك للحصول على معدلات نمو مختلفه ومقاومة مختلفه للفاج بالأضافة إلى أن بعض السلالات تكون خالية من أنزيم proteinase (Prt$^-$) ونتيجة لذلك لاتستطيع أن تنمو بدرجة جيدة فى اللبن .

بعض مزارع البادئات تكون لها حساسية خاصة للفاج التى تقلل ، أو فى بعض الحالات الشديدة توقف أنتاج حامض اللاكتيك . فى هولندا فإن مزارع الحرارة المعتدلة المختلطه السلالات التى تم تنميتها تجارياً دون أخذ الأحتياطات اللازمة لحماية هذه المزارع من الفاجات التى مصدرها الهواء يطلق عليها مزارع P (P cultures) ويظلق (P) على المزارع التى تم أنتاجها تحت الظروف العادية لتمييزها عن المزارع المماثلة والتى تم اعدادها تحت ظروف معقمة فى المعمل والتى يطلق عليها L cultures حيث ترمز (L) لكلمة المعمل laboratory ويجب عدم الخلط بين هذه المزارع (L) التى تم إعدادها فى المعمل والمزارع (L) التى تحتوى على *Leuconostoc* والمنتجة لمكونات الطعم والنكهة ويطلق عليها L.cultures . ومزارع الـ (P) أكثر مقاومة للفاج عن مزارع (L) وقد تحتوى على أعداد مرتفعة من الفاج (قد يصل إلى ١٠ ^{8} /مل) دون أن تؤثر على مقدرة هذه المزارع على أنتاج الحموضة وهذه المزارع يطلق عليها phage "own" لتمييزها عن الأنواع المعروفة بالـ disturbing phage التى تثبط من أنتاج الحموضة . تحتوى مزارع (L) على سلالة واحدة أو أكثر ولذلك تكون أكثرعرضة للأصابة بالفاج وأفضل مزارع (P) هى التى يتم تحضيرها وتحفظ عند درجة حرارة (-٨٠°م) فى معهد بحوث الألبان بهولندا (NIZO) حيث يتم تنميتها تحت ظروف مراقبة بدقة وتوزع إلى مصانع الجبن .

٣-٢- بادئات الحرارة المعتدلة معرفة السلالة

Defined strain mesophilic culture

هذه البادئات أساساً عبارة عن مزارع نقية من *L.lactis* subsp. *cremoris* وقد بدأ فى استخدامها تجارياً فى نيوزيلندا عام ١٩٣٤وأول بكتريا تم تنقيتها كانت *L.lactis* subsp. *lactis* بواسطة العالم Lister عام ١٨٧٨ وقد كانت أول مزرعة ثم تعريفها وهناك بعض الخلط بين هذ المزارع والمزارع التى يطلق عليها مزارع احادية mono culturres ومزارع فردية single culture ومزارع ثنائية pairs ومزارع ثلاثية triple ومزارع عديدة multiple culture . كثير من هذه الأسماء يدل على أسلوب استخدامها أى كمزارع فردية أو كمزارع مختلطة تحتوى على ٢ إلى ٦ سلالات (فى أغلب الأحيان ٢ أو ٣) حيث تنمى مع بعضها فقط عند تحضير بادئ الأضافة (الصناعة) bulk cuture . أهم الفروق بين هذه البادئات والبائات المختلطة التقليدية هو أن عدد السلالات يكون معروفاً ولاتحتوى على سلالات منتجة لمكونات الطعم والنكهة .

فى الثلاثينات كانت مشكلة التركيب المفتوح open texture فى جبن التشدر على جانب كبير من الأهمية فى نيوزيلندا نتيجة تكوين غاز CO_2 من السترات بواسطة الأنواع المنتجة لمركبات الطعم والنكهة فى البادئات مختلطة السلالة mixed strain starters ، فالأنواع المنتجة للحموضة فى هذه البادئات قد عزلت وأستخدمت كلٍ على حده (بادىء وحيد السلالة) فى صناعة الجبن فكانت الجبن الناتجة ذات تركيب مقفول close-textured ولكن عندما استخدمت هذه السلالات تجاريا كانت بطيئة فى أنتاج الحموضة نتيجة تحلل مزارع البادئات بواسطة الفاج وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بأستخدام زوج من سلالات فى دورات أو نوبات كل منها ٤ أيام مع استخدام زوج مختلف فى كل دورة او نوبه والفكرة وراء ذلك كانت أن أعداد الفاج انخفضت بدرجة كبيرة فى اليوم الخامس عندما يستخدم أول زوج من السلالات مرة أخرى يكون هناك تأثير ضئيل على نمو وأنتاج الحموضة . بهذه الطريقة يمكن تجنب انتشار الفاج فى المصنع هذا بالأضافة الى أن أحد السلالات فى كل زوج تنمو وتنتج حموضة عند درجة حرارة الطبخ (سلالة سريعة fast أو مقاومة لدرجة الحرارة temp. resistant strain) بينما السلالة الأخرى لاتنمو ولكن تستمر فى أنتاج الحموضة بمعدل أبطأ (سلالة بطيئة slow أو حساسة لدرجة الحرارة temp. sensitive strain) . أستخدام السلالة البطيئة تقلل من ظهور المرارة فى الجبن الناتجة من النمو الزائد للسلالة السريعة.

وقد أستخدم نظام تدوير أو تناوب البادئات (تدوير زوج من السلالات) بنجاح

كبير لسنوات عديدة ولكن عندما أدمجت مصانع الجبن الصغيرة فى مصانع مركزية كبيرة أصبحت هذه الطريقة غير ملاءمة وزادت خطورة مشكلة الفاج نظراً لزيادة كميات البادئات المستخدمة حيث أن أحواض الجبن تملأ عدة مرات يومياً وتصنع الجبن بنظام الجدوله (التوقيت) أى الوقت المطلوب لكل خطوة وقد تم التغلب على هذه المشكلة بأستخدام البادئ عديد السلالة multiple strain starters والذى أنتشر استخدامه فى نيوزيلندا وأستراليا وأيرلندا والولايات المتحده وتستخدم هذه البادئات دون الحاجة إلى تدوير rotation . وفى البداية كان عدد السلالات المستخدمة فى هذه البادئات متعددة السلالة ستة سلالات ثم أنخفض هذا العدد فى السنوات القليلة الماضية إلى أثنين أو ثلاثة سلالات بدون حدوث أى تأثير على أنتاج الحموضة أو جودة الجبن وبالرغم من أن البادئات متعددة السلالة قد أنتخبت على أساس المقاومة للفاج إلا أنها مازالت عرضة لمهاجمة الفاج وعندما يحدث ذلك ترفع السلالة المصابة من هذا النظام وتستبدل بسلالة أخرى مقاومة للفاج .

٣-٣- بادئات الحرارة المرتفعة Thermophilic starters

تمثل البادئات المحبة للحرارة المرتفعة أهمية خاصة فى مصانع الجبن الصغيرة فى فرنسا وسويسرا وأيطاليا حيث يصنع جبن الجرويير والأمنتال والجرانا وغالبا مايتم أنتاج هذه المزارع بتحضين الشرش الناتج من اليوم السابق على درجة ٤٠-٤٥م طول الليل وتتكون الميكروبات الموجودة فى هذا الشرش أساسا من *S.salivarius* subsp. *thermophilus* (وقد يوجد Enterococci & Lactococci) وعدة أنواع من *Lactobacillus* مثل *Lb.helveticus, Lb.fermentum, Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* and *Lb.acdophilus* . مزارع الشرش الطبيعية المنخفض الحموضة low-acid natural whey culture التى يسود فيها *S.salivarius* subsp. *thermophilus*. أستخدمت فى الماضى ولكن حديثاً يستخدم مزارع الشرش المرتفعة الحموضة high-acid whey cultures وتتكون أساساً من Lactobacilli وقد بذلت جهود كبيرة لتنقية هذه المزارع . جبن الأمنتال أكثر عرضه لظهور عيب يطلق عليه التخمرات الثانوية secondary fermentation التى تتميز بأنتاج غاز CO_2 بكميات زائدة ويسبب أنتفاخ الجبن بعد تخمر حمض البروبيونيك ويعتقد أن ذلك يعزى إلى النشاط الزائد لبكتريا حمض البروبيونيك (PAB) ولكن وجد فيما بعد أنه يرجع إلى استخدام *Lb.helveticus* ذات نشاط زائدة فى تحليل البروتين والذى يؤدى الى زيادة نمو بكتريا حمض البروبيونيك وأنتاج زائد من غاز CO_2 وقد أمكن الحد من هذه المشكلة فى الأنتخاب الدقيق لمزارع البادئ وتجميع المزارع

المختلطة من مصانع الجبن التى تنتج جبن أمنتال مرتفعه الجودة والتى تم أختيارها من حيث أنتاج الحموضة وتحليل البروتين والثبات أثناء التخزين وكفاءتها فى صناعة الجبن وتنمى هذه المزارع تحت ظروف مراقبة بدقة لتوزيعها على مصانع الجبن .

وفى المصانع الحديثة تستخدم عادة بادئات محبة للحرارة المرتفعة معرفة السلالة (مزارع أحادية أو عديدة السلالة) وعلى عكس المزارع المحبة للحرارة المعتدلة المعرفه السلالة تستخدم هذه المزارع بنظام الدورات أو النوبات ، وغالباً ماتحتوى المزارع المحبة للحرارة على :

أ – *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* .

ب – بكتريا حمض لاكتيك عصوية محبة للحرارة المرتفعة a thermophilic lactobacillus :

Lb.delbruckii subsp. *bulgaricus* و*Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* أو *Lb.helveticus*

ويحدد نوع الجبن المراد انتاجه نوع *Lactobacillus* الذى يجب أستخدامه فمثلاً يستخدم *Lb.helveticus* and *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* فى صناعة الجبن السويسريه Swiss cheese بينما يستخدم فى صناعة الزبادى *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Lb.lactis* subsp. *lactis* ويجب الأهتمام وأتخاذ الأحتياطات اللازمة عند اختيار Lactobacilli فى صناعة الجبن السويسريه حيث أن عديد من سلالات *Lb.helveticus* تتميز بقدرة فائقة على تحلل البروتين وبالتالى قد تتسبب فى حدوث عيب التخمر الثانوى secondary fermentation defect . و*Lb.helveticus* وعدد قليل من سلالات *Lb.delbrruckii* subsp. *lactis* يمكن أن تخمر الجلاكتوز الناتج من اللاكتوز (Gal^+) بينما *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ومعظم سلالات *Lb.delbrrueckii* subsp. *lactis, S.salivarius* subsp. *thermophilus* لاتخمر الجلاكتوز (Gal^-). لذلك يستخدم فقط سلالات Lactobacilli المحبة للحرارة والقادرة على تخمر الجلاكتوز (Gal^+) كمزارع بادئات فى الجبن حيث تقوم بتخمير الجلاكتوز الناتج بواسطة *S.salivarius* subsp. *thermophilus* فإذا أستخدمت سلالات غير قادرة على تخمر الجلاكتوز (Gal^-) فإن الجلاكتوز يتجمع فى الجبن وقد يستخدم كمصدر للطاقة لنمو البكتريا التى لاتنتمى للبادىء والتى تسبب أطعمه غير مرغوب فيها لذلك فإنه يعتقد أن عديد من سلالات *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* المستخدمة تجارياً فى صناعة الجبن السويسريه فى الولايات المتحدة من النوع (Gal^+). وقد يرجع ذلك إلى خطأ فى تصنيف *Lb.helveticus* يفسر سبب أستخدام *Lb.helveticus* subsp. *bulgaricus* فى

صناعة الجبن السويسريه فى الولايات المتحده بينما يفضل أستخدام *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* Gal^+ فى أوروبا. يتم تنمية Streptococci و Lactobacilli معاً لصناعة اليوجهورت وتنمى كل منهما على حده لصناعة الجبن وتقدر كمية البادىء الذى يستخدم فى صناعة الجبن الجرويير والأمتال بـ ٣-١٠٪ من كمية البادىء المستخدم فى صناعة الجبن التشدر أو الأنواع الهولندية . عادة تضاف المزارع مباشرة إلى لبن الجبن فى الحوض وفى هذه الحالة تنمى هذه المزارع كلٍ على حده ثم تركز بالطرد المركزى أو بالترشيح بالأغشية membrane filtration وتجمد عند درجة-٣٠°م فى قارورات صغيرة حتى تستخدم فى التلقيح المباشر .

٣-٤- بيئات النمو والتمييز Media for growth & differentiation

تحتاج بادئات بكتريا حمض اللاكتيك إلى عدة أحماض أمنيه و فيتامينات وغيرها من الأحتياجات الغذائية للنمو لذلك فإن البيئات التى تستخدم فى عزلها ونموها تتضمن بصفة عام مستخلص الخمير مع/أو مستخلص اللحم وواحد أو أكثر من نواتج تحلل البروتين أنزيمياً مثل التيربتون . كما أن هذه البكتريا تحتاج الى كربوهيدريت قابلة للتخمر كمصدر للطاقة ونظراً لأن لها القدرة على التخمر فإنها تنتج كميات كبيرة من اللاكتات ، لذلك فإن هذه البيئات يجب أن ينظم فيها buffered الـ pH بطريقة مناسبة ، كما يضاف أيونات معدنيه مثل Mn^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} بصفة منتظمة . وفى الماضى كانت تستخدم بيئة unbuffered lactic agar of Elliker بصفة عامة لنمو Lactococci بينما البيئة المستخدمة حالياً هى M17 التى تحتوى على قوة تنظيمية buffer بأستخدام بيتا جليسروفوسفات β-glycerophosphate وهذه البيئة أيضاً مفيدة جداً فى نمو subsp. *S.salivarius* *thermophilus* وفى تحضير وقياس وأختبار الفاج لكل من هذا الميكروب و Lactococci. البيئات المحتوية على بيتا جليسروفوسفات تكون غير مناسبة لنمو عديد من بكتريا حمض اللاكتيك العصويه المحبة للحرارة thermophilic Lactobacilli وخاصة *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* وتستخدم بيئة M17 كبيئة متخصصة لعد *Str. thermophilus* فى اليوجهورت وتعتبر بيئة MRS أفضل البيئات بصفة عامة لبكتريا حمض اللاكتيك العصويه Lactobacilli والكروية Streptococci كما أن Leuconostocs تنمو جيداً على هذه البيئة ويمكن أن تصبح بيئة متخصصة لـ Lactobacilli عند خفض الـ pH الى ٥,٤ . ويمكن عد *S.thermophilus* على بيئة M17 agar (بعد التحضين تحت ظروف هوائية على درجة ٣٧°م لمدة ٤٨ ساعة) وعد *Lb.bulgaricus* على بيئة MRS agar عند pH ٥,٤ (بعد التحضين تحت ظروف لاهوائية

عند درجة ٣٧°م لمدة ٧٢ ساعة) .

وقد أقترحت عدة بيئات للتمييز بين البكتريا المنتجة للحموضة والبكتريا المنتجة لمكونات الطعم فى مزارع البادئات المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة mesophilic starter cultures . تحتوى كثير من هذه البيئات على سترات كالسيوم حيث تكون البكتريا المنتجة لمكونات الطعم flavour producer مستعمرات محاطه بمنطقة شفافه نتيجة لتمثيل سترات الكالسيوم غير الذائبة . هذه البيئات معتمة opaque لدرجة يصعب معها رؤية الأنواع المنتجة للحموضة . أضافة 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride بتركيز ٠,١ ملليجم / مل يساعد على رؤية مستعمرات الأنواع المنتجة للحموضة بسهولة . وفى المزارع المحبة للحرارة المعتدلة، تحتوى *Leuconostoc* على β-galactosidase (β-gal) بينما تحتوى الـ Lactococci على phospho-β-galactosidase (p-β-gal) . وقد تم تعديل بيئة KCA بإضافة مواد منتجة للصبغات أو الألوان 5-bormo-4-chloro-3-indolyl-β-D-galactopyranoside (X-gal) ، للكشف عن نشاط β-gal. فى هذه البيئة تكون لون مستعمرات Cit^+ lactococci أبيض محاطه بهاله شفافه نتيجة لاستهلاك السترات بينما تكون لون مستعمرات *Leuconostoc* أزرق ، نتيجة لتأثير β-gal على X-gal ، ومحاطه أيضاً بمنطقة شفافة .

وقد أقترح بيئتين أخريتين تعطى نتائج مقبوله ، ففى البيئة الأولى يمكن التعرف على Cit^+ lactococci بواسطة قدرتها على تمثيل السترات بينما يمكن تمييز *L.lactis* subsp. *cremoris* عن *L. lactis* subsp. *lactis* بعدم قدرتها على أنتاج الأمونيا (NH_3) من الأرجنين، والبيئة الثانية تكون مفيدة جداً فى التمييز بين أنواع Lactococci المخمرة للسترات (Cit^+) وغير المخمره للسترات (Cit^-) ولكن كثير من *Leuconostoc* spp. تنمو نمواً شحيحاً على هذه البيئة . يضاف potassium ferrocyanide مع خليط من سترات الصوديوم والحديديك إلى بيئة أجار اللبن المحتوى على تربتون وجلوكوز وتعتمد صفة التمييز فى هذه البيئة على ترسيب أيون الحديديك Fe^{3+} مكوناً صبغه ذات لون أزرق داكن prussian blue . وتكون Cit^+ lactococci (الأنواع المخمرة للسترات) مستعمرات زرقاء بينما تكون Cit^- lactococci (الأنواع غيرالمخمرة للسترات) مستعمرات بيضاء نظراً لأن السترات التى تمنع تفاعل ترسيب صبغة اللون الأزرق الداكن قد تم استهلاكها حول المستعمرات.

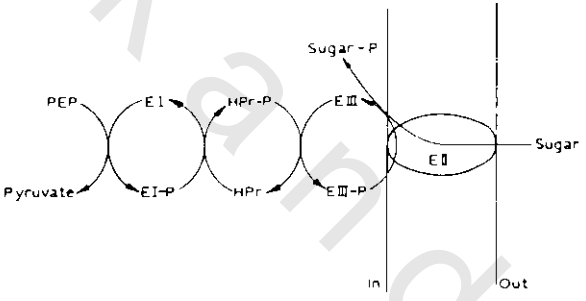
٤- التمثيل الغذائى Metabolism

٤-١- نظام أنتقال اللاكتوز Lactose transport

تحتاج بكتريا حمض اللاكتيك LAB الى كربوهيدريت قابلة للتخمر لأنتاج الطاقة والنمو. يوجد فى اللبن اللاكتوز ، سكر ثنائى يتكون من الجلوكوز والجلاكتوز، يحتاج انتقال اللاكتوز إلى طاقة ولكن ميكانيكية إنتقال اللاكتوز فى جميع بادئات LAB غير معروفة تماماً بالتحديد ، فبينما تستخدم *S.salivarius* subsp. *thermophilus* القوة المحركة للبروتونات proton motive force (PMF) تستخدم Lactococci مجموعة نظم انتقال translocation systems تتضمن نظام phosphoenolpyruvate (PEP), phospho-transferase system (PTS) . فى نظام PMF ينتقل اللاكتوز نتيجة فرق الجهد لأختلاف التركيز على جانبى غشاء الخلية بينما فى نظام PTS حيث يتحول اللاكتوز الى لاكتوز فوسفات lactose-P أثناء عملية الأنتقال ولاتوجد معلومات متوفرة عن نظم أنتقال اللاكتوز فى thermophilic lactobacilli أو Leuconostocs . يوجد نظام PTS فقط فى البكتريا التى تخمر السكر بأتباع مسارglycolysis ومن غير المحتمل أن يوجد فى *Leuconostoc* والتى تخمرالسكر بأتباع مسار phosphoketolase pathway حيث يوجد فرق فى تركيز أيونات الأيدروجين على جانبى غشاء الخلية ، فالـ pH داخل الخلية يميل الى القلوية مما يسبب فرق جهد كهربى electrical potential عند غشاء الخلية. وهذا الفرق فى الجهد الكهربى مع الفرق فى الـ pH داخل وخارج الخلية يكونان معاً نظام PMF . وغالباً مايتضمن نظم PMF انتقال جزىء ثان الى داخل أو خارج الخلية بصورة منتظمة بواسطة بروتينات حاملة توجد فى مواقع معينة على غشاء الخلية specific membrane-located carrier proteins ويطلق عليه peramease . وعموماً فإن اللاكتوز ينتقل كما هو فى *Lactobacillus,Leuconostoc* spp. المحبه للحراره المرتفعة بواسطة نظام permease system حيث يتحلل بواسطة β-galactosidase (β-gal) إلى جلوكوز وجلاكتوز. وطبقاً للميكروب فإن الجلوكوز يتحلل بإتباع سواء مسارglycolytic pathway كما فى *S.thermophilus, Lactobacillus* spp. أو مسار phosphoketolase pathway كما فى *Leuconostoc* spp. بينما يتحلل الجلاكتوز من خلال مسار Leloir pathway . و *Lb. lactis* لايخمر الجلاكتوز ولكن يفرزه خارج الخليه لذلك فإن من الضرورى أستخدام *Lb.helveticus* أو سلالات من *Lb.lactis* Gal^+ (قادرة على تخمر الجلاكتوز) فى بادئات الجبن السويسرية حيث تقوم هذه البكتريا بتخمر الجلاكتوز الناتج

بواسطة *S.thermophilus* بالأضافة إلى بقايا اللاكتوز وهذا يضمن خلو الجبن من السكر بعد التمليح الرطب ويساعد فى تجنب نمو البكتريا التى تسبب بعض العيوب فى الجبن .

وفى Lactococci ينتقل اللاكتوز بواسطة (PEP/PTS)حيث يتحول اللاكتوز إلى لاكتوز فوسفاتLactose-P وينتقل إلى داخل الخلية.وهذه العمليه معقدة (شكل١-٣) ويحتاج إلى Mg^{2+} وأربع بروتينات ، أثنين منهما (أنزيمات III, II) مرتبطة بغشاء الخلية ونوعية السكر بينما النوعين الأخرين (أنزيم I وبروتين مقاوم للحرارة ومنخفض الوزن الجزيئى HPr) بروتينات ذائبة وتوجد فى جميع نظم الأنتقال PEP/PTS . يتحلل اللاكتوز فوسفات داخل الخلية بواسطة p-β-gal إلى جلوكوز الذى يتحلل بأتباع مسار glycolytic بينما الجلاكتوز ٦-فوسفات بإتباع مسار tagatose (tagatose مشابه stereoisomer للفركتوز) .



شكل ١-٣ : نظام PEP/PTS لأنتقال السكر فى Lactococci
EI : أنزيم I ، EII : أنزيم II ، EIII : أنزيم III
HPr بروتين مقاوم للحرارة حامل للفوسفات

وقد أشار البعض إلى أن نظام الأنتقال PTS والـ p-β-gal ضرورى لتخمر اللاكتوز السريع حيث وجد أن سلالات البادىء التى تخمر اللاكتوز بمعدل سريع تحتوى على p-β-gal بمستوى مرتفع ولايوجد بها β-gal بينما السلالات التى تخمر اللاكتوز ببطء تحتوى على مستويات مرتفعة من β-gal ومستويات منخفضة من p-β-gal وقد وجد أن *L.lactis* subsp.*lactis* ATCC 7962 تنقل اللاكتوز بواسطة PTS ولا تحتوى على نشاط p-β-gal وتنمو ببطء فى اللبن وعلى العكس من ذلك فإن

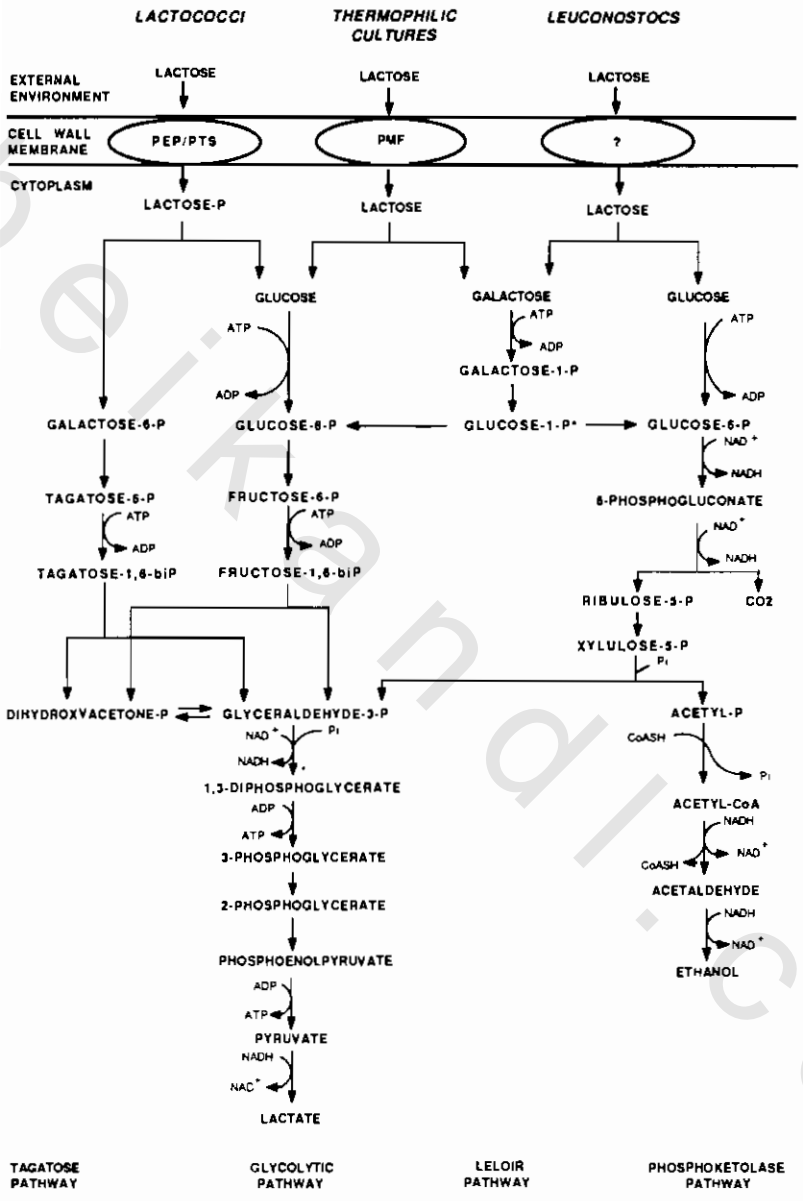
S.salivarius subsp. *thermophilus* لايوجد بها PTS ولا p-β-gal وتخمر اللاكتوز بسرعة . وفى نظام PMF ينتقل اللاكتوز كما هو بينما فى نظام PTS ينتقل اللاكتوز فى صورة لاكتوز فوسفات ويتحلل اللاكتوز بداية بواسطة β-gal إلى جلوكوز وجلاكتوز بينما لاكتوز فوسفات يتحلل بواسطة p-β-gal إلى جلوكوز وجلاكتوز -٦- فوسفات والشكل (٢-٣) يوضح ملخص لمسارات تمثيل اللاكتوز بواسطة بكتريا حمض اللاكتيك المختلف الموجودة فى مزارع البادئات .

٤-٢- تمثيل اللاكتوز Lactose metabolism

٤-٢-١- فى *Lactococci*

فى هذا النوع من البكتريا ينتقل اللاكتوز الى داخل الخلية بواسطة نظام PTS فى صورة لاكتوز فوسفات حيث يتحلل الى جلوكوز وجلاكتوز -٦- فوسفات بواسطة p-β-gal . يتخمر الجلوكوز بإتباع مسار glycolytic pathway بينما يتخمر الجلاكتوز من خلال عدة مشتقات tagatose: dihydroxy acetone-P & glyceraldehyde-3-P التى تدخل بعد ذلك فى التفاعلات النهائية لتحليل السكريات glycolysis (شكل ٢-٣) وبالرغم من أن tagatose مركب مشابه stereoisomer للفركتوز إلا أن أنزيمات مختلفه تشارك فى تكوين فركتوز-٦- فوسفات، تجتوز-٦-فوسفات وفركتوز -١ و ٦- ثنائى الفوسفات (FDP) وتجتوز -١و٦ ثنائى الفوسفات (TDP) . وأنزيم TDP aldolase له بعض النشاط على FDP ولكن FDP aldolase ليس له نشاط على TDP والتفاعلات النهائية لتمثيل كل من الجلوكوز والتجتوز متشابه وينتج عنها أختزال البيروفات إلى لاكتات وتتكون فقط L-lactate . وبصفة عامة يتكون L-lactate كناتج وحيد للتخمر ولكن عندما تنمو هذه البكتريا فى وجود الجلاكتوز ، المالتوز أو مستوى منخفض من الجلوكوز ، فإن نواتج أخرى تتكون من تمثيل البيروفات بالأضافة الى L-lactate مثل الفورمات fomate ، الأيثانول ethanol والخلات acetate والشكل (٣-٣) يبين مسارات تكوين هذه النواتج .

تلعب PEP دوراً رئيسياً فى تحديد التوازن بين أنتقال وتمثيل السكر . تنظيم تمثيل السكر عملية معقدة وتعتمد أساساً على أنزيم بيروفات كينيز pyruvate kinase (PK) وتركيز (FDP) والفوسفات غير العضوية (Pi) داخل الخلايا ، ففى الخلايا النامية يكون تركيز (FDP) مرتفع بينما تركيز (Pi) يكون منخفضاً حتى يحافظ على نشاط أنزيم PK وينتج البيروفات . وعلى العكس من ذلك ، فى حالة نقص العناصر الغذائية أى حدوث



شكل٢-٣:المسارات المختلفة لتمثيل اللاكتوز فى بكتريا حمض اللاكتيك

جوع للخلايا starvation فأن تركيز (FDP) يكون منخفضاً وتركيز (Pi) يكون مرتفعاً ويؤدى ذلك إلى إيقاف نشاط أنزيم PK وبالتالى زيادة فى تركيز فوسفواينول بيروفات (PEP) .

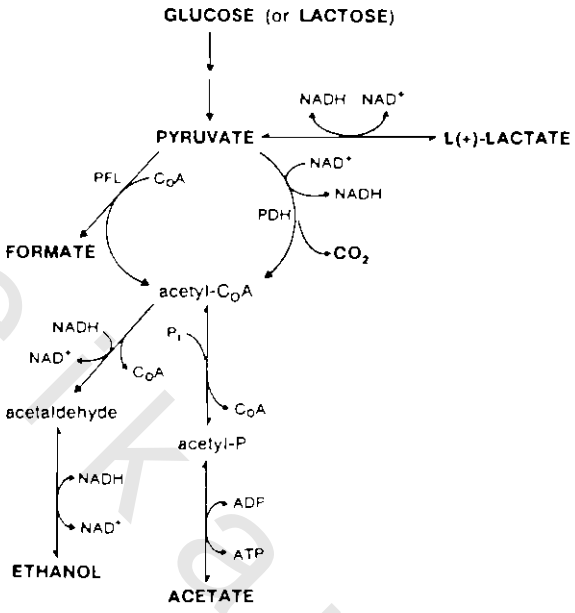
٤-٢-٢- فى *Leuconostoc*

فى هذا النوع من البكتريا يتحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز بواسطةβ-gal ويتخمر الجلوكوز بأتباع مسار phosphoketolase pathway ليكون اللاكتات والأيثانول وغاز CO_2 بكميات مولية متساوية بينما يتحول الجلاكتوز بأتباع مسار Leloir الى جلوكوز-٦-فوسفات بأستخدام أنزيمات galactokinase (GK), galactose-1 puridyl transferase, UDP-4-epimerase (شكل ٢-٣) . يتكون لاكتات وأيثانول نظراً للحاجة إلى توليد NAD^+ لأستمرار عملية التخمر . وعلى عكس بكتريا Lactococci ، يتكون D-lactate . وفى حالة تمثيل الجلوكوز والسترات معاً فإنه يؤدى إلى التحويل من أنتاج الأيثانول إلى أنتاج خلات وانتاج كمية أكبر من اللاكتات عن المتوقع بالنسبة لكمية الجلوكوز المستخدمه ويعزى ذلك إلى تحويل كل البيروفات الناتجة من كل من السترات والجلوكوز إلى لاكتات لتوليد NAD^+ .

٤-٢-٣- فى *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*

ينتقل اللاكتوز فى هذا الميكروب عن طريق نظام PMF ويتحلل اللاكتوز بواسطة β-gal والذى يتكون فى الخلايا النامية فى وجود الجلوكوز ولكن يزداد إلى ضعفين ، ٤ أضعاف بواسطة اللاكتوز والجلاكتوز على التوالى . ومع ذلك فإن جزيئات الجلوكوز فقط يحدث لها تمثيل ويفرز الجلاكتوز بكميات متساوية موليا مع اللاكتوز المستخدم. معظم سلالات هذا الميكروب لاتستخدم الجلاكتوز (Gal^-) ، كما أن الأنواع القادرة على أستخدام الجلاكتوز wild-type Gal^+ تفرز الجلاكتوز عندما تنمو فى وجود اللاكتوز ولكنها تخمر الجلاكتوز فى وجود تركيز منخفض من اللاكتوز (٣,٥ ملليمول) ويتم تخمير الجلوكوز بأتباع مسار glycolytic pathway .

بالأضافة إلى هذا فإن هذا الميكروب لايستخدم PEP فى أنتقال اللاكتوز وبالتالى فإن الدور المنظم لأنزيم (PK) قد لايكون مهماً فى هذا الميكروب كما هو الحال فى Lactococci . وعلى عكس Lactococci ، فإن هذا الميكروب يخمر السكريات تخميراً متجانساً homofermentative حتى عندما ينمو فى وجود تركيزات منخفضة من الجلوكوز أو اللاكتوز ومع ذلك فإن كميات صغيرة من الفورمات (أقل من ١٪ من السكر الكلى المتخمر) تتكون من السكر .



شكل ٣-٣: تمثيل البيروفات فى Lactococci

PFL: pyruvate-formate lyase, PDH: pyruvate dehydrogenase

٤-٢-٤- فى Thermophilic Lactobacilli

هذه البكتريا تحتوى على كل من p-β-gal, β-gal ولكن هناك كثير من المعلومات تدل على أحتمال وجود β-gal فقط فى هذه البكتريا . وقد وجد أن *Lb.helveticus* فقط وعدد قليل من سلالات *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* تخمر الجلاكتوز. جميع سلالات *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ومعظم سلالات *Lb.dulbrueckii* subsp. *lactis* لاتخمر الجلاكتوز والميكروبات الأخيرة ، تشبه *S.salivarius* subsp. *thermophilus* ، تفرز الجلاكتوز بكميات موليه مساوية للاكتوز المستخدم عندما تنمو فى وجود اللاكتوز ، وبعض السلالات تخمر الجلاكتوز ولكن فقط فى حالة وجود تركيز منخفض من اللاكتوز (٤,٠ ملليمول) وتخمير السكر فى هذه الميكروبات يتم بأتباع مسار glycolysis مع تكوين مشابهات مختلفه isomers من اللاكتات والتى تكون مفيدة فى التعرف على الميكروبات وأنتاج كل من الصورتين isomers قد يعزى الى وجود أنزيمين

من LDH لهاتين الصورتين أو وجود أنزيم واحد من LDH وأنزيم recemase الذى يحول أحدى هاتين الصورتين إلى الصورة الآخرى. وقد وجدت أنزيمات racemases فى عدد قليل من سلالات LAB ولكن لاتوجد فى مزارع البادئات وبالتالى فإن أنتاج D- & L- Lactate يعزى بصفة عامة الى وجود أنزيمين متخصصين من LDH والجدول (٢-٣) يبين ملخص لنظم أنتقال وتمثيل اللاكتوز فى بادىء LAB.

٤-٢-٥- التخمر تحت ظروف هوائية Aerobic metabolism

كثير من بادئات LAB عندما تتعرض للأكسجين تنتج فوق أكسيد الأيدروجين (H_2O_2) الذى يثبط نمو هذه الميكروبات . يعزى أنتاج H_2O_2 ألى زيادة نشاط عدة أنزيمات ، وتشمل pyrdine nucleotide oxidases و peroxidases و pyruvate oxidase و α-glycerophosphate oxidase وعادة يمكن إيقاف تأثير H_2O_2 بإضافة الكتاليز catalase .

Leuconostocs النامية تحت ظروف هوائية تنتج خلات بدلا من االأيثانول نتيجة إلى زيادة بناء acetate kinase, NADH oxidase مع انخفاض نشاط alcohol dehydrogenae, phosphotransferase . و Lactococci التى تنمو فى بيئات معقدة مع وجود الجلوكوز كمصدر للطاقة تكون أساساً متجانسة التخمر homofermentative تحت الظروف الهوائية واللاهوائية . ومع ذلك فى البيئات المحددة التركيب لايحدث نمو هوائى إلا فى وجود lipoic acid أو الخلات حيث أن lipoic acid جزء مكمل لمعقد انزيم pyruvate dehydrogenase (PDH) الذى يشارك فى بناء acetyl CoA . تحت الظروف الهوائية يتكون acetyl CoA من مركب PDH (أو الخلات) بينما تحت الظروف اللاهوائية فإنه يتكون من خلال نشاط pyruvate-formate lyase (PFL) وهذا الأنزيم حساس للأكسجين ويثبط ويصبح غير نشط تحت الظروف الهوائية للنمو .

تتكون الخلات واللاكتات من المكونات الرئيسية الناتجة من تمثيل السكر فى وجود كميات زائدة من lipoate بينما يحل acetoin محل الخلات فى وجود محدود من lipoate . ويمكن زيادة أنتاج ثنائى الأسيتيل بإضافة hemin إلى Cit^+ lactococci .

فوق أكسيد الأيدروجين (H_2O_2) مرتبط مع SCN^- و lactoperoxidase (LP) مثبط قوى لبعض Lactococci. ويوجد كل من LP, SCN^- طبيعياً فى اللبن ويمكن أن ينتج H_2O_2 نتيجة تهوية اللبن أثناء النمو . يتلف LP عند درجة حرارة حوالى ٨٠°م لذلك فإن التثبيط لايحدث عادة فى اللبن المستخدم لأنتاج البادىء .

جدول ٢-٣: الصفات المميزة لتمثيل اللاكتوز فى بادئات بكتريا حمض اللاكتيك

صور اللاكتات **Isomer of lactate**	نواتج التحلل **Products** (mol/ mol lactose)	أنزيم التحلل **Cleavage enzyme**	مسار التحلل (b) **Pathway**	نظام إنتقال (a) اللاكتوز **Transport**	الميكروب **Organisms**
L	4 Lactate	p-ß-gal	GLY	PTS	Lactococcus
D	2Lactate+2Ethanol+2 CO_2	ß-gal	PK	?	Leuconostoc
L	2Lactate[C]	ß-gal	GLY	PMF	*S.salivarius* subsp. *thermophilus*
D	2Lactate[C]	ß-gal	GLY	PMF?	*Lb.delbrueckii* subsp.*lactis*
D	2Lactate[C]	ß-gal	GLY	PMF?	*Lb.delbrueckii* subsp.*bulgaricus*
L+D	4Lactate	ß-gal	GLY	PMF?	*Lb.helveticus*

(a) PEP, phosphotransferase system;PMF, proton motive force (b) Gly. glycolysis; PK , phosphoketolase . (C) هذه الأنواع تحلل فقط شق الجلوكوز من اللاكتوز

obeikandl.com

٤-٢-٦- اللاكتات فى الجبن Lactate levels i`n cheese

يبلغ محتوى جبن الكممبير ، السويسريه ، النشدر والرومانو من اللاكتات بعد الصناعة ١,٠ ، ١,٤ ، ١,٥ ، ١,٧٪ على التوالى والصور السائدة من اللاكتات فى الجبن هى L-lactate . في الأصناف الهولندية يصل تركيز اللاكتوز عند الكبس حوالى ١,٤٪ والذى يكون نظرياً حوالى ١,٤٪ حامض لاكتيك . ونتيجة لفقد اللاكتات فى الشرش وخلال عملية التمليح الرطب فإن تركيز اللاكتات قد يصل الى حوالى ١,٢٪ . يحدث تمثيل للاكتات فى الجبن إلى مكونات أخرى ، ففى جبن الكممبير تتحول إلى H_2O, CO_2 بواسطة الفطريات التى تنمو على سطح الجبن ، وفى الجبن السويسرية فإن كل من L & D-lactate تتحول إلى بروبيونات وخلات ، CO_2 بينما فى الجبن التشدر فإن L-lactate قد تتحول إلى D-lactate أو إلى خلات بواسطة بكتريا حمض اللاكتيك من غير البادىء (NSLAB) .

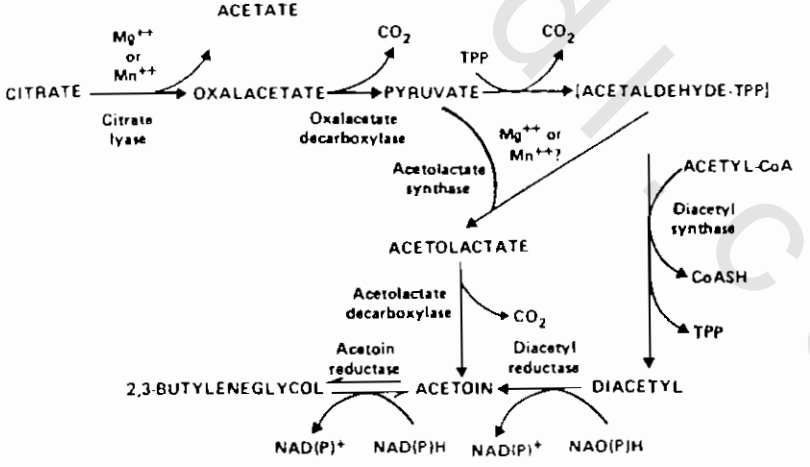
٤-٣- تمثيل السترات Citrate metabolism

بالرغم من أن تركيز السترات فى اللبن منخفض (٨ ملليمول) فإن تمثيل هذا الحامض على جانب كبير من الأهمية فى تحديد التركيب البنائى والطعم فى الجبن الناتج، فإنتاج غاز CO_2 مسئول عن تكوين العيون فى الجبن الهولندية بينما إنتاج ثنائى الأستيل diacetyl والخلات acetate مسئولان عن طعم ونكهة الجبن الطازج (غير المسواه) . كما يعتقد أن ثنائى الأستيل مكون هام فى طعم جبن التشدر . وفى بعض الأحيان يكون أنتاج غازCO_2 غير مرغوب فيه حيث يعتقد أنه مسئول عن طفو خثرة جبن Cottage والتركيب المفتوح فى الجبن التشدر كما أنه يتكون أيضاً من تخمر اللاكتوز بواسطة *Leuconostoc* spp. .

من بين بادئات LAB فإن البكتريا المنتجة لمكونات الطعم فقط (*L.lactis* subsp. *lactis* Cit^+ وكذلك *Leuconostoc* spp.) فى المزارع المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة تخمر السترات ، حيث لايستخدم السترات كمصدر للطاقة ولكن يتخمر بسرعة فى وجود كربوهيدريت قابلة للتخمر بأتباع المسار الموضح فى الشكل (رقم٤-٣). وينتقل السترات إلى داخل الخلايا بواسطة أنزيمpermease ويتحلل إلى oxalacetate بواسطة citrate lyase (CL). ويتكون هذا الأنزيم (CL) فى خلايا Cit^+ lactococci ويمكن حثه فى *Leuconostoc* spp. حيث يحتاج إلى عملية acetylation بواسطة أنزيم آخر (citrate lyase ligase) لتنشيطه :

Diacetyl-citrate lyase + Acetate + ATP ⟶ Citrate lyase + AMP + PPi
(Inactive enzyme) (Active enzyme)

درجة pH المثلى لأنزيم (CL) حوالى ٧,٢ وتتكون البيئة من مركب من السترات والمغنسيوم (Mg^{2+}) أو المنجنيز (Mn^{2+}) بكميات مولية متساويه . يتحول oxalacetate بعد نزع مجموعة الكربوكسيل إلى pyruvate الذى بدوره يفقد مجموعة الكربوكسيل ويتحول الى actaldehyde-TPP ، يتحد المركب الأخير مع acetyl CoA ليكون ثنائى الأسيتيل أو مع جزىء آخر من البيروفات ليكون α-aceto lactate (ALA) الذى يفقد بعد ذلك مجموعة كربوكسيل ليكون acetoin . أنزيم α-aceto lactate (ALA) synthase لميكروب *Leuc. lactis* لايحتاج Mn^{2+} ولكن الكميات الكبيرة من الكاتيون التى توجد فى مستخلص الخلايا تغطى أى تأثير أضافى للمنجنيز Mn^{2+} . جزئى ALA غير ثابت ويتحلل بسهولة كيماوياً بدون أكسدة إلى actoin وبالأكسدة إلى diacetyl ونظراً لعدم ثبات ALA ، فإنه قد يتداخل عند تقدير كل من diacetyl and acetoin وكثير من عمليات التحضير (مثل التقطير بالبخار steam distillation) التى تتعرض لها البادئات قبل تقدير هذه المكونات تؤدى إلى فقد مجموعة الكربوكسيل من ALA وبذلك يرتفع تقدير كل من diacetyl and acetoin عما هو معروف .



شكل ٤-٣: تمثيل السترات فى Lactococci, Leuconostocs

كما يمكن أنتاج الـ acetoin من ثنائى الأسيتيل بواسطة أنزيم acetoin dehydrogenase (الأسم القديم diacetyl reductase) و 2,3-butylene glycol (BG) من الـ acetoin بواسطة أنزيم BG dehydrogenase (الأسم القديم acetoin reductase). وقد وجد أن هذه التفاعلات تتم بواسطة أنزيم واحد فى *Enterobacter aerogenes* و*Saccharomyces cerevisiae* وبواسطة أنزيمين فى *E.coli* . فى *L.lactis* subsp. *lactis* Cit$^+$ أمكن عزل وتنقية أنزيمين من BG dehydrogenas وكلا منهما يؤثر على acetoin & diacetyl . بالرغم من أن التأثير على diacetyl أكبر بكثير منه على acetoin فى مخلوط منهما إلا أن الـ acetoin له الأسبقية فى الأختزال . درجة pH المثلى للأنزيم I ١٠,٠ والأنزيم II ٨,٥ عندما يختبر مع BG ، ٦,١ ، ٧,٠ عندما يختبر مع acetoin ، ٨,٥ ، ٦,١ عندما يختبر مع diacetyl على الترتيب. والنواتج التى تتكون من diacetyl بواسطة أنزيم I كانت meso-BG, acetoin والتى تتكون بواسطة أنزيم II كانت BG, acetoin نشط ضوئياً . وقد يتكون مشابهين من acetoin (L & D)وثلاث مشابهات من BG (L,D & meso) ويعتقد أن الأنزيم II, I مسئولين عن أنتاج مشابهات مختلفه من الـ acetoin .

وجود السترات يحد من تكوين acetoin, BG dehydrogenase فى Cit$^+$ lactococci التى تساعد فى شرح تراكم diacetyl & acetoin فى هذه المزارع . وعندما تستهلك السترات يحدث زيادة فى بناء الأنزيمات مع أنخفاض مصاحب فى مستويات كل من diacetyl & acetoin . والأنخفاض يكون بمعدل أسرع عندما تحفظ المزارع عند pH أعلا وهذه النتائج تشير إلى أن هذه الأنزيمات توجد خارج جدار الخلية أو أن مواد التفاعل (substrates) تنتقل بسهولة وبدون عوائق عبر جدار الخلية .

المزارع النقية من Cit$^+$ lactococci والـ Leuconostocs تختلف تماماً فى سلوكها فى تمثيل السترات . الميكروب الأول (Cit$^+$ lactococci) لاينتج diacetyl وينتج كمية ضئيلة من acetoin من السكريات فى غياب السترات ومع ذلك فإنه من الضرورى أن تتوفر الأنزيمات ومادة التفاعل (البيروفات) ويعزى ذلك إلى حاجة الميكروب إلى تحويل كل البيروفات إلى لاكتات حتى يمكن أنتاج NAD$^+$ اللازم لأستمرار تحليل السكريات glycolysis . عندما تستهلك السترات فإن Cit$^+$ lactococci تنتج كميات كبيرة من acetoin والخلات وكميات ضئيلة من diacetyl و BG . وجود hemin$^+$, Fe^{2+}, Cu^{2+} أيضاً يزيد من أنتاج diacetyl بواسطة Cit$^+$ lactococci بينما فى نفس الوقت يحدث أنخفاض فى استهلاك السترات . وعلى العكس ينتج Leuconostocs اللاكتات والأيثانول

وغاز CO_2 بكميات مولية متساوية من الجلوكوز ولاتنتج أيثانول ، acetoin, diacetyl أو 2,3-BG من تمثيل الجلوكوز والسترات معاً ونتيجة لذلك فإن الخلات واللاكتات تنتج بكميات أكبر من المتوقع بالنسبة للسترات والسكر المستخدم. والبيروفات الناتجة من السترات وكذلك الناتجة من الجلوكوز يختزلان إلى لاكتات مع زيادة فى إنتاج اللاكتات و NAD^+.

٤-٣-١- تمثيل السترات فى الجبن Citrate metabolism in cheese

يتوفر قدر محدود من المعلومات عن تمثيل السترات فى الجبن ويعتقد أن diacetyl، يساهم فى طعم جبن التشدر ولكن هناك قليل من النتائج تؤك أنتاج ثنائى الأستيل ، acetoin, BG فى الجبن و لم تشير الى أختفاء السترات وقد وجد حوالى ١ ميكروجرام ثنائى الأستيل/ جرام فى الجبن الناتجة بأستخدام Cit^- lactococci . وقد وجد أن الجبن المصنعه بأستخدام Cit^- *L. lactis* subsp. *cremoris* AM2 تحتوى فى البداية على كميات كبيرة من acetoin (تصل إلى ٨٠ ميكروجرام/جرام) ولكن سرعان مايختفى acetoin خلال التسوية والذى يكون مصحوبا بزيادة مقابلة فى تركيز BG وفى الجبن الناتجة بأستخدام Cit^+ *L.lactis* subsp. *cremoris* HP يتكون مستوى منخفض من acetoin (حوالى ٣٠ ميكروجرام / جرام) الذى ينخفض بدرجة بطيئة جداً خلال التسوية و لم يتكون BG . وعندما تصنع الجبن بأستخدام Cit^+ *L.lactis* subsp. *lactis* DRCI فإن تركيز diacetyl يصل إلى ١١,٣ ميكروجرام/جرام بعد ٥ أيام من التسوية ثم ينخفض إلى حوالى جزء واحد فى المليون بعد ١٠٠ يوم وقد كان مستوى الـ acetoin ثابت عند حوالى ١٥ ميكروجرام / جرام خلال فترة التسوية بينما مستوى BG يختلف من ١٠٠ الى ١٨٠ ميكروجرام/جرام . ومن غير الطبيعى لسلالات Cit^- lactococci أن تنتج كميات كبيرة من acetoin ومع ذلك فإن بكتريا حمض اللاكتيك من غير البادىء (NSLAB) مثل mesophilic Lactobacilli & Pediococci يمكن أن تصل إلى أعداد كبيرة (حوالى 10^8/جرام) فى الجبن وتكون قادرة على تمثيل السترات .

وهناك قدر محدود من المعلومات عن تراكم الخلات فى الجبن ومع ذلك فإنه يعتقد أن هذه المركبات تساهم فى الطعم . والجبن الناتجة بأستخدام بادئات قادرة على أستخدام السترات (Cit^+) قد تحتوى على كميات كبيرة من الخلات بينما الجبن الناتجة بأستخدام بادئات لاتستهلك السترات (Cit^-) لاتحتوى على خلات وقد وجد أن جبن التشدر عمرها ٦ شهور تحتوى على ٣,٥ إلى ٢٤ ملليمول خلات/كجم وكثير من بكتريا NSLAB

يمكن أن تحول اللاكتات إلى خلات وتتوقف الكمية الناتجة على أعداد ونوع البكتريا وعلى معدل أنتقال الأكسجين خلال أغشية التغليف ويبدو أن الأكسجين ضرورى لتكوين الخلات بواسطة Pediococci وليس ضرورياً للـ Lactobacilli .

٤-٤- تمثيل البروتين Protein metabolism

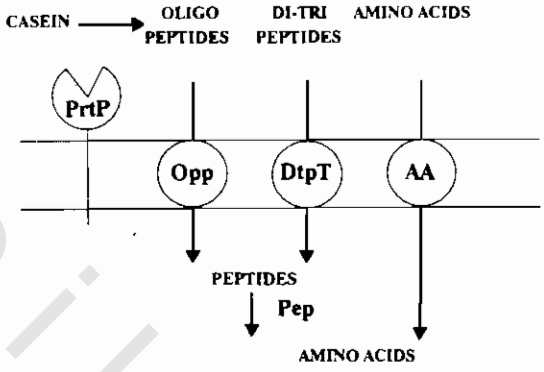
من المعروف أن نمو سلالات Lactococci المختلفه تحتاج الى ٤-١٥ حمض أمينى مختلف سواء فى صورة حرة أو ببتيدات قابلة للهضم . وتركيز الأحماض الأمينية الحرة والببتيدات فى اللبن لاتكفى إلا للحصول على ٢٥٪ فقط من كتلة الخلايا الكلية التى يمكن الحصول عليها فى المزارع العادية كاملة النمو .

بادئات LAB لها قدرات محدودة فى بناء الأحماض الأمينية فمن المعروف أن Lactococci تحتاج إلى glutamate, methionine, valine, leucine and histidine بينما سلالات عديدة لها أحتياجات أضافية من phenylalanine, alanine, lysine, tyrosine. وأحتياجات *S.salivarius* subsp. *thermophilus* من الأحماض الأمينية مماثلة بدرجة كبيرة لأحتياجات Lactococci حيث تحتاج إلى histidine leucine, valine, glutamate بالأضافة إلى tryptophan, cysteine واحتياجات Leuconostocs من الأحماض الأمينية تختلف بأختلاف السلالات حيث تحتاج جميع السلالات إلى glutamate & valine بينما methionine ينشط معظم هذه السلالات . لاتوجد معلومات كافية عن احتياجات thermophilic lactobacilli من الأحماض الأمينية .

يحتوى اللبن على كميات غير كافية من الأحماض الأمينية والببتيدات منخفضة الوزن الجزيئى اللازمة لنمو LAB والحصول على أعداد كبيرة من الخلايا ضرورية فى البادىء وفى صناعة الجبن لذلك يجب أن تحتوى مزارع LAB على نظام بروتينيز قادر على تحلل بروتينات اللبن إلى أحماض أمينية وببتيدات . والكازين هو البروتين الرئيسى فى اللبن وأكثر عرضة للتحلل عن بروتينات الشرش وهناك أربعة متطلبات أولية يجب أن تتوفر للحصول على نمو جيد للـ LAB فى اللبن :

١- نظام بروتينيز والذى يحلل الكازين إلى ببتيدات عديدة .
٢- نظام ببتديز قادر على تحليل الببتيدات العديدة إلى أحماض أمينية وببتيدات صغيرة .
٣- أنظمة أنتقال transport systems لأمتصاص الأحماض الأمينية والببتيدات .
٤- أنزيمات ببتديز خلوية (داخلية) intracellular peptidases لتحليل الببتيدات إلى الأحماض الأمينية المكونه لها .

والشكل (٥-٣) يبين تخطيطاً لتحلل الكازين خارج الخلية وأنتقال نواتج التحلل وتحللها داخل الخلية فى الـ Lactococci .



شكل ٥-٣ : رسم تخطيطى للخطوات المختلفة لتحلل الكازين فى Lactococci

PrtP : أنزيم بروتينيز موجود فى غلاف الخلية

Opp : نظام انتقال الببتيدات العديدة oligopeptides

DtpT: حامل انتقال ثنائى- ثلاثى الببتيدات

AA : أنظمة انتقال لمختلف الأحماض الأمينية

Pep : أنزيمات ببتديز

٤-٤-١- أنزيمات بروتينيز Proteinases

ترتبط أنزيمات البروتينيز بسطح الخلية cell surface أو بغشاء الخلية cell membrane وقد أمكن عزل وتنقية عدة أنواع من أنزيمات البروتينيز ذات وزن جزيئى مرتفع(٨٠-١٤٠ kD) ودرجة pH المثلى لها حوالى ٦ ونقطة التعادل الكهربى حوالى ٤,٥ كما يتم تنشيطها بواسطة أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) وهى عبارة serine protinases ويمكن تقسيم هذه الأنزيمات على أساس درجة pH ودرجة الحرارة المثلى لها إلى نوعين :

١- PI ويكون درجة pH المثلى ٥,٨ ودرجة الحرارة المثلى ٤٠°م ويحلل على β-casein مع تحلل بطىء جدا لـ α_s-casein .

٢- PIII ويكون درجة pH المثلى ٥,٤ ودرجة الحرارة المثلى ٣٠°م ويحلل كل من

α_{s1} - and β-caseins بالأضافة إلى κ-casein .

٣- PII (PI/PIII) . درجة pH المثلى قريبة من التعادل (٦,٥) ودرجة الحرارة المثلى ٣٠°م ونشاطه النوعى بين النوعين السابقين ويعتقد أن نشاط PII قد يعزى إلى التباين فى ثبات PI تحت ظروف التفاعل المستخدم لتمييز PI و PIII .

يوجد تكافل بين *S.salivarius* subsp. *thermophilus, Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* فى بادئات الحرارة المرتفعة حيث ينتج Lactobacilli أحماض أمينية وخاصة glycine, valine, histidine التى تنشط Streptococci وخاصة نشاط أنزيم proteinase. تنتج Streptococci غاز CO_2 وفورمات من السكر الذى ينشط Lactobacilli .

٤-٤-٢- السلالات غير المحللة للبروتين Prt⁻ strains

عديد من البادئات المختلطة mixed starters تحتوى على سلالات قادرة على تحلل بروتينات اللبن (Prt^+) وسلالات أخرى غير قادرة على تحلل البروتين (Prt^-) والأخيرة تكون خالية من البلازميد المسئول عن proteinase وتعتمد على مقدرة تحلل البروتين للسلالات المحللة للبروتين (Prt^+) للنمو فى اللبن ، وكان يطلق على هذه السلالات "سلالات بطيئة التجبن "slow coagulating variants" حيث أنها تفشل فى تجبن اللبن بدرجة سريعة .

تنمو السلالات غير المحللة للبروتين (Prt^-) بسرعة فى اللبن مثل السلالات المحللة للبروتين (Prt^+) ولكن يقف نموها عندما يستهلك الأحماض الأمينية الحرة والببتيدات . ويمكن زيادة أعداد السلالات غير المحللة للبروتين (Prt^-) بعد عدة تنشيطات قد تصل الى ١٠٠ تنشيطية حيث يمكن أن تصل أعداد هذه السلالات إلى ٩٠-٩٨٪ من الأعداد الكلية للسلالات فى البادىء . كما يمكن زيادة أعداد هذه السلالات (Prt^-) بحفظ pH البيئة مرتفعا نسبياً (٥ أو ٦,٥) ولكن قد تسبب هذه الظروف بعض المشاكل فى البيئات المثبطة للفاج .

أستخدام سلالات (Prt^-) فى صناعة الجبن يقلل من ظهور المرارة فى الجبن الناتج كما أنه يعطى محصول جبن أعلا ولكن تحتاج عملية صناعة الجبن الى كمية بادىء من هذه السلالات أكبر وتأخذ الصناعة وقت أطول كما أن الجبن الناتج يحتوى على تركيز أعلا من النيتروجين الذائب عند pH ٤,٦ عن الجبن الناتج بسلالات (Prt^+) الذى قد يعزى إلى تنشيط نمو السلالات (Prt^-) نتيجة استهلاك مستخلص الخميرة المستخدم فى أنتاج بادىء الأضافة (الصناعة) bulk culture .

٤-٤-٣- أنزيمات الببتيديز Peptidases

تتضمن الخطوة الثانية فى الاستفادة من الكازين لتحليل الببتيدات العديدة الكبيرة نسبياً إلى مركبات أصغر بواسطة أنزيمات peptidases . ولايوجد نشاط لأنزيم carboxypeptidase فى بادئات LAB ولكن أمكن تنقية أنزيمات amino peptidases وعدة أنزيمات أخرى تقوم بتحليل الببتيدات المحتوية على برولين di-and tri-peptidases .

ونظراً لأرتفاع محتوى الكازين من البرولين فقد أهتم الباحثون بالتعرف على أنزيمات peptidases التى تعمل على بيئات محتوية على برولين وقد أمكن تنقية ٥ أنواع من الأنزيمات : a proline imino peptidase, an amino peptidase P, an imidodipeptidase(prolidase), an imidodipeptidase(prolinase), X-prolydipeptidyl aminopeptidase(XPDAP). بعض هذه الأنزيمات توجد فى غلاف الخلية ولكن XPADP يوجد داخل الخلية وتختلف انزيمات peptidases فى الوزن الجزيئى من ٣٦ الى ٩٥ kD كما أنها قد تكون من نوع serine أو metallo . وقد أمكن عزل وتنقية أنزيمات XPDAPs من عدة بادئات LAB وتشمل Lactococci *Lb.delbrueckii* subsp.*bulgaricus* *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lb.helveticus*, وكذلك *S.salivarius* subsp. *thermophilus*.

٤-٤-٤- أنتقال الأحماض الأمينية والببتيدات

Amino acid and peptide transport

تتضمن الخطوة الثالثة فى الأستفادة من الكازين هو أنتقال الببتيدات والأحماض الأمينية ويوجد فى Lactococci أنظمة أنتقال منفصلة لأمتصاص الببتيدات والأحماض الأمينية . الببتيدات المحتوية على عدد من الأحماض الأمينية تصل حتى ٦ أحماض يمكن أنتقالها إلى داخل الخلية ثم تتحلل بعد ذلك إلى الأحماض الأمينية المكونة لها بواسطة أنزيمات الببتيدات الخلوية (الداخلية) intracellular peptidases .

فى Lactococci فإن الأحماض الأمينية الميثانونين والأحماض الأمينية المتفرعة (الليوسين وأيسوليوسين والفالين) جميعها ضرورية لنمو هذه البادئات ، والأحماض الأمينية المتعادلة (سيرين ، ثيرونين ، جليسين وألانين) والأحماض الأمينية القاعدية (الليسين) تنتقل جميعها بواسطة نظام PMF . وعادة يمتص البرولين فى صورة ببتيد بينما يمتص الجلوتامين ، والجلوتاميت والأسباراجين بواسطة تفاعل بمساعدة ATPase بينما الأرجنين يمتص بواسطة

نظام PMF . ويتم تمثيل الأرجنين فى خطوات متتابعة بإتباع مسار deiminase pathway.

$$\text{Arginine} + H_2O \longrightarrow \text{Citrulline} + NH_3$$

$$\text{Citrulline} + Pi \longrightarrow \text{Ornithine} + \text{Carbamyl Phosphate}$$

$$\text{Carbamyl phosphate} + ADP \longrightarrow ATP + CO_2 + NH_3$$

والأنزيمات المشتركة هى : arginine deiminase, ornithine transcarbamylase, carbamate kinase, على التوالى مع أنتاج ATP . وأحد الصفات الرئيسية التى تميز *L.lactis* subsp. *lactis* من *L.lactis* subsp. *cremoris* هو القدرة على تمثيل الأرجنين . جميع سلالات *L.lactis* subsp. *cremoris* خالية من نشاط أنزيم deiminase كما أن البعض خالى من أنزيم transcarbamylase . جميع السلالات تحتوى على نشاط أنزيم carbamate kinase .

٤-٤-٥- المرارة Bitterness

تعتبر المرارة مشكلة فى بعض أنواع من الجبن التى تصنع بأستخدام بادئات الحرارة المرتفعة وقد يعزى ذلك إلى أنتاج ببتيدات مرة bitter peptides ، التى يسود فيها الأحماض الأمينيةالكارهه للماء hydrophobic amino acids، بفعل المنفحة وبكتريا البادئ.

تشير كثير من النتائج أن جميع سلالات البادىء تسبب مرارة ويمكن أن لاتسبب مرارة إذ تم مراقبة معدل تكاثرها أثناء صناعة الجبن (مثلاً بأستخدام درجات حرارة عالية فى الطبخ أو فى وجود الفاج) حتى تصبح أعداد الخلايا فى الخثرة قليلة نسبياً . تظهر المرارة نتيجة زيادة تحليل البيتيدات المرة وغير المرة بواسطة الأعداد المرتفعة من الخلايا .

يوجد عدد من البادئات تنتج ببتيدات مرة فقط ولكن يمكنها أن تحلل هذه البيتيدات . الملح يقلل نفاذية خلايا بكتريا البادىء وتزيد من الأرتباط بين البيتيدات المرة. كل من هذين العاملين يؤدى الى تقليل البيتيدات المتاحه لأنزيمات البروتينيز المرتبط بغشاء الخلية . ويؤدى تراكمها إلى أنتاج جبن ذات طعم مر . المصادر الرئيسية للببتيدات المرة تكون فى المنطقة الواقعة من ٨٤-٨٩ و ١٩٣-٢٠٩ فى السلسلةالببتيدية لـ β-casein.

٤-٥- الأسيتالدهيد Acetaldehyde

ينتج الأسيتالدهيد بواسطة كل من بادئات الحرارة المعتدلة mesophilic والحرارة المرتفعة thermophilic ولكن تنتج بادئات النوع الثانى كميات أكبر (تصل إلى حوالى ٢٠ ميكروجرام/مل) ويعتبر الأسيتالدهيد مكون هام من مكونات الطعم فى اليوجهورت ولكن قد يسبب طعم غير مرغوب فيه off-flavors فى الألبان المتخمرة الناتجة بأستخدام البادئات

المحبة للحرارة المعتدلة وخاصة إذا إنخفضت النسبة بين ثنائى الأسيتيل والأسيتالدهيد إلى ١:٣ . والنسبة المثالية بينهما يجب أن تكون ١:٤ .

فى البادئات المحبة للحرارة المعتدلة ينتج الأسيتالدهيد أساساً من threonine بواسطة thereonine aldalose حيث يتحلل الثيرونين إلى جلايسين وأسيتالدهيد . لذلك فإن سلالات Lactococci التى لاتحتوى على threonine aldolase تكون فى حاجة إلى جلايسين . لذلك فإن الوظيفة الرئيسية لأنزيم threonine aldolase هو توفير الجلايسين للنمو . وأحد وظائف *Leuconostoc* spp. فى البادئات المختلطة المحبة للحرارة المعتدلة هو اختزال الأسيتالدهيد ، الناتج بواسطة الأعداد الزائدة من Lactic streptococci ، إلى إيثانول . وفى المزارع المحبة للحرارة المرتفعه فإن *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ينتج كمية أكبر من الأسيتالدهيد عما ينتجه *S.salivarius* subsp. *thermophilus* ولكن نظراً للعلاقة التكافلية بين هذه الأنواع فإن كمية أكبر من الأسيتالدهيد تنتج عندما تنمو هذه المزارع معاً . مصدر الأسيتالدهيد فى البادئات المحبة للحرارة المرتفعة من المحتمل أن يكون السكر. يحتوى *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* على نشاط threonine aldolase ولكن لاتنتج أو تنتج كميات ضئيلة من الأسيتالدهيد من الثيرونين ، وقد أوضح البعض أن أسباب تعارض هذه النتائج مازالت غير واضحة .

٤-٦- قياس النمو Measurement of growth

يتم الحصول على منحنى نمو البكتريا عادة بأستخدام لوغاريتم الأمتصاص الضوئى، الذى يقدر بواسطة أجهزة القياس الضوئى spectrophotometry عند موجه ٤٠٠-٦٥٠ nm (القياس غند موجات ضوئية أقصر تكون أكثر حساسية وخاصة مع أنخفاض أعداد الخلايا) أو لوغاريتم الوزن الجاف للخلايا مع الوقت . ونظراً لعدم شفافية اللبن فإنه من الصعب قياس قيم الأمتصاص absorbance values لذلك فإن المعاملة بأيدروكسيد البوتاسيوم KOH و EDTA يجعل اللبن شفافاً وصالحاً لقياس درجة الأمتصاص الضوئى . ومن السهل تقدير حمض اللاكتيك بواسطة المعايرة بالصودا الكاوية NaOH والذى يرتبط أرتباطاً مباشراً بكتلة الخلايا cell mass ويمكن أستخدامه فى الحصول على منحنى النمو . وعند رسم منحنى النمو فإن من الضرورى تعديل القياسات وذلك بالنسبة للحموضة الطبيعية للبن غير الملقح (أىحساب الزيادة فى الحموضة المتكونه) ويفضل أن يرسم بطريقة نصف لوغاريتم semi-logarithmic بدلاً من الطريقة الحسابية . وطالما أن المنحنى قد تم تنفيذه semi-logarithemic فإن ميل slope *(m)* الجزء المستقيم

من المنحنى يرتبط بمعدل النمو النوعى (K) specific growth rate فى ضوء المعادلة التالية:

$$m = K/2.303$$

وفترة الجيل generation time(GT) أو فترة تضاعف أعداد الخلايا doubling time ترتبط بمعدل النمو النوعى (K) طبقاً للمعادلة الآتية :

$$GT = 0.693/K = 0.301/m$$

ودرجة الحرارة المثلى لمزارع الحرارة المعتدلة هى حوالى ٣٠°م وللمحبة للحرارة المرتفعة هى ٤٥°م لذلك فإن فترة الجيل (GT) فى المزارع المحبة للحرارة المعتدلة فى اللبن عند ٣٠° م ، ٢١°م (وهى درجة الحرارة الطبيعية لأنتاج بادىء الاضافة) هو ١، ٢,٣ ساعة على التوالى بينما للبكتريا المحبة للحرارة المرتفعة *Lb.helveticus* & *S. salivarius* subsp. *thermophilus* (حيث تنمو بصفة عامه أسرع من المزارع المحبة للحرارة المعتدلة) هى حوالى ٣٠ دقيقة ، ساعة واحدة على التوالى عند درجة ٤٢°م .

يمكن قياس قيم pH بسهولة وعادة يستخدم الأنخفاض فى pH نتيجة لأنتاج حمض اللاكتيك فى قياس النمو . ومع ذلك فإن pH ليس مرتبطاً أرتباطاً مباشراً بأعداد الخلايا أو أنتاج حمض اللاكتيك ولايمكن أستخدامه فى حساب GTs . وبادئات LAB تنتج كميات كبيرة من حامض اللاكتيك لذلك فإن بيئات النمو يجب أن تنظم buffered بطريقة مناسبة . اللبن وخاصة الذى يرفع فيه الجوامد اللادهنية إلى ١٠-١٢٪ يحتوى عادة على قوة تنظيمية جيدة . وينخفض pH المزارع النامية فى اللبن نمواً كاملاً من ٦,٥ فى البداية إلى ٤,٥، ٤,٥ ، ٣,٥ فى النهاية وذلك للمزارع المحبة للحرارة المعتدلة ، *S.salivarius* subsp. *thermophilus* والمحبة للحرارة المرتفعه من Lactobacilli على التوالى ومثل هذه المزارع تحتوى على عدد من الخلايا حوالى ١٠ ^{٩}/مل .

درجة النمو عند أى نقطة تتحدد بواسطة ٣ عوامل : معدل التلقيح ، درجة حرارة ومدة التحضين . ففى بادئات الحرارة المعتدلة يكون معدل التلقيح ٠,٥٪ ودرجة حرارة التحضين ٢١°م لمدة ١٦ ساعة . تحت هذه الظروف يتجبن اللبن فى ١٦ ساعة حيث ينخفض خلالها pH إلى ٤,٥ ويرتفع تركيز اللاكتات إلى حوالى ٠,٧٪ . بفرض أن الحموضة فى البداية فى اللبن كانت ٠,١٥٪ وهذا يعادل حموضة كلية تقدر بـ ٠,٨٥٪ فإن أنتاج حمض اللاكتيك يتوقف عند ٠,٤-٠,٥٪ (pH ٤,٨-٥,٠) .

ضن بادئات الحرارة المرتفعة بصفة عامه عند ٤٠-٤٥°م لمدة ٦ ساعات مع التلقيح بمعدل ٠,٥٪ . تحت هذه الظروف *S.thermophilus* تنتج حوالى ٠,٥٪ حامض لاكتيك

(pH حوالى ٥,٠) thermophilic lactobacilli حوالى ٠,٥-٠,٨٪ (pH ٤,٢-٤,٥) فإذا أستمر التحضين فإن الميكروبات الأخيرة قد تنتج حموضة تصل إلى ٢٪ حامض لاكتيك (pH حوالى ٣,٥) . ويجب ملاحظة أن تجبن اللبن يحدث عند pH أعلا عند درجات حرارة أعلا لذلك فإن حموضة بادئات الحرارة المعتدلة والمرتفعة عند التجبن غير متساوية .

٥- مثبطات نمو البادئات Inhibitors of culture growth

يوجد عدد من العوامل تؤثر بشدة على نشاط البادئات ، تتضمن التباين فى تركيب اللبن نتيجة الأصابة بمرض التهاب الضرع mastitis أو العوامل الموسمية ، وعمليات صناعة الجبن مثل درجة حرارة الطبخ و/أو نسبة الملح . هذا بالأضافة الى المواد المثبطة التى قد توجد فى اللبن مثل المضادات الحيوية ، الأجلوتنين agglutinins والأكسجين الذائب ، الفاج phage ، الأحماض الدهنية الحرة ، البكتريا المثبطه ونظام LP (lactoperoxidase) ، وبقايا المواد المطهرة sanitizers والبكتريوسينات bacteriocins . الألتزام بطرق مراقبة الجودة وطرق التصنيع الجيدة تساعد فى تقليل تأثير معظم هذه العوامل الى الحد الأدنى فى صناعة الجبن بالطريقة الحديثه ومع ذلك فمازال هناك بعض الصعوبات قد تنشأ من بقايا المضادات الحيوية والبكتريوسينات والفاج .

٥-١- المضادات الحيوية Antibiotics

توجد بقايا المضادات الحيوية فى اللبن بصفة أساسية نتيجة أستخدامها فى معالجة الحيوانات المصابه بمرض التهاب الضرع mastitis . والعقوبات الصارمه على المنتجين قد أدت الى تخفيض تأثير المضادات الحيوية بدرجة كبيرة . وهناك قليل من المعلومات متوفرة بالنسبة إلى مستويات المضادات الحيوية اللازمة لتثبيط Leuconostocs ولكن بالنسبة لبادئات LAB الأخرى يوجد تباين فى درجة حساسيتها للمضادات الحيوية الشائعة الأستخدام فى علاج مرض التهاب الضرع (جدول ٣-٣) ومن هذه النتائج يتضح أن بادئات الحرارة المعتدلة mesophiles أقل حساسية للبنسلين وأكثر حساسية للستربتوميسين عن بادئات الحرارة المرتفعه thermophiles .

٥- ٢- البكتريوسينات Bacteriocins

البكتريوسينات عبارة عن بروتينات لها تأثير مثبط bacteriostatic أو قاتل bactericidal ضد البكتريا المرتبطة وهذه البكتريوسينات التى تفرزها بكتريا حمض اللاكتيك ثم تنقيتها ودراسة أهم صفاتها (جدول٤-٣) . وجميع هذه البكتريوسينات

جدول ٤-٣ : بعض صفات البكتريوسينات الناتجة من بكتريا حمض اللاكتيك .

الميكروب	البكتريوسين	البكتريا الحساسة	البكتريا المقاومة	أسلوب التأثير	الوزن الجزيئي	المقاومة الحرارية
سلالات مختلفة من *Lb. acidophilus*	Lactacin B & F	Thermophilic Lactobacilli Enterococci	Mesophilic Lactobacilli Clostridia Enterobacteria *Ps. aeruginosa* *S. aureus* Lactococci *En. faecalis*	Bactericidal and Bacteriostatic	٦٠٠٠-٢٥٠٠	١٠٠°م × ١ ساعة ١٢١°م × ١٥ دقيقة
سلالات مختلفة من *Lb. helveticus*	Lactocin & Helveticin	Thermophilic Lactobacilli	Mesophilic Lactobacilli	Bacteriostatic and Bactericidal	٣٧٠٠٠ - ١٢٤٠٠	أقل من ١٠٠°م × ٠,٥ ساعة
L. lactis spp. *lactis*	Nisin	Lactococci Clostridia Staphylococci Listeria	–	Bactericidal	٣٥٠٠	١٢١°م × ١٥ دقيقة
L. lactis spp. *lactis* biov. *diacetylactis*	Bacteriocin	Other Lactococci *Str. thermophlus* Pseudomonas *S. aureus* Enterococci Bacilli Enterobacteria	Thermophilic Lactobacilli *S. aureus* *B. subtilis* Streptococci	–	–	١٠٠-١٢٥°م × ١ ساعة
سلالات مختلفة من *L. lactis* spp. *cremoris*	Lactococcin, Diplococcin & Lactostrepcin	Other Lactococci	Gram negative Bacilli Micrococci Enterococci Pseudomonas Falvobacteria	Bactericidal	–	أقل من ١٠٠°م × ١ ساعة
سلالات مختلفة من *Ped. acidilactici*	Pediocin & Bacterocin	Other pediococci *L. monocytogenes* Leuconostocs Mesophilic Lactobacilli *S. aureus* *Cl. perfringens* *Ps. putida*	Lactococci Staphylococci Micrococci Thermophilic Lactobacilli, Salmonella *E. coli*, Yersinia	Bactericidal and Bacteriostatc	١٦٥٠٠-٢٧٠٠	١٢١°م × ١٥ دقيقة

obeikandl.com

عبارة عن بروتينات مختلفة الوزن الجزيئى ومقاومة للحرارة و pH. البكتريوسينات التى تثبط البكتريا المرضية والبكتريا المسببة للفساد مفيدة بالرغم من أنه حتى الآن فإن النيسين nisin فقط الناتج بواسطة *L.lactis* subsp. *lactis* يستخدم على نطاق تجارى فى صناعة الأغذية ويتميز بأتساع مجال تأثيره (*Clostridium, Staphylococcus, Listeria*) والنياسين عبارة عن ببتيد عديد polypeptide يحتوى على ٣٤ حمض أمينى ومقاومة للحرارة عند pH حامضى ووزنه الجزيئى ٣,٥ kD وينتمى لمجموعة المضادات الحيوية المعروفة بالـ Lantibiotics أومعظمها تنتج بواسطة بكتريا غير بكتريا حمض اللاكتيك non-LAB ويتميز بأحتوائه على أحماض أمينية غير عادية مثل lanthionine, (3,3'-thiodialanine) β-methyl lanthionine . يعتقد أن أسلوب تأثير النياسين يتضمن إتلاف غشاء الخلية الذى يؤدى إلى إنهيار جهد الغشاء وتدفق المكونات ذات الوزن الجزيئى المنخفض (يرجع الى ٢-٢-الفصل الثانى) .

جدول ٣-٣: تركيز المضادات الحيوية (ميكروجرام/مل) الذى يثبط نمو بكتريا البادئات فى اللبن بمعدل ٥٠٪ .

الميكروب	عدد السلالات	المضاد الحيوى		
		بنسلين	تتراسيكلين	استربتوميسين
L. lactis subsp. *cremoris*	٤	٠,١١	٠,١٤	٠,٦٧
L. lactis subsp. *lactis*	٤	٠,١٢	٠,١٥	٠,٥٣
S. salivarius subsp. *thermophilus*	٣	٠,٠١	٠,١٩	١٠,٥
Lb. delbrueckii subsp. *bulgaricus*	٢	٠,٠٣	٠,٣٧	٣,٠
Lb. delbrueckii subsp *lactis*	١	٠,٠٢٤	٠,٦	٢,٢٩

وقد دلت النتائج المتحصل عليها من دراسة مسحية لمزارع معرفة السلالة أن مابين ١-١٠٪ من سلالات Lactococci تنتج بكتريوسينات وتتوقف القدرةعلى الكشف على بكتريوسين على السلالة الدليل المستخدمه indicator strain لذلك فإن هذ الأرقام لاتمثل أعلا نسبة محتملة للسلالات المنتجة للبكتريوسين . بالرغم من مقدرة بكتريا حمض اللاكتيك الواسعة على أنتاج بكتريوسينات فإن النيسين هو الوحيد الذى وجد له قيمة تجارية ، وقد تم اعتماده فى عام ١٩٦٩ بواسطة منظمة الصحة العالمية WHO كمادة مضافه للغذاء food additive وقد أستخدمت على نطاق واسع لهذا الغرض فى أوربا .

وفى عام ١٩٨٨ وافقت إدارة الأغذية والأدوية FDA فى الولايات المتحدة الأمريكية على أستخدام النيسين فى عدد محدود من مفرودات الجبن المبستر pasteurized cheese spreads حيث أن المحتوى المرتفع من الرطوبة والمحتوى المنخفض من الصوديوم لايمنع مخاطرة تكوين سم البوتيلين botulinal toxin فى الناتج .

٥-٣- البكتريوفاج (الفاج) Bacteriophage (Phage)

الفاج عبارة عن دقائق أو جسيمات particles بالغة الصغر فى الحجم بدرجة لايمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب الألكترونى بعد أستخدام طرق صبغ مناسبة . وجميع الفاجات لها رأس منشورية متعدد الأوجه يتراوح طول مقطعها العرضى بين ٥٠-١٠٠ ملليميكرون عبارة عن غلاف بروتينى يوجد بداخلها جزىء مفرد من DNA ويماثل فى حجمه العديد من البلازميدات . وفى معظم هذه الفاجات يلحق بالرأس ذيل يتكون من أنبوبة مركزية حلزونية (التى يمر من خلالها DNA الفاج عند غزو الخلية البكتيرية) محاطه بطبقة حلزونية قابلة للتقلص متصلة من أسفلها بصحيفة قاعدية base plate تتصل بألياف ذيلية رفيعة وطويلة ، وهذه الألياف هى أعضاء الأتصال بالخلية العائل.

يسبب الفاج مشكلة خطيرة فى صناعة الجبن حيث يهاجم ويحلل خلايا البادىء ومن الشائع أن يوجد الفاج فى بيئة مصانع الجبن أو فى مزارع البادىء نفسه (own phage) الذى لايؤثر على قدرة المزارع على أنتاج الحموضة . وقد أكتشف فاج بكتريا حمض اللاكتيك الكروية فى نيوزيلندا فى عام ١٩٣٥ ومنذ هذا الوقت بذلت جهود كبيرة للتغلب على المشاكل التى يسببها الفاج . ويوجد نوعان من الفاجات - الفاجات الضاربة virulant phages والفاجات المعتدلة temperate phages ويمكن أن ندخل هذه الفاجات الى بكتريا العائل من خلال علاقتين مختلفتين ، دورة التحلل lytic cycle والدورة اللايسوجينية (الدورة المولدة للتحلل) lysogenic cycle

أ - دورة التحلل : Lytic cycle

تحدث دورة التحلل فى ٤ خطوات رئيسية : (١) أمتزاز الفاج phage adsorption ، (٢) حقن DNA injection, DNA ، (٣) تضاعف الفاج phage multiplication ، (٤) أنطلاق الفاج phage release .

حيث تبدأ هذه الدورة (شكل ٦-٣) بإمتزاز ذيل الفاج عند مراكز أستقبال معينة على سطح الخلية البكتيرية حيث يتقلص غلاف الذيل ويدخل الأنبوبة المركزية للذيل خلال جدار الخلية ويحقن DNA الفاج قريبا من غشاء الخلية. وفى خلال دقائق فإن DNA الفاج

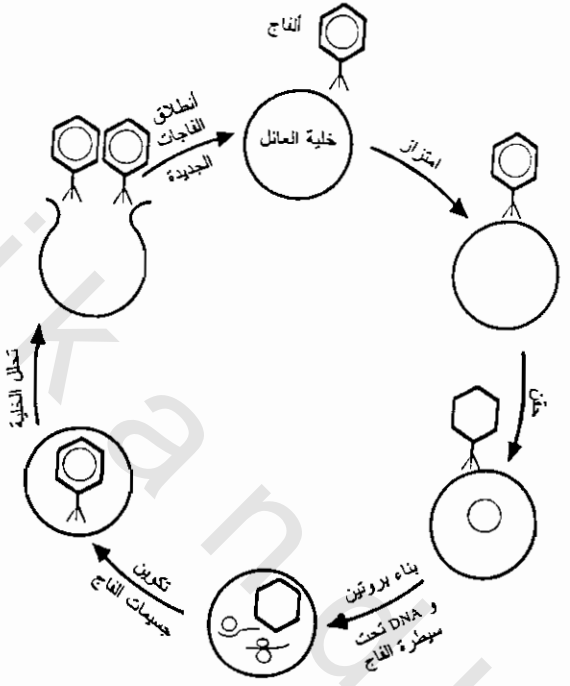
يتولى السيطرة على وظائف الخلية لكى يقوم ببناء DNA وبروتينات الفاج لمضاعفة نفسه بمعدل أكبر من خلايا العائل وأخيراً تنفجر الخلايا وينطلق منها جسيمات فاج حر يمكن أن تصيب خلايا جديدة لذلك يطلق على هذه الفاجات "الفاجات الضاريه virulent phages" وتعرف الفترة من الأصابة بالفاج حتى أنطلاق الفاج بفترة التحضير latent period وعادة تكون قصيرة (٤٥-٦٠ دقيقة) ويكون عدد الفاجات الناتجة عند الأنفجار مرتفعاً حيث يصل إلى ٢٠٠/خلية لذلك فإن أصابة الخلايا بمثل هذه الفاجات يمكن أن تؤدى إلى أتلاف قدرة خلايا البادىء تماماً على النمو وأنتاج حامض اللاكتيك وقد وجد أن فترة دورة التحلل للفاج Pl-1 الذى يصيب *Lb.casei* ٢٧٠ دقيقة وعدد الفاجات الناتجة ٢٠٠/خلية بينما للفاج LL-N الذى يصيب *Lb.lactis* فهى ٢٤٠ دقيقة وعدد الفاجات الناتجة ١٠٠/خلية أما بالنسبة Lactococci فإن متوسط دورة التحلل ٤٥ دقيقه (تتراوح من ٣٢-٥٦ دقيقة)وعدد الفاجات الناتجة ٣٥/خلية(تتراوح من٢-١٠٥).

التباين فى معدلات نمو الفاج وخلايا العائل يوضح حساسية المزارع النامية للأصابة بالفاج . الأنزيمات المحللة المرتبطة بالفاج (lysins) قد تكون مسئولة عن تثبيط المزارع المختلطة التى يكون فيها أحد السلالات المكونة قد أصيبت بفاج محلل lytic phage يؤدى إلى أنتاج كميات كبيرة من lysin الذى قد يؤثر على غيرها من السلالات .

ب - الدورة اللايسوجينية (الدورة المولدة للتحلل) Lysogenic cycle

عندما يهاجم فاج معتدل temperate or lysogenic phage خلايا العائل أحياناً لاتكون اصابتها ضاريه كما فى النوع الأول المحلل للبكتريا حيث يتكامل DNA الفاج عند موقع معين مع كروموسوم خليةالعائل بعد الأصابة (يكون مايعرف بالفاج الأولى prophage) ولايسبب تحلل للخلية وتعرف الخلية البكتيرية المحتوية على نسخة من الفاج الأولى بالـ lysogenic bacteria وقد يبقى DNA الفاج مستقلا بذاته مثل أى من البلازميدات فى السيتوبلازم وقد يبقى هذا الفاج كامناً dormant فى الخلية لذلك فإن المزارع اللايسوجينية المحتوية على فاجات حرة لاتؤثر على نمو أو قدرة هذه المزارع على انتاج الحموضة . ومع ذلك فإنه يمكن حثه فى معظم الخلايا بواسطة الأشعة فوق البنفسجية UV أو المعاملة بمضاد حيوى mitomycin C كما يمكن أن يحدث تلقائى عند ترددات منخفضة . ويمكن الكشف عن الفاج أو المنطلق من الخلايا على فترات بأستخدام سلالات دليل indicator strains أو بفحص السائل الرائق بالميكروسكوب الاليكترونى وقد وجد أن جميع بكتريا حمض اللاكتيك بصفة أساسية لايسوجينية lysogenic والبعض

الآخر متعدد اللايسوجينية multilysogenic أى يفرز أثنين أو أكثر من الفاجات المختلفه وعموماً فإن الفاجات عادة ما تصيب نوع واحد فقط من الكبتريا وأن كان من الممكن أن يصيب عدد من الفاجات نوعاً واحداً من البكتريا .



شكل ٦-٣: دورة تحلل خلية العائل المصابه بالفاج

الطبيعة اللايسوجينية lysogenic nature لمعظم السلالات قد تؤدى إلى الأعتقاد أن مثل هذه السلالات هى المصدر الرئيسى للفاجات الضارية virulent phage فى تخمرات الألبان وأن التخلص من السلالات التى تفرزالفاج تلقائياً من بادئات الجبن تساهم فى خفض مستويات الفاج فى البيئة . كما وجد آخرون أنه لايوجد تشابه بين فاجات اللايسوجينية lysogenic وفاجات التحلل lytic لعدد من سلالات Lactococci مما يدل على أن الفاجات المعتدل temperate ليست مصدراً لفاجات التحلل (الضارية) وبالرغم من أن الفاجات قد وجدت فى بعض البادئات مختلطة السلالة إلا أن مصدرها الأساسى مازال يحتاج إلى تحديد .

مازالت المعلومات محدودة فيما يتعلق بأعداد الفاج التى تسبب مشاكل فى صناعة الجبن .تلوث المزرعة نفسها بالفاج تعتبر أكثر أهمية من تلوث لبن الجبن . وقد أشار البعض إلى أن مابين ٦٠٠ إلى ٦٠٠٠ فاج/مل يكون ضرورياً لإبطاء صناعة الجبن بينما أوضح البعض أن عدد ١٠٠ فاج/مل فى البداية مع معدل تكاثر ١ × ١٠ ^{٧} قد يؤثر بشدة على أنتاج الحموضة أثناء صناعة الجبن كما وجد الباحثين أن متوسط أعداد الفاج ١ × ١٠ ^{٥}/مل ، ٢,٤ × ١٠ ^{٨}/مل فى الشرش الناتج عند صرف الشرش وعند الطحن على التوالى . هذه المستويات تدل على أن العدد الأولى يتراوح بين ٥-٥٠٠٠ فاج/مل وعند المستوى الأقل فإن ذلك يعادل حوالى ٠,٠١ مل من الشرش الناتج عند مرحلة الطحن لكل ٦٠٠٠ لتر من اللبن. ومن الواضح أن هذا المعدل يعتبر مستوى منخفض جداً من التلوث والأمر يحتاج إلى أتخاذ إجراءات وقائية مناسبة للحد من هذا التلوث .

٥-٣-١- كشف وعد الفاج Detection and enumeration of phage

هناك طريقتان مختلفتان لكشف وعد الفاج لبكتريا حمض اللاكتيك المصابه وتثبيط أنتاج الحموضة وبصرف النظر عن الطريقة المستخدمة فأن مصدر الفاج يجب أن يتم ترشيحه من خلال مرشحات معقمة (٠,٤٥ *um*) قبل أختبارها . وتجرى عملية طرد مركزى لبادىء الصناعة bulk starter قبل أن يتم ترشيح الرائق ، بينما الشرش عادة يرشح مباشرة ومثل هذا الشرش قد يسد غشاء المرشحات ولكن يمكن التغلب على ذلك بإجراء طرد مركزى أو ترشيح أولى للشرش خلال مرشح عادى قبل مرشح التعقيم . يعتبر أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) ضرورياً لعملية ألتصاق الفاج بسطح خلايا العائل ولكن يرسب فى بيئات تحتوى على منظم فوسفات phosphate buffer وقد أمكن التغلب على ترسيب (Ca^{2+}) بأستخدام بيئات تحتوى على منظم glycerophosphate التى تستخدم لـ Lactococci ، *S.salivarius* subsp. *thermophilus* ولكنها مثبطة لعديد من أنواع thermophilic lactobacilli ويفضل بيئة MRS لهذه الأنواع من البكتريا.

فى طريقة plaque يضاف التخفيف المناسب للمصدر المراد تحليله والذى سبق ترشيحه بمرشحات تعقيم مع Ca^{2+} والبكتريا العائل إلى بيئة آجار معلق (معلق M17 أو MRS تحتوى على ٠,٧٪ آجار) الذى يصب بسرعة على آجار صلب فى طبق بترى . وبعض أنواع الفاج المحب للحرارة المعتدلة mesophilic phage يتضاعف بدرجة أسرع عند ٢١°م بينما البعض الآخر عند ٣٥°م لذلك فإن الأطباق يجب أن تحضن عند ٢١، ٣٠، ٣٧م . عند درجة ٣٠ ، ٣٧°م يمكن رؤية البلاك plaque بعد ٥ ساعات تحضين (ويعنى

بالـ plaque منطقة شفافة تتكون نتيجة وجود الفاج أو خلية مصابة بالفاج) ويمكن عد هذه البلاكات لمعرفة عدد جسيمات الفاج فى التخفيف المستعمل) وعادة ماتحضن الأطباق طول الليل.تحضن الأطباق الخاصة بالفاجات المحبة للحرارة المرتفعة عموماً على درجة ٣٧-٤٠م تحت ظروف هوائية للـ *S.salivarius* subsp. *thermophilus* وتحت ظروف هوائية أو لاهوائية للـ Lactobacilli. الفاجات المحبة للحرارة المعتدلة التى تتضاعف بسرعة عند درجة ٣٥°م يعرف بـ "فاج اللبن الخام" "raw milk phage" لأنه يتضاعف أفضل فى اللبن الخام أو المبستر عنه فى اللبن المعقم ويؤثر فقط على أنتاج الحموضة أثناء المراحل النهائية لصناعة الجبن .

فى طريقة تثبيط الحموضة acid inhibition method يضاف التخفيف المناسب للمصدر المراد أختباره والذى سبق ترشيحه بمرشحات تعقيم الى عينات من اللبن المبستر واللبن المعقم ويلقح ببكتريا العائل المناسب . ومن الأمور المهمة التحضين على درجات حرارة مختلفة ، كما سبق الأشارة ، وعادة يحضن عند ٢١°م لمدة ١٢ ساعة ، ٣٠°م لمدة ٦ ساعات وعند درجات الحرارة المستخدمة فى صناعة الجبن لمدة ٦ ساعات (٩٠ دقيقة عند ٣٠°م يتبعها رفع درجة الحرارة الى ٣٩°م فى خلال ٤٥ دقيقة ويحافظ على هذه الدرجة للفترة المتبقية وهى ٣ ساعات و ٤٥ دقيقة) وذلك للمزارع المحبة للحرارة المعتدلة. وتحضن المزارع المحبة للحرارة المرتفعة عند ٤٢°م لمدة ٤ ساعات . وبعد التحضين يقدر pH ويقارن بـ pH فى عينه المقارنه والتى لاتحتوى على شرش . الأختلاف فى حدود ٠,٣ وحدة pH أو أكثر عن عينة المقارنة يدل على أحتمال الأصابة بالفاج .

ويمكن الكشف عن فاج الحرارة المعتدلة الذى لايكون plaque فى الأطباق بواسطة أختبار تثبيط الحموضة . ولتحديد ماإذا كان هذا الأنخفاض فى الحموضة يرجع إلى الأصابة بالفاج أو إلى بعض المثبطات الأخرى فإن الشرش الناتج من اللبن ، الذى قد يحتوى على مثبطات ، يرشح من خلال الأغشية ويخفف التخفيف المناسب ويجرى عليه أختبار التثبيط فى اللبن ونظراً لأن أنتاج الحموضة بواسطة البادئ فى اللبن هو التفاعل الأساسى فى صناعة الجبن فإنه يفضل متابعة الفاج بطرق تتضمن تثبيط أنتاج الحموضة فى اللبن بالرغم من أنها لاتعطى نتائج مؤكدة تدل على وجود الفاج مثل طريقة plaque .

٥-٣-٢- الوقاية من الفاج Control of phage

تدوير rotation سلالات غير مرتبطة بالفاج تعتبر عملية هامة فى السيطرة على الفاج فى البادئات المعرفه السلالة . تحتوى االبادئات المختلطة على سلالات تختلف فى

درجة حساسيتها للفاج . عند أصابة بادىء مختلط بالفاج فأنه قد يستعيد نشاطه بسرعة نتيجة نمو السلالات المقاومة للفاج . ولهذا السبب فإن تدوير سلالات البادئات لايستخدم بصورة منتظمة مع البادئات المختلطة . ومع ذلك فإن بادئات مختلطة السلالة التى نشطت تحت ظروف معقمة فى المعمل (L cultures) تكون حساسة للفاج .

عادة يوجد الفاج فى بيئة صناعة الجبن وخاصة فى الشرش . وتعتبر البسترة (٧٢°م / ١٥ ثانية) طريقة فعالة فى السيطرة على نمو الميكروبات فى صناعة الألبان ولكن النتائج المتوفرة تدل على أن المعاملة الحرارية غير فعالة فى تثبيط الفاج لذلك فإن اللبن المستخدم فى أنتاج بادىء الأضافة يسخن عموماً لدرجة ٩٠°م لمدة ٢٠ دقيقة .

أصابة بادىء الاضافة بالفاج يكون أكثر خطورة من أصابة لبن الجبن بالفاج لذلك فإنه يجب أستخدام كل الأحتياطات الواجبه التى تضمن تلقيح بيئة بادىء الأضافة تحت ظروف معقمة او شبه معقمة بما يضمن تقليل أو منع التلوث بالفاج مثل أستخدام مرشحات للهواء الذى يدخل الى أحواض لبن البادىء أو أستخدام معدات تلقيح معقمة للبن البادىء. تستخدم بيئات مثبطه للفاج phage inhibitory media (PIM) التى تشمل زيادة العناصر الغذائية (مثل مستخلص الخميرة) والفوسفات مع أو بدون السترات للأرتباط بأيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) واللازم لأمتزاز الفاج phage adsorption . تستخدم PIM بكثرة فى أوربا عنها فى الولايات المتحدة ونظراً لوجود بعض الملاحظات على تكاليف ، فاعلية ، وأتلاف وتثبيط Leconostocs المشاركة فى المزارع المختلطة فقد قام بعض الباحثين بتطوير هذه البيئات (PIM) على أساس السيطرة على معدل النمو بواسطة ضبط pH ، تحديد اللاكتوز ، وأنخفاض تركيز الفوسفات والشرش . تحضن المزارع حتى يستهلك اللاكتوز والحصول على أعداد أكبر بكثير من الخلايا عن المزارع التقليدية ويطلق على هذه البيئات بالبيئات المنظمة بعوامل خارجية externally buffered media وتوجد طريقة أخرى تعتمد على أستخدام بيئات محتوية على مواد منظمة غير ذائبة insoluble buffering agent التى تذوب عندما ينخفض pH وتساعد على الأحتفاظ بـ pH أعلا من ٥,٣ وهذه البيئات تعرف بالبيئات المنظمة داخلياً internally buffered media ولاتحتاج إلى الكترودات لقياس pH ووسائل حقن المواد المتعادلة neutralizer مع الحموضة أو أجهزة تسجيل recorders . هذه البيئات لها قوة تنظيمية أكبر من اللبن ويرجع ذلك إلى أرتفاع تركيز الفوسفات والسترات فيها وتكون فعالة ضد الفاج الذى يصيب كل من البادئات المحبة للحرارة المعتدلة والمرتفعة ومن مزايا كل من هذين النوعين من البيئات (المنظمة خارجياً أو داخلياً) هو أنخفاض معدلات التلقيح ، أنخفاض متطلبات بادىء

الأضافة ، أطالة فترة التخزين والتى خلالها يحتفظ البادىء بنشاطه وكذك أنخفاض تكاليف العمالة . أستبعاد فترة تسوية اللبن (أى الفترة بين أضافة البادىء وأضافة المنفحه) تعتبر مفيدة فى الوقاية من الأصابة بالفاج حيث أنه عند حدوث التجبن فإن الفاج يكون غير قادر على النفاذ إلى جزيئات الخثرة . فى المصانع التى تملأ فيها أحواض الجبن عدة مرات يومياً فإن أعداد الفاج يرتفع بأضطراد ويمكن السيطرة على ذلك بكلورة chlorination الأحواض بين كل ملئة وأخرى لمدة ١٠ دقائق مع أستخدام ٢٠٠ جزء فى المليون كلورين available chlorine . ومن الأمور التى يجب الأهتمام بها عدم شطف . بقايا الكلور من الأحواض كما أن أستخدام بادئات مقاومة للفاج ، أعداد محدودة من السلالات ، فصل أماكن تحضير البادىء عن أماكن تصنيع الجبن يؤدى أيضاً إلى تقليل مستوى الفاج فى المصانع .

ومن الواضح أن وجود الفاج يخلق بعض المشاكل فى صناعة الجبن لذلك يجب مراعاة الأحتياطات التالية :

١- يجب تنشيط مزارع البادىء تحت ظروف معقمة .

٢- المعامله الحرارية للبن البادىء النهائى يجب أن تكون كافية للقضاء على الفاج ، كما يجب أن يملأ خزان البادىء تماما (سعته القصوى) وإلا فأنه من الضرورى إجراء معاملة حرارية لمدة طويلة للتخلص من الفاج فى الحيز الهوائى .

٣- يجب استخدام التناوب اليومى daily rotation لسلالات البادىء التى لاترتبط بالفاج أو السلالات المقاومة للفاج فى صناعة الجبن .

٤- الترشيح الجيد للهواء فى غرفة تحضير البادىء وفى صالة الانتاج يساعد على السيطرة على مشكلة الفاج .

٥- يجب تطهير المعدات بطريقة ملائمة مثل أستعمال الحرارة أو المواد الكيماوية المطهرة .

٦- موقع غرفة البادىء يجب أن يكون بعيداً عن منطقة الأنتاج وصالة تداول الشرش مما يقلل من أحتمال التلوث عن طريق الهواء .

٧- يجب التأكد من أن عمال المصنع خصوصاً العاملون فى صالة الجبن لايسمح لهم بدخول غرفة تحضير البادىء .

٨- تنشيط مزرعة البادىء فى البيئات المثبطة للفاج .

٩- يجب عدم أستخدام سلالات مزارع البادىء الحساسة للفاج والتى صنفت بأن لها فترة سكون قصيرة ولها حجم انفجار كبير.

١٠- رش الحيز الهوائى لغرف تحضير البادىء بمحلول الهيبوكلورايت وأستخدام الأشعة

فوق البنفسجية للحد من الفاج فى الجو المحيط .
١١- أنتاج تطوير سلالات مقاومة للفاج .
١٢- يجب استخدام البادئات المختلطة للسلالة .

٥-٤- بقايا المواد المنظفة والمطهرة

تستخدم المنظفات والمطهرات لأغراض تنظيف وتطهير معدات الأنتاج . تؤثر بقايا هذه المركبات (المنظفات القاعدية ، مركبات الكلورين ، مركبات اليود ، مركبات الأمونيوم الرباعية) على نشاط مزرعة البادىء . وقد وجد أن بعض سلالات Lactococci قد تم تثبيط نموها فى وجود ٢-٤ ملجم من مركبات الأمونيوم الرباعية/ لتر ، عدا سلالة واحدة استطاعت أن تقاوم حتى ١٢ ملجم من هذه المركبات / لتر. بادئات اليوجهورت أكثر مقاومة، والمستويات المثبطه لنمو *S.salivarius* subsp. *thermophilus, Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* من مركبات الكلورين ومركبات الأمونيا الرباعية ومركبات اليود يبلغ ١٠٠ ، ١٠٠-٥٠٠ ، ٦٠ ، ١٠٠ ، ٥٠ -١٠٠ و ٦٠ ملجم / لتر على الترتيب .
تلوث لبن البادىء بهذه المركبات يرجع لأخطاء بشرية أو عطل فى دورة الغسيل الأتوماتيكية. لذلك يجب التأكد من أن دورة الشطف تستغرق وقتاً كافياً لإزالة هذه المركبات الكيماوية من خزان البادىء النهائى .

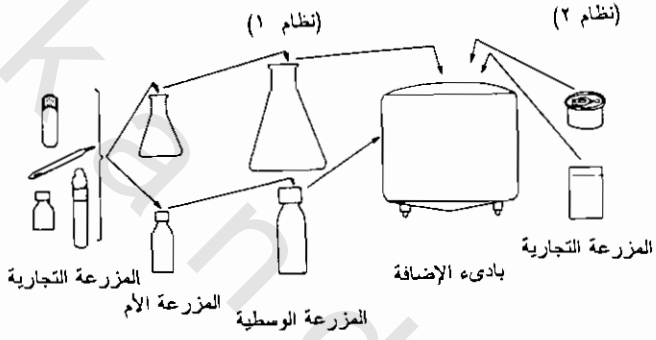
٥-٥- مواد أخرى مثبطة للنمو

يحتوى اللبن على مضادات حيوية طبيعية (لاكتنين lactenins/ اجلوتنين agglutinins) يمكنها وقف نمو مزارع البادىء . هذه المضادات حساسة للحرارة وتؤدى معاملة اللبن حرارياً الى القضاء عليها . تبتلع كريات الدم البيضاء الموجودة فى لبن المواشى المصابه بمرض التهاب الضرع بكتريا البادىء ولاتؤدى المعاملة الحرارية الى تحسن ملحوظ. وقد وجد أنه بالرغم من أن مزارع بادىء اليوجهورت قد يحدث له تثبيط إذا كان ٣٥٪ من اللبن يحتوى على عدد كبير من الخلايا الجسمية somatic cells ، إلا أن غلى اللبن لمدة ٢ ق أو تسخينه عند درجة ٩٠°م لمدة ٢٠ ق يؤدى الى ايقاف فعل المواد المثبطة ويساعد على التكوين الطبيعى للحموضة.

لبن نهاية موسم الأدرارله بعض التأثير على نشاط مزرعة البادىء ، ولكن لم يعرف السبب أو الأسباب بعد ، ومن المحتمل أن يكون thiocynates هو المسؤول عن ذلك .

قد يوجد مثبطات أخرى فى اللبن ترجع الى التلوث البيئى مثل المبيدات والتى يمكن تثبيط نمو ميكروبات البادىء .

المركبات الطيارة وغير الطيارة (الأحماض الدهنية ، حمض الفورميك ، الفورمالدهيد ، الكلوروفورم ، الايثر ، وغيرها) بتركيزات تصل الى ١٠٠ جزء فى المليون يثبط نمو بكتريا حمض اللاكتيك الكروية, وقد وجد أن وجود ٣ ملليجم/مل من مخلوط الأحماض الدهنية الحرة فى اللبن المعقم يخفض بدرجة كبيرة نمو *S.salivaricus* subsp. *thermophilus*، وتركيز ٥ ملليجم/مل يثبط من نمو *L.lactis* subsp. *lactis* biov *diacetylactis*, *L.lactis* subsp. *lactis*, *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lb. helveticus* .



شكل ٧-٣: تحضير بادىء الاضافة Bulk starter culture

نظام (١): المزرعة التجارية (سائلة أومجففة أو مجمدة عند -١٩٦°م)

نظام (٢): المزرعة التجارية (مجففه أو مركزة مجمدة عند -١٩٦°م)

٦- أنتاج مزارع البادىء : Production of starter cultures

يقدر عدد خلايا LAB التى تستخدم فى صناعة الجبن بحوالى ١٠ [٢٣] خلية سنوياً مما يؤكد أهميتها كصناعة بكتيرية عالمياً . تعتمد عملية تخمر أى نوع من منتجات الألبان المتخمرة بصورة رئيسية على نقاوة ونشاط مزرعة البادىء ، وذلك إذا كان اللبن أو بيئة النمو خالية من العوامل المثبطة مثل المضادات الحيوية أو الفاج . ويوضح شكل (٧-٣) (نظام ١) الطريقة التقليدية لأنتاج البادىء بكميات كبيرة ، وبالرغم من أن طريقة التنشيط قد تستهلك وقتاً طويلاً وتتطلب عمالة ماهرة فإنه قد يحدث تلوث البادىء بالفاج والتى

تعتبر من مصادر الخطر الرئيسية فى الصناعة إلا أنها تستخدم على نطاق واسع .

حتى بداية هذا القرن كانت صناعة الجبن تمارس على مستوى المزارع farms وكانت تنتج المزارع بالسماح لبكتريا حمض اللاكتيك الموجودة عرضاً فى اللبن لتتكاثر وتنتج كمية كافية من الحموضة لتجنبه . وعندما أصبح أنتاج الجبن على مستوى المصانع فقد انشئت الشركات والمعامل التى تقوم بأنتاج المزارع والأنزيمات وغيرها من مستلزمات أنتاج صناعة الجبن وفى البداية كانت تجهز المزارع فى اللبن المضاف عليه كربونات كالسيوم $CaCO_3$ ليتعادل جزيئا مع الحمض المتكون . هذه المزارع السائلة يكون لها فترة حفظ قصيرة (أقل من أسبوع) وأستبدلت تدريجياً بواسطة المزارع المجففة تحت تفريغ والتى تتميز بفترة حفظ أطول ولكن تحتاج إلى عدة تنشيطات لتحضير الكميات الضرورية والمطلوبه لأنتاج بادئات الأضافة (الصناعة) . وعادة تستخدم المزارع بمعدل ١-٢٪ لذلك فإن المصنع الذى يقوم بتصنيع ٥٠٠,٠٠٠ لتر لبن فى اليوم إلى جبن يحتاج إلى ٥٠٠٠ لتر بادىء أضافة فى اليوم (أى ٥٠ لتر من اللقاح) . وفى منتصف الستينات أستبدلت المزارع المجففة تحت تفريغ vacuum dried cultures بالمزارع المجمدة المركزه frozen concentrated cultures وهذه المزارع تحتفظ بنشاطها لفترة طويلة تصل الى عدة شهور بالتخزين تحت ظروف التجميد ولاتحتاج عملية تنشيط subculturing وأنما تستخدم مباشرة لتلقيح بيئة بادىء الأضافة . فى خلال العشر سنوات الماضية وجد أن التجفيد freeze drying له تأثير مماثل للتخز ين المجمد فى المحافظة على أعداد كبيرة من الخلايا مع قدرات جيدة لأنتاج الحموضة ولكن لسوء الحظ فإن جميع المزارع ليست مقاومة للتجفيد وعادة تضاف المواد الواقية من التجميد cryoprotective agent إلى المزارع قبل التجفيد وتتميز المزارع المجفدة بسهولة النقل والتخزين . البيئات التى تتكون أساساً من اللبن أو الشرش والمحتوية على مصادر أخرى من العناصر الغذائية (مثل مستخلص الخميرة) تستخدم للنمو. تضبط درجة الحرارة عند ٣٠°م pH ٦,٠ لـ *S.salivarius* subsp. *thermophilus* وعند ٤٢°م و pH ٥,٥ لبكتريا حمض اللاكتيك العصوية المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic lactobacilli وتستخدم الصودا الكاوية NaOH وأيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH فى معادلة الحموضة وتحصد الخلايا من المزارع بواسطة الطرد المركزى أو بالترشيح الغشائى membrane filteration . يستخدم التخمير على دفعات مع التقليب الخفيف لخلط القلوى ويمكن أن يؤدى ذلك الى تثبيط أنتاج فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 كما قد يحافظ على جو النتروجين أعلا المزارع لتمنع من دخول الأكسجين إلى البيئة ويجب الأهتمام بتنمية المزارع عند pH ثابت حيث أنه عند pH أعلا من ٦,٠ فإن

مزارع Prt^- (غيرالقادرة على تحلل البروتين) تتراكم بمعدلات مرتفعة وتؤدى الى عدم أتـزان بين السلالات.

كما أمكن إنتاج مزارع فائقة التركيز superconcentrated cultures لأستخدامها فى التلقيح المباشر للبن الجبن بطريقة مماثلة وهذه المزارع مرتفعة التكاليف ولكنها تستخدم بكثرة فى المصانع الصغيرة حيث لاتحتاج إلى وسائل أنتاج بادئات الأضافة. يحتوى بـادىء الأضافة على أعداد من البكتريا حوالى 10^9/مل حيث أن المزارع المركزه والفائقة الـتركيز تحتوى على حوالى 10^{10} خلية/جرام ، 10^{13} خلية/جرام على التوالى .

٦-١- طرق حفظ المزارع Methods of cultures preservation

من الضرورى حفظ مزارع البادىء للمحافظة على مزارع أصليـة يمكـن الرجـوع إليها فى حالة فشل البادىء أو النقل المستمر لهـذه البادئـات الـذى قـد يـؤدى الى حـدوث طفرات فى السلالات قد تغير من السلوك والصفات العامه للبادىء .

تعتمد مصانع الألبان على مزارع البادئات التجارية عند تحضيرها للبادىء بكميات كبيرة أى البادىء الذى يدخل عادة فى الأنتاج الفعلى (بـادىء الأضافـة أو الصناعـة bulk culture) ويمكن الحصول على هذه المـزارع التجاريـة مـن معـامل الأبحـاث وبنـوك حفـظ المزرع أو المعامل والشركات التجارية وقد تتضمن عملية التحضير أكثر من مرحلة وتعرف المزارع فى مختلف مراحل التحضير بالتسميات التالية :

- **المزرعة التجارية Stock culture** وهى المزرعـة التـى يحصـل عليهـا مصنـع الألبـان مـن معمل معتمد أو بنوك حفظ المزارع .
- **المزرعة الأم Mother culture** وهى مزرعة تحضر فى مصنع الألبان من المزرعة التجارية . وتنشط المزرعة الأم يومياً وتعتبر مصدرا لكل المزارع التى تحضر فى مصنع الألبان .
- **المزرعة الوسطية Intermediate culture** وهى مرحلة وسطية ضمـن مراحـل تحضـير كميات كبيرة من مزارع بادىء الأضافة .
- **بادىء الأضافة (الصناعة) Bulk culture** وهى البادئ المستخدم فـى الإنتـاج. ويمكـن حفظ مزارع البادئات فى أحد الصور التالية :

١- مزارع البادىء السائل Liqud starter cultures .

٢- مزارع البادىء المجفف Dried starter cultures .

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

ب - مركزة (مجفدة freeze-dried) .

٣- مزارع االبادىء المجمدة Frozen starter cultures

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

ب - مركزة (مجمدة عند - ٤٠ إلى -١٩٦°م)

مزارع البادئات (١) ، (٢-أ) و (٣-أ) تستخدم عادة لأنتاج بادىء الأضافة بالطريقة التقليدية (شكل ٧-٣ نظام ١) . مزارع (٢ب) و (٣ب) تضاف مباشرة الى حوض بادىء الأضافة (شكل ٧-٣ نظام ٢) أو يضاف مباشرة إلى حوض الصناعة .

٦-١-١- مزارع البادىء السائل

وهى أكثر صور مزارع البادىء الشائعة والمستخدمة فى صناعة الألبان . يحفظ البادىء عادة فى كميات صغيرة ، ولكن للحصول على الحجم المطلوب لأى خط أنتاج فإنه تجرى عملية تنشيط بأتباع النظام التالى :

المزرعة التجارية ← المزرعة الأم ← المزرعة الوسطية ← بادىء الاضافة (الصناعة).

فعلى سبيل المثال ، تصنيع ١٠٠٠٠ لتر من اللبن الى جبن فى اليوم بأستخدام معدل تلقيح ٢٪ ، يتطلب تنشيط تدريجى على النحو التالى :

المزرعة التجارية ١٪← المزرعة الأم ١٪← المزرعة الوسطية ٢٪← بادىء الأضافة(الصناعة)

٠,٤ مل ٤٠ مل ٤ لتر ٢٠٠ لتر

تحفظ المزارع الأصلية المستعملة فى لبن فرز مسترجع (١٠-١٢٪ SNF) وخال من المضادات الحيوية ومعقم (١٥ رطل/ بوصة^2 لمدة ١٥ دقيقة) مع تنشيطه يومياً أو أسبوعياً . يمكن تنشيط المزارع المحبة للحرارة المعتدلة المستخدمة فى الجبن حتى ٥٠ مرة مع عدم الخوف من حدوث طفرة وتلقح البيئة المعقمة بمعدل ١٪ وتحضن على ٢٢ أو ٣٠°م لمدة ١٨ أو ٦ ساعات على الترتيب. بينما المزارع المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة يتم تنشيطها ١٥-٢٠ مرة فقط وذلك لضمان عدم حدوث الطفرة والمحافظة على التوازن المطلوب بين البكتريا الكروية والعصوية . يجرى التحضين على ٤٢°م لمدة ٣-٤ ساعات أو على ٣٠°م لمدة ١٦-١٨ ساعة مع التلقيح بمعدل ٢ أو ١٪ على الترتيب .

يتأثر نشاط مزرعة البادىء بمعدل التبريد بعد التحضين وبمستوى الحموضة عند نهاية فترة التحضين وبدرجة الحرارة وفترة التخزين . يعتبر التبريد عاملاً هاماً فى الحد من نشاط مزرعة البادىء وعادة تحفظ مزرعة احتياطية من مزرعة الأم فى صورة سائلة فى بيئة النمو التالية والتى تعتبر مثالية لمعظم بكتريا حمض اللاكتيك : لبن فرز ١٠-١٢٪ جوامد لادهنية، ٢٪ محلول عباد شمس (٥٪) ، ٠,٣٪ مستخلص خميرة ، ١,٠٪ جلوكوز أو

لاكتوز ، كمية كافية من كربونات الكالسيوم لتغطية أسفل أنبوبة الختبار ، ٠,٢٥٪ panmede ، ١,٠٪ ليثيسين وتعقم البيئة على ١٠ رطل /بوصة^{2} لمدة ١٠ دقائق مع التحضين لمدة أسبوع على ٣٠°م للتأكد من كفاءة عملية التعقيم . تحضن البيئة الملقحة لفترة قصيرة وتخزن تحت ظروف الثلاجة العادية ومن الضرورى أعادة تنشيطها مرة واحدة كل ٣ شهور.

٦-١-٢- مزارع البادىء المجفف

حفظ مزارع البادىء بالتجفيف تعتبر طريقة بديلة للمحافظة على المزرعة الأصلية، كما يسهل أيضاً من نقل المزارع المجففة بواسطة البريد من دون أن يحدث فقد فى نشاطها. كان الاجراء العادى المتبع فى الماضى هو التجفيف تحت تفريغ ، وتتضمن هذه العملية خلط المزرعة السائلة مع اللاكتوز ثم معادلة الحموضة الزائدة بكربونات الكالسيوم ، يركز المخلوط جزئياً عن طريق الفرز أو التخلص من الشرش أو الأثنين معاً مما ينتج حبيبات يجرى تجفيفها تحت تفريغ ، يحتوى البادىء المجفف على ١-٢٪ بكتريا حية وقد يتطلب الأمر تنشيطه عدة مرات قبل أن يستعيد نشاطه الأقصى .

يحلل بروتين اللبن بأنزيم التريبسين Trypsin لمدة ٤ ساعات على ٣٧°م

↓

يعامل اللبن بالبخار

↓

يبرد اللبن ويلقح بمزرعة البادىء ويحضن على ٢٠°م مع ضبط pH
(يستخدم هيدروكسيد الكالسيوم كمادة معادلة)

↓

يجفف عند ٢٧°م حتى ٢٢٪ مواد جافة بعد الحصول على
الحد الأقصى من تركيز الخلايا

↓

يجفف بطريقة الرذاذ بهواء ساخن على ٧٠°م الى ٩٪ رطوبة
(درجة حرارة المسحوق لاتتجاوز ٣٢°م)

↓

يجفف تحت تفريغ على ٢٧°م و ١-٢ ملم زئبق
(تحتوى المزرعة المجففة على ٥-٦٪ رطوبة)

شكل ٨-٣ : طريقة لانتاج مزارع بادىء مجفف بطريقة الرذاذ .

ويمكن الحصول على معدل مرتفع من الخلايا والمتبقية فى البادئات المجففة بأستخدام طريقة التجفيف الرذاذ وهى طريقة نشأت فى هولندا . يوضح شكل (٨-٣) خطوات هذه العملية ويعتقد أن البادىء المجفف يكون مماثلا فى نشاطه لبادىء سائل عمره ٢٤ ساعة . وبالرغم من أن هذا التطور فى صناعة البادىء برهن على امكانية استخدامه بنجاح إلا أن هذا النظام لم يستخدم على نطاق تجارى حيث أن نسبة الخلايا المتبقية عادة تكون منخفضة فى المزارع المجففة ، ١٠٪ لمعظم بكتريا حمض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة و ٤٤٪ لـ *L.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis* . ومع ذلك فإن أضافة جلوتاميت أحادى الصوديوم mono-Na-glutmate وحمض الاسكوربيك الى مزرعة البادىء التى يجرى تنشيطها فى بيئة تحتوى على منظم buffer يحمى الخلايا البكتيرية الى حد ما وتحتفظ المزرعة المجففة بطريقة الرذاذ بنشاطها لمدة ٦ شهور على ٢١°م .

تحضر مزارع البادىء المجفدة freeze-dried بتجفيف البادىء وهو فى الحالة المجمدة حيث تحسن هذه الطريقة من معدل الخلايا المتبقية فى المزرعة المجفدة وكانت النتائج أفضل بالمقارنة بالبادئات المجففة بطريقة الرذاذ . ولقد لوحظ أن عملية التجميد والتجفيف تؤدى الى أتلاف غشاء الخلية البكتيرية ولكن يمكن تقليل هذا الضرر بإضافة مواد مبردة واقية معينة قبل أجراء التجميد والتجفيف وهذه المواد الواقية عبارة عن روابط هيدروجين و/أو مجموعات متأينة تساعد على منع الأضرار بالخلية وذلك بتثبيت مكونات غشاء الخلية خلال عملية الحفظ.

وفى ضوء المعلومات المتوفرة فى مجال أنتاج مزارع البادئات بالتجفيد فإنه يمكن الأشارة الى مايلى :

١- يتم حفظ معظم بكتريا حمض اللاكتيك بنجاح ماعدا *Lb.helveticus,Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* والتى تعتبر حساسة للتجميد والتجفيف .

٢- تنشيط مزرعة البادىء فى لبن مدعم بمستخلص الخميرة والبروتين المحلل يحسن من معدل الخلايا المتبقية كما أن رفع تركيز الخلايا فى مزرعة لأكثر من $١٠^{١٠}$ خلية/ مل يؤدى إلى زيادة عدد الخلايا الحية فى المزرعة المجفدة .

٣- تكون مزارع البادىء أقل حساسية للتجميد والتجفيف إذا تم حصاد الخلايا فى الجزء الأخير من مرحلة النمو اللوغاريتمى ماعدا *L.lactis* subsp. *cremoris*, *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* حيث يتم حصد الخلايا فى المراحل الأولى من مرحلة الثبات stationary وذلك للحصول على أعلا حيوية.

٤- تعتبر pH البيئة فى نطاق ٥-٦ أكثر ملاءمة للحصول على معدل أعلا من الخلايا المتبقية. ومن الضرورى ضبط pH كل من بيئة النمو والتعليق.

٥- تختلف بيئة التعليق التى تضمن الحصول على أفضل معدل للخلايا المتبقية طبقاً للأنواع المختلفة من البكتريا ، فمثلاً لبن فرز مضاف إليه مالات الصوديوم Na-malate تعتبر مناسب لبكتريا *S.salivarius* subsp. *thermophilus* ، ومحلول اللاكتوز وهيدروكلوريد الارجنين يعطى حماية للـ *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* وحمض الجلوتاميك للـ *Leuconostoc* .

٦- يجب أن يكون محتوى الرطوبة للمزرعة المجففة أقل من ٣٪ .

٧- أظهرت المزارع المجفدة المخزنة على ٥-١٠°م معدلات أعلى للخلايا المتبقية خلال التخزين لفترات طويلة مقارنة بتلك المخزنة على درجة حرارة الغرفة .

٨- يفضل تعبئة المزارع المجففة تحت تفريغ لأن الميكروبات المحفوظة تكون حساسة للأكسجين .

٩- تعتبر الأنابيب الزجاجية الصغيرة افضل أنواع مواد التعبئة وأكثرها شيوعاً للمزارع المجفدة ويليها أكياس من رقائق الألومنيوم المتعددة الطبقات ، كما وجد أن استخدام عبوات من النايلون ، تسبب أنخفاض معدل الخلايا المتبقية نتيجة لنفاذيتها للأكسجين من خلال مواد العبوة .

١٠- تجميد المزرعة عند -٢٠ إلى -٣٠°م والتجفيف على درجة حرارة بين -١٠ الى -٣٠°م يؤدى إلى أرتفاع نشاط البكتريا فى المزارع المجفدة .

١١- مركبات الكربونيل carbonyl مثل البيروفات وثنائى الاستيل اللذان يتفاعلا مع مجموعات الأمين فى الخلايا المحفوظة قد تؤدى الى الاسراع من موت هذه الخلايا . ويفضل فصل هذه المركبات من الخلايا التى تم حصادها . ولحفظ المزارع المجفدة لفترات طويلة يجب أن تدعم بيئة التعليق بسكريات غير مختزلة وأحماض أمينية مع/أو semicarbazide .

٦-١-٣- البادئات المجمدة

تم حفظ مزارع البائات بنجاح بالتجميد عند درجات حرارة تتراوح من -٢٠ ، -٤٠ الى -٨٠ أو -١٩٦°م ويطلق عليها المزارع المجمدة frozen cultures أو المزارع المجمدة تحت درجات حرارة شديدة الأنخفاض deep frozen cultures أو مزارع مجمدة تحت درجات حرارة فائقة الأنخفاض ultra low-temp. frozen cultures على الترتيب .

مزارع البادىء السائلة (الأم أو الوسطية) يمكن حفظها بالتجميد على -٢٠ الى -٤٠°م لعدة شهور . وتتبع حفظ البادىء بهذه الطريقة فى المعامل المركزية وتوزع المزارع المجمدة على مصانع الألبان عند الحاجة كملقحات مباشرة لبادىء الأضافة . قد يؤدى التجميد والتخزين لفترة طويلة على -٤٠°م الى تلف نشاط مزرعة البادىء وقد يؤدى الى أتلاف أنواع معينة من Lactobacilli ولكن استخدام بيئة تحتوى على ١٠٪ لبن فرز ، ٥٪ سكروز ، قشدة طازجة ، ٠,٩٪ كلوريد الصوديوم أو ١٪ جيلاتين يمكن أن يؤدى الى تحسين معدل الخلايا المتبقية ، بالأضافة إلى أن الخلايا المركزه (١٠^١٠-١٠^١٢cfu/مل) المجمدة عند -٣٠°م فى وجود خليط من مواد مبردة معينة (سترات الصوديوم ، جليسرول ، صوديوم بيتا - جليسروفوسفات ، مستخلص خميره ، سكروز ، لبن فرز معقم أو لاكتوز) تحتفظ بنشاطها فى حالة مزارع البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة ومزارع بكتريا حمض اللاكتيك العصوية أو مزارع بكتريا حمض البروبيونيك .

وبالرغم من أن عملية التجميد عند -٤٠°م تعتبر عملية ناجحة لحفظ مزارع البادىء إلا أن التخزين عند -٨٠ إلى -١٠٠°م فى النتروجين السائل يحسن من معدل الخلايا المتبقية فى المزارع المجمدة خلال التخزين ويمكن حفظ مزارع البادئات بالتجميد عند -١٩٦°م فى النتروجين السائل لمدة قد تصل إلى عامين . وقد وجد أن تجميد المزارع بهذه الطريقة جعل بالأمكان استخدامها فى التلقيح المباشر للبن المستخدم فى صناعة الجبن أو لبادىء الأضافة (شكل ٧-٣ نظام ٢) وتعتبر هذه الطريقة سهلة وتحسن من كفاءة العمل اليومى وتوازن السلالات مع سيطرة أفضل على الفاج وتحسن جودة الناتج إلا أنها تعتبرطريقة مرتفعة التكاليف مع ضرورة توفير الوسائل اللازمة للنتروجين السائل .

يلاحظ مما سبق أن معدل الخلايا المتبقية فى مزارع البادىء المحفوظة يعتمد على ظروف التصنيع (بيئة النمو ، وجود مواد مبردة ، التجميد والتجفيف) وعلى طريقة تركيز الخلايا.وباختصارفأن الأنظمة المختلفة المستعملة فى تركيز كتلة الخلايا الحية تكون كالتالى:

أولاً : طرق ميكانيكية (مثل فرازات عالية الكفاءة ٥٥٠٠ × g ، طرد مركزى فائق عند ١٥٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ × g) التى قد تسبب بعض الضرر الفيزيائى للخلايا البكتيرية .

ثانيا: معادلة مستمرة لبيئة النمو لضبط الـ pH إلى حوالى ٥,٨-٦ للحصول على مزرعة تحتوى على عدد مرتفع من الخلايا التى تتعرض بعد ذلك لعملية الطرد المركزى ليكون مزرعة مركزة الخلايا . تكوين اللاكتات قد يكون مثبطا وبالتالى يحد من درجة التركيز .

ثالثاً: تقنية المزرعة بالأنتشار diffusion culture tech. وهى طريقة متطورة للتخلص من اللاكتات من بيئة النمو حتى يمكن بهذا النظام أنتاج مزارع مركزه بها ١٠^١١ خلية/مل

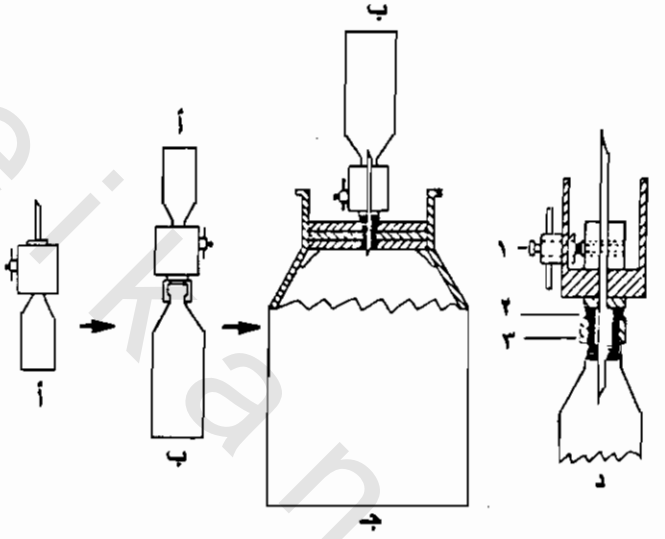
وتعرف هذه المزارع بالمزارع فائقة التركيز superconcentrated cultures ويمكن استخدامها فى التلقيح المباشر للبن الجبن (شكل ٧-٣ نظام ٢) وبالرغم من أن هذه المزارع مرتفعة التكاليف إلا أنها تستخدم بكثرة فى المصانع الصغيرة حيث لاتحتاج إلى وسائل أنتاج بادئات الأضافة (الصناعة) bulk .

٦-٢- إنتاج بادئ الأضافة Production of bulk starter

أنتاج بادىء الأضافة (الصناعة) ، وهو البادىء الذى يستخدم مباشرة فى الصناعة، يستلزم عدة مراحل من التنشيط من أجل الحصول على الكمية المطلوبة أو التلقيح المباشر فى خزانات بادىء الأضافة بأستخدام المزارع المركزة (شكل رقم ٧-٣ نظام ٢،١).

ويعتبر توفير بادىء الأضافة (الصناعة) خال من الفاج العامل الرئيسى فى أنتاج جبن مرتفع الجودة . وقد تستخدم بيئات مختلفة فى تحضير هذا البادىء مثل البيئات المثبطه للفاج phage inhibitory medium (PIM) أو البيئات المقاومة للفاج phage-resistant medium (PRM) ، اللبن الكامل ، اللبن الفرز ، اللبن الفرز المدعم بجوامد أضافية. عادة يستخدم لبن فرز مجفف مسترجع خال من المضادات الحيوية ويحتوى على ١٠-١٤٪ جوامد . تسخن البيئة (وكذلك حيز الفراغ head spaces فى الحوض) لدرجة حرارة لاتقل عن ٩٠°م لمدة ٢٠ دقيقة على الأقل . ويفضل بعض المنتجين تسخين البيئة فى مبادل حرارى (٩٠°م لمدة ٢٠ ثانية) قبل الأضافة إلى حوض اعداد بادىء الاضافة والذى سبق تنظيفه وتعقيمه . وهذه الطريقة غير مفضلة نظراً لأن عملياتّ التنظيف والتعقيم قد لاتتلف الفاج . المعاملة الحرارية لها عدة مزايا: (١) القضاء على البكتريا الملوثة التى قد تتنافس فى نموها مع نمو بكتريا البادىء وبالتالى تسبب بعض المشاكل اثناء صناعة الجبن . (٢) زيادة معدل نمو بكتريا البادىء نتيجة زيادة النتروجين الناتج من التحلل الجزئى لبروتين اللبن . (٣) إتلاف المواد المثبطة الطبيعية الموجودة فى اللبن وكذلك أى فاج قد يكون موجود فى البيئة . ولرفع كفاءة القضاء على الفاج فيجب تسخين حيز الفراغ الموجود أعلا البيئة بالبخار خلال فترة التسخين حيث أن الفاج قد يدخل إلى خزانات اعداد بادىء الصناعة خلال عملية تبريد بيئة البادىء لذلك يجب بسترة خزان التحضير أو ترشيح الهواء الداخل للخزان أثناء عملية التبريد خلال مرشحات خاصة بذلك . ويعتبر التلقيح عملية حيوية فى تحضير بادىء الصناعة لذلك يجب استخدام معدات تلقيح خاصة تعمل تحت ظروف معقمة .

وهناك أنظمة تستخدم فى تحضير مزارع بادىء الأضافة تهدف أساساً إلى حماية المزرعة من الأصابة بالفاج.من الأمور الهامة فى هذه النظم أنه يتم معامل بيئة النمو ونمو البادىء فى خزان محكم الغلق ويتم التلقيح من خلال حاجز يمنع دخول الهواء الملوث ومن أمثلة هذه النظم :



شكل ٩-٣ : رسم تخطيطى لنظام لويس لنقل مزرعة البادىء

أ) المزرعة الأم ب) المزرعة الوسطية جـ) بادىء الاضافة
د) تركيب تفصيلى للأبرة (١) صنبور (٢) لحام استل
(٣) محلول الهيبوكلورايت الصوديوم

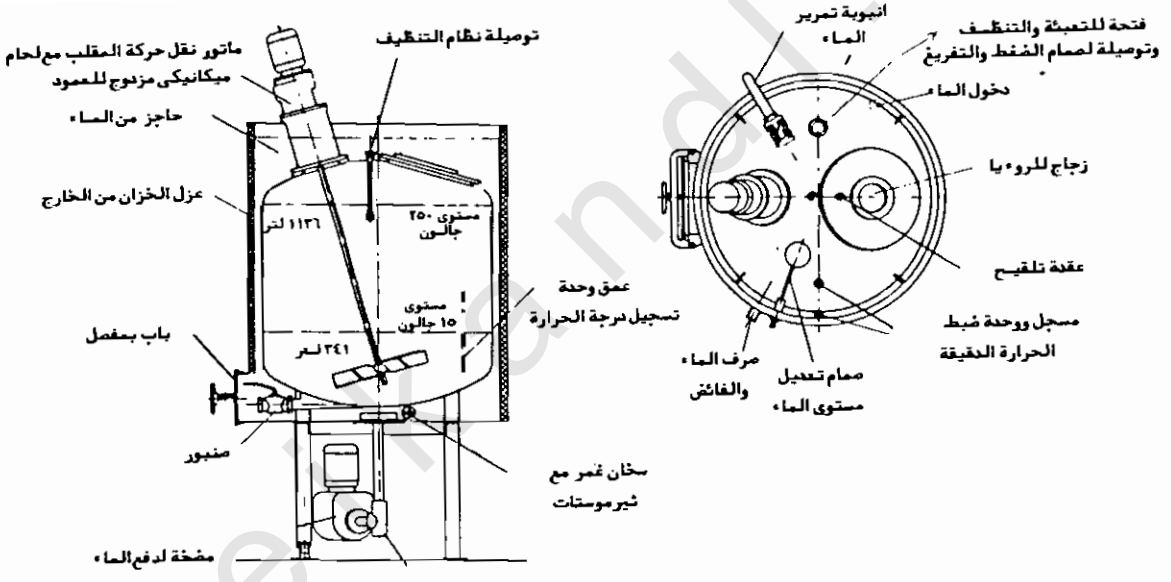
أ - نظام لويس The Lewis system

فى هذا النظام تستخدم زجاجات بوليثين التى يمكن استخدامها مرة أخرى (سعة ١١٥ و ٨٥٠ جرام) للمزرعة الأم والمزرعة الوسطية على الترتيب هذه الزجاجات مزودة بلحامات مطاطية) وبيئة النمو (مثل ١٠-١٢٪ لبن فرز مسترجع وخال من المضادات الحيوية) يتم تعقيمها فى هذه الزجاجات . يجرى عملية نقل مزرعة البادىء بأستخدام ابرة معدة للحقن ثنائية الفتحات ويوضح شكل (٩-٣) الشكل العام للطريقة . يتطلب نظام لويس خزان يعمل تحت ضغط لبادىء الاضافة حيث تعامل بيئة النمو حرارياً فى داخل الوعاء المحكم الغلق . يجب التأكد من عدم دخول أو خروج الهواء خلال تسخين أو تبريد

اللبن . يغطى سطح الخزان بمحلول هيبوكلورايت الصوديوم (١٠٠ ملجم /لتر) حتى يتم نقل بادىء التلقيح فى المزرعة الوسطية الى بيئة بادىء الاضافة خلال حاجز معقم . يوضح شكل (١٠-٣) مثال لهذا الخزان . ويعتمد فى نقل البادىء من وعاء لآخر فى نظام لويس على ضغط زجاجة البوليثلين لضخ المزرعة ويمكن استخدام نظام لويس بنجاح فى أنتاج كميات أصغر من البادئ.

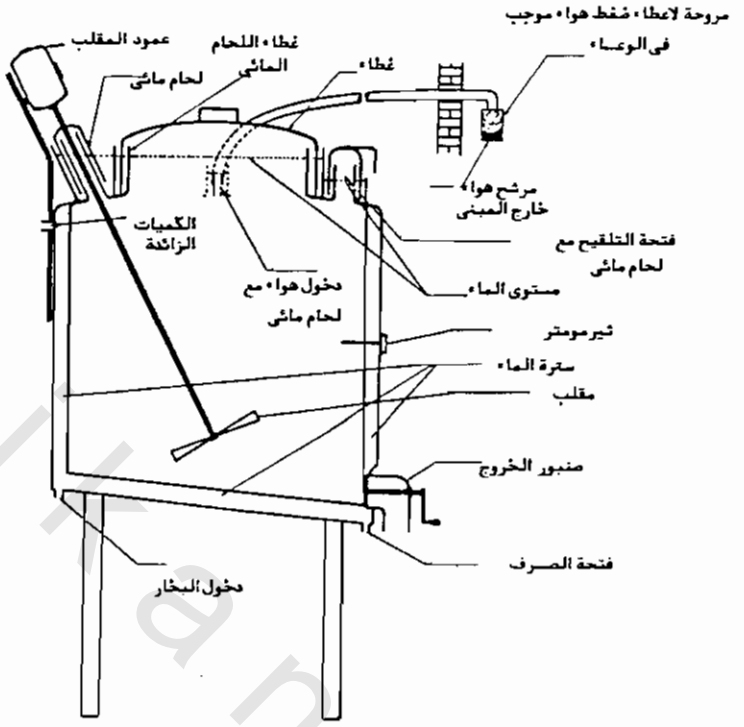
ب - نظام جونز The Jones system

يوضح شكل (١١-٣) مواصفات الخزان المستخدم فى هذا النظام . يتم دخول أو خروج الهواء الى وعاء البادىء خلال تسخين أو تبريد اللبن حيث أن الخزان لايعمل تحت ضغط . خلال المعاملة الحرارية للبن فإن الهواء الموجود فى فراغ الخزان يدفع إلى الخارج ثم يعاد دخوله أثناء مراحل التبريد حيث يتم تعقيم الهواء بأستخدام الحرارة والترشيح من خلال مرشحات من الصوف والقطن . يصب بادىء التلقيح فى الخزان خلال فتحة خاصة ضيقة مع أستخدام حلقة لهب أو بخار للتعقيم عند نقطة الدخول ومن الأمور الجديرة بالذكر ، أن وحدة ترشيح الهواء يتم تنشيطها أثناء تسخين وتبريد اللبن وتبريد المزرعة النشطة وذلك للتأكد من أن الهواء الداخل إلى الخزان دائماً معقم . الشكل (١٢-٣) يوضح نظام مماثل لخزان بادىء الأضافة ومحتوى على وحدة خاصة لترشيح الهواء . كما تستخدم بيئات مثبطة للفاج (PIM) وقد يطلق عليها بيئات مقاومة للفاج (PRM) فى تحضير مزارع بادئات الأضافة حيث يعتمد تكاثر الفاج فى مزارع البادئات على وجود أيونات كالسيوم حرة فى بيئة النمو وعادة يستخدم الفوسفات للأرتباط بأيونات الكالسيوم الحرة فى اللبن الفرز المستخدم في أنتاج بادىء الأضافة وقد حدث تطورات كثيرة فى تركيب هذه البيئات وتوجد حالياً فى الأسواق وتتكون من جوامد لبنية ، سكر، عوامل منشطة للنمو ، ومواد منظمة مثل الفوسفات والسترات ومع ذلك فإن تأثير هذ البيئات فى حماية وتنشيط نمو البادئات محدودة كما أشار البعض إلى فشل نمو بعض سلالات بكتريا حمض اللاكتيك فى هذه البيئات .



شكل ١٠-٣ : رسم تخطيطى لخزان بادئ الإضافة فى نظام لويس لتحضير البادئ

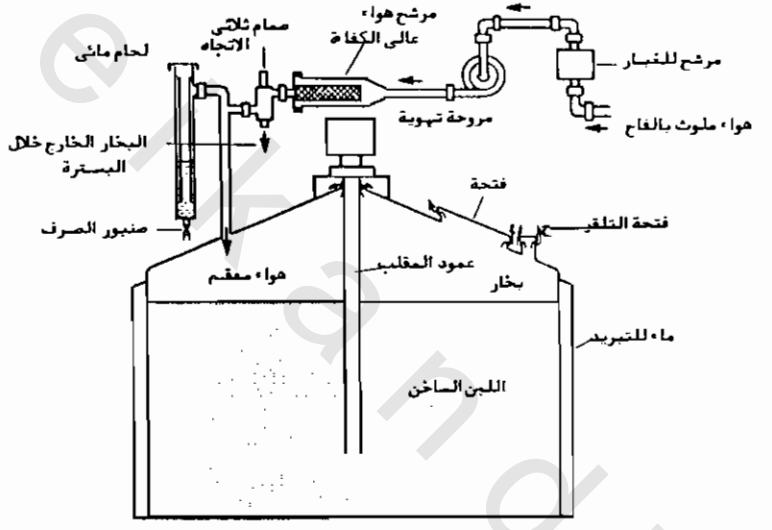
obeikandl.com



شكل ١١-٣ : رسم تخطيطى لخزان بادىء الاضافة من نوع جونز

يفضل عادة تنظيم الـ pH أثناء نمو المزارع للسيطرة على الفاج وزيادة أعداد الخلايا الحية. كما وجد أن معادلة الحموضة بحقن مواد متعادلة (قلوية) بعد النمو ثم التحضين يزيد من محصول الخلايا الحية إلى الضعف كما أن حجم اللقاح اللازم فى حوض الجبن ينخفض إلى النصف . عادة يحضن مزارع الحرارة المعتدلة على درجة ٢١°م بالرغم من أن درجة الحرارة المثلى لنموها هى ٣٠°م ومعظم هذه الأنواع لها معدل نمو متماثل عند درجة ٢٧°م ولكن عند درجات حرارة أخرى ، خاصة ٢١°م ، يحدث أختلافات كبيرة . وهذا يعنى سيطرة السلالات التى تنمو بمعدل أسرع عند درجة حرارة التحضين التقليدية فى المزارع المختلطة. هناك ٣ عوامل تحدد سرعة نمو المزارع وهى : معدل التلقيح ، درجة حرارة التحضين وفترة التحضين . فى المزارع المحبة للحرارة المعتدلة يكون حجم اللقاح ٠,٥-١٪ (حجم/حجم) ودرجة حرارة تحضين ٢١°م لمدة ١٦ ساعة وتحت هذه الظروف

فإن هذه المزارع تنتج فى اللبن حموضة قدرها ٠,٨٥٪ كحامض لاكتيك وينخفض الـ pH من ٦,٥ إلى ٤,٥ . التحضين على درجة ٢١°م يعتبر من العوامل الهامة حيث أن ذلك يعنى أن البادىء الذى يلقح عند الساعة الرابعة مساء عند درجة حرارة الغرفة (٢١°م) يكون جاهزا للأستخدام فى الصناعة بعد ١٦ ساعة أى عند الساعة الثامنة صباح اليوم التالى . عند درجة ٢١°م فإن فترة الجيل (GT) فى البادئات المختلطة والمعرفة السلالة فى اللبن تكون ٢,٢ ساعة .



شكل ١٢-٣ : رسم تخطيطى لخزان بادىء الاضافة المحتوى على وحدة خاصة لترشيح الهواء

عند التحضين عند درجة حرارة ٢١°م إذا كان فترة الجيل (GT) ٢,٢ ساعة فإن عدد الأجيال التى تتكون حسابياً فى ١٦ ساعة هو ٧,٢ جيل ، إذا كان (GT) ٢,٢ ساعة وحجم اللقاح ٠,٥٪ فإن مزرعة كاملة النمو تعادل ٧,٥ جيل والحسابات بهاتين الطريقتين تعطى عدد أجيال متساوية تقريباً. عادة تحضن المزارع المحبة للحرارة المرتفعة عند درجة ٤٢°م لمدة ٨-١٢ ساعة بالرغم من تباين درجة الحرارة المثلى للسلالات المختلفة من *S.salvarium* subsp. *thermophilus* وكذلك thermophilic lactobacilli : ٣٩-٤٦°م ، ٤٢-٤٨°م على التوالى . خلال فترة التحضين ، ينخفض الـ pH إلى حوالى ٣,٥ ، ٤,٥ للـ Lactobacilli ، Streptococci على التوالى منتجة حموضة قدرها ١,٢، ٠,٦٪

كحامض لاكتيك . أستمرار تحضين thermophlic lactobacilli يـؤدى إلى أنتـاج حموضـة قدرها ٢٪ كحامض لاكتيك ويمكن حفظ كل من المزارع المحبة للحرارة المعتدلة والمرتفعة لعدة أيام عند درجة ٤°م بدون حدوث فقد كبير فى نشاطها أو قدرتها على أنتاج حامض لاكتيك .

٦-٣- البادئات المساعدة (الثانوية) Adjunct starter cultures

بالأضافة إلى بادئات بكتريا حمض اللاكتيك التى تستخدم فى صناعة الجبن لأنتـاج الحموضة بمعدلات مرغوبة خلال مراحل التصنيـع المختلفـة مـع تبـاين دورهـا المحـدود فـى تسوية الجبن فإنه قد يستخدم بادئات مساعدة (ثانوية) أخرى عند تصنيع أنواع معينـة مـن الجبن بهدف إحداث تغير معين مرغوب فى الجبن أثناء التسوية حتى يمكـن الحصـول علـى الناتج النهائى بالصفات والجودة المميزة لهذا النوع من الجبن . البادئات المساعدة قد تكـون بكتريا ، خمائر ، فطريات أو خليط منهم حسب نوع الجبن . ويمكن الأشارة إلى أهم هـذه البادئات فى صناعة الجبن :

أ - البكتريا

١- *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* وتستخدم علـى نطـاق واسع فى صناعة أنواع الجبن السويسرية Swiss-type cheeses بهـدف أنتـاج غـاز CO_2 لتكوين العيون فى هذه الجبن خلال التسوية .

٢- *Brevibacterium linens* ينمو على سطح بعض أنواع من الجبن مثـل البريك Brick واللامبرجر Limburgerr ويعطى لسطح الجبن لونا برتقالياً إلى أحمـر ويسـاهم بدرجـة كبيرة فى تسوية هذه الجبن لإعطاء الطعم والصفات المميزة لهذه الجبن .

٣- سلالات خاصة من *En. durans, En.faecalis* DK تستخدم فى تصنيع بعض أنـواع من الجبن التشدر فى الولايات المتحدة الأمريكية .

٤- *Bfidobacterium spp.* يستخدم فى صناعة بعض أنواع من الألبان المتخمـرة لأنتـاج ألبـان متخمرةعلاجيـة وحاليـاً تجـرى بعـض المحـاولات لادخالهـا فـى الجـبن لأغـراض علاجية.

ب - الفطريات

تستخدم الفطريات أساساً فى صناعة بعض أنواع من الجبن الطرية والنصف طريـه والهدف الرئيسى لأستخدام هذه الفطريات هى أعطـاء الطعـم والنكهـة المرغوبـة وكذلـك صفات القوام والتركيب المميزة للجبن الناتج ويمكن تقسيم هذه الفطريات إلى قسـمين مـن حيث اللون وصفات النمو :

١ - الفطريات البيضاء وتشمل *Penicillium camemberti, P.caseiocolum* وتنمو على سطح جبن الكممبير Camembert والبراى Brie وتساهم بدرجة رئيسية فى التسوية لأعطاء الصفات المرغوبة للجبن الناتج من حيث الطعم والنكهة والقوام والتركيب .

٢ - الفطريات الزرقاء مثل *P.roqueforti* والتى تنمو داخل الجبن مثل جبن الركفور Roquefort والستيلتون Stlilton والجروجنزولا Gorgonzola أثناء التسوية وتشارك بصفة رئيسية فى أعطاء الجبن الطعم الحريف المرغوب وكذلك صفات القوام والتركيب المميزة لهذه الأنواع من الجبن .

وقد توجد أجناس أخرى من الفطريات الأخرى والتى تستخدم على نطاق محدود *Mucor rasmusen* فى النرويج لصناعة جبن مسواه من لبن فرز وفطر *Aspergillus oryzae* ويستخدم فى اليابان لأنتاج جبن من فول الصويا .

جـ -الخمائر

بعض أنواع من الخمائر السطحية تنمو على سطح الجبن وخاصة التى تسوى سطحياً بواسطة البكتريا smear مثل البريك واللامبرجر حيث تساهم فى تهيئة الظروف البيئية المناسبة وكذلك أفراز بعض عوامل النمو اللازمة لـ *B. linens* . كما قد تستخدم بعض الخمائر المحللة للدهن فى أنتاج الجبن المعرقة بالفطر حيث تساهم مع الفطر فى اكساب الجبن الطعم الحريف المميز لهذه الجبن .

٦-٤- تنظيف وتطهير المعدات

تغسل معدات المزرعة الأم والمزرعة الوسطية باليد بأستخدام مواد تنظيف مناسبة ثم يجرى التطهير بعد الغسيل بأستخدام البخار أو الكيماويات (مثل محلول هيبوكلورايت يحتوى على ٢٠٠ ملجم / لتر من الكلورين المتوفر) ثم تشطف بماء بارد .

معظم أوعية مزرعة بادىء الاضافة مجهزة بوسائل لأستخدام نظام التنظيف المكانى(CIP). وطرق التنظيف والتطهير كالتالى : شطف بالماء البارد لإزالة بقايا اللبن ، الغسل بالمنظفات الساخنة لإزالة بقايا اللبن من سطح الخزان ، الشطف بالماء ثم التطهير بالحرارة . إذا استخدمت الكيماويات المعقمة فان خزان البادىء يشطف بالماء لازالة البقايا ، وحيث أن لبن البادىء يعامل حرارياً لدرجة حرارة أعلى من ٨٨°م فى الخزان فإن تطهير الخزان بعد الغسيل ليس ضرورياً .

٦-٥- مراقبة جودة مزارع البادئات Quality control of starter cultures

مقدرة مزرعة البادىء على أداء عملها بكفاءة خلال عمليات التصنيع يعتمد على نشاطها ونقاوتها ، ويمكن تلخيص الخطوات الروتينية لاختبارات مراقبةجودة مزارع البادىء فميا يلى:

١- مزارع بادئات بكتيريا حمض اللاكتيك والبكتيريا الأخرى :

أ- فحص مجهرى بأستخدام صبغة جرام أو طريقة صبغة نيومان Neuman ، بكتيريا البادىء موجبة لصبغة جرام وتستخدم الطريقة الأخيرة لضبط نسبة البكتريا الكروية الى العصوية فى مزارع اليوجهورت .

ب - الكشف عن الملوثات :

١- يكشف عن النقاوة بأستخدام اختبار الكتاليز ، وتعتبر بكتيريا حمض اللاكتيك سالبة للكتاليز والتفاعل الموجب يدل على التلوث .

٢- يدل الأختبار الموجب لبكتريا القولون على تلوث عام .

٣- يجب ألا تحتوى مزارع بكتيريا حمض اللاكتيك على الخميرة والفطريات

٤- الكشف عن الفاج .

جـ - أختبار النشاط أو الحيوية activity test يساعد على تقدير معدل تكوين الحموضة بمزرعة البادىء قبل استعمالها فى حوض التصنيع ، مثل إجراء تصنيع للجبن فى المعمل على نطاق صغير أو تجريبى .

د- مقاومة درجات حرارة الطبخ يعتبر أختباراً مهماً لبادئات الجبن .

هـ - اختبار فوجس - بروسكر Voges-Proskauer أو الكريتين creatine اختبارا بيوكيماويا لفحص مزارع البادئات المنتجة للنكهة ، وقد يستعمل هذا الاختبار فى بعض الأحيان للكشف عن الميكروبات المنتجة للغاز فى المزارع غير المنتجة للغاز .

٢- مزارع الفطريات :

أ - يقدر النشاط بعد الجراثيم فى معلق معقم .

ب - يجرى فى بعض الأحيان أختبار بكتريا القولون للكشف عن التلوث العام .

٣- أختبارات المسحة swab test لمعدات مزرعة البادىء وأوعية التنشيط والأعداد تعتبر ضرورية للدلالة على فعالية الغسيل والظروف الصحية فى المصنع .

الفصل الرابع

تجبن اللبن
Coagulation of milk

١. مقدمة

صناعة الجبن يعتبر مثالاً تطبيقياً لعلوم الكيمياء الحيوية والبيولوجية حيث تستخدم الكائنات الحية الدقيقة فى إنتاج الحموضة فى صناعة الجبن بالأضافة إلى دورها فى تسوية الجبن وأكساب الناتج النهائى الصفات المميزة له من حيث الطعم والنكهة والتركيب والقوام .

تحويل اللبن من الحالة السائلة إلى جل (خثرة) يعتبر خطوة اساسية فى جميع أنواع الجبن . تكوين الجل يكون نتيجة إلى أضعاف ثبات البروتين والذى يمكن إحداثه بواسطة بروتينيز حامضى مثل الكيموسين (المكون النشط فى المنفحة) أو بالتحميض إلى pH قريب من نقطة التعادل الكهربى للبروتينات أو بواسطة التحميض والتسخين .

تجبن اللبن فى صناعة الجبن يحتاج دائماً إلى إنزيمات ذائبة ويعتبر الأنزيم المجبن للبن من المعدة الرابعة للعجول الرضيعة من أول الأنزيمات التى تمت تنقيتها ويعرف بالرنين " rennin " ويطلق عليه حالياً " الكيموسين chymosin" (المشتقة من الكلمة اليونانية "chyme" التى تعنى العصير المعوى) وذلك لتمييز هذا الأنزيم عن أنزيم renin الذى يمكن أستخلاصه من الكلى . كان الكيموسين ، حتى فترة قريبة ، يستخدم على نطاق واسع فى صناعة الجبن فى صورة مستخلص خام crude extract أو عجينة paste أو مسحوق powder معظم أنواع مستخلصات المنفحة الحيوانية المتوفرة تجارياً تحتوى على البيسين pepsin .

زيادة الأتجاه فى كثير من الدول فى ذبح العجول عند عمر أكبر من المفروض ، مع التوسع فى صناعة الجبن على مستوى العالم أدى إلى نقص واضح فى المنفحة الحيوانية والأتجاه إلى استخدام بدائل المنفحة rennet substitutes من مصادر مختلفة ، حيث لجأت صناعة الجبن إلى تغطية أحتياجاتها بإستخدام عديد من الأنزيمات المحللة للبروتين التى لها

صناعة الجبن عديد من هذه الأنزيمات بنجاح مرضى فى كثير من دول العالم ومن هذه المستحضرات البيسين من البقر والخنزير والدجاج وكذلك البروتينيز الحامضى من *Mucor miehei* وبدرجة أقل من *M.psuillus* أو *Endothia parasitica* ، وقد تم نقل جين كيموسين العجول calf chymosin gene إلى *A.niger* ، *E.coli* ، *K.lactis* وأصبح الكيموسين الناتج من هذه المصادر متوفر حالياً بالأسواق .

٢- المواد المجبنة

٢-١ المنفحة الحيوانية

تم دراسة عدة أنزيمات بروتينيز من أصل حيوانى من حيث مقدرتها على تجبن اللبن وقد وجد أن الكيموسين والبيسين من الأنزيمات التى لها أهمية كبيرة فى صناعة الجبن .

يتم تحضير المنفحة الحيوانية animal rennet بالطريقة التقليدية بأستخلاص معدات العجول الرضيعة التى سبق تجفيفها وتقطيعها إلى قطع صغيرة بواسطة محلول ملحى (١٠-١٢٪) . بتكون المستخلص الخام للمنفحة من الكيموسين النشط active chymosin والصورة غير النشطة من الكيموسين prochymosin أضافة حامض إلى هذا المستخلص لخفض pH إلى ٢- ٤,٦ يساعد على تحويل prochymosin إلى كيموسين وبذلك يصل المستخلص إلى أقصى نشاط له . يعدل pH المستخلص بعد ذلك إلى ٥,٥ - ٥,٧ مع رفع تركيز الملح إلى حوالى ٢٠٪ وإضافة مواد حافظة مثل بنزوات الصوديوم أو بروبيونات الصوديوم ثم يرشح المستخلص وتعدل قوته حتى يكون جاهزاً للإستخدام .

بالرغم من أن تنشيط الأنزيم يكون أسرع عند pH الأقل إلا أن عدم ثبات الكيموسين عند pH أقل من ٥,٠ فى وجود كلوريد الصوديوم يسبب إنخفاض المحصول . يتضمن تنشيط prochymosin أنفصال الببتيدات من نهاية N-terminal لـ prochymosin مع أنخفاض فى الوزن الجزئي من حوالى ٣٦,٠٠٠ إلى ٣١,٠٠٠. يزداد معدل التحويل بدرجة واضحة بأنخفاض pH إلى أقل من ٥,- . عند pH ٥,٠ فإن تركيز كلوريد الصوديوم حتى ٢ مول يزيد من معدل التنشيط activation . وقد وجد أن درجة pH المثلى لثبات الكيموسين يكون بين ٥,٣ - ٦,٣ كما أن الأنزيم يكون ثابتا بدرجة معتدلة عند pH ٢,٠ لكن كلما أرتفع pH من ٦,٣ إلى نقطة التعادل فإن نشاط الأنزيم يتلف بمعدل متزايد .

وعلى النطاق التجارى يستخدم اللبن الفرز أو اللبن الفرز المسترجع (١٢ جرام / ١٠٠ جرام فى محلول كلوريد الكالسيوم ١, مول) فى تقدير قوة المنفحة فى وحدات

RU التى تعرف بعدد المليمترات من اللبن التى يمكن أن تتجبن فى مدة ٤٠ دقيقة عند درجة ٣٥°م فى انجلترا تستخدم المواصفات القياسية البريطانية (BSI) منفحة نقية مجففة كمنفحة قياسية عند تقدير قوة المنفحة .

هذه الطرق يقدر قوة المنفحة أو مستخلص الرنين ولكن لا يقدر قدرة المنفحة على تحلل البروتين . النسبة بين القدرة على التجبن ونشاط تحلل البروتين تعتبر على درجة كبيرة من الأهمية فى تقييم المنفحة لأستخدامها فى صناعة الجبن .

مستخلص المنفحة من العجول الرضيعة تحتوى على ٨٨ - ٩٤٪ كيموسين ٦ - ١٢٪ ببسين بينما مستخلص المنفحة من العجول الكبيرة تحتوى على ٩٠ - ٩٤٪ ببسين ٦ - ١٠٪ فقط كيموسين. مستخلص المنفحة من الغنم والماعز تستخدم على نطاق واسع فى صناعة الجبن حيث تعطى منفحة الغنم طعم أكثر حرافية للجبن عن منفحة العجول . وفى الدول التى تفضل الطعم الحريف فى الجبن (إيطاليا ، اليونان) تستخدم عجينة paste (الناتجة من الأغشية المخاطية للغنم أو الماعز) مع المنفحة . تحتوى هذه العجينة على أنزيمات ليبيز تنتج أطعمة متميزة فى الجبن ، لكن إذا أستخدمت مستخلص المنفحة بمفردها فإنه من الضرورى إضافة أنزيم ليبيز إلى اللبن قبل عملية التجبن. تحتوى منفحة الخنزير على ببسين (porcin pepsin) الذى يستخدم مع منفحة العجول فى تجبن اللبن (بنسبة ١ : ١) فى بعض الدول الأجنبيه.

أنزيم رنين العجول يكون أكثر نشطاً عند pH ٦,٢ - ٦,٤ بينما الببسين يكون أكثر نشطاً عند pH حامضى (١,٧ - ٢,٣) لذلك فإن نشاط كل من هذين الأنزيمين يكمل الآخر . بدء فى أستخدام المنفحة الخليط فى صناعة الجبن نتيجة أرتفاع إنتاج اللبن مع النقص المستمر فى المنافح الحيوانية وأهم أنواع المنفحة المستخدمة :

منفحة إلعجول calf rennet

المنفحة البقرى bovine rennet

الببسين البقرى bovine pepsin

الببسين الخنزيرى porcine pepsin

منفحة عجول / ببسين بقرى (٥٠/٥٠) calf rennet / bovine pepsin

منفحة عجول / ببسين خنزيرى (٥٠/٥٠) calf rennet / porcine pepsin

وقد وجد أن الببسين البقرى يمثل ٦٪ أو أقل من قدرة المنفحة الحيوانية التجارية على تجبن اللبن كما أن ٨٥ - ٩٥٪ من نشاط تحلل البروتين لمنفحة العجول تعزى إلى الكيموسين والباقى للببسين البقرى . المنفحة الخليط من منفحة العجول وببسين الخنزير قد

تحتوى على ٤٠ - ٤٥٪ كيموسين ، ٥ - ١٠٪ ببسين بقرى ، ٥٠٪ ببسين خنزير .

وقد وجد البعض أن جبن التشدر المصنوعة بمنفحة البيسين البقرى كانت رديئة الجودة بالمقارنة بالجبن المصنوع من منفحة العجول بينما أشار البعض أنه لا يوجد فروق محسوسة بين جبن التشدر الناتج بالببسين البقرى والمنفحة .

فى عام ١٩٧٠ تم إنتاج أنزيم مجبن لبن من الدجاج بنجاح ويستخدم فى إسرائيل على نطاق واسع فى صناعة الجبن . وجد أن الجبن المصنوع بهذا الأنزيم أفضل من الناتج بالمنفحة الميكروبية . ببسين الدجاج أكثر نشاطاً فى تحليل البروتين وأقل مقاومة للحرارة عن الكيموسين . وقد وجد أن جبن التشدر المصنوع بالببسين الداجن كانت تنقصه الصلابة وشديد المرارة عند عمر ٣ شهور وبالتالى فإن هذا الأنزيم غير مناسب لصناعة جبن التشدر .

تعتبر نسبة أحتجاز المواد المجبنة فى الخثرة بعد الكبس من العوامل الهامة فى تسوية الجبن . يحتجز حوالى ٣٠٪ من كمية المنفحة المضافة إلى الخثرة قبل الكبس تنخفض إلى ٥ - ٨٪ بعد الكبس وذلك بالنسبة للمنفحة الحيوانية بينما تصل إلى ٣ - ٥٪ للمنفحة الميكروبية ، ٣ - ٨٪ للببسين لذلك فإن الشرش الناتج من الجبن يحتوى على نسبة مرتفعة من المواد المجبنة .

تختلف كمية المنفحة المضافة إلى لبن الجبن طبقاً لنوع الجبن . درجة الحرارة عامل هام فى تحديد الوقت الذى يتكون فيه الخثرة . عند ٢١ - ٢٧°م فإن الخثرة تكون طرية soft وتشبه الجل ، عند ٣٠°م تكون الخثرة أكثر صلابة firm ولا تتفتت عند التقطيع بينما عند ٣٣ - ٣٦°م تكون الخثرة جافة tough ومطاطية وتطرد الشرش بصعوبة . عند درجة حرارة أقل من ٢٠°م وأعلامن ٥٠°م يكون نشاط المنفحة ضعيف جداً . كمية المنفحة المضافة تختلف من ١٠ - ٤٥ مل / ١٠٠ لتر لبن ولكن فى بعض أنواع من الجبن التى تصنع بالتجبن الحامضى (مثل Cottage) تضاف كمية صغيرة من المنفحة (٢-٣ مل/ ١٠٠ لتر لبن) لكى يزيد من صلابة الخثرة وفى جميع أنواع الجبن يجب أن تخفف المنفحة (٦-١٠ أمثال بالماء) لضمان تجانس توزيعها فى اللبن. فى حالة إستخدام الشرش الناتج فى أعداد أغذية للأستهلاك الآدمى فيجب التأكد من نوعية المواد الحافظة المستخدمة فى حفظ المنفحة . وفى هذه الحالة يجب أن يستبدل حمض البوريك بالجليسرين . كما يمكن استخدام الكحول ، الجليسرول واليود فى إنتاج منفحة معقمة . عموماً فإن مستخلص منفحة تحتوى على ١٧ - ٢٤٪ ملح يكون كافياً لتثبيط الميكروبات ويمنع تلف أنزيم المنفحة بواسطة البكتريا المحللة للبروتين التى قد تكون موجودة

فى المستخلص . لذلك فإن خلط انظمة أنزيمية أخرى مع المنفحة يعنى إضافة أنزيمات محللة للبروتين قد تسبب تحلل أنزيم المنفحة نظراً لأنه بروتين . تفقد المنفحة الحيوانية ١ - ١,٥٪ من قوتها شهرياً ولكن فى الأسابيع الأولى القليلة بعد التحضير يكون الفقد مرتفع ، بعد ذلك يمكن حفظ المنفحة عادة لفترة دون حدوث تغير كبير فى درجة ثباتها .

٢-٢- المنفحة الميكروبية

يستخدم حالياً بدائل للمنفحة تحتوى على أنزيمات مماثلة من الميكروبات والنباتات لأسباب أقتصادية ودينية وثقافية بدرجة واسعة فى صناعة الجبن ويجب أن يتوفر الأعتبارات التالية فى إنتاج بدائل المنفحة :

١. يجب أن إنتاجها من مواد خام متوفرة بكميات كافية لأنتاجها بتكاليف مقبولة أقتصادياً .
٢. أن لا تكون سامة أو لا تحتوى على مواد سامة .
٣. أن تناسب أنواع الجبن المختلفة دون حدوث تغييرات فى طريقة الصناعة .
٤. يجب الا تؤثر بشدة على المحصول وجودة الناتج .
٥. يجب أن تكون مماثلة للمنفحة الحيوانية calf rennet وخاصته فيما يتعلق بالتركيب الكيماوى .
٦. الأستخلاص والصناعة على المستوى الصناعى يجب أن يتم على مستوى ميكروبيولوجى مرتفع .

والجدول (١-٤) يبين المصادر المختلفة لبدائل المواد المجبنة .

جدول ١-٤ : مصادر بدائل المواد المجبنة

النوع	مصدر الأنزيم	النوع	مصدر الأنزيم
نبات	Papaya (papian)	بكتريا	*Bacillus polymyxa*
	Pineapple (bromelain)		*Bacillus subtilis*
حيوان	Calf (chymosin)		*Bacillus mesentericus*
	Ox (pepsin)	فطر	*Mucor miehei*
	Pig (pepsin)		*Mucor pusillus*
	Chicken (pepsin)		*Endothia pasasitica*

وقد وجد أن الأنزيمات من البكتريا والنبات لهما قدرة زائدة على تحلل البروتين مما يجعلها غير مناسبة لصناعة الجبن بالرغم من أنها ما زالت تستخدم فى بعض مناطق من العالم . زيادة الطلب على المنفحة أدى إلى إنتاج منفحة ميكروبية microbial rennet ناتجة

من بعض الفطريات . معظم المنافح الميكروبية المتوفرة فى الأسواق ناتجة من فطر *M.miehei* ، *M.pusillus* وتسوق تحت أسماء تجارية مختلفة مثل Emporase, Marzyme, Hannilase, Rennilase كأمثلة ، فى عام ١٩٧٤ وجد أن حوالى ٦٠٪ من الجبن فى الولايات المتحدة مصنعة بأستخدام المنفحة الميكروبية بينما فى أروبا كانت المنفحة الميكروبية أقل أنتشاراً . وقد ذكر البعض أن أكثر من ثلث الجبن الناتجة فى عام ١٩٨١ فى جميع أنحاء العالم تستخدم المنفحة الميكروبية فى صناعتها . ومن الأمور الهامة التى تم التركيز عليها فى هذا المجال هو بقايا المواد المتجبنة فى الشرش حيث يستخدم هذا الشرش فى تحضير بعض منتجات الألبان وأغذية الأطفال والأغذية الخاصة . بقايا المواد المتجبنة تسبب تحلل للبروتين أثناء تصنيع الشرش مما يؤدى إلى ظهور أطعمة مرغوبة أو حتى فى الأغذية المحتوية على لبن متجبن .

عدة مئات من مزارع البكتريا والفطر تم دراستها من حيث قدرة أنزيماتها على تجبن اللبن وتحليل البروتين وقليل من هذه الأنواع قد تم الأستفادة منها على نطاق تجارى (جدول ٢-٤) .

جدول ٢-٤ : بعض أنواع من المنفحة الميكروبية المتوفرة تجارياً

الأسم التجارى للمنفحة	مصدر الأنزيم
Hannilase	*Mucor miehei*
Rennilase	*Mucor miehei*
Formase	*Mucor miehei*
Miki	*Mucor miehei*
Marzyme	*Mucor miehei*
Novadel	*Mucor pusillus*
Noury	*Mucor pusillus* (Lindt)
Meito	*Mucor pusillus* (Lindt)
Emporase	*Mucor pusillus* (Lindt)
Suparen	*Endothia parasitica*
Sure curd	*Endothia parasitica*
Mikrozyme	*Bacillus subtilis*

ويختلف معدل إضافة هذه المستحضرات إلى اللبن إختلافاً طفيفاً من ١٨,٧٥ - ٢٥ مل لكل ١٠٠ لتر لبن . بعض هذه المستحضرات تكون فى صورة مسحوق أو حبيبات صغيرة وتذاب فى الماء قبل إستخدامها (حيث يذاب ١,٢ جرام Noury / ١٠ لتر ماء لكل ١٠٠ لتر لبن) .

بعض السلالات الميكروبية تنتج منفحة للجبن الطرية التى تستهلك طازجة تسبب طعم مر عندما تستخدم فى الجبن المسواه لذلك فإنه من الضرورى معرفة نشاط مختلف

المستحضرات الميكروبية التى تختلف طبقاً للـpH ونظام الأنزيم . بروتينيز منفحة *M.miehei* تحلل الروابط الببتدية المشتركة فيها الأحماض الأمينية العطرية أى روابط عند فينيل ألانين - فالين ، ليوسين - تيروسين ، فينيل - ألانين أو عند روابط فينيل ألانين - تيروسين . يحلل الأنزيم الكازين بدرجة سريعة فى نطاق pH ٥,٥ إلى ٧,٠ وبالرغم من ذلك فإن إحتمال وجود الطعم المر فى الجبن ضعيف ، تستخدم هذه المنفحة بنجاح فى صناعة عديد من أنواع الجبن . إضافة الملح إلى اللبن ، كما فى صناعة بعض أنواع من الجبن مثل الدمياطى ، يبطء من تجبن اللبن بواسطة هذه المنفحة ولكن إضافة كلوريد الكالسيوم يقلل من وقت التجبن بدرجة ملحوظة . ومع ذلك فإن هذا الأنزيم حساس جداً للحرارة فى نطاق ٣٧ - ٤٥°م ، درجة الحرارة المثلى له ٤٢°م ويتلف عند درجة ٧٠°م . لسوء الحظ فإن بروتينات الشرش يحدث لها دنتره عند هذه الدرجة والتى يجعل من الصعب الأستفادة من الشرش.

الأنزيم نشط فى نطاق pH من ٥,٥ إلى ٧,٥ ويهاجم كل من α-and β- caseins فى هذا النطاق ، وجود الطعم المر فى خثرة الجبن ضعيف . بالرغم من أن منفحة *M.miehei* غالباً ما تستخدام بمفردها إلا أن صانعى الجبن يستخدم خليط من *M.miehei* والببسين بنجاح .

مستخلص *M. pusillus* (Lindt) من أول المنافح الميكروبية التى أستخدمت لكن قدرته على تحلل البروتين أعلا منها فى المنفحة الحيوانية للعجول أو *M.miehei* . قدرة هذا المستخلص على تجبن اللبن ثلاث أضعاف قدرة المنفحة الحيوانية . الزيادة فى تركيز أيونات الكالسيوم فى اللبن يقلل من مدة التجبن لذلك فإن إضافة كلوريد الكالسيوم يعتبر ضرورياً .

الأنزيم من *M.pusillus* يحلل الروابط الببتيدية عند الأحماض الأمينية العطرية ولكن ليس بدرجة تخصص مستخلص *M.miehei* . ينتج الأنزيم ببتيدات كبيرة بينما المنفحة الحيوانية تنتج عدد من الببتيدات الصغيرة لذلك فإن مستخلص *M.pusillus* يستخدم أحياناً مع المنفحة الحيوانية .

يعطى أنزيم *M.pusillus* خثرة ضعيفة نظراً لأرتفاع نشاطه فى تحلل البروتين وتميل الخثرة إلى فقد الدهن فى الشرش .حيث تصل نسبة الدهن فى الشرش الناتج ٠,٤ - ٠,٥٪. ويكون محصول الجبن أقل عن المواد المجبنة الأخرى . يعطى هذا الأنزيم طعم مر فى الجبن المسواه لذلك يفضل إستخدامه فى الجبن التى تسوى لفترات قصيرة . مستخلص *M.pusillus* يكون أفضل نشاطاً عند pH ٥,٥ الذى يكون حامضى جداً لتجبن اللبن

الطبيعي ويستمر نشاطه فى الشرش مما يؤدى إلى عدم الأستفادة من الشرش الناتج .

الأنزيم المستخلص من *Endothia parasitica* عبارة عن بروتينيز حامضى لكن فى بعض المستخلصات قد يوجد عدد من أنزيمات البروتينيز والليبيز إذا لم يتم تنقية المستخلص بكفاءة . هذا الأنزيم أكثر نشاطاً فى تحلل β-caseins, α_{s}- وأقل نشاطاً فى تحلل κ-casein عن المنفحة الحيوانية وبدائل المنفحة الأخرى ، نتيجة لذلك فقد يسبب إنخفاضاً ملحوظاً فى محصول الجبن الناتج بالمقارنة بالمحصول الناتج بالمنفحة الحيوانية مع ظهور مرارة فى طعم الجبن المرتفعة فى الرطوبة ، لذلك قد يلجأ البعض إلى استخدام هذا المستخلص مع المنفحة الحيوانية لتحسين محصول الجبن الناتج . يتلف مستخلص *E.parasitica* عند ٦٠°م لمدة ٥ دقائق ويمكن الأستفادة من الشرش إذا تم معاملته حرارياً (٦٠°م /٥ دقائق) .

وقد أجريت محاولات عديدة للحصول على أنزيمات مجبنة للبن من مصادر بكتيرية حيث أوضحت الدراسات إلى أن *Bacillus cereus* ، *B.polymyxa* ، *B.mesentericus* ، *B.subtilis* ، *B.licheniforms* ، *B.megaterium* قد تكون مصادر يعتمد عليها فى الحصول على الأنزيمات المجبنة . وقد أشار البعض إلى الحصول على جبن مقبولة الجودة باستخدام مواد مجبنة من مصادر بكتيرية ومع ذلك فإن هذه المستحضرات لا تستخدم فى صناعة الجبن على نطاق واسع كما ان هذه المستحضرات غير متوفرة على نطاق تجارى مقارنة ببدائل المنفحة الأخرى .

ومن الأمور الجديرة بالذكر أن نجاح صناعة الجبن يؤكد على توفر أنزيمات مجبنة مناسبة كجزء من المخاليط الخامة crude mixtures المحتوية على أنزيمات أخرى لها قدرة عالية على تحلل للبروتين فقد تمكن Berridge فى عام ١٩٤٢ إنتاج رنين فى صورة بللورات عالية النقاوة وعندما أضيفت الشوائب التى أستخلصت أثناء عملية التنقية للرنين ثانية إلى محلول الرنين أدى ذلك إلى الحصول على جبن يحتوى على الطعم المرغوب مما يدل على أن الأمر يتطلب أكثر من الرنين النقى وأن الشوائب المستخلصة تحتوى على بعض المواد (قد تكون أنزيمات غير معروفة) ضرورية لإنتاج الطعم .

٢-٣ - المنفحة النباتية

عديد من الأنزيمات المستخلصة من النباتات vegetable rennets تم تجربتها فى تجبن اللبن فى صناعة الجبن وكانت المحاولات غير ناجحة . معظم أنزيمات بروتينيز النبات لها قدرة عالية على تحلل البروتين وتسبب تحلل الخثرة بدرجة كبيرة مما يؤدى إلى إنخفاض محصول الجبن وظهور مرارة فى الطعم مع قوام عجينى pasty - body وقد تم التعرف على

قدرة بعض العصارات النباتية على تجبن اللبن منذ فترة طويلة وخاصة عصارات أوراق التين (*Ficus carica*) حيث أستخدمت هذه العصائر فى مناطق زراعة هذه الأشجار . كثير من المستخلصات من مصادر نباتية يجبن اللبن ولكن بعض منها يحلل البروتين بدرجة شاملة مثل البابين papain من نبات الباباظ (*Carica papaya*) والبروملين bromelin من الأناناس (*Ananas saliva*) والريسين ricin من بذور زيت الخروع *Ricinus communis*) كما أن بعض النباتات تعطى عصائر سامة poisonous مثل بذور زيت الخروع ونبات الشوكران hemlock (*Conium maculatum*)

٣- التجبن الأنزيمى للبن

عملية التجبن الأنزيمى للبن enzymic coagulation of milk عملية معقدة تحدث على مرحلتين أحدهما أنزيمية رئيسية primary enzymatic phase والثانية غير أنزيمية ثانوية secondary nonenzymatic phase تنتهى هذه العملية بتجميع جسيمات الكازين casein micelles لتكون بناء جل متماسك (خثرة curd) .

١- المرحلة الأولى (الأنزيمية)

$$\kappa\text{- casein} \xrightarrow{\text{chymosin}} \text{para - }\kappa\text{- casein + GMP}$$

٢- المرحلة الثانية (غير أنزيمية)

$$\text{para }\kappa\text{- casein} \xrightarrow[\text{PH 6.0-6.4}]{Ca^{2+}} \text{dicalcium para }\kappa\text{- casein}$$

تعتمد عملية تجبن اللبن بالمنفحة على أتلاف قدرة الكابا كازين κ-casein على حماية جسيمات الكازين micelles بواسطة الكيموسين حيث يوجد κ-casein على جسيمات الكازين وغالباً مع α_s-caseins ويقوم بحماية الكازينات من التجبن . يقوم الكيموسين بتحلل κ-casein ، وهو بروتين اللبن الوحيد (١٦٩ حامض أمينى) الذى يتحلل خلال هذه المرحلة من التجبن ، إلى شقين متميزين أحدهما غير محب للماء وهو hydrophobic para κ-casein (يحتوى على أحماض أمينية من ١-١٠٥ من السلسلة الببتيدية) وشق محب للماء وهو hydrophilic glycomacropeptide (GMP) (يحتوى على الأحماض الأمينية من ١٠٦ - ١٦٩ من السلسلة الببتيدية) حيث يتم تحلل الرابطة الببتيدية Phe_{106} - Met_{106} لتكوين هذين الشقين مكوناً باراكابا كازين و GMP .

الأنزيمات المجبنة للبن الأخرى تكون أقل تخصصية من الكيموسين تحدث نفس التأثير بصفة عامة. هذا التفاعل يضعف من ثبات الجزيئات الناتجة (باركابا كازين) التى تتجبن فى وجود تركيز حرج من Ca^{2+} عند درجة حرارة ٢٠°م أو أعلا .

تتأثر المرحلة الأنزيمية بنفس العوامل التى تؤثر على جميع التفاعلات الأنزيمية . التباين فى كمية الأنزيم يكون له التأثير الأكبر . يؤثر كل من درجة الحرارة وpH التفاعل الأنزيمى بطريقتين مختلفتين . كلما أرتفعت درجة الحرارة فإن معدل تحلل k-casein يزداد إلى أن ترتفع درجة الحرارة بدرجة كافية لتحدث تغيير (دنترة denaturation) فى طبيعة الأنزيم، عند هذه النقطة فإن معدل التفاعل ينخفض بسرعة ويفقد الأنزيم نشاطه الذى لا يمكن استعادته أى أن التغير فى هذه الحالة غير رجعى irreversible .

يكون لكل أنزيم مجبن للبن درجة pH مثلى عندها يكون الأنزيم فى أفضل درجات نشاطه . أرتفاع أو أنخفاض pH عن هذه الدرجة يخفض من نشاط الأنزيم كما أن الحموضة أو القلوية الزائدة تسبب تغيير فى طبيعة (دنترة) الأنزيم ويكون هذا التغيير رجعى reversible . فى صناعة الجبن فإن إضافة مزارع البادىء يؤدى إلى زيادة الحموضة وخفض pH إلى الدرجة المثلى للأنزيم المجبن للبن.

معامل درجة الحرارة (Q_{10}) temperature coefficient للمرحلة الأولى (الأنزيمية) من التجبن ١,٨ – ٢ وللمرحلة الثانية (غير أنزيمية) ١٢ – ١٦ عند pH ٦,٧ . تتم المرحلة الأولى من التجبن عند درجة حرارة أقل قد تصل إلى الصفر المئوى بينما المرحلة الثانية من التجبن تتم ببطء شديد أو لا تحدث عند درجة حرارة أقل من ١٥°م ، إذا سخن اللبن المبرد المحتوى على المنفحة فإن التجبن يحدث بسرعة كبيرة . لذلك فإن إضافة المنفحة إلى اللبن المبرد ثم تدفئة سريعة للبن هو الأساس فى طريقة التجبن المستمر للبن continuous coagulation of milk .

تحدث المرحلة الثانية من التجبن عند درجة حرارة ٢٠°م أو أعلا فى وجود Ca^{2+} . أنخفاض محتوى جسيمات الكازين من فوسفات الكالسيوم الغروية (CCP) يؤدى إلى عدم حدوث التجبن إلا إذا أرتفع تركيز Ca^{2+} حيث أن التغيير فى التركيب البنائى لجسيمات الكازين نتيجة فقد CPP يضعف من قدرتها على تكوين شبكة جل بروتين (خثرة) . هناك مرحلة ثالثة حيث يستمر تحلل الكازين عند مستوى منخفض خلال عملية التسوية وتساهم فى تكوين صفات وطعم الجبن الناتج .

هناك قليل من أنواع الجبن يكون التجبن فيه حامضياً حيث يتم هذا النوع من التجبن بإضافة حامض أو نتيجة نشاط بكتريا حامض اللاكتيك (بادىء) ويتم ذلك على

درجات حرارة ٢١-٢٢°م كما فى صناعة جبن Cottage والقريش واليوجهورت . عادة تكون الخثرة الحامضية مفككة وغير متماسكة إذا جفت نوعا أو انخفضت نسبة الرطوبة بها حيث يصبح تركيبها حبيبى بدرجة واضحة ، طرية وقدرتها على الأنكماش وطرد الشرش ضعيفة وتحتوى على كمية أقل من الأملاح نظراً لذوبانها بواسطة الحامض وفقدها فى الشرش . كما أن الخثرة تعتبر وسطاً غير ملاءما لنمو معظم الميكروبات حيث يتم التجبن عند pH ٤,٦ .

يتضمن تصنيع بعض أنواع من الجبن تكوين خثرة بفعل الحموضة والمنفحة ويعتبر pH على درجة كبيرة من الأهمية فى سلوك هذه الخثرة ، عند pH أقل من ٥,١٥ فإن صفات الخثرة تكون قريبة جداً لصفات الخثرة الحامضية بينما عند pH أعلا من ٥,١٥ فإن صفات الخثرة تكون مشابه لصفات خثرة المنفحة . ومع ذلك فإنه قد يحدث تعديل فى صفات الخثرة الحامضية فى وجود المنفحة والنشاط المستمر لتحلل البروتين (عند درجات حرارة أعلا من ١٥°م) يعنى أن صلابة الجل النهائية تكون أقل (يرجع إلى الفصل الخامس)

٤- معاملات اللبن والتجبن الأنزيمى

تسخين اللبن قبل إضافة المنفحة يجعل من الصعب تجبن اللبن بالمنفحة وهذه التأثيرات تكون رجعية بصفة أساسية إلا إذا سخن اللبن لدرجة حرارة تسبب حدوث دنترة لـβ-lactoglobulin (حوالى ٧٢°م لبضع دقائق أو ٩٠°م لمدة دقيقة) حيث يتفاعل مع κ-casein عن طريق تكوين روابط

disulphide لذلك يمكن أن يرتبط β-lactoglobulin فقط بشق para-κ-casein مما يجعل κ-casein أقل حساسية لفعل المنفحة وأيضاً يزيد من صعوبة وصول المنفحة إلى مواقع التأثير فى κ-casein .

تسخين اللبن قد يسبب أيضاً تغيير فى توزيع فوسفات الكالسيوم فى جزيئات الكازين والسيرم مما يجعل حتى جزيئات الكازين التى تأثرت بالمنفحة أقل قابلية على التجمع وتكوين الخثرة . يمكن معالجة هذا التأثير بخفض pH اللبن إلى أقل من ٦,٠ ثم أعادة ضبطه إلى ٦,٣ أو أعلا قبل إضافة المنفحة كما يمكن معالجة تأثير التسخين بإضافة كلوريد كالسيوم إلى اللبن .

تبريد اللبن قبل إضافة المنفحة يزيد من مدة التجبن نتيجة إنخفاض معدل التفاعل الأنزيمى فى التجبن . يحدث أيضاً تغيير فى جزيئات الكازين أثناء التبريد مثل تحلل بعض

β-, k-caseins وإذابة بعض فوسفات الكالسيوم المرتبطة بجزيئات الكازين . هذا الأنخفاض يمكن أن يكون عكسياً بدرجة كاملة تقريباً بواسطة البسترة أو حفظ اللبن على درجات حرارة مرتفعة ولكن الأستعادة لا تكون كاملة .

تخزين اللبن تحت درجات التبريد يسمح بحوث تحلل الدهن والبروتين بفعل البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria وأنزيمات اللبن الطبيعية وكذلك الخلايا السومينية somatic cells. تخزين اللبن عند درجة ٤°م أو ٧°م عدة تصل إلى ٤٨ ساعة يسبب أيضاً تحلل الكازينات وخاصة Pi , Ca , β-casein من جسيمات الكازين .هذه العملية قد تكون عكسية بدرجة جزئية بواسطة التبريد لفترة طويلة وتكون عكسية بدرجة كاملة بالمعاملة الحرارية (٦٠°م / ٣٠ دقيقة أو ٧٢°م / دقيقة) . هناك أيضاً تغيير فى توزيع جسيمات الكازين طبقاً لحجمها بعد حفظ اللبن عند ٤°م لمدة ٤٨ ساعة مع أنخفاض فى نسبة الجسيمات الصغيرة .

يتأثر تجبن اللبن بالمنفحة بحجم جسيمات الكازين كما ترتبط صلابة الخثرة بحجم جسيمات الكازين ، زيادة عدد جسيمات الكازين صغيرة الحجم تزيد من صلابة الخثرة الناتجة عند نفس التركيز من الكازين .

المعاملات الحرارية أعلا من البسترة فى نطاق ٩٠°م /١٥ ثانية إلى ١٤٠°م لمدة ٤ ثوان يمكن أستخدامها فى صناعة الجبن . هذه المعاملات قد تسبب دنترة جزئية لمعظم بروتينات الشرش التى تترسب فى صورة تجمعات أو ترتبط بالـk-casein على السطح الخارجى لجسيمات الكازين . كما أن هذه المعاملات الحرارية تقلل من تركيزات الكالسيوم والفوسفور الذائب والذى يمكن إستعادته على الأقل جزئياً بالتخزين تحت ظروف التبريد .

فى اللبن الناتج من مواشى مصابة بمرض ألتهاب الضرع تكون بروتينات الشرش أعلا مع أنخفاض الكازين وأختلال الأتزان الملحى مما يؤدى إلى صعوبة عملية التجبن وتكوين خثرة ضعيفة مرتفعة فى الرطوبة وزيادة فقد الدهن فى الخثرة وأنخفاض محصول الجبن الناتج .

تجنيس اللبن يؤثر على تجبن اللبن بالمنفحة . حيث يلتصق بعد عملية التجنيس ، جزيئات الكازين بسطح حبيبات الدهن ، كما أن بعض جزيئات الكازين قد تتحلل قبل الألتصاق .مما يؤثر على تجبن اللبن بالمنفحة نظراً لأحتمال أرتباط الروابط الحساسة لفعل المنفحة بسطح حبيبات الدهن وبالتالى تتكون الخثرة فى اللبن المجنس بمعدل أبطأ وتكوين خثرة أكثر طراوة وأعلا فى نسبة الرطوبة .

تركيز اللبن بواسطة الترشيح الفائق UF يعتبر عامل هام يؤثر على تجبن اللبن بالمنفحة حيث يقلل من معدل التجبن بالمنفحة نتيجة بطء إنتشار الأنزيم نظراً لزيادة الحجم الذى يشغله جزيئات الكازين فى الألبان المركزة . (يرجع إلى الفصل الثامن) .

obeikandl.com

الفصل الخامس

صنـاعة الجـبن
Cheese making

١- مقدمة

يتعرض اللبن فى صناعة الجبن لمعاملات مختلفة تهدف إلى إنتاج جبن مرتفع الجودة من خلال تحسين الصفات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية للبن الجبن . يعتبر محصول وجودة الجبن الناتج على جانب كبير من الأهمية فى صناعة الجبن والذى يتوقف على تركيب اللبن وخاصة محتواه من الدهن والكازين وكفاءة عملية تحويل اللبن إلى جبن . يتأثر القوام والتركيب البنائى للجبن الناتج بتركيب اللبن والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى تمت فى صناعة الجبن . تعديل الصفات الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية للبن الجبن يساعد على تحسين كفاءة العمليات التصنعية المتبعة فى إنتاج الجبن لضمان إنتاج أنواع من الجبن تتميز بصفات خاصة بهذا النوع من الجبن مع صفات جودة مرتفعة .

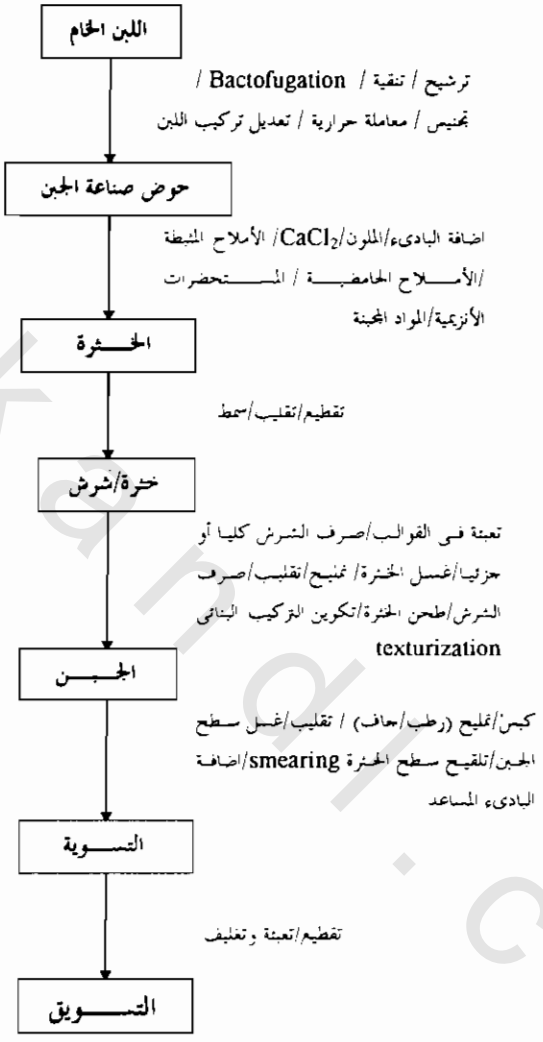
الشكل (١-٥) يبين خطوات صناعة الجبن بصفة عامة والمعاملات التكنولوجية المختلفة التى يتعرض لها كل من اللبن والخثرة خلال عملية الإنتاج والتى تؤدى فى النهاية إلى ناتج ذات صفات جودة كيماوية وميكروبيولوجية وحسية جيدة تساعد على قابليته للأستهلاك مع حماية المستهلك من أى مخاطر صحية .

٢- اعداد اللبن فى صناعة الجبن

٢-١- استلام وتخزين اللبن

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

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



شكل ١-٥ : خطوات صناعة الجبن

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

obeikandi.com

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 ، وفى 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 بأستخدام الطرق التقليدية لذلك يجب أن يزود بنظام التنظيف المكانى in-place cleaning system (CIP) . يجب تنظيف الخزانات بعد كل تفريغه وقبل اعادة ملئه باللبن حتى لا يحدث تلوث للدفعة الثانية من لبن الدفعة السابق تفريغها من الخزان . ويجب شطف الخزانات بالماء بدرجة كافية لأزالة بقايا اللبن ثم ينظف بأستخدام 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 درجة ٥°م . حفظ اللبن عند درجات أعلا من ذلك يؤدى إلى زيادة اعداد 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 (١-٥) .

يجب أن تكون المقلبات قادرة على تقليب كمية اللبن كلها من أعلا 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 بأستخدام تيار هواء بارد فى بعض المصانع ، هذه الطريقة قد تحدث بعض الأكسدة للدهن وتسبب أرتفاع فى درجة الحرارة إذا كان الهواء دافئاً .

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

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

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

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

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

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 وخثرة أضعف ومحصول 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 أستعادته جزئياً على الأقل وذلك بحفظ اللبن عند درجة ٦٠ - ٦٥°م الذى يؤدى إلى تقليل وقت التجبن وتحسين صفات الخثرة .

٢-١-١- تأثير البكتريا المقاومة للبرودة 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 المقاومة للبرودة 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 المقاومة للبرودة يقضى عليها بالبسترة ولكنها تفرز أنزيمات خارج الخلايا تكون مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وقادرة على مقاومة البسترة (HTST) . أهم هذه الأنزيمات بالنسبة لصناعة الجبن هى أنزيمات البروتينيز والليبيز التى تؤدى إلى تحلل كل من البروتين والدهن على التوالى .

ومن المعتقد أن أنزيمات البروتينيز المقاومة للحرارة تكون مسئولة عن أنخفاض محصول الجبن نتيجة تحلل البروتين مما يسبب فقد مواد نيتروجينية فى الشرش . فى صناعة الجبن الطرية وجد أن أعداد البكتريا المقاومة للبرودة 10^6 cfu/مل من اللبن تكون مسئولة عن أنخفاض محصول الجبن بحوالى ٥٪ نتيجة تحلل البروتين . فى صناعة جبن Cottage يكون الفقد فى المحصول محسوساً فقط عندما يصل العدد الكلى للبكتريا إلى 10^6 cfu / مل ويكون مرتبطاً بزيادة NPN الناتجة من تحلل البروتين . عندما تصل أعداد البكتريا إلى 10^8 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 المقاومة للبرودة فى اللبن تسبب أيضاً أنخفاضاً كبيراً فى محصول جبن التشدر . ومع ذلك فإن أعداد البكتريا المقاومة للبرودة الموجودة فى اللبن الخام المخزن تحت الظروف العملية من غير المحتمل أن تسبب فقداً كبيراً فى المحصول . وقد وجد أن محصول جبن التشدر لا يتأثر بنمو البكتريا المقاومة للبرودة عند مستوى 10^6 cfu /مل ولكن أعداد أكبر تصل إلى 10^7 cfu /مل يسبب انخفاضاً فى محصول الجبن .

لتقليل نمو البكتريا المقاومة للبرودة أثناء تخزين اللبن لصناعة الجبن فإنه يمكن تعريض اللبن لمعاملة حرارية أو تخزينه عند درجة حرارة أقل من ٦°م . جبن التشدر المصنوعة من اللبن خزن عند ٢°م لمدة ٤ أيام يحتوى على صفات طعم أفضل من الجبن المصنع من لبن خزن عند ٦°م والتخزين عند درجات حرارة أقل لا يسبب أنخفاضاً فى محصول الجبن .

أنزيمات الليبيز الناتجة من البكتريا المقاومة للبرودة 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 والذى يؤدى إلى أنخفاض فى محصول الجبن ولكن وجد أن

تعريض اللبن لمعاملة حرارية قبل صناعة الجبن يمكن أن يقلل من هذا التأثير .

عموماً فإن أنخفاض محصول الجبن نتيجة أطالة فترة التخزين المبرد للبن يمكن تجنبه بمعاملة اللبن حرارياً thermization قبل التبريد والتخزين . التسخين إلى ٧٤°م لمدة ١٠ ثوان يؤدى إلى زيادة فى محصول الجبن بحوالى ٥٪ بعد تخزين اللبن على درجة ٣°م لمدة ٧ أيام . تسخين اللبن لدرجة ٦٥°م لمدة ١٥ ثانية قبل التخزين يحافظ على مستوى البكتريا المقاومة للبرودة عند مستويات مقبولة لمدة ٣ أيام متتالية . تخزين اللبن لفترات أطول أو تعريض اللبن لمعاملات حرارية أقل يؤدى إلى فقد فى المحصول والجودة . وجد أن محصول جبن الأيدام واللامبرجر قد أرتفع بحوالى ١,٥ - ٢٪ بالتسخين لدرجة ٧٣°م لمدة ٣٠ ثانية والتبريد إلى حوالى ٨ - ١٠°م ثم أعادة التسخين لدرجة 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 المقاومة للبرودة عند مستوى أقل من المستويات التى تسبب مشاكل فى صناعة الجبن ، خاصة إذا كان درجة حرارة التخزين عند ٦ - ٧°م بدلاً من ٢°م .كما يحتمل أيضاً أن المعاملة الحرارية الأكثر أرتفاعاً قد تؤدى 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 الأنتاج ، العليقة ....) لذلك يجب أن يمرر اللبن خلال مرشحات لإزالة هذه الأوساخ والشوائب المرئية . تتميز عملية الترشيح filtration بالسهولة والبساطة وقلة التكاليف وعادة يستخدم قطن أو قماش ترشيح ضيق الثقوب مناسباً لإزالة الشوائب والأوساخ المرئية ولكنها لا تزيل كرات الدم البيضاء التى قد تكون موجودة فى اللبن طبيعياً وقد تجرى عملية ترشيح اللبن على البارد أو الساخن . ويفضل كثير من المعامل عملية ترشيح اللبن على البارد حيث لا يلزم عملية تسخين لرفع درجة حرارة اللبن قبل الترشيح مما يؤدى إلى تقليل التكاليف كما أن كثير من الشوائب والمواد الغريبة توجد على غير ذائبة على درجة حرارة منخفضة وبذلك يسهل فصلها بالترشيح . قد تلجأ المصانع إلى تدفئة اللبن قبل عملية الترشيح إذا كانت نسبة الدهن فى اللبن ٤٪ أو أعلا لزيادة سرعة أنسياب اللبن خلال المرشحات .

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

٢-٣- التنـــقية

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

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

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

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

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

عند سرعة عالية (٢٠,٠٠٠ لفة فى الدقيقة) يؤدى 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 .

جدول ٢-٥ : متوسط تركيب وحل المنقى

	(٪)	(٪) في المادة الجافة
الرطوبة	٧٣,٢	
اللبيدات	٣,٣	١٣,٦ - ٢,٤
البروتين	١٧,٨	٦٦,٠ - ٥٢,٠
مواد صلبة عضوية	٢,٦	
الرماد	٣,٠	١٣,٦ - ٩,٧

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 أقتصادية من حيث الإنشاء والتشغيل لذلك فإن كثير من المصانع لا يلجأ إلى التنقية إلا فى حالات الضرورة .

تؤدى عملية التنقية إلى تفتيت كتل البكتريا bacterial clumps فى اللبن مما يؤدى إلى أرتفاع 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 افضل 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 للبن فى صناعة الجبن . ومع ذلك فقد تم تطوير فكرة المنقى إلى ما يعرف " Bactofuge " الذى يعمل على إزالة البكتريا بأستخدام قوة الطرد المركزى وتعرف هذه العملية بالـ "Bactofugation " .

الهدف من هذه العملية هو التخلص من البكتريا والجراثيم الموجودة فى اللبن وقد أستخدمت هذه العملية بنجاح فى صناعة الجبن . الجدول (٣-٥) 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 أستخدام هذه العملية فى التخلص من جراثيم *C.tyrobutyricum* . هذه العملية تؤدى إلى خفض أعداد الجراثيم بدرجة كبيرة حيث يمكن أن تصل أعدادها إلى حوالى ٣٪ من العدد الأصلى . راسب bactofuge والذى يعرف بالـ bactofugate يحتوى على الجراثيم وكذلك الكازين (٢,٥٪ من بروتين اللبن) الذى يؤدى إلى خفض فى محصول الجبن يصل إلى ٦٪ . لذلك فإن هذا الراسب يتم تعقيمه أو تعريضه لمعاملة حرارية تعادل UHT للقضاء على الجراثيم ثم يضاف مرة أخرى إلى اللبن دون أن يؤثر على جودة الجبن ، الدنترة المصاحبة لبروتينات السيرم تكون بدرجة بسيطة مقبولة لا تؤثر على صفات الجبن الناتج .

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

	٪ للأنخفاض	
	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 بأستخدام 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 وتعتبر هذه العملية ضرورية وناجحة فى صناعة الجبن واللبن المعقم إلا أنها عملية مكلفة .

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 وأنما 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 لأتلاف أنزيم 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 وعادة تجرى عملية التجنس على درجة 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 وأكساب 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 .

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

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

	الضغط المستخدم فى التجنيس		
	غير مجنس	٢٥٠٠ رطل/بوصة^2	٤٥٠٠ رطل/بوصة^2
عدد حبيبات الدهن المقاسة	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠
متوسط حجم حبيبات الدهن بالميكرون	٣,٨٨	١,٥٦	٠,٩٧
تركيب الجبن	خشن	ناعم	ناعم جداً
٪ الدهن المفقود فى الشرش	٠,٩٨	٠,٠٨	٠,٠٥

هذا بالإضافة إلى أن التجنيس يؤدى إلى خفض قوة تماسك الخثرة curd tension نتيجة زيادة عدد حبيبات الدهن التى تمثل نقط ضعيفة فى الخثرة وكذلك إلى زيادة أدمصاص الكازين على سطح حبيبات الدهن بعد التجنيس مع أرتفاع قدرة الخثرة على الأحتفاظ بالرطوبة .

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

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

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

أ - خفض فقد الدهن فى الشرش وبالتالى زيادة محصول الجبن .

ب - سرعة ظهور صفات الطعم المميز فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese الذى يعتمد على تحلل الدهن .

جـ - تحسين صفات تركيب texture الجبن الطرية ، جبن القشدة ، الجبن المعرقة بالفطر بإنتاج خثرة أكثر نعومة وأكثر ثباتاً .

د - أنتاج جبن ذات لون أكثر بياضاً من اللبن البقرى مماثل فى مظهرها للجبن الناتج من لبن الغنم أو الماعز .

٢-٥- معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز

بالرغم من أن استخدام فوق أكسيد الأيدروجين والكتاليز H_2O_2-catalase treatment فى معاملة اللبن مسموح به فى صناعة الجبن فإنه نادراً ما تستخدم على نطاق تجارى . ويمكن أستخدامه كبديل للبسترة خاصة فى المناطق التى لا يتوفر فيها وسائل التسخين والتبريد ويتميز H_2O_2 بأنه غير شديد السمية بالإضافة إلى رخص ثمنه وسرعة التخلص منه بأستخدام أنزيم الكتاليز الذى يحلله إلى ماء وأكسجين وعادة يضاف إلى اللبن بنسبة ٠,٠٥ إلى ٠,٠٨٪ ويترك لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة على درجة حرارة ٣٠°م للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة ثم يضاف بعد ذلك كمية كافية من الكتاليز لاتلاف المتبقى منه فى اللبن .

بالرغم من أن أستخدام 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 حمض اللاكتيك ولا

يؤدى إلى أتلاف أنزيمات 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 مطابق للمواصفات التى تسمح بأستخدامه فى الأغذية ، يجب أن لايزيد 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 ، ويجب ألا تقل فوتة 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 درجة ٥٢°م ثم يضاف H_2O_2 بالتركيز المطلوب (لا يزيد عن ٠,٠٥٪ من وزن اللبن) ثم يبرد اللبن إلى درجة حرارة التنفيح (أضافة المنفحة) ٣٠-٣٥°م ويضاف إليه أنزيم الكتاليز بمعدل ١٠مل لكل كجم من ٣٥٪ H_2O_2 تم أضافته . يختبر اللبن بعد ١٠ دقائق لوجود أى بقايا من H_2O_2 وذلك بإضافة ٣ نقاط من محلول طازج من يوديد البوتاسيوم (٢٥٪) إلى ١٠مل لبن معامل ، ظهور لون أصفر يدل على وجود H_2O_2 . يجرى هذا الأختبار كل ٥ دقائق من أضافة أنزيم الكتاليز حتى يتأكد من أختفاء H_2O_2 من اللبن . وجود بقايا من أنزيم الكتاليز لا يسبب مشاكل فى صناعة الجبن ولا يسبب عيوباً فى الناتج النهائى . استخدام H_2O_2 بكميات زائدة يؤدى إلى إنتاج جبن مرتفع الرطوبة يحتوى على طعم مر bitter .

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

وفى صناعة الجبن التشدر وجد أن معاملة اللبن بفوق أكسيد الأيدروجين قد ساعد الجبن على الأحتفاظ بنسبة أعلا من الرطوبة مما أدى إلى زيادة التصافى وأنخفاض فترة التسوية مع ظهور بعض العيوب فى الجبن الناتج كأرتفاع الحموضة وظهور الطعم المر مع قوام ضعيف .وقد أستخدم H_2O_2 والكتاليز فى معاملة لبن جاموسى يحتوى على ٤٪ من لأنتاج جبن دمياطى حيث تم إضافة ٠,٠٢٪ H_2O_2 لمدة ٦٠ ثانية أو ٠,٠٥٪ H_2O_2 لمدة

٣٠ ثانية على درجة ٣٧-٥٢°م ثم أضيف أنزيم 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 وأرتفاع الرطوبة وكذلك محصول الجبن .

٢-٦- تعديل تركيب اللبن

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

أ - تقليل أو التخلص من الأختلافات 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 الأستفادة من جوامد اللبن فى صناعة الجبن .

د - إكساب الجبن صفات تركيب معينة مرغوبة .

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

٢-٦-١- محصول الجبن

يتوقف محصول الجبن الناتج من كمية معينة من اللبن على محتواه من الدهن والكازين. ينخفض محصول الجبن بأنخفاض نسبة الدهن وقد يرجع ذلك إلى انخفاض نسبة البروتين بالنسبة للدهن . تقل قدرة الجبن على الأحتفاظ 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 الأحتفاظ بالرطوبة

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

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

حيث أن :

د = كمية الدهن (كجم/١٠٠كجم لبن)

ك = كمية الكازين (كجم /١٠٠ كجم لبن)

م = كمية الماء (كجم/١٠٠كجم جبن)

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

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

٢-٦-٢- طرق تعديل تركيب اللبن

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

والأقصى المنصوص عليهما لضمان جودة الجبن الناتج ومطابقته للمواصفات . قد يجرى تعديل تركيب اللبن فى صناعة الجبن فى بعض الدول بالنسبة للدهن كضرورة أقتصادية وأيضاً لأهداف صحية فى بعض الحالات أو تجرى لإنتاج جبن مطابق للمواصفات فى الدول التى يوجد بها مواصفات لهذه الجبن من حيث نسبة الدهن وتهدف 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 أن التركيب المثالى للبن المستخدم فى صناعة جبن التشدر هو أن يحتوى على ٣٪ دهن ، ٢,١٪ كازين . وللوصول 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 :

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 من اللبن ثم إضافة اللبن الفرز الناتج إلى باقى 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 .

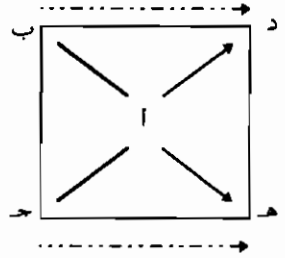
٢. فى حالة لبن منخفض فى نسبة الدهن . يمكن تعديله بإحدى الطرق التالية :

أ. إضافة قشدة .

ب. إضافة لبن مرتفع فى الدهن .

جـ. فرز جزء من اللبن وإضافة القشدة الناتجة إلى باقى اللبن المنخفض فى الدهن.

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



حيث أن :

أ = نسبة الدهن المطلوبة فى اللبن الناتج .

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

حـ = نسبة الدهن فى اللبن الفرز المستعمل فى تعديل تركيب اللبن .

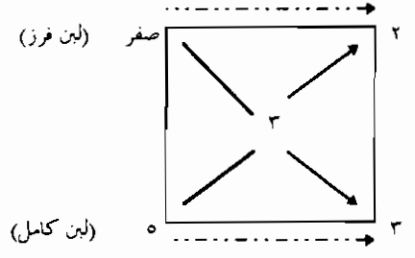
د = عدد أجزاء القشدة (بالوزن) الواجب خلطها باللبن الفرز = أ-حـ

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

ويخلط د+هـ لينتج كمية اللبن التى تحتوى على نسبة الدهن المرغوبة .

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

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



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

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

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

البرهان :

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

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

∴ نسبة الدهن فى اللبن بعد الخلط = $\frac{١٥}{٥٠٠} \times ١٠٠ = ٣٪$

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

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

مثال : ١٠٠٠ كجم لبن به ٤,٥٪ دهن ، ٢,٧٪ كازين . مطلوب تعديل نسبة الكازين إلى الدهن إلى٠,٧ بأستخدام لبن فرز به ٢,٨٣٪ كازين .

عند تطبيق المعادلة السابقة نجد أن

$$٠,٧ = \frac{\frac{٢,٧}{١٠٠} \times ١٠٠٠ + \frac{٢,٨٣}{١٠٠} \times \text{س}}{\frac{٤,٥}{١٠٠} \times ١٠٠٠} \quad \text{(حيث أن س = كمية اللبن الفرز)}$$

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

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

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

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

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

∴ كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها إلى اللبن لتعديل نسبة الكازين/الدهن إلى ٠,٧ = ١٥٩ كجم

ويمكن إجراء هذه الحسابات بطريقة أخرى أكثر تبسيطاً

$$\text{نسبة الكازين/الدهن فى اللبن المعدل} = \frac{\text{كمية الكازين فى اللبن}}{\text{كمية الدهن فى اللبن}}$$

$$\frac{٠,٧}{١} = \frac{\text{س}}{\frac{١٠٠٠ \times ٤٥}{١٠٠}} = \frac{\text{س}}{٤٥٠}$$

∴ س (كمية الكازين) = ٤٥٠ X ٠,٧ = ٣١,٥ كجم

اللبن الفرز المستخدم فى تعديل تركيب اللبن يحتوى على ٢,٨٣٪ :

∴ كل ١٠٠ كجم لبن فرز يحتوى على ٢,٨٣ كجم كازين

∴ س لبن فرز يحتوى على ٣١,٥ كجم كازين

∴ س (كمية اللبن الفرز الواجب إضافتها) = $\frac{١٠٠ \times ٣١,٥}{٢,٨٣}$ = ١٥٩ كجم

تعديل نسبة الدهن إلى البروتين فى اللبن لصناعة الجبن يمكن حسابها إذا كانت نسبة الكازين فى اللبن معروفة . نسبة الكازين إلى الدهن فى لبن جبن التشدر هى ٠,٧ : ١ لذلك فإذا كانت نسبة الكازين ٢,١٪ فى اللبن فإن نسبة الدهن اللازمة هى $\frac{٠,٧}{٢,١}$ = ٠,٣٪ دهن . يمكن حساب كميات اللبن بأستخدام طريقة مربع بيرسون .

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

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

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

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

٢-٧- المعاملة الحرارية

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

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

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

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

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

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

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

يفضل بعض صانعى الجبن استخدام درجات حرارة منخفضة فى المعاملة الحرارية للبن بدون أو مع فترة حجز وذلك للمحافظة على أنزيم الليبيز فى اللبن نظراً لأهميته فى عملية التسوية وتكوين الطعم فى الجبن الناتج ولكن بعض البكتريا الضارة (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 ولكن 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 بأستخدام طريقة HTST والتى تهدف إلى :

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

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

جـ. أتلاف أنزيمات اللبن . قد يكون ذلك مفيداً فقط فى حالة ليبيز اللبن الطبيعى بالرغم من أن درجة الأستفادة من هذا الأنزيم متباينة . عدة أنزيمات من البروتينيز والليبيز التى تنتجها البكتريا المقاومة للبرودة 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 وأتزان 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 أعلا من البسترة أو المعاملات المماثلة التى تؤدى إلى أتلاف أنزيم الفوسفاتيز القلوى ، من أهمها :

أ. دنترة denaturation بروتينات الشرش يؤدى إلى بطء التجبن بالمنفحة وتكوين خثرة ضعيفة قدرتها على الأنكماش 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 أحتجازها بالخثرة وبالتالى زيادة محصول الجبن .

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

تسخين اللبن thermization أى المعاملة الحرارية عند درجة ٦٣-٦٥°م لمدة ١٥-٢٠ ثانية لا تؤدى إلى القضاء على البكتريا المرضية ولكن تستخدم لتحسين قوة حفظ اللبن قبل تصنيع الجبن . تعريض اللبن لمعاملة حرارية ، ثم بسترته بعد التخزين على درجات حرارة منخفضة قبل أستخدامه فى صناعة الجبن ، يؤدى إلى تحسين محصول وجودة جبن التشدر الناتج من لبن خزن لمدة تختلف من ٣ إلى ٧ أيام عند ٦°م .

المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة أعلا من المستخدمة فى البسترة يؤدى إلى حدوث تغيرات فى الصفات الطبيعية - الكيماوية للبن والتى تؤثر على قابلية اللبن للتجبن وتكوين الخثرة فى صناعة الجبن . معاملة اللبن حرارياً عند درجات حرارة أعلا من ٨٠°م تؤدى إلى دنترة بروتينات الشرش وكذلك تفاعل بين κ-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 . بالأضافة إلى ذلك فإن المعاملة الحرارية للبن عند درجات حرارة مرتفعة يؤدى إلى تغيير فى مكونات الأملاح المعدنية فى اللبن ، أساساً الكالسيوم اللازم فى المرحلة الثانوية لتكوين الخثرة أى تجميع جسيمات الكازين المعاملة بالمنفحة . هذه التغيرات فى بروتينات اللبن والأملاح المعدنية نتيجة التسخين يمنع من استخدام درجات الحرارة المرتفعة فى معاملة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن بالطرق التقليدية . ومع ذلك فإن تعديل طريقة الصناعة قد يحسن من محصول

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

يمكن الكشف عن كفاءة عملية البسترة للبن المستخدم فى صناعة الجبن بأجراء أختبار الفوسفاتيز على اللبن المستخدم فى صناعة الجبن أو على الشرش . كما يمكن أجراء أختبار للكشف على بقايا أنزيم الفوسفاتيز فى الجبن عند أى مرحلة خلال التسوية لكن ظروف الأختبار 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 . وقد يرجع ذلك إلى أتلاف ليبيز اللبن الطبيعى lipoprotein lipase أو إلى القضاء على البكتريا التى تساهم فى أكساب جبن اللبن الخام بعض من الطعم المرغوب فى هذه الجبن والذى يكون عادة أكثر تبايناً عن طعم الجبن المصنوع من لبن مبستر ، لذلك فإن معاملة حرارية أقل من البسترة قد تساعد على تحسين طعم الجبن . إذا كانت الجودة الميكروبيولوجية للبن جيدة فإنه يمكن تصنيع الجبن من اللبن الخام أو من خليط من اللبن الخام والمبستر . وقديماً 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 لأنزيمات اللبن . يستخدم bactofugation كوسيلة لتحسين جودة اللبن الميكروبيولوجية حيث تستخدم بنجاح فى صناعة الجبن من اللبن الخام . يتم فى هذه الطريقة إزالة جراثيم *C.tyrobutyricum* حيث تؤدى هذه الطريقة إلى خفض الجراثيم فى اللبن بدرجة كبيرة ، فقد وجد أن عدد الجراثيم فى اللبن تصل إلى حوالى ٣٪ من الأعداد فى اللبن. الراسب أو الوحل (bactofugate) الناتج من هذه العملية يحتوى على الجراثيم بالأضافة إلى الكازين لذلك يعتقد أن تعريض اللبن لهذه المعاملة يسبب أنخفاضاً كبيراً فى محصول الجبن قد يصل إلى ٦٪ . لذلك يلجأ البعض إلى تعقيم الراسب بأستخدام طريقة UHT للقضاء على الجراثيم ثم يعاد إضافته إلى اللبن وبذلك يمكن تجنب الفقد فى البروتين الذى يحدث عند أستخدام هذه الطريقة فى معاملة اللبن . استخدام bactofugation مرتين يزيد من كفاءتها فى إزالة الجراثيم ولكن

تكون عملية مرتفعة التكاليف .

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

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

٣- إضافة البادىء

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

أ. التخلص من المشاكل المرتبطة بمزارع البادئات مثل فشل البادىء نتيجة الأصابة بالفاج أو وجود مضادات حيوية فى اللبن .

ب. تقليل الفترة اللازمة لإنتاج الجبن بدرجة كبيرة .

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

يوجد عدد من براءة الأختراع مسجل عن أستخدام أحماض مسموح بإضافتها إلى الأغذية food grade أو مواد منتجة للحموضة acidogens بدلاً من مزارع بكتريا البادئات فى صناعة جبن Cottage . تتضمن هذه الطريقة أضافة خليط من حامضى اللاكتيك والفوسفوريك إلى لبن بارد (٢-١٢°م) لخفض pH إلى حوالى ٥,٢ . يضاف بعد ذلك glucono-δ-lactone (GDL) الذى يتحلل ببطء إلى حامض جلوكونيك مما يؤدى إلى خفض تدريجى 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 حمض اللاكتيك . هذه الطريقة تودى إلى أختصار 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 البادىء إلى pH ٥,٥ قبل التحميض المباشر يحسن من تركيب وقوام الناتج النهائى بدرجة كبيرة . كما توجد براءة أختراع أخرى عن صناعة هذا الجبن بأستخدام البادىء مع التحميض المباشر .

فى صناعة بعض أنواع من الجبن النصف طرية مثل الجبن الأبيض Queso blanco فى امريكا الوسطى والجنوبية والذى يستهلك طازجاً حيث يتم خفض pH اللبن إلى ٥,٢ - ٥,٣ بإضافة حمض الخليك الثلجى وحمض الستريك إلى اللبن . كما وجد أن أستخدام التحميض المباشر فى صناعة الجبن المعرقة بالفطر (مثل حمض اللاكتيك ، الستريك ، الفوسفوريك أو HCl) قد أدى إلى خفض الفترة اللازمة للتصنيع وكذلك كمية المنفحة اللازمة بمقدار ٥٠٪ وكمية البادىء بمقدار ٧٥٪ بالمقارنة بالطرق التقليدية كما تم استخدام طريقة التحميض المباشر فى صناعة الجبن الدمياطى والراس بنجاح وقد وجد أن التحميض المباشر (حمض اللاكتيك أو الستريك) أدى إلى إنتاج خثرة أكثر نعومة وأعلا 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 الضرورى إضافة مزرعة بادىء من بكتريا حمض اللاكتيك المنتقاه إلى لبن الجبن ليقوم بأنتاج الحموضة بالمعدل المطلوب وبصورة منتظمة وتؤثر الحموضة على عدة نواحى فى صناعة الجبن من أهمها :

١. نشاط الأنزيمات المجبنة خلال عملية التجبن .
٢. تغيير طبيعة وأحتجاز الأنزيمات المجبنة فى الخثرة أثناء التصنيع وبالتالى مستوى بقايا الأنزيمات المجبنة فى الخثرة وهذا يؤثر على معدل تحلل البروتين أثناء التسوية مما يؤثر على جودة الجبن الناتج .
٣. صلابة الخثرة والتى تؤثر على محصول الجبن .
٤. معدل طرد الشرش syneresis والذى يحدد نسبة الرطوبة فى الجبن وبالتالى ينظم نمو البكتريا ونشاط الأنزيمات فى الجبن مما يؤثر بدرجة كبيرة على معدل وطريقة التسوية وجودة الجبن الناتج .
٥. معدل أنخفاض 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 والتى لا تنتمى للبادىء وخاصة المرضية والمسببة للتسمم الغذائى والمنتجة للغازات . بالإضافة إلى إنتاج الحموضة فإن كثير من بكتريا حمض اللاكتيك تنتج مواد مضادة مثل البكتريوسينات تمنع أو تثبط أيضاً من نمو البكتريا التى لا تنتمى للبادىء .

يستخدم بصفة أساسية فى صناعة الجبن نوعان من البادئات (جدول٥-٥) :

أ. بادئات محبة للحرارة المعتدلة mesophilic درجة الحرارة المثلى لها أقل من ٣٠°م .

ب. بادئات محبة للحرارة المرتفعة thermophilic درجة الحرارة المثلى لها ٣٧ - ٤٥°م .

يتوقف أختيار البادىء على نوع الجبن المراد إنتاجه . تستخدم البادئات المحبة للحرارة المعتدلة فى صناعة جبن 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 والأيطالية التى تسمط على درجة ٥٣ - ٥٦°م.

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

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

	الأسم الجديد	الأسم القديم
	البادئات المحبة للحرارة المعتدلة (١) mesophilic lactic starters	
١-	*L.lactis* subsp. *lactis*	*S.lactis* subsp. *lactis*
٢-	*L.lactis* subsp. *cremoris*	*S.lactis* subsp. *cremoris*
٣-	*L.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis*	*S.lactis* biovar *diacetylactis*
٤-	*Leuc. mesenteroides* subsp. *cremoris*	*Leuc. cremoris*
	البادئات المحبة للحرارة المرتفعة (٢) thermophilic lactic starters	
٥-	*Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus*	*Lb. bulgaricus*
٦-	*Lb.delbrueckii* subsp. *lactis*	*Lb. lactis*
٧-	*Lb. helveticus*	*Lb. helveticus*
٨-	*S.salivarius* subsp. *thermophilus*	*S. thermophilus*

(١) درجة الحرارة المثلى ٢١-٢٦°م (٢) درجة الحرارة المثلى ٣٧-٤٥°م

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

١- مزارع البادىء السائل Liquid starter cultures

٢- مزارع البادىء المجفف Dried starter cultures

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

ب. مركزة (مجفدة freeze-dried) .

٣- مزارع البادىء المجمدة Frozen starter cultures

أ. غير مركزة (بجمدة عند -١٨ إلى -٢٠°م)
ب.مركزة (بجمدة عند -٤٠ إلى -١٩٦°م)

مزارع البادئات (١) ، (٢-أ) و (٣-أ) تستخدم عادة لإنتاج بادىء الإضافة بالطريقة التقليدية (شكل٧-٣- نظام ١ - الفصل الثالث) . مزارع (٢ب) و (٣ب) تضاف مباشرة إلى حوض بادىء الإضافة (شكل ٧-٣- نظام ٢ - الفصل الثالث) ، أو يضاف مباشرة إلى اللبن فى حوض الصناعة .

جدول ٦-٥ : ميكروبات البادئات المساعدة فى الجبن

الميكروب	الوظيفة
Penicillium roqueforti	إنتاج مركبات الطعم فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese
Penicillium caseiocolum	الجبن المسواه سطحياً بالفطر مثل الكممبير والبراى لأكساب
Penicillium camemberti	الجبن صفات الطعم والقوام والتركيب المميزة لها
Brevibacterium linens	الجبن المسواه سطحياً بالبكتريا مثل البريك والامبرجر لإنتاج
Brevibacterium erythrogenes	اللون والطعم
Micrococcus varians	لإنتاج الطعم فى بعض أنواع من الجبن الجافة
Propionibacterium freudenreichii subsp. *shermanii*	الجبن السويسرية لإنتاج الطعم والعيون
Entrobacterium durans	جبن التشدر لإنتاج الطعم
Entrobacterium faecalis DK	

بالإضافة إلى بادئات بكتريا حمض 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 أحداث تغيير معين مرغوب فى الجبن أثناء التسوية حتى يمكن الحصول على الناتج النهائى بالصفات والجودة المميزة له . هذه البادئات قد تضاف إلى اللبن مع البادىء الأساسى (بادئات بكتريا حمض اللاكتيك) أو تضاف إلى الخثرة . الجدول (٦-٥) يبين ميكروبات البادئات المساعدة التىتستخدم فى صناعة بعض أنواع من الجبن .

٤- إضافة الملون

يضاف الملون سواء الأناتو أو β-carotene إلى اللبن فى صناعة الجبن للحصول على

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

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

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

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

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

وعادة يضاف الملون إلى لبن الجبن مع البادىء أو قبل إضافة المنفحة بحوالى ١٥ دقيقة. وقد أشار البعض إلى أن الملون يجب إضافته إلى اللبن قبل إضافة البادىء وقبل إضافة $CaCl_2$ حتى لا يترسب المادة الملونة للملون ويعطى 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 . وعادة يخفف الملون بنسبة ١ : ٥ بالماء لضمان توزيعه توزيعاً متجانساً خلال كمية اللبن فى حوض الصناعة وبالتالى تجانس لون اللبن والجبن الناتج . ويجب استخدام هذه الملونات بحذر وغالباً ما يستبعد إضافة ملونات إلى لبن الجبن .

٥- إضافة كلوريد الكالسيوم والأملاح المثبطة

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

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

إضافة $CaCl_2$ بكميات أقل من المطلوب (٠,٠٢٪) يؤدى إلى إنتاج خثرة ضعيفة يصعب تقطيعها مما يؤدى إلى زيادة الفاقد من الخثرة فى الشرش بينما إضافة$CaCl_2$ بكميات زائدة تؤدى إلى إنتاج خثرة زائدة الصلابة بالإضافة إلى ظهور طعم مر فى الجبن الناتج .

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

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

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

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

يضاف الملح NaCl بمعدل ٨ - ١٥٪ إلى اللبن مباشرة قبل إضافة المنفحة مما يؤدى إلى زيادة كمية المنفحة المضافة وكذلك طول مدة التجبن بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى . إضافة NaCl إلى اللبن يؤدى إلى ذوبان جزء من الكالسيوم الغروى . تزداد كمية الكالسيوم الذائبة بزيادة كمية NaCl المضافة حتى ٤جم/١٠٠مل ، تركيزات NaCl أعلا من ذلك لا تؤدى إلى تغيرات ملموسة . يمكن إذابة حوالى ٢٣ - ٢٥٪ من الكالسيوم الغروى فى اللبن الجاموسى والبقرى بإضافة NaCl ولكن 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 بأنخفاض النشاط المائى a_w . يصل أرتباط NaCl بالباراكازينات أقصى حد عندما يصل قدرة البروتين على الأرتباط بالماء إلى أقصى حد .

عادة تختلف كمية الملح المضافة إلى اللبن فى صناعة الجبن الدمياطى بأختلاف فصل السنة ودرجة جودة اللبن . أرتفاع كمية NaCl المضافة للبن تؤدى إلى أرتفاع محتوى الرطوبة فى الجبن سواء الطازجة أو المخللة . أرتفاع نسبة الملح يضعف من الخثرة الناتجة التى تميل إلى احتجاز الرطوبة بدرجة أكبر . كما أن أرتفاع الملح يؤخر من تقدم الحموضة فى الجبن خلال عملية التحليل .

٦- تجبن اللبن

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

كما سبق الأشارة فى الفصل الرابع فإن عملية التجبن بالمنفحة عملية معقدة تحدث على مرحلتين أحدهما أنزيمية أساسية يتم فيها أتلاف قدرة الكاباكازين k-casein على حماية جسيمات الكازين بواسطة الكيموسين (المنفحة) حيث يتحلل الكاباكازين إلى شقين أحدهما غير محب للماء para- k-casein والثانى محب للماء glycomacropeptide (GMP) . هذا التفاعل يضعف بصفة عامة من ثبات الجزيئات الناتجة (باراكاباكازين) التى تتجبن فى وجود تركيز حرج من Ca^{2+} عند درجة حرارة ٢٠°م أو أعلا . المرحلة الثانية من عملية التجبن بالمنفحة عبارة عن عملية غير أنزيمية ثانوية تنتهى بتجميع جسيمات

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

يمكن أن يتم المرحلة الأولى من التجبن عند درجة حرارة منخفضة قد تصل إلى الصفر المئوى بينما المرحلة الثانية من التجبن عادة لا تتم عند درجة حرارة أقل من ١٥°م ولكن 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 وأرتفاع تكاليف إنتاجها مع التوسع فى صناعة الجبن على مستوى العالم مع نقص مصادر المنفحة الحيوانية نتيجة للتشريعات الموجودة فى كثير من دول العالم التى تمنع ذبح العجول الصغيرة فقد لجأت صناعة الجبن إلى تغطية أحتياجاتها من مصادر أخرى . وأصبحت المنفحة الميكروبية الناتجة من بعض الفطريات (*M.pusillus, M.miehei*) متوفرة فى الأسواق تحت أسماء تجارية مختلفة منذ ١٩٦١ (يرجع إلى الفصل الرابع). وقد وجد أن أكثر من ثلث الجبن الناتجة فى العالم مصنعة بأستخدام المنفحة الميكروبية بينما فى الولايات المتحدة تصل هذه النسبة 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 . ويمكن التحكم فى درجة صلابة الخثرة الناتجة عن طريق تعديل كمية المنفحة المضافة ، درجة حرارة التجبن وحموضة اللبن عند إضافة المنفحة . أرتفاع 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 .

وعادة تضاف المنفحة بكمية كافية لتكوين خثرة على درجة كافية من الصلابة يسهل تقطيعها بدون تكسير أو تفتيت فى ٢٥ - ٣٠ دقيقة بعد إضافة المنفحة . عموماً كمية المنفحة المضافة تختلف طبقاً لقوة المنفحة ، درجة حرارة التجبن ، حموضة اللبن وتركيب اللبن . تختلف كمية المنفحة المضافة من أقل من ٢ إلى ٧٥مل/١٠٠لتر 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 الطبيعى.

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

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

فى بعض أنواع من الجبن التى تصنع بالتجبن الحامضى مثل Cottage والكوارج تضاف كمية صغيرة من المنفحة (٥, إلى ٢مل/١٠٠ لتر لبن) لزيادة صلابة الخثرة . وفى جميع أنواع الجبن تخفف المنفحة بحوالى ٦ - ١٠ أمثالها بالماء لضمان توزيعها توزيعاً متجانساً فى اللبن . ويجب تقليب اللبن جيداً بعد إضافة المنفحة لمدة ٥ دقائق وذلك لمنع صعود حبيبات الدهن على السطح مما 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 temperatur على درجة كبيرة من الأهمية فى تحديد فترة التجبن التى تتكون فيها الخثرة المطلوبة . عند درجة ٢١ - ٢٧°م فإن الخثرة المتكونة تكون طرية وتشبه الجل ، عند ٣٠°م تكون الخثرة أكثر صلابة ولا تفتت عند التقطيع بينما عند ٣٣ - ٣٦°م تكون الخثرة جافة ومطاطية وتطرد الشرش بصعوبة . وعادة يكون نشاط المنفحة ضعيف جداً عند درجة حرارة أقل من ٢٠°م وأعلا من ٥٠°م. درجة حرارة التجبن فى معظم أنواع الجبن تكون ٣٠ - ٣٢°م بينما فى بعض أنواع من الجبن الأيطالية مثل الرومانو والبرفلونو والجرانا تكون مرتفعة وتختلف من ٣٥ - ٣٩°م.

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

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

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

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

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

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

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

المعاملات التى يتعرض لها اللبن قبل إضافة المنفحة تؤثر على قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة وتكوين خثرة على درجة صلابة مناسبة . تسخين اللبن قبل إضافة المنفحة يزيد من صعوبة تجبن اللبن بالمنفحة ويرجع ذلك إلى حدوث دنترة لـβ-lactoglobulin (٧٢°م لعدة دقائق أو ٩٠°م/دقيقة) وتفاعله مع κ-casein وتكوين معقد يؤدى إلى صعوبة تجبن اللبن بالمنفحة .كما أن المعاملة الحرارية تؤدى إلى تحويل الكالسيوم الذائب إلى كالسيوم

غروى وبالتالى تقلل من وجود الكالسيوم الذائب (Ca^{2+}) اللازم لأتمام 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 إستعادة اللبن إلى حالته الطبيعية بدرجة كبيرة . هذا بالإضافة إلى أن تخزين اللبن مبرداً لفترة طويلة (٤-٧°م لمدة ٤٨ ساعة) يسمح بنمو البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria وافراز أنزيمات محللة للبروتين والدهن مقاومة للحرارة وتسبب 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 .

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

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 أى غير مطاط ويمكن الحصول عليه بأستخدام أقل كمية ممكنة من المنفحة عند حموضة مرتفع حيث يضاف ٠,٥ إلى ٢مل/١٠٠لتر لبن بعد إضافة البادىء بحوالى ١-٢ ساعة عندما يكون pH ٦,١ إلى ٦,٣ وفى هذه الحالة يأخذ التجبن وقتاً طويلاً تصل خلاله الحموضة نتيجة لنشاط البادىء الذى يضاف إلى اللبن إلى درجة مرتفعة عند التقطيع كما هو الحال فى صناعة جبن Cottage والكوارج . وفى هذه الحالة فإن تكوين الخثرة يأخذ وقتاً طويلاً نسبياً يتراوح بين ٥ - ١٠ ساعات بعكس الحال فى التجبن الأنزيمى (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 بادىء بكتريا حمض اللاكتيك . الخثرة الناتجة عادة تكون مفرولة وضعيفة وقدرتها على الأنكماش وطرد الشرش ضعيفة. تتراوح درجة حرارة التجبن فى هذه الحالة بين

٢١-٣٢°م ، إنخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد يطيل من مدة التجبن ، يتم التجبن بواسطة الحموضة عند pH قريب من نقطة التعادل الكهربى للكازين IEP . عند درجة ٢٢°م وهى الدرجة التى تستخدم عادة فى هذا النوع من التجبن يحدث التجبن عند pH ٤,٧ فى غياب المنفحة وعند 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 . وقد يتم التجبن عند درجات حرارة أعلا 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 وذلك بإضافة حامض معدنى أو عضوى أو خليط منهما إلى اللبن البارد مع عدم إضافة بادىء 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 أعلا سواء بواسطة بكتريا البادىء أو إضافة مادة منتجة للحموضة acidogen تتحلل ببطء لإنتاج حامض (مثل glucono-δ-lactone الذىْ 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 درجة ٤°م حامض عضوى مسموح بإضافته إلى الأغذية food grade مثل حمض الستريك أو الخليك لخفض pH اللبن إلى ٥,٦ ثم يدفأ اللبن بدون تقليب إلى ٧°م لأحداث التجبن وتكوين الخثرة التى يتم معاملتها بعد ذلك بالطريقة العادية .

وتعتمد الطريقة المستمرة الحديثة لإنتاج جبن Cottage على طريقة التحميض المباشر حيث يضاف خليط من حمض اللاكتيك والفوسفوريك إلى اللبن البارد (٢-١٢°م) 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 إختصار 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 البادىء 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 .

وهناك طريقة أخرى لتكوين الخثرة بأستخدام 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 بأستخدام 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 .

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

٧- طرد الشرش Syneresis

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

الخثرة الأنزيمية 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 ، Cottage .

فى صناعة الجبن بالتجبن الأنزيمى 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 الأمكانيات والمعدات والوقت اللازم للصناعة .

٣. معدل طرد الشرش يرتبط ببعض العوامل الأخرى (زياد الحموضة ، أتلاف أنزيمات المنفحة ، تحلل البروتين) التى تؤثر على تركيب وصفات الجبن الناتج.

٤. الأختلاف 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 بطىء أو سريع بدرجة أكثر من اللازم يؤدى إلى ظهور عيوب أخرى فى الناتج النهائى .

تبدأ عملية تنظيم طرد الشرش بداية من تعديل صفات اللبن والتى 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 وسمط الخثرة heating the curd وأخيراً فصل الشرش من الخثرة separating the whey .

٧-١ - 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 الأمكان حتى يمكن إنجاز هذه الأهداف بنجاح وذلك بإستخدام سكاكين عرضية وطولية .

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

تؤثر بدرجة غير مرضية على صفات الجبن النهائى . كما أن الخثرة التى تسمط على درجات حرارة أعلا يجب أن تقطع إلى مكعبات أصغر بينما التى تسمط على 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 البنائى للخثرة texture حيث إنه فى تشكيل الجبن إلى شكله النهائى فإن هذه المكعبات يجب أن تتجمع وتلتصق مع بعضها . المكعبات الصغيرة تلتصق مع بعضها بإحكام وتكون فى الجبن فراغات أقل بينما المكعبات الكبيرة تكون فراغات كبيرة فى الحجم وقليلة فى العدد . لذلك فإن حجم مكعبات الخثرة يعتبر العامل الوحيد الذى يؤثر على حجم الفراغات openings فى الجبن .

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

١. تزداد صلابة الخثرة بدرجة محسوسة يمكن ملاحظتها بحاسة اللمس أو بميل الخثرة إلى الأنفصال 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 كما فى حالة الخثرة المتكونة بفعل الحامض حيث تصل الحموضة فى هذا النوع من الخثرة إلى pH ٤,٧ أو حموضة قدرها ٠,٤٥ - ٠,٦ ٪ .

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

وهناك علامات مختلفة تستخدم لتحديد الوقت المناسب لتقطيع الخثرة منها :

أ. صلابة الخثرة . وتقاس عادة بحاسة اللمس كما سبق الشرح

ب. الحموضة وقد تقاس بواسطة حاسة الشم أو التذوق أو التعادل بقلوى أو تقدير pH لعينة من الشرش يمكن الحصول عليها بالطرد المركزى لعينة من الخثرة المتكونة .

ج. قدرة الخثرة على الأحتفاظ بالشرش ويتعرف عليها بظهور نقط من الشرش مثل

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

ترتبط مدة التجبن وصلابة الخثرة ووقت التقطيع (الوقت الذى يتم عنده تقطيع الخثرة) أرتباطاً وثيقاً . التجبن السريع يعطى خثرة أكثر صلابة . يتحكم أساساً فى مدة التجبن بواسطة الحموضة ، طبيعة اللبن ، درجة حرارة التنفيح وكمية المفنحة المضافة . ترتبط النسبة بين وقت التقطيع إلى وقت التجبن بدرجة كبيرة بالجودة الكيماوية للبن حيث تزيد بزيادة كمية المنفحة وتنخفض حتى نقطة معينة بأرتفاع درجة الحرارة وترتفع بدرجة بسيطة إذا كان اللبن مبستراً ولكن 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 بأختلاف نوع الجبن ولكن عادة تكون حوالى ٣ (أى إذا كانت مدة التجبن ١٠ دقائق فإن التقطيع يتم بعد ٣٠ دقيقةمن إضافة المنفحة) وقد أوضح البعض أن وقت التجبن يمكن حسابه على اساس أنه يعادل ٤ أضعاف فترة التجبن (بداية التجبن) ولكن وجد آخرون أن النسبة تختلف بدرجة كبيرة ولا يمكن إستخدامها بهذه الطريقة .

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

٧-٢- تسخين الخثرة

تسخين heating الخثرة يسرع من فقد الرطوبة حيث أن التسخين يثبط من فعل المنفحة ويؤثر مباشرة على القدرة الطبيعية للخثرة على حجز الرطوبة water-holding capacity مما يزيد من صلابة الخثرة وتكوين بنائى للجبن texture يساعد على إتمام العمليات التالية من كبس 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 . فإذا 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 أعلا من ذلك فى حالة جبن Cottage حيث تصل درجة حرارة الطبخ إلى ٦٥°م . معظم أنواع 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 البادىء فى الجبن ، لذلك تتوقف درجة حرارة التسخين طبقاً لنوع الجبن . تسخن الخثرة فى الجبن التى تستخدم فى إنتاجها البادئات المحبة للحرارة المعتدل لدرجة لا تزيد عن ٤٠°م مثل 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 وللقضاء على البكتريا غير المرغوبة مع تشجيع نمو البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة والضرورية فى عملية التسوية مثل الجبن السويسرية والأيطالية .

فى جبن الأيدام والجودا تسخن الخثرة عن طريق إزالة جزء من الشرش وأستبداله بماء درجة حرارته ٥٠-٦٠°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 وهذا التخفيف يقلل من كمية اللاكتوز فى الخثرة وبالتالى يحد من نمو بكتريا البادىء . وقد وجد أن زيادة كمية الماء المضاف من ٣٠-٤٠٪ يؤدى إلى تقليل محصول الجبن بمقدار ٠,٥ - ١,٠٪ حيث تؤدى هذه العملية إلى إزالة ٩٠٪ من اللاكتوز وغيرها من المواد المنخفضة الوزن الجزيئى وكذلك ٥٠٪ من بروتينات السيرم . وفى 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 درجة ٥٣-٥٧°م حيث ترتفع درجة حرارة الخثرة إلى ٤٥°م بمعدل درجة واحدة لكل ٢ دقيقة ثم إلى ٥٣-٥٧°م بمعدل درجة واحدة لكل دقيقة وهذه المعاملة ضرورية للقضاء على البكتريا غير المرغوبة ويبلغ وقت السمط الكلى حوالى ٤٥ دقيقة .

فى الجبن الأيطالية 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 وخثرة 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 الحرارة إلى حوالى ٣٩°م ويمكن 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 الميكروبى وقد تصل إلى ٦٥°م إذا لزم الأمر للحصول على خثرة صلبة وجافة . وتبلغ فترة الطبخ حوالى ١,٥ - ٢ ساعة عند درجة ٥٣ - ٦٠°م . وقد وجد أن 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 الألتصاق مع بعضها بعد التقطيع وأثناء التسخين . ويكون هذا التأثير واضحاً إذا تم التسخين بدرجة سريعة وإذا كان التقليب غير مناسب فى قوته وأستمراريته . هذا التكتل لقطع الخثرة يتعارض مع الهدف من عملية التقطيع ويعتبر غير مرغوب فيه وغير ضرورى . ولعلاج ذلك يجب أن تتم عملية التسخين ببطء مع تقليب الخثرة بشدة كافية لجعل مكعبات الخثرة منفصلة ولكن ليست صلبة أو جافة بدرجة تؤدى إلى تكسيرها أو تفتيتها .

عند تقطيع الخثرة يبدأ الشرش فى الظهور بين مكعبات الخثرة حيث تبدا 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 الأحتياطات الكافية مع العناية التامة بالعمليات التصنيعية التى تلى عملية التقطيع للمحافظة على نفاذية هذا الغشاء وعدم تمزيقه حتى لا يؤدى إلى هروب الدهن والكازين من داخل مكعبات الخثرة وفقدها فى الشرش . يتوقف سرعة صلابة أو سمك هذا الغشاء على عدة عوامل من أهمها :

١- صلابة الخثرة عند التقطيع التى تتأثر بالمعاملة الحرارية للبن وحموضته وكمية المنفحة المضافة .

٢- حجم مكعبات الخثرة . حيث يتكون الغشاء بدرجة أسرع وأسمك نسبياً فى المكعبات الصغيرة .

٣- حموضة الخثرة . زيادة الحموضة تزيد من قدرة الخثرة على الأنكماش وتكوين الغشاء حول مكعبات الخثرة بدرجة أسمك .

٤- درجة حرارة السمط . يزداد سمك الغشاء بأرتفاع درجة حرارة السمط .

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

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

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

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

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 أنكماشاً أكثر وكلما كان البادىء أكثر نشاطاً كلما كان تكوين الحمض أسرع مما يؤدى إلى أنكماش جزيئات الخثرة بصورة أكبر وبالتالى سرعة طرد الرطوبة ، لذا فإن نمو بكتريا البادىء يساعد على تحديد معدل طرد الرطوبة من الخثرة وتسرب اللاكتوز إليها مرة أخرى ، كما يساعد على معدل إنتاج الحمض خلال المراحل الأخيرة من عملية التصنيع ، معظم الزيادة فى أعداد بكتريا البادىء فى صناعة جبن التشدر تحدث خلال صناعة الخثرة ، حيث أرتفع متوسط عدد *L.lactis* subsp. *cremoris* فى ١٥ عينة من جبن التشدر والذى صنع خلال فترة أكثر من ١٢ شهراً من ٢ x ١٠^{٧} cfu /مل فى اللبن بعد ٢٠ دقيقة من التلقيح إلى ٤ x ١٠^{٨} cfu /جرام من الخثرة بعد ساعتين عند أقصى درجة حرارة للطبخ (٣٩°م) وإلى ١٠٤ x ١٠^{٩} cfu / جرام من الخثرة عند فصلها من الشرش بعد مرور ساعة وعشرين دقيقة .

فى الخثرة التى يكون فيها زيادة الحموضة بطيئة فإنه يفضل تسخين الخثرة لدرجة حرارة أقل ١-٢ درجة من الدرجة العادية حيث أن ذلك ينشط من إنتاج الحموضة نتيجة لنشاط بكتريا البادىء 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 أعلا 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 . إنخفاض درجة الحرارة بضع درجات (٢ درجة) تؤدى إلى تأخير صلابة الخثرة وبطء تقدم الحموضة . يجب الأستمرار 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 ألتصاق الخثرة ببعضها وحتى يتم صرف الشرش .

عادة يقوم القائم بعملية صناعة الجبن بوقف عملية تقليب مخلوط الشرش والخثرة طبقاً لطريقة الصناعة . يعرف أنتهاء 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 أو فى بعض الأحيان يتم تقليبها على فترات لمنع تكتل وألتصاق الخثرة بطريقة زائدة .

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

٧-٣- العوامل التى تؤثر على طرد الشرش

٧-٣-١- المعاملات الحرارية للبن

المعاملة الحرارية التى تؤدى إلى حدوث دنترة لبروتينات الشرش تقلل بطريقة مضطردة من معدل طرد الشرش من خثرة المنفحة .وقد لاحظ البعض حدوث إنخفاض محدود نتيجة المعاملات الحرارية المعتدلة بينما لم يلاحظ ذلك البعض الآخر . وقد لوحظ أيضاً أن الأنخفاض فى معدل طرد الشرش غالباً ما يكون مرتبط أرتباطاً مباشراً بحدوث دنترة β-lactoglobulin . المعاملات الحرارية التى يتعرض لها اللبن الخال من بروتينات الشرش (صناعياً) من الصعب أن تؤثر على معدل طرد الشرش . إضافة k-casein للبن يقلل من تأثير المعاملة الحرارية نتيجة تفاعل β-lactoglobulin بصفة أساسية مع k-casein فى السيرم أثناء عملية التسخين وبالتالى تأثيره على جسيمات الكازين يكون أقل .

٧-٣-٢- التجنيس

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

٧-٣-٣- إضافة بعض الأملاح

فى صناعة الجبن فإن غالباً ما يضاف بعض من $CaCl_2$ (حوالى ١ ملليمول) لتحسين عملية التجبن . وقد وجد أن إضافة كميات قليلة من $CaCl_2$ (حتى تركيز ١٠

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

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

٧-٣-٤- التجبن

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

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

الخثرة المتكونة بالحموضة فقط يكون معدل طرد الشرش فيها منخفض جداً إذا تركت بدون تقليب (ساكنة) . يصبح معدل طرد الشرش أبطأ بدرجة مضطردة إذا تركت الخثرة لمدة أطول بعد إضافة المنفحة وقبل عملية التقطيع . فى خثرة اللبن الفرز الحامضية المتكونة بواسطة البادىء (pH ٣,٨ - ٤,٥) فإن التقطيع يؤدى إلى طرد الشرش بمعدل أكبر حيث يطرد ما يقرب من ٤٠٪ من حجم اللبن فى صورة شرش . فى اللبن الذى يتجبن عند pH أقل من ٥,٠ فإن وجود المنفحة يسرع من طرد الشرش بدرجة ملحوظة والذى يزداد بزيادة كمية المنفحة المضافة .

٧-٣-٥- درجة الحرارة

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

بالنسبة لتأثير درجة الحرارة على معدل طرد الشرش فى خثرة التجبن الحامضى فقد لوحظ أن فى خثرة اللبن الفرز المتكونة بفعل البادىء يحدث طرد للشرش بدرجة كبيرة بعد التقطيع عند ٦°م أو ٣°م .

٧-٣-٦- الحموضة

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

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

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

٧-٣-٧- غسل الخثرة

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

٧-٣-٨- الترشيح الفائق UF

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

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

٧-٣-٩- تركيب اللبن

يؤثر تركيب اللبن على عملية طرد الشرش ولكن هذا التاثير عادة لا يكون كبيراً. فى اللبن المحتوى على دهن أعلا يكون طرد الشرش أبطأ . عادة يتم تعديل تركيب اللبن فى صناعة الجبن بالنسبة للدهن ، أرتفاع الكازين يؤدى إلى بطء طرد الشرش .

قد يكون للمكونات الصغرى فى اللبن تاثير أكبر على طرد الشرش . يلاحظ أن

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

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

٧-٣-١٠- التقطيع والتقليب

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

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

صناعة الخثرة بالطرقِ الحديثة عادة تسمح بالتأثير بدرجة ملحوظة على معدل

طرد الشرش من خلال الأختلاف فى التقطيع ، التقليب وغيرها من عمليات التصنيع . فمثلاً حجم مكعبات خثرة المنفحة تؤثر على محتوى رطوبة الجبن ولكن التأثير يكون غالباً فى حدود ١٪ ماء فى الجبن حيث إنه من الصعب حدوث إختلافات كبيرة فى حجم مكعبات الخثرة فى نوع واحد من الجبن . إذا كانت حجم مكعبات الخثرة كبير فى البداية فقد يؤدى إلى زيادة تكسير أو تفتيت مكعبات الخثرة إلى دقائق صغيرة خلال عملية التقليب طالما ما زالت مكعبات الخثرة طرية . عندما تقطع الخثرة إلى دقائق صغيرة جداً فإنه يحدث فقد ملحوظ لدقائق الخثرة . التقليب لمدة أطول يسبب إنخفاضاً أكبر فى محتوى الرطوبة ولكن يلاحظ إنه يلزم التقليب لحد أدنى من الوقت ليعطى مكعبات الخثرة صلابة كافية . التقليب بعد ذلك يؤدى إلى إنخفاض فى محتوى الرطوبة فى الجبن بمعدل ٠,٤ ٪ لكل دقيقة من التقليب فى الجبن النصف جافة .

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

٧-٤- فصل الخثرة من الشرش

تفصل الخثرة من الشرش عند الوصول إلى الدرجة المطلوبة من الحموضة والصلابة. وتعتبر مرحلة مهمة 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 فى الحال (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 أثقال للضغط على الخثرة للاسراع من طرد الشرش . هذه الطريقة تنتج جبن طرية مرتفعة فى نسبة الرطوبة وتترك لفترة ١-٢ يوم لأستكمال عملية الترشيح حيث تنكمش الخثرة خلال هذه الفترة وتصل إلى حوالى نصف أرتفاعها الأصلى على 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 إستخدام أثقال ولكن فيما بعد توضع أثقال بمعدل ١ كجم/كجم خثرة . تستخدم هذه الطريقة فى تصفية الشرش فى الجبن الدمياطى بأنواعه المختلفة والجبن الأبيض المخلل فى بعض الدول الأروبية (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 أعطاء الجبن تركيب مفتوح كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese . وقد يستخدم أثقال خفيفة للمساعدة فى طرد الشرش كما فى جبن البريك Brick .

٥- بعد الأنتهاء من عملية السمط ووصول الخثرة إلى الحموضة والصلابة المطلوبة تترك مكعبات الخثرة لترسب فى قاع الحوض تحت سطح الشرش ثم يصرف الشرش من الحوض من خلال صمام عند نهاية الحوض . وقد تستمر عملية 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 التيلسيتTilsit) أو تطحن الخثرة فى طاحونة مناسبه إلى قطع صغيرة يتم تمليحها ثم توضع 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 بأستخدام قماش خاص ثم تؤخذ كتلة الخثرة بعد تجميعها فى القماش خارج القدر (الحوض) حيث تعلق بعد ربطها على هيئة صرة فى خطاطيف لترشيح الشرش طول الليل ثم توضع فى قوالب معدنية أو خشبية

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

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

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

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

٨- كبس الخثرة

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

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

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

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

بعض أنواع من الجبن يجب أن يتكون على سطحها قشرة rind ناعمة قبل عملية التسوية وفى هذه الحالة يجب أن يحافظ على خثرة هذه الجبن دافئة بدرجة كافية خلال عملية الكبس تسمح بألتصاق وأندماج 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 وهذه الأنواع يجب تبريدها أثناء عملية صرف الشرش وكبس الخثرة لأيقاف زيادة الحموضة ومنع نمو الميكروبات غير المرغوبة .

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

تحتوى الخثرة أيضاً على 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 إنه يؤدى إلى أنفراد بعض الماء . لذلك فإن سطح الكازين قد يصبح جافاً وصلباً إذا لم يسمح بإذابة الملح بسهولة فى الخثرة الدافئة . كبس الخثرة يجب أن يكون تدريجياً فى البداية حيث أن الضغط المرتفع فى البداية يضغط على الطبقات السطحية للجبن ويحجز الرطوبة فى جيوب أو فراغات فى قوام الجبن . درجة حرارة الجبن يجب أن تكون أقل من درجة حرارة الدهن السائل (٢٣-٢٦°م طبقاً لفصل السنة) حتى لا يتسرب الدهن من الخثرة ويفقد فى الشرش أو يملأ الفراغات الموجودة بين قطع الخثرة وبذلك تكون الجبن دهنية (شحمية) greasy .

فى بداية عملية الكبس تفقد الخثرة معظم الشرش وتقل كميته الخارجة منه تدريجياً بمرور الوقت حتى ينقطع تماماً . يختلف الوقت اللازم لكبس الخثرة طبقاً لنوع الجبن حيث تختلف من ٢-٣ ساعات فى الجبن المرتفعة فى نسبة 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 إستخدامها 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 أعلا ما يمكن (pH أقل ما يمكن) . يعتبر pH ٥,٠ زائد الحموضة لعديد من الجبن الجافة ، فى جبن التشدر درجة pH المثلى تكون قريبة من ٥,٢ إلى ٥,٢٥ . الجبن الجافة التى يكون pH فيها ٤,٩ إلى ٥,٠ تكون عادة خثرة حامضية ، تركيب مفرول وخشن وقوام قصير .

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

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

٩- تمليح الخثرة أو الجبن

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

الجبن ، حتى عند أستهلاكها بكميات كبيرة ، تساهم بكمية قليلة نسبياً فى تغطية الإحتياجات 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 ، الدمياطى) . وبالرغم من ذلك فإنه هناك إهتمام فى كثير من الدول لإنتاج جبن منخفضة فى الصوديوم low-Na cheese لفئة خاصة من الأفراد فإن الأتجاه 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 الرئيسية الأربعة . يرجع صفات طعم NaCl إلى شق Na حيث أن KCl له طعم مختلف . طعم الجبن الخال من الملح يكون عديم الطعم insipid ومماثل للماء watery حتى بالنسبة للأفراد الذين لا يتناولون الملح ، استخدام ٠,٨٪ NaCl عادة يكون كاف لإعطاء طعم مرغوب والتغلب على خلو الجبن من الطعم .

يؤثر NaCl على تسوية الجبن أساساً من خلال تأثيره على النشاط المائى a_w ولكن قد يكون له تأثيرات معينة أيضاً والتى ترجع جزئياً إلى a_w . يتضمن التأثير الرئيسى للملح ما يلى :

١. الحد من نمو ونشاط الميكروبات فى الجبن .
٢. الحد من نشاط الأنزيمات فى الجبن .
٣. أنكماش الخثرة مما يؤدى إلى طرد الشرش syneresis وبالتالى خفض الرطوبة فى الجبن والذى يؤثر أيضاً على نشاط الميكروبات والأنزيمات فى الجبن .
٤. حدوث تغيرات طبيعية فى بروتينات الجبن تؤثر على التركيب البنائى للجبن texture ، ذوبان البروتين ويحتمل التركيب البنائى للبروتين .

٩-١- 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 وعادة ما يتم هذا التنظيم عن طريق تنظيم pH فى الجبن والذى بدوره يؤثر على التسوية والتركيب البنائى 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 السام لأيونات اللاكتات والتى تحدد الحد الأدنى الطبيعى للـpH (حوالى ٤,٥) كما فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese وأنواع الجبن الأيطالية الجافة.

فى معظم أنواع الجبن غير الأنجليزية ، عادة توضع الجبن فى القوالب بينما pH مازال مرتفعاً (أعلا من ٦,٠) ويستمر تقدم الحموضة أثناء عملية الكبس ونظراً لأن مستوى NaCl (أقل من ١,٥٪) يثبط من نشاط البادىء فإن مثل هذه الجبن عادة تملح بغمرها فى محلول ملحى أو يدعك سطح الجبن بملح جاف . فى أنواع الجبن الأنجليزية 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 البادىء المستمر ولكن يتوقف ذلك بدرجة كبيرة على مستوى الملح فى الرطوبة فى الجبن

salt-in-moisture level (S/M) وعلى مقاومة البادىء للملح . مزارع بادئات بكتريا حمض اللاكتيك التجارية تنشط فى وجود مستويات منخفضة من NaCl ولكن تثبط بدرجة كبيرة عند مستوى أعلا من ٢,٥٪ NaCl . لذلك فإن نشاط البادىء وقدرته على تخمر بقايا اللاكتوز يعتمد بدرجة كبيرة على مستوى S/M فى الخثرة .

عموماً فإن مزارع بادئات *L.lactis* subsp. *lactis* أكثر مقاومة للملح *L.lactis* subsp. *cremoris* ، ولكن هناك أيضاً أختلافات كبيرة بين سلالات *L.lactis* subsp. *cremoris* فى درجة حساسيتها للملح . إذا تم تثبيط نشاط البادىء بعد الصناعة فإن بقايا اللاكتوز يتخمر بواسطة بكتريا من غير بكتريا البادىء ولكن أعداد هذه البكتريا الموجودة ، الذى يتأثر بمستوى التلوث عند التمليح ، سرعة تبريد الخثرة التى تم كبسها ودرجة حرارة التسوية ، عادة تكون غير كافية لتخمر اللاكتوز بدرجة كبيرة لعدة أيام وبالتالى فإن الأنخفاض 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 البادىء تستمر فى النمو وإنتاج الحامض عند مركز قطع الخثرة لفترة ملحوظة من الوقت بعد أن يقف نمو البكتريا على سطح الخثرة . وقد وجد أن pH ينخفض بدرجة أسرع وبدرجة أكبر عند مركز قطع الخثرة حيث يكون تركيز NaCl أقل عن سطح الخثرة فى الجبن التى تملح سطحياً . *S.salivarius* subsp. *thermophilus* أقل مقاومة للملح بدرجة كبيرة عن *L.lactis* subsp. *lactis* لذلك فإن التركيز الحرج له من NaCl ٠,٤ مول (٢,٣٤٪) يقابل a_w ٠,٩٨٤ مقارنة ١,١ مول (حوالى ٦,٥٪ NaCl) لـ *L.lactis* subsp. *lactis* (a_w = ٠,٩٦٥) . كما أن *Lb.delbrueckii* subsp. *lactis* و *Lb.lactis* subsp. *helveticus* أقل مقاومة للملح حيث يتم تثبيطهما عند ٠,٩٥، ٠,٩ مول NaCl على الترتيب . تختلف مقاومة بكتريا حمض البروبيونيك Propionibacteria للملح بأختلاف pH فقد وجد أن تركيز ٦٪ NaCl ضرورى لتثبيط نمو سلالات سريعة النمو من Propionibacteria عند pH ٧,٠ ، ٣٪ عند pH ٥,٢ بينما سلالات بطيئةالنمو تكون أكثر مقاومة للملح عند pH ٥,٢ عنها عند pH ٧,٠ . كما أشار البعض إلى أن التركيز الحرج من NaCl لبكتريا *P.shermanii* ١,١٥ مول (حوالى 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.roqueforti* ينشط فى وجود ١٪ NaCl ولكن يثبط عند تركيز أعلا من ٣ إلى ٦٪ طبقاً لنوع السلالة . وعادة يضاف ١٪ من NaCl مباشرة إلى خثرة الجبن المعرقة بالفطر قبل التعبئة فى القوالب وذلك لتشجيع نمو جراثيم الفطر وأيضاً لتساعد على تكوين تركيب مفتوح بدرجة أفضل والذى يسهل نمو الفطر . ونظراً لأن معظم هذه الجبن تملح سطحياً فإن إنتشار الملح من السطح إلى مركز الجبن يؤخذ فترة من الوقت بعد الصناعة ، التركيز المرتفع من الملح فى البداية على سطح الجبن يثبط من أنبات الجراثيم عند وقت حرج ويعتبر وجود مناطق خالية من نمو الفطر قريبة من السطح الخارجى من العيوب الشائعة 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 أنها قد تحفز عندما يصل التركيز إلى ٣٪ . وقف نمو البكتريا غير المرغوبة المحللة للبروتين والدهن بواسطة الملح مثل بكتريا حمض البيوتريك butyric acid bacteria له أهمية خاصة فى جبن الأيدام والجودا حيث تنتج مستويات منخفضة من حمض اللاكتيك خلال صناعة الخثرة .

٩-٢- طرق تمليح الخثرة أو الجبن

يضاف NaCl بصور مختلفة إلى جميع الجبن بما فيها جبن التجبن الحامضى بفعل بكتريا حمض اللاكتيك عند مرحلة معينة من تصنيعها لوقف نمو البكتريا غير المرغوبة ولتحديد نمو الأنواع المرغوبة 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 ويعرف بالتمليح 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 الأمينتال ، البرمسان ، الرومانو ، البريك . من الأمور غير المألوفة فى صناعة الجبن أن يتم التمليح بإضافة الملح مباشرة إلى اللبن وتعتبر الجبن الدمياطى الجبن الوحيد الذى يتم تمليحه بهذه الطريقة حيث يضاف ٨-١٥٪ ملح إلى اللبن قبل إضافة المنفحة لتثبيط نمو البكتريا والمحافظة على جودة اللبن.

٩-٣- ميكانيكية أمتصاص وأنتشار الملح فى الجبن

١- فى التمليح الرطب عندما توضع أقراص الجبن فى محلول ملحى يحدث أنتقال لجزيئات NaCl فى صورة Na^+ ، Cl^- من المحلول الملحى إلى الجبن نتيجة لفرق الضغط الأسموزى بين مصل الجبن والمحلول الملحى . نتيجة لذلك فإن الماء فى الجبن يتسرب إلى خارج شبكة البروتين فى الجبن لأحداث التوازن الأسموزى . كما أن جزيئات NaCl تنتشر تدريجياً إلى داخل الجبن .

٢- عند تمليح قطع الخثرة حيث يرش الملح الجاف على قطع الخثرة ويقلب جيداً ، يذوب بعض NaCl فى ماء السطح وينتشر ببطء إلى داخل قطع الخثرة لمسافة قصيرة ، وهذا يسبب تدفق عكسى للشرش من الخثرة إلى السطح الذى يؤدى إلى إذابة المتبقى من بللورات الملح ويكون محلول ملحى مشبع حول قطع الخثرة .ونظراً لأن مساحة السطح بالنسبة لحجم قطع الخثرة يكون كبيراً نسبياً فإن أمتصاص الملح يحدث من عدة أسطح فى نفس الوقت . لذلك فإن الوقت اللازم لأمتصاص الكمية المناسبة من الملح فى طريقة التمليح الجاف (١٠-٢٠ دقيقة) تكون أقل عما فى طريقة التمليح الرطب (٠,٥ إلى ٥ أيام طبقاً لحجم الجبن) .

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

لسطح الخثرة بدرجة كبيرة (نتيجة ترسيب البروتين بتأثير الملح salting-out of protein) وقد يؤدى ذلك إلى أن الفاقد من الرطوبة من منطقة السطح يكون مرتفعاً نسبياً وبالتالى يسبب أنخفاض فى أنتقال NaCl إلى الداخل لذلك فإن معدل أمتصاص الملح فى هذه الطريقة يكون بطيئاً مقارنة بطريقة التمليح الرطب .

كمية الملح التى تبقى فى الجبن المملح بالمحلول الملحى أو الملح الجاف على السطح تعتمد على تركيز المحلول الملحى ، ومحتوى الرطوبة فى الجبن والوقت ودرجة الحرارة التى تعرض لها وكذلك على معدل مساحة السطح إلى حجم الجبن . ينتشر الملح تدريجياً إلى داخل الجبن بعد التركيز الأولى للملح على سطح الجبن ويكون التوزيع النهائى للملح فى الجبن متجانسا تقريباً ، أما الملح الذى يرش على قطع الخثرة المفرومة فإنه يتوزع بسرعة فى خلال الجبن . يذوب الملح فى ماء الجبن مكوناً محلول ملحى ضعيف ويؤدى تركيزه الحقيقى إلى ضبط التسوية وحفظ الجبن . ومهما كانت طريقة تمليح الجبن أو كمية الملح المضافة فإن التأثير الحافظ للملح يعتمد على تركيز NaCl فى رطوبة الجبن (S/M) ، لذا فإن NaCl بتركيز قدرة ١,٦٪ فى جبن جاف به ٣٦٪ رطوبة فإنه يحتوى على محلول ملحى تركيزه ٤,٤٪ ($\frac{١,٦}{٣٦} \times ١٠٠$) والذى يعتبر كافياً لمنع نمو البكتريا المسببة للفساد المحتمل وجودها فى الجبن[٣٦].

١٠- تغطية وتغليف الجبن

يتم تغليف الجبن بعد أنتهاء عملية الكبس مباشرة أو على فترات من تهوية الأقراص وحتى جفاف القشرة . يختلف تغليف الجبن بإختلاف 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 بإختلاف حجم الجبن حيث يصل إلى أكثر من ١٠٪ فى الأقراص الصغيرة بينما الأقراص الكبيرة فقد 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 أو الحشرات وغيرها من الآفات .

وكانت الطرق المتبعة حتى وقت قريب تتركز فى لف الجبن بقماش من القطن وفوقه قماش من الكتان لوقاية الجبن والمحافظة على شكله حيث كان يدهن أسطح القرص

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

١٠-١- استخدام الشمع فى تغطية الجبن

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

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

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

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

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

١٠-٢- استخدام غرويات البلاستيك فى تغطية الجبن

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

١٠-٣- الطرق الحديثة لتعبئة وتغليف الجبن

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

١- البارشمنت . يستخدم فى كثير من الدول فى تغليف منتجات الأغذية والألبان. وتنص المواصفات البريطانية على أستخدام البارشمنت النباتى فى تغليف الأغذية ويجب أن يتحلل عند غليه فى الماء وألا تزيد فيه نسبة الحديد على ٧٠ ، النحاس على ٣٠ ، الرصاص على ٢٠جزء فى المليون .

٢- رقائق الألمونيوم alminuium foil . تتميز بخفة وزنها ورخص ثمنها وعدم تغيير لونها كما أنها غير سامة وعادة تبطن بنوع مناسب من اللدائن لمنع تفاعلها مع الأغذية . ويستخدم بنجاح فى تغليف كثير من أنواع الجبن مثل جبن القشدة ، الجبن المعرقة بالفطر والكممبير . كما يمكن تبطينها من الداخل بسليولوز أو شمع برافين وذلك لمنع فقد الرطوبة خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة نسبياً (١٥٠م) وكذلك حمايتها من التشقق .

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

الذى يسمح بنمو الفطريات وأكسدة الدهن .

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

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

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

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

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

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

جـ. أن يكون غير منفذ للأكسجين أو بخار الماء . يعتبر قابليته لنفاذ CO_2 ميزه لبعض أنواع من الجبن .

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

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

ز. أن يكون أقتصادياً .

تشمل أنواع البوليمرات الرئيسية المستخدمة فى تغليف الجبن على :

١- البوليثين polyethene (PE) . يتميز برخصه وعدم نفاذيته للرطوبة إلا أن قابليته لنفاذ الأكسجين وثانى أكسيد الكربون يجعل أستخدامه فى تغليف الجبن محدود . يتميز البوليثين بالمتانة والمقاومة ويستخدم فى تبطين العبوات الورقية كما فى تترابك tetra pack .

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

polyvinylidine(PVDC) . ينتج من التجمع الجزيئى لكلوريد الفينيل أو مع جزيئات احادية من الفينيليدين كلوريد ليعطى مجموعة كبيرة من المواد عديدة الأستعمالات ويستخدم بكثرة فى تغليف الجبن .

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

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

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

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

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

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

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

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

١٠-٤- التغليف بالأغشية المركبة Laminates

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

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

أ. تثقيب الغشاء كما فى الرقائق المعدنية .

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

ج.الأنتشار خلال المادة المتجانسة ، مثل آلية مرور بخار الماء خلال السيلوفان والأكسجين وثانى أكسيد الكربون خلال البوليثين حيث يذوب الغاز على أحد سطحى الغشاء ويتبخر من السطح الآخر .

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

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

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

١٠-٤-١- بعض أنواع الأغشية المركبة

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

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

نوع الغشاء	نفاذية الأكسجين سم^{٣} / ١٠٠ بوصة/٢٤ ساعة
• سيلولوز /بولى فينليدين /بولى اثيلين	٠,٥سم^{٣}
• بولى استر/بولى فينليدين /بولى اثيلين	١,٠سم^{٣}
• بولى أميد/بولى فينليدين /بولى اثيلين	٠,٥سم^{٣}
• بولى بروبين/بولى فينليدين كلوريد/ سيلولوز /بولى اثيلين	٠,٥سم^{٣}
• بولى بروبيلين/بولى فينليدين كلوريد/ سيلولوز /بولى اثيلين	٢,٠سم^{٣}

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

١. الغشاء المركب من سيلولوز /البولى فنيليدين كلوريد/بولى ايثلين :

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

الجبن.

٢. الغشاء المركب من بولى استر/بولى فينليدين كلوريد/بولى اثيلين :

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

٣. الغشاء المركب من النايلون/البولى فينليدين كلوريد/بولى ايثلين :

وجود النايلون فى الغشاء يعطيه صفات ممتازة لمقاومة الأحتكاك والمرونة والنفاذية وقابلية للصق بالحرارة . ويلاحظ أن جميع أغشية النايلون ليست مناسبة لتغليف الجبن ويتغير خاصية النايلون لحب الماء إذا ما أضيف البولى فنيليدين كلوريد فى التركيب النهائى.

٤. الغشاء المركب من بولى بروبيلين/بولى اثيلين/بولى فنيليدين كلوريد/سيلولوز /بولى اثيلين.

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

ومن مميزات التغليف بالأغشية :

١. توفير الأيدى العاملة بدرجة كبيرة .
٢. حماية الجبن من التلوث ومهاجمة الفطر والحشرات .
٣. انخفاض الفاقد من الرطوبة حيث يصل الفاقد فى مصانع الجبن إلى ما يقرب من الصفر بينما فى الطرق التقليدية تختلف من ٣-١٢٪ طبقاً لنوع الجبن .
٤. أقتصادية وسهلة التنفيذ وتناسب تغليف القطع الصغيرة من الجبن مما يسهل التداول والتوزيع فى الأسواق .
٥. يمكن تخزين كمية أكبر من الجبن فى المتر المكعب الواحد دون الحاجة لضبط الرطوبة فى غرف التسوية أو التخزين ولا تحتاج إلى تقليب أثناء التسوية أو التخزين.
٦. يمكن صناعة وتسوية الجبن بدون قشرة بحيث يمكن أستهلاكها جميعها بدون فقد .

وعادة يتم تغليف الجبن الجافة والنصف جافة للتسوية حيث تغلف الجبن الطازجة بعد ٢٤ ساعة من عملية التمليح فى أغشية PVDC تحت تفريغ واللحام . بهذه الطريقة تتم تسوية الجبن بدون إجراء عمليات إضافية أخرى . ومن الأغشية الأخرى المناسبة لعملية التسوية السيلولوز مع PE أو PVDC مع السيلولوز و PE . كما تستخدم الأغشية التالية فى تغليف الجبن للتسويق :

- السيلولوز : الجبن الجافة والنصف جافة .

- بولى فينيل كلوريد (PVC) : الجبن الطرية غير المسواه (الطازجة) .
- بولى ستيرين : الجبن الطرية غير المسواه (الطازجة) .
- بولى فينيليدين كلوريد (PVDC) : الجبن الجافة والنصف جافة وشرائح الجبن المطبوخ .
- بولى أيثين (PE)/ سيلولوز أو PVDC : الجبن الجافة والنصف جافة وشرائح الجبن المطبوخ .
- رقائق الألمونيوم : الجبن المسواه بالفطر (سطحياً أو داخلياً)

١٠-٥- طرق التغليف

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

وتوجد طريقتان للتغليف :

أ. التغليف بالأغشية تحت الضغط الجوى مع اللحام . تستخدم فى تغليف قوالب الجبن المكعبة أو المتوازى المستطيلات .

ب. التغليف فى أكياس تحت تفريغ بأستخدام أو عدم استخدام الحرارة ويستعمل لجميع أشكال الجبن أو أجزائها .

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

الفصل السادس

تسـوية الجـبن
Cheese ripening

١- مقدمة

صناعة الجبن اساسا عبارة عن تركيز الدهن والكازين إلى ٦-١٢ ضعف طبقا لنوع الجبن نتيجة تجبن الكازين أنزيميا أو حامضيا وتشمل انكماش الخثرة وطرد الشرش عن طريق تنظيم وتداخل بعض العوامل مثل الوقت ، درجة الحرارة ، التقليب والكبس . عند نهاية مرحلة التصنيع فإن جميع جبن التجبن الأنزيمى متشابهه بدرجة كبيرة فى شبكه كازينات الكالسيوم والتى ينتشر فيها الدهن مع محتوى من الرطوبه يتراوح بين ٣٥ - ٥٠٪ وطبقا لدرجة حرارة السمط المستخدمة فى صناعة الجبن ومحتوى الرطوبة فإن الجبن الطازج green cheese تكون خاليا من الطعم المرغوب المميز لها حيث يكون الطعم خليطا من المذاق الحامضى والملحى ويحسن كل من الدهن والبروتين من هذا المذاق . كما أن كل من القوام body والتركيب البنائى texture تنقصه كثير من الصفات المرغوبة والمميزة لهذا النوع فيكون القوام صلب يشبه المطاط لايذوب فى الفم بسهولة نظرا لوجود غالبية البروتين فى صورة غير ذائبة بينما يكون التركيب البنائى texture خشن وجزيئات الخثرة يمكن تمييزها عن بعضها حيث لم تبدأ جزئيات الخثرة فى الأندماج مع بعضها لتكون خثرة بلاستيكية ناعمة.

ولأحداث التغيرات المطلوبة فى صفات الطعم والقوام والتركيب البنائى للخثرة حتى تكتسب الجبن الناتج الطعم المرغوب والمميز لها والقوام الطرى المرن اللين والتركيب الناعم الملمس فإن ذلك يحتاج إلى تخزين الجبن الطازج تحت درجات حرارة ورطوبة نسبية معينة لفترات مختلفة . جميع أنواع الجبن الجافة اساسا ومعظم أنواع الجبن النصف جافه وعديد من الجبن الطرية تسوى لفترة قد تصل لعامين أو أكثر حسب نوع

طرق العناية والمعاملات من الصناعة حتى التسوية بمعالجة الجبن cheese curing بينما يطلق على التغيرات البيوكيماوية والطبيعية التى تحدث فى الجبن تحت هذه الظروف بالتسوية cheese ripening .

وخلال عملية التسوية تظهر الصفات المميزة لكل نوع من الجبن والتى تتأثر بتركيب الخثرة وغيرها من العوامل (الميكروبات التى تسود خلال عمليات التصنيع) كما يحدث نمو ونشاط بعض أنواع من البكتريا أثناء التسوية وخاصة بكتريا حمض اللاكتيك بخلاف بكتريا البادىء non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) والفطريات فى حالة الأنواع التى تسوى بالفطر . وبالرغم من أن نمو هذه الميكروبات تساهم فى تسوية الجبن ، وقد يكون بدرجة كبيرة فى بعض الأنواع ، فإن عملية تسوية الجبن ، تعتبر أساسا عملية أنزيمية .

ميكانيكية تحويل خثرة الجبن الخالية من الطعم المميز إلى جبن مقبول للأستهلاك تحكمها عدة عوامل مختلفة وتشمل pH ، محتوى الرطوبة ، نسبة الملح وطريقة التمليح ، درجة حرارة التسوية وطبيعة الميكروبات الثانوية الأخرى (البادئات المساعدة) والتى تنمو فى الجبن أو على سطح الجبن .

٢ - عوامل التسوية

عوامل التسوية ripening agents فى الجبن أربعة ويحتمل أن تكون خمس عوامل:

١ - المنفحة وبدائل المنفحة rennet and rennet substitutes (الكيموسين ، البيسين ، البروتينيز الميكروبى).

٢ - أنزيمات اللبن الطبيعيه indigenous milk enzymes التى تكون على درجة كبيرة من الأهمية فى جبن اللبن الخام.

٣ - بكتريا البادىء starter bacteria and their enzymes التى تفرز فى الجبن بعد ان تموت الخلايا وتتحلل .

٤ - الأنزيمات من البادىء المساعد (الثانوى) enzyme from secondary starters مثل بكتريا حمض البروبيونيك propionic acid bacteria *Brevibacterium linens* ، الخمائر والفطريات مثل *P.candidum Penicillium roqueforti,* حيث تكون على جانب كبير من الأهمية فى بعض الأنواع .

٥ - بكتريا بخلاف بكتريا البادىء non - starter bacteria (NSP) وتشمل البكتريا المقاومة للبسترة فى لبن الجبن أو التى تصل إلى اللبن المبستر أو الخثرة أثناء التصنيع، تتحلل هذه الخلايا بعد موتها وينطلق منها الأنزيمات .

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

وهناك أهتمام لفترة امتدت إلى ٣٠ سنه بشأن تكوين نماذج أنظمة تسمح بتقدير مساهمة كل من عوامل التسوية الخمس السابقة كميا فى تسوية الجبن وفى التفاعلات الثانوية. وقد ظهرت هذه التقنيات لأستبعاد واحد أو أكثر من عوامل التسوية السابقة وبذلك يمكن تقدير دور كل من هذه العوامل بطريقة مباشرة أو غير مباشرة . فمثلا ممكن أستبعاد بكتريا NSB وذلك بأستخدام نظام للحلب تحت ظروف معقمة حيث يعقم ضرع الحيوان وأجهزة الحلب وأوعية أستقبال الحليب بأستخدام مواد كيماوية مطهرة chemical sanitizer والبخار طبقا لطبيعة الجزء المراد تعقيمه. وتحت هذه الظروف يمكن الحصول على لبن يحتوى على أعداد قليله من البكتريا تصل إلى أقل من ١٠٠ ميكروب / مل .

كما يمكن الحصول على لبن يحتوى على أعداد قليله من البكتريا وذلك بتعريض اللبن لمعاملة حرارية ، فقد أستخدمت البسترة لدرجة حرارة مرتفعة ولوقت قصير HTST لإنتاج لبن منخفض فى حمولته البكتيريه حيث وجد أن خفض عدد البكتريا من حوالى $١٠^{٨}$ إلى ٣١٠ / مل يؤدى إلى الحصول على جبن به أعداد من بكتريا (NSB) أقل من ١٠٠ لكل ١٠ كجم جبن. وقد وجد أن المعاملة الحرارية ٨٣°م / ١٥ ثانية أو ٧٢°م / ٥٨ ثانية تضمن القضاء على البكتريا بهذا المعدل ولكن المعاملة الحرارية ٧٢°م / ١٥ ثانية قد تكون كافية للبن يحتوى على ١٠ بكتريا NSB / مل .

إذا كانت خثرة الجبن تتكون بواسطة التجبن الحامضى كيماويا فإنه يمكن أضافة المضادات الحيوية للبن الجبن لتثبيط نمو أى بكتريا متبقية أو ملوثة وقد أستخدم النيسين nisin ، البنسلين penicillin والأستربتوميسين streptomycin فى هذا المجال . أضافة المضادات الحيوية يعتبر ضروريا للحصول على جبن معقم خال من بكتريا البادىء

. aseptic starter-free cheese

الجبن المحتوية على أنواع محددة من الميكروبات يجب أن تصنع تحت ظروف معقمة حيث تستخدم أحواض تصنيع مغلقه مجهزة بقفازات مطاطية طويلة يمكن من خلال التعامل مع اللبن أو الخثرة داخل هذه الأحواض بالأضافة إلى تزويدها بإمكانيات دخول هواء مبستر أو معقم . وقد أمكن أنتاج جبن فى غرفة معقمة (٢x٥م) مزودة بمصدر للهواء المرشح ويرتدى صانعى الجبن ملابس معقمة .

تحميض خثرة الجبن إلى pH حوالى ٥,٠ الذى يعتبر عامل أساسى فى صناعة الجبن عادة يتم عن طريق أنتاج حامض اللاكتيك بواسطة البادىء . فإن كان المطلوب تقييم دور البادىء فى تسوية الجبن فإنه يجب تجنب أستخدام البادىء ويستخدم التحميض المباشر أو مواد كيماوية منتجة للحامض.

وقد كانت هناك بعض الصعوبات ظهرت عند تعديل pH بأستخدام حامض مخفف فى التحميض المباشر وأمكن التغلب على ذلك بأستخدام مواد منتجة للحموضة مثل(glucono-δ-lactone (GDL والذى يتحلل إلى حمض جلوكونيك gluconic acid بالمعدل المطلوب فى محلول مائى وقد وجد البعض أن استخدام GDL يؤدى إلى أنتاج حموضة بمعدل سريع وزائد والذى ينتج عنه فقد للأملاح المعدنية بدرجة كبيرة من جزيئات الكازين ويعتبر هذا الفقد مسئول عن سرعة تحلل البروتين بدرجة كبيرة فى الجبن المحمضة كيماويا ولكن قد يعزى ذلك إلى زيادة أحتجاز المنفحة فى الخثرة الزائدة الحموضة .

تصنيع جبن بدون منفحة rennet-free cheese يعتبر أمرا ضروريا فى حالة تقييم مساهمة المنفحة فى تسوية الجبن فعادة تستخدم المنفحة لتكوين خثرة باراكازين وعليه فأن الهدف هو تغيير طبيعة (دنتره denaturation) المنفحة بعد أن تكون قد أتمت المرحلة الأولى من التجبن بالمنفحة (التفاعل الأنزيمى) . ويوجد ٣ طرق لتنفيذ ذلك :

أ - استخدام لبن فى صناعة الجبن يكون قد أنتزع منه الكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg بتعريض اللبن إلى عملية تبادل أيونات ion-exchange resin . عند تركيز منخفض من الكالسيوم فإن مرحلة التجبن الأنزيمى يمكن أ تتم بدون تقليب ويتم أتلاف المنفحة بعد ذلك بالمعاملة الحرارية عند درجة ٧٢°م/ ١٥ثانية ويبرد اللبن ليسخن كهربائيا لتجنب التقليب . وتستكمل صناعة الجبن فى أحواض معقمة .

ب – استخدام ببسين خنزيرى porcine pepsin كمنفحة لتجبن اللبن وبعد أن تتكون الخثرة تقطع ثم يرفع pH مخلوط الخثرة والشرش إلى حوالى ٧,٠ وقد أعطت هذه الطريقة نتائج جيدة.

جـ – استخدام بروتينيز معوى من خنزير صغير piglet فى صناعة جبن خال من المنفحة rennet-free cheese وهذا الانزيم يحلل κ-casein البقرى ولكن لايؤثر على α_{s1} - or β - casein كما يمكن اتلافه بسرعة فى المراحل الأولى فى صناعة الجبن وقد أستخدم فى صناعة الجبن على نطاق تجريبى فقط .

ومن الصعب أستبعاد تأثير البلازمين plasmin فى تحليل البروتين ولكن أمكن تقييم دوره فى تحليل البروتين فى الجبن بطريقة غير مباشرة فى معظم الحالات أى فى الجبن والتى أستبعد منها جميع عوامل التسوية الأخرى . يثبط البلازمين بواسطة مثبط تربسين فول الصويا soy-bean trypsin inhibitors الذى يجب أن يكون مناسبا لتثبيط نشاط البلازمين ولكن لاتوجد دراسات لتقييم هذه الطريقة . وقد ادى ثبات البلازمين للحرارة العالية وزيادة نشاطه بواسطة درجات حرارة السمط المرتفعة الى الوصول الى نموذج نظام لأنتاج خثرة معقمة aseptic curd حيث امكن تغيير طبيعة المنفحة بأستخدام درجات حرارة سمط مناسبة وتحميض الخثرة بأستخدام GDL . مثل هذا النظام يسمح للبلازمين للعمل بمفرده أى بمعزل عن العوامل الأخرى .

حامض (AHA) 6 - aminohexanoic acid مثبط للبلازمين plasmin ولكن لايثبط الكيموسين chymosin أو البروتينيز البكتيرى bacterial peptidase. عادة يستخدم هذا الحامض لتقييم دور البلازمين فى جبن التشدر الناتجة تحت ظروف غير معقمة وبأستخدام بادىء عادى من بكتريا حمض اللاكتيك . من الضرورى أستخدام تركيزات مرتفعة من حامض AHA لتثبيط البلازمين فى خثرة الجبن الذى قد يسبب زيادة فى انكماش الخثرة وطرد الشرش وبالتالى أنخفاض محتوى الرطوبة فى الجبن الناتج . ومن الأمور الجديرة بالذكر أن AHA يحتوى على نتروجين N لذلك فإن مستوى النتروجين الذائب يرتفع فى الجبن بدرجة كبيرة .

٣- طرق التسوية

توجد طريقتان مختلفتان لتسوية الجبن . تخزن الجبن شديدة الجفاف (مثل البرمسان) والجبن الجافة (مثل التشدر) وبعض الجبن النصف جافة (مثل الايدام) تحت

ظروف تمنع نمو الميكروبات سطحيا مما يخلق نشاط ايضى محدود للميكروبات والأنزيمات فى الجبن حيث تتقدم التسوية ببطء وبصورة متجانسة خلال كتلة الجبن (أى التسوية الداخلية) . جميع الجبن الطرية وبعض الجبن نصف طرية (اللامبرجروالبراى والبريك) تخزن تحت ظروف تشجع نمو الميكروبات على سطح الجبن (أى التسوية السطحية) ، من بين هذه الميكروبات قد تكون فطريات مثل *P.camemberti* كما هو الحال فى الجبن الطرية المسواة سطحيا بالفطر (كممبير وبراى) او بكتريا مثل *B.linens* فى الجبن المسواه سطحيا بالبكتريا مثل اللمبرجر والبريك . تنتشر الأنزيمات الناتجة من الميكروبات الى داخل الجبن وتحدث التغيرات المصاحبة للتسوية والتى تتقدم من السطح الى المركز لذا فأن حجم هذه الأنواع من الجبن يجب أن يكون صغيرا نسبيا وشكلها مسطحا.

قد تسوى الجبن المعرقة بالفطر (مثل ستليتون والركفور) بأستخدام 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 احداث التغيرات المطلوبة فى هذه الجبن .

يمكن القول بصورة عامة ان حجم وشكل الجبن يكون مرتبطا 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 او شكل الجبن. تحفظ الجبن على 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 اغلفة خاصة يمكن لحامها بالحرارة ، او تحت تفريغ او تعبأ تحت تفريغ فى اغشية قابلة للأنكماش (مثل كريوفاك cryovac). تؤدى كل هذه الطرق الى طرد الهواء وبالتالى الى منع نمو الفطر على سطح الجبن كما تؤدى الى عدم فقد الرطوبة بالتبخير . تعبئة الجبن بهذه الطرق لاتعرضها للظروف الجوية فى المخزن ، لذا فأن مراقبة نسبة الرطوبة فى المخزن ليس ضروريا ، ويمكن رص الجبن على بعضها لزيادة الأستفادة من ارضية المخزن ولكن من الضرورى حفظ هذه الجبن على درجات حرارة منخفضة (٦°م)

لمنع تكوين الغاز واستخدام درجة الحرارة المنخفضة يبطيء من عملية التسوية ، لذا فان هذه الجبن تتطلب وقتا اطول لانضاجها ، وعليه فأن جبن التشدر المسوى على ٦°م قد يتطلب ٩ شهور ليصل الى درجة التسوية التى يصل اليها نفس الجبن المصنع تحت نفس الظروف وذلك بعد ٦ شهور من تسويته على درجة ١٣°م .

عندما يتطلب الامر النمو السطحى للميكروبات فى التسوية كما هو الحال فى أنواع الجبن الطرية والنصف طرية فأن مساحة السطح الى كتلة الجبن يعتبر مهما حيث يؤثر على معدل التسوية . تملح الجبن المسواه سطحيا بطريقة التمليح الجاف على السطح او بدعك سطحها بقماش مغمور فى محلول ملحى وذلك لعدة ايام 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 انواع معينة فقط من الخمائر المقاومة للملح والفطريات مثل *Geotrichum candidum* على اسطح هذه الجبن والتى تتميز بأرتفاع محتوها من الحامض والملح . تستخدم هذه الفطريات اللاكتات الموجود والذى يؤدى الى ارتفاع pH وبالتالى يسمح للبكتريا المقاومة للملح مثل *B.linens* او الفطريات الأخرى مثل *P.camemberti* .

تنمو *B.linens* طبيعيا فى المخزن الموجود به الجبن المسواه سطحيا بالبكتريا . يتميز نموها على سطح الجبن باللون البرتقالى المحمر ، وعادة يمسح سطح هذه الجبن يوميا بقطعة قماش مغموسة فى محلول ملحى معتدل التركيز ودافىء بعناية لتوزيع نمو البكتريا على كل السطح ، ثم تمسح الجبن بقطعة جافة بعد ٤-١٢ يوم وتخزن على ارفف حتى تعبأ للأستهلاك .

ترش الجبن المسواة سطحيا بالفطر (معلق من جراثيم فطر *P.camemberti*) ويظهر نموه المميز على شكل طبقة بيضاء ناعمة الملمس خلال ٢ -١٤ يوم ، ثم يتحول الى لون رمادى شفاف مع تقدم تحلل البروتين كما تظهر بقع بنية محمره فى أماكن نمو *B. linens* مع الفطر وبعد ١٤يوم تغلف الجبن فى رقائق من الالمونيوم ويخزن فى غرفة مبردة (١٠°م) لمدة ٧ أيام ثم تعد للتوزيع.

٤- العوامل التى تؤثر على معدل التسوية

يختلف معدل التسوية باختلاف نوع الجبن ويرجع ذلك إلى التباين الكبير فى محتوى هذه الجبن من رطوبة ، ملح ، حموضه ونوع البادىء والميكروبات الثانوية بخلاف بكتريا البادىء والمستحضرات الأنزيمية المستخدمة فى الجبن والمعاملات التكنولوجية التى تتعرض لها الخثرة اثناء التصنيع والتسوية . تلعب هذه العوامل دورا هاما فى تنشيط وتشجيع عوامل التسوية المختلفة والتى يتوقف عليها التغيرات الطبيعية والكيماوية التى تحدث فى الجبن اثناء التسوية والتى تؤدى الى ظهور الطعم المميز فى الجبن بالاضافة الى التغيرات المرغوبه فى القوام والتركيب البنائى للجبن . وفيما يلى مناقشة موجزه لأهم هذه العوامل :

٤-١- رطوبة الخثرة

يتحكم صانع الجبن من خلال عمليات التصنيع المختلفة المستخدمة فى تحويل اللبن الى خثرة مختلفه فى محتوى الرطوبة . كما أن نسبة الرطوبة فى غرف التسوية يساعد على التحكم فى الفاقد من الرطوبة من الخثرة اثناء التسوية الا اذا كانت الخثرة معبأه فى غلاف غير منفذ للرطوبة او فى عبوات محكمة القفل مما يمنع من فقد الرطوبة من الجبن . توجد الرطوبة فى الجبن فى ثلاث صور هى:

١- رطوبة مرتبطة bounded moisture وهو الماء المرتبط بالتركيب البنائى لمكون الخثرة (البروتين).

٢- رطوبة ممتصة hygroscopic moisture وهو الماء الممتص او المحجوز بفعل قوى الجذب المتصلة بجزيئات الخثرة والتى تشمل الدهن .

٣- رطوبة حره free moisture وهو الماء الحر الذى ينتشر داخل الجبن والذى يحمل المواد الذائبه داخل الخثرة ويسمح بحدوث التفاعلات الحيوية المختلفة .

وقد يحدث تحول لهذه الصور فيما بينها نتيجة التفاعلات فى الخثرة والتى ينطلق منها بعض الماء المرتبط او تحتاج الى جزيئات ماء لأتمام التفاعل . وتحمل الرطوبة الحرة المواد الذائبة وتنتشر فى الخثرة والتى تلعب دورا هاما فى نمو الميكروبات حيث يتحكم فى نموها ونشاطها نتيجة التأثير الاسموزى osmotic effect على جدار خلايا الميكروبات . لذلك فأن نمو الميكروبات يكون أسرع فى الخثرة المرتفعة الرطوبة عن الخثرة المنخفضة الرطوبة وبالتالى فأن معدل التسوية فى الجبن المرتفعة الرطوبة (الطرية والنصف طرية) تكون

أسرع عما فى الجبن المنخفضة فى نسبة الرطوبة (الجبن الجافة والشديدة الجفاف).

وبصفة عامة يمكن القول أن مقدار ما يتحلل من مكونات الخثرة فى الجبن الطرية والنصف طرية اثناء التسوية اعلا منه فى الجبن الجاف والشديدة الجفاف ويرجع ذلك لوجود كمية اكبر من الماء الحر free - moisture تزيد من سرعة نمو ونشاط الميكروبات وكذا التفاعلات الحيوية فى الخثرة اثناء التسوية . تقل كمية الماء الحر بتراكم نواتج التحلل وبالتالى ينخفض معدل التسوية بصفة منتظمة حتى يصل المصل فى الخثرة الى درجة من التشبع لاتسمح باستمرارالتحلل .

فقد الرطوبة بالتبخير من قشرة الجبن يؤدى الى تراكم المكونات الذائبة عند القشرة rind وتشمل املاح الكالسيوم ، الأملاح وحيدة التكافوء مثل كلوريد الصوديوم تكون اكثر انتشارا فى الخثرة وتساعد فى بعض التغيرات التى تحدث فى الخثرة .

٤-٢- نسبة الملح فى الخثرة

يضاف الملح عادة الى الجبن ليساهم فى تحسين الطعم وتنظيم عملية التسوية كما ان له تأثير مجفف dehydrating effet يزيد من صلابة الخثرة مع تكوين قشرة صلبة تحمى الجبن من التلف او الضرر اثناء التداول .

تختلف كمية الملح المضافة بأختلاف نوع الجبن فمثلا فى الجبن التشدر تكون نسبة الملح ١-٢ ٪ بينما فى الجبن المعرقة بالفطر يكون تركيز الملح اعلا فقد يصل الى ٣-٤٪ . عادة يكون تأثير تركيز الملح مرتبط بنسبة الرطوبة فى الجبن حيث ان تأثير تركيز الملح على نمو ونشاط الميكروبات والأنزيمات التى تفرزها اثناء التسوية يرجع الى تركيز الملح فى الوسط المائى فى الجبن salt- in- moisture (S / M) فمثلا فى جبن التشدر التى تحتوى على ٤٠٪ رطوبة ، ١,٥٪ ملح يكون تركيز المحلول الملحى فيها ٣,٧٥٪ وفى الجبن المعرقة بالفطر يكون تركيز المحلول الملحى فيها ٨٪ . تختلف بكتريا حمض اللاكتيك فى درجة مقاومتها للملح فيتوقف نمو معظم سلالات *S.lactis* subsp *cremoris* عند تركيز ٢٪ ملح ولكن *L.lactis* subsp *lactis* تتحمل تركيز يصل الى ٤٪ بينما بكتيريا حمض اللاكتيك العصوية تتحمل الملح بتركيزات اعلا تصل الى ٦٪ كما ان الملح يوقف نمو البكتريا غير المرغوبة فبكتريا *E.coli* تتحمل تركيز الملح حتى ١٢٪ بينما تركيز ملح حتى ٣٪ ينشط من نموها .

انخفاض الملح فى الجبن التشدر يؤدى الى قوام ضعيف عجينى pasty وتسوية غير

طبيعية ويزداد انكماش الخثرة اثناء التسوية ، بينما ارتفاع نسبة الملح يجعل القوام اكثر جفافا وقابل للتفتيت وتكوين شقوق فى القشرة مع احتمال نمو الفطريات وظهور الوان مختلفة داخل الجبن وعلى سطح الجبن . وجود نسبة من الملح تصل الى ١,٧٪ أو اكثر فى الجبن التشدر يجعل القوام اقل قابلية للتفتت والكسر عن الجبن المحتوية على ملح اقل ، والجبن المحتوية على ملح منخفض يكون لها pH منخفض .

ويستخدم تركيزات مرتفعة من الملح على سطح جبن Limburger لتثبيط الميكروبات غير المرغوبة ويسمح بنمو الخمائر السطحية ، *B.linens* والذى يساهم فى التسوية السطحية .

وفى الجبن المسواة بالفطر فأن التمليح يحد من نمو ونشاط الفطريات غير المرغوبة بينما يشجع من نمو *P.camemberti* على سطح الجبن الكممبير، *P.roqueforti* فى جبن الركفور وهما من عوامل التسوية الأساسية فى هذه الجبن . ونتيجة للتأثير المثبط للملح للبكتريا فأنه يقلل من معدل تحلل البروتين كما ان وجود الملح يؤثر على ذوبان المركبات النتروجينية المتكونة فى الجبن وبالتالى يعدل من قوام الجبن . والتمليح للجبن السيوسريه والأنواع المشابة له يقلل من تكوين العيون بدرجة كبيرة وانخفاض نسبة الملح يكون احد الأسباب فى ظهور عيب "oversetting" (تكوين عيون صغير ة الحجم وبأعداد زائدة). يحتوى الجزء الخارجى من الجبن المملح سطحيا على الملح بدرجة اعلا من داخل الجبن ولذلك تتكون عيون صغيرة وبأعداد كبيرة قريبة من السطح ويقل نشاط بكتريا حمض البروبيونيك والتى تخمر اللاكتات مع انتاج CO_2 لتكوين العيون فى وجود ٠,٥٪ ملح ويقف نشاطه تماما فى وجود ٢,٥٪ ملح .

وفى حالة جبن Brick والتى تملح سطحيا فأن التمليح الزائد (اكثر من ٢٪) يبطء من تخمر اللاكتوز ومعدل التسوية ويزيد من صلابة قوام الجبن مع اكسابه لون ابيض غير طبيعى كما يقلل من محصول الجبن . بينما انخفاض الملح يسبب تخمر غير طبيعى مع قوام ضعيف وتركيب مفتوح . التمليح يساعد الجبن على فقد الرطوبة ويكون معدل فقد الرطوبة اكبر خلال التسوية عنه قبل اوبعد التمليح . وعموما فأن ارتفاع نسبة الرطوبة فى الجبن مع انخفاض تركيز الملح يسرع من معدل تحلل كل من البروتين والدهن واللاكتوز فى الجبن اثناء التسوية .

٤-٣- pH الخثرة

من المعروف ان حموضة (pH) الجبن من اهم العوامل التى تؤثر على قوام وتركيب الجبن فعندما يكون pH مرتفعا فأن الجبن تكون ذات قوام طويل long body مرن يمكن تقطيعه بسهولة الى شرائح رقيقة وتكون ذات ملمس ناعم بعكس الجبن التى يكون pH فيها منخفضا حيث يكون القوام قصيرا short body قابل للكسر والتفتت واقل نعومة ، الحموضة الزائدة تؤدى الى قوام هش قابل للكسر وأحيانا حبيبى grainy . كما هو الحال فى درجة الحرارة يتحكم pH الخثرة فى نمو الميكروبات والتغيرات البيوكيماوية التى تحدث فى الخثرة . وتختلف pH من ٤,٧ الى ٥,٥ فى الجبن الحامضية المضاف اليها بادىء اما فى الجبن المسواة بالفطر فيختلف pH من ٤,٩ الى ٧,٠ أو اكثر وتتحكم عمليات تصنيع الخثرة فى معدل تكوين الحموضة حتى خطوة اضافة الملح . وجود الملح مع فقد اللاكتوز يخفض من pH حيث يصل إلى اقل درجة له فى الجبن الناتج وبعد ذلك فأن نشاط البكتريا والفطريات تحلل مكونات الخثرة منتجة مكونات متعادلة او قلوية تسبب ارتفاع pH . وعندما يكون تحليل البروتين فى الخثرة شامل فأن pH الخثرة قد يصل الى ٧,٨ أو اكثر والأمونيا التى تنفرد تحت هذه الظروف فى غرف تسوية الجبن المعرقة بالفطر او الجبن التى تسوى سطحيا بالبكتريا " smear " تكون واضحة فى هواء هذه الغرف.

التغير التدريجى فى pH من مرحلة الى اخرى تجعل عملية التسوية تتم فى خطوات متتابعة وعليه فأنه عند اى وقت من التسوية فأن مكونات الطعم والنكهه تصل الى مستوى معين من التركيز وبتقدم عملية التسوية فأن بعض مركبات الطعم والنكهة فى المراحل الاولى قد تستخدم ويختفى الطعم غير المرغوب ويحل محله اطعمة اكثر قابلية .

والقوة التنظيمية للخثرة التى تقاوم التغيرات فى pH فى الخثرة تكون مرتفعة فى المراحل الأولى ولكن تحليل البروتين يضعف من قوتها التنظيمية فى الجبن الجافة مثل الأمينتال. يتم تحلcasein-∝ بدرجة اكبر نسبيا فى الجبن الطرية مثل الكممبير أما β-casein يتحلل فى المراحل الأولى من التسوية.

والأنزيمات تساعد على اتمام التفاعلات تحت ظروف مختلفة للبيئة ولكن pH ودرجة الحرارة تعتبران من اهم العوامل فى خثرة الجبن وكل انزيم له درجة pH مثلى وبعض الأنزيمات لها نطاقين من pH يكون عندها الأنزيم نشط احداهما حامضى والاخر

قلوى ولكن النواتج النهائية قد تختلف فى كل نطاق من النشاط . فى معظم الجبن الجافة تكون الأنزيمات نشطة فى نطاق من pH يتراوح بين ٤,٩ - ٥,٥ واقل نشاطا عند pH اعلا من ذلك . وفى الجبن الطرية تكون الأنزيمات أكثر نشاطا عند pH يتراوح من ٥,٣ الى ٦,٠ ، ارتفاع pH الخثرة يساعد على تحلل البروتين وزيادة نواتج التحلل من النتروجين الذائب ونتروجين الأحماض الأمينية والأمونيا بينما أنخفاض pH يساعد على تحلل الدهن وأنفراد كميات أكبر من الأحماض الدهنية الحرة .

كما يلاحظ ان مذاق المرق brothy taste والذى يرجع الى نواتج تحلل البروتين من احماض امنية وخاصة حامض الجلوتاميك يكون اكثر وضوحا فى الجبن المرتفعة فى pH بينما يكون الطعم حاد (حريف) والذى يرجع لأنفراد الأحماض الدهنية الطيارة ويكون أكثر وضوحا فى الجبن المنخفضة فى pH .

ويلاحظ الطعم المر وغيره من الأطعمة غير المرغوبه وكذلك التخمرات غير الطبيعية مثل تخمر حمض البيوتريك butyric acid fermentation بدرجة اكبر فى الجبن المرتفعة فى pH عنه فى الجبن المنخفضة فى pH . وفى الجبن السويسريه والأنواع المشابه له يعتبر pH الخثرة عاملا هاما جدا فى التسوية وتكوين العيون بالحجم والعدد المناسب وكذلك الطعم الحلو المرغوب حيث انه يؤثر على نمو ونشاط حمض البربيونيك propionic acid bacteria فأذا كان pH اقل من ٥,٠ خلال المراحل الأولى من التسوية (مرحلة تكوين العيون الغازية) فأنه يحدث تثبيط لهذه البكتريا بدرجة كبيرة وبالتالى لاتتكون العيون بطريقة طبيعية مقبولة . كما ان انخفاض pH يجعل القوام هشا قابلا للكسر والتفتت وخال من المرونة والمطاطية المرغوبه وينشأ عن ذلك تكوين شقوق اكثر منها عيون دائرية و pH المرتفع نوعا (اعلا من ٥,٣٥) يسبب عيب " oversetting " مع تكوين غاز وانتفاخ الجبن .

٤-٤- درجة الحرارة اثناء التسوية

يتحكم صانع الجبن فى درجة الحرارة اثناء تصنيع الخثرة وتسوية الجبن حيث تؤثر درجة الحرارة على معدل نمو ونشاط الميكروبات الموجودة فى الخثرة وكذلك معدل التفاعلات البيوكيماوية فى الخثرة . درجة الحرارة المنخفضة تقلل من نمو ونشاط الميكروبات وكذلك التغيرات البيوكيماوية بينما ارتفاع درجة الحرارة تزيد من معدل كل منهما بدرجة تؤدى الى عدم تراكم المكونات الوسيطه التى تختفى بسرعة وتتكون نواتج

نهائية مختلفة لذلك فأن الجبن التى تسوى ببطء عند درجات حرارة منخفضة (٤°م) قد لايتكون بها نفس الطعم والنكهه التى قد تظهر فى الجبن المسواة عند درجة حرارة مرتفعة (١٥°م) . وعادة تظهر عيوب فى الطعم off- flavors عند درجات الحرارة المرتفعة . وتتراوح درجة حرارة التسوية عادة لمعظم أنواع الجبن من ٤-١٣°م بأستثناء بعض الاصناف التى تتعرض لفترات فى غرف دافئة لأحداث تغيرات معينة (مثل تكوين العيون الغازية فى جبن الأمنيثال) فالجبن الطرية المرتفعة الرطوبة تسوى عند درجات حرارة اقل عن الجبن الجافة حيث ان 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.

وقد قام كثير من الباحثين بدراسة تأثير درجة حرارة التسوية على جودة الجبن الناتج حيث وجد ان جبن التشدر المسوى لمدة ٣-٤ شهور عند ١٠°م قبل تخزينه على درجة حرارة منخفضة يتميز بجودة افضل عن الجبن المخزن لمدة ٦ شهور عند درجة ١°م . الجبن المصنع من لبن مرتفع الجودة يمكن تسويته على درجة حرارة مرتفعة تصل الى ١٠°م ودون حدوث تأثير على جودة الجبن الناتج مع ظهور طعم جيد به . الجبن المصنع من لبن منخفض الجودة يحتاج الى تسويته على درجة حرارة منخفضة . وقد وجد ان جودة الجبن المصنع من لبن منخفض الجودة وتم تسويته عند درجة ١٥,٥°م تكون اقل من الجبن المسوى عند درجة ١٠°م والعيوب الموجودة فى الجبن المسوى عند درجة الحرارة المرتفعة وخاصة المصنوعة من لبن خام تشمل الطعم الحامضى ، المر غير نظيف ، تكوين غازات مع قوام هش قابل للفرولة والكسر . وقد وجد أن معدل تحليل البروتين عند درجات الحرارة المرتفعة اعلا بما يعادل ٤٠-١٠٠٪ وعموما فأن درجة حرارة التسوية تؤثر بدرجة واضحة على التوازن المطلوب بين مكونات الطعم لأظهار الطعم المميز المطلوب فى الجبن فمثلا عند درجة حرارة مرتفعة (١٦°م) يكون تحلل البروتين اسرع من تحلل الدهن والذى يؤدى الى ظهور طعم مر bitter فى الجبن كما قد يحدث بعض العيوب فى الطعم والتركيب البنائى للجبن عند درجات الحرارة المرتفعة نتيجة لنشاط *C.tyrobutyricum* ، بكتريا حمض البروبيونيك ، Lactobacilli المختلطة التخمر .

كما أشار البعض ان جبن التشدر المصنوع من لبن مبستر يمكن تسويته عند درجة حرارة تصل الى ١٠°م او اعلا من ذلك بنجاح دون ظهور عيوب فى الجبن الناتج ودرجة

حرارة منخفضة تصل الى ١°م تكون عادة منخفضة جدا لتسوية الجبن ولكنها مناسبة لتخزين الجبن المسوى وذلك لتأخير ظهور الأطعمة غير المرغوبة . كما اشار البعض ان جبن التشدر المصنوع من لبن مبستر مرتفع الجودة كان تام التسوية فى خلال ٣-٤ شهور عند درجة ١٥,٥°م ومماثل للجبن المسوى لمدة ٦شهور عند ١٠°م وان طعم وجودة الجبن لم تتأثر بأرتفاع درجة الحرارة خلال هذه الفترة وعليه فأنه يمكن استخدام لبن مبستر مرتفع الجودة مع التسوية على درجة حرارة مرتفعة نسبيا وذلك لتعويض تأثير البسترة فى ابطاء معدل التسوية مقارنة بالجبن المصنع من لبن خام . وهناك بعض انواع من الجبن تتم فيها التسوية على درجات حرارة مرتفعة فمثلا فى الجبن الأمينتال Emmental تجرى المراحل الأولى من التسوية عند درجات حرارة منخفضة حيث تنمو بكتريا حمض اللاكتيك وتحدث بعض التفاعلات الوسيطه فى الخثرة ثم ترفع درجة حرارة التسوية بعد ذلك لكى تنمو بكتريا حمض البروبيونيك وتكون الطعم المرغوب والعيون الغازية فى الخثرة. استمرار التسوية على درجات حرارة منخفضة يؤدى الى انتاج جبن خال من العيون الغازية "blind cheese " وخالية من الطعم الحلو المميز لها حيث يتكون حامض اللاكتيك ، السكسنيك ، الخليك بالأضافة الى حمض البروبيونيك خلال عملية التخمر والتى تساهم فى تكوين طعم جبن الأمينتال .

عادة تحفظ الجبن السويسريه Swiss cheese والأنواع المشابهه له لمدة ١٠-١٤يوم فى غرفة مبردة عند درجة حرارة من ١٢-١٥°م حيث تجرى تمليح الجبن بغمرها فى محلول ملحى وخلال هذه الفترة تزداد صلابة الجبن ثم تنقل بعد ذلك الى غرفة دافئة على درجة حرارة ٢٠-٢٣°م حيث تملح تمليح جاف يرش الملح على السطح مع وجود رطوبة نسبية فى غرف التسوية (٨٠ الى ٨٥ ٪) تكون مرتفعة بدرجة تسمح للملح ان يصبح رطبا ويمتص تدريجيا داخل الجبن . وفى نفس الوقت تصبح الجبن مرنه elastic بدرجة مرغوبة . خلال هذه الفترة الأولية والاساسية من التسوية يحدث تخمر حمض البروبيونيك propionic acid fermentation وفيه تقوم بكتريا *P.shermanii* والميكروبات المماثلة بتكوين حمض البروبيونيك والخليك CO_2 من اللاكتات . يساهم حمض البربيونيك فى الطعم الحلو sweet المميز لهذه الجبن ويتجمع CO_2 ليكون العيون الغازية فى الجبن وتصبح الجبن اكثر صلابة واقل ليونة نتيجة فقد الرطوبة واذا كانت الصلابة اكثر من اللازم خلال تكوين العيون فأنه يحدث تشققات فى الجبن .

تسوى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese عند درجة حرارة منخفضة وذلك بعد فترة تسوية قصيرة فى البداية فى غرف دافئة . وفى هذه الجبن تتكون احماض اللاكتيك والماليك ، الفورميك ، الخليك ، ايسوبروبيونيك، الكابرويك ، الكابريليك ، الكابريك ، البيروفيك والكيتوجلوتاريك . وتسود احماض اللاكتيك ، والماليك ، ايسوبروبيونيك ، الكابرويك ، الكابريك وتساهم فى الطعم . وتشارك هذه الاحماض ايضا فى التغيرات التى تحدث فى pH بالرغم من ارتباطها مع مكونات اخرى فى الخثرة كأصول حامضية .

٤-٥- المواد المثبطة والأكسجين

أختيار لبن مرتفع الجودة والمعاملة الحرارية للبن للقضاء على الميكروبات غير المرغوبة فى اللبن مع بادىء نشط وخال من الملوثات يساعد صانعى الجبن على تجنب وجود المواد المثبطة فى خثرة الجبن . فى وجود المضادات الحيوية فى اللبن نتيجة علاج الحيوانات المصابة وكذلك النيسين nisin من بكتريا حمض اللاكتيك الكروية والمواد المثبطة الناتجة من ميكروبات اخرى نامية فى لبن الجبن قد تثبط من نمو البكتريا وأحيانا تحدث تثبيط للتفاعلات الأنزيمية .

أضافة املاح النيترات وكلوريد الصوديوم الى اللبن او الخثرة عبارة عن وقاية كيماوية chemical control لتثبيط الميكروبات المكونة للغازات او المنتجة للحموضة على التوالى. أستخدام اتزان النترات / النيتريت فى الجبن المنخفضة الحموضة لتثبيط الميكروبات المنتجة للغازات تؤثر على جهد الأكسدة والأختزال (E_h) فى الخثرة . ويرجع جهد الأكسدة والأختزال فى اللبن الى انتقال الأكسجين (الأكسدة oxidation) او الأيدروجين (اختزال reduction) من مكون الى اخر . وبعض الأنظمة قادرة على الأكسدة وليس على الأختزال بينما انظمة اخرى قادرة على احداث الاكسدة والأختزال.

المكونات الرئيسية فى اللبن من بروتين ، دهن ،ولاكتوز لايؤثر بصورتها الطبيعية الموجودة فى اللبن على جهد الأكسدة والأختزال ولكن الأسكوربات واللاكتات والريبوفلافين تساعد على المحافظة فى حالة الثبات .

عندما تنمو البكتريا تستهلك الأكسجين وبالتالى تغير من جهد الأكسدة والأختزال. وهذا التغير والذى يعتبر دليل على النشاط البيوكيماوى والذى يمكن قياسه بالتغيرات فى لون محلول ازرق الميثلين ، 2, 3, 5, triphenylteterazolum chloride فى اللبن او فى الجبن والتغير فى الجهد (E_h) عندما يحدث تفاعل يدل على الأتجاه الذى يسير

فيه التفاعل من ناحية الأكسدة او الاختزال وعليه فأن تفاعل oxidation deamination للالنين تعطى بيروفات وأمونيا . واختزال البيروفات بواسطة الأيدروجين يعطى حامض لاكتيك .

عادة يعتبر *L.lactis* subsp *lactis* منتج لحامض اللاكتيك ولكن ينتج ايضا حامض خليك بعد ان يتحلل اللاكتوز الى جلاكتوز وجلوكوز ، وقد ينطلق CO_2 خلال هذا التخمر إذا تم تنمية *L. lactis* subsp *lactis* تحت ظروف لاهوائية تقريبا فأنه يتكون احماض الخليك والفورميك بالاضافة الى الأيثانول ، وثنائى الأستيل والأسيتون 2, 3, - butanediol والبكتريا اللاهوائية تحتاج جهد سالب للأكسدة والأختزال (E_h) للنمو بنشاط . ويصل تنفس خثرة الجبن اقصاه فى خلال ٦ - ٩ يوم ثم ينخفض بشدة وبدرجة سريعة ولا يحدث نزع بجاميع الكربوكسيل تحت هذه الظروف الهوائية فى الجبن .

٥- تفاعلات التسوية

تحدث فى الجبن ثلاث تفاعلات اساسية أثناء التسوية : تحلل السكريات الكربوهيدريت (اللاكتوز) glycolysis ، تحلل البروتين proteolysis ، تحلل الدهن lipolysis وهذه التفاعلات مسئولة بدرجة رئيسية عن التغيرات الأساسية فى القوام والتركيب البنائى للجبن texture والتى تحدث فى خثرة الجبن أثناء التسوية كما انها مسئولة بدرجة كبيرة عن الطعم الأساسى basic flavor فى الجبن ومع ذلك فإن عديد من التغيرات الثانوية مسئولة اساسا عن ظهور الطعم والتركيب المميزين لنوع الجبن .

٥-١- تحلل الكربوهيدريت (اللاكتوز)

خلال مرحلة تصنيع الجبن يتحول اللاكتوز إلى حامض لاكتيك (L-lactate بصفة أساسية) بواسطة بكتريا البادىء (مسارات تحلل اللاكتوز - الفصل الثالث - شكل ٢-٣) . فى حالة أنواع الجبن التشدر فإن معظم حامض اللاكتيك يتكون فى حوض الجبن وقبل التمليح والتشكيل حيث أنه فى معظم الأنواع الأخرى يحدث التحميض أساسا بعد أن توضع الخثرة فى القوالب . ويصل pH الخثرة لمعظم انواع الجبن أو جميعها إلى حوالى ٥,٠ فى خلال ١٢ ساعة من بداية تصنيع الجبن .

معدل ودرجة التحميض لها تأثير رئيسى على التركيب البنائى texture للجبن عن طريق فقد الأملاح المعدنية من جزيئات الكازين وعلى تحلل البروتين نتيجة لزيادة حساسية

جزيئات الكازين المنزوع منها الأملاح المعدنية للتحلل وكذلك الى أرتفاع الكيموسين chymosin المحتجزة عند pH منخفض .

نظرا 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 ويتحول اساسا الى L-lactate بواسطة نشاط البادىء بصفة اساسية . سرعة تمثيل بقايا اللاكتوز وكذلك مكوناته من سكريات أحادية (إلى مكوناتها النهائية) يكون ضروريا لأنتاج جبن مرتفع الجودة . تخمر بقايا اللاكتوز بدرجة سريعة نسبيا تعتمد على تركيز الملح فى رطوبة الخثرة (S/M) . *L.lactis* subsp *cremoris* أكثر حساسية للملح عن *L.lactis* subsp *lactis* والذى بدوره يكون أكثر حساسية عن بكتريا حمض اللاكتيك التى لاتنتمى الى البادىء (NSLAB) . بناء على ذلك فإن نسبة الملح فى رطوبة الخثرة S/M تحدد صفات الناتج بعد حدوث تخمر اللاكتوز فعند تركيز منخفض من S/Mوأعداد منخفضة من NSLAB فإن بقايا اللاكتوز يتحول اساسا إلى L- lactate بواسطة البادئ . وفى حالة وجود أعداد كبيرة من NSLAB مثل التخزين عند درجات حرارة مرتفعة فإن كميات ملحوظة من D- lactate تتكون جزئيا نتيجة تخمر بقايا اللاكتوز وجزئيا نتيجة تحويل L-lactate إلى D-lactate. عند تركيز مرتفع من S/M (حوالى ٦٪) فإن تركيز اللاكتوز يتخفض بمعدل بطىء جدا عند وجود أعداد قليلة من بكتريا NSLAB والتحول إلى لاكتات يكون ضعيف .

وفى الجبن الطرية المخلله (تخزن فى شرش مملح) والمحتوية على نسبة مرتفعة من الملح مثل الجبن الدمياطى حيث تتميز هذه الجبن بأرتفاع pH نسبيا (٦,٠- ٦,٥) ومحتوى الرطوبة (حوالى ٦٠ - ٦٥٪ أو أقل) ومحتوى كلوريد الصوديوم (٥ - ٨٪) وجد أن الكربوهيدريت تظل موجودة فى الجبن الدمياطى حتى بعد ٦شهور من التخزين حيث لوحظ وجود اللاكتوز والجلاكتوز ولا يوجد جلوكوز فى الجبن عمر ٦ شهور وقد يبدو أن تخمر اللاكتوز فى الجبن الدمياطى والأنواع المشابه يستمر حتى تثبط الحموضة المتكونة نمو الميكروفلورا فى الجبن . هذا فإن اللاكتوز (فى الجبن وفى محلول التخليل) اكثر من احتياجات الميكروفلورا فى الجبن وهذا يوضح سبب أرتفاع بقايا اللاكتوز فى الجبن طوال فترة التخزين .

يبدأ تخمر اللاكتوز فى هذه الجبن بتحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز ولكن ميكروفلورا الجبن يستخدم الجلوكوز مع تراكم الجلاكتوز بطريقة مماثلة لما يحدث فى اليوجهورت والجبن السويسريه . الميكروفلورا الموجودة فى هذه الجبن اساسا متجانسة التخمر مما يدل على أن تخمر اللاكتوز ينتج حمض اللاكتيك بصفه اساسية .

وفى الجبن الطرية المخلله (تخزن فى شرش مملح) التى تستخدم فى صناعتها بادىء مثل Brinza, Teleme فعند تركيزات مرتفعة من S/M (أعلا من ٥٪) فإن نشاط معظم بكتريا البادىء ينخفض بدرجة كبيرة أو يقف تماما وتخمر بقايا اللاكتوز بواسطة الفلورا الثانوية وتشمل Lactobacilli, Pediococci, Micrococci وهذة الميكروبات تخمر اللاكتوز تخمرا مختلطا مع انتاج مكونات مختلفة من بينها حمض الخليك الذى يكون الحامض الطيار الرئيسى فى هذه المجموعة من الجبن .

تتأثر جودة الجبن بدرجة كبيرة بتخمر بقايا اللاكتوز . يعزى الأنخفاض فى pH بعد التمليح أساسا إلى النشاط المستمر للبادىء عند تركيز ات من S/M أقل من ٥٪ ولكن عند مستويات مرتفعة من S/M ينخفض نشاط البادىء بدرجة شديدة حيث يتضح ذلك من أرتفاع مستويات بقايا اللاكتوز وأرتفاع pH كما أن جودة الجبن تنخفض بشدة عند تركيزات S/M أعلا من ٥٪ . تحتوى أنواع الجبن الهولندية على اللاكتوز بتركيز يصل إلى حوالى ١,٤٪ عند الكبس ولكن ينخفض إلى أقل من ٠,١٪ بعد الكبس وإلى نسبة ضئيلة يصعب تقديرها بعد عملية التمليح وتتخمر اللاكتوز بواسطة البادىء إلى L-lactate .

تخمير اللاكتوز فى أنواع الجبن السويسرية تعتبر عملية معقدة إلى حد ما . تحتوى الأمينتال Emmental على حوالى ١,٧٪ لاكتوز بعد ٣٠دقيقة من تشكيل الخثرة والذى يتخمر بسرعة بواسطة . *S. salivarius* subsp. *thermophilus* ليصل إلى مستويات منخفضة جدا فى خلال ١٢ ساعة مع أنتاج L-lactate يصل إلى حوالى ٠,٨٪ . يتم تمثيل شق الجلوكوز فقط الموجود فى اللاكتوز بواسطة *S.salivarius* subsp *thermophilus* وبالتالى يتراكم الجلاكتوز ويصل الى أقصى حد له حوالى ٠,٧٪ بعد حوالى ١٠ ساعات . ثم تبدأ بكتريا حمض اللاكتيك العصوية Lactobacilli فى التكاثر (بعد أن تبرد الخثرة نسبيا) وتخمر الجلاكتوز إلى خليط من L-lactate و D- حيث يصل تركيزهما إلى ٠,٣٥٪ ، ١,٢٪ . على الترتيب بعد١٤ يوم

حيث يكون عادة جميع السكريات قد تم استهلاكها تماما . بعد ذلك يحدث تغيير ضئيل فى تركيزات L-lactate و - D إلى أن تنقل الجبن إلى الغرف الدافئة حيث تبدأ بكتريا حمض البربيونيك فى النمو .

٥-١-١ - التغيرات فى اللاكتات أثناء التسوية

أ- تكوين المشابهات Racemization

يبلغ تركيز اللاكتات فى الجبن الكمبير ، السويسريه والتشدر ١,٠ ، ١,٤ ، ١,٥٪ على التوالى . أختفاء اللاكتات من الجبن أثناء التسوية قد جذب أهتمام كثير من الباحثين فقد وجد أن جبن التشدر على المستوى المعملى والتجارى تحتوى على تركيزات محسوسة من D- lactate ، التى قد تتكون من بقايا اللاكتوز بواسطة Lactobacilli او بواسطة عملية تحويل صور المشابهات racemization حيث يتحول إلى D-lactate فى هذه الحالة يتأكسد L-lactate بواسطة أنزيم (L-LDH) L-lactate dehydrogenase إلى بيروفات والذى يختزل بعد ذلك إلى D-lactate بواسطة انزيم (D-LDH) .

وقد أشار البعض إلى أنه من المحتمل أن يكون Pediococci مسئولا عن هذا التحول وقد وجد أن جميع Pediococci التى تم عزلها من الجبن التشدر وعددها ٢٧ كانت قادرة على تحويل L-lactate إلى D-lactate والذى ينتهى إلى تكوين مخلوط راسيمى racemic mixture (أى مخلوط من -D و -L)بينما فقط ٥ من ١٦ عزلة Lactobacilli كانت قادرة على تحويل اللاكتات من الصورة -L إلى الصورة -D بمعدل بطىء جدا وبدرجة أقل من Pediococci وتحويل L- lactate بواسطة كل من Pediococci ، Lactobacilli تعتمد على pH (درجة pH المثلى ٤ - ٥) . وتكون هذه العملية بطيئة فى وجود الملح بتركيزات أعلا من ٢٪ أو أعلا من ٦٪ لـ Lactobacilli , Pediococci على التوالى . وتتم عملية تحويل اللاكتات إلى الصور المشابه racemization فى الجبن التشدر المحقونة بالـ Pediococci فى حوالى ١٩ يوم بينما تحتاج إلى حوالى ٣شهور فى جبن المقارنة والتى تحتوى على مستويات أقل من بكتريا NSLAB وخاصة Pediococci .

تحويل صور اللاكتات إلى مشابهات تحدث فى عدة أنواع من الجبن . تحتوى جبن الجودة ، على النطاق التجارى ، على نسبة منخفضة نسبيا من D-lactate وقد يعزى ذلك إلى قصر فترة التسوية . مستوى L- or D-lactate فى جبن الكمبير

منخفض جدا ويعزى ذلك إلى تمثيل اللاكتات بواسطة الفطر ، كما يتوقع أن يحدث هذا التأثير فيالجبن المعرفة بالفطر Blue cheese إلا أنه لم يثبت حدوثه فى الجبن .

ويبدو أن عملية تحويل المشابهات قد لايكون لها تأثير معنوى على طعم الجبن ولكن D-lactate قد لايكون لها تأثيرات تغذوية غير مرغوبة فى الأطفال الرضع infants حيث أن calcium D-lactate أقل ذوبانا عن calcium L-lactate ، وقد يكون بللورات فى الجبن مسببا تكوين بقع بيضاء غير مرغوبة عند الأسطح المقطوعة .

ب - 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 ، ولايحدث أكسدة للاكتات إلا إذا أستهلك جميع السكريات. ويستمر نظام أكسدة اللاكتات فى حالة نشطه فى الجبن التى عمرها ستة شهور .

وتشير نتائج البحوث فى هذا المجال إلى أن أكسدة اللاكتات إلى خلات فى الجبن يتوقف على أعداد بكتريا NSLAB وعلى تركيز O_2 المتوفر الذى يتحدد بواسطة حجم قرص الجبن ودرجة نفاذية مواد التغليف للأكسجين . الخلات ، التى قد تنتج أيضا بواسطة بكتريا البادىء من اللاكتوز أو السترات ، أو من الأحماض الأمينيه بواسطة بكتريا البادىء Lactobacilli ، عادة توجد فى تركيزات مرتفعة نسبيا 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 . وتحدث أكسدة L-lactate إلى خلات فى جميع أنواع الجبن الجافه والنصف جافة .

يتم تمثيل اللاكتات بدرجة كبيرة فى أنواع الجبن التى تسوى سطحيا بالفطر مثل جبن الكممبير والذى يبلغ تركيز اللاكتات فيها عند عمر يوم واحد حوالى ١,٠٪ والتى 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 أولا *Geotrichum candidum* والخمائر يليها *P.caseicolum* ثم *B.linens* الذى لاينمو ويسيطر على سطح الجبن إلا عندما يرتفع pH إلى أعلا من

٥,٨.

يمثل *G.candidum* ، *P.caseicolum* اللاكتات بسرعة إلى CO_2 وماء مسببا أرتفاع فى pH . يحدث فى البداية أنخفاض فى الحموضة على سطح الجبن ويؤدى ذلك الى تغير فى pH تدريجيا من السطح متجها إلى مركز الجبن وينشأعن ذلك أنتشار اللاكتات متجهه إلى السطح الخارجى للجبن . وعندما تستهلك جميع اللاكتات فإن *P.caseicolum* يقوم بتحليل البروتينات منتجا أمونيا (NH_3) التى تنتشر متجهة إلى داخل الجبن مسببا أرتفاع 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 ، أنخفاض تركيز فوسفات الكالسيوم فى داخل الجبن يساعد فى زيادة طراوة قوام الجبن . ينشط pH المرتفع من فعل البلازمين الذى يكون مسئولا مع بقايا المواد المجبنه عن تحلل البروتين فى هذه الجبن أكثر من البروتينيز proteinases الذى تفرزه الميكروبات التى تنمو على سطح الجبن والذى بالرغم من قدرته المرتفعة على تحلل البروتين إلا أنه ينتشر إلى داخل الجبن فقط إلى درجة محدودة جدا بالرغم من أن الببتيدات الناتجة بواسطتها على سطح الجبن قد تتخلل إلى داخل الجبن .

التأثير لل pH المرتفع وفقد الكالسيوم وتحليل البروتين يعتبر ضروريا لإحداث جزء كبير من الطراوة softening لقوام جبن الكممبير والبراى . فى الأنواع الأخرى كما فى الجبن الرومانو Romano ، تسود L-lactate فى البداية حيث تصل الى أقصى حد لها حوالى ١,٩٪ عند عمر يوم واحد . يبدأ التركيز فى الإنخفاض بعد ١٠ أيام وتصل الى ٠,٢-٠,٦٪ عند ١٥٠-٢٤٠ يوم . وقد يعزى بعض من هذا الإنخفاض الى تحويل L-lactate الى D-lactate الذى يصل الى أقصى تركيز له عند حوالى ٩٠ يوم ثم ينخفض بعض الشيء . تركيز الخلات قد يصل الى مستويات مرتفعة جدا (حوالى ١,٢٪) بعد ٣٠ يوم ولكن الى ٠,٢٪ على الأقل عند الأقل عند ٩٠ يوم. العوامل المسئولة عن تمثيل الخلات لم تحدد بعد ولكن يعتقد أن الخمائر من بين هذه العوامل .

فى أنواع الجبن السويسرية Swiss-type cheese فإن بكتيريا حمض البربيونيك تحول اللاكتات الى بربيونات وخلات و CO_2 :

$$CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH + CH_3\text{-}COOH + CO_2$$

lactic acid — propionic acid — acetic acid

غاز CO_2 الناتج يكون مسئولا عن تكوين العيون eyes وهى مميزة لهذة الأنواع من الجبن. تفضل بكتيريا حمض البربيونيك L-lactate عن D-lactate لتصل الى ٠,٢٪ بعد ٢٠ يوم فى الغرفة الدافئة الخاصة بالتسوية وفى الحقيقة يستمر تركيز D-lactate فى الزيادة ليصل الى حوالى ٠,٤٪ خلال الأيام الأولى فى هذة الغرفة الدافئة قبل أن تستخدم بواسطة بكتيريا حمض البروبيونيك propionibacteria. زيادة أعداد Lactobacilli يسرع من عملية تمثيل السكر مكونا تركيزات مرتفعة من كل من D-and L-lactate ولكن يحد من نمو بكتيريا حمض البربيونيك ويؤخر من انتاج البربيونات والخلات وفى غياب Lactobacilli أو gal⁻ Lactobacilli . يتراكم الجلاكتوز ولا يتكون D-lactate لذلك فأن نسبة Lactobacilli فى البادىء قد تؤثر على انتاج CO_2 والأحماض الطيارة.

٥-٢- تمثيل السترات

التركيزات المنخفضة نسبيا للسترات فى اللبن (حوالى ٩ ملليمول) لا يعطى صورة حقيقية عن أهمية تمثيل السترات فى عديد من أنواع الجبن التى تصنع بأستخدام بادئات الحرارة المعتدلة . بكتيريا *L.lactis* subsp. *lactis* or *cremoris* لا تخمر السترات بينما تخمر *Leuconostoc* spp., *L.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis* السترات مع انتاج ثنائى الأستيل diacetyl ، CO_2 . كما أن *S.salivarius* subsp. *thermophilus* وكذلك thermopilic lactobacilli لا تخمر السترات ولكن عدة أنواع من mesophilic lactobacilli تخمر السترات مع أنتاج ثنائى الأستيل والفورمات ويؤثر وجود اللاكتوز على كمية الفورمات المتكونة.

لا تستخدم السترات كمصدر للطاقة بواسطة *L.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis* أو *Leuconostoc* spp. ولكن يتم تخميرها بمعدل سريع فى وجود كربوهيدريت قابلة للتخمر (شكل ٤-٣ الفصل الثالث). نظرا لأنتاج CO_2 فإن السترات تعتبر مسئوله عن ظاهرة تكوين العيون فى جبن الأنواع الهولندية وعن القوام المفتوح غير المرغوب وطفو الخثرة على سطح حوض التجبن فى جبن التشدر وجبن Cottage على التوالى. كما أن تخمير السترات على جانب كبير من الأهمية فى تكوين الطعم والنكهة فى جبن Quarg, Cottage وعديد من الألبان المتخمرة نتيجة تكوين ثنائى 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 .

حوالى ٩٠٪ من السترات فى اللبن توجد على حالة ذائبة ومعظمها يفقد فى الشرش ومع ذلك فإن تركيز السترات فى الوسط المائى للجبن يبلغ حوالى ٣ أضعاف وجوده فى الشرش وقد يعكس ذلك تركيز السترات الغروية colloidal citrate حيث تحتوى جبن التشدر على ٠,٢ الى ٠,٥٪ سترات ففى حالة تصنيع الجبن بأستخدام *L. lactis* subsp. *cremoris* فقط فإن السترات تبقى ثابته عند تركيز ٠,٢٪ حتى ٣ شهور ولكن تنخفض الى ٠,١٪ عن ٦ شهور. الجبن المصنعة بأستخدام *L.lactis* subsp. *cremoris* مع *L.lactis* subsp *lactis* biov. *diacetylactis* لا تحتوى على سترات عند ٣ شهور. بالرغم من *Lb.casei* يستطيع تخمير السترات فى اللبن فأن تركيزات السترات فى الجبن المصنعه بأستخدام *L.lactis* subsp. *cremoris* + *Lb.casei* ينخفض الى معدل مماثل للموجود فى الجبن المصنعه بأستخدام *L.lactis* subsp. *cremoris* بمفردها. وقد وجد أن السترات فى جبن التشدر تنخفض ببطء الى أن تختفى تماما عند ٦ شهور ويرجع ذلك الى تخمر السترات بواسطة Lactobacilli التى تصبح المكون الرئيسى لبكتريا NSLAB. تلقيح لبن الجبن ببكتريا *Lb.plantarum* تسرع من اختفاء السترات ويبدو أن Pediococci لا تستخدم السترات .

٥-٣- تحلل البروتين

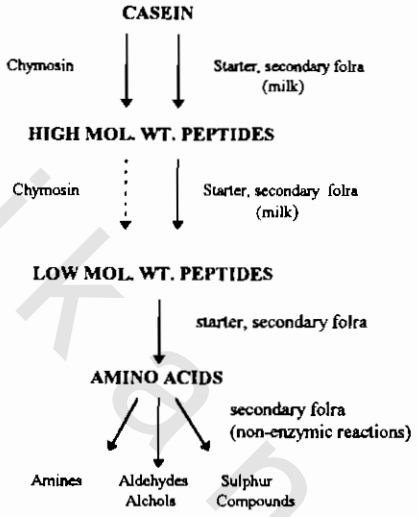
يعتبر تحلل البروتين proteolysis أكثر التفاعلات الأولية الثلاثة تعقيدا أثناء تسوية الجبن وقد تكون على جانب كبير من الأهمية فى تكوين الطعم والتركيب البنائى وخاصة فى الجبن التى تسوى داخليا بالبكتيريا. تختلف درجة تحلل البروتين فى الجبن تحلل محدود كما فى جبّن الموزاريلا الى تحلل شامل كما فى الجبن المسواه بالفطر . تتراوح نواتج تحلل الكازين من ببتيدات عديدة كبيرة الحجم بالمقارنة بحجم الكازينات الكاملة الى ببتيدات متوسطة وصغيرة الحجم الى أحماض أمينية حرة (شكل ١-٦). ويساهم تحلل البروتين فى تسوية الجبن من خلال أربع طرق على الأقل :

أ- مساهمة مباشرة فى الطعم عن طريق الأحماض الأمينية والببتيدات التى قد يسبب بعضها أطعمه غير مرغوبة off-flavors خاصة المرارة bitterness أو بطريقة غير مباشرة عن طريق هدم الأحماض الأمينية الى أمينات amines ، أحماض ، , thioesters, thiols ..... الخ

ب- افراز كمية أكبر من المكونات ذات المذاق المرغوب أثناء المضغ mastication .

جـ- تغيرات فى الـ pH نتيجة تكوين الأمونيا NH_3 .

د- تغيرات فى التركيب البنائى texture نتيجة تحلل شبكة البروتين وأرتفاع فى pH وكمية أكبر من الماء المرتبط مع مجاميع الأمين والكربوكسيل المتكونة حديثا .



شكل ١-٦ : تحلل الكازين أثناء تسوية الجبن

بالرغم من أن تسوية بعض أنواع من الجبن (مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese وجبن الرومانو Romano) يعتمد أساسا على تحلل الدهن lipolysis الا أن تحلل البروتين له أهمية متماثلة فى جميع أنواع الجبن. يعتقد كثير من الباحثين أن تحلل البروتين فى جبن التشدر والأنواع الهولندية وبعض الأنواع الأخرى أهم التغيرات البيوكيماوية التى تحدث أثناء التسوية. ويوجد ارتباط قوى بين قوة طعم جبن التشدر وتركيز الأحماض الأمينية الحرة. هناك محاولات عديدة لتحديد دلائل تحلل البروتين لمعرفة درجة التسوية وبالرغم من أن مثل هذه الدلائل indices ترتبط بعمر ودرجة تسوية الجبن إلا أنها فشلت فى التعرف على وجود الأطعمة غير المرغوبة لذلك يمكن اعتبارها مكملة للتقييم الحسى للجودة.

وقد تعرض تحلل البروتين فى الجبن الى عديد من الأبحاث وأدى ذلك الى توفر كم كبير من المعلومات عن مستوى ونوع تحلل البروتين فى مجاميع الجبن الأساسية.

٥-٣-١- العوامل المحللة للبروتين فى الجبن

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

١- المنفحه أو بدائل المنفحه

٢- أنزيمات اللبن الطبيعية المحللة للبروتين وخاصة البلازمين plasmin

٣- أنزيمات بروتينيز وببتيديز بكتريا البادئات والتى تنفرد عندما تتحلل الخلايا .

٤- أنزيمات من بكتريا بخلاف بكتريا البادىء non-starter bacteria (NSB)

٥- أنزيمات البروتينيز والببتيديز من الميكروبات الثانوية (البادئات المساعدة).

الأنزيمات من الأربع مصادر الأولى (١-٤) تكون نشطة تقريبا فى جميع أنواع الجبن المسواه بينما البادئات المساعدة adjunct starter (الميكروبات المضافة الى لبن جبن بهدف آخر غير زيادة الحموضة) يكون لها تأثير ملحوظ على تسوية هذه الأنواع من الجبن التى تضاف اليها مثل بكتريا حمض البروبيونيك فى أنواع الجبن السويسرية ، *B. linens* فى الجبن المسواه سطحيا بالبكتريا (جبن البريك) *P. roqueforti* فى الجبن المعرقة بالفطر *P.camemberti* فى جبن الكممبير. كما أن الأنزيمات الخارجية التى تضاف للإسراع من تسوية الجبن يمكن اضافتها الى عوامل التسوية السابق الإشارة اليها حيث يكون لها تأثير كبير فى هذا المجال عند استخدامها .

يمكن تقييم مساهمة هذه العوامل منفردة أو مشتركة فى تحليل البروتين فى ٣ محاور متكاملة :

(١) نموذج لأنظمة الجبن Model cheese systems .

(٢) نوعية نشاط أنزيمات البروتينيز والببتديز الرئيسية على الكازينات أو الببتيدات المشتقة من الكازين فى المحلول .

(٣) عزل الببتيدات من الجبن على أساس نوعية تأثير أنزيمات البروتينيز/الببتديز على الكازينات فى المحلول والتعرف على العوامل المكونة لها .

أستخدام نموذج أنظمة الجبن يساعد على تقدير مساهمة عوامل التسوية الرئيسية فى تحليل البروتين فى الجبن بدقة كبيرة وتتلخص هذه الأنظمة فيما يلى :

استخدام جبن مقارنة (كنترول) معقمة ، جبن معقمة خالية من المنفحة ، جبن معقمة خالية من البادىء وجبن معقمة خالية من كل من المنفحة والبادئ (يرجع إلى ٢ -

عوامل التسوية) .

وقد دلت النتائج على أن المواد المجبنة مسئولة عن تحلل الكازين فى المراحل الأولى بينما يكون دور أنزيمات اللبن الطبيعية وبروتينيز البادئات أقل أهمية عند هذا المستوى من تحلل البروتين ومع ذلك فإن أنتاج الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية ترجع أساسا الى فعل بكتريا البادىء وأنزيماتها (شكل ١-٦) .

٥-٣-٢- المواد المجبنة

حوالى ٣-٦٪ فقط من كمية المنفحه التى تضاف الى لبن الجبن تحتجز فى الخثرة ولكن تتأثر هذه الكمية بنوع المنفحة ودرجة الحرارة المستخدمة وعملية الطبخ . نسبة الكيموسين chymosin المحتجز فى الخثرة تتأثر بشدة بدرجة pH عند صرف الشرش حيث ترتفع الكمية المحتجزة بأنخفاض pH . وقد وجد أن كمية صغيرة من المنفحة الميكروبية تحتجز فى الخثرة بصرف النظر عن درجة pH الخثرة وأن كمية ضئيلة من المواد المجبنة (اذا وجدت) تقاوم عملية الطبخ فى الجبن السويسرى بالرغم من أن بعض منها قد تقاوم فى جبن الموزاريلا حيث يؤكد ذلك تكوين α_{s1}- I casein .

جميع المنافح التجارية الأساسية عبارة عن بروتينيز حامضى acid proteinases 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. يحلل الكيموسين β-casein فى محلول منظم ٠,٠٥ مول خلات الصوديوم عند pH ٥,٤ فى ٧ مواقع عند الروابط، Leu_{192}-Tyr_{193} ، Leu_{139}-Leu_{140}, Leu_{163}-Ser_{164}, Ala_{189}-Phe_{190} ليكون ببتيدات β-I ، β-II ، β-III على التوالى ، (شكل ٢-٦) وقد تحلل الروابط Leu_{165}-Ser_{166} Ser_{167}-Gln_{168} لتكون ببتيدات يمكن تمييزها بواسطة الهجرة الكهربية عن β-II وعند pH منخفض (٢-٣) ، تتحلل أيضا الرابطة Leu_{127}-Thr_{128} ليكون β-IV . يمكن تثبيط تحلل β-casein بالكيموسين بدرجة كبيرة بواسطة ٥٪ NaCl وتثبيطه تماما بواسطة ١٠٪ NaCl .

عندما تستخدم المنافح الحيوانية فإن β-casein يكون مقاوم لحد ما للتحلل فى الجبن المسواه بالبكتيريا أثناء التسوية وفى الجبن المسواه بالفطر حتى يسود البروتينيز الفطرى fungal proteinases بعد نمو الفطر (فمثلا حوالى ٥٠٪ من β-casein يقاوم حتى ٦ شهور). البيتابتيدات β-peptides التى تتكون عادة بواسطة المنفحة ، β-I ، β-II

، لا تظهر مما يدل على أن البلازمين أو البروتينيز البكتيرى مسئول عن تحلل β-casein فى هذه الجبن. وبدون شك فإن NaCl فى الجبن يكون عامل مثبط ولكن حتى فى غياب NaCl فإنه قد يحدث تحلل طفيف للبيتاكازين بواسطة المنفحة الحيوانية وعلى العكس من ذلك فإن المنفحة الميكروبية تحلل α_{s1}-casein والبيتاكازين بمعدلات متماثله تقريبا فى الجبن وبالرغم من تأثير البروتينيز الفطرى (*M.miehei*) على البيتاكازين قد يبدو مختلف عن تأثير الكيموسين فإن نشاطه أقل حساسية NaCl.

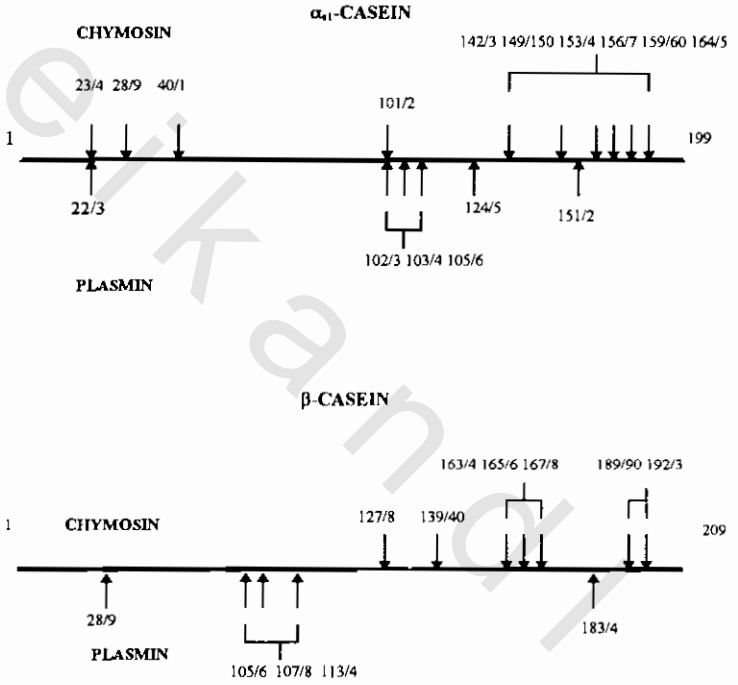
يوجد فى α_{s1}-casein فى المحلول عدة روابط حساسة للكيموسين والذى يعتمد تحللها على درجة pH وتركيز NaCl . وعلى عكس البيتاكازين فإن NaCl بتركيزات تصل الى ٥٪ ينشط تحلل α_{s1}-casein ويحدث تحلل بدرجة كبيرة فى وجود ٢٠٪ NaCl. ويحلل الكيموسين α_{s1}-casein عند الرابطة Phe_{23}-Phe_{24} مع أنتاج ببتيدات صغيرة (α_{s1}-CNf1-23) والذى يتحلل بواسطة أنزيمات بروتينيز البادىء مما يزيد من طراوة الجبن. فى محلول منظم فوسفات (٠,١ مول) عند pH ٦,٥ يتم تحليل α_{s1}-casein بالكيموسين عند المواقع التالية (شكل ٢-٦) :

Phe_{23}-Phe_{24} ، Phe_{28}-Phe_{29} ، Leu_{40}-Ser_{41} ، Phe_{153}-Tyr_{154} ، Leu_{149}-Phe_{150} ، Leu_{156}-Asp_{157} ، Tyr_{159}-Pro_{160} ، Trp_{164}-Tyr_{165} . عند pH ٥,٢ وفى وجود ٥٪ NaCl يتحلل α_{s1}-casein عند هذه المواقع بالإضافة الى Leu_{11}-Pro_{12} ، Phe_{32}-Gly_{33} ، Leu_{101}-Lys_{102} ، Leu_{142}-Ala_{143} ، Phe_{189}-Ser_{190} .

فى جبن التشدر والأنواع الهولندية يتحلل α_{s1}-casein تماما الى α_{s1}-I وبعض نواتج أقل من ذلك عند نهاية التسوية . فى الجبن المسواه بالفطر فإن α_{s1}-casein يتحلل تماما الى α_{s1}-I على الأقل قبل مرحلة التسوية بالفطر (أى قبل نمو الفطر بدرجة كافية) ويحدث تحلل شامل بعد ذلك نتيجة لفعل البروتينيز والببتديز الفطرى fungal proteinases and peptidases .

المنفحة الحيوانية تحتوى على حوالى ١٠٪ ببسين بقرى bovine pepsin الذى يساهم فى تحليل البروتين فى جبن التشدر حيث يقوم بتحليل الرابطة Leu_{109}-Glu_{110} فى α_{s1}-casein الببتيدات الناتجة من كازينات الصوديوم أو β-casein بواسطة الببسين البقرى تبدو مماثلة للببتيدات الناتجة بواسطة الكيموسين كما أن تأثير بروتينيز فطر *M.miechei* على α_{s1}-casein بصفة عامة مماثل لتأثير الكيموسين ولكن معدلات تحلل

بعض الروابط الحساسة المختلفة لهذين الأنزيمين مختلفة وبالتالى فإن α_{s1}-I casein لا يتراكم فى الجبن المصنوعة بأستخدام المنفحة الميكروبية . ويتضح أيضا أن نشاط بروتينيز *M.miechei* على α_{s1}-casein المعزول ضعيف جدا فى غياب NaCl ولكن يحدث زيادة ملحوظة فى نشاطه فى وجود ٢٪ NaCl .



شكل ٢-٦ : التأثير المشترك للكيموسين والبلازمين فى الجبن

وقد وجد أن α_{s2}-casein مقاوم لفعل الكيموسين لحد ما . وعموما فإن مواقع تحلل هذا الشق من الكازين عند pH ٦,٥ تتركز فى المناطق الكارهة للماء فى الجزيىء وهى ٩٠-١٢٠ ، ١٦٠-٢٠٧ ، وهذه المواقع : Phe_{88}-Tyr_{89} ، Tyr_{95}-Leu_{96} ، Gln_{97}-Tyr_{98} ، Tyr_{98}-Leu_{99} ، Leu_{99}-Tyr_{100} ، Phe_{163}-Leu_{164} ، Phe_{174}-Ala_{175} ، Tyr_{179}-Leu_{180} ، ويبدو أن الموقع الرئيسى فى هذا التحلل Phe_{88}-Tyr_{89} . ويلاحظ أن الباراكابازين para-k-casein مقاوم لتأثير الكيموسين . وبالرغم من أن γ-casein يحتوى

على روابط حساسة للكيموسين مماثلة للـ β-casein الا ان γ-casein يتراكم فى الجبن أثناء التسوية حيث أن هذه الروابط يصعب التأثير عليها فى γ-casein كما فى β-casein نتيجة التفاعل الداخلى بين المجاميع الكاره للماء الطرفيه فى هذه الجزئيات.

فى الجبن الطرية المخللة المحتوية على NaCl مرتفع (٧-١٣٪) مثل الجبن الدمياطى وجد أن المنفحة تساهم بدرجة ملحوظة فى تحلل البروتين ويرجع ذلك الى استخدام تركيزات مرتفعة من المنفحة فى تجبن الجبن (مقارنة بمعظم الأنواع الأخرى من الجبن) واحتجازه جزء كبير من الأنزيمات المجبنة فى خثرة الجبن نظرا لأرتفاع محتواها من الرطوبة والى تخزين الجبن فى شرش مملح يحتوى على بقايا المنفحة المستخدمة فى تجبن اللبن . يتحلل α_s-casein فى الجبن الدمياطى بسرعة بينما β-casein يقاوم التحلل . ارتفاع محتوى الجبن من NaCl مع ارتفاع درجة حرارة التخزين المستخدمة عادة فى صناعة وتسوية الجبن الدمياطى 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 أن نسبة β/α_{s1} تزداد تدريجيا فى الجبن الدمياطى خلال فترة التخزين .

تدل الدراسات على الخثرة والجبن المعقمه مع ميكروبات محددة أن المواد المجبنة مسئولة عن تحلل البروتين الى مستوى النتروجين الذائب فى الماء او عند pH ٤,٦ بالرغم من أن نسبة ضئيلة من النتروجين ذائبة فى PTA, TCA تتكون بواسطة المواد المجبنة . يعتقد أن تحلل البروتين بواسطة المنفحة مسئولة عن طراوة الجبن خلال المراحل الأولى من التسوية عن طريق تحلل α_{s1}-casein الى α_{s1}-I والذى يكون كافيا لتحلل شبكة البروتين المتصلة matrix . بدون شك فإن استمرار تحلل البروتين بالمواد المجبنة ، البلازمين والبروتينيز البكتيرى ينشأ عنه تغيير مقابل فى التركيب البنائى فى الجبن texture . وحتى فى الجبن التى تسوى سطحيا بالفطر وكذلك التى تسوى سطحيا بطبقة من الميكروبات smear فإن المواد المجبنة تعتبر ضرورية لتكوين التركيب البنائى texture المناسب كما فى جبن الكمبير بالرغم من أن الأرتفاع الكبير فى pH (حوالى ٧) نتيجة هدم الأحماض الأمينية بنزع مجموعة الأمين وتكوين الأحماض العضوية وأنتاج الأمونيا يكون ضروريا . أيضا تنتشر أنزيمات البروتينيز التى ينتجها الفطر الى داخل الجبن بدرجة محدودة وتساهم بدرجة طفيفه فى تحلل البروتين فى الجبن بالرغم من أن الببتيدات الناتجة بواسطة هذه

الأنزيمات فى الطبقة السطحية قد تتخلل الى داخل الجبن .

كميات ضئيلة من المواد المجبنة ، اذا وجدت ، تقاوم عملية الطبخ في الجبن لدرجات حرارة مرتفعة والبلازمين، الذى يكون نشاطه مرتفع فى هذه الجبن، قد يلعب دورا هاما فى المراحل الأولى لتحليل البروتين .

يتم التأثير الثانوى فى تحلل البروتين بواسطة المواد المجبنة على الطعم بثلاث طرق :

١. بعض الببتيدات التى تتكون بواسطة المنفحة تكون قليلة بدرجة كافية للتأثير على الطعم. ولسؤ الحظ فإن بعض هذه الببتيدات تكون مرة bitter وتحلل البروتين بدرجة شاملة نتيجة للنشاط الزائد للمنفحة أو ظروف بيئية غير مناسبة مثل ارتفاع الرطوبة بدرجة كبيرة أو وجود NaCl بنسبة ضئيلة يؤدى الى حدوث المرارة .

٢. تعمل الببتيدات المتكونة بفعل المنفحة كبيئة لأنزيمات البروتينيز والببتيديز الميكروبية التى تنتج كميات قليلة من الببتيدات والأحماض الأمينية . وهذه المكونات تكون على الأقل خلفيه للطعم وربما تسبب مرارة bitterness إذا كان نشاط هذه الأنزيمات زائدا. يؤدى الأحماض الأمينية بواسطة الأنزيمات الميكروبية ، وربما التغيرات عن طريق تفاعلات كيماوية، يؤدى الى تكوين مكونات ذات طعم ومذاق مقبول (الأمينات ، الأحماض ، الأمونيا، thiol) التى تساهم بدرجة رئيسية فى صفات الطعم المميز للجبن.

التغيرات فى التركيب البنائى للجبن قد تؤثر على أنفراد مكونات الطعم والنكهة ، التى تنشأ من تحلل البروتين والدهن والكربوهيديت والتغيرات الثانوية secondary changes ، من الجبن خلال عملية المضغ ، mastication ، وقد يكون ذلك من المساهمات الهامة لتحلل البروتين فى طعم الجبن.

٥-٣-٣- البلازمين Plasmin

يحتوى اللبن على عدة أنزيمات طبيعية محللة للبروتين منها البلازمين والذى يعتبر الأنزيمى الرئيسى فى هذه المجموعة . البلازمين عبارة عن بروتينيز يشبه التربسين trypsin ودرجة pH المثلى حوالى ٧,٥ ومتخصص بدرجة عالية للروابط الببتيدية التى تتضمن lysine. يحتوى اللبن فى الحقيقة على نظام بلازمين كامل : بلازمين plasmin ، بلازمينوجين plasminogen ، مثبطات البلازمين plasmin inhibitors ، ومنشطات بلازمينوجين plasminogen activators وكذلك مثبطات منشطات البلازمينوجين inhibitors of plasminogen activators . يرتبط البلازمين والبلازمينوجين مع جزئيات

الكازين ويحتجز مع جزئيات الكازين داخل خثرة الجبن ، حيث أن المكونات الأخرى لنظام البلازمين توجد فى السيرم (الشرش) ويفقد مع الشرش فى صناعة الجبن . ويحتوى اللبن على البلازمينوجين بنسبة تصل الى ٤ أضعاف البلازمين على الأقل وقد يحدث بعض النشاط خلال التخزين لبعض المنتجات . وفى اللبن يكون β-casein أكثر المكونات حساسية وتحلله يؤدى الى تكوين γ-caseins وبعض بروتيوز ببتون proteose peptones .

البلازمين يكون نشط على جميع شقوق الكازين وخاصة β-caseins, α_{s2}- حيث يحلل β-casein فى المحلول عند ٥ مواقع رئيسية (شكل ٣-٦) :

Lys_{28}-Lys_{29}, Lys_{105}-His_{106}, Lys_{107}-Glu_{108}, Lys_{113}-Tyr_{114}, Arg_{183}-Asp_{184} مع تكوين ببتيدات عديدة polypeptides وبروتيوز ببتون proteose peptones.

يحلل البلازمين α_{s2}-casein فى المحلول عند ٨ مواقع :

Lys_{149}-Lys_{150}, Arg_{114}-Asn_{115}, ،Lys_{21}-Gln_{22}, Lys_{24}-Asn_{25}, Lys_{188}- Ala_{189}. Lys_{181}-Thr_{182}, Lys_{150}-Thr_{151}, Lys_{197}-Thr_{198} مع أنتاج حوالى ١٤ ببتيد ، ثلاثة منهم تسبب طعم مر .

بالرغم من أن البلازمين أقل نشاطاً على α_{s1}-casein عنه على β-casein أو α_{s2}- فإن تكوين λ-casein (مكون ثانوى للكازين) يعزى إلى فعل البلازمين على α_{s1}-casein. مواقع التحلل الرئيسية للبلازمين فى α_{s1}-casein (شكل ٢-٦):

Lys_{103}-Tyr_{104}, ، Lys_{105}-Val_{106}, ، Lys_{124}-Glu_{125}, ، Arg_{151}-Gln_{152}, ، Arg_{22}-Phe_{23}, ، Lys_{102}-Lys_{103}, . بالرغم من وجود عدد من الروابط التى يمكن أن تتحلل بفعل البلازمين فى $_k$-casein إلا أن البلازمين له نشاط ضعيف على هذا البروتين .

ومعظم البلازمين/ البلازمينوجين فى اللبن يحتجز فى الجبن وقد يساهم لحد ما على الأقل فى تسوية معظم أنواع الجبن . يبلغ نشاط البلازمين فى جبن الأنواع السويسرية ضعف نشاطه فى جبن التشدر الذى قد يعزى الى الأختلاف فى pH هذه الجبن عند صرف الشرش ، كما أن البلازمين يظل مرتبطا بجزئيات الكازين فى نطاق pH بين ٤,٦-٦,٦ مما يدل على أنه فى الجبن الناتجة بالمنفحة فإن نطاق pH الذى عنده يتم صرف الشرش لا يؤثر على احتجاز البلازمين فى الجبن كما أن pH عند صرف الشرش أو طريقة التمليح لا يؤثر على نشاط البلازمين فى الجبن. ومع ذلك فإن نشاط البلازمين فى معلق الكازين وفى خثرة المنفحة والجبن تزداد بزيادة درجة حرارة الطبخ ويعزى ذلك الى تنشيط

البلازمينوجين لذلك فإن نشاط البلازمين فى الجبن يتوقف على درجة حرارة الطبخ المستخدمة فى عمليات التصنيع وبالتالى يلاحظ أختلافات بين الجبن السويسرية والتشدر.

تزيد البسترة من نشاط البلازمين فى اللبن نتيجة اتلاف مثبطات البلازمين أو زيادة معدل تنشيط البلازمينوجين. ويعتقد حدوث مثل هذه التغيرات فى الجبن حيث يتحول نسبة أكبر من البلازمينوجين الى بلازمين فى الجبن التى تطبخ لدرجات لدرجات حرارة عالية نتيجة اتلاف مثبطات منشطات البلازمينوجين . ونظرا لأن المثبطات المختلفة لنظام البلازمين توجد فى سيرم اللبن فإنه من المحتمل أن تفقد فى الشرش أثناء صناعة الجبن.

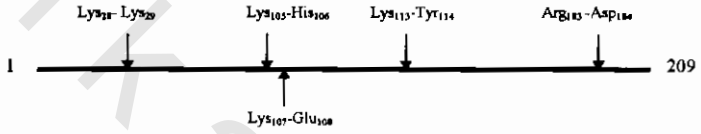
وبصفة عامة يمكن القول أن البلازمين يساهم فى تحليل البروتين فى الجبن . وفى الجبن المسواه داخليا بالبكتريا بالرغم من أن β-casein أكثر مقاومة للتحلل عن α_{s1}-casein إلا أنه يتعرض للتحلل . ونظرا لأن β-casein I (وهو الناتج الرئيس من تحلل β-casein بالكيموسين) لا يتكون فإن تحليل β-casein قد يعزى الى فعل البلازمين و / أو أنزيمات بروتينيز البادىء . يزداد تركيز γ-caseis أثناء تسوية عدة أنواع من الجبن مثل الجودا Gouda ، الأمينتال Emmental ، الرومانو Romano ، الجروييز Gruyere . إضافة حامض 6-amino hexanoic acid (AHA) الى خثرة الجبن لتثبيط البلازمين أدى الى حدوث فروق واضحة فى مستويات وأسلوب تحلل البروتين بين جبن التجارب وجبن المقارنة وهناك مثبطات أخرى مثل dichloro-isocoumarin يفضل أستخدامه عن AHA.

جزئيات الكازين فى اللبن لها القدرة على الأرتباط بالبلازمين / البلازمينوجين بدرجة تصل الى ١٠ أضعاف تركيزه الموجوده فى اللبن وعندما يصنع الجبن من لبن مدعم بالبلازمين بدرجة تصل الى حوالى ٦ أضعاف مستوى وجوده طبيعيا فى اللبن فإن الأنزيم المضاف يبقى فى خثرة الجبن ويسرع بدرجة ملحوظة من تحلل البروتين وكذلك التسوية بدون ظهور عيوب مصاحبة .

يحتوى اللبن أيضا على أنزيم بروتينيز حامضى (درجة pH المثلى ٤,٠) ويحتمل أن يكون Cathepsin D . هذا الأنزيم غير مقاوم للحرارة نسبيا ومن المحتمل أن يتم أتلافه بدرجة كبيرة بواسطة البسترة . تأثير هذا الأنزيم على الكازينات مماثل بدرجة كبيرة للكيموسين ولكن يختلف فى تحلل بعض الروابط الببتيدية . كما يبدو أن α_{s1}-casein بيئة

فقيرة لهذا الأنزيم كما أن قدرته على تجبن اللبن ضعيفة .

وقد قام بعض الباحثين بدراسة التأثير المشترك للكيموسين والبلازمين نظريا على مواقع التحلل الرئيسية فى كل من β-caseins ,α_{s1}- (شكل ٣-٦) ووجد أن نواتج التحلل تكون عبارة عن ببتيدات صغيرة وأن تأثير كل من الكيموسين والبلازمين مكمل للآخر وخاصة على β-casein حيث أن الكيموسين يكون نشاطه أساسا فى أتجاه C-terminal بينما البلازمين يكون نشاطه بصفة رئيسية فى إتجاه N-terminal . وحتى الآن لم يتم دراسة الفعل المشترك لهذين الأنزيمين على الكازينات المعزولة و لم يعرف عما إذا كانت تعمل معا بطريقة متناسقة فى الجبن .



نواتج التحلل

Proteose Peptones	**γ-Caseins**
PP8f β-CN f1-28	γ^1-CN (β-CN f29-209)
PP8s β-CN f29-105	γ^2-CN (β-CN f106-209)
PP8s β-CN f29-107	γ^3-CN (β-CN f108-209)
PP-T β-CN f29-113	γ^4-CN (β-CN f114-209)
PP5 β-CN f1-105	γ^5-CN (β-CN f184-209)
PP5 β-CN f1-107	

شكل ٣-٦ : تأثير البلازمين على β-Casein

٥-٣-٤- نظام تحلل البروتين فى بكتريا حمض اللاكتيك

بكتريا حامض اللاكتيك على جانب كبير من الأهمية نظرا لأستخدامها فى أنتاج أنواع عديد من الأغذية المتخمرة وخاصة الجبن واليوجهورت وغيرها من منتجات الألبان المتخمرة . وتشمل مزارع بادئات الألبان :

Mesophilic *Lactococcus* and *Leuconostoc* spp., thermophilic *Lactobacillus* spp. and *S.salivaruis* subsp. *thermophilus*

وهذه المزارع يجب أن تنمو بدرجة جيدة لتنتج حامض لاكتيك بمعدلات مناسبة خلال عمليات التصنيع . الأنتاج السريع للحموضة المصحوب بأنخفاض فى pH يعتبر

العامل الرئيسى فى السيطرة على نمو البكتريا المسببة للفساد والمرضية .

أحتياجات بكتريا حمض اللاكتيك الغذائية معقدة ولها متطلبات معقدة من الأحماض الأمينية وتركيز الأحماض الأمينية الحرة فى اللبن غير كافية للوصول بنمو البادىء الى الحالة المثلى . وللتغلب على ذلك فإن الـ Lactococci يحتوى على نظام لتحلل البروتين يتضمن مجموعة من أنزيمات البروتينيز والببتيديز التى تحلل بروتينات اللبن الى أحماض أمينية حرة أساسية فى تغذية هذه الأنواع من البكتريا.

أ- أنزيمات البروتينيز Proteinases

أول خطوة فى سلسلة التفاعلات التى ينشأ عنها أنتاج أحماض أمينية من الكازين تتضمن أنزيمات البروتينيز. بصفة عامة فإن هذه الأنزيمات (Lactococcal proteinases) التى تنتجها Lactococci ترتبط بجدار الخلية cell-wall ما عدا فى حالة *L. lactis* subsp. *cremoris* MLI التى تفرز بروتينيز فى بيئة النمو . يمكن أن ينفرد أنزيم البروتينيز من غلاف الخلية وذلك بالتحضين فى محلول منظم خال من الكالسيوم وتعتبر ذلك أول خطوة فى عزل هذه الأنزيمات . تحضين الخلايا مع ليسوزيم lysozyme أو لايسين فاج phage lysin يؤدى أيضا الى أنفراد البروتينيز المرتبط بغلاف الخلية .

أنزيمات البروتينيز المرتبطة بجدار خلايا بكتريا حمض اللاكتيك من نوع serine proteinases . والبروتينيز الناتجة من Lactococci تتماثل بدرجة كبيرة مع subtilisins وهو أنزيمات بروتينيز تنتجها *Bacillus* sp. ، وهذه الأنزيمات تحتوى على أحماض الأسبارتيك aspartic acid ، الهستدين histidine والسرين serine عند مراكزها النشطة ، هذا بالإضافة الى أن subtillisins يفرز بواسطة الخلايا المنتجة بينما lactococcal proteinases مرتبطة بجدار الخلية . أنزيمات البروتينيز الرئيسية فى بكتريا حمض اللاكتيك المرتبطة بجدار الخلية يبلغ وزنها الجزيئى ١٤٥ kDa ودرجة pH المثلى ٥,٥-٦,٢ وتقسم هذه الأنزيمات الى ٣ مجاميع :

- **PI** : درجة pH المثلى حامضى ودرجة الحرارة المثلى ٣٠°م ويحلل β-caein مع تحلل بطىء جدا لـ α_{s1}-casein .
- **PIII** : درجة pH المثلى حامضى درجة الحرارة المثلى ٤٠°م ويحلل α_{s1}-casein بالإضافة الى تحلل β-casein و κ-casein .
- **PII (PI/PIII)** : درجة pH المثلى قريب من التعادل ودرجة الحرارة المثلى ٣٠°م

ونشاطه النوعى متوسط يقع بين النوعين السابقين ويعتقد أن نشاط PII قد يعزى الى التباين فى ثبات PI تحت ظروف التفاعل المستخدم لتمييز PI و PIII.

وقد وجد أن بروتينيز PI يتميز بمجال نشاط واسع على β-casein وتحتوى مواقع روابط التحلل على جلايسين أو سيرين ومن المحتمل أن تقع فى مناطق من الجزىء تتميز بكارهيتها الشديدة للماء حيث يكون محتوى البرولين مرتفع والشحنة منخفضة . وعموما فإن بروتينيز PIII يكون مجاله تأثير على β-casein أوسع عن بروتينيز PI لذلك فإن سلالات PIII تنتج ببتيدات مرة bitter بدرجة أقل من السلالات PI .

الدور الرئيسى لأنزيمات البروتينيز فى Lactococci فى الجبن هو تحلل الببتيدات الكبيرة والمتوسطة الحجم الناتجة من تحلل شقوق الكازينات المختلفة بواسطة الكيموسين أو البلازمين . كما أتضح أن بروتينيز Lactococci ليس له أهمية فى المراحل الأولى لتحلل β- casein فى جبن التشدر .

ب – أنزيمات الببتديز Peptidases

الببتيدات التى تحتوى على ٦-٧ أحماض أمينية يمكن أن تنتقل خلال جدار الخلية حيث تتحلل الى ببتيدات ثنائية وثلاثية وأحماض أمينية حرة . معظم الببتيدات التى تنتج من α_{s1}- or β-casein بواسطة بروتينيز Lactococci تكون أكبر فى الحجم من هذه الببتيدات ومن الضرورى تحليل هذه الببتيدات لدرجة أكبر حت يمكن الأستفادة بها فى تغذية ونمو الخلايا .

توجد أنزيمات ببتديز داخل الخلية وكذا أنزيمات مرتبطة بغلاف وجدار الخلية تختلف فى الوزن الجزيئى وكذلك درجة الحرارة ودرجة pH المثلى لها. بعض هذه الأنزيمات فى Lactococci يمكن تنشيطها بعدة معادن مثل Mn, Zn, Co, Mg ويتم تثبيطها بالـ EDTA . تؤكد نتائج البحوث فى هذا المجال على أن جميع أنزيمات ببتديز Lactococci هى أنزيمات داخلية intracellular ولا يوجد أى نشاط لأنزيمات ببتيديز خارجية extracellular فى هذه البكتريا .

يوجد نطاق واسع من أنزيمات البتديز فى Lactococci منها exopeptidases التى تساعد على أنفراد واحد أو أثنين حامض أمينى من السلسلة البتدية N-terminal وتوجد عدة صور من exopeptidases : amino-, di-, tri-, and tetrapeptidases

وكذلك endopeptidases الذى يحلل الببتيدات الكبيرة عند بعض الروابط الداخلية فى السلسلة الببتيدية على مسافة من الطرف الكربوكسيل أو الأمينى وبناء على ذلك فأنه يمكن النظر الى أنزيم proteinase كأنزيم endopeptidase .

كما تحتوى Lactococci على أنزيمات ببتديز متخصصة للبرولين proline specific peptidases تقوم بتحليل الروابط بين البرولين وبقية سلسلة الببتيدات ولكن يبدو أنها لا تحتوى على أنزيم decarboxy peptidase .

جـ- أنزيمات أمينوببتديز Amino peptidases

تتميز هذه الأنزيمات بأتساع نطاق نشاطها حيث تعمل هذه الأنزيمات على عدة بيئات وتوجد عادة فى Lactococci مرتبطة بغشاء الخلية . كما أن هذه الأنزيمات يتم تثبيطها تماما بواسطة مواد مخلبيه chelating agents (ترتبط بالعناصر المعدنية) وكذلك بالعناصر ثنائية التكافؤ مثل Cu^{2+},Hg^{2+} ولذلك يطلق عليها metalloenzyme ويمكن استعادة نشاط الأنزيم بأستخدام Co^{2+} أو Zn^{2+} ويقوم هذا الأنزيم بتحليل الببتيدات الكبيرة الناتجة من تحلل Lactococcal proteinases وتتضمن هذه الببتيدات : ثنائى -di ، ثلاثى -tri ورباعى -tetra وخماسى الببتيدات pentopeptides وكذلك الببتيدات العديدة النشطة حيويا . وقد أمكن عزل أنواع من هذه الأنزيمات من Lactococci حيث تم تنقية أنزيم من *L. cremoris* HP يبلغ وزنه الجزيئى ١٣٠,٠٠٠ ، أنزيم آخر من *L.cremoris* ACI وزن الجزيئى ٣٦ kDa وآخر من *L.cremoris* Wg2 وزنه الجزيئى ٩٥ kDa درجة الحرارة ودرجة pH المثلى لهذه الأنزيمات ٤٠°م ، ٧,٠ على الترتيب .

كما تم عزل أنزيم آخر من *Lcremoris* AM2 وزنه الجزيئى ٥٠ kDa ولكنه يختلف عن الأنزيمات الأخرى حيث لا يكون من النوع metalloenzyme وتدل كثير من الأبحاث أن أنزيمات الببتيديز فى Lactococci تتميز بنطاق واسع من النشاط .

د- أنزيمات داى ببتديز Dipeptidases

تمكن البعض من عزل وتنقية أنزيم dipeptidase من *L. cremoris* H61 قادر على تحلل L-leu-Gly والوزن الجزيئى لهذا الأنزيم ١٠٠,٠٠٠ ودرجة pH المثلى ٨,٠ ويقاوم درجة ٥٠°م ويمكن تثبيطه بـ EDTA واعادة تنشيطه بواسطة Co^{2+} (ويتميز بنشاط واسع بالنسبة للبيئات التى يعمل عليها) ويؤثر على عدد كبير من البيئات ثنائية الببتيد dipeptide ما عدا التى تحتوى على جلايسين أو البرولين عند N-terminal . ومن

المتوقع أن يسرع هذا الأنزيم من أنتاج الأحماض الأمينية فى الجبن أثناء التسوية .

كما تمكن آخرون من تنقية أنزيم dipeptidase ذات وزن جزيئى ٤٩,٠٠٠ من *L.cremoris* Wg2 وهو من نوع metalloenzyme ذات درجة pH مثلى ٨,٠ ودرجة حرارة مثلى ٥٠°م ويشبه الأنزيم السابق (الناتج من H61) فى تأثيره على عدة بيئات من الببتيدات ولكن توجد بعض الأختلافات بينهما فمثلا يتحلل glutamate dipeptides بواسطة أنزيم H61 ولكن ليس بأنزيم Wg2 وكل من الأنزيمين يمكن تثبيطهما بمواد مختزلة ويحتاج نشاطهما الى أيونات معدنية ، ومع ذلك فإن ملليمول واحد من Co^{2+} يحدث تثبيط لنشاط أنزيم Wg2 بينما يزيد من نشاط أنزيم H61 .

هـ- أنزيمات تراى ببتديز Tripeptidases

جدار خلايا بعض سلالات Lactococci يحتوى على أن أنزيم tripeptidase نشط ضد ببتيد ثلاثى .Leu-leu-leu ويحتوى على أنزيم آخر يحلل عدد كبير من الببتيدات الثنائية والثلاثية. وقد أمكن تنقية tripeptidase من *L.cremoris* Wg2 بصورة متجانسة ويعمل على عدد كبير من الببتيدات الثلاثية ويصل الوزن الجزيئى لهذا الأنزيم الى حوالى ١٠٤,٠٠٠ ويثبط بـ EDTA ومواد مختزلة وكذلك Cu^{2+} ويمكن استعادة نشاط الأنزيم بواسطة Zn^{2+} أو Mn^{2+} أو جزئيا بواسطة Co^{2+} .

ثم تنقية أنزيم a proline iminopeptidase من *L.cremoris* HP وهو أنزيم ببتديز يحلل رابطة ببتيدية عندما يكون البرولين فى نهاية السلسلة الببتيدية . يبلغ الوزن الجزيئى لهذا الأنزيم ١٣٠ Da وهو من النوع metallo enzyme ودرجة الحرارة المثلى له ٣٥°م و pH ٨,٠ وهذا الأنزيم لا يحلل الببتيدات الرباعية أو الخماسية أو ثنائى أو ثلاثى البرولين .

و- أنزيمات أندوببتديز Endopeptidases

يطلق لفظ endopeptidase على الأنزيمات التى تحلل الروابط الداخلية فى الببتيدات وليس فى البروتين وقد تم تنقية بعض هذه الأنزيمات من بعض سلالات *L.cremoris* وتختلف درجة الحرارة المثلى من ٣٧°م أو ٤٠°م أو ٥٠°م و pH المثلى ٦,٠ أو ٧,٠ ويتراوح الوزن الجزيئى لها من ٨٠-٩٨ kDa وهذه الأنزيمات من نوع metalloenzymes ويمكن تثبيطه بـ EDTA وتنشيطه بـ Mn^{2+} وهذه الأنزيمات تشارك فى تحليل الببتيدات الناتجة من تحلل α_{s1}-casein بواسطة الكيموسين وهذه الأنزيمات لا تؤثر عليها مثبطات أنزيم proteinase ولذلك فإنه يختلف عن proteinases الناتج من

البكتريا Lactococci .

ز- أنزيمات ببتديز متخصصة للبرولين Proline specific peptidases

نظرا لأن β-casein مرتفع فى محتواه من البرولين proline (١١,٧٪ فى ∝-casein ، ١٦,٧ ٪ فى β-casein) فإن تحلله بواسطة أنزيم بروتينيز جدار الخلية cell wall-proteinase يؤدى الى ببتيدات غنية فى البرولين التى يمكن تحللها فقط بأنزيمات ببتيديز متخصصة للبرولين proline specific peptidases ، يوجد خمس أنواع من أنزيمات exopeptidases التى يمكن أن تحلل الروابط الببتيدية المتضمنة برولين كما يتضح من الجدول التالى :

Substrate البيئة	Enzyme الأنزيم
X - Pro ↓ - Y....	Aminopeptidase P
Pro ↓ - X.....	Proline iminopeptidase
Pro ↓ - X	Proline iminopeptidase (prolinase)
X ↓ - Pro	Imidodipeptidase (prolidase)
X - Pro ↓ - Y.....	Dipeptidylaminopeptidase

وتختلف درجة الحرارة المثلى لنشاط هذه الأنزيمات بين ٤٥-٥٠°م ودرجة pH المثلى من ٧-٩ وتوجد فى سيتوبلازم الخلية .

٥-٣-٥- مساهمة بروتينيز البادىء فى تسوية الجبن

نظام تحلل البروتين فى البادىء على درجة كبيرة من الأهمية فى تسوية الجبن حيث أن الأنزيمات المحللة للبروتين فى خلايا بكتريا البادىء تفرز فى الجبن عندما تتحلل الخلايا بعد موتها.

يعتبر أنزيمات البروتينيز / الببتيديز proteinases/peptidases المسئول عن تكوين الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية الحرة . وقد وجد أن بروتينيز البادىء يشارك بدرجة محدودة فى تكوين ببتيدات كبيرة ذائبة فى الماء أو عند pH ٤,٦ ومع ذلك فإن بروتينيز

بكتريا Lactococci يستطيع أن يحلل الكازينات الكامله فى المحلول وخاصة β-casein وعدد قليل نسبيا من السلالات يستطيع أن يحلل α_{s1}-casein وخاصة من نوع P-III ولكن ذلك لا يمثل أهمية فى تسوية الجبن حيث أن البروتين يتحلل بواسطة الكيموسين وغيرها من أنزيمات المنافع الأخرى . كما أن البروتينيز المرتبط بجدار الخلية يمكن أن يحلل بسهولة α_{s1} f1-23 (هو أول ببتيد يتكون من α_{s1}-casein بفعل الكيموسين) عند روابط ببتيد مختلفة وقد أمكن التعرف على بعض الببتيدات الناتجة فى جبن الجودا Gouda . فى أنواع الجبن الهولندية والتشدر فإن تركيز β-casein ينخفض تدريجيا أثناء التسوية مع تكوين كمية ضئيلة من β-I (نتيجة لعدم وجود نشاط للكيموسين) ولكن مع تكوين γ-caseins (مما يدل على وجود نشاط للبلازمين). البروتينيز المرتبط بجدار الخلية فى *L. lactis* NCDO763 يحلل خمس روابط فى β-casein وهى :

Ser_{166}-Gln_{167}, Gly_{175}-Lys_{176}, Gln_{182}-Agr_{183}, Tyr_{193}-Gln_{194}, Ile_{207}- Ile_{208} وهى الروابط التى تقع فى المنطقة الكارهة للماء بشدة فى β-casein وهى المنطقة فى β-casein التى تتحلل فى المحلول بواسطة الكيموسين . لذلك فإن الكيموسين لا يحلل β-casein فى الجبن كما أن بروتينيز البادىء لا يستطيع تحلل هذه المنطقة من β-casein فى الجبن.

تصل أعداد بكتريا البادىء الى أقصاها فى الجبن التشدر وجبن الأنواع الهولندية عند نهاية عملية التصنيع أو بعدها بقليل وتنخفض الأعداد الحية لهذه البكتريا سريعا بعد ذلك وتتحلل الخلايا بعد موتها وينطلق منها الأنزيمات الداخلية والتى تنتشر فى البيئة المحيطة . وقد وجد أن خلايا البكتريا تبقى سليمة بدرجة كبيرة فى الجبن ويعزى ذلك الى التركيب البنائى للخثرة التى تسكن فيها هذه الخلايا وكذلك التركيز المرتفع للمواد الذائبة فى الوسط المائى مما يدل على أن الأنزيمات الداخلية فى الخلايا مثل peptidases قد لا تكون جاهزة للأتصال بالبيئة .

الجبن الناتجة بأستخدام بادىء لا يحلل البروتين (Prt^-) تحتوى على تركيزات أعلا بدرجة كبيرة من النتروجين الذائب عند pH ٤,٦ عما فى الجبن الناتجة بأستخدام بادىء عادى له القدرة على تحليل البروتين (Prt^+) وقد يرجع ذلك الى استخدام كمية أكبر من النتروجين الذائب من البيئة فى نمو وتنشيط بادىء (Prt^-) . ومع ذلك تزداد تركيزات النتروجين الذائب بمعدلات متماثلة أثناء التسوية مما يدل على أن بروتينيز البادىء ليس له دورا هاما فى تحليل البروتين. كما أشارت نتائج بعض البحوث الى تكوين تركيزات

منخفضة جدا من الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية الحرة فى الجبن المعقمة والخالية من البادىء مما يدل على أن الببتديز الداخلية فى البادىء intracellular starter peptidases تكون نشطة فى الجبن أثناء الصناعة.

٥-٣-٦- نظام تحلل البروتين فى البادئات المحبة للحرارة المرتفعة

بالإضافة الى استخدام بكتريا حمض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة كبادىء فى تخمرات الألبان وغيرها من الأغذية فإن بادئات الحرارة المرتفعة thermophilic starters مثل :

S.salivarius subsp. *thermophilus* وأحد أنواع *Lactobacillus* spp. والقادرة على مقاومة درجات حرارة تصل الى ٦٠°م تستخدم فى عدد من الجبن ومنتجات الألبان المتخمرة . يستخدم *Lb.delbrueckii* subsp. *bulgaricus* و *S.thermophilus* فى صناعة جبن البرمسان Parmesan والرمانو Romano بينما تستخدم *Lb.bulgaricus* ، *Lb.lactis* أو *Lb.helveticus* و *S.thermophilus* فى انتاج أنواع الجبن السويسرية بالإضافة الى *Propionibacterium shermanii* التى تعتبر ضرورية فى تكوين العيون نتيجة أنتاج CO_2 . كما تستخدم thermophilic Lactobacilli فى صناعة جبن الموزاريلا Mozzarella ، البرفلونو Provolone و البريك Brick واللامبرجر Limburger .

تنمو *S.thermopilus* بدرجة أفضل عند ٤٤°م وتحلل اللاكتوز بواسطة β-galactosidase ومن الصفات الهامة لهذا الميكروب عدم قدرته على استخدام أنواع كثيرة من مصادر الكربون حيث أن معظم السلالات تخمر عدد قليل من السكريات أساسا اللاكتوز ، الجلوكوز والسكروز . و *S.thermophilus* يشبه Lactococci المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة فى احتياجاتها الغذائية حيث تتطلب مجموعة من الأحماض الأمينية فى نموها وبالرغم من ذلك فأن *S.thermophilus* قدرتها ضعيفة على تحلل البروتين ونموها فى اللبن مماثل للسلالات *L.cremoris* غير القادرة على تحلل البروتين (Prt⁻) . لهذا تستخدم *S.thermophilus* بالأشتراك مع *Lactobacillus* تتميز بقدرتها العالية على تحلل البروتين كبادىء مختلط فى كثير من التخمرات اللبنية. تتكون بادئات اليوجهورت من *S.thermophilus* ، *Lb.bulgaricus* حيث تنشط *S.thermophilus* بواسطة الأحماض الأمينية الحرة التى تتكون فى اللبن نتيجة تحلل البروتين بواسطة *Lb. bulgaricus* بينما انتاج حمض الفورميك و CO_2 بواسطة *S.thermoptlus* ينشط

Lb.bulgaricus لأنتاج الحموضة . الأسيتالدهيد الذى يساهم فى تكون الطعم المميز لليوجهورت يشتق من الحمض الأمينى الثرونين threonine بواسطة أنزيم threonine aldolase الذى ينتجه *S. theromphilus* . نتيجة القدرة الضعيفة لهذا الميكروب على تحلل البروتين فأن إستخدام نواتج تحلل الكازين أنزيميا ينشط من نموه فى اللبن . نمو هذا الميكروب فى اللبن الناتج من مواشى مصابة بمرض النهاب الضرع mastitic milk يكون أكثر نشاطا ويعزى ذلك الى وجود مستويات مرتفعة من أنزيمات اللبن الطبيعية المحللة للبروتين فى هذا اللبن .

النتائج المتوفرة فى هذا الشأن تدل على أن البروتينيز والببتيديز المرتبط بجدار الخلية والببتيديز فى *S. thermophilus* يكون قادرا على تحلل البروتين الى أحماض أمينية أساسية فى تغذية هذه البكتريا وأنتاج الحموضة . وقد أشار بعض الباحثين الى وجود نشاط بروتينيز قوى عند جدار الخلية والغشاء السيتوبلازمى فى *S.thermophilus* ومع ذلك فقد وجد ٣ أنواع من نشاط الببتديز :

aminopeptidase ، dipeptidylpeptidase ، dipeptidase فى السيتوبلازم التى تصبح نشطة فى تسوية الجبن وذلك بعد موت وتحلل الخلايا .

فى معظم التخمرات اللبنية تستخدم نوع من *Lactobacillus* بالأشتراك مع *S.thermophilus* للأسباب السابق ذكرها ويعتبر *Lb.lactis, Lb.helveticus* البادئات الرئيسية فى صناعة أنواع الجبن السويسرية وذلك لمقدرتها على النمو عند درجات الحرارة المرتفعة المستخدمة أثناء التخمرات بينما *Lb.bulgaricus* يستخدم بصفة اساسية فى أنتاج اليوجهورت وكما فى *S.thermophilus* فأن أنزيم β-glactosidase هو الأنزيم السائد فى تحلل اللاكتوز بواسطة هذه السلالات .

وكما هو الحال فى mesophilic lactococci فإن *S.thermophilus* وLactobacilli لها أحتياجات غذائية معقدة وتحتوى على نظام دقيق لتحليل البروتين قادر على تحلل بروتينات اللبن الى أحماض أمينية ضرورية وأساسية للنمو بالإضافة الى أن هذه الأحماض الأمينية لها دور كمصدر لمكونات طعم الجبن .

تدل معظم التقارير أن بروتينيز *Lactobacillus* spp. مرتبط بجدار الخلية أو يوجد داخل الخلية Intracellular . وهذا الأنزيم يتميز بقدرات واسعة فى التأثير على كل من ∝- and β-caseins وهو من نوع serine proteinase. أنزيم البروتينيز من

Lb.acidophilus يبلغ وزنه الجزئى ١٤٥ kDa وهو مماثل لبروتينيز Lactococci ودرجة pH المثلى لأنزيم بروتينيز *Lb.acidophilus* حوالى ٥,٧ بينما تكون ٧,٥-٨,٠ لأنزيم البروتينيز *Lb.helveticus* وعموما فأن بروتينيز عدة أنواع من Lactobacilli يحلل α_{s1}-casein بالإضافة الى β-casein أو κ-casein لذلك فإن الببتيدات العديدة polypeptide الناتجة تتحلل بدرجة أكبر بواسطة peptidases . وقد ذكر البعض أنه يوجد فى غشاء سيتوبلازمى lactobacilli عدة peptidases بينما أشار البعض إلى وجود أنزيمات خلوية من aminopeptidase ، dipeptidase ، endopeptidase ، carboxypeptidase داخل خلايا *Lb.casein* .

وفضلا عن ذلك تحتوى *Lb.plantarum* على أنزيم aminopeptidase وكذلك نشاط و dipeptidase داخل الخلايا ولكن يخلو من نشاط أنزيم ,endopeptidase carboxypeptidase.

سلالات *Lb.helveticus* بها نشاط مرتفع لأنزيم aminopeptidase مقارنة بغيرها من سلالات *Lactobacillus* و قد أستخدم مستحضرات غير نقية لهذه الأنزيمات للأسراع فى تسوية جبن الجودا Gouda .

٥-٣-٧- مساهمة بادئات Lactobacilli فى تحلل البروتين

الدراسات على مساهمة البادئات المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic starters فى تحليل البروتين ما زالت محدودة و لم تحظى بالأهتمام الذى أعطى للبادئات المحبة للحرارة المعتدلة ومع ذلك فإن تحلل للبروتين يتم بدرجة كبيرة فى جبن الأنواع السويسرية والأنواع الإيطالية الجافة مثل البرمسان والجرانا Grana حيث يسيطر نواتج تحلل البروتين على طعم هذه الجبن.

وكما سبق فأنه يحدث تغيير بدرجة كبيرة أو كاملة فى طبيعة المواد المجبنة (دنترة) denaturation بواسطة درجات الحرارة المرتفعة التى تستخدم فى طبخ خثرة هذه الجبن . ومع ذلك فإن البلازمين يكون نشطا جدا ويرجع ذلك الى تنشيط البلازمينوجين plasminogen الذى يعتبر عاملا رئيسيا فى تحلل البروتين فى الجبن التى تطبخ على درجة حرارة مرتفعة لذلك فإن نظام تحلل البروتين فى البادئات المحبة للحرارة المرتفعة يشارك بدرجة كبيرة فى تحلل البروتين مع تكوين الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية الحرة.

ترجع صعوبة إجراء البحوث فى الجبن التى تطبخ على درجات حرارة مرتفعة الى

طريقة الصناعة فمثلا فى جبن الأمينتال والجرويير ، يجب أن تصنع فى أقراص كبيرة (٤٠-٦٠ كجم) لتكوين العيون بدرجة جيدة وتصنع البرمسان والجرانا بالطرق التقليدية مما يجعل من الصعب تصنيع هذه الأنواع الأربعة وغيرها من الجبن المماثلة تحت ظروف تعطى جبن بميكروبات محددة . وفى بعض الأحوال فإن الجبن التى تطبخ على درجات حرارة مرتفعة تكون أسهل عن جبن البادئات المحبة للحرارة المعتدلة حيث أن المواد المجبنة يحدث لها تغيير فى طبيعتها (دنترة denaturation) كما أن درجات الحرارة المرتفعة فى عملية الطبخ تمنع نمو معظم الميكروبات الملوثة ويمكن أن يحدث تثبيط لنشاط البلازمين بواسطة بعض المثبطات المتخصصة مثل 6-amino-hexanoic acid (AHA) أو 3,4-dichloroisocoumarian .

٥-٣-٨- بكتريا حمض اللاكتيك بخلاف البادىء (NSLAS)

تصل أعداد NSLAB الى ١٠ ^{٧} - ١٠ ^{٨}/ جم أثناء تسوية كثير من الجبن . وعادة تسود Lactobacilli بكتريا NSLAB كما أن Pediococci وخاصة *P.pentosaceus* على جانب كبير من الأهمية . من المعروف أن جبن التشدر وغيرها من الأصناف الأخرى المصنوعة من اللبن الخام تسوى أسرع ويكون الطعم أكثر وضوحا عن الجبن المصنوعة من اللبن المبستر بالرغم من أن الجودة قد تكون مختلفة مما يدل على أن NSLAB تلعب دورا فى تسوية الجبن بالرغم من أنها قد تحدث بعض المشاكل وخاصة بكتريا حمض اللاكتيك العصوية المختلطة التخمر heteropermentative lactobacilli و Pediococci . معدل تبريد الخثرة بعد التعبئة فى القوالب يعتبر عاملا رئيسيا فى تحديد نمو بكتريا NSLAB وبالتالى جودة الجبن . وعموما يختلف معدل تبريد الخثرة بين المصانع وفى داخل المصنع الواحد أيضا طبقا لأمكانيات الأنتاج المتاحة فى كل مصنع .

تسبب البسترة عدد من التغيرات بالإضافة الى القضاء على الميكروبات الموجودة فى اللبن ، أتلاف الأنزيمات الطبيعية فى اللبن وتغيير فى طبيعة (دنترة) بروتينات الشرش والذى يتفاعل مع الكازينات ، كما قد يحدث تغيير فى الأتزان الملحى بالإضافة الى أتلاف الفيتامينات وغيرها من عوامل النمو. ولفترة قريبة كان من الصعب تقييم أهمية التغيرات التى تنشأ عن هذه المعاملات الحرارية فى تسوية الجبن . وفضلا عن ذلك فإن إستخدام الترشيح الدقيق microfiltration (MF) يساعد فى التخلص من الميكروبات فى اللبن (أكثر من ٩٩,٦٪) بدون حدوث تغيرات ناتجة عن المعاملات الحرارية . وقد أتضح من هذه

الدراسات أن الميكروبات الموجودة فى اللبن على درجة كبيرة من الأهمية فى التسوية حيث من الصعب تمييز الجبن الناتجة من اللبن مبستر ومن الترشيح الدقيق من حيث الجودة ودرجة واسلوب تحلل البروتين ودرجة تحلل الدهن . وعلى العكس من ذلك فإن جبن اللبن الخام يحدث بها تحلل للبروتين بدرجة سريعة وشاملة وتختلف نواتج تحلل البروتين بدرجة ملحوظة. طعم الجبن المصنوعة من اللبن الخام يكون أكثر شدة عن طعم الجبن المصنوعة من لبن مبستر أو من لبن تم معاملته بالترشيح الدقيق MF ولكن عند التحكيم على مستوى تجارى فإن جبن اللبن الخام رديئة الجودة وغير مقبولة .

اللبن المبستر وكذلك لبن MF يكون خاليا من بكتريا NSLAB عند بداية الصناعة بينما اللبن الخام يحتوى على حوالى ٢٠٠ NSLAB/مل وهذه البكتريا تنمو فى جميع أنواع الجبن أثناء التسوية وتصل الى أقصى عدد لها بعد حوالى ١١ أسبوع حيث تحتوى جبن اللبن المبستر وجبن لبن MF على حوالى ١٠ ^{٧} NSLAB/مل وجبن اللبن الخام على حوالى ١٠ ^{٨} NSLAB/مل .

الأختلاف الرئيسى بين جبن بادىء Lactobacilli والجبن التى لا تحتوى على بادىء Lactobacilli هو التباين الكبير فى الجبن الأخيرة حيث أن بادىء Lactobacilli عادة يتكون من سلالات محبة للحرارة المرتفعة ومتجانسة التخمر بينما الجبن الثانى تحتوى على مجموعة غير متجانسة من البكتريا تشمل المحبة للحرارة المعتدلة والمرتفعة وكذلك الأنواع المختلطة والمتجانسة التخمر . وفى جبن اللبن المبستر يكون مصدر Lactobacilli من غير البادىء non-starters Lactobacilli (NSL) هو تلوث ما بعد البسترة من بيئة المصنع ومن المحتمل أن تكون هذه المجموعة من البكتريا مختلفة أختلافا واضحا وقد تحتوى على أنواع ذات صفات خاصة وفريدة تختلف بإختلاف المصنع طبقا لمستوى النواحى الصحية السائدة فى المصنع ، فى جبن اللبن الخام فإن بكتريا NSL تنشأ من مصادر اللبن ومن بيئة المصنع . ومن المتوقع أن تختلف أنواع Lactobacilli فى جبن اللبن الخام واللبن المبستر بدرجة كبيرة . ويبدو أن بكتريا NSLAB يكون لها تأثير هام على جودة الجبن الناتج . التباين فى أعداد وأنواع NSLAB قد يعزى الى استخدام لبن خام أو لبن معامل حراريا ، التباين فى بيئة المصنع أو فى معدل التبريد، قد يسبب كثير من المشاكل وخاصة فى تسوية الجبن وجودة الجبن الناتج.

وتدل بعض الدراسات على أن بكتريا حمض اللاكتيك العصوية المحبة لدرجات

الحرارة المعتدلة mesophilic Lactobacilli وهى المجموعة التى تنتمى اليها معظم NSLAB حيث تحتوى علي أنزيمات بروتينيز مرتبطة بجدار الخلية وكذلك أنزيمات بروتينيز داخلية (خلوية) وقد أمكن التعرف على نطاق واسع من الأنزيمات الخلوية : exopeptidase ، dipeptidases ، aminopeptidases، endopeptidase فى هذه البكتريا ولا يوجد نشاط لأنزيم carboxypeptidase فى Lactococci ولكنه يوجد فى *Lb. casei* .

أ- Micrococci

تعتبر *Micrococcus* من المكونات الرئيسية لميكروفلورا اللبن الخام والجبن الناتجة منه كما أنها توجد بأعداد كبيرة فى الجبن المصنوعة من لبن مبستر. تنمو *Micrococcus* خلال المراحل الأولى من التصنيع والتسوية وبالرغم من ذلك فإن Lactobacilli و Pediococci قد توجد فى أعداد أكبر فى الجبن عن *Micrococcus* . بعض أنواع من Micrococci تحلل البروتين بدرجة كبيرة وتنتج بروتينيز خارجى extracellular proteinases كما تحتوى أيضا على بروتينيز داخلى intacellular proteinases .

تم عزل وتوصيف أنزيمين من البروتينيز الخارجى من جبن معرقة بالفطر ناتجة من لبن خام ومصنعة فى المزارع farms ووجد أن درجة الحرارة المثلى لهما حوالى ٤٥°م ودرجة pH المثلى لأحدهما ٨,٥ للآخر بين ٩-١١. الوزن الجزيئى للبروتينيز الأول (I) يبلغ ٢٣,٥ kDa وللثانى (II) ٤٢,٥ kDa . وأنزيم I يفضل تحليل β-casein عن α_{s1}-casein بينما الأنزيم الآخر (II) يحلل كل من α_{s1}-casein و β-casein بمعدلات متساوية تقريبا .

وقد تم دراسة نشاط البروتينيز فى مستخلص خال من الخلايا cell-free extracts لعدة أنواع من Micrococci ووجد أن بروتينيز جميع الأنواع يفضل تحليل β-casein عن α_{s1}-casein كما أن البروتينيز الخلوى لأنواع Micrococi يفضل تحليل الـ β-casein كما يوجد أيضاً aminopeptidase ، iminopeptidase ، dipeptidase فى خلايا بعض السلالات .

ب- Pediococci

تنمو Pediococci فى جبن التشدر وفى بعض الحالات تكون سائدة فى بكتريا NSLAB بينما فى حالات أخرى تكون قليلة العدد فى بكتريا NSLAB . كما وجدت

أيضاً هذه البكتريا فى بعض أنواع من الجبن الإيطالية مثل الجرانا Grana وكذلك بعض أنواع من الجبن الطرية المرتفعة فى الملح مثل الدمياطى Domiati وعندما تكون هذه البكتريا أحد المكونات الهامة لبكتريا NSLAB 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. ضعيف فى تحليل البروتين والدهن وقد وجد أن خلايا بعض سلالات Pediococci تحتوى على proteinase , dipeptidase,aminopeptidase حيث أن الأنزيم الأخير يحلل كل β-caseins, α_{s} وقد أوضحت بعض الدراسات أن *Pediococcus* spp. قد يساهم فى تحلل البروتين فى جبن التشدر وغيرها من الجبن التى تسوى داخليا بالبكتريا .وبالرغم من أن هذه البكتريا ضعيفة فى تحلل الدهن لكنها على جانب كبير من الأهمية فى طعم الجبن ويرجع ذلك إلى مقدرتها على اكسدة اللاكتات إلى خلات ، وأختزال الأسيتالدهيد والبروبيونالدهيد propionaldelyde إلى الكحولات المقابلة ، كما يمكن أن تنتج كميات قليلة من ثنائى الأستيتيل .

٥-٣-٩-نظام تحلل البروتين فى ميكروبات البادئات المساعدة .

أ-بكتريا حمض البروبيونيك Propoinic acid bacteria : يعتبر *P.shermanii* مكون أساسى فى ميكروفلورا أنواع الجبن السويسرية ويقوم أساساً فى هذه الجبن بتمثيل اللاكتات إلى بروبيونات وخلات وCO_2 حيث يكون الأخير مسئول عن تكوين العيون المرغوبة فى الجبن ، ومع ذلك فإن بكتريا حمض البروبيونيك تساهم أيضاً فى تحليل البروتين . تحتوى جبن الأمينتال على تركيز مرتفع من البرولين proline عن غيرها من أنواع الجبن الأخرى ويساهم هذا الحمض الأمينى فى المذاق الحلو sweet taste لجبن الأمينتال وقد تم التوصل إلى أن بكتريا حمض البروبيونيك هى المسئول الرئيسى فى تكوين البرولين .

وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن *P.shermanii* تستطيع أن تنتج كميات كبيرة من البرولين من الكازين المتحلل casein hydrolysates ولكن بكمية قليلة عن الكازين غير المتحلل كما أن هذا الميكروب يستطيع أن يخلق البرولين . تختلف قدرة بكتريا حمض البروبيونيك فى أنتاج البرولين أختلافاً كبيراً بين أنواع وكذلك بين سلالات النوع الواحد . عموماً فإن *P.shermanii* ينتج أعلا تركيزات من البرولين فى مرق لاكتات

الصوديوم sodium lactate broth يحتوى على trypticase ومستخلص الخميرة .

بكتريا حمض البروبيونيك لها قدرة ضعيفة جداً على تحليل البروتين وقد يحتوى جدار وغشاء الخلية وكذلك بعض شقوق الخلية على عدة أنزيمات peptidases التى تكون نشطة على نطاق واسع من البيتيدات .

ب. ***Brevibacterium linens*** : وهو مكون رئيسى لميكروفلورا السطح smear للجبن المسواه سطحياً بالبكتريا ويدرجه أقل فى الجبن التقليدية التى تسوى سطحياً بالفطر. دور *B.linens* فى تسوية الجبن غير معروف تماماً ولكن بالتأكيد يقوم بمساهمة رئيسية فى التسوية . هذا الميكروب يحتوى على نظام نشط لتحليل البروتين وخاصة بالنسبة لنشاط أنزيم 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 ولا يتاثر نشاطه بأيونات المعادن أو المواد المختزلة . وقد تمكن بعض الباحثين من تنقية بروتينيز خارجى من *B.linens* ووجد أن درجة pH المثلى لنشاطه هو ٧,٠ درجة الحرارة المثلى ٢٥°م ويتم إيقاف نشاطه تماماً فى خلال ١٠ دقائق عند درجة حرارة ٥٠°م ويحلل الكازين بسهولة كما وجد أن نشاط البروتينيز الداخلى أقل بكثير عن البروتينيز الخارجى . *B. linens* يكون نشطا فى تحليل الأحماض الأمينية مع إنتاج امينات amines وأحماض طيارة volatile ، أمونيا NH_3 ، CO_2 . بعض هذه النواتج لها تأثير كبير على طعم ونكهة الجبن المسواه سطحياً .

جـ. ***Penicillium roqueforti & P.caseicolum*** : ويحتوى كل من هذين الفطرين على أنظمة قوية لتحليل البروتين وتفرز الفطريات أنزيمات metalloproteinases حامضى ومتعادل وكذلك عدة أنزيمات من carboxypiptidases,aminopeptidases. كما أن الميسليلوم يحتوى على بروتينيز وبتديز داخلى الذى ينفرد عندما يموت الفطر ويتحلل .

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

كما يحدث تحلل البروتين بدرجة شاملة فى الجبن المسواه سطحياً بالفطر ومن المعتقد أن البروتينيز الخارجى الذى يفرز بواسطة *P.caseicolum* يكون مسئولاً عن هذا التحلل ولكن هذه الأنزيمات تتخلل 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 . ويلاحظ أرتفاع pH من السطح إلى مركز الجبن نتيجة تأثير الفطر .

قد يلعب تمثيل الأحماض الأمينية الحرة دوراً هاماً فى تسوية معظم أنواع الجبن وخاصة الجبن المسواه سطحياً بالفطر والبكتريا. النواتج الرئيسية التى قد تنشأ من تمثيل الأحماض الأمينية هى (يرجع إلى ٦-٣-١) :

١. الأمينات amines الناتجة من نزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylation .
٢. الأمونيا والأحماض والأحماض الكيتونية keto-acids والكربونيل carbonyls والكحولات الناتجة من نزع مجموعة الأمين deamination .
٣. أحماض أمينية أخرى والناتجة من نقل مجموعة الأمين transamination .
٤. H_2S , $(CH_3)_2S$, methanethiol , thioesters 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) والنواحى الغذائية والسمية toxicological nutritional aspects (مثل الأمينات المرضية biogenic amines)

٥-٤ تحلل الدهن

فى معظم أنواع الجبن يحدث تحلل محدود نسبياً للدهن lipolysis أثناء التسوية ويعتبر غير مرغوب فيه ، يعتبر معظم المستهلكين أن جبن التشدر والأنواع الهولندية والسويسرية المحتوية على مستوى معتدل من الأحماض الدهنية الحرة جبن زنخ rancid .وتختلف درجة تحلل الدهن بإختلاف نوع الجبن فبينما لا تزيد درجة تحلل الدهن عن ٢٪ من الجليسريدات الثلاثية فى جبن مثل الجودا ، الجروير أو التشدر فإنها تكون عادة بين ٥-٢٠٪ فى الجبن المعرقة بالفطر حيث يحدث تحلل للدهن بدرجة كبيرة دون ظهور طعمة

زنخ في هذه الجبن . وقد فشل بعض الباحثين في إيجاد أى فروق معنوية (كمياً أو وصفياً) في الأحماض الدهنية الحرة الموجودة في جبن التشدر التي يختلف فيها الطعم بدرجة كبيرة . النسب لكل من الأحماض الدهنية الحرة من $C_{6:0}$ إلى $C_{18:2}$ في الجبن إلى الأحماض المقابلة الموجودة في صورة أستر esterified في دهن اللبن متماثلة تماماً مما يدل على أن هذه الأحماض تنفرد بطريقة عشوائية . ومع ذلك فإن حمض البيوتريك الحر يبلغ حوالى ضعف تواجده في الجليسريدات مما يدل على أن إنفراد هذا الحامض يكون انتقائياً أو خلق ميكروبا. كما أشار البعض إلى أن الأحماض الدهنية الطيارة قد تساهم في خلفية الطعم في جبن التشدر ولكن الأحماض طويلة السلسلة (أكثر من C_4) ليست مهمة .

في الجبن الزائدة التسوية فإن الأحماض الدهنية قد تساهم إيجابياً في الطعم عندما تتوازن مع نواتج تحلل البروتين وغيرها من التفاعلات ويستثنى من هذه القاعدة الجبن المعرقة بالفطر وبعض أنواع الجبن الأيطالية مثل الرومانو والبرمسان (جدول١-٦) .

٥-٤-١ العوامل المحللة للدهن في الجبن

يحتوى اللبن على أنزيم ليبيز قوى جداً lipoprotein lipase والذى لم يصل عادة إلى قوته في اللبن . هذا الأنزيم يحلل الدهن بدرجة كبيرة في جبن اللبن الخام وقد يساهم لحد ما في جبن اللبن المبستر وخاصة إذا كان اللبن قد سخن لدرجات حرارة أقل من البسترة حيث أن التسخين عند ٧٨°م لمدة ١٠ ثوان يكون ضرورياً لإتلافه . أنزيم ليبيز اللبن متخصص بدرجة عالية في الأحماض الدهنية الموجودة على ذرة الكربون الثالثة من الجلسريد حيث أن معظم حمض البيوتريك في دهن اللبن يرتبط مع الجليسرول ويكون أستر عند هذا الوضع وهذا يوضح التباين في تركيز حمض البيوتريك الحر في الجبن .

جدول ١-٦ : تركيز الأحماض الدهنية الحرة الكلية (FFA) في بعض أنواع من الجبن

نوع الجبن	FFA mg/kg	نوع الجبن	FFA mg/kg
ايدام	٣٥٦	برفلونو	٢١١٨
موزاريلا	٥٥٠	رومانو	٦٧٥٤
كممبير	٦٨١	برمسان	٤٩٩٣
تشدر	١٠٢٨	ركفور	٣٢٤٥٣
جروير	١٤٨١	معرقة بالفطر	٣٢٢٣٠

مستخلص المنفحة مرتفع الجودة لا يحتوى على أى نشاط لليبيز بعكس عجينة المنفحة rennet paste التى تستخدم فى صناعة بعض أنواع من الجبن الأيطالية فتحتوى على ليبيز قوى (يعرف بـ pregastric esterase (PGE) والذى يضاف فى بعض الدول للبن الجبن فى صورة منقاه جزئياً . أنزيمات PGEs 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 وجودها عند هذا الوضع فإن تأثير PGE يؤدى إلى انفراد تركيزات مرتفعة من الأحماض الدهنية قصيرة ومتوسطة السلسلة والتى تكون مسئولة عن الطعم الحريف فى الجبن الأيطالية الجافة. يتوفر أنزيمات PGEs من العجول والماعز والغنم على نطاق تجارى بالرغم من أن هذه الأنزيمات متشابه فى صفاتها بصفة عامة إلا أنه يوجد فروق دقيقة فى درجة تخصصها الذى يساعد على إنتاج جبن إيطالية ذات أطعمة متميزة مختلفة .

معظم أنزيمات 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* يعطى نتائج مرضية وأن إضافة PGE إلى لبن جبن التشدر والفتا Feta والدمياطى والرأس والجبن المعرقة بالفطر وغيرها من الأنواع الأخرى تحسن من جودة هذه الجبن .

بكتريا حمض اللاكتيك (*Lactococcus* , *Lactobacillus*) لها قدرة ضعيفة يمكن قياسها على تحلل الدهن . وقد أمكن توصيف ليبيز من مستخلصات خالية من الخلايا cell-free xtracts لعدد من سلالات Lactococci . هذه الأنزيمات بصفة عامة تبلغ أعلا نشاط لها عند pH من ٧ إلى ٨,٥ ودرجة حرارة ٣٧°م كما أنه يمكن تنشيطها بواسطة جلوتاثيون مختزل reduced glutathione وتركيز منخفض من الملح (حوالى ٢٪) ولكن يثبط نشاطها عند تركيزات مرتفعة من الملح كما أن هذه الأنزيمات تكون أكثر نشاطاً على الترايبيوترين tributryrin .

تنتج *L.lactis* subsp. *lactis* biov *diacetylactis* وكذلك *Lb.casei* كل من الليبيز والأستريز ، نشاط الأنزيم الأخير (أستريز) يكون أعلا من نشاط الليبيز فى جميع السلالات . تنتج Lactococci نشاط ليبيز وأستريز أعلا من Lactobacilli ، والأنزيمات تكون مرتبطة أساساً بغشاء الخلية وينتج أنزيمات أكثر عندما تنمو الخلايا فى اللبن عنه فى

بيئة سائلة broth .

Micrococci لها أهمية فى الجبن فقد تم تنقية أنزيمين من الليبيز ذات وزن جزيئى مختلف (٢٥ ، ٢٥٠ kDa) من السائل الرائق الخال من خلايا *M.freudenreichii* . وهذه الأنزيمات فى صورة غير نقية crude تكون مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة حيث تفقد حوالى ٢٠٪ من نشاطها بالتسخين عند درجة ١٠٠°م لمدة ٥ دقائق ولكنها تصبح أقل مقاومة للحرارة عندما تكون فى صورة نقية . هذه الأنزيمات تكون نشطة على الجليسريدات والأسترات طويلة وقصيرة السلسلة ويمكن تثبيطها بدرجة كبيرة بواسطة الفوسفات العضوية ، Hg^{2+} ، Mn^{2+} وبدرجة أقل بواسطة EDTA . كما تدل بعض الدراسات أن بعض أنواع من Micrococci تحتوى على ١-٤ أنزيم أستريز هذه الأنزيمات تكون أكثر نشاطاً عند pH ٨,٠ ودرجة حرارة ٤٠°م ويمكن تثبيطها بدرجة كبيرة بواسطة NaCl وخاصة عند pH ٥,٠ .

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

بكتريا Micrococci ليس لها القدرة على تحليل الدهن عندما تكون الخلايا كاملة ولكن عندما تموت الخلايا وتتحلل ينطلق منها أنزيمات ليبيز خلوية (داخلية) تنتج أحماض دهنية طيارة . وتعتبر البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophs التى تكون سائدة فى اللبن المبرد مصدراً هاماً لأنزيمات الليبيز القوية فى اللبن والجبن. عديد من هذه الأنزيمات مقاوم للحرارة ويمتز على سطح حبيبات الدهن لذلك فأنه يتركز فى الجبن ، ومن المحتمل أن يكون ليبيز هذه المجموعة من البكتريا أكثر أهمية فى الجبن والزبد وأن أنزيماتها من البروتينيز التى تكون ذائبة فى الماء تفقد فى الشرش .

يحدث فى الجبن المسواه بالفطر ، وخاصة الجبن الركفور وأنواعها المختلفة Blue cheese ، تحلل الدهن بدرجة كبيرة حيث ينفرد نسبة حوالى 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 الأيطالية الجافة وقد يعزى ذلك إلى إستهلاك جزء من هذه الأحماض فى معادلة الأرتفاع فى pH وكذلك إلى سيادة الميثيل كيتون methyl ketones على طعم الجبن المعرقة بالفطر . يرجع تحلل الدهن فى الجبن المسواه بالفطر أساساً إلى *P.roqueforti* أو *P.camemberti* وكل منهما يفرز ليبيز خارجى

خارج الخلايا نشط جداً . كما يبدو أن *P.cammberti* يفرز أنزيم ليبيز واحد فقط ذات درجة pH مثلى حوالى ٩ ودرجة حرارة مثلى حوالى ٣٥°م بينما *P.roqueforti* يفرز نوعين من أنزيم ليبيز ، درجة pH المثلى لأحدهما عند ٧,٥ - ٨ وقد يصل إلى ٩,٠ - ٩,٥ وللثانى يكون ٦,٠ - ٦,٥ أى أن أحدهما ليبيز حامضى والآخر ليبيز قلوى ولكل منهما له خاصية مختلفة .

٥-٤-٢ تمثيل الأحماض الدهنية

يسود طعم ونكهة الجبن المعرقة بالفطر مركبات الميثيل كيتون ، تحتوى على عدد ذرات كربون من ٣-١٧ وقد أمكن التعرف على بعضها فى الجبن . مركبات الميثيل كيتون السائدة فى هذه الجبن هى 2-nonanone و 2--heptanone . يتم تكوين الميثيل كيتون بأتباع مسار β-axidation . ميكانيكية تكوين مركبات الميثيل كيتون بصفة عامة عبارة عن أكسدة الحمض الدهنى إلى β-keto acid ونزع مجموعة الكربوكسيل من هذا الحمض وتحويله إلى ميثيل كيتون يحتوى على عدد ذرات كربون أقل ذرة واحدة من المصادر ، أى أن تحويل الأحماض الدهنية إلى مركبات ميثيل كيتونات تتم على النحو التالى :-

١- أكسدة الحمض الدهنى (β- oxidation)

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

caprylic acid — β- keto caprylic acid

٢- نزع مجموعة الكربوكسيل (decarboxylation)

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

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

إنخفاض تركيز الأكسجين يقلل من كمية الميثيل كيتون المتكونة . وهذه المركبات سامة للفطر عندما توجد بتركيزات مرتفعة وعليه فأنها تثبط من النمو الزائد للفطر . يتناسب تكوين مركبات الميثيل كيتون مع درجة تحلل الدهن . الجراثيم وكذلك الميسليوم تستطيع أن تؤكسد الأحماض الدهنية إلى ميثيل كيتون. ويعتقد أن مركبات الميثيل كيتونات ليس هى المكونات الوحيدة المسئولة عن طعم الجبن المعرقة بالفطر حيث يحتوى الجبن أيضاً على تركيزات محسوسة من الكحولات الثانوية وخاصة 2-nonanol,2-heptanol,2-pentanol التى تتكون نتيجة إختزال الميثيل كيتون المقابل

بواسطة *P.roqueforti* .

٥-٤-٣ اللاكتونات

اللاكتونات lactones عبارة عن أسترات حلقية cyclic esters تنتج من أسترة داخلية لجزيئات حامض هيدروكسى hydroxy acid مع فقد الماء ليكون مركب حلقى β- and α- lactones تكون نشط جدا وتستخدم أو توجد كمكونات وسطية فى بناء المكونات العضوية .مركبات γ-and δ-lactones ثابتة وتوجد فى الجبن . تتميز مجموعة اللاكتونات بنكهة قوية وقد تكون نكهة هذه اللاكتونات ليست مماثلة لأية نكهة معينة فى الجبن إلا أنها قد تكون مهمة فى التأثير الأجمالى لطعم الجبن . وقد أمكن التعرف على عدد من لاكتونات الأحماض الدهنية فى الجبن ومنتجات الألبان المتخمرة .

وقد أشار البعض إلى تكوين δ-lactones من δ-hydroxyacids فى دهن اللبن المسخن فى وجود الماء . توجد γ- and δ- lactones فى دهن اللبن المحلوب حديثاً ويتكون من γ- and δ- hydroxy acids المقابل فى الجليسريدات الثلاثية كما لا يوجد γ- and δ- hydroxy fatty acids أو اللاكتونات المقابلة فى أى نوع من النباتات والتى تستخدم فى تغذية الحيوانات المجترة لذلك فإن hydroxy acids يجب أن ينشأ من التمثيل الغذائى فى الحيوان .

كما أوضح آخرون إمكانية تكوين γ-and δ-lactones نشط عن طريق إختزال الأحماض الكيتونية keto acids إلى أحماض هيدوكس hydroxy acids بواسطة عدد من الخمائر (*Saccharomyces* spp.,*Clasdosporium* spp.) وبعض الفطريات (مثل *Penicillium* spp.) وبعض البكتريا (مثل *Sarcina lutea*) ومع ذلك فقد وجد البعض أن نظام δ- oxidation لهدم الأحماض الدهنية فى الغدد الثديية للحيوانات المجترة وبالتالى فإن الأكسدة داخل الغدة تبدو العامل الرئيسى لأنتاج γ-and δ- hydroxy acids وبالتالى تصبح مصدراً للاكتونات . تتوقف إمكانية إنتاج اللاكتونات على عدة عوامل مثل العليقة ، فصل السنة ، الجنس وكذلك موسم الحليب . تكوين اللاكتونات فى اللبن عملية تلقائية تلى تحليل γ-or δ- hydroxy acids من الجليسريدات الثلاثية لذلك فإن إنتاج اللاكتون يرتبط بتحلل الجليسريدات . وقد أشار البعض إلى أن هناك أرتباطا بين الوقت ودرجة حرارة التسخين وتركيزات اللاكتونات فى دهن اللبن butteroil كما لوحظ أيضاً أن اللاكتونات المتكونة فى كل من الجبن الطازجة والزبد

متماثلاً بدرجة كبيرة .

وفى دراسة على الجبن التشدر وجد أن اللاكتونات ذات السلسلة الأطول (C_{14} - C_{16}) يزداد بدرجة لا تتناسب مع اللاكتونات الأخرى فى الجبن الزنخ rancid . وقد اقترح البعض أن طريقة تكوين اللاكتونات ترجع إلى التمثيل الميكروبى microbial metabolism لحمض homoricionoleic acid إلى أحماض هيدروكسية أقصر فى السلسلة ولاكتونات . يتميز δ-lactones بطعم خفيف وبالتالى يعتقد إحتمال مساهمته فى طعم الجبن . وقد وجد أن تركيز اللاكتونات فى الجبن المعرقة بالفطر أعلا منه فى الجبن التشدر ويعزى ذلك إلى تحليل الدهن بدرجة كبيرة فى الجبن المعرقة بالفطر مما يؤثر على تكوين اللاكتونات وأن δ-C_{14} , δ-C_{18} هى اللاكتونات الرئيسية فى الجبن المعرقة بالفطر كما وجدت أيضاً فى جبن التشدر .وقد وجد أن الجبن المعرقة بالفطر المضاف إليها ليبيز تتميز بطعم أقوى نتيجة أن اللاكتونات تساهم فى تحسين هذا الطعم.

أهم اللاكتونات التى توجد فى الجبن المسواه بالفطر سطحيا (مثل الكممبير) أو داخلياً (مثل Blue cheese) : γ-decalatone , δ-decalactone , γ- dodecal actone , δ- dodecalactone , وتتميز اللاكتونات بصفة عامة بطعم فاكهى قوى (مثل الخوخ ، المشمش ، جوز الهند) ، مصدر هذه اللاكتونات hydroxylated FA والذى يتكون من تمثيل الأحماض الدهنية كما يمكن أن ينتج من الأحماض الدهنية غير المشبعة بفعل أنزيمات lipoxygenases أو hydratases . كما تكون جراثيم *P.roqueforti* لاكتونات من الأحماض الدهنية المشبعة طويلة السلسلة C_{12} .

اللاكتونات الموجودة فى الجبن التشدر يتراوح فيها عدد ذرات الكربون من ١٠ - ١٨ ويرتبط عدد وتركيز اللاكتونات مع عمر وطعم الجبن ، مما يدل على ان بعض اللاكتونات تكون مهمة فى طعم الجبن التشدر . يزداد تركيز اللاكتونات بدرجة سريعة فى المراحل الأولى من التسوية وتوجد بتركيزات أعلا عن حد الطعم المطلوب وبالتالى يؤثر على طعم الجبن .

٥-٥- دور الفوسفاتير الحامضى فى تسوية الجبن

أنزيمات الفوسفاتير تحلل رابطة C-O-P فى عديد من أسترات الفوسفات والفوسفونات phosphonate ، وتنقسم هذه الأنزيمات إلى حامضية وأخرى قلوية طبقاً لتأثير pH على نشاطها بالرغم من أن كل من الفوسفاتيز الحامضى والقلوى يوجد فى

الجبن إلا أن الفوسفاتيز الحامضى أكثر نشاطاً ويعزى ذلك إلى pH الجبن المنخفض نسبياً (حوالى ٥,٢) .

أثناء تسوية الجبن تتحلل الكازينات بالمنفحة والبلازمين والبروتينيز البكتيرى إلى ببتيدات غنية فى الفوسفور وتعطى بقايا الفوسفات تأثير واقى protective effect حيث تحمى الببتيدات من التحلل بدرجة أكبر . يمكن أن يحدث تحلل كامل للكازين أثناء التسوية فقط بواسطة التأثير المشترك لأنزيمات البروتينيز والفوسفاتير ، لذلك فإن أنزيمات الفوسفاتيز قد تلعب دوراً هاماً فى تسوية الجبن وتكوين الطعم .

يبقى مستوى نشاط الفوسفاتيز الحامضى فى الجبن ثابتاً اثناء التسوية وقد وجد عدم حدوث تغيير فى نشاط الأنزيم أثناء تخزين جبن الفتا Feta لمدة ٩ - ١٢ شهر ، عند درجة حرارة ٦°م ، وفى جبن التشدر لم يحدث تغيير محسوس فى نشاط الفوسفاتيز عند درجة ١٣°م لمدة تصل إلى أكثر من ١٢ شهر .

يوجد خلاف على مصدر أنزيم الفوسفاتيز الحامضى النشط فى تسوية الجبن والأنزيم عبارة عن phosphomonoesterase وقد ينتج من عدة مصادر . يحتوى اللبن البقرى (وغيرها من لبن الأنواع الأخرى) على أنزيم فوسفاتيز حامضى مقاوم للحرارة ولا يتلف بالبسترة (يفقد ٥٪ من نشاطه بالتسخين لدرجة ٧٥°م لمدة ٣ دقائق) . هذا الأنزيم نشط جداً على البروتين المحتوى على فوسفات phosphoprotien مثل الكازينات. يحتوى هذا الأنزيم على سلسلة منفردة من الببتدات العديدة المحتوى على سكريات glycosylated polypeptide (وزن جزيئى ٤٢ kDa) ويحتوى على ٢ جلاكتوز ، ٢ مانوز ، ٤ N-acetyl nuraminic acid لكل جزئى . يتم تنشيط الأنزيم بدرجة كبيرة بواسطة حمض السوربيك sorbic acid ويثبط بالمعادن الثقيلة وخاصة F , Ag^{+} .

يعتقد أن تكون بكتريا البادىء مصدر آخر للفوسفاتيز فى الجبن حيث يحتوى كل من البادىء الأساسى مثل Lactococci والبادىء الثانوى (المساعد) مثل الفطريات والخمائر ، على فوسفاتيز حامضى . ويبدو أن هذا الأنزيم يكون مرتبطا بجدار أو غشاء الخلية ، الوزن الجزئيى لأنزيمات البادىء مرتفع . ويعتقد أن البادىء الذى ينتج جبن ذات طعم جيد يحتوى على نشاط مرتفع من الفوسفاتيز الحامضى بينما يرى البعض الآخر أن دور الفوسفاتيز الحامضى فى البادىء ثانوى فى الجبن.

يرتبط انزيم الفوسفاتيز من Lactococci بقوة مع جزيئات الكازين ولكنه لا ينزع الفوسفات من الكازين بدرجة محسوسة ومع ذلك فإن الفوسفاتيز الحامضى من Lactococci قد يكون أكثر نشاط على phosphopeptides الصغيرة الناتجة من الكازين. درجة pH المثلى لنشاط أنزيم البادىء هو ٥,٢ بينما لأنزيم اللبن حوالى ٥,٠ . الفروق الرئيسية بين أنزيم الفوسفاتيز الحامضى من كل من Lactococci واللبن تتركز فى أن الأنزيم الأول يكون أكثر حساسية لـ Pb^{2+} والمواد المحتوية على مجاميع سلفادريل -SH على عكس أنزيم اللبن فإن أنزيم الفوسفاتيز الحامضى للبادىء لا ينشط بواسطة حمض السوربيك .

الفطريات مثل *P.roqueforti* تحتوى على فوسفاتيز حامضى نشط جداً . النشاط النوعى specific activity لهذا الأنزيم الفطرى يصل إلى ٧,٣ ضعف الأنزيم الناتج من *L.cremoris* . مستوى أنزيم الفوسفاتيز الحامضى فى الجبن المعرقة بالفطر يكون أعلا منها فى الجبن المسواه بالبكتريا. درجة pH المثلى لنشاط الأنزيم فى مستخلص جبن الركفور هو ٤,٢٥ ومماثل لأنزيم *P.roqueforti* كما ان المقاومة الحرارية متماثلة ، لذلك يعتقد أن الأنزيم الميكروبى يلعب دوراً رئيسياً فى تحلل الكازين ونزع الفوسفات منه dephosphorylation فى الجبن المسواه بالفطر .

تتكون الفلورا السطحية لجبن Tilsiter بصفة أساسية من الخمائر (٧٧٪) من جنس *Endomycopsis* . توجد تركيزات محسوسة من كل من أنزيمات الفوسفاتيز الحامضى والقلوى فى هذا الجبن. ويوجد نشاط أعلا للأنزيم فى الطبقة السطحية أو قشرة الجبن rind عن مركز الجبن . الأنزيم الموجود فى وسط الجبن قد يكون أنزيم الفوسفاتيز الحامضى الموجود طبيعياً فى اللبن بينما الأنزيم الموجود فى القشرة السطحية للجبن قد يكون خليط من أنزيم اللبن والأنزيم الناتج من الخميرة والتى تعتبر المكون الرئيسى لميكروفلورا سطح الجبن .

يوجد عدم أتفاق فى تحديد مدى مساهمة أنزيمات الفوسفاتيز من المصادر المختلفة السابق ذكرها فى تسوية الجبن فقد أوضح البعض أن تأثير الفوسفاتيز فى الجبن يعزى بدرجة كبيرة إلى أنزيم اللبن الطبيعى مع الأنزيم الناتج من البادىء الذى يكون دوره ثانوياً حيث يعتقد أن ٢٠-٢٥٪ من نشاط الفوسفاتيز الحامضى فى الجبن يكون مصدره البادىء إلا أن البعض أشار إلى أن نشاط فوسفاتيز بادىء Lactococci يصل إلى ٥٠-

٦٠٪ من النشاط الكلى فى الجبن . لذلك يمكن القول أن الفوسفاتيز الحامضى البكتيرى يلعب دوراً هاماً فى تسوية الجبن ما زال عرضه للأختلافات .

بالرغم من أن مصدر الفوسفاتيز الحامضى فى الجبن غير مؤكد إلى أن معظم الباحثين يعتقدون نزع الفوسفات من البيبتدات بواسطة الفوسفاتيز الحامضى تفاعل هام فى تسوية الجبن وقد وجد البعض أنه لا يوجد زيادة فى مستوى الفوسفور المعدنى أو غير العضوى ولكن تركيز البيبتدات المحتوية على فوسفات **phosphopeptide** يزيد أثناء تخزين الجبن لذلك فإن دور الفوسفاتيز الحامضى فى تسوية الجبن ما زال غير واضحاً ويحتاج إلى مزيد من الدراسة .

٦- طعم ونكهة الجبن

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

١- جزء غير طيار non-volatile ويكون مسئول بصفة رئيسية عن مذاق الجبن taste مثل حمض اللاكتيك ، أحماض أمينية ، الأحماض غير الطيارة ، كحولات أمينات ، أملاح معدنية ، NaCl .

٢- جزء طيار volatile وهو الشق المهم فى نكهة الجبن ويشمل أحماض ، ألدهيدات ، كيتونات ، كحولات ، أمينات ، أسترات ، H_2S ، NH_3 ، sulphides .

هذا التقسيم يعطى صورة عامة عن طبيعة مذاق ونكهة الجبن التى تكون الطعم فى الناتج النهائى . بعض هذه المكونات 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 يحتوى على الطعم والنكهة والتركيب البنائى للنوع المراد إنتاجه وخال من العيوب فى أقل وقت ممكن . التغيرات فى التركيب البنائى عملية معقدة جداً وقد تكون أكثر تعقيداً عن غيرها من التغيرات مثل الطعم والنكهة . يتحدد التركيب البنائى للجبن بداية من تركيب لبن الجبن خاصة نسبة الدهن : الكازين ، بواسطة عملية التصنيع التى تنظم معدل طرد الشرش وبالتالى محتوى الجبن من الرطوبة ومعدل زيادة الحموضة الذى ينظم درجة نزع المعادن من الخثرة demineralization والتى

بدورها يكون لها تأثير رئيسى على التركيب البنائى فى الجبن. يتغير التركيب البنائى للجبن أثناء التسوية نتيجة تحلل البروتين خاصةα_{s1}-casein بواسطة المنفحة وأنخفاض النشاط المائى (a_w) نتيجة لأنفراد المجاميع الأيونية المرتبطة بالماء، واعادة توزيع الملح وفقد الماء بالتبخير وإلى التغيرات فى pH نتيجة تحلل البروتين وتحلل حامض اللاكتيك ، الذى يكون واضحاً فى الجبن التى تسوى سطحياً بالفطر .

بدون شك فإن نكهة وطعم الجبن تتأثر بالتركيب البنائى للخثرة فمثلاً الأدراك الحسى للمستهلك وأنفراد مكونات النكهة التى تعطى الأحساس بالطعم الجيد ينشأ أثناء مضغ قطعة الجبن .يلعب الدهن فى الجبن عدة أدوار فى تحديد جودة الجبن نتيجة التأثير المباشر على التركيب البنائى للجبن ، كما أنه يعمل كمصدر لمكونات النكهة ومكونات الأحساس بالطعم الجيد sapid أثناء المضغ ويعمل كمذيب لهذه المكونات التى تتكون من لبيدات الجبن وغيرها من المصادر .

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

٦-١ الكربوهيدريت كمصادر للطعم

٦-١-١- اللاكتوز

المسارات المختلفة لتمثيل اللاكتوز إلى حمض لاكتيك قد سبق الأشارة إليها فى الفصل الثالث . أهمية هذه الأنشطة فى تكوين الطعم فى الجبن غير المسواه مثل Cottage تكون محدودة لأنتاج طعم حمض لاكتيك قوى وإنتاج مكونات النكهة عادة يكون مرتبط بتمثيل السترات .

تخمير اللاكتوز فى الجبن المسواه يكون له تأثيرات هامة على طريقة تسوية هذه

الجبن حيث يثبط نمو بعض الميكروبات فى الجبن نتيجة لتأثيره المضاد للبكتريا antibacterial كما أنه يخفض جهد الأكسدة والأختزال E_h وpH فى الجبن مما يؤكد أن التفاعلات الأنزيمية تتم ببطء بالرغم من أن معظم الجبن تحتاج فترات تسوية طويلة لتكوين الطعم الكامل إلا أنها تظل مستساغة لعدد من السنوات كما أن أنخفاض E_h يؤكد أن المكونات الكبريتية المستساغة الطعم تبقى فى صورتها المختزلة .تخمر بقايا اللاكتوز فى خثرة الجبن الطازجة التى تم كبسها بواسطة بكتريا حمض اللاكتيك الثانوية (Pediococci, Lactobacilli) ترتبط بطريقة مباشرة بدرجة جودة جبن التشدر .تميل هذه البكتريا إلى تمثيل اللاكتوز بأتباع مسارات التخمر المختلط heterofermentative pathways فى الجبن تحت ظروف نمو أقل من الظروف المثلى مع إنتاج كميات زائدة من المكونات التى تحدث عدم اتزان فى مكونات الطعم مما يسبب ظهور عيوب فى الطعم (مثل حمض الفورميك ، الأيثانول ، حمض الخليك) .

فى جبن التشدر مرتفعة الجودة تنمو بكتريا البادىء Lactococci ويستهلك جميع اللاكتوز الموجود فى الخثرة وذلك بتوفير الظروف الملاءمة عن طريق تمليح الخثرة بعناية بحيث يكون مستوى الملح فى رطوبة الجبن (S/M) قريب بقدر الأمكان من ٤٪ حتى يمكن لبكتريا البادىء أن تنمو وتخمر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك فى مدة أقصاها ٢٤ ساعة من كبس الخثرة . وعند مستوى مرتفع S/M فإنه يحدث تثبيط لنشاط بكتريا البادىء ويظل اللاكتوز موجودا فى الخثرة ويعمل كبيئة للميكروبات الثانوية .

كما أن التبريد السريع للخثرة الطازجة بعد كبسها إلى ١٠°م له تأثير هام فى تسوية الجبن حيث تنمو الميكروبات الثانوية فقط ببطء وتصل أعدادها إلى 10^{6} /جرام أو أقل فى الجبن ، وتحت هذه الظروف يتم تخمر بقايا اللاكتوز تخمراً متجانساً إلى حمض اللاكتيك ولا تنتج المكونات التى تؤدى إلى أتلاف توازن الطعم . وعلى عكس جبن التشدر فإن تخمر اللاكتوز إلى حمض لاكتيك فى جبن الأمينتال والجروييير بواسطة *Lb.helveticus,S.salivarius* subsp. *thermophilus* يؤدى إلى توفير البيئة اللازمة لأنتاج مكونات الطعم بواسطة بكتريا البادىء المساعد (الثانوى) *Propionibacterium shermanii* المضافة.تنمو بكتريا البادئ الأساسى (*S.thermophilus/Lb.helveticus*) وتكون حامض اللاكتيك فى كل من حوض التجبن وأثناء عملية الكبس . تعتبر فترة ٢٤ ساعة عقب صرف الشرس والكبس من أهم

مراحل صناعة هذه الجبن والتى يتم خلالها تبريد الجبن من ٥٠ إلى ٢٠°م . يتم تخمر جميع اللاكتوز تحت هذه الظروف بعد ٢٤ ساعة إلى حمض لاكتيك الذى يتكون بدرجة أكبر قرب أطراف قرص الجبن المبرد الذى يكون أقل حرارة عن مركز قرص الجبن الدافىء . الأختلاف فى تركيز اللاكتات مع الأختلاف فى تركيز الملح بين مركز وأطراف قرص الجبن نتيجة التمليح الرطب للجبن الطازج يؤكد أن بكتريا حمض البروبيونيك تنمو بدرجة أفضل قرب مركز الجبن حيث أن هذه البكتريا يتم تثبيطها نتيجة التركيزات المرتفعة لكل من الملح واللاكتات . يعتبر معدل نمو بكتريا حمض البروبيونيك وإنتاج CO_2 عملية حرجة جداً حيث تحدد حجم وتوزيع العيون فى الجبن وبالتالى قيمتها التسويقية . يكون حجم العيون الغازية فى الجبن الأمينتال اكبر منها فى جبن الجروييير التى يمكن الحصول عليها باستخدام درجات حرارة أعلا فى التسوية ومعدلات تمليح أقل من الجبن الأول (الأمينتال) .

يعتبر تخمير اللاكتات وبقايا السكريات بواسطة بكتريا حمض البروبيونيك مرحلة حيوية هامة في تسوية الجبن السويسرية الذى يتم بعد إنتاج حمض اللاكتيك بواسطة البادىء الأساسى . ينتج عن تخمير اللاكتات بواسطة بكتريا حمض البروبيونيك غاز CO_2 (الذى يكون العيون) وحمض البروبيونيك والخليك الذى يسود مع حامض اللاكتيك الطعم فى جبن الأميتنال بصفة خاصة . يبدأ تكوين العيون بعد أن تصل بكتريا حمض البروبيونيك أقصى عدد لها من ٢٥ - ٤٠ يوم يوم أو أكثر ، بينما التركيب البنائى للجبن يكون بلاستيكيا بدرجة كافية تسهل من تكوين العيون أكثر من تكوين شقوق ، يطلق على هذه التغيرات التخمر الثانوى . تكوين CO_2 بدرجة زائدة فى الجبن يؤدى إلى حدوث عيوب فى التركيب البنائى وقد يحدث ذلك نتيجة زيادة نشاط بكتريا حمض البروبيونيك فى المراحل المتأخرة بواسطة الأحماض الأمينية الناتجة من تحلل البروتين بواسطة بعض بكتريا مزارع البادىء أو الملوثات غير المرغوبة .

يتوقف ظهور الفلورا السطحية على الجبن الطرية والنصف طرية على تمثيل اللاكتوز إلى حامض اللاكتيك والذى يعتقد أنه يبدأ بواسطة الخمائر المستهلكة للاكتات lactate-utilizing yeasts الذى يؤدى نموها إلى رفع pH مما يسمح لميكروبات أخرى أن تنمو على السطح . تتابع مثل هذه التغيرات معروفة بصفة عامة فى الجبن التى ينمو على سطحها مجموعة من الميكروبات surface smear cheese مثل جبن اللامبرجر والجروييير.

وتتضمن الخمائر التى تنمو على سطح هذه الجبن *Candidum* , *Geotrichium* ، كما أن كل من Micrococci ، coagulase-negative Staphylococci تكون الميكروبات الرئيسية المنتجة للصبغات ولكن *B.linens* على درجة كبيرة من الأهمية فى جبن اللامبرجر والجروبير والبريك حيث يلعب دوراً هاماً فى تكوين الطعم فى الجبن .

٦-١-٢- السترات

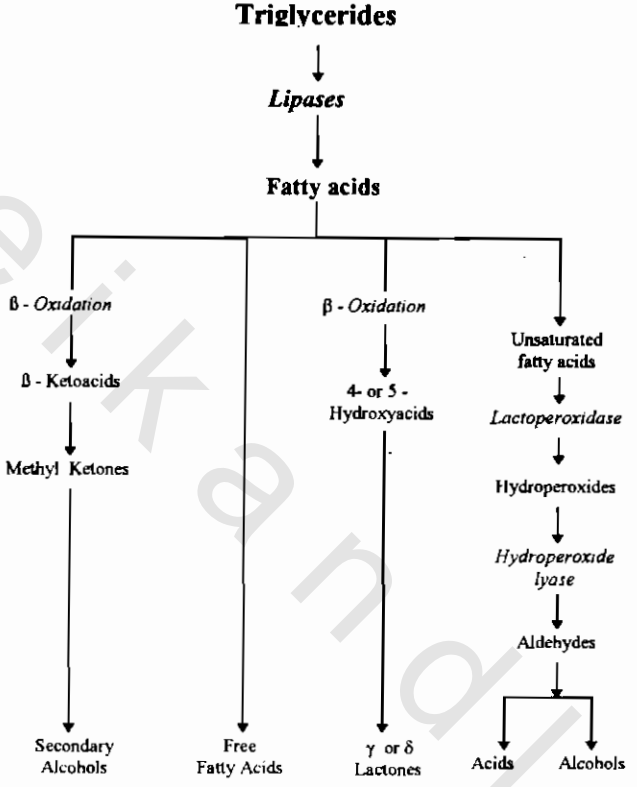
السترات مكون طبيعى فى اللبن ويوجد بتركيزات ضئيلة ويحدث له تمثيل بواسطة *L.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis* و *Leuconostoc* إلى CO_2 ومركبات الكربونيل وتشمل ثنائى الاسيتيل . لذلك فإن سلالات من هذه البكتريا توجد دائماً فى مزارع البادئات المستخدمة فى صناعة جبن Cottage . يعتمد الطعم فى هذا النوع من الجبن بصفة رئيسية على ثنائى الأسيتيل عند مستوى ٢ جزء فى المليون كما يعتقد أن الاسيتالدهيد ياهم أيضا فى الطعم . دور نواتج تخمر السترات فى الجبن المسواه أقل وضوحاً وقد يكون ثنائى الأسيتيل مهم فى جبن التشدر نتيجة تفاعله بصورة تعاونية مع مكونات أخرى ناتجة أثناء التسوية ومع ذلك فإنه يمكن إنتاج جبن تشدر جيد بدون استخدام البكتريا المخمرة للسترات .

٦-٢- الليبيدات كمصادر للطعم

تعتبر الجليسريدات الثلاثية فى اللبن كمياً أهم الليبيدات الموجودة فى الجبن كما توجد الفسفوليبدات كمكونات لغشاء حبيبات الدهن وتركيب البكتريا ولكن يعتقد أنها لا تساهم فى مكونات الطعم فى الجبن المسواه . تتحلل الجليسريدات الثلاثية بدرجة أكبر فى بعض أنواع من الجبن أكثر من غيرها وبالتالى تختلف درجة مساهمتها فى طعم الجبن . الشكل (٤-٦) يوضح تكوين مكونات الطعم من الجليسريدات .

مثلا فى الجبن الأيطالية مثل الرومانو Romano والبرمسان Parmesan والبرفلونو Provolone يعتمد الطعم المميز لهذه الأنواع بدرجة كاملة على الأحماض الدهنية الحرة الناتجة بفعل أنزيمات الليبيز الحيوانى المضافة . كما أن الأحماض الدهنية الحرة تكون حيوية فى تكوين الطعم المميز فى الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese كمكونات الطعم وكبئيات حيث يتم أكسدتها إلى مركبات ميثيل كيتونات التى تعتبر من مكونات الطعم الرئيسية . يلقح لبن أو خثرة الجبن المعرقة بالفطر بجراثيم فطريات *Penicillium* الأزرق المخضر (*P.roqueforti*) وعندما يتم تثقيب الجبن الطازج لأدخال الهواء فإن الجراثيم تنمو

وينتشر الفطر داخل الجبن ويساعد على ذلك التركيب المفتوح للجبن .



شكل ٤-٦ : تكوين مكونات الطعم من الجليسريدات

يمكن السيطرة جزئياً على نمو الفطر بواسطة تركيز NaCl فى الجبن وعادة يستخدم التمليح الجاف على السطح الخارجى الذى يتخلل منه إلى داخل الجبن . وقد لوحظ أن *P.roqueforti* ينمو بدرجة سريعة فى المنطقة الوسطية العميقة أكثر منها فى المناطق الطرفية فى الجبن لأن تركيزات الملح المرتفعة والمنخفضة تكون مثبطة بينما التركيزات المتوسطة (١-٣٪) تكون منشطة . تنمو جراثيم الفطر فى المراحل الأولى من التسوية ويكون الميسليوم واضحاً بعد ٨-١٠ أيام ويصل نمو الفطر إلى أقصاه بعد ١-٣ شهور . الميسليوم والجراثيم لهما قدرة كبيرة على تحلل الدهن حيث يفرز الفطر نوعين من الليبيز

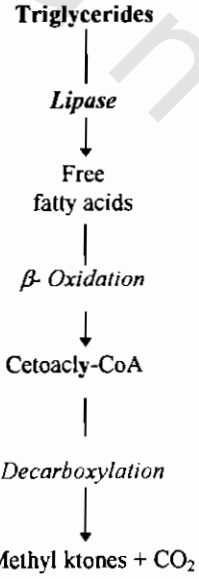
(حامضى وقلوى) ولكن الأنزيم الحامضى فقط يكون مهم فى تسوية الجبن . والتركيزات المرتفعة من NaCl يثبط من تحلل الدهن ولكن فى بعض أجزاء من الجبن حيث يكون تركيزNaCl تشجع على النمو الجيد للميسليوم فإن تحلل الدهن يحدث بسرعة كبيرة نسبياً .

معدل أنفراد الأحماض الدهنية بواسطة أنزيمات الليبيز .*Penicillum* spp يحدد معدل تكوين ميثيل كيتونات التى تتكون من الأحماض الدهنية بواسطة اكسدة جزئية بأتباع مسار β-oxidation والذى يحدث فى كل من الجراثيم والميسليوم . يؤكسد الميسليوم الأحماض الدهنية فى نطاق واسع من pH لكن درجة pH المثلى تكون بين ٥-٧ اى عند pH مماثل لـpH الجبن المسواه . أنزيم decarboxylase الذى يحول β-keto acid إلى ميثيل كيتون يكون درجة pH المثلى بين ٦,٥ - ٧ . وعموماً فإن *P.roqueforti* ، *P.camemberti* ، *G.candidium* تحتوى على نظام أنزيم يسمح بتكوين مركبات ميثيل كيتون من الأحماض الدهنية الحرة (FFA) من خلال مسار β-oxidation (شكل ٥-٦) حيث يتم أكسدة FFA إلى β-ketoacyl-coenzyme A والذى يتحول بفعل أنزيم thiolase إلى β-ketoacid والذى يفقد بسهولة مجموعة كربوكسيل بواسطة أنزيم β-keto acyl-decarboxylase ليعطى ميثيل كيتون يحتوى على عدد ذرات كربون أقل ذرة واحدة عن الحمض الدهنى الناتج منه .

وهناك أرتباط موجب بين مستوى الأحماض الدهنية الحرة وكمية الميثيل كيتون المتكونة ، الجبن الذى حدث به تحلل للدهن محدود لا يحتوى على نكهة قوية .الفطر الأبيض السطحى *P.camemberti* فى جبن البراى Brie و الكمبير Camembert ينتج أيضاً أحماض دهنية حرة ويؤكسدها إلى ميثيل كيتونات التى تكون أساسية لتكوين الطعم المتوازن فى هذه الأنواع من الجبن . النشاط التأكسدى متباين والنواتج الرئيسية هى 2-undecanone , 2-nonanone .

دور تحلل الدهن والأحماض الدهنية الحرة (FFA) يكون أكثر صعوبة فى تقييم الجبن التى لا تتضمن تسويتها نمو الفطر . ميكروفلورا الطبقة السطحية smear على الجبن النصف طرية وتشمل الخمائر ، Micrococci مع أو بدون *B.linens* قادرة على تحليل الدهن وقد تساهم فى تكوين الطعم . وكثير من الجبن الجافة ونصف الجافة المسواه تعتمد على محتواها من بكتريا حمض اللاكتيك فى تكوين الطعم وهذه البكتريا قد تكون قادرة

على تحلل الدهن بدرجة محدودة . وقد يرجع جزء من صفات هذه الأنواع من الجبن إلى التركيزات المنخفضة من الأحماض الدهنية الحرة الطيارة (٥-١٠ ميكروجرام/جرام جبن)، فمثلاً كمية هذه الأحماض بدون حمض الخليك تزداد أثناء تسوية جبن التشدر ويرجع ذلك إلى النشاط الضعيف لأنزيم الأستريز esterase والليبيز الناتج من فلورا اللبن وبادىء Lactococci كما يعتقد أن زيادة مستويات الأحماض الدهنية الحرة أعلا من المستويات التى توجد عادة فى الجبن عند فترة تسوية معينة يتلف فقط التوازن فى مركبات الطعم ولا يزيد من قوة الطعم المميز . المستويات العادية من الأحماض الدهنية التى توجد فى الجبن (تقريباً ٥٠٠ جزء فى المليون) تمثل كميات أعلا من الحد المميز للطعم والنكهة المرغوبة التى تتراوح بين ٣, - ١٠٠ جزء فى المليون ، لذلك فمن المتوقع أن تساهم فى الجودة الأجمالية الحسية للجبن التشدر . كما يمكن القول أن مخاليط من الأحماض alkanoic ذات سلسلة كربونية تختلف من ذرتين إلى ٨ أو ١٠ ذرة يمكن أن تعطى طعم يشبه الجبن سواء مسواه طبيعياً أو فى مخلوط طعم الجبن المطبوخة .



شكل ٥-٦ : تكوين مركبات الميثيل كيتون من الأحماض الدهنية

من مكونات الطعم المشتقة من الدهن والمشتركة فى طعم جبن التشدر ، الكيتونات

واللاكتونات ، ويبدو أن مركبات الميثيل كيتون المحتوية على عدد فردى من ذرات الكربون ليست مكونات طعم هامة أو حيوية حيث أنها غير موجودة فى الجبن المسواه والناتجة بأستخدام بكتريا البادىء فقط . تركيزات pentanone فى الجبن العادية تعتبر دليل جيد على عمر الجبن ولكن هذا المكون ليس ضرورياً للطعم ويوجد butanone عادة فى جبن التشدر ويعتبر كمكون فى الطعم المرغوب ولكن لا يوجد عند تركيزات أعلا من الحد المطلوب لظهور الطعم ويميل إلى الأختفاء يتقدم الجبن فى العمر .

بالرغم من أن اللاكتونات يعتقد أنها تحسن من طعم الجبن المعرقة بالفطر إلا أن مساهمتها فى طعم الجبن التشدر أقل وضوحاً ولا توجد دلائل مباشرة على وجود علاقة بين تركيزات اللاكتونات فى الجبن المسواه مع قوة الطعم . ومع ذلك فإنها تعتبر مهمة حيث تدخل فى تركيب طعم الجبن المخلق synthetic cheese flavor . تتكون هذه المكونات فى الجبن نتيجة لتكوين حلقة تلقائياً δ-hyroxy acid المنفرد من جليسريدات اللبن نتيجة تحلل الدهن (شكل ٤-٦) ويعتقد أن بعض الخمائر والفطريات تستطيع أن تختزل δ-keto acids إلى hydroxy acids الذى يتحول إلى لاكتونات .

أسترات الأحماض الدهنية من السهل تكوينها فى الجبن بواسطة كل من أنزيمات الأستريز الميكروبية microbial esterases أو بواسطة تفاعلات كيماوية بسيطة تحدث ببطء خلال فترات طويلة من التخزين . وحيث أن الأيثانول أكثر الكحولات شيوعاً فى الجبن فإن الايثيل أستر ethylester يكون شائعاً بدرجة كبيرة وأسترات احماض hexanoic acids غالباً ما تكون مرتبطة بظهور الطعم الفاكهى fruity flavor غير المرغوب فقد وجد أن عيب الطعم الفاكهى فى الجبن التشدر يكون مرتبطاً بوجود مستويات مرتفعة من ethylbutyrate و ethylhexanoate . عادة يحدث هذا العيب بواسطة نشاط أنزيم أستيريز esterase من بكتريا حمض اللاكتيك خاصة *S.lactis* subsp. *lactis* biov. *diacetylactis* , *S.lactis* subsp *lactis* . الجبن ذات الطعم الفاكهى تحتوى على مستويات مرتفعة بدرجة غير طبيعية من الأيثانول الذى يكون متوفر لعملية الأسترة esterification ، يتأثر نشاط أنزيم أستريز بكتريا حمض اللاكتك الكروية بمستوى الجلوتاثيون الذى يعتمد نشاطه على مجاميع السلفدريل sulphydryl الحرة.

أسترة الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة مع methanethiol (الذى يوجد عادة فى

الجبن كناتج من تحليل methionine) بواسطة الميكروبات السطحية فى الجبن المسواه سطحياً (*B.linens*,Micrococci) ينتج thio-esters مع نكهة جبن cheesy aroma مثل هذه المكونات يمكن أن تتكون بطريقة غير أنزيمية فى جبن أخرى . وقد أمكن تحضير سلسلة من thio-esters كيماويا لأحماض البروبيونيك ، البيوتريك ، فاليريك ، octanoic التى تتميز بصفات نكهة متجانسة مع أحتمال مشاركتهم فى تكوين طعم الجبن .

٦-٣ البروتين كمصادر للطعم

يحدث تحلل البروتين فى الجبن بدرجات وبمعدلات مختلفة طبقاً لتركيب الميكرفلورا فى الجبن فمثلاً جبن تشدر عمرها ٦ شهورتحتوى تقريباً على ٣٪ من محتواها من النتروجين الكلى فى صورة نيتروجين أحماض امينية حرة بينما فى الجبن المعرقة بالفطر يمكن أن تصل إلى ١٠٪ . ومثل هذه التركيزات المرتفعة من أحماض أمينية قد يساعد فى تنظيم buffering الجبن عند قيم pH مرتفعة نسبياً وبالتالى يساعد على تحلل أنزيمى أشمل لمكونات اللبن .

دور الأحماض الأمينية والبيتيدات الناتجة من الأنزيمات المحللة للبروتين فى الجبن الجافة والنصف جافة ليست واضحة تماما وقد تتفاعل مباشرة بمساهمتها فى الطعم . ويعتقد البعض أن البتيدات الكبيرة تعطى خلفية طعم مرقة (brothy) فى الجبن السويسرية وأن البرولين والببتيدات الصغيرة (بالمشاركة مع Ca^{2+} , Mg^{2+}) تساهم فى الطعم الحلو sweet . ومع ذلك فإن نطاق الطعم التى يمكن أن تساهم فيه هذه المكونات يكون محدود جداً . ومع ذلك فإن الشق القابل للذوبان فى الماء فى الجبن المتقدمة فى العمر (التى تتكون من الأحماض الأمينية والببتيدات) يكون على درجة كبيرة من الأهمية بالنسبة لقوة طعم الجبن .فى الجبن التى تسوى داخلياً بالبكتريا مثل التشدر والأنواع الهولندية ، هناك أتفاق مقبول يشير إلى أن الشقوق غير القابلة للذوبان فى الماء (التى تتكون أساساً من البروتين والببتيدات الكبيرة) خالية من الطعم أو النكهة وأن الشقوق القابلة للذوبان فى الماء وغير الطيار (البتيدات الصغيرة ، الأحماض الأمينية ، الأحماض العضوية) تحتوى على معظم المكونات المسئولة عن الطعم بينما النكهة ترجع أساسا إلى الشق الطيار ، يدعم هذا الرأى أن نواتج تحلل البروتين هى المكونات الرئيسية المساهمة فى طعم الجبن .

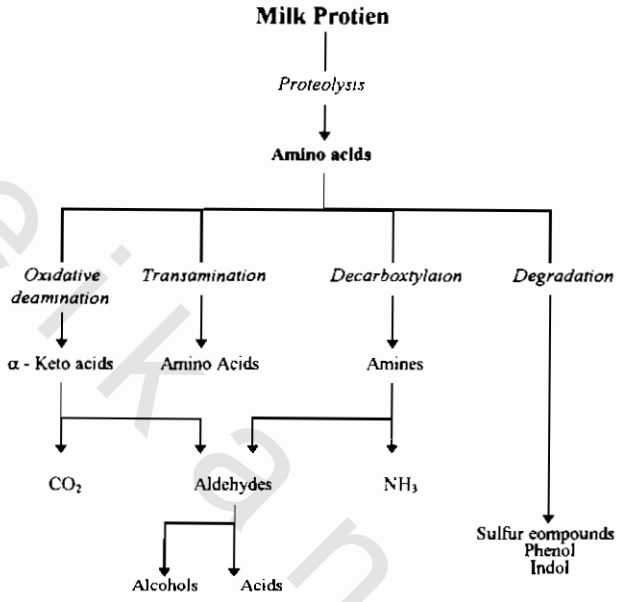
وقد أشار كثير من الباحثين إلى أن الأحماض الأمينية تساهم فى تكوين خلفية للطعم فى الجبن وبالرغم من أن دور الأحماض فى تكوين الطعم لا يزال غير واضحاً تماماً إلا أن

بعض الأحماض الأمينية له دور هام ومحدد فى طعم بعض أنواع من الجبن مثل البرولين يساهم فى تكوين طعم جبن الأمنيتال والجروير (مسئول عن الطعم الحلو sweet فى هذه الجبن) وحمض الجلوتاميك فى طعم جبن البرفلونو Provolone الأيطالية . ويختلف مذاق الأحماض الأمينية بدرجة واضحة حيث يتميز كل من الجلايسين الآلنين ، البرولين ، السيرين والثيرونين بمذاق حلو sweet وكل من الفالين ، الأرجنين ، الهستدين الميثايونين بمذاق مر مائل للحلاوة وكل من الليوسين ، الفينيل الأنين ، التربتوفان، الليسين بمذاق مر بينما يتميز الأسبارتيك بمذاق مر مع مذاق يشبه المرق brothy والجلوتاميك بمذاق المرق والسستين بمذاق يشبه المطاط بينما التيروسين يكون تقريباً عديم الطعم . وقد تمكن البعض من الحصول على طعم شبيه بطعم جبن التشدر عن طريق اضافة ٩ أحماض امينية حرة نقية من المعروف انها توجد فى جبن التشدر إلى جوامد جبن خالية من الطعم بينما لم يتمكن أخرون من الحصول على الطعم المطلوب عند إضافة ١٩ حمض أمينى كل على حدة إلى جبن خال من الطعم . وقد أشار البعض أنه لا يوجد حمض أمينى أو أمين أو خليط منهما يعطى أى طعم أو نكهة مماثلة للطعم المميز لجبن التشدر . كما أن بعض الغازات التى تنطلق خلال عمليات التحلل مثل NH_3 ، H_2S ، CO_2 قد تساهم فى تكوين طعم بعض أنواع من الجبن حيث تساهم NH_3 فى طعم جبن الكممبير ، H_2S فى طعم جبن التشدر بينما يساهم CO_2 بطريقة غير مباشرة فى طعم بعض أنواع من الجبن .

٦-٣-١- تمثيل الأحماض الأمينية

تقوم كثير من الميكروبات بتمثيل (هدم) الأحماض الأمينية فى المراحل المتأخرة من التسوية (شكل ٦-٦) مع إنتاج مكونات مختلفة تساهم فى طعم الجبن بدرجات متباينة. تمثيل الأحماض الأمينية بواسطة الفلورا السطحية يؤدى الى أنتاج مكونات الطعم ومصادرها وتعتبر مرحلة هامة فى اكساب طعم ونكهة جبن الكمبير . فمثلا تشارك NH_3 فى تكوين النكهة وتنتج من نزع مجموعة الأمين deamination من الأحماض الأمينية بواسطة الخمائر الملوثة وخاصة من النوع *Geotrichium*. كذلك الجبن التى تنمو على سطحها *B.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 بصفة عامة السائدة فى عديد من الجبن المسواه سطحيا يعزى الى 3-methyl-1-butanol ، phenylethanol و phenol نتيجة نشاط عديد من الميكروبات

منها *B.linens* وتحويلها الليوسين والفينيل آلانين والتيروسين إلى هذه المكونات على الترتيب.



شكل ٦-٦ : تمثيل الأحماض الأمينية فى الجبن

تمثل مكونات الكبريت الطيارة مجموعة أخرى هامة فى طعم ونكهة الجبن الطرية، فقد وجد أن *P.camemberti* يقوم بأنتاج H_2S ، dimethylsulphide وكذلك methanethiol من methionine كما أن *B.linens*. يستطيع أيضا أن يقوم بهذا التفاعل. كما يبدو أن *B.linens* يتعاون مع Micrococci لأنتاج نوع من thioesters والذى يعتقد أن يكون على جانب كبير من الأهمية فى الجبن المسواه سطحيا بواسطة smear. وتتميز مركبات الكبريت بطعم ثوم قوى garlic فى الجبن الزائدة التسوية .

مركبات الكبريت الطيارة المشتقة من النواتج النهائية لتحليل البروتين قد تساهم أيضا فى طعم جبن التشدر والأنواع المشابهه بالرغم من الكميات المتكونة فى هذه الجبن أقل من الموجودة فى الجبن المسواه بالفطر أو الطبقة السطحية smear فمثلا بقدر methanethiol فى الجبن التشدر بالنانوجرام/جم ولكن فى الجبن المعرقة بالفطر

بالميكروجرام / جم ، عدم وجود هذا المركب فى الجبن يتواكب مع غياب الطعم المميزة للجبن .

البكتريا التى تقوم بأنتاج methanethiol (*B.linens*) وبعض أنواع من Coryneform وكذلك عديد من *Pseudomonas* اللبن الخام) نادرا ما توجد فى الجبن التشدر لذلك فأن التفاعل الأنزيمى لم يحدث بدرجة محسوسة فى الجبن . بالرغم من methanethiol يوجد فى الجبن المصنوعة بالبادىء ولا توجد فى الجبن المصنوعة بالتحميض الكيماوى فإن البادئات لا تنتج هذا المركب مباشرة. وقد لوحظ أن E_h فى جبن البادىء أقل بكثير (-١٥٠ الى -٢٠٠ mV) عن مثيله فى جبن التحميض الكيماوى (+ ٣٠٠ mV) لذلك يعتقد أن methanethiol يتكون بواسطة تفاعلات غير أنزيمية ولكن يبقى ثابتا فى E_h منخفض فى الجبن المصنوعة بالبادىء. وقد أشار البعض الى أن تكوين هذا المركب مرتبط بأنتاج H_2S وعادة يوجد هذا الغاز فى الجبن ويحتمل مساهمته فى الطعم ويلاحظ أن Lactobacilli ينتجه تحت ظروف حامضية ومصدر كربون محدود فى الجبن .

٦-٣-٢- تحلل البروتين وعيوب الطعم

يمكن أن تسبب نواتج تحلل البروتين عيوب فى الطعم. تعتبر الببتيدات مصدر للطعم المر فى الجبن وخاصة التى تحتوى على نسبة مرتفعة من الأحماض الأمينية الكارهه للماء (مثل الليوسين ، الفينيل آلانين ، البرولين) .

وقد وجد أن α_{s1}-casein هو المصدر الرئيسى للببتيدات المرة وتتضمن العوامل التى تساعد على تراكم هذه الببتيدات ، درجة أحتجاز المنفحة فى الخثرة ، عدد بكتريا البادىء فى الجبن الحديثة العمر ، قدرة خلايا البادىء على تحلل الببتيدات وكذلك معدل تحلل هذه الخلايا وأنفراد أنزيمات الببتديز .

ينتج كل من الكيموسين وبروتينيز البادىء ببتيدات مرة من الكازين كما أن بروتينيز البادىء يمكن أن ينتج ببتيدات صغيرة من الببتيدات غير المرة المشتقة من الكازين . وتعتبر العملية الأخيرة هى أهم عامل منفرد فى حدوث المرارة وأن البادىء الذى يتكاثر بمعدل سريع نسبيا عند درجات حرارة السمط أثناء صناعة جبن التشدر (بادىء سريع fast-starter) غالبا ما يعطى طعم مر فى الجبن نظرا لأن الأعداد الكبيرة من الخلايا الناتجة تساهم بكميات كبيرة من أنزيمات البروتينيز المنتجة للببتيدات المرة لذلك فإن البادئات المنتجة للمرارة يمكن أن تنتج جبن ليس بها مرارة وذلك بالحد من زيادة أعداد خلايا

البادىء بأستخدام درجات حرارة مرتفعة فى السمط وعلى العكس من ذلك فإن البادئات التى لا تسبب مرارة يمكن أن تنتج جبن تحتوى على طعم مر إذا سمح لخلايا البادىء للوصول الى أعداد كبيرة وذلك بتعديل طريقة الصناعة .

يلاحظ أن بعض سلالات البادىء تنتج أنزيمات ببتديز محلله للببتيدات المرة بكمية أكبر وقد أمكن تحديد نشاط أنزيم كل من dipeptidase ، amino-dipeptidase من مستخلص خال من خلايا بادىء Lactococci ولكن لم يتم عزل الأنزيمات منفردة ، لذلك فإنه يبدو أن تحليل البروتين بواسطة البادئات المعتدلة على درجة كبيرة من الأهمية فى أنتاج عيب الطعم المر فى الجبن ولكن يتوقف ذلك على نوع الجبن . ومن الأموز المتفق عليها أن المرارة ترجع الى تراكم ببتيدات كارهه للماء hypdrophobic peptides ولكن هناك عدم أتفاق عن سبب ذلك هل يرجع الى نقص فى نشاط الببتديز أو الى نشاط زائد للبروتينيز فى بعض أنواع البادئات .

وقد بدأ فى السنوات الأخيرة بعض التغيرات فى أتجاه بحوث طعم الجبن من تحليل المركبات الطيارة بواسطة GC الى تحليل وتوصيف الشق غير الطيار والذائب فى الماء بواسطة HPLC . بدون شك فإن هناك عدة عوامل قد ساهمت فى ذلك مثل الفشل فى ربط طعم الجبن مع الجودة والمواد الطيارة فى الجبن ، التطورات التى حدثت فى HPLC والدلائل التى توضح أهمية المركبات غير الطيارة والذائبة فى الماء وخاصة الببتيدات والأحماض الأمينية فى طعم الجبن . كما أن التقدم فى مجال الهندسة الوراثية والبيولوجية الجزئية قد أدت الى أدخال تعديلات فى نظام بروتينيز البادىء وحاليا يوجد أهتمام كبير من الباحثين فى هذا المجال .

وقد ساهمت تعدد أنواع أجهزة تحليل GC ، HPLC فى تطوير طبيعة البحوث فى هذا المجال حيث ساعدت على اعادة الأهتمام بصناعة الجبن من اللبن الخام أو لبن معامل حراريا بمعاملات أقل من البسترة وكذلك استخدام البادىء المساعد (الثانوى) أى *Lactobacillus* spp. بعض العوامل التى تبدو هامة فى طعم الجبن مثل عدد من مركبات الكبريت المختزلة وأهمية E_h المنخفضة فى تكوين وثبات هذه المكونات ، وقد وجد أنه من الصعب أو المستحيل خفض E_h فى الجبن بوسائل كيماوية أو طبيعية بدون حدوث تفاعلات كيماوية تؤثر على طعم الجبن .

الفصل الثامن

إستخدام الترشيح بالأغشية فى إنتاج الجبن
Application of membranes filtration in production of cheese

١- مقدمة

بدأ فى أواخر السبعينات الأستفادة من طرق الفصل بالأغشية membrane separation فى مجال الألبان والتى أحدثت ثورة كبيرة فى صناعة الجبن من خلال استخدام الترشيح الفائق ultrafiltration (UF) حيث تم فى عام ١٩٨٩ تصنيع أكثر من ٤٠٠,٠٠٠ طن جبن بأستخدام UF . منذ ١٩٦٩ دخل استخدام الأغشية مجال إنتاج الجبن (الجبن الطازج ، الطرى ، نصف الجاف والجاف من ألبان البقر ، الماعز ، الغنم والجاموس) ، إنتاج ألبان مجففة بصفات جيدة لصناعة الجبن ، أستعادة قابلية الألبان المعاملة بالحرارة الشديدة الأرتفاع UHT للتجبن المنفحة ، تركيز اللبن فى المزارع (مناطق الإنتاج) ، إزالة البكتريا من لبن الجبن بالترشيح الدقيق microfiltration (MF) وتدعيم لبن الجبن بالكازين بأستخدام MF . فتحت تكنولوجيا الأغشية خلال ٢٠ سنة الأخيرة قنوات جديدة لتحسين الطرق التقليدية لصناعة الجبن مما أدى إلى تحسين الجودة الكلية لعدد من أنواع الجبن وكذلك زيادة العائد من تحويل اللبن إلى جبن . كما ساعدت هذه التكنولوجيا على أستمرار تواجد بعض أنواع من الجبن التى تحتاج إلى عمالة كثيرة عند أستخدام الطرق التقليدية كما أدت أيضاً إلى إنتاج جبن جديدة لتلبية رغبات المستهلكين .

٢- طرق الترشيح بالأغشية

تختلف طرق الترشيح بالأغشية فى درجة كفاءتها فى فصل مكونات اللبن ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى ٣ أقسام طبقاً لحجم جزيئات المواد الذائبة التى يتم فصلها ، لا يوجد حدود فاصلة دقيقة بين هذه الأقسام حيث يوجد تداخل بين حجم الجزيئات التى يمكن فصلها بواسطة هذه المعاملات (جدول ١-٨) وفيما يلى طرق الفصل بالأغشية :

١. ultrafiltration (UF) حيث يتم فصل المكونات الدقيقة والعالقة التى يبلغ وزنها الجزيئى $١٠^{٣}-١٠^{٦}$ دالتون من المحلول وحجمها الجزيئى ٠,٠٠١ إلى

٠,٠٢ um. عادة يدفع السائل إلى سطح الغشاء وتحت ضغط منخفض نسبياً. يتم فصل اللبن بواسطة UF إلى (i) راشح permeate (يعرف أيضاً بالـ ultrafiltrate) الذى يحتوى على الماء ، اللاكتوز ، الأملاح الذائبة ، المواد النتروجينية غير البروتينية (NPN) والفيتامينات الذائبة ، (ii) مركز retentate الذى يحتوى على البروتين والدهن والأملاح غير الذائبة (الغروية) ، ويرتفع تركيز هذه المكونات فى المركز بزيادة كمية الراشح الناتجة .

٢. reverse osmosis (RO) وتعتبر أساساً عملية تجفيف حيث يتم فصل الماء dewatering وتعمل تحت ضغط يصل إلى ٥-١٠ أضعاف المستخدم فى UF على الأقل . تقوم أغشية RO بفصل الجزيئات والأيونات الصغيرة الذائبة التى يبلغ وزنها الجزيئى أقل من ١٠٠٠ دالتون (حوالى ١٥٠ دالتون فى المتوسط) وحجمها الجزيئى أقل من ٠,٠٠١ um . لذلك فإن الدهن ، البروتينات ، اللاكتوز وجميع الأملاح غير المتأينة تحتجز وتتركز بواسطة هذه الأغشية ويسمح فقط للماء والأملاح المتأينة بالمرور من خلال الغشاء .

٣. microfiltration (MF) حيث يتم فصل الدقائق والمواد العالقة التى يبلغ حجمها الجزيئى ٠,١ - ١٠ um ووزنها الجزيئى أعلا من ٢٠٠,٠٠٠ دالتون لذلك فإنه يمكن فصل البكتريا وحبيبات الدهن ، كما تتضمن مكونات اللبن التى يمكن فصلها بواسطة MF مكونات الشرش ، β-casein، β-lactoglobulin ومكونات اللبن الفرز .

جدول ١-٨ : الفروق الرئيسية بين الطرق المختلفة للفصل بالأغشية

	UF	RO	MF
• حجم المواد الذائبة المحتجزة (um)	٠,٠٠١-٠,٠٠٢	أقل من ٠,٠٠١	١٠-٠,٠١
• الوزن الجزيئى للمواد المحتجزة (dalton)	$١٠^{٦}$-$١٠^{٢}$	أقل من $١٠^{٣}$	أكبر من $١٠^{٦}$
• ضغط التشغيل (bar)	١-١٥	أعلا من ٢٠	أقل من ٢
• معدل إنتاج permeate السائل (لتر/م^{٢}/ساعة)	٣٠-٣٠٠	٣-٣٠	أكثر من ٣٠٠

يعتبر UF ، RO من أكثر طرق الفصل بالأغشية استخداما فى مجال الألبان ، كما أمكن الأستفادة فى السنوات الأخيرة من MF فى مجال الألبان . وحديثاً استخدمت طريقة جديدة من طرق الفصل بالأغشية في مجال الألبان لمعاملة الشرش فى بعض مصانع الجبن

وهى nanofiltration (NF) وهى تقع بين UF ، RO حيث تفصل الدقائق التى يكون وزنها الجزيئى أقل من ٣٠٠-١٠٠٠ دالتون ويحتجز الباقى . الجزيئات الصغيرة مثل NaCl تفصل مع الماء بينما المكونات الأخرى مثل اللاكتوز ، البروتينات والدهن تحتجز مما يجعل هذه الطريقة مناسبة لأزالة الملح desalting من شرش الجبن .

بدأ فى استخدام UF صناعة الألبان فى فصل وتركيز بروتينات اللبن من الشرش . فى نهاية عام ١٩٨٣ تم تركيب أغشية بلغت مساحتها الكلية إلى ٨٠,٠٠٠م^{2} معظمها فى الولايات المتحدة لتحويل الشرش إلى مركز بروتين شرش . وحالياً يتم معاملة حوالى ٩٪ من الإنتاج العالمى من الشرش بواسطة UF لإنتاج ٤٠,٠٠٠ - ٧٠,٠٠٠ طن من مركز بروتين الشرش سنوياً طبقاً لمحتوى المركز من البروتين . كما تم إدخل UF فى تصنيع الألبان حديثاً حيث تم تركيب أغشية بلغت مساحتها ١٩,٠٠٠م^{2} لمعاملة اللبن بواسطة UF عند نهاية عام ١٩٨٣ . الأستخدام الأساسى لمعاملات UF تتركز فى إنتاج جبن الكوارج وأنواع الجبن الطرية وقد وجد أن أكثر من ١٥٠,٠٠٠ طن من أنواع مختلفة من الجبن الطرية ، معظمها جبن الفتا ، تنتج سنوياً بواسطة UF .

أدخلت UF فى صناعة الألبان فى مصر حديثاً منذ عدة سنوات حيث تم تركيب أغشية بلغت مساحتها ٨٠٤م^{2} يوجد منها ٢٨٥م^{2} فى مصانع ألبان قطاع الأعمال موزعة على ستة مصانع وباقى المساحة وقدرها ٥١٩م^{2} موجودة فى مصانع القطاع الخاص والأستثمارى . يتركز أستخدام UF فى صناعة الألبان فى مصر فى إنتاج الجبن الدمياطى بنوعيه كامل الدسم ونصف الدسم وكذلك جبن الكوارج والذى يستخدم فى صناعة الجبن المطبوخ .

ويوجد عدة أنواع من UF تستخدم فى صناعة الألبان من أهمها الأنبوبى tubular وهو النوع الشائع فى مصر ، اللفائف (الحلزونى) spiral wound وهو النوع المستخدم فى معظم أنحاء العالم فى صناعة الأغذية والألبان وغير موجود فى مصر وكذلك الألواح plate and frame ويوجد منه أمتار معدودة .

يعتبر جودة مادة الأغشية من العوامل الهامة التى تحدد درجة كفاءة طرق الترشيح بالأغشية المختلفة . كانت أغشية خلات السليلوز cellulose actate أكثر شيوعاً فى طريقة UF ، RO ولكن تم أحلالها حالياً بأغشية بولى سلفون polysulphone وخاصة فى UF . كما توجد أنواع أخرى من أغشية البلومرات منها polyamide, polyimide, polyvinylidene fluoride وغيرها . الأغشية المعدنية mineral membranes وخاصة zirconium oxide وأغشية السيراميك ceramic تستخدم حالياً بكثرة فى UF ، MF

وتعتبر هذه الأغشية قوية ومقاومة لنطاق واسع من pH ودرجة الحرارة عن أغشية البلومرات السابقة . وبالرغم من أنها مرتفعة الثمن إلا أنها أكثر متانة ومقاومة وتعمل بكفاءة لفترة أطول تصل إلى ٥ سنوات مقارنة بـ١٨ شهراً للأغشية الأخرى . ومن الأغشية الشائعة فى UF فى مصر هى أغشية البولى سلفون والسيراميك .

٣- استخدام RO فى صناعة الجبن

تهدف هذه العملية إلى زيادة الجوامد الكلية فى اللبن المستخدم فى صناعة الجبن . فى صناعة جبن التشدر أستخدم RO فى تركيز اللبن الكامل إلى ٢٠-٢٥٪ جوامد كلية. وتم صناعة الجبن بأستخدام الأمكانيات والمعدات التقليدية وكان التركيب الإجمال للجبن الناتج مماثل للجبن الناتج من لبن غير مركز . أدت هذه الطريقة إلى إنخفاض كمية البادىء والمنفحة اللازمة بحوالى ٥٠ و ٦٠٪ على الترتيب . انخفاض حجم اللبن بحوالى ٢٠٪ بواسطة RO أدى أيضاً إلى زيادة محصول الجبن بحوالى ٢-٣٪ . ومع ذلك فإن الفاقد من الدهن فى الشرش يزيد بزيادة تركيز الجوامد نتيجة لتأثير التجنيس الجزئى خلال عمليات التصنيع .الأنخفاض المفاجىء فى الضغط يمكن أن يؤدى إلى حدوث تحلل للدهن فى اللبن والجبن .ويفضل فى هذا المجال أنخفاض حجم اللبن بحوالى ١٥٪ والذى يعادل نسبة تركيز ١,١٨ : ١ . فى جبن Cottage إنخفاض حجم اللبن الفرز بحوالى ٨٪ بواسطة RO أدى إلى زيادة المحصول نتيجة حجز الشرش المركز فى الشبكة المتكونة بواسطة كالسيوم باراكازينات فى الجبن . جبن RO تحتوى على تركيز مرتفع من بقايا اللاكتوز الذى قد يؤدى إلى أستئناف تخمر حامض اللاكتيك بعد عدة أيام فى غرف التسوية عندما تستهلك كمية كافية من حامض اللاكتيك بواسطة ميكروبات التسوية ، الأمر الذى قد ينشأ عنه بعض الأضرار بالخواص الحسية للجبن ، يمكن إزالة الكميات الزائدة من اللاكتوز والأملاح بغسل الخثرة بالماء .

يستخدم RO على نطاق واسع فى معاملة الشرش ولكن استخدامه فى صناعة الجبن لم يلاقى نجاحاً كافياً . ومع ذلك فإنه يوجد فى الولايات المتحدة عدة براءات أختراع لأستخدام التبخير بالحرارة فى تركيز لبن الجبن .

٤- استخدام MF فى صناعة الجبن

يساعد MF وكذلك bactofugation (إزالة الميكروبات بالطرد المركزى) على زيادة كفاءة المعاملات الحرارية فى القضاء على الميكروبات الموجودة فى اللبن ولكن يبدو أن MF أكثر كفاءة فى هذا الشأن عن bactofugation . فى عام ١٩٨٦ أستخدام MF فى

التخلص من البكتريا الموجودة فى اللبن . وكانت نتائج هذه العملية مرضية جداً ولكن كان يحدث تلوث خطير لغشاء MF بدرجة سريعة . وللتغلب على ذلك فقد قامت شركة Alfa-Laval فى عام ١٩٧٤ بإنتاج غشاء سيراميك جديد بنفاذية عالية . وقد أستخدم هذا الأساس فى تصميم جهاز على نطاق تجارى لإزالة البكتريا يطلق عليه "Bactocatch" حيث يتم الترشيح الدقيق للبن الفرز الخام بصفة مستمرة بأستخدام 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٪ وهذا الراسب الذى يحتوى على بكتريا اللبن يمكن أستخدامه فى تغذية الحيوانات فى حالة صناعة الجبن من اللبن الخام أو تخلط بصفة مستمر مع القشدة لتعديل نسبة الدهن . وعادة تستخدم طريقة UHT (١١٥-١٢٠°م لمدة ٣ ثوان) فى معاملة مخلوط القشدة والراسب والذى بعد تبريده يتم خلطه مع اللبن الناتج من MF وقد أمكن بهذه الطريقة الوصول إلى معدل الأنسياب فى MF ، كمية اللبن (لتر) لوحدة مساحة من الغشاء (م^2) فى وحدة زمن (ساعة) ، يتراوح من ٥٠٠-٧٠٠لتر/م^2/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 معدلات إحتجاز عالية (أكثر من ٩٩,٩٨٪) فى حالة البكتريا المتجرثمة مثل *B.cereus* أو *C.tyrobutyricum* وقد يرجع ذلك إلى ألتصاق جراثيم البكتريا بجزء من جدار الخلية وبالتالى يؤدى ظاهرياً إلى كبر حجم الخلايا . وقد وجد أن نسبة أحتجاز *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 ملتصق بالخلايا السوميتية somatic cells التى تحتجز جميعها بواسطة أغشية MF . بينما تعريض اللبن لعملية bactocatch يحسن بدرجة كبيرة من الجودة الميكروبية وكذلك مدة حفظ المنتجات الناتجة من هذا اللبن ألا أن هذه العملية تسبب كثير من المشاكل فى إنتاج جبن مرتفع الجودة من لبن على درجة فائقة من النظافة ultra-clean والذى يطلق عليه صانعو الجبن "dead milk" . وقد أجريت كثير من البحوث للتعرف على طبيعة ودور ونمو بادىء 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 حمض اللاكتيك بالإضافة إلى بادئات محبه للحرارة المعتدلة وبادئات محبة للحرارة المرتفعة وبكتريا حمض

البروبيونيك إلى هذا اللبن فى البداية عند صناعة الجبن .

كما يمكن استخدام MF فى تدعيم لبن الجبن بالكازين بأستخدام أغشية تبلغ حجم الثقوب فيه ٠,٢ um والتى تسمح بفصل أنواع معينة من شقوق الكازين حيث يمكن إنتاج لبن لصناعة الجبن يحتوى على نسب مختلفة من الكازين . كما يمكن أيضاً تعديل نسب α_s/β-casein فى اللبن بأستخدام MF . تبريد اللبن عند درجة أقل من ٥°م يؤدى إلى ذوبان β-casein والذى يمكن فصله بواسطة أغشية MF (٠,٢ um) أو استخدام أغشية MF تحتجز ١٠٠,٠٠٠ دالتون . المركز الناتج بكلا الطريقتين يحتوى على كازين تكون فيه نسبة α_s/β مرتفعة وأن الراشح microfiltate الناتج عبارة عن محلول من β-casein على مستوى عال من النقاوة مما يساعد على إنتاج أنواع جديدة من الجبن من ألبان معدل فيها β-casein .

٥- أستخدام UF فى صناعة الجبن

يمكن استخدام UF فى صناعة الجبن بعدة طرق منها :

١. تركيز أولى للبن يصل إلى الضعف (خفض حجم اللبن الأصلى إلى النصف) . يصنع المركز concentrate فى صناعة الجبن بالمعدات التقليدية مما يؤدى إلى زيادة الطاقة الإنتاجية للمصنع مع زيادة بسيطة فى محصول الجبن نتيجة زيادة كفاءة احتجاز الدهن والبروتين .

٢. إنتاج جبن أوليه "precheese" حيث يركز اللبن إلى مركز retentate يحتوى على جوامد كلية مماثلة لتركيزها فى الجبن النهائى . يوضع المركز بعد إضافة البادىء والمنفحة فى القوالب ونظراً لأن ذلك قد يصاحبه صرف محدود للشرش فإن محصول الجبن يزيد بدرجة ملحوظة . عادة يصنع جبن الكممبير بهذه الطريقة . المركز الناتج بهذه الطريقة لا يمكن تصنيعه بالمعدات التقليدية ولكن يستخدم معدات خاصة لصناعة جبن UF .

٣. إنتاج مركز حيث يجبن بإضافة المنفحة والبادىء ثم يقطع . تسمح هذه الطريقة بإجراء عمليات تكوين التركيب البنائى texturization للناتج النهائى . يلاحظ أن هذه الطريقة تؤدى إلى زيادة محصول الجبن بدرجة ملحوظة ولكن يتطلب الأمر استخدام معدات خاصة لتصنيع المركز إلى الجبن . وتستخدم هذه الطريقة فى إنتاج جبن فتا القوالب structured Feta ، الموزاريلا ، الجبن المعرقة بالفطر الدنمراكية Danablu cheese.

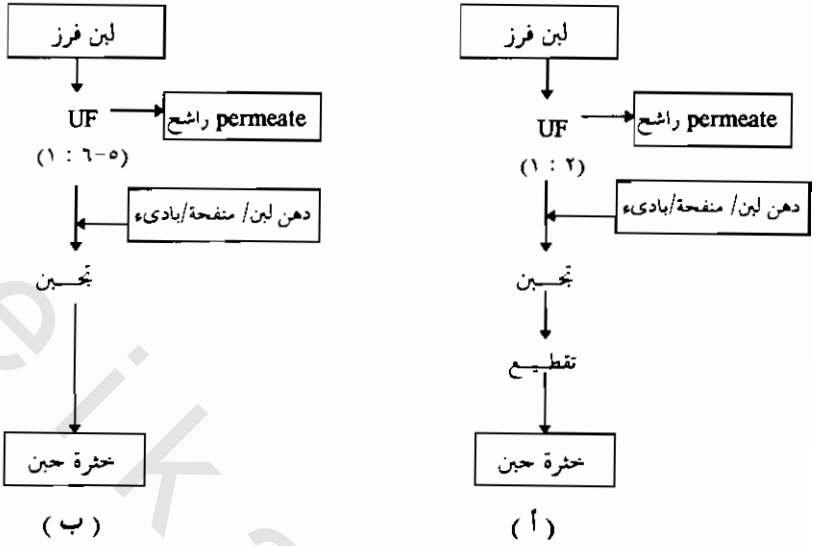
٤. تركيز الشرش باستخدام UF لإنتاج مركز بروتينات الشرش الذى يعاد إلى حوض الجبن كمعلق slurry . إضافة بروتين الشرش المتحصل عليه من الشرش إلى لبن الجبن أو الخثرة كانت الخطوة الأولى فى الأستفادة من UF فى صناعة الجبن . ومع ذلك فإنه من الضرورى ترسيب بروتينات الشرش أولاً بالتسخين إلى درجة ٩٠°م عند pH ٤,٩ إلى ٦,٠ . وتستخدم طريقة Centri-whey ، التى بنيت على هذا الأساس ، فى فرنسا فى إنتاج جبن مشابه لجبن الكممبير والكولمبير Coulommier . وقد وجد أنه يمكن إضافة ٢,٠ إلى ٢,٨جم مركز بروتين الشرش (WPC) الناتج بطريقة Centri-whey إلى لتر واحد من اللبن لإنتاج جبن جاف .

طريقة صناعة جبن طرى بإضافة بروتينات الشرش تتضمن خلط مركز لبن فرز UF (skimmilk retentate) إلى مركز شرش UF بنسبة ٥ : ١ مع دهن لبن نقى butteroil للحصول على جبن أولية تحتوى على ٣٩,٥٪ جوامد كلية ، ١٤,٨٪ بروتين (٦٥٪ كازين ، ٣٥٪ بروتين شرش) ، ١٩,٣٪ دهن و ٤,٤٥٪ لاكتوز . ويضاف إلى هذا المخلوط بادىء ومنفحة .

يبقى فقط بروتين الشرش المضاف فى خثرة الجبن بعد تصفية الشرش إذا كان هذا البروتين قد حدث له دنترة نتيجة المعاملة الحرارية . عندما تصنع الجبن من لبن مضاف إليه WPC سائل فإن محصول الجبن يزيد من ١-١٧٪ مقارنة بجبن المقارنة ولكن قد يعزى بعض الزيادة فى محصول الجبن إلى إرتفاع محتوى الرطوبة فى جبن التجارب . وقد وجد أن بروتينات الشرش المضافة تحتجز فى الخثرة ما لم يكن WPC قد سخن أو تم خفض pH إلى درجة قريبة من IEP لبروتينات الشرش . بعد المعاملة الحرارية عند درجة ٩٠°م فإن ٨٣-٩٩٪ من بروتينات الشرش المضاف يحتجز فى الخثرة .

كما أن إضافة بروتين الشرش الذى حدث له دنترة إلى جبن Cottage قد يكون له قيمة أقتصادية كبيرة نتيجة لزيادة المحصول الذى يمكن الحصول عليه دون أن يؤثر على جودة الناتج . من ناحية أخرى فقد أمكن الحصول على جبن Danbo (نوع من الجبن نصف الجافة الدنماركية) بجودة جيدة بإضافة بروتينات الشرش .

التركيز الأولى للبن إلى الضعف والذى يطلق عليه تركيز منخفض low concentration أو جزىء part concentration (طريقة أ) ، أما إذا تم التركيز إلى المحتوى النهائى من الجوامد الكلية فإنه يطلق عليه تركيز كامل full concentration (طريقة ب) والرسم التخطيطى فى الشكل (١-٨) يبين طريقة صناعة الجبن بأستخدام هاتين الطريقتين.



شكل ١-٨ : رسم تخطيطى لصناعة الجبن من مركز retentate منخفض (أ) ومركز مرتفع (ب)

٥-١- صفات مركز UF فى صناعة الجبن

نمو البكتريا فى المركز retentate أو الجبن الأولية pre-cheese (المركز + قشدة مضافة)مماثل لنموها فى اللبن ، لذلك فإنه يجب أن يتم UF للبن خلال مدة ودرجة حرارة تحد من نمو البكتريا . عادة يفضل أن يتم ترشيح اللبن الفرز بطريقة UF عند درجة حرارة بين ٥٠-٥٤°م لأقل من ٥ ساعات . قد يحدث نمو للبكتريا المحبة للحرارة العالية thermophilic bacteria عند درجة ٥٠°م بعد ٥ ساعات والتى قد تكون السبب فى تجبن المركز كما لوحظ فى بعض الحالات .

يجب ألا يحتجز اللاكتوز بكميات زائدة حيث أن أى زيادة فى محتوى اللاكتوز فى المركز قد يسبب انخفاضاً فى الجودة الحسية للجبن الناتج (ظهور طعم حامضى ، مر ، خشن) .

تختلف لزوجة المركز المتحصل عليها من اللبن الفرز بطريقة UF بأختلاف محتوى البروتين وأيضاً مع درجة الحرارة . يرتفع محتوى مركز UF من الكالسيوم نتيجة لأرتباط جزء من البروتين بهذا العنصر ، لكن أرتفاع محتوى الكالسيوم قد يؤدى إلى مذاق مر فى الجبن النهائى ، خاصة فى الجبن الطازج . يمكن خفض محتوى المركز من الكالسيوم

بتسوية اللبن قبل أجراء UF .

عند تخزين اللبن مبرداً لمدة قد تصل إلى ٤ أيام قبل إجـراء UF فـإن صلاحيـة مركـز UF الناتج (معامل تركيز ٢ : ١) لصناعة الجبن وكذلك جودة الجبن الناتج تكون متماثلة بصرف النظر عن فترة التخزين . عند معاملة اللبن بدرجات حرارة شديدة الأرتفاع UHT ثم ترشيحه بأستخدام UF فإن المركز يحتفظ بقدرته على تكوين الخثرة ، والتى عادة تفقـد كنتيجة للمعاملة الحرارية ، وبالمثل فإن المركز المحضر بواسطة UF مـن لـبن طبيعـى يحتفـظ بقدرته على التجبن بالمنفحة حتى بعد المعاملة بالـUHT .

اللبن المحتوى على أعداد كبيرة من الخلايا السوميتية somatic cells (SCC) غالباً مـا يكون بطيئاً فى تكوين الخثرة ويؤدى إلى تكوين خثرة طرية مـع إنتـاج جـبن محتويـة علـى كميات زائدة من الرطوبة وبجودة منخفضة ، محصول منخفض وطعم ناقص . عند تدعيـم مثل هذا اللبن بمركز UF ناتج من لبن منخفض فى SCC يؤدى إلى تكوين خثرة صلبة مع إنتاج جبن يحتوى على المعدل الطبيعى من الرطوبة وجودة تـتراوح مـن جيـدة إلى ممتـازة ، محصول مرتفع وطعم معتدل ، تنخفض الفترة اللازمـة لتكويـن الخثرة بزيـادة الـتركيز . تدعيم المركز إلى حـوالى ١,٩ : ١ بروتـين كلـى يـؤدى إلى زيـادة محصـول الجـبن بحـوالى ١١,٤٪ . تدعيم مركز UF من لبن مرتفع فى SCC إلى ١,٨٤ : ١ بروتين كلـى يحسـن أيضاً من جودة الجبن ويزيد مـن المحصـول مقارنـة بجـبن الكنـترول ولكـن ليـس إلى نفـس المستوى المرتفع المتحصل عليه بتدعيم المركز .

كما يمكن استخدام لبن كامل مدعم بمركـز UF بنجـاح فـى صناعـة جـبن تشـدر منخفض فى الصوديوم وجبن مطبوخ . كما أنه من الممكن إزالة بقايا البنسـلين مـن اللـبن أو الشرش بواسطة UF فقـد وجـد أن ٨٤٪ مـن البنسـلين يبقـى فـى الراشـح permeate ويبقى ١٦٪ فقط فى المركز .

٥-٢- المعاملة الحرارية لمركز UF فى صناعة الجبن

اللبن المستخدم فى صناعة معظم أنواع الجبن التقليدية لا يتم معاملته حرارياً بدرجـة كافية حيث أن قدرة اللبن على التجبن بالمنفحة تتـأثر وتتكـون خـثرة ضعيفـة التـى تحتجـز كميات زائدة من الرطوبة . على العكس من ذلك فإنه يمكن الحصول على خثرة صلبة من لبن مركز بواسطة UF بعد معاملته حرارياً . وبهـذه الطريقـة فـإن جـبن UF Cast Feta (جبن فتا قوالب ذات تركيب مقفول مصنوعة بأستخدام UF) تتميـز بـتركيب نـاعم مـع محتوى أعلا من الرطوبة عن جبن الفتا التقليدية والذى قد ينتج من قدرة بروتينات الشـرش

الموجودة التى حدث لها دنترة على الأحتفاظ بالرطوبة بالرغم من أن بروتينات الشرش قد تسمح للكازين بالأرتباط بنسبة رطوبة أكبر .

من المعروف أن بروتينات الشرش يحدث لها دنترة بدرجة أسرع فى اللبن المركز عنه فى اللبن العادىوالذى يمكن أن يفسر حقيقة أن اللاكتوز (مثل غيره من السكريات الثنائية مثل السكروز) يكون له تأثير مثبط على التجبن الحرارى لبروتينات الشرش ، ومع زيادة معامل التركيز فإن نسبة اللاكتوز /بروتينات الشرش تنخفض وبالتالى فإن التأثير الواقى للاكتوز على دنترة بروتين الشرش ينخفض .

وفى دراسة لتقدير المعاملة الحرارية المثالية لمركز UF (التركيز الكامل) ، أى درجة الحرارة التى عندها يحدث دنترة لبروتين الشرش بدرجة كبيرة دون التأثير على صفات اللزوجة للمركز ، وجد أن تسخين مركز UF عند ٧٦°م لمدة ٥ دقائق يؤدى إلى حدوث دنترة لبروتين الشرش بدرجة تصل إلى ٥٦٪ مع صفات لزوجة مقبولة بينما التسخين خارج هذا النطاق يكون غير مرغوب فيه .

٥-٣- قابلية مركز UF للتجبن بالمنفحة

نظراً لعدم وجود صرف للشرش فإن كل كمية المنفحة التى أضيف إلى الجبن الأولية السائلة تبقى فى الجبن . لهذا فإن UF توفر حوالى ٨٠٪ من كمية المنفحة التى عادة تضاف فى تحضير وزن معين من الجبن . كما يؤدى ذلك إلى إنخفاض تكاليف صناعة الجبن وأيضاً يؤدى إلى المساهمة فى حل مشكلة نقص المنفحة على المستوى العالمى . وعموماً فإنه للحصول على نفس مدة التجبن فإن حجم المنفحة يجب أن يخفض طبقاً لمعامل التركيز . نتيجة لعملية diafiltration (حيث يتم تخفيف مركز UF بإضافة ماء ثم إعادة ترشيحه بواسطة UF لتركيز أعلا) فإن الإحتياجات من الأنزيم تنخفض إلى حوالى ١٥٪ مقارنة بالكنترول ، وقد يرجع ذلك إلى التغير فى التركيب (زيادة البروتين وأنخفاض فى تركيز الكالسيوم نتيجة عملية diafiltration) . عموماً فإن الإحتياجات من المنفحة بالنسبة لكمية اللبن الأولية تتناسب عكسياً مع درجة التركيز ومحتوى البروتين . عادة ٣٠٪ فقط من مستحضر المنفحة يبقى مع الخثرة بينما ٧٠٪ الباقية تفقد فى الشرش دون الإستفادة منها . وقد وجد فى صناعة جبن الكممبير بالطريقة التقليدية أن ٤٠-٥٠٪ من المنفحة المضافة إلى اللبن تبقى فى الخثرة .

عند تنفيح لبن UF فإن كمية المنفحة يجب أن تنخفض مع زيادة محتوى الكازين لكى يمكن المحافظة على مدة التجبن العادية لنوع معين من الجبن . وقد وجد أن العوامل

المسئولة عن أسراع تجبن لبن UF بالمنفحة : زيادة تركيب البيئة substrate ، إنخفاض pH (٦,٥٣ pH عند ١٠,٢٪ كازين ، ٦,٦ pH عند٢,٨٪ كازين) ، زيادة تركيزالكالسيوم الكلى والمتأين . ولكن وجد فى اللبن الجاموسى أن مدة تجبن اللبن بالمنفحة تزيد بزيادة التركيز ، بينما وجد آخرون أن مدة التجبن بالمنفحة تنخفض بزيادة تركيز محتوى لبن UF من البروتين ، كما وجد أن مدة التجبن بالمنفحة ترتبط بطريقة عكسية بمحتوى البروتين و Ca^{2+} فى المركز retentate كما أن رفع تركيز البروتين يؤدى إلى أنخفاض مدة تجبن المرحلة الأولى من التجبن الأنزيمى .

عندما يتم بسترة مركز UF (معامل تركيز ٢ : ١) عند ٧٢° م/ لمدة ٣٠ثانية فإنه يمكن تعويض الضرر الناتج فى قابلية اللبن للتجبن بالمنفحة من هذه المعاملة الحرارية بإضافة ١٥٠ ملليجم $CaCl_2$ /لتر مركز ، إضافة ٣٠٠ ملليجم $CaCl_2$/ لتر مركز يقلل من مدة التجبن بالمنفحة بحوالى ٢٧٪ . يمكن تحسين تجبن مركز UF وذلك بإضافة $CaCl_2$ قبل إضافة المنفحة بفترة ٣٠ دقيقة على الأقل .

خثرة المنفحة الناتجة من مركز UF تختلف عن خثرة المنفحة التقليدية بالنسبة للتركيب البنائى . تختلف درجة صلابة الخثرة بصفة أساسية عندما يكون تركيز البروتين مرتفع بدرجة كبيرة حيث أن نسبة البروتين أعلا تعطى خثرة أكثر صلابة .

ميكانيكية التجبن لجسيمات الكازين فى لبن UF تختلف عنها فى اللبن الطبيعى والذى يكون مسئولاً عن التغيير فى التركيب البنائى . تتكون الخثرة فى مركز UF عندما يتحلل فقط حوالى ٢٥٪ من k-casein ، جسيمات الكازين التى لم تتغير بدرجة كافية عند نقطة التجبن قد تصبح جزءاً من الخثرة فيما بعد ولكن قد لا تكون جزءاً مكملاً من تركيب الخثرة . الخثرة المتكونة من المركزات تصبح أكثر خشونة بصفة مضطردة مع زيادة معامل التركيز ، بطأ التكوين البنائى للخثرة يجعل الخثرة هشة وقابلة للتفتت .

الأتزان بين الكالسيوم الحر والغروى يؤثر على قابلية اللبن للتجبن والصفات الريولوجية للخثرة. فى لبن UF يزيد تركيز الكالسيوم الغروى ويحافظ بصورة تقريبية على نسبة ثابتة مع تركيز البروتين . للحصول على خثرة مماثلة فى التركيب والصفات الريولوجية للمنتجات التقليدية فإن تركيز الكالسيوم ينخفض أو بطريقة أكثر تحديداً ، تنخفض نسبة الكالسيوم الغروى إلى البروتين بأستخدام UF بعد زيادة حموضة اللبن ، أو بعملية diafiltration حيث يؤدى ذلك إلى تحويل الكالسيوم من الحالة الغروية إلى الحالة الذائبة الذى يفقد فى الراشح permeate أثناء UF . ترتبط صلابة الخثرة بطريقة مباشرة مع تركيز الكالسيوم الأيونى لذلك فإن هذا الكالسيوم الأيونى يزيد بإنخفاض pH

وتنخفض بإضافة السترات. وعموماً فإنه فى جميع الأحوال فإن المركز ينتج خثرة أكثر صلابة عن اللبن وتزداد الصلابة مع الوقت بعد التجبن . كما أنه مع اللبن الجاموسى فإن درجة صلابة خثرة المركز تزداد تدريجياً بزيادة معامل التركيز .

صرف الشرش وطرده من الخثرة syneresis هى الخطوة الأساسية فى صناعة الجبن . تركيز اللبن بأستخدام UF يؤدى إلى إنخفاض ملحوظ فى معدل طرد الشرش ويرجع ذلك إلى أن UF يقلل من كمية الماء فى اللبن .وقد وجد أن خثرة مركز UF تميل إلى طرد نسبة أكبر من الشرش عن الخثرة الناتجة من اللبن ، ويكون هذا المعدل أكثر وضوحاً فى حالة العينات الحامضية نتيجة إلى تكوين شبكة كازين أكثر كثافة وبالتالى يكون أنكماش الخثرة بدرجة أكبر . كما أن زيادة كمية المنفحة المضافة إلى مركز UF يؤدى إلى زيادة فى أنكماش الخثرة وطرد الشرش منها . وقد أشار البعض إلا أنه من الضرورى تقدير مدة التجبن بالمنفحة وصلابة الخثرة المتكونة حتى يمكن تحديد كمية المنفحة والبادىء المضاف عندما يستخدم مركز UF فى صناعة الجبن. كما أن تأثير المعاملة الحرارية فى زيادة كمية المنفحة يمكن تقليله بزيادة معامل تركيز UF .

٥-٤- التغيرات التى تحدث أثناء تسوية جبن UF

عندما يتكون الحامض فى صناعة الجبن العادية فإن معظم هذا الحامض يمتص بواسطة المواد المنظمة buffer فى الخثرة (البروتين ، الأملاح غير الذائبة) وتبقى كمية قليلة لزيادة تركيز أيون الأيدروجين وتؤدى إلى إنخفاض pH . أثناء UF فإن هذه المكونات فى اللبن قد تتركز إلى ٢-٥ أضعاف تركيزها فى اللبن الطبيعى مما يعنى أن إنتاج الحامض يجب أن يكون أعلا فى مركز UF عنه فى اللبن الطبيعى لكى يكون له نفس التأثير فى تغيير pH . نتيجة لذلك تطول فترة التسوية والتى تزيد بزيادة درجة تركيز UF . وقد وجد أن خفض pH لبن فرز عادى إلى ٤,٦ يحتاج إلى ٠,٤٨٪ حامض لاكتيك مقارنة بـ١,٠١٪ لبن فرز مركز UF بنسبة ٢,٣ : ١ ، ١,١٤٪ لمركز UF بنسبة ٢,٦ : ١ ، المركزات بنسبة ٤,٣ : ١ ، ٥,٨ : ١ تكون غير قادرة للوصول إلى pH ٤,٦ حتى عندما تكون الحموضة أعلا من ١,٨٪ . وقد أوضحت بعض الدراسات أنه من غير الممكن خفض pH إلى أقل من ٥,٠ عند مستوى بروتين أعلا من ١١,٥٪ . أثناء تركيز اللبن بواسطة UF فإن فوسفات الكالسيوم الغروية المرتبطة بحسيمات الكازين تصبح مركزة بدرجة تتناسب مع تركيز البروتين . عندما ينخفض pH أثناء التسوية فإن فوسفات الكالسيوم الغروية تتحول إلى الحالة الذائبة . لذلك فإن تركيز الفوسفات الذائبة فى

المركزات المتخمرة عند pH ٥,٠ تكون أكثر أرتفاعاً بدرجة كبيرة عما فى لبن الفرز عند نفس pH . الفوسفات وكذلك اللاكتات يمكن أن تثبط مزارع بادئات بكتريا حمض اللاكتيك إذا كان التركيزات مرتفعة بدرجة كافية .

ولتقليل تأثير زيادة القدرة التنظيمية فى مركزات UF على صناعة الجبن فقد أقترح ما يلى :-

١. إضافة بعض العناصر الغذائية مثل الفيتامينات ، الأملاح المعدنية والأحماض الأمينية لتحسين إنتاج الحموضة بواسطة بكتريا البادىء .
٢. عملية diafiltration يقلل من القدرة التنظيمية لمركزات UF .
٣. بكتريا البادىء من الضرورى أن تنمو وتصل إلى أعداد كبيرة فى مركز UF لإنتاج كميات كبيرة من حامض اللاكتيك لأحداث تغيير فى pH . تعمل القدرة التنظيمية المرتفعة على حماية البكتريا وبالتالى تحافظ على ثبات الأعداد لفترة طويلة . إضافة البادىء بالحجم اللازم للوصول إلى pH المثالى لا يؤدى إلى تخفيف لبن الجبن . إضافة ٢٪ من البادىء إلى مركز لبن كامل ١,٧ :١ أعطى نتائج إيجابية .
٤. إضافة ليسوزيم lysozyme إلى مركز UF يؤثر على pH ، أعداد البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة وتحليل البروتين أثناء التسوية .

كمية البادىء المضافة إلى مركز UF ومعدل نموه يجب أن يكون بطريقة تجعل pH ، محتوى الكالسيوم والفوسفور للجبن الطازج عند عمر يوم واحد بعد إضافة المنفحة تكون مماثلة لمثيلتها فى الخثرة الناتجة بالطرق التقليدية . إذا كان pH الجبن الطازج أعلا من الدرجة المثلى نتيجة زيادة القدرة التنظيمية فى مركزات UF فإن الظروف تكون أكثر ملاءمة لنمو ميكروبات التسمم الغذائى وخاصة خلال الساعات الحرجة فى صناعة الجبن . كما وجد أن عملية diafiltration لمركز UF يقلل من القدرة التنظيمية للمركز ويقلل من مقاومة ونمو بكتريا القولون المرضية enteropathogenic *E.coli* (EEC) بينما تحلل اللاكتوز لا يؤدى إلى مثل هذا التأثير .

نظراً لأن فاجات بكتريا حمض اللاكتيك يثبط بالفوسفات وأن مركز UF غنى فى الكالسيوم والفوسفات فقد وجد أن وجود الفاج فى لبن الجبن يبطئ من عمليات صناعة الجبن بصرف النظر عن نوع البادىء المستخدم (بادىء لبن فرز أو بادىء مركز UF) .

خلال المرحلة الأولى من تسوية الجبن تلعب المنفحة المتبقية دوراً هاماً فى تحليل

البروتين . أستخدام لبن UF فى صناعة الجبن يؤدى إلى احتجاز كمية أقل من المنفحة فى الخثرة وبالتالى تؤثر على درجة تحلل البروتين مما يجعل معدل تحلل البروتين بطىء . بالرغم من أن α_{s1}-casein يتحلل تماماً فى الجبن الناتجة بطريقة UF وكذلك فى الجبن الناتجة بالطريقة التقليدية بعد فترة معينة من التسوية فأن تحلل β-casein يتأخر فى جبن UF ، وقد وجد أن الأنخفاض فى β-casein حوالى ٣٠٪ فى الجبن التقليدية و ١٠٪ فى جبن UF الناتجة بكميات متساوية من المنفحة . ومع ذلك فإن بعض البادئات تنمو بأعداد أكبر فى مركز UF مما يؤدى إلى إنتاج تركيز مرتفع من أنزيمات البكتريا وتحلل البروتين بدرجة أكبر فى بعض أنواع من جبن UF . نسبة بروتين الشرش على أساس محتوى النتروجين الكلى تبقى ثابتة أثناء فترة تسوية جبن UF وقد أدى ذلك إلى أستنتاج أن بروتينات الشرش التى لم يحدث لها دنترة تكون مقاومة لفعل الأنزيمات المحللة للبروتين من المنفحة والبادىء . لذلك فإن بروتينات الشرش تعمل كمادة مالئة وتخفف من تركيز الكازين وبالتالى تبطىء من فعل المنفحة . وفى دراسة عن تحليل البروتين أثناء التسوية وجد أن نتروجين بروتين الشرش يمثل حوالى ١٧٪ و ٠,٥٪ من النتروجين الكلى فى جبن UF والجبن التقليدى على التوالى . لا يحدث تحلل لبروتينات الشرش فى جبن UF ، يزداد NPN فى جبن UF نتيجة لمكونات NPN الناتجة من فعل المنفحة التى تفقد فى الشرش عادة .

من المحتمل أن تساهم بروتينات الشرش جزئيا من التسوية طبقاً لدرجة الدنترة . تحلل بروتينات الشرش الذى حدث له دنترة يساهم فى تكوين صفات الطعم والتركيب البنائى المرغوب ، خاصة تحلل الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت فى بروتينات الشرش إلى H_2S وغيرها من مركبات الكبريت والتى تؤدى إلى ظهور عيوب فى الطعم .

بروتينات الشرش ، وخاصة β-lactoglobulin يمكن أن يثبط البلازمين . ونظراً لأن البلازمين قادر على تحلل β-casein ، فإن تحلل β-casein فى جبن UF قد يتأثر بوجود بروتينات الشرش ، أساساً β-lactoglobulin الذى حدثت له دنترة ، والذى يعتبر مسئولاً عن ذلك .

عند وجود المنفحة بمستويات متماثلة فى جبن UF والجبن التقليدى فإن معدل التسوية فى الجبن التقليدى يكون أسرع . كما لوحظ أن معدل تسوية يكون متماثل عندما تحتوى جبن UF على ٣ أضعاف كمية المنفحة الموجودة فى جبن الكنترول . جبن UF والكنترول متماثلة بدرجة كبيرة لذلك فإن بطء تحلل البروتين فى جبن UF قد يعزى إلى تثبيط نشاط المنفحة ببروتينات الشرش .

كما لوحظ أيضاً تحلل الدهن بدرجة أقل فى جبن UF بالمقارنة بجبن الكنترول على أساس محتوى الأحماض الدهنية الحرة . الزيادة الضئيلة التى قد توجد أثناء تسوية الجبن الناتج من مركز UF معامل بالحرارة يمكن تفسيره على أساس معدل أتلاف أنزيم الليبيز بدرجة أكبر نتيجة المعاملة الحرارية .

محتوى جبن UF الطازجة من اللاكتوز يكون مرتفع ويعزى ذلك إلى أرتفاع محتوى اللاكتوز فى مركز UF . ومع ذلك فإن اللاكتوز يتحلل بسرعة وأخيراً يختفى بعد فترة تسوية تصل إلى ٦ أسابيع . فى الجبن النصف جافة الناتجة من مركز UF فإنه بالرغم من ملاحظة إنخفاض فى تركيز اللاكتوز إلا أنه لوحظ وجود اللاكتوز بنسبة أكبر من ١٪ حتى بعد ٣ شهور من التسوية .

٥-٥- تطبيقات على الأستفادة من UF فى صناعة الجبن

فى ١٩٦٩ سجل فى فرنسا براءة إختراع لأستخدام UF فى معاملة اللبن لصناعة الجبن وقد أطلق على هذه الطريقة MMV نسبة إلى مخترع هذه الطريقة Maubois,Mocquot and Vassal وفى هذه الطريقة تم تركيز اللبن الفرز بأستخدام UF مع خلط القشدة بالمركز retentate الطازج أو الذى تم تخميره جزئياً ليكون جبن أولية سائلة liquid precheese يكون تركيبها مماثل لتركيب الناتج النهائى . تلقح هذه الجبن الأولية بمزرعة بادىء ، إذا كان retentate غير مخمر ، ويعبأ فى قوالب ثم يضاف إليه منفحة لتحويله إلى جبن . يتركز دور UF فى صناعة الجبن فى إنتاج مركز retentate يحتوى على جوامد كلية بتركيز مناسب مع تواجد مكونات اللبن بالنسب الصحيحة كما يجب ألا تتأثر الحالة الطبيعية للمكونات بدرجة كبيرة وأن يكون المركز مرتفع الجودة الميكروبيولوجية .

وقد وجد أن المساحة الكلية للأغشية المستخدمة فى صناعة الجبن تبلغ ١٧,٠٠٠م^{٢} فى عام ١٩٨٧ وأن إنتاج جبن UF يقدر بحوالى ٣٪ من الأنتاج العالمى للجبن أى حوالى ٤٠٠,٠٠٠ طن من الجبن سنوياً .

تختلف صناعة جبن UF عن الطريقة التقليدية فى استخدام لبن مركز والذى قد يتعرض لمعاملة حرارية كافية لأحداث دنترة لبروتينات الشرش والأحتفاظ بها فى الجبن وبالتالى زيادة المحصول الناتج أى تعظيم الأستفادة من بروتينات الشرش حيث أن فقد هذه البروتينات تعنى فقد حوالى ٢٠٪ من بروتين اللبن . إذا تم تركيز اللبن أولاً بأستخدام UF لدرجة لا يحدث معها فقد للشرش أثناء صناعة الجبن فإن بروتينات الشرش تحتجز فى

الجبن . تتوقف تركيب الجبن الناتج من مركز UF على تركيب المركز والذى يتأثر بكمية الشرش التى تم طردها وكذلك الفاقد من الرطوبة بالتبخير أثناء التخزين والتسوية .

أستخدام UF فى صناعة الجبن لها عدة مزايا بالمقارنة بالطريقة التقليدية من أهمها زيادة محصول الجبن نتيجة لأحتجاز بروتينات الشرش فى الجبن الناتج . يمثل بروتينات الشرش حوالى ٠,٧٪ فى اللبن وحوالى ١٨٪ من البروتين الكلى أى تحت الظروف المثلى فإنه من الممكن أحلال حوالى ٢٢٪ من الكازين ببروتينات الشرش . عند أستخدام UF يحدث تركيز لكل من الكازين وبروتينات الشرش ولكن إذا كان هناك فقد للشرش فإن بعض بروتينات الشرش تفقد فى هذا الشرش حيث أن هذه البروتينات ذائبة بدرجة كافية لذلك فإن درجة تركيز أعلا تؤدى إلى أحتجاز كمية أكبر من بروتينات الشرش .

يساهم أيضاً دهن اللبن فى زيادة محصول الجبن لدرجة معينة . أثناء تصفية الشرش من المركز retentate المضاف إليه منفحة فإن يحدث فقد لبعض الدهن . ونظراً للطبيعة الهشة fragile لخثرة UF فإنه من الضرورى معاملة هذه الخثرة بعناية فائقة وذلك لتجنب زيادة فقد الدهن فى الشرش . بدون ميكنة عمليات التصنيع فإن الفقد من الدهن يكون أعلا عما فى الطرق التقليدية ولكن بأستخدام معدات خاصة فى التصنيع فإنه يمكن أحتجاز الدهن فى الخثرة بكمية أكبر قد تصل إلى ٩٥٪ . يمكن تقليل الفاقد من الدهن بواسطة تجنيس اللبن أو المركز وخاصة فى الجبن التى عادة يجنس فيها اللبن مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese .

ومن مزايا أستخدام UF فى صناعة الجبن بالإضافة إلى زيادة محصول الجبن :

١. خفض حجم اللبن المراد تصنيعه مما يؤدى إلى زيادة الطاقة الإنتاجية للمصنع أو صغر حجم المصنع .
٢. يمكن أستخدام UF لإنتاج جبن من لبن معدل تركيبه من حيث محتواه من الدهن والبروتين ويمكن أيضاً محتواه من اللاكتوز .
٣. سهولة وبساطة عمليات تصنيع الجبن وإمكانية إنتاج الجبن بالطريقة المستمرة .
٤. طرد الشرش بعد التجبن يكون بأقل درجة ممكنة ، كما يمكن إنتاج الجبن بأقصى أستفادة ممكنة من بروتينات الشرش وهذا يؤدى إلى توفير فى الطاقة ووقت الصناعة بالإضافة إلى زيادة محصول الجبن .
٥. تقليل كمية المنفحة والبادىء المضافة .
٦. نظراً لعدم أحتواء permeate على بروتينات فإن قدرته على التلوث تمثل فقط ٨٠٪ مقارنة بالشرش التقليدى .

٧. أرتفاع القيمة الحيوية لبروتينات الشرش ينعكس على القيمة الغذائية لجبن UF .

نظراً لأن اللبن المركز بطريقة UF والذى يطلق عليه جبن أولى (أبتدائى) precheese يجب أن يكون مماثلاً فى تركيبه للجبن النهائى فإن عملية التصنيع تكون أكثر سهولة فى أنواع الجبن الأقل فى محتواه من الجوامد مثل جبن Cottage (٢١٪ جوامد كلية) ، ريكوتا (٢٨٪ جوامد كلية) ، الفتا (٤٠٪ جوامد كلية) . تركيز اللبن حتى ٥ أضعاف يكون كافياً لإنتاج هذه الأنواع من الجبن . لذلك فإن UF تستخدم على نطاق واسع فى صناعة الجبن الطازج مثل الكوارج Quarg (فى ألمانيا) ، الكممبير (فى فرنسا) والفتا (حيث يوجد مصنع فى الدنمارك يقوم بتصنيع ٢٤٠ ألف لتر من اللبن فى اليوم إلى جبن فتا بأستخدام UF) والجبن الدمياطى (فى مصر) .

ومع ذلك فإن إنتاج جبن جاف ونصف جاف الذى يحتوى على جوامد كلية حتى ٦٠٪ أو أكثر يتطلب تركيز اللبن بطريقة UF إلى ٨ أضعاف وقد أمكن الوصول إلى هذا التركيز على نطاق التجارب ولكن من الصعب عملياً الوصول إلى هذا التركيز نظراً لأنخفاض معدل سريان permeate بدرجة كبيرة جداً عند هذا المستوى من التركيز وقد وجد أنه بأستخدام الأغشية المعدنية mineral membranes يمكن الحصول على مركز retentate مرتفع اللزوجة والذى يكون مناسباً لصناعة جبن نصف جاف .يوجد أنواع كثيرة من الجبن أمكن إنتاجها بنجاح ، فى ضوء البحوث المنشورة فى هذا المجال بأستخدام UF منها :

- الجبن الطازج مثل Cottage والكوارج Quarg .
- الجبن الأبيض الطرى المخلل مثل الفتا Feta ، التلم Telem ، الدمياطى .
- جبن طرية مثل الكمبير ، هرف Herve .
- جبن نصف طرية مثل الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese .
- جبن نصف جافة مثل الجودا والأيدام .
- جبن جافة مثل التشدر .

بالإضافة إلى جبن الموزاريلا وجبن القشدة وجبن لبن الماعز و cheese base وهو عبارة عن جبن أولى precheese يستخدم فى تكوين مخلوط الجبن المطبوخ حيث يصل تركيز المواد الصلبة إلى ٦٥٪ .

٥-٥-١- التركيز فى المزرعة On-farm concentration

بدأ الأهتمام بتركيز اللبن فى المزارع فى فرنسا فى عام ١٩٧٤ وقد قامت شركة

ألفالافال Alfa-laval بإنتاج وحدة UF للعمل بالمزرعة . تركيز اللبن بالمزرعة يؤدى إلى تقليل تكاليف نقل اللبن نتيجة لتقليل حجم اللبن بالإضافة إلى أرتفاع محصول الجبن الناتج. يتم تركيز اللبن بنسبة ٢ : ١ بأستخدام UF وينقل المركز retentate إلى مصانع جبن الأيدام ، St.Paulin بينما يستخدم الراشح permeate لتغذية الحيوانات فى المزرعة وبالتالى يساعد على تقليل تكاليف التغذية . عادة يتم تسخين لبن UF (٢ : ١) قبل التبريد والنقل إلى المصنع . الجودة الميكروبيولوجية للبن UF جيدة وعملية التركيز فى المزرعة تكون إقتصادية عندما يكون عدد القطيع ١٠٠ - ١٠٠٠ بقرة . كما استخدم RO فى تركيز اللبن فى المزرعة فى أستراليا .

هناك طريقة أخرى لمعاملة اللبن بواسطة UF والتسخين فى المزرعة حيث يتم تركيز اللبن (٢ : ١) كل يومين . يبستر المركز retentate ويبرد إلى ٢°م . ينقل المركز المتجمع إلى المصنع مرتين فى الأسبوع . يصل عدد البكتريا الحبة للحرارة العالية فى المتوسط ٧٧٠٠ cfu/مل .

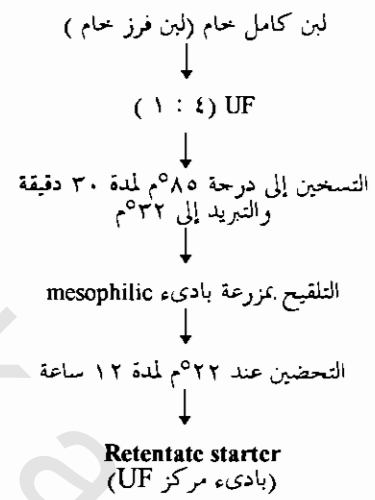
كما يمكن الأستفادة من الراشح permeate الناتج من استخدام UF فى تركيز اللبن لخفض محتوى البروتين فى لبن UHT إلى الحد الأدنى من البروتين المسموح به قانوناً وهو ٢,٨٪ فى معظم الدول الأروبية ، ٣٪ فى فرنسا . ويحقق هذا الأجراء عائداً لكثير من مصانع UHT . ويلاحظ أنه من السهل الكشف عن إضافة الماء إلى اللبن إلا أنه من الصعب الكشف عن تخفيف اللبن بأضافة permeate .

٥-٥-٢- إنتاج بادئ Retentate

القوة التنظيمية لمركز UF عند pH ٦,٧ يؤدى إلى وجود بكتريا حمض اللاكتيك فى الخثرة وفى الجبن الناتج بأعداد أكبر عن الخثرة والجبن الناتجة بالطرق التقليدية وقد أمكن الأستفادة من هذه الميزة فى إنتاج بادىء إضافة (صناعة) جديد bulk starter . يصنع هذا البادىء بتلقيح مركز retentate لبن كامل أولبن فرز يحتوى على ١٢٪ بروتين بمزارع بادىء حمض لاكتيك محب للحرارة المعتدلة mesophilic culture ويحضن عند ٢٢°م لمدة ١٢-١٥ ساعة (شكل ٢-٨) .

ويتميز هذا البادىء بأحتوائه على ميكانيكية ذاتية لضبط pH نتيجة لأرتفاع القوة التنظيمية لمركز UF الذى يحافظ على pH البادىء ثابتاً عند ٥,٠ . لذلك فإن هذا البادىء يتميز بنشاط أكبر من بادىء الإضافة التقليدى المحضر من لبن مبستر ويحتفظ بنشاطه لمدة

١٠-١٢ ساعة عند درجة حرارة الغرفة ، هـذا بالإضافة إلى أن بادىء retentate يتميز بمحتوى مرتفع من البروتين والذى يساهم فى زيادة محصول الجبن مما يجعله مرغوباً فى صناعة الجبن بالطريقة التقليدية أو بأستخدام UF .



شكل ٢-٨ : رسم تخطيطى لإنتاج بادىء Retentate

٥-٦- صناعة بعض أنواع من الجبن بأستخدام UF

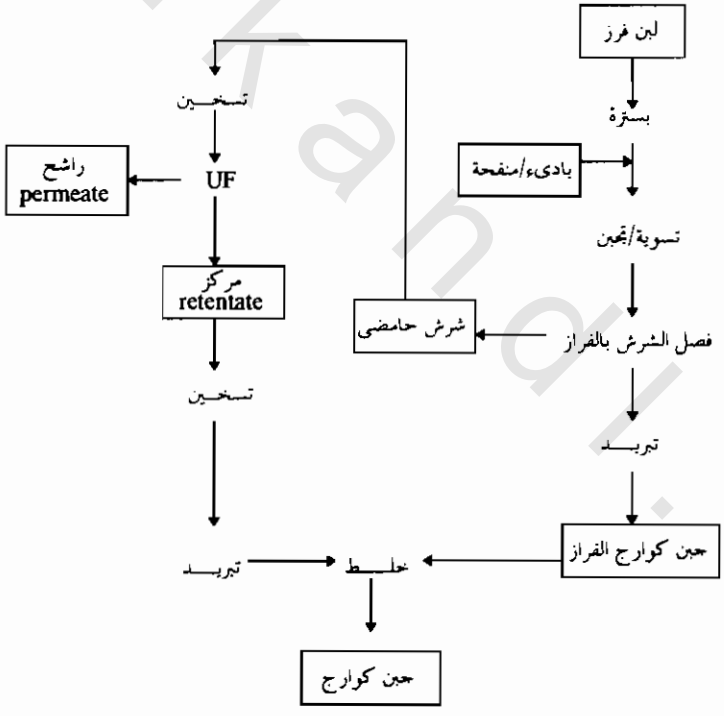
٥-٦-١ جبن الكوارج Quarg

وهى جبن طرية طازجة تصنع بالتجبن الحامضى تشبه جبن Cottage وتعتبر من الجبن الهامة فى ألمانيا . فى صناعة هذه الجبن بالطريقة التقليدية يفصل الشرش من الخثرة الحامضية بواسطة الفراز لذلك فإن بروتينات الشرش لا تبقى بالخثرة ويفقد فى الشرش . للمحافظة على بروتينات الشرش فى خثرة الجبن تستخدم طريقة UF بدرجة كبيرة فى صناعة هذه الجبن حيث وجد أن UF تستخدم فى إنتاج ٣٠٪ من جبن الكوارج فى ألمانيا فى عام ١٩٨٧ ومن المتوقع أن يرتفع فيما بعد إلى حوالى ٧٠٪ . توجد ثلاث طرق مختلفة لأحتجاز أو أدخال بروتينات الشرش فى جبن الكوارج بأستخدام UF :

١. تركيز الشرش بأستخدام UF أى أن هذه الطريقة تجمع بين طريقتى الفراز ، UF .
٢. التركيز الأولى للبن الفرز (أو اللبن الفرز بعد تحميضه) بأستخدام UF إلى تركيز المادة الصلبة فى الناتج النهائى (تركيز كامل full concentration) .

٣. تركيز خثرة اللبن الفرز المتكونة بفعل الحامض بأستخدام UF .

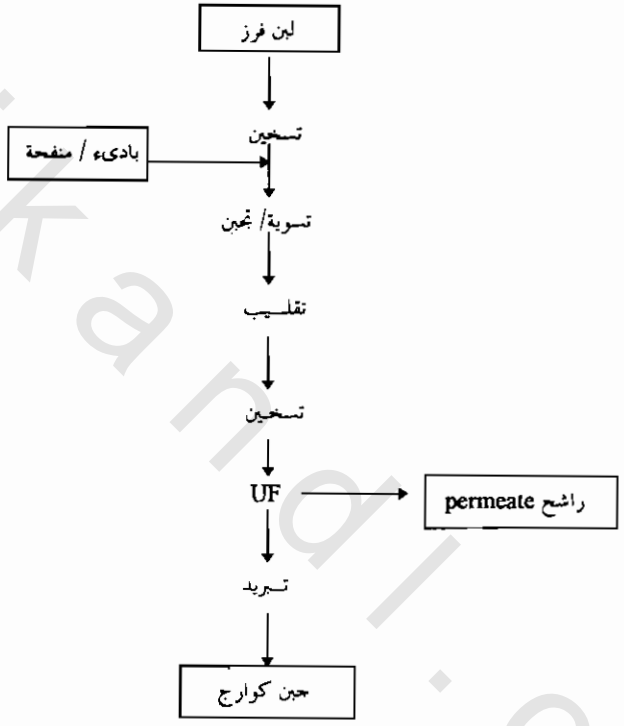
فى الطريقة الأولى (شكل٣-٨) يركز الشرش الناتج من الخثرة بواسطة الفراز إلى حوالى ٢٠ ضعف بأستخدام UF حيث ترتفع المادة الصلبة إلى ١٧,٥ - ١٨,٥٪ والذى يماثل تركيز المادة الصلبة فى جبن الكوارج النهائى ، ثم يعامل المركزة retentate معاملة حرارية ويخلط بعد ذلك مع جبن كوارج الفراز . وقد وجد أنه يمكن إضافة مركز الشرش whey retentate إلى خثرة الكوارج بما لا يزيد عن ١٥٪ بدون التأثير على الصفات الحسية للجبن . يتميز الناتج النهائى بتركيب قشدى ومادة صلبة تصل إلى ١٨٪ وبروتين ١٢٪ . وقد وجد أن لتر واحد من مركز بروتين الشرش يحتوى على ١٣٪ مادة صلبة يعادل ٢,٧-٣ لتر لبن فرز فى إنتاج جبن كوارج .



شكل ٣-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن كوارج بطريقة الفراز و UF

وفى الطريقة الثانية يركز اللبن الفرز بأستخدام UF إلى مستوى من المادة الصلبة

يعادل مستواها فى الجبن الطازج ثم يضاف البادىء . وقد وجد أن هذه الطريقة لا تؤدى إلى إنتاج جبن جيد الجودة حيث يحتوى على طعم مر نتيجة أرتفاع محتوى الكالسيوم (حوالى ٠,٤٪ مقابل ٠,١٪ فى الناتج بالطريقة التقليدية) كما أن محتوى الرماد ash (١,٦ مقابل ٠,٩٪) وتركيز اللاكتوز (٥,١ مقابل ٢,٨٪) يرتفع بدرجة كبيرة . كما أنه من الصعب الوصول إلى pH المرغوب فى الجبن الطازج نظراً لأرتفاع محتوى البروتين فى مركز UF .



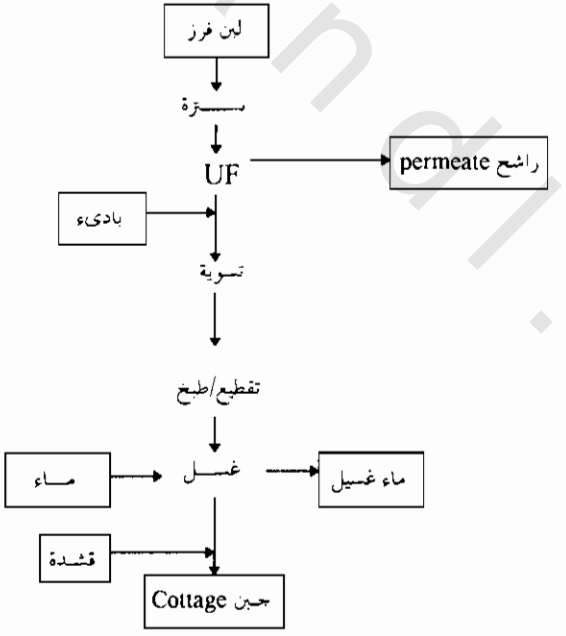
شكل ٤-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن الكوارج بطريقة UF لخثرة اللبن الفرز

ترشيح اللبن الفرز المتجبن بفعل الحامض بطريقة UF يعتبر أفضل هذه الطرق لأستخدام UF فى إنتاج جبن كوارج طازج . وتعتبر طريقة تركيز كامل حيث ترفع المادة الصلبة إلى المستوى الموجود فى الناتج النهائى . ويتم فى هذه الطريقة أتباع خطوات الطريقة التقليدية من حيث إضافة البادىء وطرد الرطوبة الزائدة . التعديل الرئيسى فى

هذه الطريقة هو أستبدال الفراز بطريقة UF لأحتجاز بروتينات الشرش فى جبن الكوارج. يتضمن خط الإنتاج فى هذه الطريقة (شكل ٤-٨) تسخين اللبن الفرز لدرجة ٩٠-٩٥°م لمدة ٣-٦ دقائق وبعد التبريد يضاف البادىء ويحضن اللبن وعندما يصل pH إلى ٤,٥ - ٤,٦ يتجبن اللبن ، تقلب الخثرة ، تسخن لدرجة ٥٦٠م لمدة ٥ دقائق، ترشيح بأستخدام UF عند ٥٥°م لتركيز المادة الصلبة إلى المستوى الموجود فى الناتج النهائى (١٧-٢٠٪) وأخيراً يبرد الناتج فى مبرد أنبوبى .

٥-٦-٢- جبن Cottage

فى صناعة جبن Cottage يركز اللبن عادة إلى تركيز أعلا عما هو متبع فى جبن الكوارج نظراً لأرتفاع المادة الصلبة فى النوع الأول . تعتمد طريقة إنتاج جبن Cottage بأستخدام UF على معامل تركيز ٥ : ١ حيث يركز اللبن الفرز بعد البسترة بواسطة UF ثم يضاف البادىء . تقطع الخثرة الناتجة وتطبخ وتغسل . يعدل محتوى الدهن بإضافة القشدة وفى هذه الطريقة تقل غسل الخثرة بدرجة كبيرة جداً أو تستبعد تماماً نظراً لعدم وجود شرش سائل يراد التخلص منه . يرتفع محصول جبن Cottage بحوالى ٢٠٪ (شكل ٥-٨) .



شكل ٥-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن Cottage بأستخدام UF

جبن Cottage التقليدية تحتوى فقط على حوالى ٣٠-٦٠ ملليجم كالسيوم لكل ١٠٠ جرام بالمقارنة بأنواع الجبن الأخرى التى تحتوى على ٧٠٠ - ٩٠٠ ملليجم /١٠٠ جرام . لذلك يعتقد أن زيادة محتوى الكالسيوم فى جبن Cottage من لبن UF قد يساهم بدرجة أفضل فى تغطية الأحتياجات الغذائية للمستهلك من الكالسيوم .

٥-٦-٣ الجبن الأبيض

يطلق الجبن الأبيض على مجموعة من المنتجات التقليدية التى تنتج وتستهلك على نطاق واسع فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط والبلقان . وتختلف طريقة الصناعة لحد ما من دولة إلى أخرى وكذلك تركيب الجبن الناتج ولكن جميع هذه المنتجات تكون مرتفعة فى محتوى الملح والتى تعطى للنتائج قوة حفظ أفضل حتى تحت الظروف الصعبة . ونظراً لأن معظم اللبن المتوفر فى هذه المنطقة يكون لبن الغنم فإن الجبن يكون لونه أبيض والذى يعتبر أحد صفات الجودة أو يهتم بها المستهلك .

من أنواع الجبن الأبيض الرئيسية الفتا Feta . يعتبر اليونان وبلغاريا والمجر من الدول الرئيسية المصدرة لهذه الجبن وقد دخلت الدنمراك حديثاً كمصدر رئيسى للمنتجات الناتجة من اللبن البقرى بأستخدام UF .

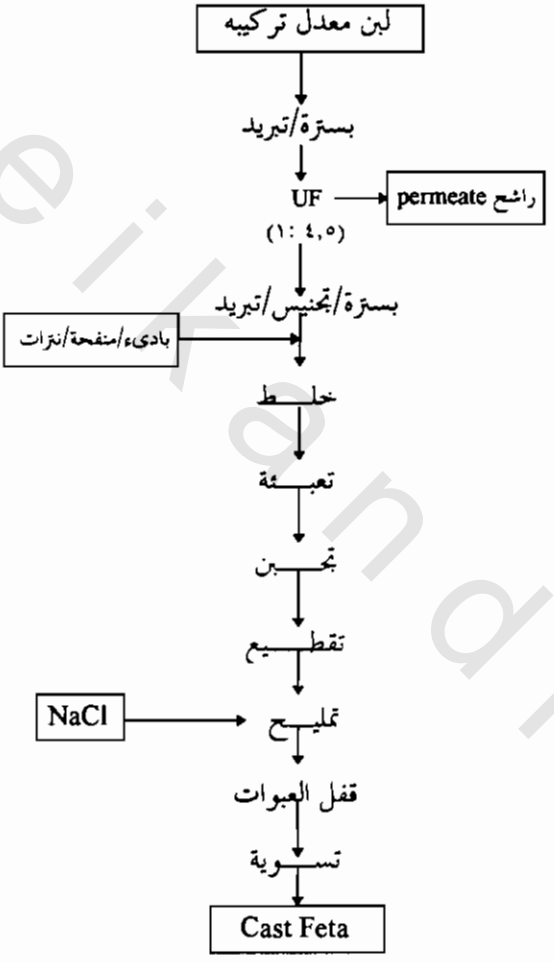
الطريقة التقليدية لصناعة هذه الجبن تتضمن تدفئة اللبن مع إضافة بادىء مناسب ومنفحة ثم تقطع الخثرة الناتجة ثم تترك الخثرة لتتجمع وتنكمش وتطرد الشرش ثم تقطع بعد ذلك إلى مكعبات وتغمر عادة فى محلول ملحى فى صفائح للتسوية والتخزين . تتميز هذه الجبن بتركيب مفتوح نوعاً ما وطعم ملحى يشوبه زناخة خفيفة .

عند استخدام UF فى هذه الجبن (شكل ٦-٨) يتم ترشيح اللبن بطريقة UF إلى نسبة تركيز حوالى ٤,٥ : ١ حيث يحتوى المركز على تركيب مماثل للجبن النهائى . تبلغ المادة الصلبة فى المركز حوالى ٣٥-٤٠٪ ، إضافة الملح يزيد من محتوى الجوامد إلى حوالى ٤٣٪ . يسخن المركز ويبرد ويضاف إليه البادىء والمنفحة والمواد الأخرى والتى تتضمن عادة النترات للحد من نمو البكتريا المتجرثمة . ثم تعبأ العلب بالمركز حيث يتم التجبن . تعتبر هذه الطريقة للإنتاج بسيطة عندما يتجبن مركز UF ، يحمض ويملح فى العبوات التى يسوق بها ، لذلك فإن معظم استخدام طريقة UF حتى الأن يتركز فى إنتاج جبن الفتا Feta .

جبن الفتا بأستخدام UF تكون مماثلة فى تركيبها للجبن التقليدى حيث تحتوى على ٦٠٪ رطوبة (حد أقصى) ، ٤٠٪ دهن فى المادة الجافة ، ٥٪ ملح (حد أقصى) ولكن

تختلف فى التركيب البنائى texture حيث لا تحتوى على فراغات وبالتالى يكون لها أحساس مختلف فى الفم ولكن المذاق متماثل بدرجة كبيرة .

يطلق على هذه الجبن ذات التركيب المقفول Cast Feta حيث أن هذه الجبن توضع مباشرة فى العبوة النهائية التى تسوق بها كما تتميز بتركيب متجانس .



شكل ٦-٨ : رسم تخطيطى لصناعة جبن Feta بطريقة UF

أرتفاع محتوى الملح وإضافة الليبيز قد يساعد على أخفاء كثير من عيوب الطعم المحتملة فى جبن Cast Feta مثل المرارة الناتجة من وجود الأملاح بدرجة زائدة . وجود

بروتينات الشرش يجعل الجبن أكثر نعومة فى التركيب مقارنة بالجبن التقليدى . ونظراً لأن هذا التركيب غير مقبول بصفة عامة فى بعض الدول مثل اليونان إلا أنه يحظى بقبول المستهلك فى كثير من دول الشرق الأوسط. نتيجة لتحلل البروتين أثناء التسوية فإن ذلك يؤدى إلى فقد مضطرد للنتروجين الذائب فى المحلول الملحى قد يصل إلى ١٥٪ من البروتين الكلى فى جبن الفتا الناتج بطريقة UF بعد ٣ شهور فى التخزين فى محلول ملحى ولكن تحلل البروتين يكون عادة على درجة كبيرة من الأهمية حيث أنه مسئول جزئياً عن درجة الأحساس بالنعومة فى الفم .

مزايا صناعة جبن الفتا بأستخدام UF تتلخص فيما يلى :

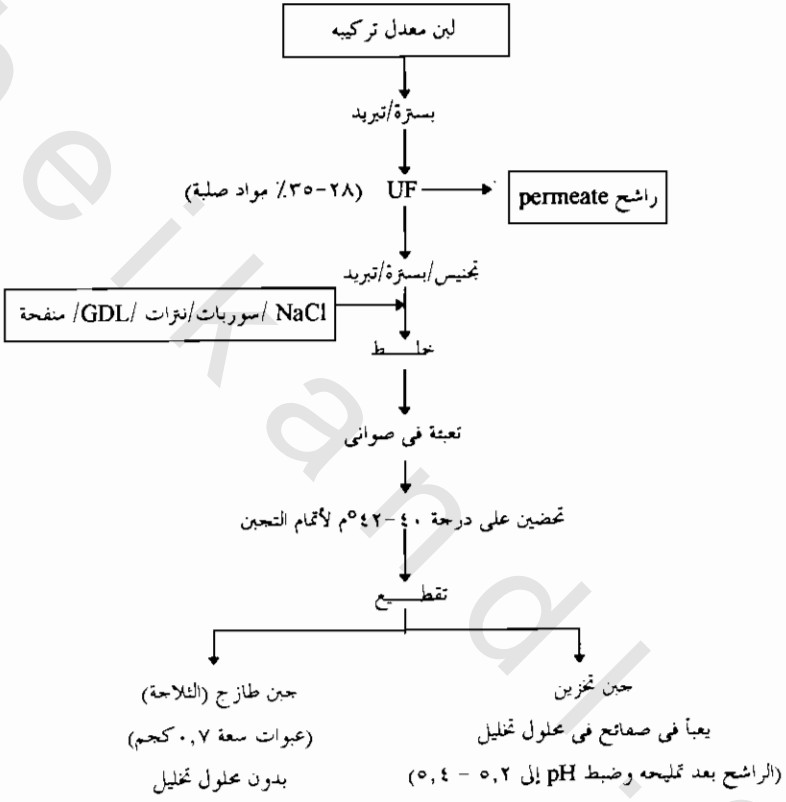
- زيادة محصول الجبن بحوالى ٢٥-٣٠٪ .
- تقليل كمية المنفحة بحوالى ٨٠٪ .
- لا يوجد فقد للدهن مع الشرش .

كما يمكن صناعة الجبن من لبن مركز جزئياً بأستخدام UF وفى هذه الطريقة يتم بسترة اللبن المعدل فيه نسبة الدهن ويجنس عموماً عند ١٨ MPa عند درجة ٦٠°م ويتم ترشيحه بأستخدام UF عند ٥٠°م . يحتوى المركز النهائى retentate على ٢٨,٥٪ جوامد كلية والذى يماثل معامل تركيز ٣ : ١ . يضاف الليبيز ، البادئ أو glucono-δ-lactone (GDL) إلى مركز UF ، الذى سبق تجنيسه عند ٥ MPa عند ٦٥°م ، ويسخن إلى درجة ٨٠°م لمدة ٦٠ ثانية ويبرد إلى ٣٤°م . بعد التخزين لفترة قصيرة فى خزان يضخ مركز UF إلى جهاز Alfa-Laval Alcurd or Pasilac حيث تخلط المنفحة جيداً ويتجبن مركز UF فى أنابيب . تزال الخثرة المتكونة من الأنابيب وتقطع وتشكل ويفصل الشرش (١٦-٢٤ ساعة عند ١٠-١٤°م) حتى ينخفض pH إلى ٤,٨ . عادة الناتج من هذه الطريقة يكون مماثلاً فى المظهر والتركيب للناتج بالطريقة التقليدية . تحقق هذه الطريقة زيادة فى المحصول تقدر بحوالى ١٤٪ على أساس الجوامد الكلية مقارنة بالطريقة التقليدية والتى تعتبر زيادة ضئيلة بالنسبة للزيادة التى تحققها الطريقة السابقة والتى تصل إلى ٣٠٪ لذلك فإن عدد قليل من المصانع تستخدم هذه الطريقة .

٥-٦-٤- الجبن الدمياطى

تم أستخدام UF فى إنتاج الجبن الدمياطى بأستخدام لبن مسترجع reconstituted milk . فى هذه الطريقة يتم ترشيح لبن فرز مسترجع (١٠٪ جوامد كلية) بأستخدام UF إلى معامل تركيز ٤ : ١ مع تجنيس المركز الناتج retentate مع دهن لبن نقى للحصول

على ١٠-١٢٪ دهن فى الناتج النهائى لإنتاج ما يعرف بالجبن ثم يضاف الملح لإنتاج ما يعرف بالجبن الأولى precheese بمعدل ٥٪ ، والبادىء بمعدل ٠,١٪ ، $CaCl_2$ ٠,٠٢٪ ، الليبيز ٤ جرام / ١٠٠ جرام والمنفحة . يتم تجبن اللبن المركز مباشرة فى علب معدنية أو عبوات من البلاستيك .



شكل ٧-٨ : رسم تخطيطى لصناعة الجبن الدمياطى بطريقة UF

كما تم إنتاج جبن دمياطى من لبن تم تركيزه بأستخدام UF إلى معامل تركيز ٤ (٣٤٪ مواد صلبة) . كمية المنفحة المضافة أنخفضت بحوالى ٩٠٪ وزاد محصول الجبن بحوالى ٢٠٪ وكان صفات الجبن الناتج مماثلة للجبن الناتج بالطريقة التقليدية . عند صناعة جبن دمياطى من اللبن الجاموسى بأستخدام UF كان الجبن الناتج أكثر طراوة عن الجبن التقليدى والطعم مماثل لطعم الجبن كامل التسوية مع حموضة أعلا بدرجة طفيفة . كما تم إنتاج جبن دمياطى من خلط لبن مسترجع مركز بأستخدام UF مع قشدة حدث لها تحلل

للدهن نتيجة إضافة أنزيم ليبيز كما تم أستخدام UF فى صناعة جبن القريش بالتجبن الحامضى بإضافة بادئ ووجد أن جبن القريش الناتج بطريقة UF (معامل تركيز ٦ : ١) كانت مماثلة فى الجودة الحسية للجبن التقليدى مع زيادة فى محصول الجبن وأختصار مدة التصنيع بحوالى ٤٠٪ . كما وجد أخرون أن جبن قريش UF أعلا فى الرطوبة ، البروتين ، الدهن ، النتروجين الذائب ، NPN والأحماض الأمينية الحرة والأحماض الدهنية الحرة وكذلك pH مقارنة بالجبن الناتج بالطريقة التقليدية بالإضافة إلى أن الصفات الحسية لهذه الجبن كانت أفضل .

ويتم حالياً صناعة الجبن الدمياطى بأستخدام UF فى مصانع الألبان فى مصر (شكل ٧-٨) حيث يتم تعديل تركيب اللبن إلى ٣,٥٪ دهن ، ٨,٢٪ جوامد لا دهنية ثم البسترة على درجة ٨٥°م لمدة ١٥ ثانية . يتم تركيز اللبن عند درجة ٥٠-٥٥°م بواسطة UF إلى ٣٥٪ مواد صلبة (٢٨٪ مواد صلبة فى حالة جبن الثلاجة) ثم يجنس المركز ويبستر مرة أخرى ثم تضاف إلى المركز الملح بنسبة ٣-٥٪ (٣٪ فى الجبن الطازج (الثلاجة) ، ٥٪ فى جبن التخزين) مع السوربات (٦٠جم/طن) ، GDL (حوالى ١٪) وقد يضاف نترات البوتاسيوم ثم تضاف المنفحة (مايعادل ٢٠٪ من كمية المنفحة المستخدمة فى الطريقة التقليدية) . بعد الخلط الجيد يعبأ المركز فى صوانى ويتم أدخالها إلى الحضانة على درجة ٤٠-٤٢°م حيث تم التجبن فى مدة ١-١,٥ ساعة . تبرد الخثرة بعد ذلك إلى درجة ٥-١٠°م خلال ٧-٨ ساعات ثم تقطع وتعبأ فى صفائح فى محلول تخليل راشح UF بعد معاملته حرارياً وإضافة الملح ٨-١٠٪ بحيث يكون تركيز الملح فى محلول التخليل معادل لتركيزه فى مصل الجبن مع ضبط pH إلى ٥,٢-٥,٤) وذلك فى حالة جبن التخزين أو تقطع وتعبأ فى عبوات بلاستيكية سعة ٠,٧ - ١ كجم للجبن الطازج . فى بعض مصانع القطاع الخاص والإستثمارى يتم تعبئة المركز بعد إضافة المنفحة فى عبوات تتراباك tetrapak حيث يتم التجبن وتسوق الجبن فى هذه العبوات . تتميز هذه الطريقة بأرتفاع محصول الجبن حيث تبلغ الزيادة أكثر من ٢٠٪ مقارنة بالطريقة التقليدية بالإضافة إلى المزايا الأخرى السابق ذكرها فى صناعة الجبن بأستخدام UF

٥-٦-٥- جبن الموزاريلا Mozzarella

وهو نوع من الجبن الأيطالية من أنواع الخثرة البلاستكية pasta filata وهى جبن طازجة نصف جافة وتصنع معظم هذه الجبن حالياً من اللبن البقرى وكانت تصنع فيما قبل من لبن جاموسى وتستخدم بدرجة كبيرة فى صناعة البيتزا .

تقسم جبن الموزاريلا إلى نوعين طبقاً للمواصفات الأمريكية :

- جبن مرتفعة الرطوبة . تحتوى على ٥٢-٦٠٪ رطوبة ، ٣٠٪ أو أعلا دهن فى المادة الجافة .
- جبن منخفض الرطوبة . تحتوى على ٤٥-٥٢٪ رطوبة ، ٣٠٪ أو أعلا دهن فى المادة الجافة.

عند إنتاج النوع الأول من الجبن بأستخدام UF يتم فرز اللبن الكامل إلى لبن فرز وقشدة بلاستيكية تحتوى على ٧٦٪ دهن . يتم تحميض اللبن الفرز بإضافة حمض الخليك إلى pH ٦,٠ لإزالة الكالسيوم ثم يتم ترشيحه باستخدام UF ويخلط المركز الناتج retentate مع القشدة البلاستيكية لإنتاج جبن أولى precheese يحتوى على حوالى ٢٠٪ دهن ، ٢٨٪ بروتين . تلقح الجبن بباديء محب للدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic starter مع إضافة المنفحة مباشرة قبل دخول اللبن وحدة التجبن . يتم بعد ذلك تسخين وعجن وتشكيل وتمليح الخثرة (تمليح رطب) . تعتمد طريقة إنتاج جبن موزاريلا منخفضة الرطوبة على أستخدام مركز يحتوى على ٥٠-٥٣٪ مواد صلبة.

٥-٦-٦- جبن الريكوتا Ricotta

جبن غير مسواه يصنع على نطاق واسع فى ايطاليا واليونان وغالباً ما يتم أنتاجه بغليان شرش الجبن الحامضى من لبن الغنم . ومع ذلك فى الولايات المتحدة والأرجنتين تصنع جبن الريكوتا من لبن البقر فقط الذى قد يكون كاملاً أو تم فرزه جزئياً أو لبن كامل مخلوط مع شرش .

إذا أستخدمت UF فى صناعة جبن الريكوتا ، يتم بسترة اللبن المعدل أو مخلوط اللبن والشرش ويركز بأستخدام UF للحصول على التركيز المناسب . يسخن المركز إلى ٨٠°م ، يضاف الحامض حيث يتكون التركيب البنائى للجبن . بعد التبريد تعبأ الجبن . تتميز هذه الطريقة بعدة مزايا :

- لا يوجد فقد فى الناتج .
- صفات جودة موحدة ومرتفعة فى الناتج .
- طريقة صناعة مستمرة .
- تكاليف الطاقة أقل .
- مدة حفظ طويلة .

يمكن إنتاج ٢٧ كجم جبن ريكوتا UF من ١٠٠ كجم لبن . تحتوى هذه الجبن على

٢٩,٤٪ جوامد كلية ، ١٢,٦٪ دهن ، ١٣,٧٪ بروتين ، ١,٢٪ رماد ، pH ٥,٩.

٥-٦-٧- جبن قشدة Cream cheese

توجد أنواع مختلفة من القشدة مختلفة فى محتواها من الدهن والمادة الجافة ولكن جبن القشدة المألوفة تحتوى على ٤٥٪ جوامد كلية ، ٧٠٪ دهن فى المادة الجافة . هناك طريقتان لصناعة هذه الجبن بأستخدام UF :

الطريقة الأولى : يركز اللبن الفرز بأستخدام UF عند حوالى ٥٠°م للوصول إلى ٢٧,٦٪ جوامد كحد أقصى . يضاف القشدة (٦٧-٦٩٪ دهن) إلى المركز كما يضاف permeate أو ماء لتعديل تركيب المخلوط إلى تركيب جبن القشدة طبقاً للمواصفات ثم يلقح ببادىء بكتريا حمض اللاكتيك وبعد تمام التخمر يضاف الملح والمثبتات . يسخن الناتج لدرجة ٥٤°م ، ثم يجنس ويعبأ ساخناً . وقد أقترح تركيز اللبن بأستخدام UF إلى معامل تركيز ٤,٧ : ١ مع خلط المركز بقشدة مركزة تحتوى على ٧٠٪ دهن .

الطريقة الثانية : عندما تستخدم القشدة يتم تعديل نسبة الدهن إلى ١٠٪ ثم تبستر وتحمض إلى pH ٤,٦ ثم تركز بأستخدام UF إلى التركيب النهائى وأخيراً تعبأ وتبرد .

يمكن الحصول على ٤٢,١ كجم من جبن قشدة من ١٠٠ كجم لبن فرز مضاف إليها ٣٨ كجم قشدة ٤٠٪ دهن . تحتوى جبن القشدة على ٤٨,٤٪ جوامد كلية ٩,١٪ بروتين ، ٣٥,٣٪ دهن . جبن القشدة الناتجة بأستخدام UF مماثلة لجبن القشدة التقليدية ولكن تحتوى على رماد أعلا (٣,٧ مقابل ٢,٧٪ فى المادة الجافة) ولاكتوز أقل (٥,٦ مقابل ٨,٦٪ فى المادة الجافة) . محتوى Na ، K متماثل ، بينما قيم Ca ، P مرتفعة فى جبن UF (٠,١٤ مقابل ٠,٠٦٪ ، ٠,١٢ مقابل ٠,٠٩٪ على التوالى) .

٥-٦-٨- الجبن المعرقة بالفطر Blue cheese

يتم إنتاج جبن Danablue ، جبن دنماركية معرقة بالفطر ، بأستخدام UF حيث يتم تعديل تركيب اللبن ويبستر ويجنس قبل تركيزه بطريقة UF إلى ٤٠٪ جوامد كلية . يضاف الفطر ، البادىء والمنفحة إلى المركز retentate ثم يوضع المخلوط فى وحدة التجبن المستمر continuous coagulator . بعد التجبن يقطع المركز قطع صغيرة وتعبأ فى القوالب . بعد صرف كمية قليلة من الشرش تملح الجبن بملح جاف ، تمليح رطب ، تثقيب ، تسوى ثم تعبأ . هذه الطريقة تسمح بإنتاج مستمر للجبن . يحتوى الجبن الناتج على ٥٥٪ جوامد كلية ٥٠٪ دهن فى المادة الجافة . الصفات الحسية فى جبن UF مماثلة للجبن التقليدى بينما وجد آخرون أن الصفات كانت غير متماثلة حيث كانت صفات

الجبن التقليدية أفضل .

٥-٦-٩- جبن نصف جافة Semi-hard cheese

عندما يستخدم UF فى صناعة الجبن النصف جافة والجبن الجافة فإنه من الصعب الوصول إلى تركيز الجوامد الكلية والبروتين فى الجبن الأولية precheese إلى المستوى الموجود فى الناتج النهائى. عموماً فإنه من الصعب تركيز اللبن بأستخدام UF إلى مثل هذا التركيز المرتفع من المواد الصلبة لذلك فإن استخدام UF فى إنتاج الجبن الجافة والنصف جافة غالباً ما تؤدى إلى إنتاج جبن منخفضة الجودة وتختلف عن الجبن الناتجة بالطرق التقليدية ومع ذلك فإن هناك بعض الأجراءات التى يمكن أستخدامها للتغلب على هذه المشكلة :

١. يمكن زيادة المادة الجافة فى مركز UF بالتبخير للوصول إلى مستوى المادة الجافة فى الجبن .
٢. تسخين مركز UF لدنترة بروتينات الشرش وتكوين معقد مع الكازينات وبذلك يحتجز بروتينات الشرش فى الخثرة ولا يفقد فى الشرش .
٣. استخدام الأغشية المعدنية mineral membranes التى تسمح بتركيز اللبن إلى محتوى بروتين أعلا.
٤. إضافة مركز بروتين شرش مجفف أو مركز لبن كامل إلى مركز UF قد يساهم فى زيادة محتوى البروتين إلى التركيز المرغوب .

أجريت عدة تجارب على استخدام مركزات UF بنسبة تركيز تصل إلى ٥ : ١ فى صناعة جبن Havarti وهى جبن دنماركية نصف طرية تحتوى تقريباً على ٢٦٪ دهن ، ٥٦٪ جوامد . نظراً لأرتفاع القدرة التنظيمية لمركزات UF فإنه يستخدم كمية أكبر من البادىء عن الطريقة التقليدية كما أن طعم جبن UF مماثل لطعم الجبن التقليدى ومع ذلك كان التركيب أكثر طراوة والقدرة على الأنصهار ضعيفة .

جبن الجودا الناتجة من مركزات UF (٥ : ١) كانت مماثلة لجبن المقارنة الناتج من لبن طبيعى من حيث الرطوبة والصلابة وتحليل البروتين كما كان هناك توفير فى تكاليف المنفحة تصل إلى ٣٣٪ كما أمكن الأسراع من تسوية الجبن وظهور الطعم المميز بأستخدام أنزيم فى كبسولات ليبوسوم أو خلايا *Lb.helvticus* المعاملة بصدمة حرارية .

٥-٦-١٠- جبن جافة Hard cheese

صناعة أنواع من الجبن الجافة بأستخدام UF محدودة جداً نظراً لأنه من الصعب

الوصول إلى محتوى المادة الجافة فى الجبن فى مركز UF لذلك فإنه ما زال يحدث طرد للشرش مع فقد لبروتينات الشرش مع الشرش . وقد أجريت محاولات كثيرة لصناعة جبن التشدر بأستخدام UF ومن هذه المحاولات:

١. تركيز الشرش بأستخدام UF إلى محتوى من الجوامد الكلية يتراوح بين ٩,٨ - ٢٠,٣٪ (٤,٣ - ٧,١٪ بروتين) ثم يسخن لدرجة ٧٥°م لمدة ٣٠ دقيقة . إضافة هذا المركز إلى لبن الجبن يؤدى إلى زيادة محصول الجبن بحوالى ٤٪ عند مستوى ثابت من الرطوبة .

٢. تدعيم لبن الجبن بإضافة مركز لبن كامل ناتج بأستخدام UF ومعامل تركيز ٤,٥ : ١ بمعدل يختلف من ١ : ١ ، ١,٩ : ١ بروتين كلى وذلك لصناعة جبن تشدر . وقد وجد أن أفضل جودة للجبن الناتج تم الحصول عليه بتدعيم اللبن إلى ١,٧ : ١ بروتين كلى .

٣. يمكن إنتاج جبن تشدر أيضاً من لبن مجفف مسترجع UF ولكن مستوى تحلل البروتين يكون أقل من الجبن المصنع بالطريقة التقليدية .

لا يوجد فرق كبير فى التركيب الكيماوى للجبن التشدر الناتجة بالطريقة التقليدية وجبن UF حيث كانت الرطوبة ٣٧,٥٪ مقابل ٣٦,٩٪ ، الدهن ٣٢,٤٪ مقابل ٣٠,٧٪ ما عدا البروتين كان ٢٣,٩ مقابل ٢٧,٧٪ .كما تم صناعة جبن جافة أخرى مثل بعض أنواع من جبن التشدر والجبن السويسرية مثل الأمينتال والرأس على نطاق تجريبى .

كما تم إنتاج جبن تشدر بأستخدام UF على مستوى صناعى بطريقة تعرف بـ " APV- Siro Curd". بدأت هذه الطريقة فى أستراليا ويوجد حالياً مصنع على مستوى تجارى فى استراليا وفى ولاية منيسونا (الولايات المتحدة الأمريكية) حيث يوجد مصنع فى هذه الولاية يقوم بالتعامل مع حوالى ٨٠٠,٠٠٠ كجم لبن يومياً ويشغل هذا المصنع مساحة ١٢,٠٠٠ م^{٢} .

طريقة APV-Siro Curd طريقة مستمرة لصناعة الجبن تستخدم معدات لتجبن اللبن وأخرى لطرد الشرش والتى تحل محل أحواض الجبن التقليدية . يركز اللبن بأستخدام UF إلى ٤٠-٤٥٪ جوامد كلية عند ٥٠-٥٥°م . يعدل محتوى اللبن من الكالسيوم واللاكتوز بطريقة diafiltration . يتم تخمير جزء قليل من المركز retentate بإضافة بادىء بكتريا حمض اللاكتيك إلى pH ٥,٤ ، والذى يستخدم كبادىء إضافة bulk starter فى صناعة الجبن حيث يضاف إلى باقى المركز بنسبة ١٠-١٢٪ . عند pH ٦,٣-٦,٥ تضبط درجة

الحرارة إلى ٣٠-٣٥°م وتضاف المنفحة . يضخ المخلوط إلى الجزء الأسطوانى الخاص بالتجبن rennet coagulator drum والذى يتكون من ٦ براميل barrels ، يبلغ طول كل منها أكثر من ٦ متر حيث تتكون الخثرة فى مدة ١٤-١٨ دقيقة (وهى المدة التى يستخدمها المخلوط فى المرور خلال هذه البراميل). تقطع الخثرة عند خروجها من هذه البراميل إلى مكعبات وتنقل إلى أسطوانات دائرية كبيرة حيث تسخن إلى درجة ٣٨°م . يبلغ مدة الحجز فى الأسطوانتين ٤٨-٥٢ دقيقة . بعد الوصول إلى pH المناسب تنقل الخثرة إلى جهاز فصل الشرش ، حيث تجمع الخثرة وتتم عملية الشدرنة بطريقة مستمرة ، يتم تجميع الخثرة فى حوالى ١١٠ دقيقة . تطحن الخثرة بعد ذلك وتملح وتكبس ثم تعبأ . تبلغ الزيادة فى المحصول الناتج حوالى ٦-٨٪ ويكون تركيب وجودة الجبن الناتج موحدة. طريقة الصناعة بهذه الطريقة مستمرة وتعمل بطريقة أتوماتيكية كاملة .

٥-٦-١١- الجبن المطبوخة Processed cheese

من الصعب صناعة جبن مطبوخة بالطريقة التقليدية مباشرة من جبن جافة ونصف جافة UF حيث أن هناك أختلافات فى الصفات بين جبن UF والجبن التقليدية . الجبن التقليدية تنضهر بينما جبن UF تنضهر بدرجة بسيطة وذلك نتيجة لأرتفاع محتوى الكالسيوم فى جبن الجبن الأخيرة . استخدام UF فى صناعة الجبن المطبوخ يعتمد على أنتاج cheese base الذى يعتبر إنتاجاً جديداً تماماً ويتم إنتاجه بهدف أحلال جبن التشدر أو أنواع أخرى أحلالاً جزئياً أو كلياً فى إنتاج الجبن المطبوخة ومفرود الجبن المطبوخ cheese spreads .

يجب أن يحتوى cheese base على ٥٨-٦٢٪ جوامد كلية ، ٤٥-٥٠٪ دهن فى المادة الجافة وأن يكون pH ٥,٢ . يركز اللبن المعدل بواسطة UF إلى ٤٠٪ جوامد كلية ويجب تخفيض محتوى اللاكتوز بواسطة diafiltration إلى مستوى معين والذى يضمن أن زيادة الحموضة بعد ذلك تقف عند pH ٥,٢ . يضاف الملح والبادىء للمركز وعندما يصل pH إلى ٦,٤ يركز المركز retentate بدرجة أكبر فى جهاز تركيز خاص إلى المستوى المرغوب من الجوامد الكلية . يعبأ الناتج فى العبوات عندما تصل الحموضة إلى pH ٥,٢ وبذلك يزيد محصول الجبن المطبوخة بحوالى ١٦٪ .وقد وجد أن cheese base الناتج بهذه الطريقة يكون مماثلاً فى pH والتركيب الأجمالى لجبن التشدر كما يتميز بطعم وقوة حفظ جيدين ولكنه خال من صفات القوام والتركيب المميزة لجبن التشدر .

عادة تتكون الجبن المطبوخ أساساً من محلول من بروتينات /ببيتدات ذائبة مع مظهر

الفصل التاسع

سلامة الجبن
Cheese safety

١- مقدمة

١-١- الأمراض المنقولة عن طريق الغذاء

نمو ومقاومة البكتريا فى الأغذية وخاصة فى منتجات الألبان مثل الجبن تعرضت لدراسة واسعة ومع ذلك فإن التباين فى العادات الغذائية واستخدام تكنولوجيات جديدة لإنتاج جبن منخفض فى الدهن low-fat cheeses وفى الكوليسترول cholesterol والطاقة الحرارية caloric content قد يخلق ظروف تجعل الجبن غير مأمون ميكروبيولوجيا للأستهلاك الآدمى . ولضمان سلامة المنتجات بصورة كاملة فإنه يجب التعرف على الأضرار المحتملة من حيث أسباب ومواقع حدوثها والتغلب عليها .

الأمراض أو العدوى المنقولة عن طريق الغذاء تكون نتيجة مباشرة لنمو ومقاومة البكتريا غير المرغوبة فى الغذاء ويمكن تقسيمها إلى تسمم غذائى بالتوكسين food intoxiction ، تسمم غذائى بالعدوى food infection أو عدوى التسمم الغذائى food texicoinfiection . يعرف النوع الأول بالتسمم الغذائى الحقيقى ويكون عادة نتيجة مباشرة لتناول غذاء يحتوى على سموم (توكسين) ناتج من خلال نمو البكتريا فى الغذاء . وقد يوجد السم فى الغذاء بالرغم من أن الميكروب المنتج لهذه السموم يكون قد مات .وجود السموم فى الأغذية يتوقف على وجود البكتريا فى الغذاء ، وصالحية الغذاء لنمو البكتريا ، قدرة البكتريا على النمو بأعداد كبيرة فى الغذاء ، أنتاج السموم خلال مرحلة نمو البكتريا ، تناول الغذاء وحساسية المستهلك لفعل السموم . يتضمن التسمم الغذائى *Bacillus* spp. ، *Clostridium botulinum* ، *Staphylocsccus* spp. وهذه البكتريا مسئولة عن الأمراض الناتجة من تناول جبن فى أروبافى الفترة ١٩٧١ - ١٩٨٧ .

عند تناول الأغذية المحتوية على بكتريا مرضية pathogenic bacteria التى تكون

على الأعراض symptoms الناتجة " عدوى التسمم الغذائى food infection " . مرة أخرى يجب أن يوجد الميكروب فى الغذاء وأن الظروف تكون مناسبة لبقاء الميكروب حياً بالرغم من أنه قد ينمو أو لا ينمو ، فإن الغذاء يجب أن يستهلك والميكروب يجب أن يكون قادراً على أن يعيش فى القناة الهضمية وينمو وأن يكون العائل حساساً لنشاط الميكروب . وفى هذا النوع من عدوى الأغذية فإن أعداد الميكروبات المسببة غالباً ما تكون منخفضة جداً وفى بعض الأحيان قد تصل إلى خلية واحدة لكل جرام من الغذاء . البكتريا المسئولة عن عدوى الأغذية هى , *Campylobacter* , *Salmonella* , *Shigella* *Vibrio vulnificus* , *Vibrio parahaemplyticus* , *Yersina* , *Listeria* وبعض هذه البكتريا مسئولة عن الأمراض الناتجة نتيجة تناول الجبن فى أروبا والولايات المتحدة .

النوع الثالث من الأمراض الناتجة عن طريق الغذاء يحدث بصفة أساسية نتيجة مشاركة عدوى الغذاء وتسمم الغذائى ويطلق عليه " food toxicoinfection " عدوى التسمم الغذائى " . توجد البكتريا المسئولة بإعداد كبيرة فى الغذاء ويتناول هذا الغذاء بواسطة العائل ، تستمر البكتريا فى النمو فى القناة الهضمية حيث يفرز السم وبالتالى تظهر أعراض المرض . مرة أخرى فأن البكتريا يجب أن توجد فى الغذاء وتنمو (والذى يعتمد على صالحية الغذاء) وتصل إلى أعداد كبيرة (10^6/جرام) ويجب أن يتناول العائل الغذاء وأن تنمو البكتريا فى القناة الهضمية وتفرز السم والعائل يكون حساسا لهذا السم وميكروبات Enterotoxigenic *E.coli* , *Vibrio cholerae* , *C.perfringens* أمثلة للميكروبات المسئولة عن هذا النوع من عدوى التسمم الغذائى food taxicoinfection . بكتريا Enteropathogenic *E.coli* كانت مسئولة عن حدوث أكثر من ٧٣٧ حالة عدوى تسمم عن طريق الغذاء فى أروبا فى الفترة من ١٩٧١ - ١٩٨٧ .

بالرغم من أن عديد من أنواع الأغذية مثل الأسماك واللحوم ومنتجاتها والفواكه والخضروات والدواجن واللبن ومنتجاته والمخبوزات والمشروبات الغازية قد شاركت فى حدوث عدوى التسمم فإنه سوف نركز هنا على تلوث الجبن بالميكروبات . كما أن كثير من حالات عدوى التسمم الناتجة عن طريق الغذاء فى الولايات المتحدة وكندا وأروبا يرجع بصفة رئيسية إلى تناول الجبن الطرية مثل البراى ، والكممبير وكذلك جبن التشدر .

يكون الجبن جزءاً هاماً فى الوجبات الغذائية اليومية لكثير من الأفراد وحالياً فإن تناول الجبن سواء فى المطاعم ، المنزل ، الكافيتريات ، المدارس والمعسكرات فى صور مختلفة تعتبر الأساس فى تغطية إحتياجات كل من الأطفال والبالغين من البروتين ونظراً للأهمية الغذائية للجبن فإنه من الضرورى أختبار أهمية اللبن كمصدر لتلوث الجبن

بالميكروبات .

١-٢- اللبن كمصدر للأمراض المنقولة عن طريق الغذاء

من المعروف أن اللبن من الأغذية القريبة من الكمال غذائياً حيث أن جميع الدهن والكالسيوم والفوسفور والريبوفلافين ونصف البروتين وثلث الثيامين ، حمض السوربيك فيتامين A وربع الطاقة الحرارية ومعظم المعادن يمكن تغطيتها من تناول لتر واحد من اللبن البقرى يومياً ومع ذلك فإن اللبن من السهل أن يصبح ملوثاً بالبكتريا والذى يعتبر بيئة جيدة لنمو كثير من أنواع البكتريا .

١-٢-١- الميكروبات فى اللبن

تؤثر عدة عوامل على الميكروبات الموجودة فى اللبن عند خروجه من الضرع . الماشية السليمة الخالية من الأمراض ضرورية لإنتاج لبن مأمون safe milk . وقد توجد الميكروبات المرضية فى اللبن الناتج من مواشى مريضة والتى لم تكتشف إلا بعد ظهور أعراض المرض عليها . وتناول هذا اللبن الملوث بواسطة الأنسان قد يؤدى إلى إصابة الانسان بالعدوى .

أ- صحة الحيوان

بكتريا *Mycobacterium bovis* المسبب لمرض السل البقرى bovine tuberculosis الذى يمكن أن ينتقل إلى الإنسان عن طريق تناول لبن الحيوان المصاب وغالباً 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 أختبار tuberculin test فى الكشف عن الحيوانات المصابة.

بكتريا *Brucella abortus* قد يصيب البقر ويسبب مرض الأجهاض المعدى للحيوان abortion ومرض الحمى المتموجة undulant fever فى الأنسان البالغ والذى يصاب من خلال تناول لبن الحيوان المصاب أو عن طريق الجروح فى أيدى العمال الذين يتعاملون مع القطيع المصاب . ويستخدم أختبار الحلقة ring test أو agglutination أو الأثنين معاً على سيرم دم الحيوان للكشف عن المرض .

ب- إصابة الضرع بالأمراض

يعتبر ضرع الحيوان من مصادر تلوث اللبن . يسبب مرض ألتهاب الضرع mastitis بكتريا *Streptococcus agalactiae* وهو غير مرضى للأنسان أو بكتريا *S.pyogenes* أو *Staphylococcus aureus* وكلاهما يمكن أن يصيب الأنسان. السم الذى يفرزه

S.aureus مقاوم الحرارة ولا يمكن أتلافه بالبسترة فإذا وجد هذا الميكروب فى اللبن وترك وقتاً كافياً فإنه ينمو فى اللبن مع إنتاج السم toxin وقد يتعرض الإنسان لأعراض التسمم الغذائى عند تناول هذا اللبن الملوث . توجد ميكروبات أخرى تشارك فى حدوث مرض التهاب الضرع فى الماشية وتشمل *S.uberis* , *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* , *S.dysgalactiae* . يدخل الميكروب المسبب للمرض إلى الضرع عن طريق فتحة الحلمات . تتضمن طرق الوقاية من المرض تطهير الحلمات بعد عملية الحلب بأستخدام مطهر مبيد للبكتريا bacteriocide ، مواد مطهرة ومعقمة للماكينات الحلب وكذلك العلاج بالمضادات الحيوية للحيوانات المصابة.

جـ طرق رعاية الحيوان

الوقاية من المرض وعزل وعلاج الحيوانات المصابة والرعاية البيطرية وتحصين الماشية تعتبر جزءاً من طرق الرعاية التى تضمن وجود قطيع سليم خال من الأمراض healthy herd . يجب أن يبدأ العامل فى الأسطبل بتوفير الفرشة النظيفة والعليقة السليمة والنظيفة للحيوانات. والنظافة المستمرة للحيوانات والتخلص من الفضلات ضرورية لمنع حدوث عدوى للقطيع وتنظيف وتعقيم أدوات وخطوط وخزانات حفظ اللبن يؤدى إلى تقليل أحتمال تلوث اللبن بالميكروبات.

١-٢-٢- دور البسترة فى السيطرة على الميكروبات فى اللبن

أ- أسس بسترة اللبن

بسترة اللبن تعنى تسخين كل جزىء فى اللبن أو منتجات الألبان فى معدات مصممة وتعمل بطريقة ملاءمة إلى درجة حرارة معينة مع حجز اللبن بصفة مستمرة عند هذه الدرجة أو أعلا منها مدة لا تقل عن وقت معين كما يتضح فى الجدول التالى :

درجة الحرارة	الوقت
٦٣°م (١٤٥° ف)	٣٠ دقيقة
٧٢°م (١٦١° ف)	١٥ ثانية
٨٩°م (١٩١° ف)	١,٠ ثانية
٩٦°م (٢٠٤° ف)	٠,٠٥ ثانية
١٠٠°م (٢١٢° ف)	٠,٠١ ثانية

فإذا كانت مكونات اللبن تحتوى على نسبة دهن ١٠٪ أو أعلا أو إذا كان يحتوى

على مواد تحلية مضافة فإن درجة الحرارة يجب أن ترتفع ٣°م (٥° ف) وهذه المعاملات الحرارية (درجة حرارة/ وقت) متكافئة فى قدرتها على القضاء على الميكروبات .

الهدف من عملية البسترة هو القضاء على الميكروبات المرضية التى قد توجد فى اللبن وتحسين قوة حفظ اللبن . وقد بنيت فكرة البسترة على أساس الدراسات المبكرة التى تمت فى الفترة من ١٨٦٠ - ١٨٦٤ بواسطة العالم لويس باستير الذى عرض فيها أن التخمرات غير الطبيعية للخمور يمكن السيطرة عليها بالتسخين لدرجة ٥٧,٢°م (١٣٥°ف) لمدة عدة دقائق واستخدام هذه الفكرة فى اللبن بعد عدة سنوات من هذه المحاولة أدى إلى طرق بسترة اللبن التالية :

- بسترة لدرجة حرارة منخفضة ولوقت طويل (LTLT) حيث تستخدم درجة حرارة ٦٣°م (١٤٥°ف) لمدة ٣٠ دقيقة .
- بسترة لدرجة حرارة مرتفعة ولوقت قصير (HTST) حيث تستخدم درجة حرارة ٧٢°م (١٦١°ف) لمدة ١٥ ثانية .

وقد تمت دراسات كثيرة على بكتريا *Mycobacterium tuberculosis* التى تتميز بمقاومتها للحرارة وفيما بعد وجد أن *Coxilla burnetti* أكثر مقاومة للحرارة من ميكروب السل السابق وبالتالى فإن الأجهزة المستخدمة حالياً قد صممت على أساس القضاء على *Coxilla burnetti* والذى يسبب حمى Q فى الإنسان .

ب- أتلاف الأنزيمات

يحتوى اللبن على عدد كبير من الأنزيمات الطبيعية بالإضافة إلى أنواع أخرى قد تنتج فى اللبن أو منتجات اللبن بواسطة الميكروبات الملوثة . تعتبر هذه الأنزيمات على جانب كبير من الأهمية نظراً لقدرتها على أحداث بعض التغييرات فى مكونات اللبن مع ظهور تعديل فى الرائحة والطعم والمظهر والتى تستخدم أيضاً كدلائل على الجودة او تأكيد على كفاءة معاملة الناتج . الفوسفاتيز القلوى alkaline phosphatase والذى يوجد فى اللبن الخام ، وبصفة خاصة فى الجزئيات الدقيقة المدمصة على حبيبات الدهن ، يتلف تماماً بالتسخين للحد الأدنى لدرجات الحرارة والوقت المستخدم فى البسترة حيث أن الأنخفاض الضئيل سواء فى درجة الحرارة أو الوقت يؤدى إلى وجود بقايا من الأنزيم على حالة نشطة . يدل وجود نشاط لأنزيم الفوسفاتيز القلوى فى اللبن بعد البسترة على عدم كفاءة عملية البسترة أو التلوث باللبن الخام بعد عملية البسترة .

يعتبر أنزيم ليبيز اللبن من أهم الأنزيمات الطبيعية الموجودة فى اللبن من حيث القدرة

على أحداث تغيرات غير مرغوبة فى الطعم ويتلف هذا الأنزيم تماما بالبسترة .

١-٢-٣- سلامة الجبن المصنوعة من اللبن الخام المبستر

قد توجد بعض الميكروبات المرضية فى اللبن المستخدم فى صناعة الجبن وقد أدخلت بعض التشريعات فى الولايات المتحدة فى عام ١٩٤٤ التى تشير إلى ضرورة حفظ الجبن الناتجة من اللبن الخام لمدة ٦٠ يوم بعد الأنتاج وقبل عرضها فى الأسواق للأستهلاك . وقد صدرت ٣٩ مواصفة للجبن الطبيعية أى المصنوعة من اللبن عن طريق FDA فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٩٤٩ والتى تشترط أختيارين لأنتاج جبن مأمون صحياً : (١) بسترة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن أو (٢) حفظ الجبن الناتج على درجة ٢°م (٣٥° ف) لمدة لا تقل عن ٦٠ يوم .

الجبن الناتجة من اللبن الخام غير مأمونة صحياً وتمثل خطورة على الصحة العامة وبالرغم من أن هذه الجبن من الضرورى حجزها لمدة ٦٠ يوم والتى قد تصبح بعدها خالية من الميكروبات غير المرغوبة فإن هذه الميكروبات قد تنتج سموم والتى تبقى فى الناتج مما يسبب بعض المخاطر الصحية للمستهلك . المراقبة الدقيقة للـpH ونشاط البادىء يساعد على تثبيط نمو وإنتاج 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 يعرض سلامة الجبن المصنوعة من لبن مبستر للخطر.

٢- السموم الفطرية فى الجبن

السموم (التوكسينات) الفطرية mycotoxins هى مواد أيض الفطريات التى تنتج أثناء النمو على المواد الغذائية بما فيها الحبوب ، المكسرات ، البذور الزيتية والتى يمكن أن تستخدم كأعلاف لماشية اللبن . من السموم الفطرية المعروفة الأفلاتوكسين aflatoxin وهو ناتج لعمليات الأيض الطبيعية لفطر *A.parasiticus, Aspergillus flavus* والأكثر أهمية والذى قد يسبب سرطان الكبد خاصة أفلاتوكسين B_1 ، *فاذا* تناولت ماشية اللبن عليقة ملوثة بالأفلاتوكسين B_1 (الأكثر أنتشاراً فى العلائق) فان هذا التوكسين يتحول إلى مشتق مسرطن M_1 الذى ينتقل إلى اللبن وإذا ما أستعمل مثل هذا اللبن فى تصنيع الجبن فان الأفلاتوكسين M_1 يبقى فى الناتج . المستوى المسموح به فى الولايات المتحدة من M_1 فى اللبن هو ٠,٥ ng/مل .

البسترة أو التعقيم لها تأثيراً ضعيف على الأفلاتوكسين عند استخدام لبن الماشية التى

غذيت على أفلاتوكسين B_1 والذى يفرز فى اللبن على صورة M_1 أو لبن أضيف إليه مباشرة M_1 . تشير تجارب صناعة الجبن بأن 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 تتناقص حتى بعد مضى ٤٠ يوماً من التخزين فى حين لا يوجد أى نقص فى جبن الجودا حتى بعد مضى ٦ شهور من التسوية ، وبالتالى فإن الأفلاتوكسين ثابت فى الجبن ولا يتعرض لأى تلف أثناء التخزين ، لقد أمكن كشف الأفلاتوكسين M_1 فى ١٧,٥٪ من أنواع الجبن عند مستويات تتراوح بين ٠,٠٢ - ١,٠٣ ng /جم. عموماً فإنه من المتوقع أن تحتوى الجبن ما بين ٣,٥ - ٥ أضعاف كمية الأفلاتوكسين M_1 الموجودة فى اللبن .

نمو الفطريات فى أو على سطح الجبن يمكن أن تزيد كمية السموم المنتجة (تتضمن هذه الفطريات *A.flavus* أو *A.parasiticus* بالأضافة إلى أنواع من *Penicillium*) والتى تشمل سمومها حمض البنسيليك penicillic acid ، باتيولين patulin حمض سيكلوبيازونك cyclopiazonic acid ، وروكوفورتينات roquefortins أو سموم (PR) . فى إحدى الدراسات وجد أن ٢٠٪ من الفطريات المعزولة من جبن التشدر تتكون من أنواع من *Penicillium* تنتج سموم فطرية ، ٣٢٪ من هذه الفطريات عزلت من الجبن السويسرية .

تنتج *A.flavus* ، *A.parasiticus* سموم فطرية فى جبن *التشدر على* درجة حرارة الغرفة لكن ليس على درجة حرارة بين ٤,٤ - ٧°م وقد تنتج أيضاً فى جبن تلست Tilsit أو امينتال Emmenthal الا أنه لا ينتج فى جبن الكممبير .

على العموم فإن *A.flavus* ، *A.parasiticus* لا تنتج أفلاتوكسينات على درجة حرارة أقل من ١٠°م ، تنمو سلالات *Penicillium* المنتجة للباتيولين patulin , وحمض البنسليك penicillic acid بكثافة على جبن التشدر والسويسرية والموزاريلا على درجة حرارة ٥ ، ١٢ ، ٢٥° م ومع ذلك لم يكتشف وجود سموم فى أى نوع من هذه الجبن ، ما عدا آثار من patulin فى جبن تشدر حفظ على درجة حرارة ٢٥°م ، عموماً فإن الجبن غير مهيئة تماماً لإنتاج السموم الفطرية حيث أنها تسوى على درجات حرارة أقل من الحد الأدنى اللازم لإنتاج التوكسين كما لم يتوفر بها مستوى مرتفع من الكربوهيدريت اللازم لإنتاج التوكسين ويمكن إستعمال بيمارسين pimaricin المثبط لنمو الفطر إذا سمحت التشريعات الصحية بذلك فى حالة الضرورة وذلك برشه على سطح الجبن .

وهناك بعض الأهتمام فيما يتعلق بأنتاج السم بواسطة سلالات من *Penicillium* المستعملة فى تلقيح الجبن المسواه بالفطر ، فقد أوضحت الأبحاث أن استخدام

P.roqueforti , *P.camemberti* فى تصنيع الجبن المعرقة بالفطر أدت إلى إنتاج جبن خالية من الأفلاتوكسين أو حمض البنسيليك أو الباتيولين فى الجبن ، عند عزل الباتيولين أو حمض البنسليك أو سموم (PR) من مزارع *P.roqueforti* فإن هذه التوكسينات قد وجدت فقط عند أستعمال بيئة خميرة السكروز فى المعمل ، لم يكتشف سموم (PR) فى ١٣ نوع من الجبن المعرقة بالفطر المصنوع بأستخدام *P.roqueforti* ومع ذلك فإن آثار من روكوفورتين أو حمض سيكلوبيا زونك قد وجدت فى الجبن المعرقة بالفطر .

من الصعب تقدير سمية بعض هذه السموم الفطرية عدا الأفلاتوكسينات والجرعة المتناولة من الجبن ينبغى أن تكون منخفضة . ونظراً لأن الظروف فى الجبن غير ملائمة لإنتاج سموم فطرية فإن فحص وأختيار سلالات *Penicillium* غير المنتجة للسموم فى إنتاج الجبن المعرقة بالفطر يخضع لبعض القيود فى بعض الدول .

٣- البكتريا المرضية فى الجبن

قد تتواجد كثير من البكتريا المرضية فى اللبن الخام والتى قد يكون منشأها الضرع المصاب (ألتهاب الضرع mastitis) والروث أو الأفرازات الأخرى للأبقار المصابة والأبقار الحاملة للمرض ، والمصادر الآدمية والبيئة الملوثة أو معدات الألبان . تشمل هذه المجموعة البكتريا العنقودية *S.aureus* ، والأنواع الكروية *Streptococcus* ، أنواع السالمونيلا *Salmonella* ، *E.coli* ، أنواع *Campylobacter* ، *B.cereus, Yersinia enterocolitica* ، *C.perfringens*, *Brucella* وبكتريا السل *M.tuberculosis* . ويمكن 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 تصنيع الجبن 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 المفرزة من البكتريا العنقودية نتيجة تلوث اللبن من العاملين ومرض ألتهاب الضرع فى القطيع بهذه البكتريا . حوادث 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 لأستهلاك جبن غير مسوى مصنع من

لبن خام خاصة لبن الماعز . أحتمال حدوث أعراض التسمم بالـ Enterococci وارد ويكون نتيجة لإنتاج مستويات عالية من الأمينات المرضية والتى تسبب أرتفاع لضغط الدم والتى قد تتفاعل مع العقاقير المستخدمة فى المعالجة الاكلينيكية ويؤدى ذلك إلى تثبيط أنزيم monoamine oxidase .

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

٣-١- *Coagulase - positive Staplylococus*

بصفة عامة فإن المستويات العالية من التلوث بسلالات من *S.aureus* المرضية enteropathogenic يؤدى إلى أفراز سموم خلال تصنيع الجبن ولكن لم يعرف إلى الآن بصورة واضحة فيما إذا كانت هناك ظروف معينة تشجع من إنتاج هذه السموم .

٣-١-١- ظروف تصنيع الجبن

فشل البادىء فى النمو وفى إنتاج الحموضة (نتيجة الأصابة بالفاج) فى جبن التشدر يؤدى إلى أرتفاع pH عند الطحن إلى ٦,٦ بدلاً من ٤,٩٥ كما يزداد معدل تكاثر *S.aureus* إلى ٥ - ١٠ أضعاف خلال تصنيع الجبن عنه فى الجبن العادية .

وفى تجربة لصناعة جبن من لبن مبستر لوث بشدة بالبكتريا العنقودية فإن عدد كبير من هذه البكتريا قد أنتجت كميات محسوسة من السموم فقط عندما تكون الحموضة منخفضة (أقل من ٠,٤٪) ولكن لم تكن ملحوظة مع الحموضة العادية . يختلف معدلات تكاثر البكتريا العنقودية بإختلاف البادىء المستخدم . عند الحموضة العادية فإنه يلزم تواجد ٢,٨ x ١٠^{٧} من البكتريا العنقودية لكل جم جبن لإنتاج السم ، ولكن عند فشل البادىء نتيجة للإصابة بالفاج فإنه يكفى تواجد ٤ x ١٠^{٦} من البكتريا العنقودية لكل جم جبن لإنتاج السم . تلقيح اللبن المعد لصناعة الجبن السويسرية بأعداد كبيرة من *S.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 *S.aureus* أختفت من جبن الأمينتال خلال ٢٤ ساعة عندما استخدم بادىء 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 حتى تحت ظروف الحموضة العادية . يتأثر معدل موت الخلايا فى هذه الجبن بسلالة البادىء 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 *S.aureus* (E ١٩٦ ، ٢٤٣ ، ١٣٧ ، ٣٢٦ من ATCC) المنتجة لتوكسينات (A ، B ، C ، E ، على التوالى) وقد وجد أن هذه السلالات قد أختفت من الجبن القريش بعد ١٠ أيام من التخزين على درجة حرارة الثلاجة مع عدم إنتاج أى من التوكسينات . فى الجبن الثلاجة المنخفضة فى نسبة الملح أستمر وجود هذه السلالات فى الجبن طول فترة التخزين (١٥ يوم) مع أنخفاض تدريجى فى أعداد هذه السلالات أثناء التخزين كما أمكن الكشف عن وجود توكسين A ، B فى هذه الجبن .كما وجد أن هذه السلالات قد اختفت من الجبن الدمياطى ، عند تصنيعه من لبن يحتوى على ٩ ، ١٤٪ ملح ، وذلك بعد ١٠٥ ، ١٢٠ يوم على التوالى مع عدم وجود أى من التوكسينات فى الجبن سواء طازجاً أو خلال التخزين .

٣-١-٢- تسوية الجبن

قد تستمر البكتريا العنقودية فى التكاثر خلال الأسابيع القليلة الأولى فى جبن التشدر المنخفض الحموضة ثم تموت ببطء ولكنها قد تنخفض ١٠٠ مرة بعد ١٦ - ٢٤ أسبوع فى الجبن العادى ولكن فى الجبن المنخفض الحموضة قد لا ينخفض العدد حتى بعد ١٨ شهر من التسوية . يتناقص العدد بسرعة أكبر فى الجبن المسوى على ١٠ أو ١٣°م عن الجبن المسوى على ٧°م . معدل نمو البكتريا العنقودية منخفض جداً فى الجبن السويسرية العادية . لم يلاحظ وجود البكتريا العنقودية بعد ١٠ أيام فى جبن الكممبير بينما يلزم ٢٢ يوم لأختفائها من جبن الشيشر . إذا نمت البكتريا العنقودية إلى أعداد تصل على الأقل إلى $١٠^{٦}$/جم فى اللبن أو خلال التصنيع فإن كميات محسوسة من السم يمكن أن تتكون

ويظل هذا السم فعالاً لعدة شهور أو حتى لعدة سنوات .

٣-٢- السالمونيلا *Salmonella*

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 pH ٤,٥٥) ولكنها تتكاثر ببطء فى الخثرة المنخفضة الحموضة (pH ٤,٩٥) . وتتناقص السالمونيلا ببطء خلال فترة التسوية ولكنها تنمو فى معظم الجبن الطرية وتقاوم لفترات تصل أو تتعدى فترة التخزين وأعدادها للأستهلاك .

٣-٣- 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 ٥٠٠٠ EEC/ مل فإن ٧٠٠ إلى ٢٠,٠٠٠ /جم تظل موجودة فى الجبن بعد ٧ أسابيع من التسوية .

عند فحص ١٠٦ من عينات لجبن طرى وجد أن ١٧٪ منها تحتوى على أكثر من ١٠٠٠٠/جم من fecal coliforms ولكن لم يحتوى أى منها على سلالات من EEC . فى الجبن التشدر تتناقص أعداد *E.coli* إلى مستوى منخفض خلال ٣ شهور من التسوية ولكن ليس هنالك معلومات متوفرة عن السلالات المرضية EEC .

٣-٤- *Listeria monocytogenes*

يوجد هذا الميكروب فى روث الحيوانات وفى اللبن الخام والخضروات الورقية . هناك عدة طرق يصل من خلالها هذا الميكروب إلى الجبن لذلك فعند صناعة الجبن من اللبن الخام فإنه من الضرورى تسوية أو تخزين الجبن عدة ٦٠ يوم عند درجة حرارة ١,٧°م قبل عرضها للأستهلاك وقد وجد *L.monocytogenes* تقاوم عمليات تصنيع الجبن والتسوية عند ٦ ، ١٣°م لمدة ١٥٤ إلى ٤٣٤ يوم . ومن الواضح أن تخزين الجبن لمدة ٦٠ يوم 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 قام البعض بدراسة أختفاء هذا الميكروب أثناء صناعة وتسوية جبن الكممبير من لبن مبستر ملقح بـ ٥×١٠^{٢} خلية /مل وقد أشارت النتائج أن اعداد *Listeria* زادت إلى حوالى ١٠ أضعاف خلال ٢٤ ساعة الأولى ثم أستقرت على ذلك خلال ٢٥ يوم الأولى من التسوية . ومع ذلك عندما بدأ pH فى الأنخفاض حدث نمو سريع لهذا الميكروب حيث وصلت أعداده إلى $١٠^{٧}$ خلية /جم على سطح الجبن بعد ٥٦ يوم .

مقاومة *L.monocytogenes* أثناء التصنيع وتخزين جبن Cottage قد تم دراستها ووجد أن أعداد هذا الميكروب كانت ثابتة نسبياً خلال عملية التصنيع حتى الطبخ cooking حيث أنخفضت 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 البادىء خلال عملية التصنيع وكذلك pH النهائى فى الجبن . وقد وجد أن *L.monocytogenes* وصلت إلى أعلا عدد لها فى الجبن 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 يوم على الأقل لذلك فإن تواجد هذا الميكروب فى الجبن ممكن أن يسبب مخاطر صحية للأنسان أى يسبب مرض listeriosis . وعموماً فإن الجبن الأبيض المخلل white pickled cheese المصنوعة من لبن خام تمثل خطورة كامنة لأنتشار مرض listeriosis فى الأنسان 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 الميكروب على مقاومة العمليات التصنيعية وإلى مقاومة

ونمو الميكروب تحت ظروف التخزين والتسوية .

٣-٥- البروسيلا *Burcella*

تستطيع *Brucella abortus* ، *Brucella melitensis* من النمو تحت ظروف التصنيع العادية للجبن وتظل حية لعدة شهور فى الجبن الجاف . وقد تستطيع البروسيلا النمو لمدة ٦ شهور فى جبن التشدر ولكنها لم تستطيع النمو لأكثر من ٢٠ يوم فى جبن الكممبير المصنع من لبن لوث بهذه البكتريا .

٣-٦- *Yersinia enterocolitica*

هذه البكتريا بخلاف معظم البكتريا المرضية عبارة عن بكتريا مقاومة للبرودة ويمكن أن تنمو وتتكاثر على ٤°م . وفى جبن تشدر والجبن الأيطالية (تشمل البرفلونو والموزاريلا) المصنع من لبن خام وجد أن ١٨٪ من هذه الجبن ملوث طبيعياً بـ *Y.enterocolitica* وكما وجدت فى ٩٪ من خثرة جبن التشدر ولكن لم توجد فى أى من الجبن الأيطالية ، ولقد كانت جميع الجبن سالبة لهذه البكتريا عندما أختبرت بعد ٢٣ يوم (التشدر) و ١٠ أيام (الأيطالية) . وقد وجد أن أعداد *Y.enterocolitica* يزيد فى الجبن وتستمر وجودها فى الجبن حتى ٣٠ يوم إذا كان تقدم الحموضة بطىء و pH فى الجبن النهائى أعلا من ٤,٥ ويمكن الكشف عن هذا الميكروب فى خلال ٧٢ - ١٢٠ ساعة فى جبن الفتا الناتجة مع تكوين حموضة بمعدل مناسب أثناء التصنيع ، بينما *L.monocytogenes* وصلت إلى أقصى عدد لها فى خلال يومين من التسوية .

٣-٧- *Mycobacterium tuberculosis*

تمثل هذه البكتريا مشكلة فى الدول التى يعتبر فيها مرض السل وبائيا والتى لا يزال يستخدم فيها اللبن الخام لتصنيع الجبن . وبالرغم من القضاء عليها بالبسترة إلا أنها مقاومة للحموضة لذا فعند وجودها لا تتأثر بـ pH الجبن ، وتوجد فى الجبن مدد طويلة يتوقف على نوع الجبن إلا أن التقارير أثبتت وجودها لمدة ٢٢٠ يوم فى جبن التشدر ولمدة ٣٠٠ يوم فى جبن Tilsit ولمدة ٩٠ يوم فى جبن كممبير وأكثر من ٦٠ يوم فى جبن ايدام ، المواد المثبطة للنمو فى جبن الأيمنتال والجرويير ادت إلى موت هذه البكتريا خلال ٢٠ - ٤٠ يوم .

٣-٨ الفيروسات Viruses

معلومات قليلة معروفة عن نمو الفيروسات الممرضة للإنسان فى الجبن وقد أقترحت الأبحاث التى أجريت على لبن ملوث بفيروسات الشلل وفيروسات معوية معينة

وفيروسات الأنفلونزا بأن البسترة تخفض أو تقضى على الفيروسات الموجودة فى اللبن بدرجة كبيرة . ظروف تصنيع الجبن من لبن غير معامل حرارياً يؤدى إلى أنخفاض 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).

البادىء 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 مبستر للخطر .

٤- الأمراض المنقولة عن طريق الجبن

٤-١- نبذة تاريخية

فى عام ١٨٨٤ حدث تسمم غذائى نتيجة تناول الجبن وفى عام ١٩١٧ أشارت التقارير إلى حدوث ٦٤ حالة تسمم و٤ حالات وفاة نتيجة تناول جبن التشدر فى ولاية متشجان بالولايات المتحدة وفى عام ١٩٢٥ حدث ٢٩ حالة تيفود نتيجة تناول جبن تشدر ملوثة وفى عام ١٩٣٩ ذكر أن جبن التشدر كانت مصدراً لمرض التيفود التى حدثت فى ١٠٠ حالة ، ١١ حالة وفاة فى كندا .

وفى الفترة من ١٩٣٢ إلى ١٩٣٩ حدث فى كندا ٦ حالات تيفود وبائى من ضمن ٧٦٠ حالة ، ٧١ حالة وفاة . وفى ولاية نيويورك كان هناك ٢٣ حالة مرض تيفود وحالة وفاة نتيجة تناول جبن تشدر ملوث وذلك فى عام ١٩٤١ .

وفى الفترة من ١٩١٧ إلى ١٩٤٤ سجلت حالات أصابة بالميكروبات العنقودية والميكروبات السبحية لأكثر من ٢٦٥ حالة دون حدوث وفاة وقد شمل ذلك عدة أنواع من الجبن مثل الكولبى Colby والتشدر وCottage .

تضمنت حالات التسمم الغذائى فى أروبا أكثر من ٦٧٠ حالة نتيجة تناول الجبن والتى تشمل الأنواع الأيطالية وجبن القشدة وجبن التشدر والجرجونزولاGorgonzola . الجبن المصنوعة من لبن الغنم أو الماعز والملوث بالـ *Brucella* كانت السبب فى حدوث أكثر من ٦٢ حالة عدوى ناتجة عن طريق الغذاء .

٤-٢- الأمراض الشائعة

خلال الفترة من ١٩٤٨ - ١٩٨٨ حدث فى الولايات المتحدة ٦ حالات فقط

مرضية ناتجة عن تناول جبن ملوثة وذلك منذ صدور المواصفات الفيدرالية للجبن فى عام ١٩٤٩ وتعتبر هذه الحالات نادرة وذلك عندما يذكر أن أكثر من ٥٠ مليون طن جبن طبيعية قد أنتجت فى خلال هذه الفترة والتى تصل إلى ٤٠ سنة تقريباً وقد وجد أن تلوث ما بعد البستر من أكثر العوامل مسئولة عن ذلك مع عدم كفاءة البسترة أو أستخدام لبن خام فى صناعة الجبن . ويبدو أن الجبن الطرية المسواه سطحياً مثل البراى ، والكممبير أكثر من الجبن السويسرية والتشدر شيوعا فى أنتشار الأمراض عن طريق الغذاء فى الولايات المتحدة وكندا وأروبا .

٤-٢-١- السالمونيلا *Salmonella*

شاركت السالمونيلا فى عدد من حالات التسمم الغذائى الناتجة عن تناول الجبن . الأنتشار الواسع لهذا الميكروب فى البيئة يمثل خطورة كبيرة لصناعة الجبن .فى أوربا فى الفترة من ١٩٧١ - ١٩٨٧ وجد أن السالمونيلا مسئولة عن ٢٥٠ حالة عدوى تسمم مرتبطة بتناول الجبن ، فى الفترة ١٩٨٢ إلى ١٩٨٤ وجد أن تلوث الجبن التشدر وغيرها من الأنواع الأخرى التى تنتج فى كندا بالسالمونيلا كانت مسئولة عن أكثر من ٢٧٠٠ حالة عدوى مرضية .

فى عام ١٩٨٩ سجلت فى ولايةمينسوتا ١٤٧ وفى ولاية ويسكونسن بالولايات المتحدة سجلت ١٥٠٠ - ١٥٠٠٠ حالة عدوى نتيجة تناول جبن ملوثة بالسالمونيلا كما لوحظ أيضاً أن جبن الموزاريلا كانت مصدراً لهذه العدوى .

٤-٢-٢- البكتريا العنقودية *Staphylococci*

سجلت حالة مرضية فى عام ١٩٥٨ وأخرى فى عام ١٩٦٥ نتيجة تلوث جبن التشدر *S. aureus* وقد وجد أن عدم كفاءة البادىءكان السبب الرئيسى فى تلوث جبن التشدر بهذا الميكروب كما أن تلوث البادىء بهذا الميكروب كان السبب فى حدوث هذا المرض نتيجة تناول جبن سويسرية ملوثة بهذا الميكروب فى كندا فى عام ١٩٧٧ وأن نفس الميكروب كان مصدر تلوث الجبن فى الحالات المرضية التى ظهرت ١٩٨٠ .

٤-٢-٣- *Listeria*

من المسببات الحديثة لتلوث منتجات الجبن هو *Listeria monocytogenes* حيث وجد أنه مسئول عن الحالات المرضية التى ظهرت نتيجة تناول الجبن فى كل من الولايات المتحدة وأوربا . فى كاليفورنيا فى الفترة من يناير إلى يونيو ١٩٥٨ عندما درست حالات الموت الغامضة لعدد من الأطفال الرضع وجد أن جبن أبيض طرى مكسيكى تم

صناعته فى مصنع فى كاليفورنيا كان مصدراً لـ *L.monocytogenes* والذى كان مسئولاً عن موت ٢٩ حالة طفل رضيع حيث تناولت أمهات هولاء الأطفال هذه الجبن.

فى أنجلترا عند فحص ٢٢٢ عينة جبن أنجليزية وجبن طرية مستوردة وجد أن ١٠٪ من هذه الجبن ملوثة بهذا الميكروب بأعداد أقل ١٠٠ إلى أعلا ١٠٠,٠٠٠ ميكروب/جرام . كما وجد أن ١٦٪ من الجبن المستوردة من أيطاليا ، ١٤٪ من الجبن المستوردة من فرنسا ، ١٠٪ من الجبن المستوردة من قبرص ، ٤٪ من أنجلترا ملوثة *Listeria* . فى الفترة من فبراير إلى مارس ١٩٨٦ جمعت حوالى ٦٠٪ من جبن Brie الفرنسية من أسواق الولايات المتحدة الأمريكية لتلوثها *L.monocytogenes* . وعند فحص ٨٦٤ عينة جبن لوجود هذا الميكروب وجد أن ٨,٤٥٪ من الجروجونزولا Gorgonzola ١٣,٧٪ جبن Taleggio كانت ملوثة .

يلاحظ من هذه التقارير أن هذا الميكروب يوجد فى البيئة وكذلك فى مصادر اللبن وبالرغم من أن بسترة اللبن المستخدم فى صناعة الجبن تقضى على هذا الميكروب فى الناتج النهائى فإن تلوث ما بعد البسترة post- pasteurization contamination ، وتلوث ما بعد التصنيع post-processing contamination قد تكون مسئولة عن إمكانية حدوث مخاطر صحية .

٥- وقاية الجبن وصناعة الجبن من الميكروبات المرضية

٥-١- اللبن المستخدم فى صناعة الجبن

٥-١-١- اللبن الخام

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

وطبقاً لوجود هذه الميكروبات وصفاتها ونشاطها النوعى فإن بعض هذه الميكروبات قد يكون مفيداً أو ضاراً ولكن يعتبر معظم هذه الميكروبات جزءاً من فلورا اللبن ويجب أخذ عدة عوامل فى الأعتبار عن تقييم الظروف المثلى لإنتاج لبن مرتفع الجودة . الظروف البيئية مثل الأتربة (الغبار) الناتج من الكنس ، السيلاج ، السماد ومواد الفرشة تحت الحيوان قد تساهم فى الحمل الميكروبى microbial load الذى يوجد فى أو على ضرع الحيوان . غالباً ما تكون قنوات الحلمات مستودعاً للبكتريا التى تفرز فى اللبن . وقد أشارت بعض التقارير أن اعداد البكتريا عادة تكون مرتفعة فى بداية عملية الحلب ثم تأخذ فى الأنخفاض تدريجياً بتقدم عملية الحلب . الفلورا العادية فى اللبن الناتج من حيوان

سليم خال من الأمراض تتكون من Streptococci , Micrococci, Lactobacilli . والميكروبات المسئولة عن مرض ألتهاب الضرع mastitis تكون موجودة فى اللبن .

ومن المصادر الأخرى لتلوث اللبن هو السطح الخارجى لضرع الحيوان الذى قد يكون ملوثا ببقايا التربة مع مكونات الفرشة والسماد . الجسم الخارجى للحيوان الذى قد يكون مستودعاً للميكروبات من المياه الراكدة والسماد والهواء والأوعية المستخدمة فى عملية الحلب والتداول بواسطة العاملين ، وعدم كفاءة عملية تطهير ألات 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 فإن عائلات البكتريا ذات الأهمية فى هذا الشأن هى : *Pseudomondaceae* ، *Lactobacteriaceae* ، *Achromobacteriaceae* ، *Micrococcaceae* ، *Bacillaceae* ، *Enterebactcriaceae* . اللبن المستخدم فى صناعة الجبن يجب أن يكون ناتجاً من حيوانات سليمة خالية من الأمراض ومرتفع الجودة الميكروبيولجية وعادة تقدر جودة اللبن بواسطة عدد الميكروبات الموجودة فيه . ويجب أن يكون اللبن خالياً من المواد المثبطة مثل بقايا المضادات الحيوية المستخدمة فى علاج مرض ألتهاب الضرع ، كما يجب أن يكون مشجعاً على النمو النشط للميكروبات المنتجة للحموضة . بكتريا حمض اللاكتيك ضرورية لإنتاج الجبن والألبان المتخمرة ولكن بعض الأنواع قد يكون غير مرغوب فيها حيث أنها قد تكون مسئولة عن حدوث إختفاء اللون أو تبقع جبن التشدر وزيادة حموضة اللبن السائل والقشدة .

٥-١-٢- اللبن المبستر

كما سبق الإشارة فإن الهدف من البسترة هو القضاء على البكتريا المرضيه غير المتجرثمة والتى قد توجد فى اللبن وقد تكون للمعاملة الحرارية المستخدمة لبسترة اللبن فى صناعة الجبن تأثير على جودة الجبن الناتج . وقبل استخدام البسترة فى معاملة اللبن فى صناعة الجبن فإن صناعة الجبن تتأثر بدرجة ملحوظة بالفلورا الطبيعية الموجودة فى اللبن ، فإذا كانت بكتريا حمض اللاكتيك موجودة فإن الزيادة فى الحموضة تكون أسرع من المتوقع ويؤدى ذلك الى انتاج جبن مرتفع الحموضة أما إذا كانت بكتريا القولون coliforms أو غيرها من الميكروبات المخمرة للاكتوز فإن ذلك قد يؤدى الى وجود غازات أو أطعمة غير نظيفة أو غير مرغوبة فى الجبن الناتج . غالباً ما يكون الجبن الناتج

من لبن غير مبستر مصدرا للأمراض المنقولة عن الغذاء .

وقد أشار البعض الى مزايا أستخدام 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 .
٤. سيطرة أفضل على تقدم الحموضة أثناء صناعة الجبن .
٥. توحيد صفات الجبن .
٦. يمكن تسوية الجبن على درجة حرارة مرتفعة وبالتالى الإسراع فى التسوية .
٧. زيادة طفيفة فى محصول الجبن الناتج .
٨. عائد مادى أفضل نتيجة لأرتفاع جودة الجبن الناتج مع أنخفاض نسبة الجبن الأقل جودة .

وتتلخص المشاكل الناجمة عن إستخدام البسترة فى صناعة الجبن فيما يلى :

١. أرتفاع 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 إستخدام البسترة للبن فى صناعة الجبن تفوق بكثير العيوب الناتجة عن إستخدامها .

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 أنتاج جبن مرتفعة الجودة وخالية من المخاطر الصحية .

٥-١-٣- 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 يعرض اللبن لدرجة حرارة

٦٣-٦٥°م (١٤٥-١٥٠° ف) لمدة ١٥-٢٠ ثانية للقضاء على البكتريا المقاومة للبرودة psychrotrophic bacteria دون أن يحدث أتلاف للأنزيمات .

ويمكن أنتاج جبن مأمون ميكروبيولوجيا من لبن خام معامل حراريا حيث وجد أن المعاملة الحرارية لدرجة حرارة ٦٥-٦٥,٥°م (١٤٩-١٥٠° ف) لمدة ١٦-١٨ ثانية يؤدى الى القضاء على معظم الميكروبات المرضية والتى قد تمثل خطورة صحية وتؤدى الى عدم أنتاج جبن مأمون صحيا .

تسخين اللبن الخام الملقح بأعداد من بكتريا تصل الى ١٠°/مل فى مبادل حرارى (المستخدم تجاريا فى بسترة اللبن بطريقة HTST) لدرجة ٦٥°م (١٤٩° ف) ومدة حجز ١٧,٦ ثانية (١٦,٢ ثانية الحد الأدنى) أدى الى القضاء على جميع سلالات *Yersina Y.enterocolitica* ، *Campylobacter* spp. ، *E. coli* وجميع أنواع السالمونيلا ما عدا نوعا واحد هو *Salmonella senftenberg*. وبالرغم من أن البعض قد أشار الى أن هذا الميكروب نادرا ما يوجد فى الجبن إلا أنه يمكن تثبيطه عند درجة حرارة ٦٩°م (١٥٦,٢° ف) . فى اللبن الذى أمكن تلويثه صناعيا بـ *Listeria monocytogenes* بأعداد تصل الى ١٠ ٤ / مل وجد أن تثبيط هذه البكتريا يحدث عند ٦٦°م (١٥٠,٨° ف) وعندما يلقح اللبن بهذا الميكروب بأعداد تصل الى ١٠ ° / مل فإن درجة حرارة 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 لدرجة ٦٧°م (١٥٢° ف) كانت كافية لتثبيط هذه السلالات . وبناء على نتائج هذه البحوث بالإضافة الى بحوث سابقة فيمكن القول أن المعاملة الحرارية تحت البسترة والتى غالبا ما تستخدم فى معاملة اللبن فى صناعة الجبن يمكن أن تقضى على العديد من البكتريا المرضية الهامة فى هذا المجال . ومن مزايا أستخدام البسترة فى صناعة الجبن هو رفع كفاءة عمليات تصنيع الجبن وتوحيد وثبات صفات الجودة فى الجبن الناتج خلال موسم الأنتاج . ويعزى سرعة تكوين الطعم فى الجبن الناتج من اللبن الخام عن جبن اللبن المبستر الى الإتلاف الجزئى لأنزيمات اللبن الطبيعية والميكروبات الموجودة فى اللبن وغيرها من المكونات البيولوجية فى اللبن الخام .

٥-٢- نمو ومقاومة الميكروبات خلال صناعة الجبن

٥-٢-١- تأثير نشاط البادىء على نمو ومقاومة البكتريا المرضية

يتوقف أنتاج الجبن على تكوين حمض اللاكتيك بواسطة البكتريا . زيادة الحموضة يساعد على تكوين الخثرة بالمنفحة ويساهم فى أنكماش الخثرة ويسهل طرد الشرش منها كما أنه مسئول عن إيقاف نمو الميكروبات غير المرغوبة أثناء الصناعة والتسوية ، ويؤثر على مطاطية الخثرة الناتجة وأندماج جزئيات الخثرة فى كتلة متجانسة متلاحمة وعلى أنواع التغيرات الأنزيمية أثناء التسوية .

زيادة الحموضة مع أنخفاض مصاحب فى pH يلعب دورا هاما وحيويا فى صناعة الجبن ويعتبر ضروريا فى تثبيط نمو الميكروبات غير المرغوبة أثناء الصناعة . عدم كفاءة البادىء فى أنتاج 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 لبادىء بكتريا حمض اللاكتيك فإن *S. aureus* يمكنها أن تنمو وتنتج كميات محسوسة من السموم فى جبن التشدر . كما أوضح البعض أن تثبيط البادىء نتيجة الإصابة بالفاج يعطى الفرصة لـ *Staphylococci* أن تنمو وتتكاثر .

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

٥-٢-٢- 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 *S.aureus* كما وجد أن *L.monocytogenes* تقاوم لمدة أكثر من ١٠٠ يوم فى الجبن التى يصل فيها تركيز الملح فى رطوبة الجبن (S/M) ١٠,٥ -٣٠٪ . كما أن الملح يساهم 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

S.aureus (١٩٦E ، ٢٤٣ ، ١٣٧ ، ٣٢٦ من ATCC) منتجة لتوكسين A ، B ، C ، E على التوالى لأنتاج 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 أنتاج توكسين A ، B فى الجبن بينما لم يلاحظ وجود توكسين C ، E 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 سريعا فى الجبن وأختفت من الجبن بعد ١٠٥، ١٢٠ من التخزين على درجة حرارة الغرفة على التوالى و لم يلاحظ وجود أى من التوكسينات فى هذه الجبن . مما يوضح على أن NaCl يساهم فى تنشيط وتثبيط *S. aureus* وأنتاج التوكسين فى الجبن .

٥-٢-٣- الرطوبة أو النشاط المائى (a_w)

يحدد محتوى الجبن من الرطوبة مدة الحفظ shelf-life ونوع الجبن الناتج . الجبن الطرى الذى يحتوى على نسبة مرتفعة من الرطوبة يمكن حفظه لعدة أسابيع قليله 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 أنكماش 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 أرتباطا مباشرا بحموضة الخثرة . يؤثر a_w على فترة حفظ الغذاء بما فيها الجبن حيث أن ذلك يقدر الماء المتاح الذى يسمح بنمو الميكروبات .

٥-٣- نمو ومقاومه البكتريا أثناء التسويه

٥-٣-١- تأثير تركيب الجبن

فساد الجبن أو ظهور عيوب فى الجبن التى تحدث أثناء التسوية قد يعزى الى أسباب ميكروبية وكذلك إلى تغيرات طبيعية وكيماوية ناتجة من الأنزيمات التى تفرز من الخلايا المتحللة التى نمت أثناء عمليات التصنيع وكذلك الميكروبات التى تنمو أثناء فترة التسوية . التغيرات فى التركيب البنائى والطعم والقوام والمظهر قد يؤدى الى جبن منخفض الجودة نتيجة نمو الميكروبات غير المرغوبة. أحد مظاهر الفساد الشائعة فى الجبن الجاف هو أنتاج الغاز المتأخر late gas production الذى يتسبب فى ظهور شقوق وكذلك أطعمه مرة bitter flavors فى الجبن . الميكروبات وبعض المكونات مثل كبريتيد

الأيدروجين H_2S الذى تنتجه بعض الميكروبات أثناء التسوية حيث يتفاعل مع بعض المعادن أو الأملاح المعدنية أو المواد الملونة المضافة ويتسبب فى أختفاء 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 دورا ثانويا فقط فى حفظ الجبن . أنتاج أحماض دهنية أثناء التسوية قد يسبب تثبيط بعض الميكروبات اللاهوائية ولكن معظم الجبن تكون أكثر عرضه لحدوث الفساد الميكروبى بتقدم العمر أو التسوية نتيجة أرتفاع pH . وقد وجد أن الميكروب *L.monocytogenes* تنمو بسرعة فى جبن الكممبير والبراى أثناء التسوية وأن النمو يزداد بأرتفاع pH . كما أمكن أكتشاف وجود هذا الميكروب فى جبن التشدر التى تم حقنها بهذا الميكروب بعد ١٥٤-٤٣٤ يوم من التسوية .

٥-٣-٢- تأثير درجة حرارة التخزين

تخزين الجبن على درجات حرارة التبريد (درجة حرارة الثلاجة) لا يضمن خلو الناتج من الميكروبات المرضية فمن المعروف أن *L.monocytogenes* ليست فقط مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة low-temperature tolerant ولكنها تنمو عند درجات حرارة التبريد . ومن الواضح أن هذا الميكروب يصل الى الجبن المصنوعة من لبن مبستر نتيجة التلوث من البيئة environmental contaminant بينما الجبن المصنوعة من لبن خام قد تحتوى على الميكروب 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 على درجات حرارة التبريد . ومن مصادر التلوث بهذا الميكروب بيئة المصنع التى تشمل غرف التسوية والتداول والتخزين . كما أشار البعض أن فترة التسوية وأختلاف السلالة من العوامل الهامة فى مقاومة *S.aureus* فى الجبن المصنعة على نطاق تجارى ، بينما يرتفع عدد Staphylococci أثناء الصناعة فإن العدد الكلى للميكروبات ينخفض بأنخفاض pH أثناء المراحل الأولى من التسوية حيث تنخفض بنسبة ٩٠٪ بعد ثلاثة أيام . وقد لاحظ آخرون أنخفاض أعداد Staphylococci أثناء تخزين الجبن المملح وغير المملح عند درجة ٤°م ولكن لم يلاحظ أى تأثير محسوس على تركيز السموم . ومع ذلك فإن عند ١١°م فقد لوحظ نمو *S.aureus* مع أنتاج التوكسين فى جبن التشدر المملح ولكن أعداد هذا الميكروب أنخفضت فى الجبن غير المملح عند نفس درجة الحرارة . درجات حرارة التخزين عادة ليست منخفضة بالدرجة الكافية لمنع نمو الفطريات

على سطح الجبن المخزنة .

٥-٣-٣- النشاط المائى (a_w)

تتوقف مدة حفظ الجبن على كمية الماء المتاحة لنمو الميكروبات . الزيادة فى محتوى الجبن المسواه 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 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 .

٥-٣-٤-جهد الأكسدة والأختزال (E_h)

الظروف اللاهوائية قد تمنع من نمو أو مقاومة بعض الميكروبات . المزارع الهوائية لـ *S.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٪ ثانى أكسيد الكربون . 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 عيوب مثل الطعم المر والطعم العفن putrid وشقوق غير مرغوبة نتيجة الغازات المتكونة . والفطريات تنمو تحت ظروف هوائية وغالبا ما تكون مسئولة عن فساد الجبن المخزنة .

٥-٣-٥- pH

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 حمض اللاكتيك التى لم يحدث لها تثبيط مسئولة عن أنخفاض pH . 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 درجة ١٠°م يرتفع pH من ٥,١٩ الى ٥,٦٨ بين ٤-٨ أسابيع ولكن pH الجبن المخزنة عند ٤°م لنفس الفترة يبقى تقريبا ثابتا عند ٥,١ ، مما يدل على أن كمية البادىء المضاف لا تؤثر على pH .

يعتمد على بكتريا حامض اللاكتيك فى صناعة الجبن لتنافس مع coliforms فى

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

٥-٣-٦- المثبطات

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

٥-٣-٧- ميكروبات أخرى

التنافس بين الميكروبات المختلفة تتوقف على كثير من العوامل . النمو الضعيف للبادىء (بادىء غير نشط) يمكن أن يسمح لنمو 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 الحفظ المتوقعة ونواتج عمليات التمثيل للميكروبات الموجودة فى الجبن جميعها تتفاعل وتلعب دورا فى سلامة نوع معين من الجبن .

٦- الظروف البيئية الخارجية

٦-١- الحالة الصحية للمصنع

يرتبط وجود الميكروبات المرضية فى بيئة المصنع بصفة خاصة بالحالة الصحية للمصنع plant sanitation. عند فحص ٣٥٧ مصنع منتجات ألبان وجد أن ٩ مصانع منهم يوجد فيها *L.monocytogenes* ووجد أن هذا الميكروب له القدرة على الألتصاق بالصلب غير قابل للصدأ stainless steal عند درجة حرارة ١٠-٣٥°م وعند pH بين ٥ الى ٨ كما أن ماء التبريد يمكن أن يكون ملوثا بدرجة عالية بهذا الميكروب . وفى دراسة أخرى لتقييم 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 أختبارها ومنها *Pseudomonas fluorescens* ، *S.aureus* ، *Bacillus* spp. فى نموذج نظام ماء التبريد بأكثر من ٩٠٪ فى ٣٠ ثانية . عند درجة حرارة ٢٥°م ، ٤°م فإن تركيز ٢٥ جزء فى المليون من الكلورين ، ٢٠٠ جزء فى المليون من مركبات الأمونيا الرباعية أو ١٢,٥ جزء فى المليون يود يعتبر ضروريا لخفض أعداد البكتريا . تمثل المواد الخام ، الماء غير المضاف اليه كلور ، وحدات التبريد ، سيور النقل المتحركة ، وحدات معاملة الهواء وغرف التعبئة والتغليف مصادر كافية لإحداث التلوث بـ *Listeria* . كما أشار البعض الى أن الأرضيات وبلوعات الصرف فى الأرضيات تعتبر من المصادر الرئيسية للتلوث بهذا الميكروب ويجب أستخدام المواد المطهرة فى مصانع الأغذية لتنظيف الأسطح ومن أكثرها شيوعا فى هذا المجال : الكلورين ، الأحماض الضعيفة ، مركبات الأمونيا الرباعية ، مركبات اليود (الأيدوفورم) ، 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 البيئية للمصنع .

٦-٢- المعاملة الحرارية

هناك بعض العوامل بالإضافة الى البسترة أو المعاملة الحرارية التى تستخدم للبن فى صناعة الجبن يجب أن تؤخذ فى الأعتبار ، من أهمها المقاومة الحرارية لبعض الميكروبات وطريقة صناعة بعض أنواع معينة 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 .

٦-٣- نشاط البادئ

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

٦-٤- 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 نواحى صحية جيدة فى صناعة الجبن الطرى والطازج . كما أن مجلس تسويق اللبن البريطانى أصدر برنامجا مماثلا لأتباع الطرق الصحية الجيدة فى تصنيع الجبن الطرية والطازجة فى المصانع الصغيرة والوحدات الأنتاجية فى

المزارع وهذه البرامج جميعها تساعد على منع تلوث الجبن الطرية بالـ *L.monocytogenes* أثناء الصناعة . كما أن هناك برنامج لمواصفات الأغذية مشترك بين FAO/WHO يعرف بدستور الشئون الصحية codes of hygienic practice لصناعة أنواع عديدة من الجبن وقد أسس هذا الدستور على منع أحتمال تلوث الجبن بالبكتريا المرضية أثناء الصناعة. كما توجد فى دول السوق الأوربية المشتركة برامج مماثلة فيما يتعلق بالنواحى الصحية اللازمة لتصنيع اللبن ومنتجاته . فى الولايات المتحدة فإن إدارة الأغذية والأدوية FDA قامت بوضع برنامج يوضح التنظيمات والمتطلبات اللازمة فى تصنيع ومعاملات وتعبئة وتخزين الأغذية للأستهلاك الآدمى والذى يستخدم فى تقييم النواحى الصحية فى تصنيع الجبن وهذه البرامج تحتوى على التفاصيل والمتطلبات اللازمة لأنتاج أغذية مأمونة صحيا وخالية من أى مخاطر صحية ، اتباع هذه البرامج يساعد على خفض التلوث الميكروبى للمنتجات الى أقل حد ممكن .

٦-٥- النقاط الحرجة لمراقبة سلامة الغذاء (HACCP)

Hazard analysis critical control points

HACCP عبارة عن برنامج تخطيطى لتشخيص وتقييم الأضرار والمخاطر الميكروبية المرتبطة بعملية تصنيع غذاء ما . عندما يتم التعرف على مراحل عملية التصنيع يجب العمل على تحديد النقاط الحرجة لمراقبة أو منع حدوث الأضرار والمخاطر . يتضمن برنامج HACCP فى صناعة الجبن الخطوات التالية :

١. الألتزام بالأدارة التى تؤدى إلى إنتاج منتجات مأمونة وخالية من المخاطر الصحية .
٢. تحديد الأضرار والمخاطر المرتبطة بالمنتجات والمكونات المستخدمة فى صناعة الجبن .
٣. تحديد المراحل فى عملية التصنيع التى تساعد فى السيطرة بنجاح على الأضرار والمخاطر التى سبق تحديدها .
٤. تطوير الأنظمة التى تراقب النقاط الحرجة بطريقة مناسبة .
٥. أتخاذ الأجراءات التصحيحية فى حالة فشل نقطة من نقاط المراقبة .
٦. التأكيد على أن نظام HACCP يعمل فى الحقيقة على مراقبة الأضرار والمخاطر التى سبق تحديدها .

فى نظام HACCP المعتمد من إدارة التفتيش وسلامة الغذاء فى وزارة الزراعة الأمريكية USDA تم تحديد ٣ نقاط مراقبة مختلفة (CCP,CP,MCP) ضرورية فى هذا النظام . تعرف CCP " critical control point " بأنه أى نقطة أو إجراء فى نظام غذائى

معين specific food system يؤدى فقد الرقابة عندها إلى حدوث مخاطر صحية غير مقبولة unacceptable health risk بينما تعرف CP " control point " بأنها أى نقطة فى نظام غذائى معين لا يؤدى فقد الرقابة إلى حدوث مخاطرة غير مقبولة . كما تعرف MCP " manufacturing control point " بأنها أى نقطة يمكن قياسها فى خط الأنتاج قد تؤدى إلى ناتج ذات جودة غير مقبولة unacceptable quality .وفيما يلى مثال بسيط لنظام HACCP لتصنيع الجبن الذى يحدد فقط نقاط المراقبة الحرجة CCP . من أول المتطلبات فى وضع نظام HACCP تحديد الأضرار والمخاطر فى الناتج النهائى والمكونات المستخدمة . الأضرار والمخاطر المرتبطة بالجبن والمكونات الرئيسية واللبن الخام تكون أساساً ميكروبيولوجية . الخطوة التالية هى تعريف النقاط فى خطة الإنتاج التى عندها يمكن مراقبة هذه الأضرار والمخاطر . هناك ٣ نقاط حرجة أساسية :

١. مراقبة الجودة الميكروبيولوجية للبن الخام .
٢. بسترة اللبن الخام قبل صناعة الجبن .
٣. منع إعادة تلوث اللبن بعد البسترة .

الخطوة الثالثة فى وضع نظام HACCP هو تطوير طرق متابعة نقاط المراقبة . ويمكن تنفيذ ذلك بأتباع الطرق التالية :

١. مراقبة الجودة الميكروبيولجية للبن الخام وذلك بأستخدام الطرق والمواصفات الميكروبيولوجية القياسية المرتبطة بالنواحى الصحية خلال الأنتاج والتخزين ونقل اللبن الخام . هناك نظام متابعة وتفتيش على مستوى المزارع يتضمن طرق رعاية الحيوان والأختبارات الميكروبيولوجية للبن لضمان تنفيذ المواصفات القياسية . وتتضمن النقطة الثالثة فى مراقبة الجودة الميكروبيولوجية للبن الخام التأكيد على أن اللبن قد تم تبريده إلى درجة أقل من ٧°م (٤٥°ف) والمحافظة على هذه الدرجة خلال العمليات من الأنتاج فى المزارع إلى التخزين عند مصانع الأنتاج .
٢. بسترة اللبن الخام عملية ضرورية للقضاء على الميكروبات المرضية وغيرها من الميكروبات غير المرغوبة التى قد تكون موجودة فى اللبن . مراقبة بسترة اللبن من خلال إستخدام أجهزة مناسبة ومعتمدة لتسجيل درجات الحرارة عن نهاية فترة الحجز وإستخدام مضخات توقيت خاصة بمواصفات معينة تضمن حجز اللبن الفترة المناسبة فى أنبوبة الحجز أو الجزء الخاص بالحجز .
٣. منع تلوث اللبن المبستر وكذلك الجبن الناتج عملية حرجة لصناعة منتجات مأمونة وصحية . ويمكن الوقاية من التلوث بأتباع طرق صناعة جيدة أو دستور الشئون

الصحية أو إجراءات مماثلة. فى صناعة كثير من أنواع الجبن يعتبر إنتاج الحموضة بمعدل سريع بواسطة البادىء عملية حرجة فى السيطرة على الميكروبات غير المرغوبة. منع إعادة تلوث المنتجات يمكن متابعتها بالأختبارات الميكروبيولوجية .

وعند تطبيق نظام HACCP فى الجبن فإنه يجب تقسيم عملية الإنتاج إلى مراحل محددة حتى يمكن وضع نظام مراقبة يتضمن نقاط المراقبة الحرجة فى كل مرحلة حتى يمكن متابعتها والتحقق منها بهدف ضمان إنتاج نهائى مرتفع الجودة وخال من الأضرار الصحية وفيما يلى مثال مبسط لنظام النقاط الحرجة CCP لمراقبة سلامة الجبن الناتج حيث قسمت عملية إنتاج الجبن إلى ٤ مراحل :

أ - مرحلة إعداد اللبن .

ب - مرحلة تسوية اللبن وتكوين الخثرة .

جـ - صرف الشرش وبناء التركيب فى الجبن texture .

د - التسوية .

حتى يمكن مراقبة ومتابعة وتقييم كل مرحلة على النحو التالى :

أ. نقاط المراقبة الحرجة CCP : أعداد لبن الجبن

- مراقبة Control

- اللبن مرتفع الجودة وخال من المضادات الحيوية .
- معاملة اللبن حرارياً .
- تعديل تركيب اللبن standardization
- معاملات إضافية : إزالة الميكروبات بالطر المركزى bactofugation والتجنيس

- متابعة Monitoring

- متابعة درجة حرارة اللبن أثناء التخزين مع أختصار فترة التخزين للحد الأدنى .
- أختبار اللبن لوجود المضادات الحيوية قبل قبول اللبن .
- متابعة مدة ودرجة حرارة المعاملة الحرارية .

- التحقق Verification

- صفات صناعة الجبن .
- فحص سجلات المصنع .
- إعادة تحليل محتوى اللبن من الدهن والبروتين (يستخدم تقدير البروتين بدلاً من الكازين لسهولة تقديره عن الكازين)

obeikandi.com

ب- نقاط المراقبة الحرجة CCP : تسوية اللبن وتكوين الخثرة

- المراقبة Control

- زيادة الحموضة يجب أن تتم بالمعدل المطلوب .
- تكوين الخثرة يجب أن تتم بالطريقة الملاءمة .

- المتابعة Monitoring

- تقدير نشاط مزارع البادىء قبل أستخدامها أو الحصول على مزرعة من مصدر معتمد موثوق به فى حالة الأضافة المباشرة للبن .
- متابعة درجة حرارة اللبن فى حوض التجبن
- متابعة تطور الحموضة (pH) .
- الحصول على المنفحة من مصدر معتمد موثوق به .
- إضافة المنفحة يجب أن يتم تحت رعاية شخص مدرب (خبرة) .
- إضافة المنفحة يجب أن يتم تحت رعاية شخص مدرب (خبرة) .
- تكوين الخثرة يجب متابعتها بواسطة شخص مدرب (خبرة) .

- التحقق Verification

- صفات الخثرة .
- فحص سجلات المصنع .

جـ. نقاط المراقبة الحرجة CCP : صرف الشرش وبناء التركيب فى الجبن Textuure

- المراقبة Control

- يجب تقطيع الخثرة عند الوقت المناسب .
- يجب تقطيع الخثرة إلى حجم القطع المناسب .
- يجب تجنب تفتيت الخثرة .
- أستخدام عملية السمط الصحيحية .
- إستمرار تقدم الحموضة بالمعدل المطلوب .
- تجرى عملية الشدرنة بالطريقة الصحيحة .

- المتابعة Monitoring

- متابعة الحموضة (pH) لتقدير الوقت المناسب للتقطيع
- التقطيع والشدرنة التى تتم بطرق يدوية وذلك بواسطة شخص مدرب (خبرة) .

obeikandl.com

- التقطيع والشدرنة التى تتم بطرق أتوماتيكية وذلك بواسطة شخص مدرب (خبرة).
- متابعة عملية التسخين بصفة مستمرة .
- متابعة تقدم الحموضة بصفة مستمرة .

– التحقق Verification

- صفات الخثرة .
- فحص سجلات المصنع
- فحص وصيانة معدات القياس الأتوماتيكية بصفة منتظمة

د– نقاط المراقبة الحرجة CCP : طحن وتمليح وكبس الخثرة .

– المراقبة Control

- طحن الخثرة إلى قطع ذات حجم مناسب .
- التأكد من أن درجة جودة الملح مناسبة وتوزيعه قد تم بطريقة متجانسة .
- أستخدام الضغط الصحيح خلال عملية الكبس .
- التأكد من التفريغ الكاف بعد التعبئة .

– المتابعة Monitoring

- الطحن والتمليح يجب أن يتم تحت إشراف شخص مدرب (خبرة) .
- كلوريد الصوديوم يجب الحصول عليه من مصدر معتمد وموثوق به .
- الكبس يجب أن يتم تحت إشراف شخص مدرب (خبرة) مع متابعة عوامل التشغيل بصفة مستمرة .

– التحقق Verification

- جودة الجبن الحديث (الطازج) .
- فحص سجلات المصنع .
- تقدير التفريغ بصفة دورية داخل القوالب .
- الفحص المرىء للتأكد من سلامة القفل (اللحام) .
- فحص وصيانة معدات القياس الأتوماتيكية بصفة منتظمة .

هـ– نقاط المراقبة الحرجة CCP : تسوية الجبن

– المراقبة : Control

- الحرارة والرطوبة يجب أن تسمح بتسوية طبيعية .

obeikandl.com

- التسوية يجب أن تتم فى فترة زمنية مناسبة .
- العمليات الإضافية مثل تخزين أقراص الجبن وتكوين طبقة smear على سطح الجبن يجب أن تتم بطريقة صحيحة .

– المتابعة Monitoring

- متابعة الحرارة والرطوبة فى غرف التسوية (والتى تضبط صناعياً) .
- استخدام نظام إدارة مخازن معتمد .
- فحص الجبن أثناء التسوية .
- تخزين الجبن وتكوين smear . يجب أن تتم بواسطة شخص مدرب (خبرة).

– التحقق Verification

- جودة الناتج النهائى .
- فحص سجلات المصنع .

٧- التشريعات الخاصة بمراقبة سلامة الجبن

٧-١- فى جمهورية مصر العربية

من المعروف أن أول قانون صدر فى مصر بشأن قمع التدليس والغش هو القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٤١ وقد تم إلحاق تعديلات مختلفة به كان آخرها بالقانون رقم ١٠٦ لسنة ١٩٨٠ وما زال العمل سارياً به . كذلك تتابع صدور بعض القوانين والمراسيم ومجموعة من التشريعات أصدرتها وزارة الصحة بشأن المواصفات الصحية والوصفية والكمية والتحليلية لأنواع الأغذية المتداولة وأشتراطات سلامتها الصحية .

بصدور القانون رقم ٢١ لسنة ١٩٥٨ بشأن تنظيم الصناعة وتشجيعها أصبحت وزارة الصناعة مختصة بأصدار مواصفات المواد الخام والمنتجات الصناعية ولكن لا يجوز أن تصدر وزارة الصناعة المواصفات الصحية للأغذية المتعلقة بوقايتها أثناء التحضير أو النقل أو البيع من التلوث بالميكروبات المرضية وما يتعلق بمكوناتها فقد صدر القانون رقم ١٠ لسنة ١٩٦٦ بشأن مراقبة الأغذية وتنظيم تداولها .

وطبقاً للتفويض التشريعى الذى تضمنه القانون رقم ٢١ لسنة ١٩٥٨ بشأن تنظيم الصناعة وتشجيعها فقد أصدرت وزارة الصناعة تطبيقاً لذلك مجموعة من القرارت بشأن المواصفات الوصفية والكمية والتحليلية لأنواع مختلفة من الأغذية ومما يجدر الأشارة إليه أن أصدار المواصفة القياسية الوطنية لأى منتج غذائى من هيئة التوحيد القياسى بصورة إختيارية (دون أصدر قرار ملزم من وزير الصناعة) لا يمنع قيام بعض الجهات الرسمية .

المختصة الآخرى (وزارة الصحة - وزارة التموين - الهيئة العامة للخدمات البيطرية - الهيئة العامة للرقابة على الصادرات والواردات - وزارة الأقتصاد والتجارة الخارجية) من إصدار قرارتها الخاصة للالزام بها فى كافة أعمالها ، إلا أنه فى جميع الأحوال كما أكد قرار رئيس الوزراء رقم ٢٩١ لسنة ١٩٨٦ بتنظيم الرقابة على السلع الغذائية المستوردة فإنه لا يجوز أن تكون بمستوى أقل مما تشترطه المواصفة الوطنية .

وقد صدر قانون رقم ١٣٢ لسنة ١٩٥٠ بشأن الألبان ومنتجاتها من خلال مجلس الشيوخ والنواب وقد نص على أن يقوم وزراء الصحة العمومية والزراعة والتجارة والصناعة والعدل تنفيذ هذا القانون كل فيما يخصه . وفى نطاق هذا القانون أصدر وزير الصحة قرارات بشأن المواصفات والمقاييس الخاصة بالألبان ومنتجاتها وجميعها لا تتضمن أى مواصفات ميكروبيولوجية خاصة بالخامات المستخدمة أو الناتج النهائى .

وقد صدرت المواصفة القياسية للألبان ومنتجاتها رقم ١٥٤ لسنة ١٩٧٩ من الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى وجودة الأنتاج وقد ألغت بصدورها وحلت محل المواصفة القياسية السابقة فى هذا الشأن رقم ١٥٤ لسنة ١٩٧٦. وأستكمالاً لهذه المواصفة فقد أصدر وزير الصناعة والثروة المعدنية قرار رقم ٤٥ لسنة ١٩٨٤ بشأن إنتاج اللبن المعقم طويل الأمد (UHT) وقرار رقم ٤٦ لسنة ١٩٨٤ بشأن اللبن المطعم المحلى المعقم بالطريقة اللحظية . وبالنسبة للجبن بأنواعها المختلفة ومشتقاتها فقد صدرت عدة مواصفات قياسية لكل منها من الهيئة المصرية العامة للتوحيد القياسى وجودة الإنتاج وكانت على النحو التالى :

- المواصفة القياسية للجبن الجاف رقم ١٠٠٧ لسنة ١٩٧٠ .
- المواصفة القياسية للجبن الطرى برقم ١٠٠٨ لسنة ١٩٧٠ .
- المواصفة القياسية للجبن المطبوخ رقم ٩٩٩ لسنة ١٩٧٠ .
- المواصفة القياسية للجبن المطبوخ المحتوى على زيوت نباتية رقم ١٣٢ لسنة ١٩٧٢ .
- المواصفة القياسية للجبن نصف جاف رقم ١١٨٣ لسنة ١٩٧٣ .

كما صدر قرار وزير الصحة رقم ٥٥ لسنة ١٩٨٧ بجواز إضافة مادة النيسين كمادة حافظة للجبن المطبوخ بنسبة محددة .

وجميع هذه المواصفات تتضمن النواحى الوصفية والكيماوية دون التعرض للمواصفات والمقاييس الميكروبيولوجية لجميع أنواع الجبن المصرية الأمر الذى يتطلب إعادة النظر وخاصة فى ضوء خلوها من الميكروبات المرضية فى الناتج النهائى والمكونات

الداخلة فى الإنتاج وكافة مستلزمات الإنتاج مع وضع الأشتراطات اللازمة للحد من التلوث البيئى الذى قد يسبب بعض الأضرار والمخاطر الصحية فى الناتج النهائى .

٧-٢- فى الولايات المتحدة الأمريكية USA

٧-٢-١- إدارة الأغذية والأدوية FDA

التشريعات الرئيسية المؤثرة فى صناعة أنواع عديدة من الجبن فى العالم توجه بصفه رئيسية إلى التركيب الكيماوى للجبن (الدهن ، الرطوبة ، طريقة الصناعة والمواد المضافة المسموح بها). فى الولايات المتحدة تتضمن هذه التشريعات بالتفصيل حدود التركيب الكيمائى والمواد المضافة المصرح بها وطرق الصناعة الشائع إستخدامها فى ٧٣ نوعاً من الجبن المختلفة ، ولا تتضمن هذه التشريعات أى مواصفات ميكروبيولجية للجبن .

فإذا وجدت الجبن أو منتجاتها (لأى نوع من الجبن) بواسطة FDA ملوثة بالبكتريا المرضية فإن الغذاء يعتبر مغشوشاً adulterated ويتعرض المصنع المسئول عن هذا الإنتاج للمسألة القانونية .

٧-٢-٥- منتجات درجة A Grade A products

إدارة الأغذية والأدوية FDA فى الولايات المتحدة مسئولة عن تنفيذ لائحة لبن مبستر درجة (A) grade A pasteurized milkوتحتوى هذه اللائحة على المواصفات الميكروبيولوجية للمنتجات التى تنتج طبقا لهذه اللوائح . فإذا كانت الشركة أو المصنع يرغب فى إنتاج درجة من الجبن Grade A cheese فإن الناتج أو المنتج ، اللبن الخام ومصنع الجبن يجب أن يكون مطابق للمواصفات المنصوص عليها فى هذه اللائحة .

٧-٢-٣- وزارة الزراعة الأمريكية USD A

وزارة الزراعة الأمريكية تعتبر وكالة أمريكية أخرى التى لها بعض الأنشطة التنظيمية خاصة بصناعة الجبن ولكن فى هذه الحالة فإن هذا النشاط يكون إختيارياً أكثر منه إجبارياً وزارة الزراعة الأمريكية يوجد بها لجان لتشجيع التسويق المنظم للمنتجات الزراعية المرتفعة الجودة والخالية من المخاطر الصحية .

تتضمن المواصفات والدرجات الخاصة بوزارة الزراعة الأمريكية USDA اشتراطات ميكروبيولجية وعندما تنطبق المواصفات فإنه يسمح بتسويق هذا المنتج تحت ما يسمى USDA grade. ويؤدى الفشل أو عدم إستمرار هذه المواصفات والدرجات مطابقة للدرجة المراد التسويق طبقاً لشروطها فإن ذلك يؤدى إلى إزالة علامة الدرجة من هذه المنتجات ، فإن كان المنتج مخالفا لمواصفات FDA فإن إتخاذ الأجراءات القانونية تكون

من أختصاص FDA .

تصدر USDA مواصفات ميكروبيولوجية للبن الخام الذى يجب إستخدامه فى تصنيع منتجات ألبان مختلفة وكثير من الأدارات التابعة للولاية تستخدم هذه المواصفات فى تنفيذ برامجها الخاصة بتصنيع الألبان وجميع المواصفات الميكروبيولوجية الصادرة عن وزارة الزراعة الأمريكية خاصة بكثير من منتجات الألبان ولكنها لا تتضمن الجبن حيث أن علاقة هذه الوكالة بالنواحى الميكروبيولوجية تكون مرتبطة أكثر باللبن الخام عنه بالمنتج النهائى .

٧-٣- المجتمع الأوروبى European community (EC)

يهتم EC بوضع مواصفات ميكروبيولجية للأغذية وخاصة من خلال السوق المشتركة خاصة بالدول الأروبية أبتداء من عام ١٩٩٣. وتوجد مواصفات ميكروبيولوجية خاصة بالجبن الطرية والطازجة وتتضمن عدم وجود *L.monocytogenes* أو *Salmonella* فى ٢٥ جرام من العينة مع وجود حدود لأعداد بكتريا القولون . تطبيق هذه المواصفات بواسطة EC يساعد على تحسين الجودة الميكروبيولوجية للجبن الناتجة والتى تسوق فى السوق المشتركة .

٧-٤- دستور الأغذية Codex Alimentarius

يتضمن دستور الأغذية مواصفات عامة للجبن مثل محتوى الجبن من الدهن والرطوبة والإضافات الضرورية والأختيارية فى٣٥ نوع من الجبن المختلفة ؛ ولا تتضمن مواصفات ميكروبيولوجية لهذه الأنواع من الجبن .

ويتضمن دستور الأغذية عدة تشريعات خاصة بالنواحى الصحية ولكن لا يوجد منها ما يخص صناعة الجبن . وعند أصدار مثل هذه التشريعات فإنها عادة تتضمن مواصفات ميكروبيولوجية . كما توجد مواصفات ميكروبيولوجية لمنتجات الألبان الجافة والكازين والكازينات ولكن لا توجد من هذه المواصفات ما ينطبق على صناعة الجبن .

مما سبق يتضح أن التشريعات لمراقبة الميكروبات المرضية فى الجبن لا تتضمن مواصفات معينة تتعلق مباشرة بالميكروبات المرضية والتشريعات الرقابية توجه بصفة أساسية إلى مراقبة الجودة الميكروبيولوجية للبن الخام المستخدم فى صناعة الجبن . أما فيما يتعلق بالجودة الميكروبيولوجية للجبن الناتج فيتم التعامل معه بطريقة مختلفة حيث تعتبر الجبن المحتوية على ميكروبات مرضية أنها أغذية مغشوشة adulterated food . لذلك فإن الأمر يتطلب تطوير التشريعات الميكروبيولوجية القائمة بحيث تشمل الجبن ومنتجاتها أو