## 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 $\alpha_{s1}$-,$\alpha_{s2}$-, 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 بيتيدات 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 هـذه المجاميع على درجة كبيرة من الأهمية حيث تسمح بالأرتباط بأيونـات الكالسيوم مع البروتينـات . فى اللبن البقرى يحتوى k-caesin على ١ أو ٢ ، β-casein على ٥ ، $\alpha_{s1}$-casien على ٨ أو ٩ ، $\alpha_{s2}$- 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 بأيونـات الكالسيوم فإن $\alpha_s$- and β-caseins يترسب ولكن k-casein لا يترسب ، وشقوق $\alpha_s$-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 $\alpha_s$- 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 مستولة 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 $\alpha_{s1}$- 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 الجزيئي | ٪ من الكازين الكلى | مجاميع الفوسفوسرين | حساسية الكالسيوم | كربوهيدريت |
|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha_{s1}$- | ٢٣٠٠٠ | ٣٨,١ | ٨ ، ٩ | ++ | - |
| $\alpha_{s2}$- | 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 ($\beta_1$ , $\beta_2$) اللذان يختلفان فقط فى درجة الفسفرة . كما يحتوى كل من لبن الغنم والماعز على بروتينات مشابه لـcaseins- $\alpha_{s1}$-,$\alpha_{s2}$ فى اللبن البقرى. ويوجد casein - $\alpha_{s2}$ 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 $\alpha_s$-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 تغييرات 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 $\alpha_{s1}$-,$\alpha_{s2}$-,β-and k-caseins. يرجع الأختلاف بين الكازينات فى كل من اللبن البقرى والجاموس فى أن الأخير يحتوى على شقين من $\alpha_{s1}$-casein مع وجود إختلاف بينهما فى مجموعة فوسفات واحدة فقط . الأختلاف الآخر يرجع إلى نسبة كل من $\alpha_{s1}$-,$\alpha_{s2}$-,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 $\alpha_{s1}$ - + $\alpha_{s2}$ ونسب k-andβ-caseins متساوى تقريباً فى كل نوعى اللبن ولكن $\alpha_{s2}$- 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 $\alpha_{s1}$-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 $\alpha_{s1}$-caseins البقرى والجاموسى متماثل . يوجد شقين من $\alpha_{s2}$-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 $\alpha_{s2}$-casein لكل من البقرى والجاموسى .

تتماثل شقوق الكازين فى البقرى والجاموسى فى درجة حساسيتها فى وجود أيونات الكالسيوم $Ca^{2+}$ ، سلوك الشقوق - $\alpha_{s1}$-، $\alpha_{s2}$ متماثل عند جميع تركيزات $Ca^{2+}$ كما أن كل من شقى -$\alpha_{s2}$ 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 $\alpha_{s1}$-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 من$\alpha_{s1}$-casein

كما أن تحلل $\alpha_{s1}$-casein مرتبط بالتغيرات فى الصفات الريولوجية للجبن حديثة الصنع . لهذا يبدوا أن $\alpha_{s1}$-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 بيتالاكتوجلوبيولين (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 .

**١-٣-٢- 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 بالليبدات (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 بالليبدات ١,٥٪ من الليبدات بينما الباقى عبارة عن ليبدات حرة يمكن استخلاصها بـpetroleum ether . عادة أكثر من ٩٨٪ من الليبدات 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 cis $C_{18:1}$( حمض الأوليك). توجد فى المجترات أنزيمات desaturase ، أنزيمات متخصصة فى تحويل $C_{18}$ إلى cis $C_{18:1}$ 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 الجليسريدات 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 والموليبدات 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 في لبن الماعز كما في الجدول السابق ، تدل على أن اللبن لم يتم إنتاجه تحت ظروف صحية جيدة . توجد الأحماض العضوية الآخرى ، ما عدا حمض الستريك ، في تركيزات منخفضة في الألبان المختلفة وغالباً ما تكون متماثلة في هذه الألبان .

**جدول ١٠-٢ : الأحماض العضوية في 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 |
| هيبوركHuppuric | ٨ | ١٥ | ١٢ |

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

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 أكبر حيث 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 ٠,٣٪ 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 .