



تكنولوجيا الألبان
(منتجات التخمير) الجزء النظري



منشورات جامعة دمشق

كلية الزراعة

تكنولوجيا الألبان (منتجات التخمير) الجزء النظري

الدكتور

أنطون طيفور

أستاذ في قسم علوم الأغذية

الدكتور

سمير سليق

أستاذ في قسم علوم الأغذية

الدكتورة

عهد أبو يونس

أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية

1437 - 1438 هـ

2015 - 2016 م

جامعة دمشق

الفهرس

7	المقدمة
9	الفصل الأول لمحة تاريخية عن صناعة الألبان المتخمرة والأجبان
15	الفصل الثاني البادئات
17	1- تعريف البادئات
22	2- تصنيف البادئات المستخدمة في تصنيع الألبان ومنتجات الألبان المتخمرة
26	3 - العوامل المؤثرة في نشاط البادئ:
28	4 - اختيار بكتيريا البادئ:
32	5 - التعايش بين بكتيريا البادئ :
33	6 - النشاط الفيزيولوجي لبكتيريا البادئ:
35	7 - تأثير البادئ على صفات اللبن:
36	9- صور حفظ البادئات:
40	10 - خطوات تحضير البادئات وتجديدها:
47	الفصل الثالث الألبان المتخمرة
50	تقسيم أنواع الألبان المتخمرة:
51	تعريف اليوغورت:
53	تصنيع اليوغورت:
56	الحصول على البادئ :
72	أنواع اللبن أو اليوغورت وطرق تقديمها:
75	أنواع اليوغورت المحلى والمطعم بنكهات:
78	لمحة عن بعض أنواع الألبان المتخمرة المنتشرة في العالم:

85	الفصل الرابع الأجبان
87	تعريف الجبن
88	إنتاج الجبن
90	تصنيف الجبن
92	العوامل المحددة لنوعية الجبن
100	العوامل المؤثرة على سرعة التجبن الأنزيمي (المنفحي)
103	البيانات المستخدمة في صناعة الأجبان
125	الطرائق الحديثة (المستمرة) في تصنيع الأجبان
126	بعض مظاهر مكننة تصنيع الأجبان
131	الانتاج المستمر للخبثرة
133	تصنيع الأجبان المحتوية على بروتينات المصل
137	الأجبان المصهورة (المصنعة أو المطبوخة):
138	خطوات التصنيع
140	فساد الجبن وعيوبه
143	الفصل الخامس المنتجات الثانوية لصناعة الألبان المتخمرة
146	تركيب مصل الجبن وخواصه
151	تقانات الفصل الغشائي المستخدمة
153	المعالجة الكيميائية للمصل
155	الفصل السادس القيمة الغذائية للألبان المتخمرة
159	العناصر الغذائية في الأجبان
166	الفوائد الصحية والعلاجية للألبان المتخمرة

المقدمة

شهدت سورية في السنوات العشرة الماضية انفتاحاً كبيراً على إقامة المنشآت الصناعية وبناء مصانع الأغذية المختلفة ولاسيما الألبان المتخمرة، وهي مدفوعة بشعور وطني في توفير الغذاء الجيد والصحي لمواطنيها ولأبناء الوطن العربي. وبالرغم من الحداثة في استيراد أجهزة التصنيع الغذائي وإمكانية تلك الآلات، فهي غير قادرة على تصنيع الغذاء الجيد المتميز بالخصائص الغذائية اللازمة توفرها في الأغذية المصنعة إذا لم يتم إدارة هذه الخطوط ويشرف على تشغيلها عمال مدربون ومهندسون مهرة، تزودوا بالأساس العلمي اللازم لتصنيع الألبان المتخمرة، لأن التأهيل العلمي الرفيع واكتساب المعرفة الصحيحة هي الضمانة التي تعصم من الخطأ وتجنب الوقوع في المصاعب ولا يمكن امتلاك هذه المعرفة إلا بدراسة مقرر الألبان المتخمرة الذي يُدرس الأسس والمبادئ التي يقوم عليها تصنيع الألبان المتخمرة، ويُعرف الطالب الهدف المأمول من كل عملية صناعية، وحدودها العلمية في تطبيق المعاملات التصنيعية اللازمة، وهذا ما يؤمل أن يقدمه هذا المقرر الذي يدرس لطلاب تخصص علوم الأغذية السنة الخامسة في كلية الزراعة بهذه الروح العلمية الصادقة والأمل العميق لتقديم كل ما هو جديد بهدف الفائدة العلمية وإعطاء الطالب النظرة الثاقبة والفهم الصحيح.

ولإنجاز فصول هذا الكتاب العلمي تولت الدكتورة عهد أبو يونس كتابة الفصل الأول الذي تناول اللوحة التاريخية عن صناعة الألبان والأجبان والفصل الثاني الذي تناول البادئات وأهميتها ومراحل إنتاجها، والفصل الخامس الذي تناول المنتجات الثانوية لصناعة الألبان والفصل السادس الذي تناول القيمة التغذوية والعلاجية للألبان المتخمرة، وتولى الأستاذ الدكتور سمير سليق كتابة الفصل الثالث الذي تناول شرح اللبن الرائب وطرائق تصنيعه وتصنيع اللبن المنكه، كما تناول الأستاذ الدكتور أنطون طيفور الفصل الرابع الذي تناول تصنيع الأجبان بأنواعها. يأمل المؤلفون أن يكون هذا الكتاب عوناً وذخراً لطلاب الشعبة العامة في معرفة الفائدة والخبرة العملية ليكون مرشداً لتخطي العقبات التي يواجهونها مستقبلاً.

المؤلفون



الفصل الأول

لمحة تاريخية عن صناعة الألبان
المتخمرة والأجبان



لمحة تاريخية عن صناعة الألبان المتخمرة والأجبان

تُعدّ الألبان المتخمرة من أقدم ما عرفه الإنسان من المنتجات الغذائية المتخمرة، وهي عبارة عن حليب حدث له تخمر مرغوب بفعل نشاط الأحياء الدقيقة المرغوب بوجودها، ولذلك تعتمد في صناعتها على تنمية بعض أنواع الأحياء الدقيقة التي تستهلك سكر اللاكتوز في الحليب وتحوله إلى حمض اللبن بصورة أساسية. وعند وصول نسبة هذا الحمض إلى 0.6-0.7% تتخثر المكونات البروتينية في الحليب محولة قوام الحليب إلى الهينة شبه الصلبة والتي تُعدّ من مواصفات بعض أنواع الألبان المتخمرة. وتنتج الألبان المتخمرة في جميع أنحاء العالم، ويوجد عدد كبير من أنواع الألبان المتخمرة في العالم حيث يصل تعدادها إلى ما يزيد عن ألف نوع منتشر، وقد تطورت صناعة الألبان المتخمرة في العالم خلال السنوات الأخيرة، نتيجة انتشار المعامل الكبيرة وتطبيق وسائل تقنية حديثة في الصناعة، إضافة إلى اعتماد البادئات في التصنيع لضمان الحصول على منتجات ذات مستوى جيد وبالجودة نفسها، كما لعب تطوير وإصدار التشريعات التي تتحكم بسوية النوعية الجيدة للمنتجات المتخمرة.

ومن خلال التطور الزراعي الذي حدث منذ أكثر من 8000 سنة والتي حدث فيها تطويع للنباتات والحيوانات لتلبية احتياجات الإنسان، الذي أدرك القيمة الغذائية للحليب الذي تنتجه حيوانات المزرعة، والتي أصبحت تنافس بالتغذية حليب الأم، ومن سوء الحظ فإن الحليب لا يمتلك فترة صلاحية طويلة، لكونه يحتوي على العناصر الغذائية المناسبة لنمو الأحياء الدقيقة الممرضة والمسببة للفساد، لذلك كان لابد من تصنيع الحليب لمنتجات تحتفظ بقيمته الغذائية من جهة، وتضمن توفر هذه القيمة خلال السنة من جهة أخرى، ويصنع بطريقة آمنة وسليمة. بعض الأحياء الدقيقة والمعروفة باسم بكتيريا حمض اللبن التي تقوم عند نموها باستخدام سكر اللاكتوز كمصدر للطاقة ما يسبب إنتاج حمض اللبن، وعند زيادة نسبة الحمض يسبب تخثر بروتين الحليب (الكازين) ومنه ينتج خثرة، ومن هنا نتجت فكرة تصنيع الألبان المتخمرة. هذه الصناعة يعتقد بأنها أتت بشكل عفوي وتعود إلى ما قبل آلاف السنين قبل الميلاد، حيث عرف الإنسان وطبقاً لبعض الأساطير القديمة والمكتشفات الأثرية الحديثة الجبن بواسطة تاجر

عربي كان ينقل الحليب ضمن أوعية مصنوعة من معدات وكروش الأغنام ضمن الصحراء ففي مثل هذه الظروف الحارة ونظراً لاحتواء هذه الكروش على أنزيمات مجبنة للحليب فمن الممكن حدوث عملية التجبن. ومن الصحراء العربية تم انتقال صناعة الجبن إلى أوروبا ومن ثم إلى مختلف أنحاء العالم، وكان لها الفضل في سد الحاجة في حفظ الفائض من الحليب الناتج عن الصيف لاستخدامها في الشتاء، وكانت الأجبان تمثل أحد أهم المنتجات الغذائية بالإضافة إلى منتجات الحبوب واللحوم المملحة والجافة وغيرها من المنتجات، حيث كانت خطوات التصنيع والوصفات والمهارات الخاصة تنتقل من جيل إلى آخر. وأصبحت صناعة الأجبان فن قائم بحد ذاته مع اكتساب معلومات عن الكيمياء والميكروبيولوجيا صار من الممكن السيطرة على التغيرات في صناعة الأجبان بشكل أكثر دقة. ومن خلال التاريخ الطويل لصناعة الجبن فإنه يمكن القول أن أنواع الجبن الأساسية standard cheese معروفة منذ زمن طويل وعلى الرغم من أن أسماء كثير من أنواع الجبن المعروفة حالياً قد أدخلت منذ مئات السنين فعلى سبيل المثال ذكر جبن الجروجونزولا Gorgonzola الإيطالي منذ عام 897 م، وجبن الركفورت Roquefort الفرنسي منذ عام 1070 م. وجبن الشيدر Cheddar الإنكليزي منذ عام 1500 م وجبن الجود Gouda منذ عام 1697 م، وجبن الكمبير منذ عام 1791 م.

وهناك أنواع جديدة ورئيسية من الجبن قد استتبطت حديثاً نتيجة للبحث العلمي، تطورت أنواع أخرى بدرجة كبيرة حتى أصبحت أنواعاً جديدة نتيجة لتتابع البحث العلمي وظهرت تكنولوجيات جديدة، فمثلاً جبن الفتا Feta تنتج بواسطة الترشيح الفائق ultrafiltration (UF)، وكذلك أشكال مختلفة من جبن الكوراج Queso.

من المصادر الرئيسية التي يرجع إليها التباين في صفات الجبن هو أنواع الحيوانات المنتجة للحليب فبالرغم من أن حليب أنواع مختلفة من الحيوانات تستخدم في صناعة الجبن إلا أن البقر أهم هذه الحيوانات بينما الغنم والماعز والجاموس لهم أهمية تجارية في بعض المناطق. هنالك اختلافات معنوية هامة في تركيب الحليب نتيجة اختلاف نوع الحيوان التي تنعكس على صفات الجبن الناتج من نوع الحليب، ومن

الاختلافات الرئيسية نتيجة اختلاف نوع الحيوان التي لها أهمية من حيث تركيز الكازئين، تركيز الدهن، وخاصة محتواه من الأحماض الدهنية، تركيز الأملاح وخاصة الكالسيوم، كما أن هنالك اختلافات معنوية في تركيب الحليب بين أجناس الحيوانات ما يؤثر على نوعية الجبن وجودته، كما أن هنالك اختلافات تعزى إلى الفصل وعوامل تغذوية وطريقة إنتاج الحليب وتخزينه وتجميعه وبالتالي تؤثر على جودة الجبن الناتج.





الفصل الثاني

البادئات



البادئات

1 - تعريف البادئات Starters: البادئات هي مزارع ميكروبية محددة تضاف إلى الحليب أو منتجاته بقصد تحسين صفات الناتج اللبني أو إنتاج النكهة المرغوبة. فعلى سبيل المثال، إن صناعة العديد من أنواع الأجبان والألبان المتخمرة والزبدة تتوقف إلى حد كبير على نمو بعض بكتيريا حمض اللبن، إضافة إلى أنه من الضروري وجود بكتيريا البادئ بحالة نشطة في بعض أنواع الأجبان لكي يمكنها من إنتاج حمض اللبن في وقت قصير. ولا يقتصر نشاط البادئات على إنتاج حمض اللبن، بل يتعداه إلى إنتاج بعض البادئات لمركبات أخرى تكون مسؤولة عن النكهة كإنتاج مركبات الداي أسيتيل Diacetyl وأسيثيل مثيل كربونيل Acetylmethyl carbinol عند تصنيع الزبدة.

ومن الممكن تلخيص مراحل ظهور البادئات وتطورها على الشكل التالي:

ظهر في أوروبا في بداية القرن العشرين، مسحوق من بكتيريا البادئ المختلطة لإنتاج جبن الشيدر إلا أنه تسبب في ظهور عيون في قوام الجبن أو ما يسمى بالقوام المفتوح، وقام العالم Whitehead بطول عام 1935 بعزل بكتيريا *Lactococcus lactis* بشكل نقي واستخدمها كبادئ في صناعة الأجبان، إلا أن هذا البادئ فشل بعد فترة نتيجة لإصابته بالفاج (phage) (الفيروس الذي يصيب بكتيريا حمض اللبن). وتم الاعتماد على استخدام بادئات مزدوجة سائلة في الأربعينيات، يتم تحضيرها في أوعية كبيرة محكمة الإغلاق للحماية من الفاج، واستمر ذلك حتى منتصف الستينيات حيث ظهرت مشكلة النكهة الحامضية والطعم المر في الأجبان، وكان إنتاج بادئات مفردة قد تباطأ بشكل تدريجي في السبعينيات، حيث تم الاعتماد على البادئات المزدوجة بنسبة (1: 2) (حساس: مقاوم للفاج)، واستخدمت دورة التجديد كل 4 أيام. وفي منتصف الثمانينيات عمل العالم Resarch على إنتاج أنواع تابعة لجنس *Lactococcus* مقاومة للفاج، ما سمح باستخدام بادئ مفرد من بكتيريا *Lc. lactis* في صناعة أنواع من الأجبان في نيوزلندا، إلا أن ذلك لم يستمر طويلاً. وبحلول التسعينيات، ظهر ما

يسمى ببادئات DVI (Direct Vat Inoculation) وهي عبارة عن بكتيريا حمض اللبن الكروية والمحبة للحرارة المتوسطة معدلة وراثياً لمقاومة الفاج، يتم إضافتها مباشرة لكميات الحليب المراد تصنيعها، وهي كثيرة الاستعمال في صناعة بعض أنواع الأجبان في أوروبا حيث تستخدم بشكل بادئات مفردة، ومن الممكن أن يتم استخدامها مع بكتيريا *Streptococcus thermophilus* بنسبة 1:1 للحصول على بادئات بعض الأجبان كجبين الشيدر.

وفي منتصف التسعينات ظهر استخدام بادئ مفرد من بكتيريا *Lb. acidophilus* المستخدم بشكل أساسي لإنتاج اللبن الأسيدوفيلوس (*Acidophilus*) حيث تميل هذه البكتيريا للنمو البطيء في الحليب ما يسمح بإنتاج منتجات علاجية، ومن الممكن أن يتم استخدامها ضمن بادئات مزدوجة مع بكتيريا *Bifidobacterium bifidus* تستخدم للغرض نفسه وتدعى بالمنتجات اللبنية المفيدة (Bio)، ومن الممكن اللجوء إلى أنواع محبة للحرارة المتوسطة تستخدم مع البكتيريا المحبة للحرارة العالية لإنتاج عديدات السكريد الخارجية (Exopolysaccharides).

تصنيف بكتيريا حمض اللبن:

تنتمي بكتيريا حمض اللبن إلى عائلتين منفصلتين *Streptococcaceae* و *Lactobacillaceae*. ويندرج تحت مجموعة بكتيريا حمض اللبن مجموعة من الأجناس: *Aerococcus* (A.)، *Lactobacillus* (Lb.)، *Leuconostoc* (Ln.)، *Pediococcus* (P.) و *Streptococcus* (S.)، *Enterococcus* (E.)، *Lactococcus* (Lc.)، و *Vagococcus* (V.) وفيما يلي عرض لبعض أهم أجناس بكتيريا حمض اللبن التي تملك أهمية في صناعة الألبان المتخمرة:

1 - جنس *Lactococcus*: البكتيريا التابعة لهذا الجنس بكتيريا كروية الشكل تتجمع بصورة أزواج أو سلاسل قصيرة، وهي موجبة الغرام، محبة للحرارة المتوسطة (Mesophilic)، متجانسة التخمر (Homofermentative)، بعضها ينتج متعددةات السكر (Exopolysaccharide EPS) و/أو مضادات بكتيرية (Bacteriocins)، ولا تملك سياط (Flagella) للحركة، ولا تشكل أبواغ داخلية (Endospores). وهناك

عدة أنواع لها صلة خاصة بتصنيع منتجات الألبان أهمها: *Lactococcus lactis* وله ثلاث تحت أنواع: *L.c.lactis ssp. cremoris*, *L.c.lactis ssp. lactis*، *L.c.lactis ssp. lactis biovar diacetylactis*

2 - جنس *Streptococcus*: اشتق اسم هذا الجنس من الاسم اليوناني streptos، وتُعدّ الأنواع التابعة لهذا الجنس كروية، موجبة الغرام قطرها أقل من 1 ميكرون، وتوجد بشكل مفرد أو أزواج، لا تنمو في أخفض من الدرجة 10 م، وأكثر أنواع هذا الجنس تنمو بشكل أفضل بين درجتي الحرارة 30 م - 50 م، ويتطلب نموها وجود مجموعة فيتامين B والأحماض الأمينية الأساسية، وهي بكتيريا لاهوائية اختيارية، متجانسة التخمر، تنتج حمض اللبن تماكب (+) L وأسيت ألدهيد والداي أستيل عند تخميرها للاكتوز الحليب، كما أن بعض أنواع هذا الجنس تنتج متعددات السكر (ESP)، ومنها أنواع ممرضة ومسببة للتقيحات، ومن أهم الأنواع التابعة لجنس *Streptococcus*: *Strep. equi*, *Strep. bovis*, *Strep. pneumoniae*, *Strep. thermophilus*

3 - جنس *Enterococcus*: إن مصدر معظم أنواع هذه المجموعة أمعاء الإنسان والحيوان، ويتضمن هذا الجنس بكتيريا تتصف بالصفات التالية: موجبة الغرام، غير متبوعة، وغير متحركة، ولاهوائية، تخمر الحليب بطريقة متجانسة، وتستطيع مقاومة درجة حرارة البسترة، ويمكن أن تنمو بين درجتي 5 - 50 م، وتحمل pH تصل حتى 9.6، ومن أهم الأنواع التابعة لجنس *Enterococcus*: *E. faecalis*، *E. faecium*، *E. durans*، *E. avium*

4 - جنس *Lactobacillus*: يُعدّ هذا الجنس من أكبر أجناس بكتيريا حمض اللبن، يتبع عائلة *Lactobacillaceae*، وتتمتع الأنواع التابعة لهذا الجنس بالمقدرة العالية على مقاومة الظروف البيئية غير المناسبة كالملوحة المرتفعة والحموضة المنخفضة نتيجة مقدرتها على صرف الطاقة لإجراء التفاعلات الحيوية التي تساعد على التأقلم مع الظروف الجديدة. ويتبع لهذا الجنس حالياً حوالي 27 نوعاً، وتُعدّ البكتيريا التابعة لجنس *Lactobacillus* عصوية، موجبة الغرام، غير متبوعة، غير متحركة، لاهوائية

اختيارية أو لاهوائية إجبارية، وهي غير مرجعة للتربيت، كما أنها لا تملك أنزيمي الكاتالاز أو الأوكسيداز.

ويمكن تقسيم هذا الجنس إلى ثلاث مجموعات وهي:

1 - مجموعة I: تضم العصويات اللبنية متجانسة التخمر لاهوائية إجبارية (obligately homofermentative lactobacilli): هذه المجموعة تنتج حمض اللبن بكميات كبيرة، فهي تعطي جزئيتي حمض لبن من جزئية غلوكوز دون انتاج غاز، ونجد ضمن هذه المجموعة بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة حيث تعيش بدرجة حرارة تصل حتى 45°م، ولا تنمو في الدرجة 15°م، ومن الممكن لبعض سلالات الأنواع أن تقاوم درجات الـ pH تصل حتى 8، كما أنها لا تنمو بالتراكيز العالية للملوحة. ومن أهم الأنواع التابعة لهذه المجموعة: *Lb. lactis*، *Lb. delbrueckii ssp. Bulgaricus*، *Lb. helveticus*، *acidophilus*

2 - المجموعة II: تضم هذه المجموعة العصويات غير متجانسة التخمر، هوائية - لاهوائية اختيارية (facultative heterofermentation lactobacilli)، وتخمر الأنواع التابعة لهذه المجموعة السكاكر السداسية منتجة حمض اللبن، وعند تخميرها للسكاكر الخماسية تنتج حمض اللبن وغاز CO₂ وحمض الخل والإيثانول، وأهم الأنواع التابعة لهذه المجموعة: *Lb. casei*، *Lb. plantarum*

3 - المجموعة III: مجموعة العصويات غير متجانسة التخمر لاهوائية إجبارية (obligately heterofermentation lactobacilli)، تخمر السكاكر السداسية وتنتج غاز الكربون والإيثانول وحمض اللبن بنسبة متساوية، وتمتلك صفات حامضية ضعيفة، تحتوي على 23 نوعاً، ولا تعتبر الأنواع التابعة لهذه المجموعة من الأنواع المستخدمة في بادئات المنتجات اللبنية المتخمرة، بل تُعدّ من الفلورا الطبيعية المتواجدة في هذه المنتجات، ومن الأنواع التابعة لهذه المجموعة: *Lb. brevis*، *fermentum*

5- جنس *Leuconostoc* : الأنواع التابعة له كروية الشكل وتصبح أكثر تطاولاً في الأوساط الحامضية، وهي موجبة الغرام، غير متحركة، وتتوضع بشكل مفرد أو بشكل أزواج مشكلة سلاسل قصيرة أو متوسطة الطول وذلك تبعاً لمكونات وسط النمو ولوجود الغلوكوز فيه، وهي بشكل عام غير متجانسة التخمر (Heterofermentation)، قادرة على إنتاج غاز CO_2 إضافة لإنتاجها للداي أستيل وللاست ألدهيد، وللايتانول، ولحمض الخل. وأهم الأنواع التابعة لجنس *Leuconostoc* : *L.n. cremoris*، *L.n. dextranicum*، *mesenteroides*.

6 - جنس *Pediococcus* : من البكتيريا الكروية، تتوضع بشكل مفرد وليس بشكل سلاسل، كما أنها موجبة الغرام، لاهوائية اختيارية، ولا تمتلك المقدرة على تكوين الغاز، غير متحركة، غير منتجة للنترات، تنمو في درجات الحرارة بين 25°م إلى 40°م، وتنمو في درجات pH تتراوح ما بين (4.5 - 7.0)، ومن أهم أنواعها: *P. aciditactici*، *P. pentosaceus*.

7- جنس *Bifidobacterium* : هي بكتيريا موجبة الغرام، لا هوائية إجبارية، غير مكونة للأبواغ، سالبة الكاتلاز، غير متحركة، تظهر تحت المجهر بشكل عصيات طويلة أو بشكل عصيات قصيرة جداً متغيرة العرض، أو قد تكون على شكل V، Y أو X، وتنمو الأنواع التابعة لجنس *Bifidobacterium* بدرجة حرارة 25 - 45°م، وفي مدى من درجات الـ pH بين 5-8. وأهم الأنواع جنس *Bifidobacterium* نذكر منها: *B. longum*، *B. lactis*، *B. infantis*، *B. bifidum*، *B. brev*، *B. adolescentis*.

نستعرض هنا مجموعة من المصطلحات يتكرر تداولها في البادئات:

أ - **Probiotics** : عبارة عن إضافة أو مكملات للحمية من بكتيريا أو خمائر حية يعتقد أنها صحية للكائنات المضيفة لها. وحسب ما عرفتفا FAO/WHO فهي: كائنات حية دقيقة والتي عندما توجد بكميات ملائمة تعطي فوائد صحية للمضيف.

ب - **Lactic Acid Bacteria LAB** : هي الشكل الأكثر شيوعاً واستخداماً من هذه الكائنات، واستخدمت في الصناعات الغذائية لعدة سنين لقدرتها على تحويل السكريات

(اللاكتوز) وغيرها من الكربوهيدرات لحمض اللبن. وهذا الحمض لا يعطي فقط الطعم الحامض للألبان المتخمرة مثل اللبن ولكن أيضاً يخفض الـ pH فيخلف فرص أقل لحدوث الفساد بسبب نمو الكائنات الأخرى وبذلك يخلق فوائد صحية أكثر.

السلالات التابعة للجنسين *Lactobacillus* و *Bifidobacterium* هي الأكثر استخداماً بالنسبة لبكتيريا probiotic.

كما أن مزارع هذه البكتيريا هي المطلوبة لمساعدة الجسم ليشكل فلورا الجهاز الهضمي بشكل طبيعي وتكوين بيئة للميكروبات لإعادة تكوين نفسها. وعادة ما ينصح الأطباء وخاصة أخصاء التغذية بضرورة تدعيم الجسم بهذه البكتيريا لإعادة الفلورا الطبيعية للجسم بعد تناول الـ Antibiotic (المضادات الحيوية) لسبب ما. وببعض الحالات فإن البكتيريا التي تعمل بشكل جيد مع أجسامنا قد تتناقص أعدادها فتسمح للبكتيريا المنافسة أن تنمو بقوة.

ج - **Prebiotics**: هي مضافات غذائية (ألياف) على شكل كربوهيدرات غير قابلة للهضم والتي تعد مفضلة لنمو الميكروفلورا المرغوبة في الأمعاء الغليظة.
° هي مكونات غذائية غير قابلة للهضم تحرض وبشكل محدد نمو أوساط الأحياء الدقيقة المفيدة الموجودة أصلاً في قولون الإنسان.

د - **Synbiotic**: عندما يتم دمج Probiotics مع Perbiotic يتم ما يسمى Synbiotic حيث إن Probiotics نشيطة بشكل رئيسي في الجهاز الهضمي بينما الـ Perbiotics فعالة فقط في الأمعاء الغليظة.

2 - تصنيف البادئات المستخدمة في تصنيع منتجات الألبان المتخمرة:

أ- بحسب نوعها:

1 - البادئات الطبيعية: عبارة عن حليب أو مصل أو لبن ترك ليتخمر طبيعياً واكتسب صفات أعجبت صانع الألبان المتخمرة، إلا أن هذه البادئات غير مضمونة الاستخدام لعدم نقاوتها واحتمال تلوثها ببكتيريا وخمائر غير مرغوب فيها أو ببكتيريا ضارة لصحة الإنسان.

2 - البادئات الصناعية: هي مزارع نقية من البكتيريا المرغوبة المنتخبة تتكون عادة من سلالة واحدة أو أكثر معروفة المصدر والصفات وبذلك لا يخشى من استعمالها. وتوجد البادئات الصناعية في عدة صور تجارية أما على صورة سائلة أو صورة مجففة أو مجففة. ولقد تخصصت شركات كبيرة يعمل بها العديد من الباحثين في إنتاج هذه المزارع الميكروبية المعروفة بالبادئات. تقوم هذه الشركات بإنتاج العديد من البادئات الخاصة بكل ناتج لبنى متخمّر كإنتاج الزبدة والأجبان واللبن الرائب.

ب - بحسب منتجات التخمّر:

1 - بكتيريا التخمّر المتجانس (Homofermentative): إن ناتجات التخمّر لهذه البكتيريا هي حمض اللبن بشكل أساسي، حيث تنتمي بكتيريا حمض اللبن متجانسة التخمّر والتي تدخل في البادئات إلى الأجناس *Lactococcus* ومن أهم أنواعها *Lc. lactis* حيث تبلغ نسبة حمض اللبن المتكون 0.8 - 1% و *Lc. cremoris* الذي يمتلك المقدرة على إنتاج الأمونيا من الأرجنين، كما أنه من الممكن استخدام بكتيريا تابعة لجنس *Lactobacillus* ومن أهم أنواعها *Lb. acidophilus* و *Lb. bulgaricus* المستخدم في تصنيع اللبن الرائب، والنوع *Lb. helveticus* و *Lb. delbrueckii ssp. lactis* المستخدمان في صناعة الأجبان القاسية الإيطالية، إضافة إلى بكتيريا *S. thermophilus*.

2- بكتيريا التخمّر غير المتجانس (Heterofermentative): حيث تقوم هذه البكتيريا بتصنيع حمض الخل وكحول الإيثانول والغليسول وثاني أكسيد الكربون إضافة إلى حمض اللبن. ومن أهم البكتيريا المستخدمة كبادئات؛ البكتيريا التابعة لجنس *Leuconostoc* ومن أهم أنواعها *Ln. cremoris* و *Ln. dextranicum*.

ج - بحسب درجة حرارة نموها: تستخدم عادة المقدرة على النمو بدرجة حرارة بين 10 م وحتى 45 م في تمييز بين أنواع البكتيريا المحبة للحرارة العالية والمحبة للحرارة المتوسطة، وبشكل عام من الممكن أن تقسم البادئات إلى نوعين كما يلي:

1 - بادئات محبة للحرارة المتوسطة mesophilic ودرجة حرارتها المثلى حوالي 30° م.

2- بادئات محبة للحرارة العالية thermophilic ودرجة الحرارة المثلى لها 45° م. ويوضح الجدول التالي بعض صفات البادئات

خصائص بعض بكتيريا حمض اللبن الموجودة في البادئات

البكتيريا	تحت المجهر	متوسط انتاج الحموضة %	اختزال السترات	النمو بدرجة حرارة م		
				45	31	10
<i>Streptococcus thermophilus</i>	كروي	0.6	-	-	+	+
<i>Lactobacillus helveticus</i>	عصوي	2.0	-	-	+	+
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	عصوي	1.8	-	-	+	+
<i>Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis</i>	عصوي	1.8	-	-	+	+
<i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i>	كروي	0.8	-	+	-	-
<i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>	كروي	0.8	±	+	+	-
<i>Leuconostoc lactis</i>	كروي	أقل من 0.5	+	+	-	-
<i>Leuconostoc cremoris</i>	كروي	0.2	+	+	-	-

د - بحسب تعداد السلالات المكونة للبادئ : تقسم البادئات المستخدمة في تصنيع منتجات الألبان المتخمرة إلى:

1 - بادئات مفردة السلالة (Single): وهي البادئات التي تحتوي على نوع واحد فقط من بكتيريا حمض اللبن، وقد انتشر هذا النوع من البادئات في منتصف الثمانينيات

في أستراليا ونيوزيلندا وكان أكثر الأنواع تداولاً *L.c. cremoris* و بشكل أقل *L.c. lactis*.

2 - بادئات مختلطة السلالة Mixed: وهو البادئ الذي يتكون من نوع واحد أو أكثر من نوع من البكتيريا، حيث ينتشر في الولايات المتحدة الأمريكية البادئ المكون من ثلاثة أنواع بكتيرية وهي *S.thermophilus* و *L.c.lactis* إضافة إلى *L.n.cremoris*.

والجدول التالي يبين أمثلة عن البادئات المفردة والمتعددة المستخدمة في صناعة الأجبان

بعض البادئات المفردة والمتعددة السلالات المستخدمة في صناعة الأجبان

أنواع البكتيريا	تركيب البادئات	التطبيقات
البادئات مفردة السلالة		
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	بكتيريا نقية (سلالة واحدة)	جبن الشيدر بأمريكا، ايرلندا، وكندا وأستراليا
بادئات متعددة السلالات		
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> <i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>Cremoris</i>	يستخدم منها خليط من السلالات	الأجبان القاسية المنتشرة في أمريكا وفي كندا

4 - بحسب نوع المنتج المراد تصنيعه:

أ - بادئات تصنيع اللبن الرائب

ب - بادئات تصنيع الأجبان المختلفة

يظهر الجدول التالي بعض أنواع البادئات المستخدمة بحسب المنتج

المنتج	التأثير	اسم البكتيريا
الجبن السويسري	إنتاج النكهة وتكوين العيون	<i>Propionibacterium shermanii</i>
اللبن الرائب	إنتاج الحموضة	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>
الجبن السويسري (اميني)	إنتاج الحموضة والنكهة	<i>Lactobacillus lactis</i> <i>Lactobacillus helveticus</i>
اللبن الرائب - لبن الاسيدوفيلوس	إنتاج الحموضة	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus thermophilus</i>
الزبدة - القشدة	إنتاج الحموضة	<i>Streptococcus diacetylactis</i>
الجبن - القشدة المتخمرة	إنتاج الحموضة	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i>
الزبدة - الرائب	إنتاج النكهة	<i>Leuconostoc citrovorum</i> <i>Leuconostoc dextranicum</i>
جبن الشيدر - الاجبان الطرية الايطالية	إنتاج الحموضة والنكهة	<i>Streptococcus durans</i> <i>Streptococcus faecalis</i>

3 - العوامل المؤثرة في نشاط البادئ:

يوجد العديد من العوامل التي تؤثر في نشاط البادئ، وتتضمن الاختلاف في تركيب الحليب المستخدم في التصنيع، ولاسيما عند وجود إصابة بمرض التهاب الضرع أو وجود عوامل موسمية تؤثر على تركيب الحليب، وعمليات التصنيع مثل درجة حرارة التصنيع أو الطبخ أو التحضين أو الإنضاج، ونسبة الملح المستخدمة في التصنيع والحفظ، إضافة إلى المواد المثبطة للنشاط مثل وجود المضادات الحيوية والبكتريوسينات (المضادات البكتيرية)، الأوكسجين الذائب، الفاج، الأحماض الدهنية الحرة، البكتيريا المثبطة، وبقايا المواد المطهرة. لذلك فإن الالتزام بطرق مراقبة الجودة في المعمل وطرق التصنيع الجيدة تساعد في تقليل تأثير معظم هذه العوامل إلى الحد الأدنى وتمنع التدهور في نشاط البادئات المستخدمة. ونوضح أهم هذه العوامل:

1 - المضادات الحيوية: Antibiotics

توجد بقايا المضادات الحيوية في الحليب بصفة أساسية نتيجة استخدامها في معالجة الحيوانات المصابة بمرض التهاب الضرع، وهنا يمكن أن نذكر أن التطبيق الصارم لقانون العقوبات بحق المربين أدت إلى انخفاض تداول الحليب المحتوي على المضادات، وتختلف بكتيريا حمض اللبن بدرجات الحساسية تجاه المضادات الحيوية الشائعة الاستخدام في معالجة مرض التهاب الضرع، حيث تتعلق بنوعية المضاد المستخدم وتركيزه في الحليب.

2 - المضادات البكتيرية (البكتيريوسينات) Bacteriocins

البكتيريوسينات عبارة عن بروتينات لها تأثير مثبط أو قاتل ضد بكتيريا محددة، وهي بروتينات يمكن لبكتيريا حمض اللبن إنتاجها وبعضها يؤثر في نمو بكتيريا ممرضة أو بكتيريا حمض اللبن الأخرى. والبكتيريوسينات هي بروتينات مختلفة الوزن الجزيئي ومقاومة للحرارة و pH.

3 - البكتيريوفاج (الفاج) bacteriophage

الفاج هي فيروسات دقيقة لا يمكن التعرف عليها إلا بعد إجراء عمليات صبغ خاصة، لها رأس منشوري متعدد الوجوه يتراوح طولها المقطعي العرضي بين 50 - 100 ميكروكرون، ولها غلاف بروتيني يوجد بداخلها قطعة مفردة المادة الوراثية من DNA أو RNA، يلحق بالرأس ذيل يتكون من أنبوبة مركزية حلزونية الذي يمرر من خلالها المادة الوراثية، ويسبب الفاج أضرار كبيرة في البادئات لكون الفاج يهاجم البكتيريا ويحللها ما يسبب انخفاض في قدرتها على إنتاج الحموضة.

4- بقايا المواد المنظفة والمطهرة:

تستخدم مواد التنظيف لتنظيف وتطهير خطوط الانتاج وتؤثر بقايا هذه المواد (المنظفات القاعدية، مركبات الكلورين، مركبات اليود، مركبات الأمونيوم الرباعية) على نشاط مزرعة البادئ. وإن تلوث البادئ بهذه المركبات يرجع لخطأ بشري أو عطل في دورة الغسيل الأوتوماتيكي، لذلك يجب التأكد من أن دورة الشطف تستغرق وقتاً كافياً لإزالة هذه المركبات الكيميائية من خزان البادئ النهائي.

4- بقاء المواد المنظفة والمطهرة:

يحتوي الحليب بشكل طبيعي على بعض المضادات البكتيرية (لاكتينات Lactenins وغلوتينينات Agglutinins) يمكنها وقف نمو مزارع البادئ. هذه المضادات حساسة للحرارة وتؤدي معاملة الحليب إلى تفكيكها. كما أن وجود الكريات الدم البيضاء والبالعات يسبب منع نشاط البادئ في الحليب الناتج عن مرض التهاب الضرع غير المعالج، إلا أن غلي الحليب مدة لا تقل عن 20 دقيقة على الدرجة 90°م يؤدي إلى إيقاف نشاط المواد المثبطة.

4 - اختيار بكتيريا البادئ:

يهدف استخدام البادئات في صناعة منتجات الألبان المتخمرة إلى تحقيق الأهداف التالية:

- 1- إنتاج حمض اللبن بصورة رئيسية.
- 2 - إنتاج مركبات النكهة كالدائ أسيتيل والأسيت الدهيد .
- 3 - تساعد على إنضاج الأجبان بفعل نشاطها المحلل للبروتين وبدرجة أقل للدهون.
- 4 - تقليل الاختلاف في نوعية المنتج النهائي.
- 5 - إنتاج مواد كحولية لها طعم مرغوب في بعض منتجات الألبان.
- 6 - إنتاج المضادات البكتيرية (Bacteriocins) التي تمنع نمو البكتيريا الممرضة.
- 7 - السيطرة على مستوى المرارة وإنتاج الغازات والذي قد ينتج من نمو ونشاط بكتيريا غير مرغوبة في منتجات الألبان ما تسبب طعوم غير مرغوبة أو تكون فراغات ناتجة عن إنتاج الغازات غير مناسبة، والتي قد توجد في الفلورا الطبيعية أو تتلوث بها المنتجات خلال عمليات التصنيع، وبالتالي ونتيجة مقدرة بكتيريا البادئ على إنتاج المضادات البكتيرية، تعمل على منع نموها والقضاء عليها والحصول على النكهة والمنتج المرغوب.

يتم الاعتماد بشكل عام على اختيار بكتيريا حمض اللبن لاستخدامها كبادئات بعد عزلها من مصادرها الطبيعية على مجموعة من الخصائص منها:

- أ - درجة حرارة النمو .
- ب - نسبة انتاج الحموضة.
- ج - نوعية نواتج تخمير سكر اللاكتوز .
- د - افراز البكتيريا للإنزيمات.
- هـ - انتاج المضادات البكتيرية.
- و - مقاومة البكتيريا المستخدمة كبادئ للإصابة بالفاج.

أ - درجة حرارة النمو: حيث إن درجة حرارة نمو البادئات يمكن أن تحدد نوعية المنتج اللبني المراد استخدامها لتصنيعه، فالبكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة تستخدم في صناعة الأجبان غير المطبوخة كجبين الشيدر والمنضجة باستخدام الفطور، وهي في الغالب تتكون من بكتيريا تابعة لجنس *Lactococcus* حيث تعمل هذه البادئات على انتاج النكهة والرائحة المميزة للجبين. في حين يستخدم البادئ المحب للحرارة المرتفعة في تصنيع الأجبان السويسرية والايطالية التي تطبخ على درجة حرارة مرتفعة لذلك يشترط أن يكون مقاوم للحرارة العالية. يتم استخدام البادئات المحبة للحرارة المرتفعة حالياً في صناعة اللبن الرائب وهذه تحتوي على نسبة متساوية من *S. thermophilus* و *L.b. bulgaricus*.

ب - نسبة انتاج الحموضة: تنتج هذه الحموضة بشكل رئيسي عن انتاج حمض اللبن الذي يعطي المنتج الطعم الحامضي الطازج للألبان المتخمرة، وتعمل الظروف الحامضية على منع نمو البكتيريا الممرضة وكذلك المسببة للفساد في منتجات الألبان المتخمرة، كما تسهم في نشاط أنزيم المنفحة. إن فعالية سلالة بكتيرية من بكتيريا حمض اللبن لا تقاس بالحموضة القصوى الناتجة عن نشاطها بالحليب وإنما يجب معرفة سرعة ارتفاع الحموضة للوصول إلى الدرجة التي يتطلبها أنزيم المنفحة للنشاط في حال التجبن المنفحي أو إعطاء الخثرة المطلوبة في حالة التجبن الحامضي، كما أن سرعة انتاج الحموضة تساعد على سرعة إعطاء الخثرة وخروج الرطوبة (المصل) منها. مع مراعاة أن مستوى الحموضة في المنتج اللبني يجب أن يبقى ضمن الحدود المطلوبة، لأن ذلك قد يؤثر على نوعية المنتج ومذاقه، فالحموضة الزائدة من الممكن أن تعطي الطعم المر

أو الطعم الصابوني، وتؤثر الحموضة الزائدة كذلك على القوام مسببة عيب في المنتج اللبني المتخمّر كالقوام اليش غير المرغوب في الأجبان أو انفصال المصل في اللبن الرائب.

ج- نوعية نواتج تخمير سكر اللاكتوز يندرج تحتها البكتيريا متجانسة التخمر والتي منها الأنواع *S. thermophilus* ، *L. lactis* ، *L. cremoris* و *L. acidophilus* المستخدمة كبادئات في إنتاج اللبن الرائب وبعض أنواع الأجبان ذات الطعم الحامضي، أو غير متجانسة التخمر والتي تندرج ضمنها الأنواع *L. diacetylactis* والتي من الممكن أن تستخدم في إنتاج الأجبان المنضجة لكونها تنتج النكهة والحموضة معاً، كما أن الأنواع *L. cremoris* و *L. dextranicum* تستخدم لإنتاج النكهة.

وتنتج بكتيريا حمض اللبن المكونة للبادئات مواد النكهة كالداي أستيل والأسيت أدهيد من تخمير اللاكتوز والتي تعطي اللبن الرائب الطعم المميز له، ولكن هذه المركبات تتسبب في ظهور طعوم غير مرغوبة في الأجبان المتخمرة الناتجة باستخدام البادئات المحبة للحرارة المعتدلة، لأن هذه البادئات تنتج هذين المركبين بنسبة 3: 1 (الداي أستيل: الأسيت أدهيد)، في حين أن البادئات المناسبة هي تلك التي تنتجها بنسبة 4: 1. ويتم الاعتماد على الداي أستيل وحمض الخل في إعطاء النكهة في المنتجات غير المنضجة كالأجبان البيضاء. بينما تستخدم البادئات المنتجة لغاز CO₂ في إنتاج الفتحات (العيون) في جبن الغودا Gouda . يجب أن تكون البكتيريا المنتقة لاستخدامها كبادئات غير منتجة للطعم المر، والذي يُعَد من المشكلات التي تواجه منتجي الأجبان المتخمرة التي تعتمد على البادئات المحبة للحرارة المرتفعة التي تنتج الأحماض الأمينية الكارهة للماء hydrophobic amino acids، حيث من الممكن التغلب على هذه المشكلة بمراقبة معدل نمو بكتيريا البادئ في المنتج اللبني لمنع إنتاج البيبتيدات المسببة للطعم المر ولمنع استمرار تحللها وإنتاج الأحماض الأمينية غير المرغوبة والتي قد تسبب هذا الطعم، كما أنه من الممكن لنسبة الملح المستخدمة في صناعة المنتج اللبني العمل على منع تكوّن الطعم المر حيث تقلل النسبة المرتفعة من

نفاذية خلايا بكتيريا البادئ للبيبتيدات غير المرغوبة والتي قد يؤدي تراكمها إلى انتاج الطعم المر .

د - إفراز الأنزيمات: تعمل بكتيريا حمض اللبن على تحليل الكازئين من خلال إفرازها لأنزيمات (بروتيازات والبروتينازات) من أجل الحصول على الأحماض الأمينية المطلوبة لنموها، فالأحماض الأمينية الموجودة في الحليب طبيعياً لا تسد سوى 20% من حاجتها، لذلك تعمل على تأمين باقي حاجاتها عبر تحليل الكازئين إلى الأحماض الأمينية والبيبتيدات، حيث إن وجود هذه البيبتيدات والأحماض الأمينية مهم في إنضاج الأجبان لأنها تعطي النكهة والقوام المطلوبين للأجبان المنضجة. كما وتعمل بعض أنواع بكتيريا حمض اللبن على انتاج أنزيم الليباز لتحليل الدهون الموجود في الحليب لإنتاج أحماض دهنية طيارة و H_2S ، ويسمح الرقم الحمضي (Acid Degree) ADV (Value) بإعطاء النكهة المرغوبة في الأجبان المنضجة والذي يقدر كميتها فينا ب 0.3، وفي حال ارتفاع قيمة ADV عن ذلك فإنه يسبب نكهة غير مرغوبة.

هـ - انتاج المضادات البكتيرية: تقوم بكتيريا حمض اللبن خلال عملية التخمير بإنتاج مركبات مختلفة: مثل الأحماض العضوية (حمض اللبن وحمض الخل) والداي أستيل وبيروكسيد الهيدروجين، إضافة إلى المضادات البكتيرية (Bacteriocin)، وحالياً يجري دراسة هذه المركبات لاستخدامها كمواد حافظة طبيعية للمواد الغذائية، فهذه المركبات على اختلافها نشاط مضاد تجاه البكتيريا الممرضة. ويراعى أن لا تؤثر المضادات البكتيرية المنتجة على نوع البكتيريا المستخدم ضمن البادئ في تصنيع منتجات الألبان. وقد تنوعت الدراسات التي تناولت الفعل المثبط لبكتيريا حمض اللبن على اختلاف أجناسها تجاه البكتيريا الممرضة أو البكتيريا المسببة لفساد الأغذية. أن التأثير المثبط لبكتيريا حمض اللبن لا يظهر مباشرة في الحليب الخام و منتجاته، حيث يلاحظ في البداية تزايد تعداد البكتيريا الممرضة في الحليب، ولا يحدث تراجع في نموها إلا بعد فترة تسمح بارتفاع تعداد بكتيريا حمض اللبن لتبدأ بإنتاج المضادات البكتيرية إضافة إلى انتاج الأحماض العضوية، وإن هذا التأثير يختلف بحسب مكونات الوسط نفسه أو محتويات المواد الغذائية الذي تحدث ضمنها هذه التأثيرات.

و- مقاومة البكتيريا للفاج (phage): إن الإصابة بالفاج من أكثر المشاكل الخطيرة التي يتعرض لها البادئ لأن ذلك يسبب انخفاضاً في قدرته على إنتاج الحموضة وقد يمنعها تماماً في حال الإصابة الشديدة، لذلك تُعدّ إصابة البادئ المستخدم في تصنيع اللبن الرائب أشد خطورة من إصابة البادئ المستخدم في تصنيع الجبن. ويتوجب أخذ الاحتياطات الواجبة لمنع تلوث البادئ بالفاج كإجراء لتنشيط مزارع البادئ تحت ظروف معقمة، واستخدام سلالات مقاومة للفاج، وإجراء ترشيح لهواء المعمل وصلالات التصنيع ومن الممكن الاستعانة ببيئات مثبطة للفاج عند إكثار البادئ، ومن الممكن اللجوء لاستخدام بيئات مزدوجة أو مختلطة .

5 - التعايش بين بكتيريا البادئ :

تنمو بكتيريا حمض اللبن وتتكاثر بشكل طبيعي في الحليب، ويتم السعي من أجل السيطرة على هذا النمو وتحويله إلى نمو ونشاط مدروسين للحصول على منتجات لبنية للإنتاج على نطاق واسع. ومنذ 1970 بدأ البحث بشكل جدي عن خصائص نمو وتكاثر بكتيريا حمض اللبن التي تستخدم كبادئات لإنتاج الألبان المتخمرة، وقد درس التعايش الحاصل بين *Streptococcus thermophilus* و *Lactobacillus bulgaricus* بشكل معمق نظراً لأهميتهما في البادئات حيث يتم استخدامهما معاً في البادئ بنسبة 2% من كمية الحليب المعدّ لتصنيع اللبن الرائب. إضافة إلى أن اختماراً جيداً في منتج لبني لابد أن يضم النوعين كليهما، فهما ليسا قادرين معاً على إعطاء النكهة المناسبة فقط بل وعلى إعطاء القوام المتجانس. كما إن نمو النوعين معاً يساعد في الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة في المنتج اللبني.

ومن الممكن تلخيص علاقة النوعين مع بعضهما حيث تعدّ الأنواع *Strep. thermophilus* و *L.b. bulgaricus* من الأنواع غير القادرة على تكوين الأحماض الأمينية اللازمة للنمو، ويحتاج نمو النوع *Strep. thermophilus* إلى توفر الأحماض الأمينية التالية للنوسين والليزين واسبارتيك والهستيدين والفالين خلال فصل الربيع، في حين تكون أكثر حاجة للايزوليزين والترياسين والغلوتامين والغلایسين، والتي من الممكن لبكتيريا *L.b. bulgaricus* إنتاجها، إضافة لإنتاجها ببتيدات تحفز

نمو *Strep. thermophilus* . وتعمل *Strep. thermophilus* بدورها على انتاج حمض البيروفيك وحمض النمل اللذين يتطلبهما نمو *Lb. bulgaricus* في الحليب . وعلى الرغم من أن *Strep. thermophilus* تبدأ بالنمو في الحليب وانتاج الحموضة قبل *Lb. bulgaricus* ، إلا انها تتأثر بدرجات الحموضة المنخفضة التي تتكون من نمو ونشاط بكتيريا *Lactobacillus sp.* بشكل عام و *Lb. bulgaricus* بشكل خاص، ما يسبب تراجع تأثير *Strep. thermophilus* بالوسط عندما تصل النسبة المئوية للحموضة حوالي 0.6% مع وجود بكتيريا *Lactobacillus sp.*، إضافة إلى تأثيرها بـ H_2O_2 المنتج من بكتيريا التابعة لجنس *Lactobacillus*، كما أن بكتيريا *Lactobacillus* تقوم بإنتاج بعض أنواع المضادات البكتيرية التي تؤثر في نمو البكتيريا موجبة الغرام ومنها *Strep. thermophilus*.

6 - النشاط الفيزيولوجي لبكتيريا البادئ:

تستخدم بكتيريا البادئ في إنتاج الألبان المتخمرة، حيث يختلف الدور الذي تلعبه هذه البكتيريا بحسب مقدرتها على تخمير اللاكتوز ونمط هذا التخمير ، وتلعب دورا كبيرا في إنتاج مركبات النكهة في الحليب المتخمّر والزبدة والأجبان المنضجة. ويختلف هذا الدور بحسب الغاية من إضافة البادئات:

- أ. استخدامها كبادئ في تصنيع المنتجات المتخمرة لإنتاج الحموضة.
- ب. استخدامها في إنتاج المضادات البكتيرية (البكتريوسينات Bacteriocin)
- ت. استخدامها في تصنيع الأغذية الوظيفية

أ - استخدامها كبادئ في تصنيع المنتجات المتخمرة: حيث يتم الاستفادة من مقدرة البكتيريا على تخمير اللاكتوز وتحويله إلى غلاكتوز وغلوكوز الذي يتحول بدوره إلى حمض اللبن، في حين أن معظم بكتيريا البادئ غير قادرة على تخمير الغلاكتوز، وبالتالي الاستفادة منها في إنتاج الحموضة المناسبة والمرغوبة في منتجات الألبان المتخمرة.

ومن جهة أخرى، يمكن لبعض أنواع البكتيريا إعطاء المنتجات المتخمرة النكهة المميزة عن طريق إنتاجها لثنائي الاستيل من خلال تخميرها السرات، حيث إن مركب

الداي استيل هو مركب النكهة العطري الأساسي في العديد من المنتجات اللبنية المتخمرة مثل الزبدة والقشدة، وتصل نسبته في الحليب إلى حوالي (0.15-0.2%) وهي نسبة قليلة جداً. ويتم الاستفادة من بكتيريا البادئ أيضاً بالاعتماد على خاصية إنتاج الغاز، وتكون قادرة على إنتاج غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 الذي يجعل ظروف النمو لاهوائية ما يساعد على نمو العصيات اللبنية ضمن المنتجات. ويتم الاستفادة من إنتاج الغاز في تصنيع بعض الأنواع الأجبان الخاصة، ويشترط أن لا يقل تعداد بكتيريا البادئ المنتج للغاز في المنتج المتخمر عن 10^6 خلية/مل، ويجب أن يتم التحضين في الدرجة $30^\circ C$ لتشكيل الفتحات المطلوبة وإعطاء القوام وتشققات ولا سيما عند تصنيع الأجبان الحامضية ذات الفتحات المميزة، حيث إن تكوين الفتحات يعتمد على نسبة انحلال الغاز ضمن خثرة الجبن ولا سيما ضمن ماء ودهون وبروتين الجبن المتخثر.

ب - استخدامها في إنتاج المضادات البكتيرية (البكتريوسينات): فقد سعت الدراسات الحديثة إلى استبدال المركبات الطبيعية بالمواد الكيميائية الحافظة للأغذية للمساعدة على منع نمو الأحياء الدقيقة الممرضة، فأثرت أهمية المضادات البكتيرية أو البكتريوسين bacteriocin وهي مثال المواد الحافظة الحيوية والتي تعدّ غير ضارة لخلايا حقيقيات النوى وتمتلك خاصية مقدرتها على تحمل درجات الحرارة العالية ودرجات pH وبسبب كونها عبارة عن ببتيدات يسهل هضمها في العملية الهضمية. وتمتلك بكتيريا حمض اللبن بشكل عام و ومنها بكتيريا البادئ المقدرة على إنتاج البكتريوسين لاستخدامه كمادة حافظة، وأكدت الدراسات على ضرورة انتقاء السلالات المحلية المنتجة للبكتريوسين واستخدامها ضمن البادئات لكونها متحملة لظروف الإنتاج المحلية.

ج - دور البادئات في الأغذية الوظيفية: تمتلك بكتيريا البادئ المقدرة على استخدامها في صناعة الأغذية كـ بكتيريا بروبيوتيك (بكتيريا تسهم في خفض تعداد بكتيريا الممرضة في أمعاء الإنسان)، وتمتلك بعض سلالات البادئ مقدرة على تشكيل مستعمرات والبقاء نشطة داخل الأمعاء، حيث تمتلك مقدرة البقاء نشطة خلال فترة مرورها ضمن الجهاز الهضمي شريطة تناولها بتعداد كبير ضمن الأغذية ما يسهم في خفض حالات الإسهال والالام المعوية الناتجة عن نشاط بكتيريا ممرضة

7 - تأثير البادئ على صفات اللبن:

1 - القوام: يسمح البادئ بتحسين في القوام الهلامي للبن الرائب المصنع من بادئات مجفدة مقارنة مع قوام لبن رائب مصنع من بادئ تقليدي، نظراً لنفاوة هذه البادئات وخلوها من الخمائر.

2 - اللزوجة: حيث إن ثبات خثرة اللبن الرائب وعدم انفصال المصل عنها يعتمد على نوعية البادئ المضاف.

3 - حموضة اللبن الرائب: يتوقف نشاط التخثير عند درجة pH تساوي 4.6، إلا أن هذه الدرجة تعتمد على عوامل كظروف التصنيع ونسبة البادئ المضاف وفترة التحضين إضافة للمعاملات الحرارية التي تتم على اللبن، وتؤثر حموضة اللبن الرائب في الصفات الحسية كالطعم والنكهة والقوام.

8 - أهمية إضافة البادئ في الأجبان:

إن لبكتيريا حمض اللبن المضافة كبادئ للحليب المعدّ لصناعة الجبن عدة أهداف منها:

1 - مساعدة أنزيمات المنفحة على العمل، حيث إنها تحتاج لوسط حامضي للنشاط، تؤمنه بكتيريا حمض اللبن نتيجة تحويلها اللاكتوز إلى حمض اللبن، والذي يعد العامل المسبب للحموضة.

2 - تسبب الحموضة الناتجة عن نشاط بكتيريا حمض اللبن انكماش الخثرة، ما يسهل خروج المصل منها.

3 - تسهم بكتيريا البادئ في منع نمو البكتيريا غير المرغوبة والمسببة للفساد، عند تكوينها للحموضة التي تجعل الوسط غير ملائم أو عبر إنتاج بعض المضادات البكتيرية.

4 - تساعد في تكوين النكهة عبر إنتاج مركبات الأسيت ألدريد والداي أسيتيل.

5 - لبعض بكتيريا البادئ تأثير محلل للبروتين ولبعضها الآخر القدرة على تحلل الدهون وهذا يسهم في إنضاج بعض أصناف الجبن.

ويوضح الجدول بعض من الوظائف الرئيسية للبادئات المستخدمة في منتجات الألبان.

الوظيفة	النتيجة
انتاج الحمض	تشكيل الهلام وخروج مصل الحليب الحفظ تطويع النكهة
انتاج مركبات النكهة	تشكيل الداي أستيل و الأسيت الدهيد
الحفظ	انخفاض درجة الحموضة انتاج المضادات البكتيرية انتاج H_2O_2 انتاج حمض اللبن انتاج الاسيتات
تشكيل عديدات السكريد Polysaccharides	تحسين القوام واللزوجة زيادة المرودية
تخمير اللاكتوز	خفض امكانية تطور النكهات غير المرغوبة انتاج مركبات أكثر قبولاً عند المرضى الذين يعانون من نقص أنزيم اللاكتاز

9- صور حفظ البادئات:

إن عملية حفظ وحماية بكتيريا حمض اللبن المستخدمة كبادئ من الأمور الضرورية جداً لاستخدامها بعد ذلك في التصنيع، حيث تعتمد عملية تخمير المنتجات اللبنية على استخدام بكتيريا حمض اللبن بشكل نقي ونشط ضمن منتج يدعى البادئ، ويشترط في التصنيع استخدام حليب خال من أي مادة تثبط أو تمنع نمو بكتيريا البادئ (كالمضادات الحيوية أو الفاجات).

وقد تنوعت طرق حفظ البادئات ومعه تنوعت صور مزارع البادئات ومن الممكن أن توجد بإحدى الأشكال التالية:

1 - البادئ السائل (Liquid starter): المزرعة أم وتكون مركزة .

2 - البادئ المجفف (Dried starter):

1 - مجفف بطريقة الرذاذ: ويكون البادئ غير مركز .

2- مجفف بالتجفيد: ويكون عندها البادئ مركز .

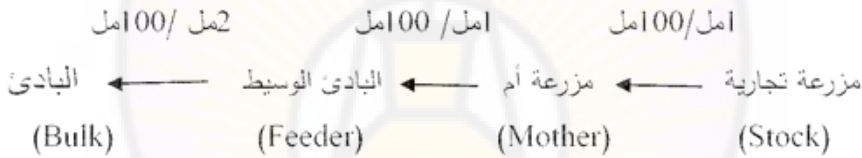
3 - البادئ المجمد (Frozen Starter):

1 - مجمد على الدرجة -20م° وهو بادئ غير مركز .

2 - مجمد على الدرجة -40م° وقد تصل إلى الدرجة -80م° وهو من البادئات المركزة.

3- مجمد على الدرجة -196م° (low temperature) ضمن الأزوت السائل.

1- البادئ السائل (Liquid starter): يعدّ هذا النوع من البادئات الأكثر شيوعاً، حيث يقسم البادئ إلى كميات صغيرة، وللحصول على الحجم المطلوب للتصنيع تجري عملية تنشيط إتباع الخطوات التالية:



وعلى سبيل المثال، من أجل تصنيع منتج مخمر باستخدام كمية حليب 10,000 لتر بمعدل تلقیح للبادئ 2 مل/100 مل (2%)، فإننا نقوم بإضافة 0.4 مل من المزرعة التجارية إلى 40 مل من الحليب (المعقم على الدرجة 121 م° على الضغط 1 باسكال مدة 15 دقيقة، والمعاد التركيب لتكون نسبة الجوامد الكلية فيه 10-12 %، والخالي من المواد الحافظة)، وتحضن على درجة تناسب نوع بكتيريا البادئ للحصول على المزرعة الأم، والتي تضاف بدورها بعد انتهاء فترة التحضين إلى 4 لتر من الحليب للحصول على المزرعة الوسيطة، ويعاد التحضين للبادئ الوسيط لإضافتها بعد ذلك إلى 200 لتر من الحليب للحصول على كمية البادئ المطلوبة بالتصنيع، وتسمح هذه الطريقة من تنشيط البادئ بالحصول على كميات من البادئ تتناسب مع الانتاج اليومي وتحفظ على الدرجة 4 م° إلى حين استخدامها في التصنيع. وينصح بإعادة تنشيط هذا النوع من البادئات أسبوعياً لمنع تلوثه بالفاج.

ويتأثر نشاط هذا النوع من البادئات بفترة الحفظ المبرد وبدرجة الحرارة التي يتم عليها الحفظ، وبنسبة حموضة الوسط ومن الممكن الاحتفاظ بالبادئات السائلة مدة قد تصل إلى ثلاثة أشهر.

2- بكتيريا البادئ المجففة (Dried starter): تعد هذه الطريقة لحفظ بكتيريا البادئ طريقة بديلة عن المزارع السائلة، حيث تسهل طريقة التعامل مع البادئ ونقله وتخزينه دون الخسارة في نشاطه، وأكثر الطرق استخداماً هي:

- 1- التجفيف بالرداذ تحت التفريغ وهي من الطرق القديمة غير مستعملة حالياً.
- 2 - التجفيف بالتبريد وهي الطريقة المتبعة في مخابر الأبحاث .
- 3 - تجفيف بالتجميد للمركبات البكتيرية أو ما يعرف بالتجفيد وهي الطريقة المتبعة حالياً عند تحضير البادئات التجارية.

قبل الخمسينات، كانت عملية التجفيف تحت التفريغ هي الأكثر شيوعاً، وتشمل هذه العملية خلط البادئات السائلة باللاكتوز ثم تعديل حموضة المعلق باستخدام فائض من بيكربونات الكالسيوم، وتركيز الخليط بالتفيل، ومن ثم يتم الحصول على البادئ المجفف تحت التفريغ. في أواخر الستينيات، طُورت هذه الطريقة بعد إضافة أحادي غلوتامات الصوديوم (mono-Na-glutamate) وحمض الأسكوربيك (ascorbic acid) للبادئ قبل التجفيف ما قلل نسبة تماوت البكتيريا، وتتم عملية التجفيف تحت التفريغ على مرحلتين ليتم الحصول على حبيبات تحتوي على 1-2 % فقط بكتيريا فعالة، لذلك يتطلب الأمر تنشيط البادئ عدة مرات قبل أن يستعيد نشاطه.

ويمكن الحصول على معدل مرتفع من نشاط البادئات المجففة باستخدام طريقة التجفيف بالرداذ وهي طريقة نشأت في هولندا للمرة الأولى في منتصف الستينات، ويعتقد أن البادئ المجفف بهذه الطريقة يماثل في نشاطه التحمضي لحليب البادئ السائل بعمر 24 ساعة.

على النقيض من ذلك، فإن عملية التجفيد (Lyophilisation) لبكتيريا البادئ، والتي تعرف على أنها عملية إزالة الماء من المعلق البكتيري المجمد بتبخير الماء تحت التفريغ، وهي أفضل طريقة لحفظ البادئات حيث إنها تسمح بخفض نسبة التماوت

للبكتيريا مقارنة مع طرق التجفيف الأخرى. وقد لوحظ أن عملية التجفيف والتبريد تتلف الغشاء الخارجي للخلايا، ولكن الضرر يقلل بإضافة بعض المواد أثناء عملية التجفيف كأحادي غلوتامات الصوديوم أو الحيلاتين أو الكازئين أو التوين 80 أو فيتامين E

تتعرض بكتيريا البادئ أثناء حفظها لبعض التغيرات غير المناسبة ما يسبب إصابة جدارها الخلوي أو موت نسبة كبيرة منها، لذلك تسعى الدراسات الحديثة للتقليل من حدوث تغيرات غير مرغوبة لبكتيريا البادئ أثناء الحفظ بطريقة التجفيد لما لهذه الطريقة من انتشار واسع من جهة، و سهولة نقل البادئات المحفوظة بهذه الطريقة من جهة أخرى، إضافة إلى أن هذه الطريقة بالحفظ تساعد البادئ على بقائه في حالة نشطة للاستخدام الأمثل في صناعة منتجات الألبان المتخمرة. هذه التغيرات غير المناسبة التي تؤثر على الخصائص الفيزيولوجية للبكتيريا، من الممكن أن تكون: الصدمة الحرارية أو فقدان السريع لمياه وسط النمو المتاحة للبكتيريا أو قد يكون تكوّن بلورات ثلجية في الوسط المحيط. إن انخفاض درجة حرارة الوسط يؤثر على تركيب الجدار الخلوي وخصائصه، والتغير المفاجئ في تركيب الوسط المستخدم أثناء حفظ بكتيريا البادئ نتيجة التجمد (حيث تتحول الحالة السائلة إلى الحالة البلورية)، أو خلال عملية التجفيد (حيث تتحول الحالة السائلة إلى الحالة الغازية) يؤثر على لزوجة الجدار الخلوي فتخفضها، كما أن تشكل بلورات الثلج في الوسط أثناء مراحل تحضير المعلق البكتيري للحفظ يسبب ضرراً ميكانيكياً في الجدار الخلوي للبكتيريا، بالإضافة إلى ذلك زيادة تركيز للأملاح في الوسط نتيجة انخفاض محتوى الوسط من الماء ما يسبب بعض الضرر الكيميائي للخلايا. ومن الممكن التقليل من هذه التغيرات غير المرغوبة بإضافة بعض المواد اللزجة كالجليسرول وزيت التوين، كما أسلفنا سابقاً.

3 - بكتيريا البادئات المجمدة (Frozen Starters): يتم حفظ مزارع البادئات بنجاح عند درجات حرارة تتراوح ما بين -20 °م إلى -80 °م أو باستخدام درجة الحرارة المنخفضة جداً في -196 °م في النيتروجين السائل.

تتم عملية حفظ بكتيريا البادئ بالتجميد على الدرجة -30 °م إلى -40 °م بعد تلقيح الحليب المعقم بالبكتيريا النشيطة، وعندها يحفظ البادئ على شكل مزرعة أم أو مزرعة

وسبطة. وتعدّ عملية حفظ البادئات بالتجميد على الدرجة -40° م من الطرق الأكثر انتشاراً في بريطانيا، حيث تنتج هذه البادئات في المخابر ومن ثم ترسل إلى معامل وورشات تصنيع الأجبان باستخدام الثلج الجاف لاستخدامها مباشرة، إلا أن التخزين على درجات حرارة منخفضة من الممكن أن يسبب تدهوراً في نوعية البادئ ونشاطه لذلك ينصح باستخدام وسط يتكون من: 10% من الحليب خالي الدسم، 5% من السكر، 0.9% من القشدة الطازجة وملح كلوريد الصوديوم، ومن الممكن الاستعانة بـ 1% من الجيلاتين. يمكن استخدام هذه الأوساط لحفظ البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة، والأنواع التابعة لجنس *Lactobacillus*، أو البكتيريا المفيدة الحامضية (propionic). وعلى الرغم من هذا، فإن الكثير من الدراسات أكدت أنه بالرغم من النتائج المحققة فإن تخزين البادئ باستخدام درجات حرارة منخفضة (-20° م، -40° م، -80° م) غير ناجح في المحافظة على بكتيريا البادئ، وإن التخزين باستخدام درجة الحرارة -196° م في النيتروجين السائل يحسن من نسبة بقاء بكتيريا حمض اللبن الحية، ويساعد التجميد ضمن الأروت السائل على المحافظة عليها من الفاج، والابتعاد قدر الأمكان عن حدوث طفرات للبكتيريا، إضافة إلى سهولة استخدام البادئات، إلا أن هنالك مجموعة من الصعوبات، كصعوبة التزود بالأروت السائل، إضافة إلى الكلفة المرتفعة، وصعوبة تداول البادئات مقارنة مع البادئ المجفد، إضافة إلى ارتفاع نسبة فشل البادئات المخزنة بهذه الطريقة ما جعل هذه الطريقة محصورة ضمن المخابر البحثية.

10 - خطوات تحضير البادئات وتجديدها:

إن عمليات تحضير وتجديد البادئات تعتبر من أهم العمليات التي تجرى في مصانع الألبان وأصعبها، حيث إنه إذا حدث أي تلوث عند تحضير البادئ يؤدي إلى فساد الناتج اللبني وبالتالي خسارة كبيرة للمعمل، وخاصة إذا كانت تنتج كميات كبيرة من هذا المنتج اللبني، لذلك عند تحضير البادئ وتجديده يجب مراعاة مايلي:

1- أن يكون العمل تحت ظروف معقمة وفي مخبر خاص بذلك.

2- أن تكون جميع الأدوات والاجهزة المستخدمة معقمة

وتستخدم معظم معامل الألبان البادئات التجارية Commercial culture في تحضير مزرعة الصناعة أو بادئ الصناعة Bulk starter وتتم هذه العملية بعدة مراحل وهي:

1 - تحضير البادئ الأم Mother culture: يحضر بادئ الأم في المعمل من البادئ التجاري، ويتم ذلك بتلقيح البادئ التجاري (سائل أو مجفد) في لتر من الحليب المعقم، بحسب تعليمات البادئ التجاري ويحضن على درجة الحرارة المناسبة حتى تتكون خثرة، ويُعد بادئ الأم أو المزرعة الأم الاصل في تحضير البادئ في المعمل.

2 - تحضير البادئ الوسيط Intermediate culture: هو خطوة وسطية لتحضير كمية كبيرة من مزرعة الصناعة Bulk starter. ويتم ذلك بتلقيح 1-5% من البادئ الأم في 2 لتر من الحليب المعقم، وبعد رجه جيداً يحضن على درجة الحرارة المناسبة حتى تتكون خثرة متماسكة.

3- تحضير بادئ الصناعة Bulk starter : وهي مزرعة البادئ المستخدمة في الإنتاج. وتحضر بتلقيح كمية كبيرة من الحليب المبستر بنسبة 1-5% من البادئ الوسيط، وبعد التحضين على درجة الحرارة المناسبة لتكون الخثرة المتماسكة تستخدم في الغرض الذي حضرت من أجله (تصنيع المنتج اللبني المتخمّر)، أما البادئ الوسيط فيستخدم مرة أخرى لتحضير مزرعة الصناعة ومزرعة وسطية جديدة... وهكذا، ويمكن الاستمرار في تجديد البادئ لعدة سنوات إذا ما اتبعت شروط التعقيم والنظافة في تحضيره.

إن عملية تحضير بادئ الأم أو البادئ الوسطي أو مزرعة الصناعة تمر بعدة خطوات هي:

1 - المعاملة الحرارية للحليب: يعامل الحليب الطازج أو المجفف المعاد تركيبه حرارياً للوصول للدرجة 90-95° م مدة دقيقة واحدة وأحياناً من 5 إلى 10 دقائق، وذلك من أجل القضاء على الأحياء الدقيقة التي توجد في الحليب، ويجب استخدام حليب جيد الصفات من الناحية الميكروبية والكيميائية وخالٍ من المضادات الحيوية حتى لا تؤثر على نشاط البادئ.

2 - تبريد الحليب إلى درجة التلقيح: تختلف بحسب نوع بكتيريا البادئ، ودرجات الحرارة المتبعة عادة 20-22° م لبادئ الزبدة و 31-35° م لبادئ الجبن و 40-42° م لبادئ اللبن الرائب.

3 - التلقيح: يلقح الحليب بعد تبريده بكمية من مزرعة البادئ وتتراوح بين 1-5% بحيث يعطي التخثر في الوقت المناسب عند درجة الحرارة المناسبة لنشاط البادئ، وبعد التلقيح يجب تقليب الحليب جيداً في ظروف معقمة.

4 - التحضين: يحضن الحليب الملقح بالبادئ في حضان على درجة حرارة مناسبة لنشاط البادئ حتى يحدث تخثر الحليب تتوقف مدة التحضين (2-3 ساعة) على نوع البكتيريا في البادئ ونسبة التلقيح ودرجة الحرارة.

5 - تبريد البادئ: عندما تصل حموضة البادئ إلى الدرجة المطلوبة مع حدوث التخثر يبرد البادئ إلى 10° م وإذا أريد حفظ البادئ لمدة أطول من 6 ساعات يجب تبريده إلى 5° م إلى حين استعماله.

❖ ينتشر حالياً على نطاق واسع استعمال البادئات المركزة و المحفوظة بالتجفيد حيث يتم وضعها في أحواض التصنيع مباشرة دون المرور بالخطوات السابقة و هذا يكون أضمن من الناحية البكتريولوجية وأكثر سهولة من الناحية التكنولوجية .

الأنطوار الرئيسية في تحضير البادئات المركزة والمجفدة :

- يضبط رقم حموضة المزرعة البكتيرية ($\text{pH} = 6 - 6,5$) و ذلك بمعايرة آلية للحموضة المتشكلة بواسطة النشادر أو ماءات الصوديوم مع استعمال بيئة من الحليب السائل الميضيوم بأنزيمات البروتياز والمدعم بمستخلص الخميرة واللاكتوز ، وبذلك نحصل على أعداد كبيرة من البكتيريا تتراوح بين 2×10^9 - 3×10^{10} خلية/مل.
- فصل الخلايا البكتيرية بالتفيل على درجة حرارة منخفضة ($2 - 4^\circ \text{C}$) عند بداية طور الثبات للنمو البكتيري .
- يجمع الراسب (الخلايا البكتيرية) و يضاف إليها حجم مائل من بيئة معقمة واقية (حمض الغلوتاميك أو الماليك) يحتوي معلق البكتيري الناتج على $3 \times 10^{10} - 1 \times 10^{12}$ خلية / مل يجمد هذا المعلق إلى الدرجة -30°C ثم يحفظ به على هذه الحالة أو يجفف تحت التفريغ (تجفيد) .

11- صفات البادئ الجيد:

- 1 - أن تكون خثرة البادئ متجانسة وخالية من الثقوب.
- 2 - أن يكون سطح البادئ خالياً من انفصال المصل.
- 3 - يجب أن يكون طعم البادئ ورائحته جيدة وخالية من النكهات الغريبة.
- 4 - ألا يكون زائد الحموضة.

12 - العوامل التي تؤدي إلى ضعف البادئ:

- 1 - عدم ملائمة درجة حموضة الحليب لنمو البادئ
- 2 - استخدام حليب غير طبيعي (غير جيد) أو حليب ملوث بالبكتيريا الممرضة.
- 3 - عدم ملائمة درجة حرارة التحضين لنشاط بكتيريا البادئ.
- 4 - تلوث الحليب أو الأواني بالبكتريوفاج الذي يصيب البادئ (والبكتريوفاج عبارة عن فيروس يصيب الخلايا البكتيرية ويتكاثر داخلها ويسبب انفجارها وبالتالي القضاء على البادئ).

13- البادئات الثانوية:

بالإضافة إلى بادئات حمض اللبن التي تستخدم في صناعة الألبان المتخمرة بشكل عام والأجبان بشكل خاص، فإنه يتم التوجه إلى بكتيريا تنتج حموضة أكبر خلال مرحلة التصنيع مع تباين دورها في التصنيع، أو قد يتم استخدامها لتعزيز القوام لاسيما تلك التي تملك المقدرة على إنتاج عديدات السكاريد الخارجية (EPS) (exopolysaccharides). هذه البادئات تدعى البادئات الثانوية أو المكملية أو المساعدة، ويندرج تحت هذه البادئات البكتيريا والخمائر والفطور.

أ- البكتيريا: كالبكتيريا *Propionibacterium freudenreichii* المستخدمة من أجل إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ في الأجبان السويسرية، أو كبكتيريا *Brevibacterium* التي تنمو على سطح الأجبان المنضجة والتي تعطي اللون الاحمر لأجبان اللامبرجر وتسهم في إعطاء النكهة والرائحة المطلوبتين.

ب- الفطريات: التي تستخدم بشكل خاص في الأجبان الطرية ونصف الطرية والهدف الرئيسي لاستخدام هذه الفطريات إعطاء الطعم والنكهة المرغوبة، وكذلك صفات القوام والتركيب المميزة للجبن الناتج، ويمكن تقسيم هذه الفطريات إلى قسمين من حيث اللون وصفات النمو:

1. الفطريات البيضاء وتشمل أنواع فطر *Penicillium camemberti* والتي تستخدم بصناعة جبن الكمبرير وتسهم بدرجة رئيسية في التسوية لإعطاء الصفات المرغوبة للجبن الناتج من حيث الطعم والنكهة والقوام والتركيب.

2. الفطريات الزرقاء مثل فطر *Penicillium roqueforti* والتي تنمو داخل الجبن مثل الـركفور *Roquefort* والستيلتون *Stilton* أثناء التسوية وتشارك بصفة رئيسية في إعطاء الجبن الطعم الحريف المرغوب وكذلك صفات القوام والتركيب المميزة لهذه الأنواع من الجبن.

ت- الخمائر: بعض أنواع من الخمائر التي تنمو سطحياً على الأجبان حيث تسهم في تهيئة الظروف البيئية المناسبة وكذلك تسهم في إكساب الجبن الطعم الحريف المميز لها، مثل *Saccharomyces*.

14 - ضبط جودة مزارع البادئات:

نظراً لأهمية البادئات في كثير من الصناعات اللبنية لذا يجب إجراء الخطوات

الروتينية لاختبار ضبط جودة مزارع البادئات وفق الخطوات التالية

1- فحص البادئ بشكل دوري تحت المجهر ومن الممكن أن يتم ذلك باستخدام صبغة الغرام، حيث إن بكتيريا البادئ موجبة الغرام، ومن الممكن استخدام هذه الطريقة من أجل ضبط نسبة البكتيريا الكروية إلى العصوية في البادئات المختلطة.

2- استخدام أنزيم الكاتالاز من أجل الكشف عن الملوثات كالفطريات، فبكتيريا البادئ سالبة الكاتالاز وكون التفاعل موجباً هذا يعني احتواء المزارع على الملوثات

3- الكشف عن الفاج، وذلك عن طريق معرفة معدل الحموضة التي تنتجها البادئات، فأي انخفاض في نشاطها التحميضي يكون نتيجة إصابة المزارع بالفاج.

4- مقاومة درجات حرارة الطبخ، وهو اختبار مهم من أجل البادئات المستخدمة في تصنيع الأجبان المطبوخة.

5- اختبار فوجس - بروسكر (Voges - Proskauer) لتحديد مقدرة البكتيريا على إنتاج مواد النكهة.

15 - تنظيف خزانات البادئات

تغسل أدوات زراعة المزرعة الأم والبادئ باستخدام مواد تنظيف مناسبة ثم يجرى التطهير بعد الغسيل باستخدام البخار أو الكيماويات (مثل محلول هيبو كلوريد يحتوي على 200 ملغ/لتر كلورين) ثم تشطف بماء بارد.

معظم أوعية مزرعة بادئ في المعمل مجهزة بوسائل لاستخدام نظام التنظيف المكاني CIP والذي يتضمن البرنامج التالي: شطف بالماء البارد لإزالة بقايا الحليب، الغسل بالمنظفات الساخنة لإزالة بقايا الحليب من سطح الخزان، الشطف بالماء ثم التطهير بالحرارة. إذا استخدمت الكيماويات المعقمة فإن خزان البادئ يشطف بالماء

لإزالة البقايا، وحيث إن الحليب يعامل حرارياً لدرجة حرارة أعلى من 88°م ضمن الخزان فإن تطهير الخزان بعد الغسيل ليس ضرورياً.

16 - الاستخدام السنوي لبكتيريا البادئ

لا يوجد بيانات متوفرة حول استخدام البادئات في صناعة الألبان تتعلّق بالكميات الفعلية أو أنواع بكتيريا البادئ المستخدمة فعلياً أو المصنعة سنوياً في العالم. فمنذ منتصف الثمانينات تم الاعتماد على البادئات التي تضاف مباشرة لكمية الحليب المراد استخدامها في تصنيع المنتجات اللبنية المتخمرة. وطبقاً لمنشورات منظمة الغذاء والزراعة العالمية FAO لعام 1999، كان الإنتاج العالمي لكل أنواع الجبن بحدود 14.5 مليون طن في عام 1998، وفي عام 2005 وصل الإنتاج العالمي إلى 1078 مليون طن من منتجات الألبان المتخمرة بالمجمل، لكن الرقم الفعلي أعلى بكثير، وربما يعود ذلك إلى أن مقدار إنتاج الألبان المتخمرة في كثير من الدول غير معروف على وجه الدقة كالدول التابعة للاتحاد السوفيتي السابق حيث لم يُبلغ عن إنتاجها منذ عام 1990، إضافة لعدم وجود إحصائيات دقيقة تضم الكثير من الدول كبلغاريا وتركيا وبعض الدول العربية. لذلك يتم البحث في كثير من الحالات عن مقدار إنتاج دول العالم للألبان المتخمرة وليس انتاجها أو استهلاكها للبادئات، ويتم حساب معدل استهلاك البادئات بشكل وسطي عن طريق حساب الاحتياج عن طريق معادلة 2 - 3 مل من مزرعة سائلة/100 مل حليب.

أما في سوريا، فإن كثيراً من عمليات تصنيع الألبان المتخمرة تجري في ورشات صغيرة في المناطق الريفية ويجري استهلاكها محلياً دون الضرورة لنقلها إلى أماكن أخرى، إضافة إلى اعتماد الكثير من الورشات على استخدام البادئ التقليدي الذي يتمثل بالاحتفاظ بجزء من لبن ذي صفات جيدة لاستخدامه في إنتاج اليوم التالي. أما البادئات النقية فهي حديثة العهد في الاستخدام، لا يتم استعمالها إلا ضمن المعامل الحديثة الكبرى.



الفصل الثالث
الألبان المتخمرة



الألبان المتخمرة

مقدمة:

تعدّ الألبان المتخمرة إحدى صور المنتجات اللبنية والتي تصنع من مختلف أنواع الحليب (أبقار أغنام ماعز جاموس أفراس نوق ...الخ) تختلف هذه المنتجات عن بعضها بعضاً من حيث التركيب والنكهة والقوام وطبيعة الأحياء الدقيقة المسببة للتخمر ونوع الحليب المستخدم وكذلك طريقة التصنيع لكنها تشترك جميعها بأن العامل المسبب للحموضة هو حمض اللبن نتيجة تخمر سكر الحليب (اللاكتوز) بواسطة بكتيريا حمض اللبن. وفي بعضها تحدث تخمرات لامتجانسة ينتج عنها بالإضافة إلى حمض اللبن كحول إيثيلي وبعض الأحماض الطيارة والمركبات الألدهيدية والغازات وذلك بواسطة الخمائر المخمرة لللاكتوز. ولذا فهي مساوية في قيمتها الغذائية للحليب الطبيعي المصنعة منه وتزيد عنه باحتوائها على أنواع منتخبة من البكتيريا المخمرة لسكر اللاكتوز حيث يتم تحويله إلى حمض لبن (Lactic Acid)، هذه الحموضة الناتجة تؤثر في بروتينات اللبن وتجعلها أسهل هضماً كما يساعد ذلك على الاستفادة من الكالسيوم إلى جانب أنها تهئ وسطاً حمضياً في الجهاز الهضمي يعمل على وقف نشاط بكتيريا التعفن والتي تسبب متاعب معوية وهضمية ولالألبان فوائد أخرى سيتم تفصيلها في فصل لاحق.

ولقد كانت الشعوب الشرقية أول من عرفت وصنعت الألبان المتخمرة بينما لم تنتشر هذه الصناعة في أوروبا إلا في مطلع القرن العشرين . حيث عرف الإنسان منذ زمن بعيد أن الحليب يتخمر ويصبح ذا طعم حامضي بعد الحصول عليه من ضرع الحيوان بوقت قصير ، وهذا الحليب الحامض لا يحدث له تخمرات غير مرغوبة ما يمكن حفظه والتغذية عليه أياماً عديدة.

ولالألبان المتخمرة أنواع متعددة منها ما هو منتشر محلياً مثل اللبن الرائب أو الخائر (Yogurt) المنتشر في الشرق الأوسط، الزبادي أو لبن الخس المتخمر أو لبن الزير في مصر، ومنها ما هو منتشر عالمياً مثل الكوميس (Koumis) في روسيا،

وداهي (Dahi) في الهند، والكفير (Kefir) في مناطق القوقاز . والأسيدوفيلس (Acidophilus) في أمريكا.

- تقسيم أنواع الألبان المتخمرة:

تنتشر الألبان المتخمرة في جميع دول العالم ويشتهر كل شعب بالألبان المتخمرة التي يستهلكها. ويمكن تقسيم الألبان المتخمرة تبعاً لنواتج التخمر إلى:

1- ألبان متخمرة عالية الحموضة Very acid مثل اليوغورت، الزبادي، لبن الأسيدوفيلس. (أسيدوفيلس يصنع في أمريكا من حليب البقر).

2- ألبان متخمرة منخفضة الحموضة Slightly acid مثل اللبن المتخمر، لبن الخض، الفشدة المتخمرة.

3- ألبان متخمرة تحتوي على الحموضة + الكحول Acid – alcoholic مثل الكفير والكوميس (تصنع في روسيا، الكوميس من حليب الخيل والكفير من حليب البقر أو الغنم أو الماعز)

4- ألبان متخمرة ذات حموضة منخفضة وقوام سميك Slightly acid and Dense مثل فيلي Villi. (يصنع في فنلندا).

5- ألبان متخمرة طويلة العمر مثل اللبنة (المدعبلية المحفوظة بالزيت) ولبن الزير (يصنع في مصر من حليب الجاموس).

وسنكتفي في هذا الفصل بشرح مفصل للبن أو الخاثر (Yogurt) كنموذج لأكثر أنواع الألبان المنتشرة والمعروفة محلياً.

- اللبن أو اليوغورت:

يعدّ اليوغورت من أقدم أنواع الألبان المتخمرة التي عرفها الإنسان وهو لبن سريع التخثر ذو قوام ثخين ناعم متماسك وطعم حامضي ونكهة خاصة مميزة . ويطلق على اليوغورت أسماء مختلفة حسب المناطق التي يصنع فيها ، فيسمى لبن رائب في سورية ولبن زبادي في مصر وداهي في الهند وياهووت في تركيا... الخ.

يصنع اللبن في سورية من حليب الأبقار والماعز أو الأغنام والأخير هو المفضل

لارتفاع نسبة الدسم وجوامد الحليب فيه. أما طريقة تصنيعه فهي على الشكل التالي :

تسخين الحليب: (لدرجة حرارة الغليان أو أقل بقليل ويمكن أن يترك ليغلي بضع دقائق وذلك بهدف تركيز محتوياته وقتل البكتيريا غير المرغوبة).

التبريد لحرارة (40-45 °م): بعد التسخين يترك الإناء ليبرد (يصبح بالإمكان غمس إصبع اليد به).

إضافة البادئ: وهو عبارة عن خاثر اليوم السابق بمعدل (2-3%) ويخلط به جيداً .
التحضين: بعد إضافة البادئ يترك في مكان دافئ ويغطى غالباً للمحافظة على حرارته ويبقى كذلك لمدة 2-3 ساعات حيث يتم التخثر وتتكون الحموضة المطلوبة .
التبريد والاستهلاك: وذلك بوضعه بدرجة حرارة الغرفة قليلاً ومن ثم في البراد حتى اليوم التالي حيث يصبح جاهزاً للاستهلاك.

- تعريف اليوغورت:

يعرف اليوغورت حسب المنظمة العالمية للأغذية والزراعة F.A.O والمنظمة العالمية للصحة W.H.O : بأنه حليب متخمّر نتيجة تشكّل حمض اللبن في الحليب الخام أو المعقم أو المكثف أو المجفف الكامل أو الخالي من الدسم وذلك بفعل نوعين من بكتيريا حمض اللبن وهما *Lactobacillus* - *Streptococcus thermophilus* و *bulgaricus* ويجب أن تكون هذه الأحياء الدقيقة حية و بأعداد كبيرة (حوالي 10×10^7 خلية / مل لبن على الأقل) في المنتج النهائي.

- أنواع اليوغورت :

تختلف أنواع اليوغورت حسب التركيب الكيميائي وطريقة الإنتاج والنكهة و المعاملة بعد التحضين ، وقد وضعت كل من F.A.O و W.H.O مواصفات أنواع اليوغورت بحسب محتواها من الدسم وقسمت إلى :
كامل الدسم (نسبة الدسم من 3 إلى 5%) .
متوسط الدسم (0.5-3 %) .
خفيف أو منخفض الدسم (0.5% أو أقل) .
وبشكل عام تنتج في أيامنا هذه ثلاثة أنواع رئيسية من اليوغورت وهي:

اليوغورت الممزوج بالتحريك .

اليوغورت المتلاحم .

اليوغورت السائل .

هذه الأنواع يمكن أن تكون طبيعية أو تحتوي على إضافات متنوعة مثل الفواكه، اللوزيات، والمكبات. كما يمكن أن تكون بلون اليوغورت الطبيعي أو عادة ملونة. ويمكن أن تتباين هذه المنتجات من حيث لزوجتها وقوامها بشكل كبير من مصنع لآخر. أما الفرق بين الأنواع الثلاثة السابقة من اليوغورت فهي على الشكل التالي:

أولاً- اليوغورت المتلاحم :

يتم التبخير والتحصين والتبريد في الوعاء نفسه أي بعد التعبئة وذلك تبقى الخثرة متجانسة ونصف جامدة ومتلاحمة ، أما الفواكه فتضاف قبل التحصين .

ثانياً- اليوغورت الممزوج بالتحريك :

يخثر في الأحواض ثم يبرد قبل تعبئته حيث يتم تكسير الخثرة بالتحريك ثم يعبأ ، أما الفواكه فتضاف بعد التحصين .

ثالثاً - اليوغورت السائل :

يشبه اليوغورت الممزوج بالتحريك ولكن لزوجته تكون أقل لاحتوائه على نسبة منخفضة من جوامد الحليب قد تصل إلى 11% أو أقل ومن صفات هذا المنتج انفصال الجوامد عن المصل ولذلك يجب رج الزجاجات قبل الاستهلاك. يجب أن يكون مظهر كل أنواع اليوغورت أملس صافياً وأن يكون مذاقه طازجاً وحامضياً معطراً ورقم حموضة اليوغورت أي pH يتراوح بين 4-5 أو بين 0.75-0.95% .

هذا ويمكن أن تنتج أنواع أخرى متعددة من اليوغورت وذلك حسب طريقة المعاملة بعد التحصين مثل اليوغورت المبستر ويوغورت U.H.T واليوغورت المركز واليوغورت المجعد واليوغورت المجفف .

- تصنيع اليوغورت:

إن خطوات تصنيع اليوغورت تجارياً تتلخص بالخطوات التالية وحسب المخطط التالي علماً بأنه يمكن تصنيع الأنواع الثلاثة بحيث يكون قوامها أكثر سماكة ودسماً إما بالتبخير أو بإضافة الحليب المجفف أو الحليب المركز. كما يضاف مثبتات ونذكر من المثبتات المستعملة: الجيلاتين والبكتين و الأغار بنسبة تتراوح بين 0.1-0.5 % حسب نوع المثبت المستعمل، كما يضاف السكر أو الغلوكوز بحيث تكون بنسبة حوالي 7-15% وفي هذه الحالة يجب أن تحتوي ثمار الفاكهة المضافة عادة على حوالي 50% سكر.

المخطط التالي يوضح خطوات تصنيع اليوغورت عالمياً



بادئ اليوغورت:

يتألف بادئ اليوغورت من نوعين من بكتيريا حمض اللبن هما:
Streptococcus thermophilus و *Lactobacillus bulgaricus* وقد
ذكر وجود بعض البكتيريا الأخرى والخمائر غير أن النوعين السابقين هما الهامان في
إنتاج يوغورت جيد، تنمو هذه الأحياء الدقيقة في تعايش فيما بينها وتسبب التخمير
اللبنني، فالبكتيريا الكروية *Str. thermophilus* تنتج بشكل رئيسي الحموضة، بينما تنتج
البكتيريا العصوية *Lb. bulgaricus* بالإضافة إلى حمض اللبن مواد النكهة المختلفة.
ولقد ثبت علمياً وعملياً بأن هذين النوعين يجب وجودهما بنسب متساوية في
البادئ وذلك للحصول على يوغورت جيد ويمكن التحكم بنسبة هذين النوعين من
البكتيريا بالعوامل التالية:

- كمية البادئ المضافة (زيادتها تؤدي إلى سيادة البكتيريا العصوية).
- درجة حرارة التحضين (رفعها تؤدي إلى سيادة البكتيريا العصوية).
- المدة الزمنية للتحضين (زيادتها تؤدي إلى سيادة البكتيريا العصوية نظراً لارتفاع الحموضة).

الحصول على البادئ :

تقدم في هذه الأيام المخابر المنتجة للبادئات المستخدمة في صناعة الألبان عدة صور وسلالات من مزارع البادئ. وبحسب السلالة المختارة تتبدل مواصفات اللبن من حيث الحموضة والنكهة واللزوجة والقوام، وبذلك فإنه من الممكن تعديل صفات اليوغورت النهائية بواسطة البادئ المستخدم في تصنيعه. إن أغلب البادئات التجارية تباع كخليط من هذين النوعين من البكتيريا، هذا ويجب تجديد هذه البادئات أسبوعياً للحصول على إنتاج جيد.

كما يجب إكثار البادئ الأم باستعمال حليب كامل الدسم معقم أو حليب فرز معقم وللمحافظة على نسبة متساوية من كل من النوعين يجب إضافة 2-3% من البادئ وأن تكون درجة الحضانة 45م° وأن تكون الحموضة النهائية 0.85-0.90 ويفضل تجديد البادئ الأم يومياً وكذلك البادئ الذي سيستخدم في الإنتاج . وإن أي خروج عما سبق يؤدي إلى زيادة البكتيريا الكروية أو العصوية وبذلك يختل التوازن بين عديهما .

- فتزداد مثلاً نسبة البكتيريا الكروية في المزرعة في الحالات التالية :

تخمير البادئ إلى درجة حموضة قليلة 0.6% (مدة زمنية منخفضة للتحضين).
استعمال درجة حرارة حضانة منخفضة 37م° .

إضافة جزء قليل من البادئ للحليب 1% مثلاً (كمية قليلة من البادئ المضاف) .

- ومن جهة ثانية فإن أعداد البكتيريا العصوية تزداد في الحالات التالية :

تخمير البادئ إلى درجة حموضة مرتفعة .

استعمال درجة حرارة حضانة مرتفعة أو عالية .

نسبة إضافة البادئ الأم للحليب مرتفعة.

لذلك يجب اختبار مزرعة بادئ اليوغورت ليس فقط من التلوث بميكروبات أخرى ولكن للتأكد من أن نسبة كل من النوعين إلى بعضهما متساوية ، ويمكن إعادة التوازن عن طريق التحكم في الظروف المستخدمة في التكاثر لمساعدة نوع على النمو أكثر من النوع الآخر حتى يتوازنا .

- خطوات تحضير البادئ :

يتبع في تحضير البادئ الخطوات التالية :

انتخاب الحليب: يجب أن يكون الحليب طبيعياً مأخوذاً من حيوانات سليمة، كما يجب عدم استخدام حليب حدث له تحلل دهني بفعل أنزيم الليبيز وذلك لأن الأحماض الدهنية الحرة المنطلقة نتيجة التحلل تمنع نمو بكتيريا البادئ . كما يجب أن يحتوي الحليب على نسبة عالية من الجوامد وقد يستخدم حليب الفرز لهذه الغاية أو الحليب المجفف خالي الدسم السهل الذوبان في الماء بحيث إن نسبة الجوامد الكلية في الحليب المستخدم في تحضير البادئ يجب ألا تقل عن 11% .

معاملة الحليب بالحرارة : وهي ضرورية جداً للقضاء على البكتيريا فيجب تسخين الحليب إلى درجة حرارة 90-95 م° مدة 30 دقيقة ويفضل البعض تعقيم الحليب غير أن ذلك قد يكسب البادئ الطعم الشانط .

التبريد : يبرد الحليب بعد معاملته بالحرارة مباشرة إلى درجة التحضين 43-45 م° .

تلقيح البادئ : تختلف كمية البادئ المضافة ولكن عادة تكون بنسبة 2-3 % .

التحضين : عادة ما يكون لمدة 3-4 ساعات على درجة حرارة 42-45 م° وذلك للوصول إلى الحموضة المناسبة وقدرها 0.8-0.9 % .

التبريد : بعد انتهاء عملية التحضين وتكوين الحموضة المناسبة يبرد البادئ إلى درجة حرارة 5 م° ويحفظ على هذه الدرجة لحين استعماله .

هذا ويجب أن يتم تحضير البادئ تحت شروط صحية صارمة ومن المفضل إجراء عملية التحضير هذه في غرف معزولة تجنباً لحدوث خطر تلوث البادئ .

- العناية ببادئ اليوغورت:

ذكرنا سابقاً بأنه للحصول على ألبان متخمرة ذات صفات جيدة فإن ذلك يعتمد وبشكل أساسي على البادئ المستعمل، لذلك فالعناية بالبادئ أمر مهم جداً في صناعة اللبن أو اليوغورت الجيد. إن البكتيريا المكونة لبادئ اليوغورت حساسة جداً للإصابة بملتهم البكتيريا (البكتريوفاج) Bacteriophage . ولذلك يجب تنشيطها بصورة دورية مع تغيير السلالات كل 2-3 أيام. كما أن بكتيريا البادئ يمكن إيقاف فعاليتها وذلك نتيجة وجود نسبة ضئيلة من المضادات الحيوية Antibiotics أو مواد التنظيف والتعقيم، ولذلك فإن الحليب الذي سيستعمل لتنشيط البادئ يجب أن يكون خالياً من هذه المواد.

- المعاملات الأولية للحليب المعد لصناعة اليوغورت:

تهدف هذه المعاملات على الحصول على يوغورت ذي مواصفات عالية إضافة للحصول على أنواع جديدة لليوغورت (كاللبن المصفى مثلاً)، وأهم هذه المعاملات هي التالية:

1 - تعديل تركيب الحليب: إن زيادة نسبة الجوامد اللادھنية في الحليب ينتج عنه يوغورت أكثر ثباتاً و أكبر لزوجة . وتتم هذه الزيادة إما بالتبخير أو إضافة الحليب المجفف أو الحليب المركز أو الترشيح فوق العالي. وترفع عادة نسبة الجوامد اللادھنية في الحليب بمعدل يتراوح بين 1 - 3 % ليصبح حوالي 11 - 12 % . أما نسبة الدسم فتعدل لتصبح بين 0.1 - 4% . أما في حال المراد الحصول على اللبن المصفى مباشرة فترفع نسبة الجوامد إلى حوالي 24%.

2 - تخلية الهواء: عند صناعة الألبان المتخمرة يجب أن يكون محتوى الحليب من الهواء منخفضاً قدر المستطاع . و يجب إجراء عملية التخلية في مرحلة مبكرة قبل بسترة الحليب و تتلخص مزايا تخلية الهواء بالآتي:

- تحسين شروط المجانسة
- تقليل خطر الفشل في قسم البسترة

- إزالة الروائح غير المرغوبة
- تحسين ثبات اليوغورت و لزوجته

3 - التجنيس: الهدف الأساسي من التجنيس ما يأتي:

- تقطعت حبيبات الدهن لتجنب انفصال القشدة
- يفيد التجنيس في زيادة قابلية الكازئين للارتباط مع الماء
- يعمل على خلط محتويات الحليب المعاد تشكيله وزيادة اللزوجة وثبات الخثرة
- يحسن طعم المنتج

تجرى عملية التجنيس عادة قبل المعاملة الحرارية و أحياناً تجرى بعدها و تتم عملية التجنيس تحت ضغط قدره 200 كغ / سم² و بدرجة حرارة بين 55 - 70 °م.

4 - المعاملة الحرارية:

المعاملة الحرارية الناجحة تؤدي إلى:

تحسين صفات الحليب و جعله أكثر ملائمة لنمو بكتيريا البادئ إنتاج يوغورت ذي لزوجة عالية متماسك و أكثر ثباتاً إن درجة الحرارة المستخدمة غالباً 90 °م لمدة 5 دقائق و يحدث في هذه المعاملة ما يأتي:

- أ - تشوه لبروتيينات المصل و جعلها ذات مقدرة أعلى للارتباط بالماء
- ب - تعمل هذه المعاملة على زيادة حساسية الكازئينات لأيونات الكالسيوم
- ت- تعمل على تخفيض زمن التخثر نتيجة زيادة إنتاج الحموضة بواسطة بكتيريا البادئ لأن هذه المعاملة تعمل على إتلاف المواد القاتلة للبكتيريا مثل اللاكتينات و كذلك تقضي هذه المعاملة على الجراثيم المرضية .
- ث- تحدث هذه المعاملة تحللاً جزئياً للبروتينات منتجة أحماضاً أمينية و بيتيدات ضرورية لنمو بكتيريا البادئ .
- ج- كما تحدث أيضاً انخفاضاً طفيفاً في القيمة التغذوية للحليب نتيجة لتخريبها لبعض الفيتامينات مثل B12 , B6 , B1 , C و حمض الفوليك كما تنخفض قليلاً القيمة الحيوية للبروتينات .

ج- يجب أن يؤخذ بالحسبان أن المعاملة الحرارية السابقة غير كافية للقضاء على بعض الانزيمات مثل الليباز والبروتياز المفرزة بواسطة البكتيريا المحبة للبرودة و التي قد تسبب حدوث تغييرات غير مرغوبة في طعم اليوغورت في أثناء التخزين.

5 - الإضافات:

يمكن إضافة المثبتات عند صناعة اليوغورت بسبب ارتباطها مع الماء ما يزيد من اللزوجة و يساعد على تجنب انفصال المصل ، ومن المثبتات المستعملة عادة يوجد الجيلاتين و البكتين و الأغار و تضاف بنسبة تتراوح بين 0,1 - 0,5 حسب نوع المثبت المستعمل.

- الاختبارات التي تجرى للحليب المعد لصناعة اليوغورت:

إن أهم الاختبارات التي تجرى للحليب المعد لصناعة اللبن بهدف معرفة مواصفات الحليب (المادة الأولية اللازمة لصناعة اللبن) هي التالية:

- 1-تقدير المادة الجافة الكلية: والتي تسمح بالضبط الدقيق لتركيز الحليب.
- 2-تقدير المادة الدسمة: والتي تسمح بتصنيع لبن كامل أو متوسط أو منخفض الدسم.
- 3-الكشف عن وجود المضادات الحيوية: وذلك لتجنب حدوث تثبيط لبكتيريا البادئ وبالتالي فشل عملية التصنيع.
- 4-اختبارات الاختزال: مثل اختبار أزرق الميتيلين او الريسازورين، وهذا الاختبار يعطي فكرة عن جودة الحليب من وجهة نظر ميكروبيولوجية.
- 5-الكشف عن وجود روائح أو طعوم غريبة: حيث إن هذه الطعوم أو الروائح تنتقل إلى اللبن المصنع من هذا الحليب،

- العوامل التي تؤثر في صفات اليوغورت:

- 1- نسبة الجوامد الكلية في الحليب المستعمل: بشكل عام كلما كانت نسبة جوامد الحليب الكلية مرتفعة كان القوام أجود وأنعم، وأفضل نسبة للجوامد الكلية في الحليب يجب أن تتراوح بين 11-16% . إن زيادة نسبة الجوامد اللاذهنية في الحليب وخاصة الكيزين وبروتينات المصل تعطي لبناً متماسك القوام كما يقلل كثيراً من ظاهرة انفصال

المصل. هذا ويمكن تعديل الجوامد الكلية في الحليب باتباع طريقة أو أكثر من الطرق الآتية:

أ) تبخير 10-20% من ماء الحليب وهذا يعادل زيادة في جوامد الحليب الكلية بمقدار 1.5-3% أو استخدام الترشيح فوق العالي للتخلص من جزء من ماء الحليب.

ب) إضافة جزء من الحليب المركز .

ت) إضافة حليب الفرز المجفف بمعدل 0.5-2.5 % بالوزن.

ث) إضافة مسحوق بروتينات المصل حيث يجب أن لا تزيد نسبته على 1-2 %

2- التجنيس: يعمل التجنيس على تحسين التوزيع المتجانس لمكونات المزيج وكذلك على زيادة لزوجة خثرة اليوغورت وثباتها بالإضافة إلى تحسين صفاته المذاقية .

إن الشروط المثلى لتجنيس حليب اليوغورت هي استعمال ضغط قدره 100-200 كغ/سم² بدرجة حرارة 50-60 م°، ولا ننسى أهمية التجنيس في منع ظهور طبقة القشدة على السطح.

3- المعاملة الحرارية المستعملة: إن ذلك يحدد نسبة بروتينات المصل المترسبة من الحليب نتيجة المعاملة بالحرارة وبالتالي تؤثر في نظام البناء الجيلاتيني لليوغورت بالإضافة إلى أن معاملة الحليب بالحرارة تؤدي إلى انطلاق الأحماض الدهنية بصورة حرة وهذه تسبب النمو السريع للبكتيريا العصوية للبادئ وهذه بدورها تفرز أنزيمات خاصة تحلل بروتينات الحليب وتنتج أحماضاً أمينية ضرورية لنمو البكتيريا الكروية للبادئ وخاصة الحمض الأميني فالين.

وقد وجد بأن المعاملة الحرارية تخفض من زمن التخثر نتيجة زيادة إنتاج الحموضة بواسطة بكتيريا البادئ.

4- نسبة البكتيريا العصوية *Lb. bulgaricus* إلى البكتيريا الكروية *Strep. thermophilus*: إن هذه النسبة تحدد صفات الطعم والقوام المرغوبة للبن المتخمر وعادة ما تكون هذه النسبة 1:1 غير أن بعضهم يفضل أن تكون 2:1 أو حتى 3:1 حيث يمكن التحكم في هذه النسبة عن طريق درجة حرارة الحضانة. إن بعض السلالات

من البكتيريا العصوية *Lb.bulgaricus* تنتج قواماً سميكاً لزجاً وهذه السلالات تكون المفضلة عندما يكون الهدف الحصول على قوام سميك كما أن زيادة عدد البكتيريا العصوية في البادئ يعطي طعماً حامضياً حاداً للبن الناتج .

5- التعبئة: يجب ألا تستغرق عملية التعبئة أكثر من 30 دقيقة بعد التلقيح وذلك لتجنب حدوث ارتجاج للخرثرة بعد أن يبدأ تكوينها فإذا حدث ارتجاج في هذه الفترة التي يبدأ فيها تكوين القوام فإنه ينتج جسماً ضعيفاً.

6- التبريد: إن تبريد اليوغورت مرحلة مهمة وحرارة وكبافي مراحل التصنيع إذا أردنا الحصول على الصفات الجيدة من حيث تماسك الخرثرة وهلاميتها. إن التبريد يوقف نشاط بكتيريا البادئ ما يؤدي إلى وقف إنتاج الحموضة ، كما يبيى البروتين لحفظ أكبر كمية من المصل، ويفضل التبريد التدريجي عن التبريد السريع المفاجئ لأنه يمنع انكماش الخرثرة وتقلصها وبالتالي تجنب حدوث ما يسمى بالصدمة الحرارية .

- عيوب اليوغورت:

إن تطبيق المعاملة الحرارية ووجود رقم pH حامضي أقل من 4.6 بشكل عام والذي يتوافق مع وجود حوالي 1 غ من حمض اللبن /100 غ فإنه من غير الممكن وجود نمو أو نشاط للبكتيريا الممرضة في اللبن الخاثر ، أما عند حدوث التلوث الكبير وخاصة عند التلوث بالبكتيريا الضارة فإنها تسبب مشاكل ومصاعب مزعجة وهذا ما يتطلب العمل ضمن أماكن نظيفة جافة وصحية بعيدة عن تيارات الهواء، وتجنب هذا التلوث يجب تطوير آلات التعبئة التي تسمح في التعبئة النظيفة عالية الجودة أو حتى معقمة. يمكن أن تكون بعض المواد المضافة خاصة السكر والثمار مسؤولة عن التلوث بالجراثيم المتنوعة ولذلك يجب الانتباه إليها.

فيما يتعلق ببعض العيوب مثل عيوب الطعم والمظهر والقوام التي تظهر فجأة، فإن سببها بشكل عام أخطاء تقنية وأخطاء خاصة في المواد الأولية ذات النوعية السيئة أو الاختيار السيئ للبادئ. يمكن تقسيم عيوب اليوغورت الرئيسية إلى ثلاث فئات (عيوب الطعم، عيوب المظهر، عيوب القوام).

1. عيوب الطعم:

طبيعة العيب	المسبب
مرارة	حفظ لمدة طويلة، نشاط زائد للبادئ في تحليل البروتين، تلوث بالبكتيريا المحللة للبروتين.
طعم خميري	تلوث بالخمائر
طعم فطيري	تلوث بالفطور، فواكه من نوعية سيئة بالنسبة لليوغورت المزوج مع الفواكه.
عدم وجود الطعم والنكهة الخاصة باليوغورت	نشاط سيئ للبادئ (خلل في التوازن، سيادة البكتيريا الكروية، تحضين لمدة وجيزة بدرجة حرارة منخفضة، انخفاض نسبة الجوامد الكلية).
نقص في الحموضة	نشاط سيئ للبادئ (نسبة التلقيح منخفضة، مدة التحضين غير كافية أو بدرجة حرارة منخفضة، وجود مثبطات بالحليب، ملتهيمات البكتيريا).
حموضة زائدة	سير سيئ لعمليات التخمير (نسبة التلقيح مرتفعة، مدة التحضين طويلة أو على درجة حرارة مرتفعة، تبريد غير كاف، حفظ على درجة حرارة مرتفعة).
تزنخ	تلوث بالبكتيريا المحللة للدهون ومعاملة حرارية غير كافية.
طعم طحيني كالبودرة	إضافة كمية كبيرة من الحليب المجفف.
طعم مؤكسد	حماية سيئة ضد الضوء، وجود معادن (حديد- نحاس).
طعم مطبوخ أو شاطئ	معاملة حرارية قاسية.
طعم حامضي لاذع	بادئ سيئ (تلوثه ببكتيريا لبنية غريبة-أو كوليفورم).
طعم دهني	محتوى عال من الدسم.

2. عيوب المظهر :

طبيعة العيب	المسبب
انفصال المصل	حموضة زائدة نتيجة تحضين زائد أو ارتفاع درجة الحرارة عند التخزين، زيادة مدة الحفظ، تبريد ضعيف، خلط زائد، استعمال مضخة نابذة، مزج سيئ للفواكه، رج اليوغورت المتلاحم، محتوى منخفض من الجوامد الكلية .
إنتاج الغاز	تلوث بالخمائر أو الكوليفورم.
مستعمرات على السطح	تلوث بالخمائر أو الفطور .
طبقة من القشدة على السطح	عدم تجنيس الحليب أو سوءه.
منتج على غطاء العبوة	نقل سيئ للمنتج.

3. عيوب القوام:

طبيعة العيب	المسبب
انفصال الخثرة	رج أو اهتزاز في أثناء النقل مباشرة بعد تبريد سيئ في غرفة باردة .
ضعف تماسك الخثرة	نسبة التلقيح منخفضة، تحضين سيئ (زمن قصير - درجة حرارة منخفضة) رج قبل التبختر التام، نسبة جوامد كلية منخفضة
يوغورت سائل (مايع)	خلط قوي، تحضين سيئ (زمن قصير)، نسبة جوامد كلية منخفضة، بادئ سيئ (ضعيف إنتاج اللزوجة)، فواكه أو منكهات غير مركزة.
لزج جداً	بادئ سيئ (منتج بكثرة للزوجة)، درجة تحضين منخفضة.
قوام رملي	تسخين شديد للحليب، تجنيس على درجة مرتفعة من الحرارة، كمية كبيرة من الحليب المجفف، خلط سيئ، تحميص غير منتظم أو ضعيف جداً.
قوام حبيبي	خلط سيئ، محتوى عال من الدسم، اختيار سيئ للبادئ.

- إطالة فترة حفظ اليوغورت:

لنلاحظ وجود زيادة مستمرة في إنتاج الألبان واستهلاكها خلال السنوات القليلة السابقة، وذلك نظراً لزيادة الوعي الصحي لدى المستهلكين بالخصائص العلاجية للألبان وقيمتها الغذائية العالية. حيث تمتلك بكتيريا حمض اللبن الموجودة بشكل حي في اللبن عدة ميزات منها حماية الجسم من الاضطرابات المعوية المعدية، وتخفيض احتمال الإصابة بالسرطان، وتخفيض مستوى الكوليسترول في الدم، وتحفيز مناعة الجسم، ومساعدة الجسم في الاستفادة من البروتين والكالسيوم والحديد.

تضفي البكتيريا اللبنية والكائنات الحية المجهرية الفوائد الصحية على اللبن عندما توجد بالتراكيز الموصى بها من 10^6 إلى 10^8 من الخلايا الحية في 1 مل وقت الاستهلاك.

أن ارتفاع حموضة اللبن يُعدّ عامل حفظ ذاتي لهذا المنتج ولذلك يتم اللجوء عادة من أجل حفظه إلى عمليات التبريد فقط. وهذا ما يعطي اللبن مدة حفظ تصل إلى أسبوعين في شروط الحفظ المبرد.

إن استمرار عمل البكتيريا المنتجة للحموضة في اللبن خلال فترة حفظه وتخزينه يؤدي إلى ارتفاع زائد في حموضة اللبن ما ينتج عنه تدهور في الصفات الحسية والفيزيائية والكيميائية للبن. ووجود البكتيريا المقاومة للحموضة ونمو الفطور والخمائر في اللبن المخزن يسرع من فساد المنتج وتدهور صفاته.

لذلك كان لابد من استخدام وسائل وطرائق لحفظ اللبن لفترة زمنية أطول مع المحافظة على جودته وخواصه.

وينتج عن الفساد السريع للبن خسائر مادية كبيرة، لذلك تم ابتكار العديد من الطرائق لزيادة فترة صلاحية اللبن. علماً بأن بعض هذه الطرق يؤدي إلى قتل كل الميكروبات الموجودة فيه بما فيها بكتيريا البادئ وهذا يخالف التشريعات الغذائية للعديد من دول العالم، لذلك يجب أخذ ذلك في عين الاعتبار ليتوافق اختيار الطريقة وفق تشريع كل دولة.

من الطرائق الحديثة المستخدمة في هذا المجال:

- ✓ استخدام اللاكتوفيرين واستخدام النيسين.
- ✓ استخدام نظام اللاكتوبيروكسيداز LP.
- ✓ استخدام أشعة غاما.
- ✓ تجنيس الحليب بضغط عالي High Pressure Homogenizing .
- ✓ معاملة الحليب بأنزيم ترانس غلوتاميناز (Glutaminase Trans).
- ✓ إضافة عصير الجزر أو إضافة الثوم.
- ✓ الطريقة الحرارية.
- ✓ تثبيط الأحياء الدقيقة في اللبن بالمعاملة بالضغط العالي.
- ✓ تغيير طريقة التصنيع.
- ✓ إضافة اللاكتولوز lactulose.

1 - استخدام اللاكتوفيرين Lactoferrin واستخدام النيسين Nisin :

- ⊙ اللاكتوفيرين مضاد بكتيري يقوم باحتجاز الحديد ومسكه وبالتالي يمنع الأحياء الدقيقة من الاستفادة منه ما يثبط نموها بشكل جيد.
- ⊙ للاكتوفيرين أنواع عديدة تختلف بدرجة إشباعها بالحديد حيث تتراوح من الشكل الخالي من الحديد apo إلى الشكل المشبع بالحديد بشكل كامل halo .
- ⊙ تدل التجارب على أن إضافة اللاكتوفيرين من الشكل apo إلى الحليب المستخدم في صناعة اللبن بنسبة 0.5-2 غ/ل يؤدي إلى تأخير انخفاض قيمة pH اللبن الناتج أثناء فترة حفظه وتخزينه وذلك نتيجة لتثبيط بكتيريا حمض اللبن. هذا بمجمله يؤدي إلى حفظ اللبن وتأخير فسادته وإطالة فترة صلاحيته إلى حوالي ثلاثة أسابيع مع الملاحظة بأن اللاكتوفيرين لا يؤثر على الخواص الفيزيائية والحسية للبن الناتج.

- استخدام النيسين Nisin:

- النيسين مضاد بكتيري معروف يوجد في الحليب بشكل طبيعي ويُعد أحد المواد الحافظة التي تضاف للحليب ومنتجاته .

- المبدأ هو الاستفادة من المفعول التثبيطي للنيسين على الأحياء الدقيقة الموجبة والسالبة الغرام والمرضية والمفسدة للبن.
- يتم إضافة النيسين بتركيز 50UML مع البادئ البكتيري ويفضل زيادة نسبة البادئ بشكل قليل عن النسبة المعتادة تحسباً لما يمكن أن يسببه النيسين من تثبيط لبكتيريا البادئ.
- إن النيسين، بالإضافة إلى دوره التثبيطي، يمنع انخفاض الحموضة الزائد من خلال تأثيره على البكتيريا المنتجة لحمض اللبن، وبالتالي يسهم في إطالة فترة حفظ اللبن ومنع فساده وتدهور خواصه الحسية. والنتيجة هي إطالة فترة حفظ اللبن إلى حوالي 28 يوماً .

2 - استخدام نظام اللاكتوبيروكسيداز LP:

- ⊙ لهذا النظام تأثير مثبط على البكتيريا الموجبة والسالبة لغرام وخاصة البكتيريا المحبة للبرودة التي تسبب فساد الحليب ومنتجاته أثناء التخزين المبرد.
- ⊙ بالنسبة لصناعة اللبن فإنه يتم تنشيط نظام LP-system بإضافة 10 ppm ثيوسيانات الصوديوم + 8.5ppm فوق كربونات الصوديوم إلى الحليب الطازج ثم يتم صناعة اللبن من هذا الحليب بالطرق المعروفة.
- ⊙ تؤدي معاملة الحليب بهذا النظام إلى تأخر تشكل الحموضة في اللبن الناتج أثناء فترة حفظه نتيجة تثبيط بكتيريا حمض اللبن بالإضافة إلى مفعوله التثبيطي على باقي الأحياء الدقيقة ما يؤدي إلى إطالة فترة صلاحية اللبن حتى 27 يوماً.

3 - استخدام أشعة غاما:

- ⊙ إن لاستخدام أشعة غاما تأثيراً حافظاً في اللبن ناتجاً عن قتل الأحياء الدقيقة بواسطة هذه الأشعة.
- ⊙ تتميز هذه الطريقة بكونها سريعة وقليلة النفقات ولا تسبب أي اثر ضار للإنسان.
- ⊙ الفعل الحافظ للإشعاع هو في تحطيم خلايا البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى، فعند مرور الإشعاع ونفاذه فإنه يعمل على تأين وتجهيز ذرات المادة

وينتج عن ذلك عملية تبديل وتحوير تتسبب في تكوين جزيئات كبيرة وقائلة داخل خلايا الكائنات الحية الدقيقة ما يتسبب في تحطيمها .

- ⊙ يتم تشعيع اللبن بعد انتهاء فترة تخثر الحليب والوصول إلى القوام المطلوب حيث يوزع اللبن الناتج على عبوات بلاستيكية خاصة ويمر إلى غرفة التشعيع.
- ⊙ يثبت التجارب أن اللبن غير المعرض لأشعة غاما وصلت مدة حفظه إلى حوالي 12 يوماً أما اللبن المعامل بجرعات من الأشعة مقدارها 1-3-5 KGy وصلت مدة صلاحيتها إلى 20-30-45 يوماً على التوالي.

4 - تجنيس الحليب بضغط عال High Pressure Homogenizing :

- ⊙ يتم تنفيذ هذه المعاملة من خلال تسخين الحليب إلى 30°م ثم تجنيسه بضغط عال بحدود 200-300 MPa مدة 30-40 ثانية وبمعدل تدفق 120 لتر/ساعة.
- ⊙ ثم يتم تصنيع اللبن من هذا الحليب بالتلقيح بالبادئ مباشرة دون بسترة (في الطريقة العادية تجري عملية بسترة للحليب وقد يتم اللجوء إلى تجنيسه بضغط مقداره 15MPa ثم يتم تصنيع اللبن منه).
- ⊙ الفائدة : إن تطور الحموضة في اللبن الناتج عن حليب تم تجنيسه بضغط عال كان أبداً من تطور الحموضة في اللبن المصنع بالطريقة الاعتيادية وبالتالي فإن فترة حفظ اللبن الأول كانت أكبر . وهذا يبدو ناتجاً عن المفعول القاتل لضغط التجنيس العالي على البكتيريا المنتجة للحموضة الموجودة في الحليب أساساً (تفجير الخلايا) وعلى الأحياء الدقيقة المفسدة والممرضة المتواجدة في الحليب مثل بكتيريا *Coliform* و *Listeria*.

النتيجة هي الوصول إلى حوالي أربعة أسابيع من الحفظ الجيد مع المحافظة على خواص الجودة للبن الناتج.

5 - معاملة الحليب بأنزيم ترانس غلوتاميناز Glutaminase Trans :

- ⊙ إنزيم الترانس غلوتاميناز هو أنزيم يقوم بتكوين روابط بين الجزيئات الحاوية على مجموعة أمين حرة (بروتينات - ببتيدات) مع الجزيئات الحاوية على مجموعة غاما-كاربوكساميد (الغلوتامين). وهذه الروابط عالية المقاومة للتحلل.

⊙ تعدّ هذه الطريقة إحدى الطرائق التي تؤدي إلى زيادة فترة حفظ اللبن مع التحسين الكبير في خواص جودته.

⊙ حيث إنها تزيد فترة الصلاحية إلى ما يقارب ثمانية أسابيع عند التخزين على درجة 4 م، كما أنها تؤدي إلى ازدياد لزوجة اللبن وانخفاض ظاهرة خروج المصل بشكل كبير .

يتم تنفيذ هذه الطريقة من خلال تحضين الحليب مع أنزيم الترانس غلوتاميناز الميكروبي (0.25 وحدة/غ بروتين) على درجة 50 م لمدة ساعة. ثم يتم تثبيط الأنزيم حرارياً وذلك بالتسخين إلى درجة 75 م . ثم يتم تصنيع اللبن من هذا الحليب بتلقيحه بمزارع البادئ ثم تحضينه على درجة 43 م لمدة خمس ساعات.

6 - إضافة عصير الجزر أو إضافة الثوم:

⊙ مبدأ هذه الطريقة يقوم على إضافة عصير الجزر إلى الحليب قبل مرحلة التخمير وذلك بسبب غناه بالمضادات الفطرية .

⊙ الفائدة: تؤدي إضافة عصير الجزر بنسبة مرتفعة بحدود 15-20% إلى تثبيط نمو الفطور والخمائر وبكتيريا الكوليفورم بينما لا تؤثر على بكتيريا البادئ كما تؤدي إلى انخفاض كبير في وجود الأفلاتوكسينات وخاصة أفلاتوكسين M1 بالإضافة إلى ذلك تؤدي إلى تحسين القابلية للاستهلاك بشكل ملحوظ .

النتيجة: إطالة مدة الحفظ إلى 30 يوماً دون حدوث مظاهر الفساد أو التغيير في اللون.

- إضافة الثوم:

⊙ لقد أكدت الدراسات على أن الثوم يساعد على تحسين زمن حفظ اللبن عبر إعاقة تشكل العفن والفطريات فيه.

⊙ أوضحت الدراسات أيضاً إلى قدرة الثوم على إيقاف نمو الجراثيم. الأمر الذي يؤدي إلى منع حدوث التخمض الذي يضر بجودة اللبن .

⊙ من ناحية أخرى فسرت بعض الدراسات بعض الفوائد الغذائية والتجارية لخلط هذين العنصرين الغذائيين عاليي النوعية (اللبن والثوم) من خلال إضافة عجينة

الثوم إلى المزرعة الجرثومية لبكتيريا البادئ كما حددت اختيار أفضل نسبة للثوم في اللبن للمحافظة على القوة الحيوية للبن الرائب تصل إلى 30 يوماً من التخزين المبرد.

7 - الطريقة الحرارية:

⊙ المبدأ: تعتمد على نفس مبدأ صناعة اللبن العادي (بسترة الحليب ثم تبريده ثم التفتيح بالبادئ والتحصين على درجة حرارة 42° م). ولكن نقترح هذه الطريقة أن يتم إجراء معاملة حرارية للبن المتشكل وذلك بتطبيق درجة حرارة معينة لفترة زمنية معينة.

⊙ وجد أن أفضل درجة حرارة تعطي النتائج المطلوبة هي 85° م على أن تطبق لفترة تتراوح بين 20-22 ثانية .

⊙ النتيجة: أدت هذه الطريقة إلى إطالة مدة حفظ اللبن إلى 6 أسابيع في شروط الحفظ على درجة الحرارة العادية وإلى 60 يوماً عند حفظ اللبن على درجة حرارة 4° م .

⊙ السبب هو القضاء على بكتيريا البادئ والبكتيريا والفطور والخمائر الملوثة للبن إلى درجة كبيرة ما أخر الفساد .

8 - تثبيط الأحياء الدقيقة في اللبن بالمعاملة بالضغط العالي:

- المبدأ استخدام الضغط العالي على اللبن بعد تصنيعه.
- الفائدة تدمير البكتيريا والخمائر والفطور نتيجة الضغط العالي والذي يسبب تحطيم خلايا هذه الأحياء الدقيقة.
- طريقة العمل تتم عن طريق تعريض عبوات اللبن إلى ضغط يعادل 600 ميغا باسكال لمدة 300 ثانية.
- النتيجة الوصول إلى فترة حفظ للبن حوالي 60 يوماً.

9 - تغيير طريقة التصنيع (الطريقة المعدلة):

- ⊙ تعتمد طريقة تصنيع اللبن التقليدية على القيام ببسترة الحليب (على درجة حرارة 90° م لمدة 20 ثانية) ثم تبريده إلى 45° م ثم التلقيح بالبادئ بنسبة معينة (2%) ثم التحضين عند 45° م حتى انتهاء عملية التخثر .
- ⊙ أما الطريقة المقترحة فتعتمد على مبدأ تغيير المعاملات الحرارية التي يتعرض لها الحليب من أجل إطالة مدة حفظه.
- ⊙ يتم تنفيذ ذلك من خلال بسترة الحليب على درجة حرارة 90° م لمدة 20 ثانية ثم تبريده إلى 60° م وبعد ذلك يتم نقله إلى عبوات بلاستيكية مقلحة مسبقاً بالبادئ بنسبة 2% حيث يتم إغلاق العبوات جيداً وإبقائها على درجة الحرارة نفسها 60° م لمدة خمس دقائق وبعد ذلك يتم تبريد الحليب إلى 45° م ثم القيام بتحضيره على هذه الدرجة حتى انتهاء عملية التخثر ثم تخزينه على درجة حرارة 4° م.
- ⊙ بالمقارنة مع اللبن المصنوع بالطريقة العادية فإن فترة صلاحية هذا اللبن قد وصلت إلى ما يقارب 35 يوماً في مقابل 13 يوماً للبن العادي المخزن بنفس الظروف. وهذا عائد إلى القضاء الكامل على الفطور والخمائر في اللبن المصنع بالطريقة المعدلة.

10 - إضافة اللاكتولوز Lactulose :

- يستخدم اللاكتولوز كثيراً في الصناعات الصيدلانية كمستحضر فعال ضد الأمراض مثل الأمساك الحاد والمزمن .
- ⊙ هو عبارة عن ثنائي سكاريد صناعي مستحصل من مصاوغه اللاكتوز الموجود في الحليب ومصل اللبن بمستويات عالية نسبياً تقترب إلى حوالي 4.5% وسطياً، ويحتوي على الفركتوز بدلاً من الغلوكوز .
- ⊙ إن إضافة اللاكتولوز يحسن من معدل التخميض وحامضية حمض اللاكتيك وذلك بانخفاض الزمن اللازم لإكمال عملية التخمر وتثبيت قيمة pH (4.5) خلال وقت التخزين المبرد إلى أطول فترة ممكنة والمستمرة لفترة تدوم إلى 35 يوماً أي يعمل كمنظم للحموضة.

- الأحياء الدقيقة الملوثة لليوغورت:

- إذا ترك الحليب الخام على درجة حرارة الغرفة لفترة من الوقت فإنه على الأغلب يتخثر، وذلك نتيجة نشاط الميكروبات المخمرة للاكتوز والمنتجة للحموضة والموجودة بشكل طبيعي في الحليب الخام إلا أن الخثرة الناتجة ستكون متغيرة المواصفات حسب الفلورا الطبيعية الموجودة في الحليب، وبالتالي، فإنه إذا عومل هذا الحليب حراريا للقضاء على معظم الفلورا الطبيعية الموجودة فيه ولقحناه ببادئ نقي، عندها سنتمكن من السيطرة على عملية التخمر إلى حد كبير منتجين اللبن المتخمر المرغوب به.

- إن الألبان المتخمرة لا تفقد بسرعة على درجة حرارة البراد نظرا لارتفاع حموضتها ولأن البكتيريا لا تتمكن من النمو في تلك الظروف، أما إذا ترك اللبن المتخمر أو المحمض على درجة حرارة الغرفة العادية، فإن أنواع مختلفة من الخمائر والفطريات تنمو عليه وتستهلك حمض اللبن، ما سيقلل الحموضة إلى الحد الذي يمكن البكتيريا المسببة للفساد أن تنمو وتنشط مسببة تحلل مكوناته (كالبروتينات والدهون) ما يؤدي إلى فساد اللبن.

- أنواع اللبن أو اليوغورت وطرق تقديمها:

- **داديا Dadiah** أو **داديه Dadih** : نوع تقليدي شهير من اليوغورت في غرب سومطرة وتصنع من اللبن الجاموسي والذي يتم تخميره في أنابيب من البامبو . واللبن طعام شهير في نيبال حيث تقدم فيها كمقبلات وكصنف حلو أيضا. ويطلق عليها هناك داهي dahi.

وتعدّ جزءا من الثقافة النيبالية ويتم تناولها في الاحتفالات القومية وحفلات الزواج والحفلات والمناسبات الدينية واللقاءات العائلية وغيرها. ومن أشهر أنواع اليوغورت النيبالية جوجو داهيو juju dahu والتي يرجع أصل صناعتها إلى مدينة بختابور.

- **تاراتور Tarator**: من أنواع الشوربات الباردة المصنوعة من اليوغورت وبشيع تناولها صيفا في ألبانيا وبلغاريا وجمهورية مقدونيا وتركيا . وتصنعان من العيران والخيار والشبت والملح وزيت الزيتون ويمكن إضافة الثوم وعين الجمل المطحون. أما تراتزكي

Tzatziki الشهير في اليونان، فهي صوص غليظ القوام من الزبادي يشبه التارتار في المكونات. ويسمى تزارتيكي في بلغاريا "تارتار جاف".

تارتاتور : حساء بارد من الزبادي شهير في بلغاريا

تزارتيكي من المقبلات المصنوعة من الزبادي والشهيرة في اليونان وبلغاريا حيث يطلق عليها تارتار جاف

- غاميجورتو Rahmjoghurt يوغورت قشدية القوام يزيد الدسم فيها بنسبة 10% عن أنواع اليوغورت الأخرى المعروفة في البلدان الناطقة بالإنجليزية. (غام Rahm كلمة ألمانية معناها قشدة) و(يوجرتو joghurt هي اليوغورت في اللغة الألمانية وتباع هذه الزبادي في ألمانيا وبلدان أخرى.

- وثمة أنواع أخرى من اليوغورت مثل اليوغورت المغطاة بطبقة من القشدة (Cream top Yoghurt - وتُصنع من لبن غير متجانس (أي لم يتم إذابة دهونه فيه وإنما تكون طافية على السطح). وتعلو فوق هذا النوع من الزبادي طبقة من القشدة فيضفي عليها طعما قشديا مرغوبا. وبدأ تصنيع هذا النوع تجاريا في الولايات المتحدة في مصنع براون كاو بنيوفيلد في نيويورك، ضاربة عرض الحائط بالاتجاه السائد لتناول الزبادي قليل أو منزوع الدسم. وتشتهر الأردن بالجميد وهو زبادي يتم حفظه بالتعليق والتجفيف. أما في مصر، فيطلق على اليوغورت "زبادي" وتُصنع من اللبن الجاموسي ويزيد الإقبال عليها في شهر رمضان حيث يعتقد أنها تقضي على الإحساس بالعطش.

- وتعد رايثا Raita المصنوعة من اليوغورت والشهيرة في جنوب آسيا والهند. ويتم إعدادها بتتبيل اليوغورت بالكزبرة والكمون والنعناع والفلفل الحريف وغيرها من الأعشاب والبهارات. ويتم مزجها مع البصل والخيار ويقدم الخليط مبردا. وتتميز الraitha بتأثيرها المرطب على الفم ما يجعلها طعاما مثاليا مع الأطباق الهندية الحريفة.

رايثا: من المقبلات الشهيرة في باكستان والهند والمصنوعة من اليوغورت

أما الدوداه Dudh فهو لبن متخمّر سندي شائع في الهند ويشبه اللبن الرائب . ويُشرب عادة أثناء تناول الطعام على جرعات حيث يساعد على الهضم كما يعطي للطعام مذاقا ألذ. ويقدم أيضا مع الأرز السادة في بعض المناطق.

وتشتهر داهي Dahi بمذاقها وقوامها المميزين وهي نوع من اليوغورت في شبه القارة الهندية. ويُشتق لفظ داهي من الكلمة السنسكريتية دادهي dadhi وهي واحدة من العلاجات الشافية أو Panchamrita أي الأطعمة المستخدمة في طقوس العبادة الهندوسية .

- أنواع اليوغورت المحلي والمطعم بنكهات:

لمعادلة مذاق اليوغورت الحمضي الطبيعي، يتم تحليتها وقد يضاف إليها نكهات أو قطع فاكهة أو مربى فاكهة في قاع الوعاء الذي تباع فيه، وتسمى اليوغورت الممزوجة بالفاكهة باليوغورت السويسري. يضاف البكتين، وهو مادة طبيعية في الفاكهة، إلى معظم أنواع اليوغورت في أمريكا الشمالية وقد يضاف معه أو بدلا منه الجيلاتين ليعطي اليوغورت الكثافة والدمس بتكلفة بسيطة. ويباع أيضا هذا النوع من اليوغورت المغشوش باعتباره معدا على الطريقة السويسرية أنفة الذكر على الرغم من أنه لا يمت بصلة لليوغورت التي يتناولها السويسريون.

ويصنع اليوغورت التي يطلق عليها خط القشدة creamline من الحليب كامل الدسم غير المجنس (أي لم تذاب القشدة فيه) ولذا ترتفع طبقة القشدة على سطح اليوغورت. وبالنسبة لليوغورت بالفواكه، يتم استخدام المربى بدلا من قطع الفاكهة لحفظها لأسابيع. وتستخدم المواد المحلية مثل قصب السكر أو السكر في تصنيع اليوغورت قليلة الدسم على نطاق تجاري. ومن أشهر أنواع اليوغورت في الولايات المتحدة الأمريكية اليوغورت المحلاة والمنكهة والتي عادة ما تباع في أكواب بلاستيكية صغيرة. ومن النكهات المعروفة الفانيليا والعسل والفواكه مثل الفراولة والتوت الأزرق (أوديسة) والتوت الشوكي وتوت العليق والخوخ.

- يوغورت مصفى:

اليوغورت المصفى أحد أنواع اليوغورت الذي يتم تصفيته باستخدام مرشح من الورق أو القماش (الشاش) في الغالب ويستخدم في فصل شرش اللبن ما يعطي لليوغورت قواما غليظا وطعما لاذعا قويا. وهناك بعض المعامل تصنعه بدءا من تركيز الحليب بالترشيح فوق العالي ومن ثم يتم تلقيحه والحصول عليه مباشرة دون الحاجة إلى تصفيته.

ومن أنواع اليوغورت المصفى اللبننة وتستخدم في حشو الشطائر. ويمكن أن يضاف للبننة شرائح الخيار وزيت زيتون وزيتون علاوة على بعض الأعشاب الخضراء الطازجة. ويمكن تغليظ قوام اللبننة أكثر وتشكيلها على هيئة كرات وحفظها في زيت الزيتون ما يحفظها مخمرة لعدة أسابيع أخرى. وقد تستخدم مع البصل واللحم والمكسرات في حشو أنواع عديدة من الفطائر والكبة.

ويتم تسخين بعض أنواع اليوغورت المصفى في أوعية كبيرة مكشوفة أولا حتى يقل محتواه من السوائل. ويتم إعداد ميسhti Dahi بهذه الطريقة، وهي حلوى شهيرة في شرق الهند تدرج تحت الداхи لكن قوامها أكثر كثافة حيث يشبه الكاسترد ومذاقها أكثر حلاوة من أنواع اليوغورت الغربية.

ويتم تناول اليوغورت المصفاة في اليونان وهي مكون أساسي في صوص تزاذزكي Tzadziki والتي يتم تناولها عادة مع شطائر خبز البينا المحشو بالحيروس Gyros والسوفلاكي Souvlaki وهما من الأطعمة اليونانية الشهيرة.

اليوغورت السائل (الشرابات):

عيران أو دهالا شراب مملح من اليوغورت يشتهر في ألبانيا وبلغاريا وتركيا وأذربيجان وإيران وجمهورية مقدونيا وكازاخستان وقرغزستان. ويتم إعداده بخلط اليوغورت مع الماء (وأحيانا) الملح. ويعرف بأسماء عديدة باختلاف الدولة حيث يسمى «دوغ» في إيران وتان في أرمينيا ولبن عيران في سوريا ولبنان وشنينة في العراق والأردن ولبن أربيل أيضا في العراق وماجيغا في تيلوغو وماجيغ في كندا ومورو في تاميلي ومالايالام في جنوب الهند ولاسي في بنجاب ومختلف أنحاء الهند. ويختلف الدوغ عن العيران في

أن الدوغ يضاف إليه النعناع في العادة كما أنه مشروب غازي حيث يضاف إليه عادة ماء صودا.

لاسي : مشروب من اليوغورت يرجع أصله إلى شبه القارة الهندية له مذاق خفيف مملح أو محلى. ويعدّ اللاسي غذاء أساسيا في بنجاب. وفي بعض مناطق شبه القارة الهندية، يتم بيع النوع المحلي بنكهات ماء ورد المانجو وغيرها من أنواع عصير الفواكه ما يعطيه مذاقا مختلفا تماما. أما اللاسي المملح فيُطعم بالكُمون المحمص المطحون والفلفل الحار (شطة). وقد يتم أيضا استخدام مخيض اللبن (المتبقي من اللبن بعد فصل الزبدة عن القشدة) وأحيانا يطلق عليه غول في البنغال وماتيا في شمال الهند وماجيغا في أندرا براديش وداهي باني في أوريسا وتاك في ماهاراشترا وتشاس في غوجارات . وينتشر أيضا تناول شراب لاسي في باكستان.

وينتشر تناول مشروب اللبن الزبادي المحلي في أوروبا متضمنة بريطانيا والولايات المتحدة حيث يضاف إليه الفاكهة ومواد تحلية. وهذا النوع يطلق عليه "مشروب الزبادي" ومن أنواعه التجارية يوب «Yop» وبيوبست سموثي «BioBest Smoothie».

التطورات الحديثة في تصنيع أنواع جديدة من اليوغورت:

تمكن فريق من الباحثين من تطوير نوع جديد من اليوغورت يحتوى على قدر كبير من البروتينات ويتمتع بالقدرة على تعزيز الشعور بالشبع والامتلاء في وقت قصير، وذلك بعد إجراء العديد من الأبحاث العملية. وأشار الباحثون أن اليوغورت المطور تم تصنيعه باستخدام بودرة الحليب منزوع الدسم ثم تم إضافة النشا له، وتم مقارنته بالعديد من أنواع اليوغورت الأخرى، وأجريت الأبحاث على مئات الأشخاص. وكشفت النتائج أن اليوغورت المحتوى على قدر كبير من البروتينات والنشا يسهم في تعزيز الشعور بالشبع والامتلاء، وهو ما يسهم في الحد من تناول الأطعمة الأخرى، وبالتالي يقلل من استهلاك الإنسان للسعرات الحرارية وتنخفض فرص الإصابة بالسمنة و فرط الوزن. وأضاف الباحثون أن هذه المنتج المطور يسهم في تثبيط الشهية ويمكن استخدام نفس النظرية في تصنيع أنواع جديدة من منتجات الألبان الأخرى تعمل بنفس الآلية وتسهم في تعزيز الشعور بالامتلاء.

إنتاج لبن وزبادي من حليب الإبل، حيث تم تطبيق تقنية الترشيح الفائق في تركيز الحليب إلى مركّزات مختلفة ما أدى إلى فصل بعض المركبات المانعة لنمو بكتيريا البادئ في الراشح النافذ خلال الغشاء، وقد أظهرت نتائج التحليل والتحكم الأولية للمنتجات المصنعة الحصول على منتجات ذات صفات فيزيائية وكيميائية وحسية جيدة. وما زالت الدراسة مستمرة بغرض الحصول على أفضل النتائج والتي سوف يتم نشرها في حينه.

من ناحية أخرى تمكن الباحثون من الاستفادة من الراشح الناتج من عمليات التركيز - الذي يحتوي على سكريات وأملاح وفيتامينات - في إنتاج مشروبات بنكهات مختلفة مقبولة ومفيدة.

لمحة عن بعض أنواع الألبان المتخمرة المنتشرة في العالم:

توجد مجموعة من الألبان المتخمرة والتي تختلف عن بعضها بمادتها الأولية والأحياء الدقيقة وطريقة تصنيعها وقوامها وطعمها ومدة حفظها . يوجد قسم كبير من هذه المواد المتشابهة والموجودة تحت أسماء عديدة والكثير منها يحتوي على نوع واحد أو اثنين من بكتيريا حمض اللبن الخاصة باللبن الخاثر بالإضافة إلى الأحياء الدقيقة الأخرى. فمنذ عدة سنوات حاول المصنعون البحث عن أسواق جديدة مستفيدين من الفكرة العلمية للعالم ميتشنيكوف Metchnikoff في بداية القرن العشرين وهي إن استهلاك المنتجات اللبنية المتخمرة يمكن أن يكون لها أثر مناسب على الصحة ويشكل نظام حماية بفعل بكتيريا حمض اللبن. وقد ظهر العديد من المنتجات المتنوعة التي تحتوي على بكتيريا معوية مثل Bifidobacterium بالاشتراك مع بكتيريا حمض اللبن وسنتطرق بشكل وجيز إلى تقنية أهم الألبان المتخمرة المصنعة منذ عصر بعيد أو قريب.

1- اللبن المتخمّر الأمريكي : American cultured buttermilk

في أمريكا إلى جانب اللبن الخاثر يصنع نموذج من الألبان المتخمرة من الحليب الفرز أو الحليب المتعرض إلى عملية فرز جزئية بحيث يكون محتواه من المادة الدسمة يتراوح بين 1-2% والذي يتخمّر بفعل بكتيريا حمض اللبن الأليفة لدرجة الحرارة

المتوسطة ومتجانسة التخمر وغير متجانسة التخمر لإنتاج الحموضة والمواد المنكهة ووفقاً لـ Kosikowski يصنع اللبن الخائر الأمريكي وفق الخطوات التالية :

- 1 - إضافة 0.1 % من كلور الصوديوم إلى الحليب الفرز الذي يمتاز بنوعية عالية.
- 2 - تعريض الحليب إلى معاملة حرارية 85°C م / 30 دقيقة / أو 90°C م / دقيقتين /
- 3 - تبريد الحليب إلى درجة حرارة 22°C م .
- 4 - إضافة البادئ بمعدل 0.5-1 % والذي يتكون من البكتيريا المتجانسة التخمر *Lactococcus lactis* , *Lactococcus cremoris* والبكتيريا غير متجانسة التخمر *Leuconostoc lactis* , *Leuconostoc cremoris* ويوزع البادئ بشكل متجانس ضمن الحليب .
- 5 - يحضن الحليب لمدة 14-16 ساعة على درجة حرارة 22°C للوصول إلى درجة حموضة مقدارها 80°D أي 0.8 % من حمض اللبن.
- 6 - عند الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة يبرد اللبن المتخمر إلى درجة حرارة 10°C م مع التحريك والخلط المتجانس واللطيف . ولتجنب انفصال المصل يجب أن تكون درجة حموضة اللبن المتخمر أعلى من 76°D .
- 7 - يعبأ اللبن المتخمر الأمريكي في عبوات زجاجية أو كرتونية باستخدام مضخات خاصة مع تجنب الدخول الزائد للهواء .
- 8 - تحفظ العبوات بدرجة حرارة $4-5^{\circ}\text{C}$ م وتوزع خلال 3 أيام .

2- اللبن المتخمر البلغاري : Bulgarian butter milk

نوع من الألبان المتخمرة يكون البادئ فيها من سلالات *Lactobacillus bulgaricus* ويصنع اللبن المتخمر البلغاري وفق الخطوات الآتية :

- 1 - تطبيق معاملة حرارية على درجة حرارة 85°C م / 30 دقيقة
- 2 - تبريد الحليب إلى درجة حرارة $37-38^{\circ}\text{C}$ م وإضافة البادئ المحضر من حليب معقم .
- 3 - يحضن الحليب لمدة 10-14 ساعة للوصول إلى درجة حموضة 150- 180°D .

4 - يبرد اللبن المتخمّر إلى درجة حرارة 10° م ويخزن على هذه الدرجة ويسوق وقد تصل درجة الحموضة إلى 3% من حمض اللبن .

3- لبن الأسيدوفيلس : *Acidophilus milk*

يصنع اللبن الأسيدوفيلس وفق الخطوات الآتية :

1 - يعرض الحليب كامل الدسم أو الحليب الفرز إلى معاملة حرارية مختلفة وفقاً لطريقة التصنيع 95° م/عدة ثوان أو التسخين لمدة ساعة على درجة حرارة 90° م على مرحلتين أو تطبيق التعقيم بالمعاملة الحرارية المرتفعة 141-145° م أو التعقيم بالطريقة القديمة على درجة حرارة 115° م .

2 - تبريد الحليب إلى درجة حرارة 37° م .

3 - إضافة مزرعة البادئ بمعدل 1-5% من مزرعة نقية لبكتيريا *Lactobacillus acidophilus* وتعزل هذه البكتيريا من أمعاء الأطفال أو مخلفات أمعاء العجول الصغيرة.

- يعبأ الحليب ضمن زجاجات ويحافظ على هذه الدرجة حتى التخثر وهذا يتطلب فترة من الزمن مقدارها 20-24 ساعة .

4- يبرد اللبن المتخمّر إلى درجة حرارة 5° م حتى الاستهلاك ويفضل أن يكون الاستهلاك سريعاً لتجنب الحموضة الزائدة والتي تصل إلى أعلى من 180°D المتزامنة مع انخفاض في عدد البكتيريا الحية .

4- الكوميس : *Kumiss*

منتج لبني متخمّر يصنع في هضاب آسيا الوسطى من حليب الفرس ويمكن أن يصنع منتج مشابه من حليب الإبل وأحياناً من حليب الأتان، وتوجد مراكز عديدة تصنعه من حليب الأبقار المضاف إليه 2.5% من السكر ويتكون البادئ من خليط بكتيريا حمض اللبن *Lactobacillus acidophilus* و *Lactobacillus bulgaricus* ومن الخمائر *kefir Kluyveromyces* و *Torula* . ونوضح طريقة تحضير الكوميس من حليب الأبقار وفق الخطوات التالية :

- 1 - خلط كمية من السكر مع الحليب الفرز الساخن بمعدل 5% من السكر .
- 2 - بسترة الحليب وتعريضه إلى درجة حرارة 90-92° م خلال 3-5 دقائق .
- 3 - تبريد الحليب إلى درجة حرارة 26-28° م .
- 4 - إضافة البادئ بمعدل 10% مع التحريك المستمر لمدة 20 دقيقة .
- 5 - تحضير الحليب ضمن حوض مزدوج الجدران على درجة حرارة 26-28° م خلال مدة مختلفة وفقاً للمنتج المطلوب وبشكل عام تتراوح درجة الحموضة بين 70-80°D ويتوقف ذلك على سرعة التبريد فإذا كان التبريد سريعاً يتوقف التخمر عند درجة 80°D وإذا كان التبريد بطيئاً يتوقف عند 70°D .
- 6 - تخلط الخثرة الناتجة وتبرد وعند تطبيق التخمر الصناعي للكوميس يتم التحريك مع إدخال الهواء ضمن الخثرة خلال 3-5 دقائق كل ربع ساعة مع الاستمرار في التبريد للوصول إلى درجة حرارة 16-18° م ويتوقف عن التحريك عند الوصول إلى القوام السائل المتجانس .
- 7 - يعبأ اللبن المتخمر ضمن عبوات سعتها 2/1 لتر ويتم سدها بحيث تسمح في إنتاج كمية متزايدة من الكحول وثاني أكسيد الكربون على درجة حرارة 20° م لمدة ساعتين .
- 8 - يبرد الكوميس الناتج إلى درجة حرارة 4-0° م حتى التوزيع والتسويق ووفقاً لمدة التخمر ، يمكن الحصول على ثلاثة نماذج من الكوميس :
- 1- الكوميس الفتى أو اللطيف الناتج عن تخمر ليوم واحد ويحتوي على حوالي 0.1-0.3% من الكحول و 1% من حمض اللبن .
- 2- الكوميس المتوسط ، تخمر خلال يومين ويحتوي على 1.2% من حمض اللبن و 0.2-0.5% من الكحول .
- 3- الكوميس القوي والتخمر خلال ثلاثة أيام ويحتوي على حوالي 1.4% من حمض اللبن ودرجة كحول عالية 3% .

5- الكيفير : Kefir

مشروب لبنى أصله من القوقاز وينتشر في جميع دول المنطقة المحيطة ، يحضر من حليب الأنواع المختلفة كالأغنام والماعز والأبقار . عند تحضيره ضمن شروط مثالية يمتاز الكيفير بمظهر ناعم مع وجود رغوة وقوام دهني ويتصف بمذاق طعم مختلف الحموضة وأحياناً طعم لاذع ومر ، يجب أن تكون الخثرة متجانسة ولا تظهر أي انفصال للمصل. تستخدم حبيبات الكيفير بوضعها ضمن الحليب حيث يعطي مشروباً متخمراً يحتوي على حمض اللين والإيثانول مع تشكل الرغوة .

تقدم حبيبات الكيفير على الحالة المجففة ضمن قطع صغيرة صلبة صفراء أو بنية اللون وأحجام تساوي حجم البندقة وتتكون من خليط معقد من الأحياء الدقيقة على الحالة الكامنة ومن مادة سكرية متعددة أساسها الجلوكوز والجالاكتوز وتحتوي الأحياء الدقيقة بفعل الكازئين كمادة حاملة حيث يمكن حفظها لمدة سنة على الحالة المجففة وتتكون الأحياء الدقيقة من أنواع مختلفة منها :

- بكتيريا عصوية غير متجانسة التخمر *Lactobacillus brevis*

- بكتيريا عصوية محبة لدرجة الحرارة المتوسطة

Lactobacillus plantarum , *Lb.caucasicus*

- وبكتيريا عصوية محبة لدرجة الحرارة المرتفعة *Lb.bulgaricus*

- ومن بكتيريا غير متجانسة التخمر من نوع *Leuconostoc*

- ومن الخمائر *Saccharomyces kefir* .

وقد تترافق مع بعض الأحياء الدقيقة غير المرغوبة مثل بكتيريا حمض الزبد وحمض الخل وحمض بروبونيك وبعض الفطور . ويحضر الكيفير من حليب كامل الدسم أو الحليب الفرز حيث توضع حبيبات الكيفير ضمن الحليب المجدد نشاطه . ضمن حبيبات الكيفير يوجد تعايش بين بكتيريا حمض اللين المنتجة للحموضة والمخترة وبين الخمائر المنتجة للكحول وغاز CO_2 .

تنشط حبيبات الكيفير وفق الخطوات التالية :

- 1 - توضع الحبيبات ضمن ماء مغلي ومبرد لمدة 6-8 ساعات يتم خلالها تبديل الماء عدة مرات .
 - 2 - توضع الحبيبات في محلول يحتوي على 10 غ/لتر من بيكربونات الصوديوم .
 - 3 - تنتفخ الحبيبات وتصبح مرنة وكاشفة وتستبعد جميع الحبيبات الطرية والشفافة أو المائلة للون الرمادي ويحتفظ في الحبيبات المرنة والمنفخة ويكون لونها واضحاً .
 - 4 - توضع الحبيبات المنفخة ضمن حليب مغلي ومبرد على درجة حرارة 16-20°م بمعدل 10 غ من الحبيبات مقابل 100 غ من الحليب وتترك 24 ساعة.
 - 5 - تصفى الحبيبات وتقل من جديد على درجة حرارة 16-20°م وتكون كمية الحليب أعلى من المرحلة السابقة .
 - 6 - يستمر في هذه العملية 4-5 أيام حيث يبدأ تخمر الحليب وقسم من الحبيبات يعوم على السطح مع انطلاق غاز CO₂ على مستوى الحبيبات .
 - 7 - بعد مدة 7-10 أيام من التبريد تطفو جميع الحبيبات على السطح بعد إضافتها بعدة ساعات وتصبح الحبيبات قادرة على تخثر الحليب خلال مدة 24 ساعة بمعدل إلى 30-40% من وزنها .
- فيما يتعلق بالتحضير الصناعي للكيفير اعتباراً من مزرعة الأم يمكن تلخيص تحضير الكيفير وفق الخطوات التالية :

- 1 - وضع حبيبات الكيفير الطازجة في وعاء يحتوي على الحليب المغلي والمبرد على درجة حرارة 15-20°م في مكان مظلم ويحرك الحليب كل مدة 2-3 ساعات .
- 2 - بعد 24 ساعة تطفو الحبيبات على السطح ويكون البادئ جاهزاً يرشح الحليب ويتم الحصول على سائل له قوام دهني ورائحة الخميرة وطعم حامضي يمكن استخدامه كبادئ.
- 3 - يضاف البادئ إلى الحليب المحضر سابقاً والذي يحتوي على 3.2% من المادة الدسمة والمتعرض إلى معاملة حرارية 85-90°م / 3-5 دقائق والمبرد إلى درجة

حرارة 20-25 °م يحرك ويخلط البادئ مع الحليب في حوض التصنيع بشكل متجانس، تتم عملية التخمير الأولى خلال 12 ساعة

4 - تحرك الخثرة الطرية الناتجة بلطف مع التبريد المستمر ضمن حوض التصنيع للوصول إلى درجة حرارة 12 - 15 °م ويترك مدة 14-18 ساعة لحدوث التخمير الكحولي.

5 - تبرد الخثرة الناتجة إلى درجة حرارة 5-6 °م .

6 - يعبأ الحليب ضمن عبوات زجاجية أو مع سدادات من الألمنيوم ويخزن على درجة الحرارة المنخفضة حتى الاستهلاك .

ووفقاً لمدة التخمير الكحولي يمكن الحصول على ثلاثة نماذج من الكيفير :

الكيفير الفتى : سائل دهني له قوام متجانس رغوته قليلة وطعمه حلو محتواه قليل من الحموضة والكحول .

الكيفير المتوسط : سائل دهني له رغوة وطعم دهني حامضي .

الكيفير القوي : شديد الرغبة قوي النكهة وطعم حامضي لاذع .

من مميزات الكيفير الجيد احتوائه على :

0.6-1% حمض اللبن ورقم الحموضة pH 4.2-4.5

0.6-0.8% من الكحول

50% من غاز CO₂



الفصل الرابع
الأجبان



الأجبان

لمحة تاريخية عن صناعة الأجبان:

إن الحقبة التاريخية التي عرف فيها الإنسان صناعة الجبن غير معروفة على وجه التحديد، كما يصعب تحديد بلد المنشأ وتشير أولى الكتابات عن الفعاليات البشرية إلى اكتشافه الأبقار والحليب، ووجدت هذه الكتابات في سانسكريت مكتوبة من قبل السومريين (4000 سنة ق م) وفي بابل (2000 سنة ق م). وبدأ تصنيع الجبن منذ الزمن الذي نقلت فيه قبائل البدو في شرق البحر الأبيض المتوسط الحليب في أكياس مصنوعة من جلود الحيوانات (قرب) أو في أوعية أخرى مثل معدة الحيوانات أو كروشها. ومن المحتمل جداً بأن اكتشاف هذه المادة الجديدة كان قد حدث بالصدفة حين نقل الحليب الساخن باستعمال معدة حيوان ما وضمن مناخ حار. فتخثر الحليب بسرعة وعمل أنزيمات المعدة على الحليب لتشكل الخثرة، وأدى كسر الأخيرة بفعل الحركة الناتجة عن النقل إلى انفصال المصل عن الخثرة البدائية. وإن الطرائق الحديثة حتى المعقدة تعتمد على مبدأ هذه الطريقة البدائية بمختلف أطوارها: أي تجميع الحليب الساخن، أثر المنفحة، تشكيل الخثرة وانفصال المصل. وبعبارة عامة فإن تصنيع الجبن هو صورة من صور تحويل مادة غذائية سريعة الفساد ذات محتوى مرتفع من الرطوبة (الحليب) إلى مادة غذائية متماسكة ذات محتوى منخفض من الرطوبة (الجبن) يمكن حفظها لمدة زمنية طويلة وذات قيمة غذائية عالية.

ترتبط صفة الحفظ أساسياً بنسبة الرطوبة، فالجبن ذو الخثرة الرخوة والذي يحتوي على 70% من الرطوبة لا يمكن حفظه إلا لعدة أيام بينما الجبن من نوع Grana والذي يحتوي على 25% من الرطوبة يمكن حفظه لمدة طويلة جداً. وبذلك الطريقة تحافظ على القيمة الغذائية للحليب لفترات التي لا يتوفر فيها الحليب الطازج.

تعريف الجبن: الجبن هو المنتج الطازج أو المنضج الناتج عن تخثر الحليب بفعل المنفحة ثم الفصل الجزئي للمصل الناتج عن هذا التخثر. ولكن التعريف الأكثر ملائمة هو: الخثرة الناتجة عن تخثر حليب بعض الثدييات بواسطة المنفحة أو الأنزيمات

المائلة بوجود حمض اللبن وبفصل جزء من الرطوبة بالتقطيع والتسخين والضغط ضمن قوالب ثم الانضاج بالتخزين لمدة من الزمن على درجات حرارة ورطوبة مناسبة. وحسب منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالميتين فالجبين هو المادة الطازجة أو المسواة التي نحصل عليها بعد التخثر وفصل المصل من الحليب أو القشدة أو الحليب المقشود جزئياً أو حليب الخض أو خليط منها.

إنتاج الجبن: الأجبان هي مواد غذائية عمومية يتم إنتاجها في أغلب بلدان العالم انطلاقاً من حليب أنواع مختلفة من الثدييات، كحليب الأبقار والأغنام والماعز والجاموس، وتعد الأجبان من أفضل الأغذية للإنسان ليس فقط بسبب قيمتها الغذائية المميزة (مواد آزوتية بصور مختلفة، مواد دسمة، كالسيوم، فوسفور... الخ)، ولكن أيضاً نظراً لمواصفاتها الحسية الكثيرة التباين وبالتالي فإن التنوع هو مصدر للسور، يمكننا القول أن تطور صناعة الأجبان أحد انجازات الحضارة وبينما لا يختلف استهلاك الحليب السائل والزبدة كثيراً في أوروبا فإن استهلاك الجبن يزداد دون توقف.

أنواع الجبن: هنالك أكثر من 400 نوع من الجبن في العالم، ويمكن وضعها تحت 18 نوعاً رئيسياً مختلفاً حيث إن أصناف كثيرة تسمى بأسماء مناطق تصنيعها ولكنها لا تختلف عن غيرها إلا بالشكل ونموذج التغليف وتتماثل طرائق تصنيعها وصفاتها العامة. ويمكن تفسير كثرة أنواع الجبن بالاستناد إلى الأمور الأساسية التالية:

1 - طبيعة الحليب المستعمل: فالتباينات الضعيفة في التركيب الكيميائي بالإضافة إلى الاختلافات الموجودة بين الأنواع والعروق الحيوانية المختلفة، لها انعكاسات كبيرة على صفات الجبن.

2 - طرائق التحضير: تظهر تنوعاً يصعب تحديد أبعاده، حددت سابقاً بالظروف المناخية، الجغرافية، الاقتصادية والتاريخية. ولكن التقدم التقني وتوسيع شبكات الاتصالات أدى إلى تعديل هذه الظروف وعلى الرغم من ذلك فإن بعض الأجبان لازالت مرتبطة إلى يومنا هذا بمنطقة محددة ولا تصنع نهائياً أو جزئياً في المناطق الأخرى.

تؤدي طرائق التحضير إلى تنوع الأجبان نتيجة التأثير الذي تحدثه في القوام (البنية) وعلى التخمرات:

أ - الأجبان بنية (هيكل) تتألف من باراكازينات الكالسيوم، وهذه البنية تتوقف على نوع التخثر، تطور الحموضة، كمية الماء المتبقية، نسبة المواد الدسمة ودرجة التحلل البروتيني الذي يؤدي إلى إضعاف قساوة الجبن.

ب - تتباين إمكانات تخمر الكازين والمادة الدسمة، فحدوثها يتوقف على مجموعة من الظروف الفيزيا- كيميائية وعلى الأنزيمات الموجودة. إن مظهر الأجبان وطعمها هو نتيجة رئيسة لنشاط الأحياء الدقيقة وللتخمرات التي تحدث للكازين والمادة الدسمة وأيضاً اللاكتوز الذي يبقى ضمن الخثرة.

ج - العوامل الرئيسية: لا تتحدد مواصفات نوع ما من الجبن بعدد قليل من العوامل، بل تنتج عن تأثير عدد كبير من العوامل المتداخلة ومن أهمها (باستثناء تركيب الحليب):

1 - عوامل ميكروبيولوجية: تركيب فلورا (الغطاء الميكروبي) من حيث مظهرها الديناميكي، أنواع الفلورا المرتبطة والفلورا المتعاقبة.

2 - عوامل فيزيائية وفيزيا- كيميائية: حرارة، pH، أكسدة وارجاع، ضغط حلوي.

3 - عوامل كيميائية: نسبة الكالسيوم المحتجزة ضمن الخثرة، المحتوى من الماء والملح، تركيب الجو المحيط (رطوبة، CO₂، نشادر).

4 - عوامل ميكانيكية: تقطيع الخثرة - تحريك الخثرة - طحن الخثرة - طبخ الخثرة.

5 - عوامل بيوكيميائية: تركيز وخصائص الأنزيمات المضافة أو المفرزة من قبل الأحياء الدقيقة كالبكتيريا والفطور والخمائر.

يتبين لنا وجود نظام معقد (باستثناء بعض أنواع الجبن) لم يتعرف عليه الإنسان العلمي بصورة كاملة ما يؤدي إلى إبطاء محاولات المكننة.

د- الفن والتقانة: يتم التركيز بشكل أساسي على الفن وإبداع صانعي الجبن وعلى الأهمية النوعية الجوهرية للحليب وعلى اليد العاملة التي تتدخل عند تحويل حبيبات الخثرة في الحوض إلى أجبان متنوعة. وهذا الفن التقليدي ضروري للحفاظ على تنوع

الأجبان. وأدى إنشاء المصانع الضخمة لصناعة الأجبان إلى تقليل الأنواع المصنعة مع تطبيق طرائق تهدف إلى ضبط وتنظيم النوعية وخفض لتكاليف الإنتاج وهذا أمر محتم لا مفر منه. وربما أدى ذلك إلى انقراض بعض الأصناف التقليدية أو إلى تشابه كبير فيما بينها. إن المحافظة على الصنف (النوع) ضرورية إذا وضعنا في الحسبان الصفات الحسية للجبن فهو مادة جاذبة مثيرة ضمن الوجبة الغذائية اليومية أو غذاء شهي بأنواعه في الأيام السعيدة وهنالك قول مأثور لـ Savarin - Brillat، الوجبة التي ينقصها الجبن كالحسناء التي ينقصها عين. أو بعبارة أخرى: الحلوى التي ينقصها الجبن كالحسناء التي ينقصها ابتسامة.

تصنيف الجبن:

أ - الأجبان الطبيعية: تصنع الأجبان الطبيعية من الحليب، ويمكن تقسيمها إلى ثلاث فئات رئيسية: طرية، نصف طرية، قاسية والأجبان القاسية جداً. وتختلف كثيراً بمحتواها من الرطوبة وتنتج عن ذلك نوعية حفظها وطريقة إنضاجها:

- 1 - الأجبان الطرية: تحتوي على نسبة عالية من الرطوبة (55 - 80 %) وتؤكل بعض الأنواع طازجة (كامبريدج، كولوميه، بوندن، والأجبان الطازجة البيضاء ..) بينما تنتضج أنواع أخرى غالباً بواسطة الفطور السطحية (بري، كاممبر)
- 2 - الأجبان نصف الطرية: لها خثرة متماسكة (45- 55 % رطوبة) وتنتضج سطحياً بالأحياء الدقيقة وخاصة *Brevibacterium linens* مثل:

أ - الأجبان الزرقاء: مثل ستيلون، روكفورت، غوغونزولا. تصنع من خثرة نصف طرية / نصف قاسية (42-52 % رطوبة) وتنتضج بأنواع من فطر الـ *Penicillium* التي تنمو داخل الجبن.

ب - الأجبان نصف القاسية: مثل إيدام وغودا. تصنع من خثرة متماسكة تتراوح رطوبتها بين 45 - 50 % وتنتضج بواسطة البكتيريا وتستهلك بعد 2-3 أشهر.

- 3 - الأجبان القاسية المضغوطة: تصنع من خثرة متماسكة جافة نوعاً ما (35-45 % رطوبة) وتنتضج بالبكتيريا ببطء لمدة تتراوح بين 3 - 12 شهراً، في

بعض الأنواع مثل الشيدر . ويمكن في أنواع أخرى أن تتطور الحموضة في الخثرة قبل تمليحها وضغطها وفي أنواع أخرى مثل الایمنتال.

4 - الأجبان القاسية جداً: المخصصة للبرش مثل الباراميزان، ورومانو تصنع من خثرة متماسكة جداً ورطوبتها منخفضة جداً (26 - 34 %) وتصنع من حليب مقشود جزئياً وتنضج بالبكتيريا ببطء لمدة تزيد على 1-2 سنة.

بينما يعتمد بعضهم نوع التجبن كأساس للتصنيف، وعلى هذا فيمكن تقسيم الأجبان إلى مجموعتين كبيرتين: مجموعة الأجبان ذات التجبن الأنزيمي Rennet cheese وعددها كبير جداً، ومجموعة الأجبان ذات التجبن الحامضي Lactic cheese ويتبعها عدد من الأصناف المحدود نسبياً. واقترح العالم Keilling عام 1947 تصنيفاً آخر للأجبان وازعاً في الحساب معدل النضج كأساس بالإضافة إلى المعاملات المتعددة التي تتعرض لها الخثرة قبل تحويلها إلى جبن وبعده. وفي عام 1981 نشر الاتحاد الدولي للألبان قائمة دولية للأجبان وضعت بحسب الأسس التالية:

- المادة الأولية (حليب أبقار، ماعز، أغنام، جاموس).
- القوام (خثرة قاسية، نصف قاسية، رخوة، جبن طازج، خثرة لبنية).
- المظهر الداخلي (فراغات، دون فراغات، فطور، وجود توابل وأعشاب).
- المظهر الخارجي (قشرة قاسية جافة، قاسية مع طبقة لزجة بنية، رخوة مع طبقة لزجة، رخوة مع فطور بيضاء أو خضراء، رخوة مغطاة بالبارافين، بدون قشرة).
- المحتوى الأعظمي من الرطوبة في الجبن كامل الدسم وفي الجبن الخالي من الدسم، النسبة المئوية للدهن ضمن المادة الجافة (القيمة الدنيا).

وبذلك تم تصنيف 510 أنواع من الأجبان ولكن بعضها متماثل ويرجع هذا إلى تصنيفها في بلدان مختلفة، مثلاً هنالك 24 نوعاً من جبن التشدر و 17 من الكاممبير والغودا ... إلخ.

يتحدد قوام الأجبان ببعض العوامل وهو أمر أساسي لمراقبة نوعيتها وضمان صفاتها المميزة. فالطراوة تزداد بارتفاع نسبة الرطوبة والدهن والتحلل البروتيني الزائد.

ويتوقف نوع الجبن المنتج ضمن فئة ما على نوع الحليب المستخدم وأنواع الأحياء الدقيقة المضافة وظروف الإنضاج والعوامل البيئية وتقسّم الأجبان اعتماداً على محتواها من المادة الدسمة كنسبة مئوية م المادة الجافة إلى:

- منخفضة الدسم $\geq 10\%$ من المادة الجافة
- ربع دسم $\leq 10\%$ من المادة الجافة
- نصف الدسم $\leq 20\%$ من المادة الجافة
- ثلاثة أرباع الدسم $\leq 30\%$ من المادة الجافة
- دسمة $\leq 40\%$ من المادة الجافة
- كاملة الدسم $\leq 45\%$ من المادة الجافة
- قشدية $\leq 50\%$ من المادة الجافة
- مضاعفة القشدة $\leq 60 - 85\%$ من المادة الجافة

تكون الأجبان القاسية رئيساً كاملة الدسم (مثال: إيمنتال، شيدر، غريبير، بارميزان) والأجبان النصف قاسية (الزرقاء، جبن الزبدة..) هي على الأغلب ضمن فئة الكاملة الدسم والقشدية، وبعض الأجبان نصف القاسية (غودا، أيدام، تلسيتر) هي من فئة الثلاثة أرباع الدسم. بالنسبة للأجبان الطرية (كاممبر، بري، رومانو..) فتوضع ضمن فئات الكاملة الدسم، نصف دسم إلى مضاعفة القشدة.

العوامل المحددة لنوعية الجبن:

أ - المواد المستعملة في إنتاج الجبن: فالمواد الأولية الأكثر أهمية لإنتاج الجبن بمختلف أنواعه هي:

- 1 - الحليب جيد النوعية الكيميائية والجراثومية.
- 2 - المادة المحمضة الفعالة والمناسبة لنوع الجبن.
- 3 - نوعية جيدة للمنفحة أو للانزيمات المخثرة الأخرى.
- 4 - ملح جيد.

ب- الطرائق الحديثة لجمع الحليب: حيث تستعمل حالياً الأحواض المبردة في المزرعة ومن ثم صهاريج النقل المبردة وأخيراً البسترة في المصنع.

ج - نوعية الحليب: فمن المعروف جيداً منذ زمن بعيد بأن إنتاج الجبن يتأثر بالعوامل التي تؤثر في نوعية الحليب مثل طبيعة التربة والمراعي وفصل السنة. فالأبقار المغذاة على المراعي تعطي الحليب الأكثر ملاءمة لتصنيع الجبن الجيد، حيث يكون ذلك في نهاية فصل الربيع ومع بداية الصيف وفي بداية الخريف (المناطق المعتدلة). إن الأسباب الحقيقية لتفوق الحليب المنتج في بعض الأوقات غير معروفة بصورة دقيقة، فالمادة الجافة والمحتوى من الكازئين والمادة الدسمة ونسبة الكازئين إلى المادة الدسمة والتوازن الملحي (وبخاصة فيما يتعلق بالكالسيوم الكلي والقابل للذوبان) تبدو بأنها عوامل تلعب دوراً مؤكداً. وضبط التركيب الكيميائي أو تعديله للحليب المخصص لإنتاج الجبن أمر ضروري ومنطقي.

د - التهاب الضرع والمضادات الحيوية: فمزج حليب ناتج عن حيوان مصاب بمرض التهاب الضرع مع الحليب الجيد يؤدي إلى إنتاج أجبان من نوعية رديئة. وعند استعمال المضادات الحيوية لمعالجة الأبقار المصابة يظهر الضرر الحقيقي الأكثر خطورة على صناعة الأجبان.

و - فبالإضافة إلى الترشيح والبسترة وطرد البكتيريا فالتجنيس له مسوغاته وعلى الأقل يجب تجنيس القشدة ثم إعادة مزجها مع الحليب لتقليل التكلفة، ومن مزايا التجنيس نذكر الآتي:

- الحصول على مادة ناعمة في حالة جبن الكوخ والجبن القشدي ذي المحتوى المنخفض من الدهن.

- تحسين قابلية تحطم المادة الدسمة كما هو الحال في الجبن الأزرق.

ب - الأجبان المصنعة أو المطبوخة (المصهورة):

إن الأصناف التي تتبع هذه المجموعة متعددة، وتحضر عن طريق تقطيع الأجبان الطبيعية ثم طحنها، وصيرها وتشكيلها في قوالب ثم تغليفها، وبصورة عامة فإن المادة الجافة الكلية في هذه المجموعة لا تقل عن 50%، كما أن المادة الدسمة لا تقل عن 40% من الجوامد الكلية. توضع هذه الأجبان ضمن ثلاث فئات رئيسية:

1 - الأجبان المصنعة المبسترة.

2 - الأجبان المصنعة الغذائية.

3 - الأجبان المصنعة القابلة للمد.

الأنزيمات المجبنة للحليب:

لقد استخدمت الأنزيمات المجبنة (المخثرة) للحليب منذ زمن طويل للحصول على الجبن وحضرت من عدة مصادر (نباتية، ميكروبية، حيوانية)، وتم فيما بعد الحصول على أنزيم الرنين من معدة العجول على شكل مستخلص خام يسمى المنفحة وتم استخدامه بشكل واسع في صناعة الأجبان.

إن الأنزيمات المجبنة للحليب هي بروتينازات Proteinases (تحطم السلاسل الببتيدية للبروتينات من الداخل) وهي بذلك تختلف عن بقية الأنزيمات التي تحلل البروتين وذلك بهدم الروابط الببتيدية في مناطق مختلفة من السلسلة الببتيدية (البروتيازات Proteases).

الأنزيمات ذات الأصل الحيواني:

تم استخدام عدد كبير من الأنزيمات المخثرة للحليب ولكن الببسين المنتج من معدة الخنازير والببسين المنتج من معدة الدجاج والببسين البقري والرنين هي الأنزيمات المستخدمة في صناعة الأجبان.

- الببسين المنتج من معدة الخنازير: يمكن استخدام هذه الانزيم في صناعة بعض أنواع الأجبان ولكن الجبن الناتج يتصف ببعض العيوب كالتزنج. ولم يوصى باستخدام هذا الأنزيم في الصناعة نظراً لطول زمن التخثر عند كون الحليب غير حامضي، كما أن الخثرة الناتجة تكون طرية ما يؤدي إلى فقدان نسبة الدهن. تتناقص فاعلية هذا الأنزيم عندما يكون رقم الحموضة الـ $pH = 6.3 - 6.8$ ، وإن استخدام كميات قليلة من هذا الأنزيم على رقم $pH = 6.8$ لا يؤدي إلى تخثر الحليب.

- الببسين المنتج من معدة الدجاج: يتم حالياً استخدام الببسين المنتج من معدة الدجاج في صناعة الأجبان في جمهوريتي التشيك وسلوفاكيا، وهذا الأنزيم أكثر

قرباً إلى الكيموزين منه إلى الببسين. يتميز الأنزيم بفاعليته العالية المحللة للبروتين أكثر من منفحة العجول وينصح باستخدامه بنسبة 30% مع المنفحة بدلاً من استخدامه وحده.

- الببسين البقري: لقد ازداد استخدام الببسين البقري في صناعة الأجبان نظراً لسهولة تحضيره من معدة العجول المتقدمة في السن، حيث يتكون الببسين عند العجول بعد الشهر الخامس من عمرها بينما توجد المنفحة في العجول الرضيعة ولا يختلف جبن الشيدر المصنوع بوساطة المنفحة عنه من الجبن المصنع بوساطة الببسين البقري، ولكن أحسن طريقة لاستخدام الببسين هي خلطه مع المنفحة بنسبة 50 % هذا الأنزيم هو الأقرب إلى الكيموزين لكن فاعليته المثلى تكون عند رقم pH قريباً من 2 ويتم تثبيط عمله عند رقم حموضة أعلى من 6.8. لذلك يعطي الحليب المبستر خثرة سيئة المواصفات ولهذا ينصح عند استخدامه تخفيض رقم الحموضة إلى 6.3. للببسين أهمية في مرحلة تسوية الجبن حيث يقوم بهضم الخثرة وتحليل البروتين إلى مركبات بسيطة.

- المنفحة: وهي أهم الأنزيمات المجبنة للحليب والمستخدم عالمياً في صناعة معظم أنواع الجبن. تستخرج المنفحة من المعدة الرابعة (الأنفحة) لصغار الحيوانات المجترة قبل فطامها وهي تتضمن نوعين من الأنزيمات: الكيموزين يشكل القسم الأعظم والببسين يشكل نسبة بسيطة. يستعمل أنزيم الرنين Rennin أو الكيموزين Chymosine الموجود في الخلايا المخاطية للمعدة الرابعة (الأنفحة Abomasam) لصغار الحيوانات المجترة الرضيعة، وعندما يكبر الحيوان ويتوقف عن رضاعة الحليب (تتغذى على الأعلاف) يحل أنزيم الببسين Pepsine محل الرنين. إن أنزيم الرنين هو بروتين من نوع الغلوبين وزنه الجزيئي نحو 31.400 ونقطة تعادله الكهربائي 4.5 تقريباً. يعد الرنين أنزيماً محلاً للرابطة الببتيدية فينيل ألانين 105- ميثونين 106 في الكازين كايا ورقم الحموضة الأمثل لنشاطه هو 3.8 وهذا ما يميزه عن أنزيم الببسين.

جدول ببعض صفات الأنزيمات المعدية

الصفة	كيموزين	بيسين بقري (B) I	بيسين خنازيري (A) II	بيسين خنازيري
رقم الـ pH المثالية للفاعلية المحللة للبروتين (الببموغلوبين)	3.4	2.8	2>	2>
مقدار الفاعليات المحللة للبروتينات: pH 5.6/2.0	1.4	7.0	18.5	48
رقم الـ pH التي يحدث عندها إنقلاف 50% من الفاعلية	8.15	7.45	7.85	7
الوزن الجزيئي	31.4	30	33.4	34.5

حيث: أن A و B هو نوعي أنزيم البيسين البفري ي يختلفان فيما بينهما بالوزن الجزيئي.

جدول حساسية الأنزيمات لمختلف عوامل التخثر

تدرج الحساسية المتناقصة	درجة الحرارة	pH	Ca (II)	الأنزيمات
1	Mm	MP	MP	Mucor miehei: Mm
2	MP		Mm	Endothia parasitica: EP
3	Pa, Mm	Pa	Pa	Pa : المنفحة الحيوانية
4	EP	EP	EP	Mucor pusillies: MP

الأنزيمات المستخرجة من النباتات الراقية:

تستطيع بعض الأنزيمات المستخرجة من بعض النباتات، أن تخثر الحليب. ولكن نشاط هذه الأنزيمات لا يقتصر على تحطيم الرابطة الببتيدية phe-Met (105-106) في كازئين كايا وبالتالي تجبن الحليب، بل تتميز بمقدرتها العالية على تحطيم الروابط الببتيدية الأخرى في البروتينات ما ينجم عنه خسارة في مردود تحويل الحليب إلى جبن كما يؤدي إلى بعض عيوب الطعم والنكهة في الجبن الناتج. ومن أهم هذه الأنزيمات:

أ - الباباين **Papain**: يستخرج الباباين من قشرة نبات الباباي *Carica papaya* بالإضافة إلى أنزيمات أخرى محللة للبروتين، يخثر هذا الأنزيم الحليب بسرعة ولكنه يملك مقدرة عالية أيضاً على هدم البروتينات.

ب - الفيسين **Ficine**: يوجد هذا الأنزيم في قشور عدة أنواع تابعة للجنس *Ficus* كالتين. تحتاج هذه الأنزيمات كما هو الحال في الباباين إلى مجموعة SH حرة للقيام بنشاطها.

ج - البروميلين **Bromelin**: يستخرج من ساق الأناناس.
وهناك أنزيمات أخرى من أصل نباتي قادرة على تخثير الحليب.

الأنزيمات ذات الأصل الميكروبي

أ - أنزيمات ذات أصل بكتيري: إن البحث عن أنزيمات بديلة عن المنفعة قاد الباحثين إلى دراسة عدد من أنزيمات البروتياز التي تفرزها البكتيريا مثل:

Streptococcus liquifaciens, B.licheniformis, B.subtilis, Bacillus cereus, Micrococcus caseolyticus, B.mesentericus, B. polymyxa.

تفرز هذه البكتيريا أنزيمات قادرة على تخثر الحليب، وإن إمكان صناعة الأجبان من هذه الأنزيمات أجود من تلك الناتجة عن الأنزيمات النباتية لكنها أقل جودة من الأجبان المصنوعة باستخدام أنزيمات فطرية لأنها تؤدي إلى تكوين خثرة طرية وضعيفة التماسك نظراً لشدة فاعليتها المحللة للبروتين.

وتبين الدراسات أنه يمكن استخدام بروتيناز بكتيريا *B.subtilis* بنسبة معينة مع المنفعة لتحسين انضاج لتحسين إنضاج الأجبان المصنوعة من الحليب المجفف وكذلك من الحليب المركز بالترشيح فوق العالي.

ب - أنزيمات من أصل فطري: يوجد ثلاثة أنواع أساسية من أنزيمات الفطور المستخدمة في صناعة الأجبان:

Endothia parasitica فطر متطفل على السنديان

Mucor miehei فطر بري موجود في التربة وهو محب للحرارة المتوسطة

Mucor pusillus فطر بري موجود في التربة وهو مقاوم للحرارة العالية

إن الأنزيمات المستخلصة من هذه الفطور مستخدمة في فرنسا بعد خضوعها لفحص صحي والتأكد من خلوه من المواد السامة والمضادات والافلاتوكسين.

صناعة المنفعة: نحصل على المنفعة التجارية من المعدة الرابعة للعجول الرضيعة التي تبلغ من العمر ما لا يزيد على 15 يوماً وتوجد هذه المنفعة في الأسواق على أربع صور وهي:

1 - المستخلص السائل للمنفحة: وهي الأصل الذي يستعمل للحصول على صور المنفحة الأخرى بعد ذبح العجول الرضيعة التي لا يزيد عمرها على أسبوعين والتي مازالت تتغذى على الحليب فقط. تؤخذ المعدة الرابعة مع ترك جزء صغير من المعدة الثالثة (الوريفة) ثم تفرغ من محتوياتها بالضغط عليها من الخارج ودون قلبها ثم تغسل من الخارج فقط بالماء أو بمحلول مركز من ملح الطعام وتزال الأنسجة الدهنية الملتصقة بها في حالة وجودها.

يربط أحد طرفي المنفحة بخيط وتنفخ بالهواء من الطرف الآخر، وتعلق في مكان جيد التهوية لمدة 2 - 3 أسابيع حتى تجف. وقد تفتح المنفحة تشق جدارها بسكين وتنظيفها في المسلخ، ثم توضع على هيئة طبقات فوق بعضها تتخللها طبقات من الملح الناعم وترسل إلى معامل خاصة لاستخلاص الأنزيم حيث يتم تنظيفها وتجفيفها. وفي الحاليتين تمزق المنفحة إلى قطع صغيرة وتخلط بمادة مألنة خاملة مثل النشارة، وتنقع بمحلول من ملح كلوريد الصوديوم تركيزه 10% يحتوي على حمض البوريك كمادة حافظة وبعد أيام عديدة من النقع تضاف كمية أخرى من الملح حتى يضبط تركيز المحلول 16%، وبعدها يصفى ويرشح حتى نحصل على مستخلص رائق. يحتوي هذا المستخلص الخام الرائق على أنزيم الرنين الفعال بالإضافة إلى الصورة غير الفعالة له أو ما يسمى Prorennin.

إن إضافة حمض إلى هذا المستخلص الخام يعمل على تنشيطه، وذلك بتحويله إلى أنزيم الرنين والوصول به إلى أقصى درجة لفاعليته.

يمكن تنقية المستخلص النشط بإضافة بلورات من كبريتات البوتاسيوم والألمنيوم (حجر الشب Alum) إليه قبل ترشيحه. يعدل بعد ذلك إلى مستخلص قياسي من حيث قوة الفاعلية ودرجة تركيز ملح كلوريد الصوديوم ورقم الحموضة واللون.

تحفظ المنفحة السائلة لحين الاستعمال بتعديل درجة تركيز ملح كلوريد الصوديوم بحيث يصبح 14 - 20 % وإضافة بروبيلين غليكول. وقد اقترح إضافة إحدى المواد التالية وعدها مواد حافظة للمنفحة مثل كحول الإيثانول والجليسيرين وحمض البوريك. تحفظ المنفحة في زجاجات نظيفة قاتمة اللون أو في أوان فخارية أو

بلاستيكية، وتحفظ في الثلاجة بعيداً عن الضوء. ومن صفات المنفحة السائلة الجيدة أو تكون لها رائحة المنفحة الطبيعية وهي قاتمة اللون رائقة لأن ظهور العكارة يدل على بدء تحللها.

2 - مسحوق المنفحة أو أقراصها: بعد الحصول على المستخلص السائل النشط للمنفحة، يتم ترسيب أنزيم الرنين بالأحماض أو بواسطة الإشباع بكلور الصوديوم أو بكليهما معاً. ويضاف الجيلاتين غالباً ليساعد على إتمام الترسيب وفصل الرنين من المحلول، يجفف الراسب الناتج للحصول على مسحوق المنفحة أو أقراصها.

معظم أنزيم الببسين في هذه العملية في المحلول، وعلى ذلك فإن مسحوق المنفحة لا يحتوي إلا على نسبة بسيطة جداً من هذا الأنزيم بخلاف المستخلص الذي أخذ منه. ويمكن الحصول على بودة المنفحة بتكرار عملية الترسيب والترشيح وهي تكاد تكون خالية تماماً من أنزيم الببسين.

3 - بلورات الرنين: لقد أمكن تنقية أنزيم الرنين وبلورته على هيئة بلورات إبرية أو صفائح مستطيلة أو قوالب هرمية. وتتلخص طريقة الحصول على هذه البلورات بإشباع المستخلص السائل للمنفحة بملح كلور الصوديوم فيرسب الرنين. تفصل المادة الراسبة وتذاب في الماء المقطر ويعدل رقم الحموضة إلى 5.4 يشبع هذا المحلول المائي للأنزيم ثانية بملح كلوريد الصوديوم، وذلك بوضع الملح في أنبوب من السيلوفان وغمس هذا الأنبوب وتحريكه باستمرار داخل المحلول المائي للأنزيم الرنين، وبذلك ينتشر الملح غشائياً خلال مسامات جدار الأنبوب إلى المحلول المائي للأنزيم حيث يتم ترسيبه.

تعاد إذابة هذا الراسب في الماء المقطر ويوضع في الثلاجة حتى اليوم التالي حيث تظهر البلورات فتفصل بالترشيح. وقد تحتاج في بعض الأحيان لإعادة الترسيب مرة ثالثة للحصول على نتائج مرضية. لبلورات أنزيم الرنين فاعلية تعادل 6 أمثال فاعلية السائل المستخرجة منه.

العوامل المؤثرة على سرعة التجبن الأنزيمي (المنفحي):

أ - تركيز الأنزيم: تتناسب سرعة التخمثر طردياً مع كمية الأنزيم المضافة، كما يؤثر تركيز الأنزيم في صفات الخثرة وخاصة في القساوة العظمى للخثرة وفي مطاطية الخثرة.

ب - درجة حرارة: لا يحصل التخمثر على درجة حرارة أقل من 10°م ويكون التخمثر بطيئاً على درجة حرارة تتراوح بين (10 - 20°م) ويزداد كلما اقتربنا من 24°م - 40°م، ولا يحدث التخمثر على درجات حرارة أعلى من 65°م، حيث ينعدم نشاط الأنزيم، وللحرارة أيضاً تأثير في سرعة قساوة الخثرة.

ج - رقم الحموضة (pH): لرقم الحموضة تأثير في زمن التخمثر وفي قساوة الخثرة الناتجة، فعندما ينخفض رقم الحموضة عن رقم حموضة الحليب الطبيعي يصبح زمن التخمثر أقصر، ولا يتخمثر الحليب على رقم أعلى من 7 لانعدام تأثير الأنزيم. يتجلى تأثير الحموضة في زمن التخمثر من ناحيتين

- يكون النشاط الأنزيمي للمنفحة أعظمياً على كازئين كابا على pH 5.5 ويكون ثباته الأعظمي ضمن مجال pH يتراوح بين (5 - 6).

- تعرض الحموضة التفاعل الثانوي للتخمثر، حيث تؤدي إلى تقليل ثبات مذيلات الكازئين بسبب إقلال الشحنات الكهربائية وتحرر أيونات الكالسيوم من المعقد الغروي. وعند انخفاض الـ pH من 6.7 إلى 5.6 فإن زمن التخمثر ينخفض من 7 إلى 1، بينما تكون سرعة التفاعل الثانوي للتخمثر مضروبة بـ 30.

تتوافق زيادة سرعة التخمثر الناتجة من انخفاض الـ pH بزيادة ملحوظة في سرعة قساوة الخثرة وفي القساوة العظمى.

د - نسبة أملاح الكالسيوم الذائبة: لا يمكن تحويل كازئينات الكالسيوم إلى باركازئينات (أي عدم إمكانية التجبن بتأثير المنفحة)، إلا بوجود كمية من أملاح الكالسيوم الذائبة، لأن هذه الأملاح موجبة الشحنة الكهربائية وهي ضرورية لمعادلة الشحنة الكهربائية السالبة للمذيلات التي تعرضت لفعل أنزيم المنفحة. وإن المعاملات التي تؤدي إلى نقصان الكالسيوم الذائب ينتج عنها إطالة زمن التخمثر، كالمعاملات الحرارية التي تزيد

درجة الحرارة فيها عن 70°م حيث تؤدي إلى تحول الفوسفات ثنائية الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثية الكالسيوم وهذه الأخيرة غير ذائبة وتعيق التجبن. ويجب في هذه الحالة إضافة عنصر الكالسيوم مثلاً بصورة كلور الكالسيوم إلى الحليب لتعويض النقص الناتج. ويعمل كلور الكالسيوم أيضاً على انخفاض رقم الحموضة نتيجة زيادة تركيز شوارد الهيدروجين في الوسط.

هـ - نسبة المواد الأزوتية الذائبة في الحليب: إن وجود نسبة عالية من المواد الأزوتية الذائبة يؤدي إلى إطالة زمن التجبن، حيث تقوم هذه المواد بحماية الكازئين من المنفحة، وهذا يفسر مقاومة اللبأ الغني بالبروتينات الذائبة لفعل المنفحة ولصعوبة تجبنه أنزيمياً يجب استبعادها من الحليب المعد لصناعة الجبن.

و - التسخين المسبق للحليب: إن الوقت اللازم لتخثر الحليب المسخن أطول من الوقت اللازم لتخثر الحليب الطازج والخثرة الناتجة أقل قوة ومتانة وأسباب ذلك:

- 1- انخفاض قطر مذيلات الكازئين
- 2 - نقصان الكالسيوم الذائب وكذلك الفوسفات والسترات
- 3 - تغيرات في البروتين الذائب ما يؤدي إلى تشكيل طبقة من البروتين المتبدل على مذيلات الكازئين ويشكل كازئين كابا معقد مع بيتا لاكتو غلوبين ما يؤدي إلى نقصان حساسية كازئين كابا للمنفحة.

تأثيرات مختلفة:

- 1 - إن التحلل البروتيني الناتج عن فاعلية الأنزيمات المجبنة، ينشط بكتيريا حمض اللبن المستخدمة في صناعة الأجبان ويكون هذا التنشيط كبيراً مع الأنزيمات الفطرية مقارنة مع المنفحة لأنها تؤدي إلى إنتاج ببتيدات منشطة لبكتيريا حمض اللبن ما يؤدي لزيادة إنتاج الحموضة خلال عملية فصل المصل وهذا ما يميز الأجبان المصنوعة بهذه الأنزيمات ويلاحظ أيضاً ازدياد قوة الخثرة ومتانتها.
- 2 - إن الطعم المر الناتج في الأجبان هو أكبر في الأجبان المصنعة من الببسين والأنزيمات الفطرية مقارنة مع المنفحة نظراً للفاعلية الكبيرة للأنزيمات الفطرية في التحلل البروتيني.

3 - يوجد اختلاف في توزيع الأنزيمات المجبنة بين الخثرة والمصل بالنسبة للكيوموزين: يعتمد احتفاظه بالخثرة تبعاً لرقم الحموضة pH ففي الوسط الحامضي $pH = 5.2$ يبقى حوالي 80% من المنفعة في الخثرة، بينما تنخفض هذه النسبة إلى حوالي 50% عند ارتفاع رقم الحموضة إلى $pH = 6.4$ أما بالنسبة لأنزيم الفطر *Mucor*، فإن احتفاظ الخثرة به أقل بكثير ويتراوح بين 15 - 20% ولا تتأثر نسبة الاحتفاظ برقم الحموضة. أما بالنسبة للبروتيناز المعتدل لبكتيريا *Bacillus subtilis*، فإن كمية الأنزيم في المصل تختلف تبعاً لرقم الحموضة بطريقة عكسية للمنفعة فتصل نسبة الأنزيم في المصل على رقم حموضة $pH = 8.5$ إلى 50% وتنخفض هذه النسبة إلى 20% عند رقم حموضة $pH = 6.6$.

قياس قوة المنفعة: تعرف الفاعلية المخثرة بأنها العلاقة بين حجم المنفعة المستخدمة وحجم الحليب المتخثر ضمن ظروف معينة ومحددة.

i - قوة المنفعة وفقاً لـ Soshlet: هي حجم الحليب الطازج المتخثر بحجم من المنفعة خلال 40 دقيقة بالدرجة 35°م فإذا كان حجم المنفعة V وحجم الحليب v ووقت التخثر T بالثانية فيمكن حساب قوة المنفعة F كالتالي:

$$F = \frac{2400 \times V}{T \times v}$$

وتتراوح قوة المنفعة كما يلي:

5000 - 2000	منفعة سائلة
10000 - 5000	مستخلص المنفعة التجارية
100000	منفعة مجففة تجارية
10000000	منفعة متبلورة

2 - طريقة Berridge: تتم بوضع 120 غ من الحليب المجفف منزوع الدسم المحضر بطريقة التريذ Spray ضمن لتر من محلول كلور الكالسيوم 0.1 مولا (أو 1.1 غ من كلور الكالسيوم اللامائي)، وتحدد وحدة المنفعة بأنها كمية الأنزيم

الموجودة في 1 مل القادرة على تخثير 10 مل من الحليب خلال 100 ثانية بدرجة حرارة 30 م.

$$UP = \frac{10 \times V}{T \times v} \text{ (وحدة شغل)}$$

ويمكن التعبير عن النتائج بإحدى الطريقتين وذلك باستخدام المعادلة التقريبية التالية:

$$UP = F \times 0.00457$$

البادئات المستخدمة في صناعة الأجبان:

يعتمد إنتاج الجبن على تخمر اللاكتوز بواسطة بكتيريا حمض اللبن وإنتاج حمض اللبن بصورة أساسية. ويؤدي هذا إلى إعطاء الخثرة طعماً حامضياً طازجاً كما يساعد على عمل المنفحة وتسريع فصل المصل بانكماش الخثرة وإكسابها القوام والصفات المرغوبة. يكون رقم pH خثرة الجبن الطازج نحو (5.0 - 5.2) ما يساعد على منع نمو البكتيريا المرضية والبكتيريا المسببة للفساد ما يعمل على حفظ المنتج بصورة أفضل.

تنتج بكتيريا حمض اللبن أيضاً مركبات النكهة وتساعد فاعليتها المحللة للبروتين وبدرجة أقل تلك المحللة للدهن على إنضاج الجبن. بالإضافة إلى ذلك فإن نمو بكتيريا حمض اللبن يتسبب في خفض كمون الأكسدة والارجاع الضروري لإنتاج مركبات الكبريت المرجعة مثل Methanethiol الذي يدخل في نكهة جبن الشيدر.

في الصناعة الحديثة للأجبان، يتم على نطاق واسع إضافة سلالات منتخبة من بكتيريا حمض اللبن كبادئات تعطي الحموضة المناسبة لتصنيع الجبن بصورة منتظمة من يوم لآخر وبالتالي إنتاج منتجات ثابتة المواصفات، تتضمن بكتيريا حمض اللبن المستخدمة كبادئات عند تصنيع الجبن أنواع منتخبة من أجناس الـ *Streptococcus*، *Leuconostoc*، *Lactobacillus* يمكن استعمال خليط من هذه الأنواع في مزارع مختلطة أو كسلالات منفردة.

أمثلة عن الاستعمال	البكتيريا
بائنات محبة للحرارة المتوسطة	
جبين قاس مضغوط مثل : شيدار غودا	<i>Lac.lactis</i> , <i>Strep.cremoris</i>
جبين منصج بالفطور مثل: ستيلتون	<i>Lac. Cremoris</i>
جبين طري منصج مثل: كاممبر، فيتا	<i>Lac. Lactis</i>
وانواع أخرى	<i>Lac. Lactis subsp. Diacetyllactis</i> <i>Leuconostoc spp.</i>
جبين طري غير منصج مثل كولميه، جبين الكوخ، كوراج، جبين قشدي	<i>Lac. Cremoris</i> <i>Lac. Lactis subsp. Diacetyllactis</i> <i>Leu. Cremoris</i>
بائنات محبة للحرارة العالية	
أجبان سويسرية مثل ايمنتال	<i>Strep. Thermophiles</i>
أجبان ايطالية قاسية جداً مثل بارميزان	<i>Lb. helveticus</i> , <i>Lb.lactis</i>
أجبان نصف طرية مثل: لامبرغر	<i>Lb. bulgaricus</i>
بائنات مختلطة	
أجبان ايطالية ذات خثرة بلاستيكية مثل: بروفولون، موزوريلا	<i>Strep. lactis</i> , <i>Strep. thermophiles</i> <i>E. faecalis</i> , <i>Lb. bulgaricus</i>

البائنات المحبة للحرارة المتوسطة (درجة الحرارة المثلى للنمو 20-30 م) تستخدم على نطاق واسع لإنتاج أنواع متعددة من الجبن بالنسبة للأجبان القاسية تستخدم سلالات منتخبة من النوع *Lac. cremoris* لإكسابها نكهة جيدة ولكن بإدخال سلالات منتخبة من النوع *Lac. lactis* يمكن تقصير زمن التصنيع.

Lac. lactis subsp. Diacetyllactis و/ أو *Leuconostoc* التي تنتج CO_2 تعطي انتفاخات (فراغات) مرغوبة في قوام الأجبان المنضجة بالفطور أو تشكل بسيط

للعيون في الجبن الدنماركي. تنتج هذه الأنواع أيضاً مادة المكية المميزة للزبدة والقشدة المنضجة وهي الداى أستيل.

البادئات المحبة للحرارة المرتفعة (درجة الحرارة المثلى للنمو 37 - 45°م): تستعمل لانتاج الأجبان ذات الخثرة المطبوخة مثل الجبن السويسري والبارميزان حيث يجب أن يكون البادئ قادراً على تحمل درجة حرارة الطبخ المرتفعة حوالي 45°م وأن ينمو جيداً بدرجات الحرارة المرتفعة. من الضروري امتلاك بادئ جيد ينتج حموضة مناسبة للتصنيع الخاص ولا ينتج طعوماً غير مرغوبة أو مرارة. يتطور نمو البادئ أثناء تصنيع الجبن من نحو 10^7 خلية / مل في الحليب إلى نحو 10^8 - 10^9 خلية / غرام من الخثرة. ويتوقف نموه عند مرحلة التملح.

يتم تثبيط جميع سلالات البادئ بالمضادات الحيوية مثل البنسلين، أوروباميسين التي يمكن تواجدها في الحليب بعد معالجة الأبقار المصابة بالتهاب الضرع. البنسلين هو أكثرها تأثيراً حيث إن 0.05 - 0.1 وحدة / مل حليب توقف نمو البادئ البكتيري. يتم أيضاً تثبيط كثيراً من سلالات البادئ البكتيري بالاغلوطينينات والبروكسيداز الموجودة طبيعياً في الحليب الخام. ومثل تلك السلالات تنمو بصورة أفضل في الحليب المبستر نظراً لانتلاف هذه المواد المثبطة بالمعاملة الحرارية.

الخطوات الأساسية في صناعة الجبن:

سوف نستعرض هنا أهم المراحل الأساسية لصناعة معظم أنواع الجبن، حيث إن هنالك اختلافات تفصيلية في طريقة التصنيع بحسب أنواع الجبن، كما إنه يوجد بعض المتغيرات المعروفة حتى في طريقة تصنيع النوع الواحد من الجبن.

ومع الوضع بالحسبان مختلف مراحل التصنيع، فإن الخبرة تلعب دوراً مهماً في إنتاج أجبان ذات طعوم ونكهة مميزة. ويبين الجدول التالي الخطوات الرئيسية عند تصنيع الجبن بالطريقة التقليدية.

الأعمال والتغيرات	المادة	الأنوار الرئيسية
- تطور محدد للبكتيريا المنتجة للحموضة وأحياناً للبكتيريا العقدية التي تنهى الوسط	حليب	1 - تسوية الحليب (+ خمائر لبنية)
- تشكل الخثرة		2- تخثر (خثرة) (+ منفحة)
- كسر الهلام، نضح وفصل القسم الأعظم من المحلول، - تحميض لبنى سهل فصل ويثبط نمو بعض الجراثيم. - متابعة فصل المصل، بداية هدم اللاكتوز واقتراب محتوى الماء من قيمته المثالية.	جين طازج	3 - تقطيع الخثرة وفصل المصل (+ عمل ميكانيكي أو طبخ للخثرة)
- انهاء فصل المصل - تأثير في الطعم - انتخاب الأحياء الدقيقة - تأثير في الفاعليات الأنزيمية	جين مملح	4 - وضع في قوالب
		5 - التليخ
- هدم اللاكتوز - معادلة الخثرة - فقدان الماء - تحلل بروتيني وتحلل دهني مع تشكل مركبات النكهة (عطرية) - تشكل القشرة	جين منضج	6 - الانضاج

1 - انتخاب الحليب: يجب أن يكون الحليب المستعمل ذا نوعية جيدة وخالياً من المثبطات الجرثومية حتى يتخمر، كما يجب أن يحتوي على النسبة المعتادة من اللاكتوز الضروري للتخمر (خالياً من حليب التهاب الضرع) وكذلك أن انخفاض نسبة الكالسيوم في الحليب يؤدي إلى إطالة الفترة الزمنية للتخثر.

ويجب الحرص على عدم تحطيم أغشية الحبيبات الدهنية في الحليب المستعمل لصناعة الجبن تلافياً لتحرر الدهن الحر وبالتالي ملامسته لأنزيمات الليباز ما يؤدي إلى حدوث التحلل الدهني وإعطاء طعم الصابون في الجبن الناتج. كما يجب أن يكون مصدره من حيوانات سليمة صحياً وخالية من البكتيريا المقاومة للحرارة.

هذا ويحدث غالباً تخمرات مبكرة في الجبن مصدرها بكتيريا الكوليفورم أو الخمائر المخمرة للاكتوز أو بكتيريا حمض الزبدة أو بكتيريا حمض اللين غير متجانسة التخمر، وللتخلص من مثل هذه العيوب نقوم بما يلي:

إنتاج وتخزين صحي للحليب، الاختبار والتطبيق الصحيح للمواد المنظفة والمعقمة، مراقبة حلمات الضرع ومعالجتها، منع حدوث تلوث بعد البسترة للحليب، مراقبة فاعلية البادئ، فحص المصل لمعرفة وجود ملتهيمات البكتيريا وكذلك المركبات القاتلة للبكتيريا. أما فيما يتعلق بمنع حدوث التخمر المتأخر فهو أكثر صعوبة، وقد وجد بأن مصدر هذا التخمر بصورة رئيسية البكتيريا المتجرثمة (المتبوعة) اللاهوائية المخمرة للاكتوز. ويمكن اتباع الأساليب التالية للحد من حدوث هذا التخمر: سيلاج نظيف، علف طازج نظيف، إنتاج نظيف للحليب، مراقبة الحلمات ومعالجتها إضافة المواد المبيدة للجراثيم إلى الحليب (نترات، O_2 ، H_2 ، ليزوزيم)، طرد البكتيريا من الحليب للتخلص من أبواغ الـ *Clostridium*، تمليح الخثرة، التخزين المبرد للجبن وتجنب درجة مرتفعة من الحرارة للتسخين النهائي.

لصناعة الجبن يستخدم رئيساً حليب الأبقار بصورة حليب كامل الدسم أو حليب فرز وقشدة أو حليب فرز ممزوج مع دهون مختلفة. كذلك تصنع بعض أنواع الأجبان من حليب الغنم والماعز والجاموس أو حتى من المصل أو حليب الخض (المخيض). يتم ضبط محتوى الحليب المستخدم لصناعة الجبن من حيث نسبة البروتين والدهن وذلك بإضافة الحليب المجفف أو بروتينات الحليب كما يستخدم الحليب المركز بالترشيح فوق العالي في هذه الصناعة كما سنرى لاحقاً.

2 - المعاملة الحرارية للحليب (البسترة): تجري هذه العملية بعد انتخاب الحليب وتنقيته وتعديل تركيبه من حيث نسبة الدهن كمبدأ عام فإن الجبن المعد للاستهلاك يجب أن لا يحتوي على بكتيريا مرضية كذلك فإن بسترة الحليب المخصص لصناعة الجبن أمر ضروري لقتل هذه البكتيريا مع العلم بأن ذلك يؤدي إلى إلحاق بعض الضرر بقابلية الحليب للتجبن بالمنفعة نتيجة ترسيب أملاح الكالسيوم (فوسفات) وفقدان الكازئين لجزء من ماء التميّه وكذلك ترسب بعض بروتينات المصل (بيتا لاكتوغلوبولين). ومن الأشياء

المتبعة لمعالجة هذه المساوي: إضافة كلور الكالسيوم (20 غرام CaCl / 100 لتر من الحليب)، تسوية الحليب وذلك بالتخزين المبرد (8 - 10 م) لمدة ليلة واحدة مع إضافة 0.1 - 0.3 % من البادئ قبل التجبن، تجري بستر الحليب على أخفض درجة حرارة وبخاصة بالطريقة السريعة (HTST) (75 م لمدة 15 ثانية) وتصنع الأجبان الطرية غير المنضجة من حليب ساخن على درجات حرارة أعلى من 85 م ولمدة عدة دقائق، لذلك تبقى بروتينات المصل محبوسة ضمن الجبن.

كما تصنع بعض الأجبان من الحليب الخام غير المسخن مثل: إيمنتال (في ألمانيا وسويسرا)، البارميزان (إيطاليا)، الغريير Gruyere (في سويسرا وبعض المناطق الفرنسية) وأيضاً لجبن الكامبير الذي يجب أن يكون الحليب المستعمل لتصنيعه ذا نوعية صحية ممتازة.

تؤدي عملية بستر الحليب المعد لصناعة الجبن إلى زيادة المردود الناتج وتعزى هذه الزيادة إلى ما يلي:

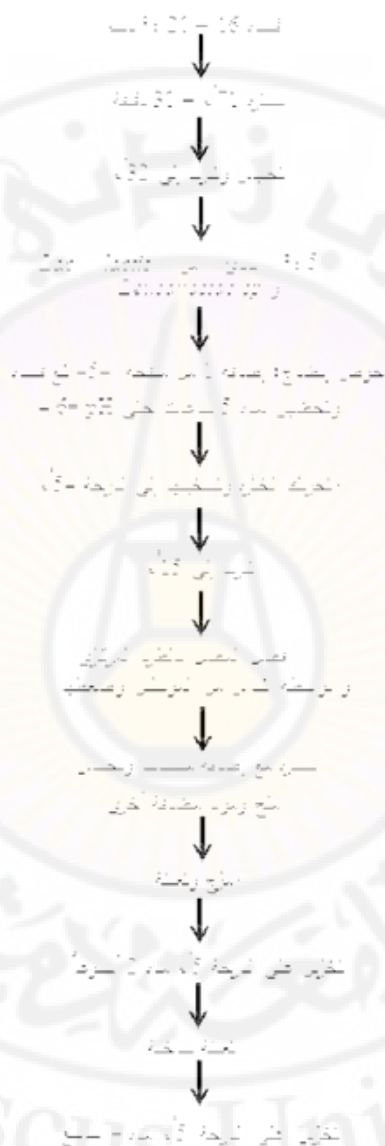
1 - تخريب جزء من البروتينات الذائبة والتي تفقد عادة مع المصل، وبالتالي تحويلها إلى شكل غير ذائب وإبقاؤها في الخثرة.

2- تحجز المادة الدسمة ضمن الخثرة بشكل أفضل، وبالتالي بقاؤها ضمن الخثرة.

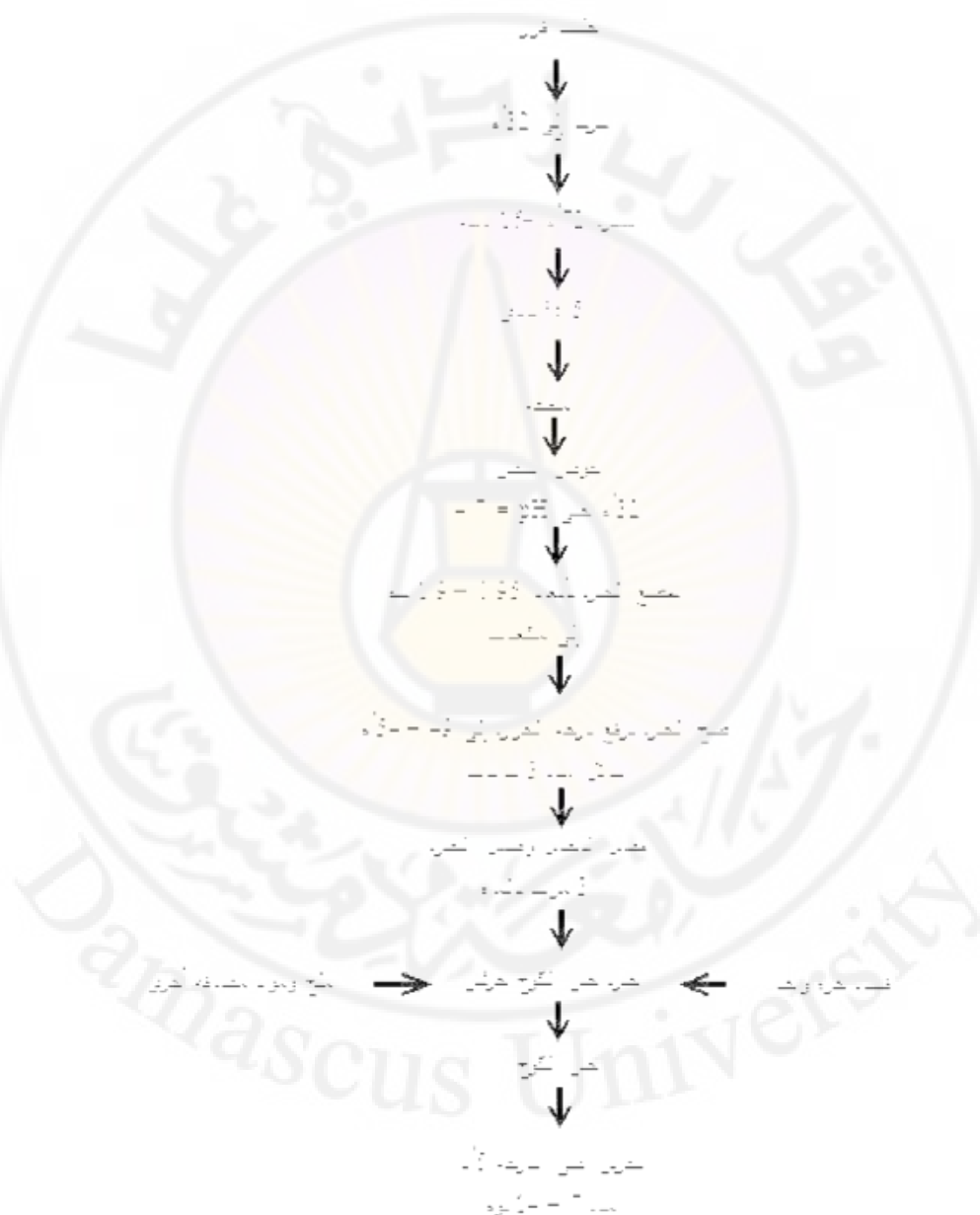
3 - تحويل جزء من الأملاح الذائبة إلى شكل غير ذائب، وبالتالي بقاؤها ضمن الخثرة. كما تعمل البسترة على القضاء على معظم الكائنات الحية الدقيقة غير المرغوب في وجودها في الحليب، وبالتالي يمكن إضافة بادئ منتخب ومرغوب فيه وهذا ما يساعد على الحصول على إنتاج مماثل.

3 - تعديل نسبة الدهن: لتعديل نسبة الدهن في الحليب المخصص لصناعة الجبن، هنالك الكثير من العوامل التي يجب وضعها في الحسبان مثلاً نسبة الدهن في الجبن، نسبة البروتين في الحليب وتحويل الدهن والبروتين إلى كتلة الجبن. لتصنيع الأجبان نصف القاسية فإن نسب الدهن الموجودة في الجدول التالي مناسبة جداً، ويجب رفع هذه النسب بمعدل 5% عندما نريد تصنيع الأجبان القاسية وخفضها بمعدل 5 % للأجبان الطرية.

تخطيط التمرين: يوضح المدرس مداح أحد التمرين



مشتق های غیر تابع خط



جدول معدل محتوى الحليب من الدهن لتصنيع الأنواع المختلفة من الأجبان

تصنيف الأجبان	% دهن في المادة الجافة للجبن	% دهن في حليب التصنيع
منخفضة الدسم	$10 \geq$	$0.5 >$
نصف دسم	20	$0.9 \sim$
ثلاثة أرباع الدسم	30	$1.5 \sim$
دسمة	40	$2.5 \sim$
قشدية	45	$2.9 \sim$
مضاعفة	50	$3.5 \sim$
مضاعفة قشدية	60	$5.2 \sim$
مرتفعة الدسم	70	$8 \sim$

وجد Kay و Schulz طريقة لحساب نسبة الدهن في الحليب المخصص لصناعة الجبن اعتماداً على طريقة معايرة تقدير البروتين ثم تستخرج نسبة الدهن في الحليب بمضاعفة عيار البروتين بمعامل خاص معطى في الجدول التالي. تتضمن هذه العوامل الجزء من الدهن الذي يذهب مع المصل وكذلك أنواع الجبن بحسب محتواها من الدسم.

طريقة حساب محتوى الحليب من الدهن اعتماداً على عيار البروتين

تصنيف الأجبان	10	20	30	40	45	50	60
أجبان قاسية وزيدية	-	-	-	-	0.95	1.09	-
أجبان زرقاء ونصف قاسية	-	0.28	0.5	0.74	0.9	1.06	-
أجبان طرية	-	0.24	0.44	0.68	0.84	1.00	1.5
أجبان طرية غير منضجة	0.17	0.33	0.55	0.79	0.96	1.12	1.6

مثال: إذا كان نسبة البروتين في الحليب المخصص لصناعة الجبن 3.35 %، وبما أن المعامل الخاص بالنسبة لجبن الكاممبر المصنف كامل الدسم (45 % دسم من المادة الجافة) هو 0.84، لذلك يجب تعديل نسبة الدهن في الحليب إلى $0.84 \times 3.35 = 2.8\%$.

تجري عملية تعديل تركيب الحليب بالنسبة للدهن بإضافة حليب الفرز أو جوامد الحليب اللادهنية (حليباً مجففاً خالياً من الدسم). إن خفض نسبة الدهن ضروري لصناعة الأجبان القاسية جداً بينما تتطلب الأنواع الأخرى توازناً جيداً بين نسبة الدسم والكازئين. تصنع الأجبان القشدية بإضافة القشدة إلى الحليب أو باستعمال حليب محتواء مرتفع من الدسم.

4 - التجنيس: تهدف هذه المعاملة إلى تفتيت الحبيبات الدهنية لمنع تجمعها وصعودها إلى السطح وبالتالي إبقاؤها موزعة بانتظام في أجزاء الحليب كافة وينتج عن ذلك زيادة اللزوجة. نادراً ما يتم تجنيس الحليب لمخصص لصناعة الجبن، وبما أن تجنيس الحليب يؤدي إلى تشكيل أغشية من مذيلات الكازئين حول الحبيبات الدهنية الجديدة، لذلك تحتجز الحبيبات الدهنية بقوة ضمن الخثرة وتتنخفض نسبة الدهن التي تذهب هدراً مع المصل. ويستعمل التجنيس جيداً عندما نريد تصنيع أجبان مثل فيتا والأجبان الزرقاء حيث إن فاعلية الليباز تؤدي إلى إنتاج طعوم غير مرغوبة (تزنخ) في الأجبان الأخرى (تزيد حبيبات الدهن الصغيرة من ظاهرة التحلل الدهني في الجبن ما يزيد في نكهة الجبن الأزرق). كذلك فإن عملية التجنيس مفيدة عند تصنيع الأجبان القشدية والطرية التي تتطلب خثرة ناعمة.

تجرى هذه المعاملة عند ابتداء بسترة الحليب بدرجة حرارة قدرها 60-70°م وتحت ضغط يتراوح بين 150 - 200 كغ /سم².

5 - إضافة مزرعة البادئ وتسوية الحليب: يلحق الحليب المخصص لصناعة الجبن بالبادئات المؤلفة من خليط من سلالات معروفة ومختبرة لعدة أنواع من بكتيريا حمض اللبن وفي حالة بعض أنواع الأجبان القاسية تستخدم أزواج معروفة من البادئات المحبة للحرارة المتوسطة بشكل دوري متناوب من *Lactococcus lactis* و *Lc. cremoris* وتضاف إلى الحليب وهو بدرجة حرارة قدرها 20°م وفي بعض الأجبان يتكون البادئ من البادئات المحبة للحرارة المرتفعة *Streptococcus thermophilus*، *Lb. helveticus* و *Lb. casei* وذلك حسب النوع المصنع.

تعتمد الكمية المضافة من البادئ المجفد أيضاً على نوع الجبن: 0.2% للجبن القاسي 0.4% للجبن نصف القاسي، 0.8% للجبن الطري.

يساعد حمض اللبن المنتج على تخثر البروتينات حيث تنخفض قيمة الـ pH دون الـ 6.1 للأجبان الطرية و 6.5 للأجبان القاسية قبل إضافة المنفحة وفي هذه المرحلة تضاف المزارع الأخرى مثل *Penicillium candidum* ، *P.camemberti* ، *P.linens* ، *P.roqueforti* والخمائر إذا كان ذلك ضرورياً.

في بعض الأحيان تضاف المزارع الخاصة بعد إضافة المنفحة وذلك بنثرها فوق الخثرة أو على الجبن نفسه. كما يضاف كلور الكالسيوم لتحسين قابلية الحليب للتجبن بالمنفحة وكذلك مقدرة الخثرة على الاحتفاظ بالماء بنسبة 25 غراماً/100 كغ حليب. كذلك تضاف أملاح نترات الصوديوم أو الكالسيوم بنسبة عظمى قدرها 20 غراماً/ 100 كغ حليب لمنع حدوث التخمر المتأخر. فيما يتعلق بالمواد الملونة فإنها تضاف في هذه المرحلة. يتم تغيير مزرعة البادئ يومياً نظراً لخطر الإصابة بالملتهيمات.

لحمض اللبن عدة وظائف في صناعة الجبن ابتداء من حليب مبستر وهي:

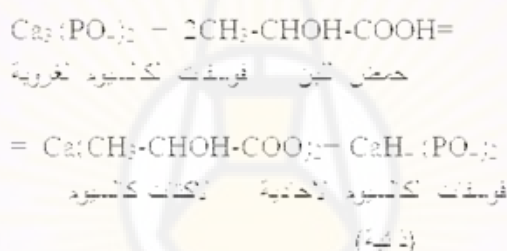
1. يساعد على تكوين الخثرة بفعل أنزيم المنفحة.
2. يسبب انكماش الخثرة وهذا يساعد على تصفية المصل.
3. يمنع نمو البكتيريا غير المرغوبة خلال التصنيع والتسوية.
4. يؤثر في صفة المطاطية للخثرة للنواتج النهائي ويساعد على اندماج الخثرة في كتلة متماسكة.
5. يؤثر في طبيعة التغيرات الأنزيمية ومداها خلال مرحلة التسوية وهذا يساعد على تحديد صفات صنف الجبن.

6 - التجبن (تخثر الحليب): إن الهدف الأساسي من تجبن الحليب هو تحويل الكازئين من الحالة الذائبة إلى الحالة غير الذائبة، وبالتالي تحويله إلى شكل متماسك وهذا التحويل يسهل انفصال المصل عن الخثرة معطياً الجبن كنواتج نهائي. ويمكن الحصول على الجبن إما عن طريق التجبن الحامضي أو التخثر الأنزيمي.

أ - التجبن الحامضي: يتم بفعل الأحياء الدقيقة التي تضاف إلى الحليب وذلك لإنتاج حمض اللبن ابتداء من اللاكتوز مؤدياً إلى تخثر الحليب عندما يصل رقم الحموضة 4.6. ويؤثر حمض اللبن الناتج في كازئينات الحليب مرسباً الكازئين ومنتجاً لأكثات الكالسيوم الذائبة.

حمض لبن - كازئينات كاسيوم ← لأكثات كاسيوم - كازئين (غير ذائب)

كما يؤثر حمض اللبن في فوسفات الكالسيوم الغروية المرتبطة مع الكازئين ما يؤدي إلى تفتيت بنية المذيلات وترسيب الكازئين بصورته النقية وعلى أدنى درجة قابليته للذوبان في الماء:



ويمكن إعادة الكازئين المترسب إلى حالته الأولى وذلك عن طريق إعادة رقم الحموضة إلى وضعه الطبيعي (6.6) وإعادة التوازن الملحي للحليب.

ب - التجبن الأنزيمي (المنفحي): وفيه يحدث التجبن بفعل أنزيم المنفحة المستخرج من المعدة الرابعة لصغار الحيوانات اللبونة والمغذاة على الحليب فقط. يتم التجبن بمرحلتين رئيسيتين (الشكل التالي)، ففي المرحلة الأولى يقوم الأنزيم بمهاجمة كازئين كابا، الذي يعد ركيزة التفاعل، وهذا يؤدي إلى فقد كازئين كابا لصفة الوقاية التي يقوم بها تجاه كازئين الفا- وبيتا الحساسين للكالسيوم الذائب، وينتج عن هذا التفاعل تشكل كازئينو غليكو بيتيد (ماكروغليكو بيتيد) الذائب وفوسفوبارا كازئينات.

وفي المرحلة الثانية تترسب هذه الأخيرة بوجود كمية بسيطة من الكالسيوم الذائب ثم يحدث ربط أو تجميع جديد للمذيلات التي أصبحت في وضع غير مستقر ونحصل بالتالي على الخثرة. يلي عملية التجبن انكماش الخثرة، ثم يعقب ذلك تحليل تدريجي وبطيء للكازئين (التفاعل الثلاثي).

الشكل عن الأطوار الثلاثة للتخثر الأنزيمي للحليب

تتوقف نسبة المنفحة إلى الحليب على قوة المنفحة بحيث يحدث التخثر خلال 40 دقيقة عند رقم $pH = 6.5$ ودرجة حرارة قدرها 35°م، فواحد غرام من المنفحة المجففة (قوة) تخثر 100 كغ حليب بالشروط السابقة. وبحسب قوة المنفحة يضاف 3-1 غرامات من مسحوق المنفحة () أو 8 - 9 مل من المنفحة السائلة () لكل 100 لتر حليب، ومن بعض التطبيقات تكون الكمية المضافة أقل أو أكبر. يذاب مسحوق المنفحة في ماء ساخن ثم يخلط مع الحليب وتكون درجة الحرارة نحو 28 - 32°م و فغي بعض الأجبان 45°م (الأجبان الزبدية). وتكون درجة الحرارة

مرتفعة عندما تكون نسبة الدهن عالية وتعمل المنفحة بشكل جيد بدرجة 41 م لكنها تتلف بدرجة 60 م.

6 - إضافة المنفحة وتخثير الحليب: تبدأ المظاهر الأولى بعد مضي 10 - 20 دقيقة (الزمن المنفحي) وللتخثر الكامل نحتاج إلى 10 - 40 دقيقة أخرى. وزمن التخثر هو مجمل الفترة الزمنية الواقعة بين اضافة المنفحة وإتمام عملية التخثر. بالنسبة للأجبان الطرية يمكن أن يكون زمن التخثر 20 - 24 ساعة مع اختيار درجات حرارة تتراوح بين 18 - 22 م وبكميات أقل من المنفحة. على العكس من ذلك يمكن تخثير الحليب بفترة 12 - 15 دقيقة باستعمال كميات كبيرة من المنفحة. ويمكن تلخيص أهم الفروق بين التجين الأنزيمي والتجين الحامضي بالجدول التالي.

تجين حامضي	تجين انزيمي	
يتم بفعل تخمر اللاكتوز إلى حمض اللبن	يتم بفعل أنزيم المنفحة، اللاكتوز غير متخمر تقريباً	1
الكازئين نفسه لا يتعرض لأي تغير كيميائي	تحول الكازئين إلى باراكازئين وانفصال جزء من المواد الأروتية اللابروتينية	2
4.6	رقم الحموضة 6.8	3
كازئين نقي فقد أملاحه المعدنية	الخثرة فوسفوباراكازئينات الكالسيوم	4
خثرة مفتقة غير متماسكة	الخثرة متماسكة مطاطية القوام، مرنة	5
انفصال المصل بطيء	انفصال المصل عن الخثرة سريع	6
نتيجة الوسط الحامضي، فإن أنواع البكتيريا محددة نسبياً وبالتالي فإن أصناف الجبن التابعة لهذه المجموعة قليلة	نتيجة رقم الحموضة القريب من التعادل فإن هنالك مجالاً لنشاط عدد كبير من البكتيريا وبالتالي فإن عملية الإنضاج تكون أفضل وهذا يساعد على إنتاج عدد كبير من أصناف الجبن	7

7 - معاملة الخثرة: يتضمن هذا مراحل متعددة تبدأ أولاً مباشرة بعد التخثر وهي تقطيع الخثرة بسكاكين أو أسلاك خاصة أفقية وعمودية إلى مكعبات ذات أبعاد معينة. يحدث بعدئذ خروج المصل من الخثرة، ويجب أن يتم ذلك ببطء للحد من فقدان الدهن. يمكن تسريع خروج المصل من الخثرة برفع درجة حرارة حيث تخلط الخثرة والمصل مع التسخين غير المباشر عبر الجدران المزدوجة لحوض التخثر أو بالإضافة المباشرة للماء الساخن. بهذه الطريقة تنقلص (تنكمش) حبيبات الخثرة مع استمرار خروج المصل، وتدعى هذه المعاملة بالطبخ لا تستعمل هذه الطريقة عند صناعة الأجبان الطرية.

وهذه هي درجات حرارة الطبخ المستعملة: 35 - 39°م للأجبان نصف القاسية 40 - 42°م للأجبان القاسية من نموذج جبن الشيدر، 50 - 56°م للأجبان القاسية الأخرى. بالنسبة للأجبان الإيطالية (بروفولون - موزاريلا) فيعد التخلص من المصل تعامل بماء ساخن درجة حرارته 60 - 70°م ما يؤدي إلى ضبط نسبة الرطوبة في الخثرة وخلق الظروف المناسبة للحصول على بنيتها النموذجية (التأثير في البروتين معطية مرونة أكبر وخثرة قابلة للتشكيل أو التجديل) بسبب انخفاض رقم الحموضة من 6.6 إلى 5.0 بفعل بكتيريا حمض اللبن.

يحدث عند إجراء عملية الطبخ انتخاب للأحياء الدقيقة حيث يتم قتل الأحياء الدقيقة الحساسة للحرارة أو على الأقل تثبيط نموها بينما يتم تنشيط الأحياء الدقيقة المحبة للحرارة العالية مثل *Lb. helveticus* و *Propionibacterium*. إذا فإن لهذه العملية أثراً مضاعفاً في محتوى الجبن من الجوامد الكلية وفي الأحياء الدقيقة المسؤولة عن عملية الانضاج (تحتجز ضمن حبيبات الخثرة). وتعمل بكتيريا حمض اللبن على تخمير اللاكتوز المتبقي في الخثرة الرطبة منتجة حمض اللبن الذي لا يستطيع الخروج فوراً إلى المصل ويؤدي حمض اللبن إلى إجراء بعض التغيرات الكيميائية في الكازئين وإذابة بعض فوسفات الكالسيوم. أن تطور الحموضة بداخل حبيبات الخثرة وحولها يتسبب في انكماش لاحق وكلما كان البادئ نشيطاً تكون سرعة إنتاج الحمض كبيرة ويزداد تقلص حبيبات الخثرة وأيضاً تزداد سرعة طرد الرطوبة. لذلك يساعد نمو البادئ

على تحديد كمية الرطوبة المطرودة من الخثرة. عند الوصول إلى التطور المطلوب للحموضة والتماسك الجيد للخثرة يتم فصل المصل عنها وهذه المرحلة حاسمة عند تصنيع جميع أنواع الجبن نظراً لارتباطها بالظروف الفيزيائية للخثرة.

8 - وضع الخثرة في القوالب: تتم عملية تعبئة الخثرة والمصل ضمن قوالب مثقبة معدنية أو بلاستيكية أو ضمن قوالب مثقبة مغلفة بالقماش وتعطي القوالب الجبن الشكل الخاص به ولها أشكال كثيرة منها المربعة والمستطيلة والاسطوانية والدائرية... إلخ. ويجب المحافظة على مزج الخثرة والمصل أثناء التعبئة مع الإسراع في ذلك قدر الإمكان لمنع انفصال حبيبات الخثرة عن المصل وللحصول على جبن ذي بنية متماثلة. كما يجب تجنب حجز الهواء ضمن الخثرة وبخاصة لأجبان الأيمنثال والأيدام. وإزالة المصل المتبقي في الخثرة تجرى عملية كبس لها ضمن القوالب. وعلى العكس من ذلك فإن حجز الهواء مرغوب في أجبان مثل التلستير وبهذه الحالة تفصل الخثرة عن المصل بوساطة مصفاة دائرية تدور ببطء أو بوساطة مرشح مهتز كما لا يتم كبسها لاحقاً. ويتم قلب قوالب الجبن بعد تشكيلها على الأقل 4-10 مرات بحيث تتساوى الرطوبة بين الوجهين العلوي والسفلي، كما يجب كبس (ضغط) بعض أنواع الجبن بمعدلات مختلفة وذلك لفصل المصل المتبقي ملتصقاً مع حبيبات الخثرة، وعندما يصبح الجبن متماسكاً ضمن قالبه ينزع من هذا الأخير، وينقل إلى أحواض التمليح الخاصة، ومنها إلى غرف الإنضاج، الشكل التالي.

9 - تمليح الجبن: يضاف ملح الطعام (كلور الصوديوم) إلى جميع أنواع الجبن بما فيها الحامضية وجبن الكوخ وذلك عند بعض مراحل تصنيعها وذلك لوقف (منع) نمو البكتيريا غير المرغوبة والتحكم في نمو البكتيريا المرغوبة وكذلك للتحكم في مستوى الإنضاج والمساهمة في التغيرات الفيزيائية كيميائية للخثرة وإعطاء النكهة المطلوبة في الجبن.

هنالك ثلاث طرائق لتمليح الجبن هي:

- التمليح الجاف: ينثر الملح الجاف الناعم عدة مرات فوق سطح الجبن (أجبان الإيطالية).

- التمليح الرطب: بوضع قوالب الجبن ضمن المحلول ملحي يتراوح تركيزه بين 16 - 25 % لفترة زمنية تتباين من ساعة إلى 72 ساعة.
- التمليح عن طريق خلط الملح الجاف بالخرثرة المطحونة قبل وضعها في القوالب مثل جبن الشيدر ، كانتال.

خط تصنيع الجبن

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 - حوض تخزين الحليب الخام | 8- حوض التعبئة في القوالب |
| 2 - مسخن مبدئي (أولي) | 9 - مكبس للجبن مع تجهيزات للتقليب |
| 3 - فراز للتنقية وتعديل نسبة الدهن | 10-حوض تمليح |
| 4 - مسخن للبسترة إذا استعملت | 11 - غرفة التجفيف |
| 5 - ميرد | 12 - غرفة الإنضاج الأولى |
| 6 - حوض إنضاج | 13- غرفة تقليب الجبن ومسحه |
| 7 - حوض التجبن مع أدوات التقطيع | 14 - غرفة الإنضاج النهائي والتخزين |

الأكثر استعمالاً في أيامنا هذه هو التملح الرطب (محلول ملحي) للأجبان القاسية والنصف قاسية نستعمل محلول تركيزه 19 - 32 % وللاجبان الطرية نحو تقريباً 16 - 18 %. أما فيما يتعلق بالفترة الزمنية التي يبقى فيها الجبن ضمن المحلول الملحي فهي: 3 - 5 أيام لجبن الایمفتال، 1 - 2 ساعة للكاممبير كما يجب التحكم بدرجة حرارة و pH المحلول الملحي بشكل يتناسب والشروط الخاصة بكل نوع من الأجبان و يترافق ذلك بفقدان كبير للمصل وبالتالي نقصان في وزن الجبن. ويجب أن يكون رقم الـ pH بحدود 5.2 ويتم ضبط ذلك بإضافة حمض اللبن كما تجري معادلة المحلول الملحي القديم بوساطة ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ أيضاً مراقبة محتواه من الملح وضبطها إلى النسبة المطلوبة هذا ويصبح المحلول الملحي القديم ملوثاً بالبكتيريا واللاكتوز وحمض اللبن وقطع الخثرة ما يستدعي تبديله من وقت لآخر أو على الأقل ترشيحه وغليه. كما يحدث تلوث بالأحياء الدقيقة المحبة للملحة.

إن متوسط محتوى الأجبان من الملح يتراوح بين 1.5 - 4 %. تتنوع البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة في قدرة تحملها للملح حيث إن أغلبها يتوقف عن النمو عند ارتفاع تركيز الملح على 4 %. ويتم منع نمو البكتيريا غير المرغوبة بوساطة الملح مثل البكتيريا المحللة للبروتين والدهن وبكتيريا حمض الزبدة ولهذا أهمية خاصة عند تصنيع أجبان الایدام والفودا التي تنتج داخلها كميات من حمض اللبن.

10 - انضاج الجبن: يمكن أن تعرف عملية الانضاج بأنها المرحلة الأخيرة من مراحل صناعة الأجبان، التي تتم خلالها مجموعة من التغيرات البيوكيميائية المعقدة لإعطاء الجبن الناتج الطعم والنكهة المميزتين، وكذلك الشكل والقوام الخاصين بكل نوع من أنواع الجبن. وتحدث هذه التغيرات الفيزيائية الكيميائية الكبيرة في مختلف المكونات الغذائية، وذلك بوساطة البكتيريا والخمائر أو الفطور وأنزيماتها. فتتحول بنية الجبن الحبيبية إلى بنية مطاطية. وفي البداية يسود إنتاج حمض اللبن نتيجة هدم اللاكتوز ويصل رقم الحموضة الـ pH إلى 4.9 - 5.3. وتحلل البروتينات تدريجياً إلى ببتيدات وأخيراً إلى

حموض أمينية. بعد هذا التحلل البروتيني يحدث تفكك جزئي للحموض الأمينية. كما تتشكل الأمونيا في مرحلة لاحقة من الإنضاج. يعزى تشكل العيون (الفراغات) في بعض الأجبان مثل الأيمنتال إلى غاز CO_2 الناتج عن تخمر اللاكتوز وحمض اللبن بواسطة بكتيريا حمض البروبيونيك. يعطي تخمر البروبيوني حمض الخل و CO_2 والماء من حمض اللبن كما في المعادلة التالية:



تنشط النسب المرتفعة من الملح في الجبن نمو بكتيريا حمض البروبيونيك وبالتالي تمنع تشكل الفراغات. بعد انتهاء فترة التملح يتم تجفيف الأجبان سطحياً ثم توضع في غرف الإنضاج برفع درجة الحرارة، حيث إن الانضاج بدرجات منخفضة من الحرارة يتطلب زمناً أطول. يتجلى الأثر الوحيد للرطوبة المنخفضة بجفاف أكبر للجبن وللرطوبة النسبية تأثير كبير في الأجبان المنضجة سطحياً بواسطة الفطور وكذلك التي يتشكل على سطحها الخارجي طبقة لزجة. وهذه شروط التخزين والانضاج لبعض أنواع الأجبان:

أيمنتال وأجبان قاسية أخرى	24 م : 75-85 % : 4-6 أسابيع (تخمراً) 18 م : 75-85 % : 8-12 أسبوع (انضاجاً) 12 م : 75-85 % : 1-6 أشهر (الطور الثاني للانضاج)
بارميزان، Sbrinz مشابهة للأيمنتال	لكن بدرجة 10 م - 15 م وتخزن لمدة 1-2 سنة.
شيدر، شيدر أيدام، غودا، تشينير	6-4 م : 80-90 % : 6-12 شهراً مع التدوير المتكرر 12-14 م : 80-90 % : 4-9 أسابيع مع غسل كل 10 أيام ثم التجفيف والتغطية بقمش
الجبن الزيدي Weiblack	6-8 م : 85-95 % : 1-4 أشهر : مع تدوير مرتين أسبوعياً والتغطية بقمش مبلل.
الجبن الأزرق Gorgonzola	6-10 م : 60 % : 1 شهر الشقوق والثقوب في الجبن تسمح للهواء بالدخول وبالتالي نمو الفطر على السطح الخارجي للجبن
روكفور	6-10 م : 90 % : 3 أشهر
لمبرجر، رومانوز	14 م : 90-95 % : 4-7 أسابيع عند ظهور الفطور اللزجة يجب تغطيتها كل 3-4 أيام وأخيراً تمسح بمحلول ملحي وتدور كل مرة.
كاممبر، بري	16-18 م : 70-80 % : 1-3 أيام تدور 2-4 مرات 14-16 م : 90-95 % : 4-12 يوماً - يظهر نمو الفطر بعد 3-4 أيام 8-12 م : 85-90 % : 1-2 أسبوعاً يكون حليب البري حامضياً أكثر

التغيرات في القوام والجسم والنكهة: يصف اصطلاح الجسم Body حالة الجبن ويشمل صفات مثل التماسك والمرونة واللدانة Plasticity والالتصاقية Cohesiveness، ويتم تحول الخثرة القاسية والمطاطية بوساطة الهضم الأنزيمي للكاربين ويصبح الجبن طرياً وإذا كان محتواه من الرطوبة منخفضاً يصبح متفتتاً أكثر (مثل الشيسير). إن إنتاج كمية كبيرة من الحموضة أثناء التصنيع يمكن أن يؤدي إلى التفتت أو نقصف الخثرة ويوصف جسم الجبن عندئذ بالقصير بمعنى نقصانه للمرونة وهذه الحالة تعد عيب في بعض الأنواع (مثل شيدر وإيمنتال) التي يتم بها التحكم بانتباه بتطور الحموضة وذلك لتجنبها، بينما هي في أجبان أخرى (مثل ستيلون وروكفورت) حالة مرغوبة. يصف القوام Consistency البنية أو وجود العيون ضمن الجبن.

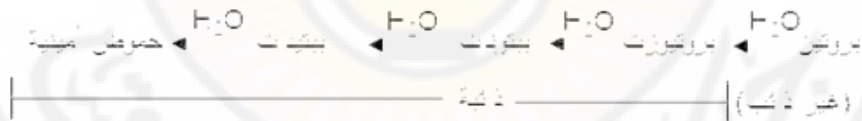
فالقوام أو البنية المغلفة يشير إلى جبن بدون عيون (فتحات) بينما يتصف الجبن ذا الفتحات بأن بنيته مفتوحة. وعندما تكون هنالك شقوق بين جزيئات الخثرة توصف بأنها فتحات ميكانيكية وإذا ازدادت عن ذلك تصبح عيباً. في الأجبان الزرقاء فإن وجود بنية مفتوحة ضروري لنمو الفطور ضمنها بينما الفتحات الناتجة عن إنتاج غاز غير مقبولة وهي عيب.

إن الفتحات البسيطة الناتجة بوساطة الغاز صفة مرغوبة في بعض أنواع الجبن حيث إن ذلك مقبول في أجبان اللببورغر والغودا وأساسى في أجبان الإيمنتال والغريير. يرافق عملية الإنضاج أيضاً إنتاج لمركبات النكهة المرغوبة بفعل الأحياء الدقيقة والانزيمات التي تهدم البروتينات والدهون والكربوهيدرات وفي بعض الحالات تقوم باستقلاب حمض اللبن واللاكتات والسترات. وينتج عن ذلك مركبات عديدة من حلمية البروتينات وحموض دسمة واستراتها وكيثوناتها بكميات متفاوتة في الجبن. يتكون بالنتيجة مزيج معقد من المكونات المطلوبة لإعطاء التوازن في النكهة المميزة لكل نوع. تموت بكتيريا البادئ خلال الإنضاج كما يحدث ذلك لأغلب الأحياء الدقيقة الموجودة في الخثرة بما فيها بكتيريا الـ *Leuconostoc* و *Enterococci* فقط أن بكتيريا الـ

Lactobacillus الموجودة بأعداد قليلة في الخثرة الطازجة يمكن أن تتضاعف لتصل إلى مستويات نحو $10^6 - 10^8$ خلية بكتيرية / 1 غرام جبن خلال 3 - 6 أسابيع.

التغيرات الكيميائية والتغيرات الكيميائية الحيوية: يختفي أغلب اللاكتوز من الجبن القاسي (30 - 40 % رطوبة) خلال الأيام الأولى للتصنيع ويمكن أن يكون هذا الزمن أطول في حالة الأجبان الطرية (50 % رطوبة). ينتج عن تخمر اللاكتوز بواسطة بكتيريا البادئ حمض اللبن بصورة رئيسية بالإضافة إلى بعض الحموض الطيارة والكحول الإيثيلي وكميات قليلة من مركبات أخرى ثانوية. يتحد حمض اللبن مع بعض الجذور القاعدية في الجبن لتشكل الأملاح وفي بعض أنواع الجبن (ايمنتال) حيث يتضمن البادئ أيضاً بكتيريا حمض البروبيونيك هنالك تخمر ثانوي لحمض اللبن مع إنتاج لحمض البروبيونيك وحمض الخل وثاني أكسيد الكربون.

توجد أغلب المواد اللازوتية في الجبن الطازج بصورة بروتينات غير ذائبة في الماء ومع تقدم عملية الانضاج تتحول بصورة جزئية أو كلية إلى مركبات أبسط ذائبة بفعل الحلمة الأنزيمية:



يمكن للأحياء الدقيقة ارجاع الحموض الأمينية إلى أمونيا وحموض عضوية أو أكسديتها إلى ثاني أكسيد الكربون وأمينات. تؤدي عملية زيادة التحلل البروتيني لتشكل مركبات تساعد على تثبيت صفات الجبن المنضج. في بعض الأجبان الطرية مثل الكامبير، البري واللمبورغر فإن التحلل البروتيني الزائد وتكون المركبات الذائبة في الماء بما فيها البيبتيدات والحموض الأمينية والأمونيا معا مع الرطوبة المرتفعة في هذه الأجبان مسؤولة عن طراوة جسم الجبن المنضج وقوامه. بينما في الأجبان القاسية (شيدر، ايمنتال) يحدث تحلل بروتيني أقل ويتحول فقط 25 - 35 % من البروتين إلى صورة ذائبة في الجبن المنضج بشكل جيد.

تستطيع المنفحة هدم الكازئين إلى مركبات ذائبة في الماء (غالباً بروتينوزات و ببتونات) بينما تحدث الأنزيمات الميكروبية هدماً أكثر تقدماً مع تشكل الحموض الأمينية وحتى الأمونيا. في الأجبان القاسية تكون غالبية الأحياء الدقيقة مكونة من بكتيريا حمض اللبن العصوية والكروية الموزعة ضمن كتلة الجبن وتنتج كميات قليلة من الأنزيمات الداخلية. بينما في الأجبان الطرية سريعة الانضاج يحدث أغلب الانضاج بوساطة أنزيمات البروتياز الخارجية المنتجة بوساطة أنواع متعددة من الأحياء الدقيقة التي تنمو على سطح الجبن.

وتلعب الفطور دوراً مهماً في التحلل البروتيني لبعض الأجبان (الأجبان الزرقاء، الأجبان المنضجة سطحياً بالفطور مثل البري والكامبير) لا يبلغ التحلل الدهني في الجبن قدراً كبيراً ولكن تحدث بعض الحلمية للدهن خلال الانضاج وللمركبات الناتجة أهمية قصوى وبخاصة الحموض الدسمة الطيارة مثل البيوتيريك والكابرويك والكابريك والكابريك. ويمكن أن يكون مصدر الأنزيمات المحللة للدهن من الحليب أو من الأحياء الدقيقة أو من المستحضرات الأنزيمية المضافة للحليب (الأنزيمات المخثرة الميكروبية). ويكون لليباز الحليب فعالاً في الأجبان المصنعة فقط باستعمال الحليب الخام. وتحرر بعض سلالات بكتيريا الـ *Lactobacillus* والبكتيريا الأخرى بعد تحللها الذاتي أنزيمات الليباز الداخلية وهي المسؤولة عن أغلب الفاعلية المحللة للدهن بينما لا تمتلك مستخلصات المنفحة إلا فاعلية ضعيفة محللة للدهن. لكن عجينة المنفحة لها فاعلية قوية محللة للدهن لذلك تستعمل في تصنيع الأجبان الإيطالية القاسية (بارميزان).

طرق الانضاج والتسوية: هنالك طريقتان مختلفتان لانضاج الجبن، فالأجبان القاسية جداً (بارميزان) وتخزن الأجبان القاسية (شيدار) وبعض الأجبان نصف القاسية (كيرفيلي، لانكاشير) تحت ظروف لا تشجع النمو السطحي للأحياء الدقيقة، وبالتالي تكون العمليات الاستقلابية مقتصرة على الأحياء الدقيقة والانزيمات الموجودة بداخل الجبن وتكون عملية الانضاج بطيئة ومتجانسة ضمن كامل كتلة الجبن ولا تتأثر بقياس الجبن. ويختلف قياس الأجبان القاسية من قطر 25 سم في كيرفيلي و 6 سم ارتفاعاً ووزن 3.5 كغ إلى الایمنتال 70 سم و 20 سم ارتفاعاً ووزن 70 كغ. ويمكن أن تصنع

بالطرائق التقليدية (أسطوانية أو مدورة) أو بالطرائق الحديثة (مكعبة أو متوازية المستطيلات).

وتخزن كل الأجبان الطرية أو نصف الطرية (لامبرغر ، بري) بظروف مناسبة لنمو الأحياء الدقيقة سطحياً، ويمكن أن تكون هذه الأحياء الدقيقة فطور مثل *Penicillium camemberti* في حالة الأجبان المنضجة سطحياً بالفطور مثل البري والكامبير أو بفطور *Brevibacterium linens* في الأجبان المنضجة سطحياً بالبكتيريا مثل اللمبرغر والمانستير. تنتشر الأنزيمات المنتجة بواسطة الأحياء الدقيقة السطحية إلى داخل الجبن مسببة التغيرات المرتبطة بالإنضاج بتدرج من السطح الخارجي نحو المركز (القلب).

تنضج الأجبان الزرقاء (ستيلتون، روكفورت) بطريقة مختلطة من النوعين السابقين، فيحدث مبدئياً انضاج داخلي بواسطة الأحياء الدقيقة والأنزيمات بعدئذ يسمح بدخول الهواء إلى داخل الجبن ما يشجع الفطور مثل *P. roqueforti* أو *P. glaucum* الموجودة بصورة عفوية بالهواء في المخازن أو المضافة اختيارياً عند التصنيع على النمو داخل الجبن مسببة تغيرات محطلة للبروتينات والدهون مميزة لنكهة هذه الأجبان ومظهرها.

الطرائق الحديثة (المستمرة) في تصنيع الأجبان:

اتجهت البلدان المتقدمة منذ الستينات إلى مكننة تصنيع الأجبان، حيث إن الأبحاث المتعددة والمكثفة أثبتت مايلي:

أ- انخفاض تكاليف الانتاج نظراً لقلة الحاجة لليد العاملة ولتخفيض الاستثمارات في الأمكنة والأدوات.

ب- زيادة المردود (كمية الجبن الناتجة عن كمية معينة من الحليب) نظراً لخفض نسبة الفقد من الخثرة والمادة الدسمة مع المصل وكذلك لحجز جزء من بروتينات المصل.

ت- تحسين النوعية الصحية للمواد المنتجة نظراً لتقليل لمسها من قبل العمال ولزيادة امكانات التنظيف والتعقيم.

ث- إنتاج أجبان جيدة وثابتة المواصفات وكذلك تقليل تلوث البيئة بالمصل نظراً لقلّة المواد الضائعة معه.

ويوجد حالياً خطوط آلية لتصنيع مختلف أنواع الأجبان العالمية (الطرية - نصف الطرية - القاسية).

وتتألف أغلب هذه الخطوط من الأقسام الرئيسية التالية:

- 1 - حوض لتحضير الخثرة مع معدات لتقطيع الخثرة.
- 2 - حوض أو قسم لفصل المصل عن الخثرة.
- 3 - قسم لتوزيع الخثرة في القوالب وكذلك ضغطها في هذه القوالب.
- 4 - قسم التمليح.
- 5 - آلات التغليف.

بعض مظاهر مكننة تصنيع الأجبان:

- 1 - آلات تحضير الخثرة (خطوط آلية): ظهرت بعد انتشار استخدام الحوض الهولندي (افقياً مزوداً بخلاط وسكاكين) الأحواض الأسطوانية العمودية (ألمانية) سعة 15 طناً وتوجد أسفلها فتحة لتفريغ الخثرة بشكل مستمر ضمن القوالب المجموعة أسفل صينية التوزيع. وبعض هذه الأحواض مزودة بغطاء محكم الإغلاق ما يساعد على تطبيق التفريغ لإدخال الحليب من الأسفل دون استعمال مضخة ودون تشكل الرغوة وبالتالي التحكم بخروج الخثرة بالنهاية وبوقف التفريغ.

وبين الشكل التالي خطأ آلياً تقليدياً لإنتاج جبن الكاممبر، يشتمل على تخثير الحليب في أحواض تتسع لـ 600 لتر ومن ثم التقطيع والتفريغ في أحواض لفصل المصل وتوزيع الخثرة في القوالب المجمعة أسفل صينية التوزيع. وأنتجت الشركة الألمانية Alpma وحدة التصفية Format المؤلفة من حصيرة غريال متحركة بعدة مستويات وتنتهي بوحدة السكب الآلي للخثرة وهي مستعملة في صناعة الأجبان نصف الطرية والزرقاء.

خط آلي تقليدي لتصنيع الأجبان ذات الخثرة الرخوة (كاممبر)
من إنتاج شركة Burton – Corblin (فرنسية)

أما بالنسبة لتصنيع الأجبان ذات الخثرة المضغوطة، فقد ابتكرت شركة Holvrieka الهولندية آلة لفصل المصل وللوضع ضمن القوالب، حيث يدخل الحليب المتخثر إلى حوض التوازن، المزود بخلاط ثم يتم ضج هذا المزيج إلى الجزء السفلي من أسطوانة فصل المصل وتتفصل الخثرة عن المصل في الجزء العلوي منها وهناك توضع الخثرة في القوالب وتضغط بشكل مستمر، بواسطة أداة التقطيع حيث يُقطع عمود الخثرة إلى الارتفاع (السماكة) المرغوب.

كذلك تمت مكننة صناعة الأجبان ذات الخثرة المطبوخة باستعمال قوالب مثقبة مصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ أو مكابس هوائية مبرمجة الفعل (مجموعة Guerin، Chalon – Megard، Reinform 55) وتنتجها شركة Sordi).

مخطط توضيحي لتصنيع الأجبان المضغوطة بطريقة Holvrieka
(استطاعة 30000 لتر/ساعة)

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| A. حوض استقبال الحليب المتخثر | B. فواشة + مصفاة |
| C. خلاط | D. ضاغط هواء |
| E. سير متحرك | F. آلية التحكم |
| G. انقال | H. صحيفة المكبس |
| I. أسطوانة القولية المبدئية | J. أداة تقطيع |
| K. أسطوانة فصل المصل والقولية | L. مضخة لسحب المصل |
| M. مضخة لسحب الخثرة مع المصل | |

ب - التصنيع السريع للأجبان بدون قشرة: يعد جبن الشيدر من أهم الأجبان على المستوى العالمي وتنتشر صناعته في الدول الانغلو سكسونية. لتصنيع جبن الشيدر بالطريقة الأمريكية، يتم ضخ الخثرة المقطعة من الحوض خلال طنبور مثقب متحرك حيث تذهب نصف كمية المصل، بعدئذ يتم تمليح الخثرة في حوض وتنتجه مباشرة إلى القوالب حيث يتم ضغطها ومن ثم إحاطتها بالبرافين. وفي أستراليا يتم تصنيع جبن الشيدر بطريقة أكثر مكنة تدعى Bell-siro.

يصنع حالياً في أمريكا جبن الغريير دون قشرة، حيث توزع الخثرة في قوالب كبيرة مكونة من صفائح متحركة وتقطع بعدئذ إلى قطع وزن كل منها نحو 80 كغ، ويجري تمليح القطع في محلول وتجفف لتقسية السطح ثم تغلف بشكل محكم بالبرافين. يتم الانضاج على درجة 24 م ويباع الجبن بعد شهر أو يخزن على درجة 10 م. وتدعى هذه الطريقة بطريقة Stine وأحدث استعمالها ثورة في أمريكا.

ج- فراز الخثرة: تستعمل هذه الطريقة لتصنيع الأجبان الطرية الطازجة، حيث يعمل الفراز على الفصل المستمر للمصل من الخثرة الحامضية والناجمة عن التخثر البطيء (16-20 ساعة) لحليب الفرز الملقح بالبادئ وبنسبة صغيرة من المنفعة. ولا تتجاوز نسبة الجوامد الكلية في الناتج النهائي 23 % ويمكن حساب مردود إنتاج الخثرة من حليب الفرز المتخثر، باستعمال المعادلة نفسها الخاصة بحساب المردود من القشدة عند فرز الحليب:

$$\text{نسبة جـرء في جب غرء} - \text{نسبة جـرء في جـء} = \frac{\text{نسبة جـرء في خثرة ناتجة - نسبة جـرء في جـء}}{\text{نسبة جـرء في جـء}}$$

فمثلاً إذا كانت نسبة الجوامد في حليب الفرز 8.7 %، وفي المصل 6.1 % وفي الخثرة الناتجة 20 %، يكون المردود من الخثرة انطلاقاً من 100 لتر من حليب الفرز:

$$\text{نسبة جـرء} = \frac{\text{نسبة جـرء في خثرة} - \text{نسبة جـرء في جـء}}{\text{نسبة جـرء في جـء}} = 100 \times \frac{20 - 6.1}{6.1} = 535$$

أي أنه ينتج عن 100 لتر من حليب الفرز المتخثر 18.7 كغ من الخثرة المحتوية على 20 % من الجوامد الكلية، أو بمعنى آخر للحصول على 1 كغ من الخثرة المحتوية على 20 % جوامد الكلية، يجب استعمال $100 / 18.7 = 5.35$ كغ من حليب الفرز. ويبين الشكل التالي العناصر الأساسية في خط آلي لإنتاج الخثرة بطريقة الفراز.

مخطط توضيحي لأجزاء الخط الآلي لإنتاج الخثرة (Westfalia)

فانطلاقاً من خزانات التفتيح (1)، يضخ حليب الفرز المتخثرة بوساطة مضخة نابذة (2) إلى حوض التوازن (4) ويمر طريقه إلى هذا الحوض على مصفاة أنبوبية (3) مزودة بمقياس للضغط يسمح بمراقبة الضغط داخلها، وتعمل هذه المصفاة على حجز الجزيئات الصلبة الكبيرة الضخ الحليب المتخثر من حوض التوازن إلى الفراز (6) بوساطة مضخة نابذة (5). يجري تفريغ الخثرة من الفراز بوساطة مضخة إيجابية (7) وتمر في جهاز لقياس الرطوبة (برابندار) (8) ومن ثم إلى مبرد أنبوبي (9) وخلاط الخثرة (10) وتخزن أخيراً في الخزانات (11) قبل تعبئتها (13). كما يوجد هنالك جهاز تنظيف في المكان (14). ويمكن خلط الخثرة السابقة (جبن طري خال من الدسم) مع القشدة لإنتاج خثرة تحتوي على نسبة محددة من الدسم.

أمكن حالياً الحصول على جبن طري يحتوي على نسبة عالية من الجوامد الكلية، ولكن في البداية يجب استعمال حليب يحتوي على نسبة عالية من الدهن (9 - 10 %)

وتجنيسه على الدرجة 45 م. يعمل التجنيس على تكوين معقد بين حبيبات الدهن وكازئين كابتا كثافته أقل من الواحد بينما تكون كثافة المصل 44 - 48 % جوامد كلية منها 70 % عبارة عن دهن.

الانتاج المستمر للخبث:

يعتمد مبدأ هذه الطرائق على اكتشاف الطور الأول من التبختر الأنزيمي للحليب حيث يتم على درجة منخفضة من الحرارة وللوصول إلى التبختر الفعلي يجب تسخين الحليب. أ - الخثرة الحامضية: ابتكرت هذه الطريقة من قبل جامعة ويسكونسن عام 1964 (ارنستروم) وتتاسب تصنيع جبن الكوخ Cottage cheese، ويحتوي الحليب المستعمل على 16 - 20 % جوامد لادھنية (تركيز بنسبة 2/1)، ويبرد إلى الدرجة 5 - 7 م، ثم يحمض بإضافة الحمض المركز (حمض لبن، حمض ليمون، حمض كلور الماء) حتى رقم حموضة $pH = 4.5 - 4.7$. يضح هذا الحليب المحمض البارد إلى أسفل المخثر Coagulateur المؤلف من أنبوبة عمودية مسخنة السطح، فترتفع حرارته إلى 37 م حيث يتخثر ويقطع بسكاكين دوارة ثم يغسل ويجفف بشكل مستمر وتضاف له القشدة والمنكهات أحياناً (الجزء المقطر من المزارع الجرثومية).

ب - خثرة منفحة من حليب عادي: تسمح طريقة NIZO (هولندية) بتصنيع جبن الايدام Edam حيث تضاف المنفحة إلى الحليب البارد (2 م) ويحفظ لمدة 5 ساعات ثم يدخل إلى المبادل الحراري ذي الألواح ليسخن إلى الدرجة 30 م خلال فترة وجيزة لتخثره بعد 25 - 100 ثانية. ويتجه بعدئذ إلى أسفل أسطوانة التبختر حيث تقطع الخثرة في الجزء العلوي منها. يتم فصل المصل داخل أسطوانة مائلة دوارة، وبالنهاية يتم غسل الخثرة في عمود خاص وتوضع في القوالب.

ج- خثرة انطلاقاً من حليب مركز: تعرف هذه الطريقة باسم طريقة Hutin - Stenne (فرنسية)، ويستخدم فيها حليب بارد كامل الدسم مركز بنسبة 3/1 (32 % جوامد كلية) يضاف إليه البادئ ويحضن لمدة زمنية معينة ثم تضاف المنفحة بدرجة 4 م ويترك لمدة 30 - 45 دقيقة ويضح بعدها إلى الجزء العلوي من المخثر (الشكل التالي) حيث يسخن بالماء الساخن (50 م).

مخطط سير عمل آلة (Paracurd SH-13) للتصنيع المستمر للأجبان المضغوطة

- 1 - رأس التبخير
 - 2 - منطقة فصل المصل
 - 3 - تثبيت بالتبريد
 - 4 - التقطيع بالسكاكين
 - 5 - فصل بواسطة طنبور مثقب دوار
- من الناحية العملية، إن مزايا استخدام الحليب المركز لتصنيع الأجبان هي الآتي:
- 1 - تسريع التصنيع، حيث إن المدة الزمنية التي يقضيها الحليب في جهاز الـ SH-13 هي 7 - 10 دقائق ومن لحظة إضافة المنفحة إلى لحظة الوضع في القوالب 40 - 55 دقيقة.
 - 2 - الحصول على خثرة متماسكة القوام تتضج بسرعة أكبر من الخثرة المحضرة بالطريقة التقليدية.
 - 3 - تحسين المروود بنسبة 5 - 12 % (حجز بروتينات المصل، مواصفات الخثرة، حجز الدهن والكالسيوم والفوسفور) ويفضل استخدامه عند تصنيع الجبن من الحليب المجفف.
 - 4 - عند تصنيع الأجبان القاسية، هنالك إمكان لغسل حبيبات الخثرة.
 - 5 - إمكانية استعمالها لتصنيع الأجبان الطرية.

تصنيع الأجبان المحتوية على بروتينات المصل:

أ - طريقة إعادة مزج بروتينات المصل (Centri - whey): تفصل المادة الدسمة من المصل الناتج عن صناعة الجبن، ويسخن حتى الغليان ثم يحمض لترسيب بروتينات المصل، ويمرر بعدئذ على المثقلة للحصول على البروتينات المترسبة. نحصل بذلك على حليب من البروتين يحتوي على 15 % جوامد كلية منها 5 % لاكتوز (الشكل التالي).

تضاف هذه المادة إلى الحليب المستخدم لصناعة الجبن وتضاف كمية من القشدة لتعديل نسبة الدهن في الجبن. تستعمل هذه الطريقة في تصنيع جبن السان بولان وجبن الكامبير. ومن مزاياها زيادة المردود بحدود 10 - 12 % وخفض زمن الانضاج وتقليل تكلفة الجبن.

مخطط فصل بروتينات المصل (Centri - whey)

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1 - حوض المصل | 6 - خزان الحمض |
| 2 - مبادل حراري ذو ألواح للتسخين | 7 - أنبوب الحجز |
| 3 - حقن بخار | 8 - منقي (فراز) |
| 4 - حوض الحجز | 9 - مبادل حراري |
| 5 - حقن الحمض | |

- 2 - اقتصاد في تكاليف المعاملات الحرارية التي تطبق على الحليب نظراً لانخفاض حجم هذا الحليب.
 - 3 - زيادة الطاقة الانتاجية للمصنع وتخفيض نفقات استعمال المنفحة والبادئ وذلك بمقدار (80%).
 - 4 - تسهيل مكننة تصنيع مختلف انواع الأجبان وكذلك انتاج أجبان ذات وزن ثابت (تباع بالقطعة) مع سرعة في الانجاز وشروط صحية أفضل.
 - 5 - التخلص من المتاعب التي ترافق رشح المصل في اثناء تصنيع الأجبان حسب الطرائق المعتادة.
 - 6 - زيادة القيمة الغذائية للأجبان نظراً لاحتوائها على كامل كمية البروتينات ذات القيمة الغذائية العالية والتي تذهب هدرًا مع المصل في حالة استعمال الطرائق القديمة.
 - 7 - إن للرشاحة الناتجة استعمالات متعددة سواء بهدف تغذية الانسان أم الحيوان معاً.
 - 8 - بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من نقص في إفراز اللاكتاز ما يمنعهم من استهلاك الحليب ومنتجاته فإن الحليب المركز بالترشيح فوق العالي يحتوي على نسبة أقل من اللاكتوز وبالتالي يفيد في تغذية الأشخاص الذين يتحسسون للحليب.
- وسوف نستعرض هنا خطوات تصنيع جبن الكاممبر باستخدام هذه الطريقة (45 % دهناً من المادة الجافة في الجبن):
- يسخن الحليب إلى الدرجة 50° م ثم يفرز للحصول على قشدة تحتوي على 45% دهناً ويعاد فرز هذه القشدة ثانية للحصول على قشدة تحتوي على 60% دهناً.
 - يركز حليب الفرز بالترشيح فوق العالي على الدرجة 60° م حتى الوصول إلى نسبة جوامد كلية 24 % أي بمعدل 5/1.
 - يسخن الحليب المركز إلى نحو 80° م لمدة 5 دقائق.

- تضاف القشدة 60% دهناً إلى الحليب المركز حتى نحصل على نسبة جوامد كلية قدرها 33 %، حيث إن هذا ضروري للحصول على نسبة جوامد كلية قدرها 48 % في الجبن النهائي.
- تضاف نسبة 2.5 % من البادئ و 0.02 % من كلور الكالسيوم وعند الوصول إلى رقم $pH = 6.4$ تضاف المنفحة (1/10000) بنسبة 16 مل لكل 100 كغ حليب.
- يوضع المزيج في القوالب الخاصة، حيث يحدث التخثر بحدود 45 دقيقة على الدرجة 33 م.
- تنزع قطع الجبن من القوالب بعد انخفاض رقم الـ pH إلى 5.0، وتوضع في محلول ملحي (18 يوميه) مدة 45 دقيقة على الدرجة 18 م.
- تجفف قطع الجبن بدرجة 17 م ورطوبة نسبية قدرها 75 % مدة ساعتين ثم تنقل إلى غرف الانضاج على الدرجة 18 م ورطوبة نسبية 90% مدة ثمانية أيام.
- تغليف وتعبئة وتخزين على الدرجة 5 م.

الاجبان المصهورة (المصنعة او المطبوخة):

تصنع هذه الاجبان من الأجبان الطبيعية القاسية وبدرجة أقل من الأجبان الطرية وذلك بالتسخين مع إضافة الأملاح المستحلبة. وقوام هذه الاجبان ويتوقف على المواد الأولية المستعملة وتركيب الأملاح المستحلبة وكذلك على كمية الرطوبة والدهن بالإضافة إلى المواد الأولية المؤلفة من الأجبان مثل الشيدر والايمنتال والفودا، تضاف مواد أخرى مثل الحليب المجفف، المصل المجفف، الزبدة، القشدة والماء لضبط نسبة الرطوبة وكذلك الأملاح المستحلبة للحصول على بعثرة (توزيع) جيدة. تتركب الأملاح المستحلبة المضافة بشكل رئيس من أملاح حمض الفوسفور (أحادية وثنائية وعديدة الصوديوم وكذلك مركبات الكالسيوم والبوتاسيوم) بنسبة 3 % وأملاح حمض الليمون (ثنائية و ثلاثية الصوديوم وكذلك مركبات البوتاسيوم) بنسبة 4% من وزن الجبن المصنع النهائي. تعمل هذه الأملاح على سحب الكالسيوم من الباراكازينات

غير الذائبة ما يؤدي إلى تبعثر الكازئين وثبات المستحلب أي السماح للدهن والبروتين والماء والاضافات الأخرى بتشكيل كتلة ثابتة متجانسة.

خطوات التصنيع:

أ - التخزين: تخزن الأجبان القاسية ونصف القاسية لإنضاجها بدرجة تتراوح بين 10- 14 م ورطوبة نسبية قدرها 85 - 95 % وبالنسبة لجبن الشيدر بدرجة 6 م وذلك لتحسين نكهتها، وتتوقف نوعية الاجبان المصنعة على درجة إنضاج الأجبان الطبيعية الداخلة في تصنيعها. تخزن الأجبان بعد انضاجها بدرجة صفر مئوية وأحياناً حتى - 20 م.

ب - إزالة القشرة والتنظيف: تزال قشرة الأجبان المؤلفة من الأغلفة البارافينية والبلاستيكية والقماشية وذلك باليد أو عادة باستعمال آلات التقشير. وتجرى عملية تطرية السطح بوساطة البخار. تنظيف الأجبان بالغسيل والفراشي ويتم التخلص من الأجزاء غير الجيدة.

ج - الطحن: تقطع أولاً الأجبان الكبيرة إلى أجزاء، ويقلل حجم هذه الأخيرة بوساطة سكاكين دوارة تدور باتجاهات متعاكسة وتخرج القطع الصغيرة خلال قرص به ثقب صغيرة، ثم تجرى عملية الطحن في مطحنة مؤلفة من ثلاث اسطوانات تدور بسرعة مختلفة. الشكل التالي.



تصنع هذه الاسطوانات من الغرانيت ويتراوح قطرها بين 15 - 300 مم، ويخرج الجبن المطحون عبر قرص مثقب بثقوب صغيرة قطرها حوالي 1 مم.

د - العجن والطبخ: تضاف هنا إلى الجبن المطحون الأملاح المستحلبة والاضافات الأخرى ويكون رقم الحموضة بالنسبة للأنواع نصف القاسية نحو 5.4 - 5.6 وللأنواع القابلة للند 5.6 - 5.9. تجرى عملية العجن ضمن جهاز خاص مزدوج الجدران (عجانة) له غطاء محكم. وتتم عملية الصهر (الطبخ) بدرجة مرتفعة من الحرارة تصل حتى 140 م مع التحريك بمعدل 60 - 140 دورة بالدقيقة (سعة العجانة من 10-100 لتر). تسخن عادة كتلة الجبن مع التحريك إلى الدرجة 110 م بمدة 10 دقائق وتترك على هذه الدرجة لفترة 2 - 4 دقائق بحسب الدسم ثم تبرد إلى الدرجة 80-90 م بإضافة الكمية المناسبة من الماء.

بالإضافة إلى التسخين في حوض الجهاز، يمكن حقن البخار للوصول إلى الحرارة المطلوبة بسرعة أكبر. إن الفترة الزمنية الكلية التي تستغرقها العملية هي 15 دقيقة. لتحسين نكهة الأجبان المصنعة تضاف مواد عطرية (منكهة) بعد عملية التبريد.

هـ - التعبئة والتبريد: ينقل الجبن المصنع إلى آلة التعبئة ودرجة حرارته نحو 60 - 80°م حيث يبقى سائلاً بما فيه الكفاية. تقوم آلات التعبئة بسكب كمية الجبن السائل المناسبة ضمن ورق من الألمينيوم بشكل مثلثات أو مربعات ثم يتم وضع ورقة المينيوم أخرى قبل الاغلاق الحراري وتبرد بعدئذ إلى درجة 30°م على الأقل في غرف باردة. لتحضير الشرائح الرقيقة من الجبن المصنع يستعمل الجهاز الموضح بالشكل التالي.

مخطط سير العمل عند صناعة شرائح الجبن المصنع

فساد الجبن وعيوبه:

أ - فساد الجبن نتيجة نمو الفطور عليه: على الرغم من أن بعض أنواع الفطور تستعمل لتسوية بعض أصناف الجبن، فإن نمو الفطور في أغلب الأصناف غير مرغوب فيه إذ تسبب الطعم المتعفن وبعض الطعوم الأخرى غير المرغوب فيها، وأهم الأجناس الفطرية شائعة الانتشار في الجبن هي: *Mucor*، *Alternaria*، *Aspergillus*، *Monilia*. وبعض أنواع فطر الـ *Geotrichum* تنمو بغزارة على السطح إضافة إلى إمكانية التلوث بـ *Penicillium*، *Cladosporium* في الأجبان عالية الرطوبة مثل جبنة القشدة وجبنة الكوخ.

إن النظافة والتطهير هما أهم ما يمكن عمله لمقاومة نمو الفطور، فيجب أن تكون رفوف غرف التسوية وجدرانها وسقفها ملساء ليسهل تنظيفها، وقبل وضع دفعة جديدة من الجبن تنظف الغرفة جيداً بالماء الفاتر الذي يذاب فيه المنظف المناسب وتعقيم باستعمال المبيدات الفطرية.

إن استعمال محلول يحتوي على 10 % فورمالين أو 5000 جزء من المليون من الكلور الفعال أو مركبات الأمونيوم الرباعية تفي بالغرض المطلوب.

ب - تكوين الغازات: يمكن أن تتكون الغازات غير المرغوبة في أية مرحلة من التصنيع والتسوية، ولكن يظهر تكوين الغازات بوضوح بعد نزع الجبن من القالب، وفي بعض الأحيان بعد 2-3 أيام من التصنيع.

وتعزى ظاهرة تكوين الغازات بالخشرة في المراحل الأولى للتصنيع إلى وجود عصيات القولون، وبخاصة في الجبن المصنوع من حليب خام ملوث بهذه البكتيريا. ويسبب تكوين الغازات في الخثرة وجود عدد من المسامات والفراغات داخلها وبالتالي إعطاءها القوام الاسفنجي غير المرغوب وتوجد هذه الظاهرة بوضوح في الجبن العكاوي المحلي، وذلك لأنه يصنع من حليب غير مبستر غالباً ما يكون ملوثاً ببكتيريا عصيات القولون. وهذه تحلل اللاكتوز منتجة حمض لبن وكحولاً وغاز الفحم. وتنمو بدرجة الحرارة المستعملة في صناعة أغلب أصناف الجبن، ويمكن الحد من نموها باستعمال حليب جيد النوعية ويسترته.

وقد تسبب بعض الخمائر التي تحلل اللاكتوز تكوين غازات في المراحل الأولى للتصنيع أيضاً. أما الغازات التي قد تتكون بعد الانتهاء من تصنيع الجبن ببضع أسابيع فإن مسببها هو بكتيريا تابعة للجنس *Clostridium* وهي بكتيريا لا هوائية متجترشة (متبوعة).

ج - التعفن السطحي: إن تكاثف الرطوبة على سطح الجبن الجاف يسمح للخمائر والفطور والبكتيريا المحللة للبروتين وأنواع مختلفة من البكتيريا بالنمو مسببة ليونة في مكان نموها وتغييراً للون وحدوث روائح غير مرغوبة، حيث تسمى هذه الظاهرة التعفن السطحي ويمكن منع حدوثها بوساطة حفظ سطح الجبن جافاً.

د - عيوب الطعم: يمكن أن يصبح طعم الجبن غير مستساغ لأسباب كثيرة، فالطعم العلفي أو العشبي أو البقري أو الإسطيلي أو بعض الطعوم الأخرى، تنتج من استعمال حليب رديء النوعية يحتوي على هذه الطعوم.

كما يسبب نمو الأحياء الدقيقة بعض الطعوم غير المرغوبة، فالطعم المر يعزى إلى نشاط البكتيريا المحللة للبروتين والطعم الخميري يعزى إلى نشاط الخمائر، كما أن الطعم المتزنخ يرجع إلى نشاط البكتيريا المحللة للدهون.

هـ - عيوب اللون: قد يحدث في بعض الأحيان ألوان غير طبيعية كظهور بقع على سطح الجبن تعزى إلى نموات فطرية، أما التبقعات الداخلية فهي غير شائعة، فعلى سبيل المثال قد وجد أن تلوّث جبن الشيدر ببكتيريا *Lactobacillus plantarum* يسبب بقعا لونها يشبه صدأ الحديد. كما يسبب بعض السلالات التابعة لـ *Propionibacterium* التي تتصف بقدرتها على إفراز الصبغات تبقعات مشابهة لسابقتها في الأجبان السويسرية.

الفصل الخامس

المنتجات الثانوية لصناعة الألبان المتخمرة



المنتجات الثانوية لصناعة الألبان المتخمرة

المقدمة: يُعد المصل المنتج الثانوي الرئيسي لصناعات الألبان المتخمرة والأجبان، حيث دلت الدراسات المحلية في سورية على أن هناك 300 منشأة صناعية تقوم بإنتاج أنواع الألبان المتخمرة ما بالإضافة لآلاف الورشات الصغيرة، وجميعها ينتج عنها مادة المصل بنوعيه، المصل الحلو والمصل الحامضي وهو ذو فائدة اقتصادية كبيرة مهدورة، لذلك لابد من الاستفادة منه من جهة ومن جهة أخرى تقليل من هدره بالبيئة لأن له أثراً سلبية على البيئة كونه يحتوي على مواد بروتينية تسبب مشاكل بيئية كبيرة، فقد أفادت الدراسات أن صناعة منتجات الألبان في سورية تعد ذات أولوية، وتحل المرتبة الثالثة من حيث عدد العمال وإسهامها في الناتج المحلي الإجمالي، وتتركز أغلب المنشآت والمعامل في ريف دمشق وحلب وحمص وحماة، وتتمتع هذه الصناعة بأهمية اقتصادية واجتماعية وبيئية كبيرة لكونها من أشد الصناعات تلويثاً للبيئة، ولاسيما لجهة نفاياتها السائلة كمصل الجبن، حيث قدرت الدراسة كمية مصل الجبن الناتج عن هذه الصناعة في حماة وحدها كنفايات سائلة بحدود 116 م³/اليوم كحد أدنى (ماعداد الورش الصغيرة والمتوسطة والتي تتجاوز هذا الرقم بكثير) وتصرف الى شبكة الصرف الصحي مباشرة من دون معالجة. لذلك قد يتم تحويله إلى استخدامات بديلة كاستخدامه في تغذية الحيوانات في المزرعة كجزء من الخلطة العلفية، فيوفر المصل بديلاً منخفض التكلفة للأغذية السائلة (بسعر أقل من 6.8 % من سعر المولاس). ويمكن أن يعوض حوالي 19 ليتراً من مصل الجبن الأبيض السائل كمية الطاقة والبروتين نفسها التي يوفرها 2.4 كغ من خليط البروتين الخام أو العلف الخشن، ويمكن توفير نصف التكلفة في حال تسمين العجول بمعدل الضعف و يمكن للمصل أن يحسن من طعم الغذاء وقوامه والتحكم في الأتربة الناتجة عن العلف الجاف وإن ضخ المصل السائل في شبكة مواسير الشرب بمزرعة الأبقار أو الماشية يجعل استخدامه كغذاء تكميلي حلاً اقتصادياً لإمكانية الاستغناء عن معدات التغذية والخلط واستخدام عمالة أقل إضافة إلى كونه أسلوباً بسيط التكلفة لخلط الإضافات الغذائية (مثل اليوريا والأملاح والفيتامينات) والإضافات الغذائية.

أما على مستوى صناعة الألبان ومشتقاتها، فإنه من الممكن استعادة 100% من مصل اللبن كمنتج ثانوي كان يعد في الماضي نفايات سائلة، وذلك بدون الحاجة الى استثمارات عالية التكلفة أو تعديلات، خفض حجم مياه الصرف الصناعي والذي كان يحتوي على كميات كبيرة من المصل بحوالي (5.97025 % م³ سنوياً) وانخفاض متطلبات وتكاليف المعالجة النهائية، وخفض مستوى التلوث العضوي المرتفع في سائل الصرف الصناعي ما يؤدي إلى تقليل حجم كل من الأوكسجين الحيوي (BOD) بمقدار 415 طنناً سنوياً)، الأوكسجين الكيميائي (بمقدار 522 طنناً سنوياً)، إجمالي المواد الصلبة (بمقدار 58 طنناً سنوياً) المواد الذائبة بمقدار (218 طنناً سنوياً)، وهذا يتيح للمصنع تحقيق التوافق مع معايير الصرف الصناعي.

وشمة طرق لاستخدام مصل الجبن مثل التجفيف، واستخلاص اللاكتوز، وتحضير المشروبات المرطبة، وينصب اهتمام الباحثين والصناعيين في الأعوام الأخيرة على استخدام الطرق البيوتكنولوجية لمعالجة مصل الجبن.

تركيب مصل الجبن وخواصه:

إن تركيب مصل الجبن الكيميائي غير ثابت، ويمكن أن يتعرض لتغيرات كبيرة ترتبط بشكل أساسي بتركيب المادة الأولية (حليب كامل الدسم، أو حليب منزوع الدسم) وبطريقة فصل أو ترسيب البروتين (بتأثير الحموض العضوية، أو الحموض اللاعضوية، أو الأنزيمات، أو بالترشيح فوق العالي).

وينتقل إلى مصل الجبن - كمعدل وسطي - 48 - 52 % من المادة الجافة التي توجد في الحليب، وبهذا الشكل نجد أن المصل يحتوي على جميع مكونات الحليب، كما نجد أن نسبة انتقال المكونات الرئيسية من الحليب إلى المصل تتعلق بشكل أساسي بحجم جزيئاتها، وتتألف الكتلة الجافة للمصل بشكل أساسي من سكر اللاكتوز بنسبة 70% والمواد الأزوتية بنسبة 14.5%، الدسم 7.5%، الأملاح المعدنية 8%، فالقيمة البيولوجية العالية للمصل مشروطة بمحتواه من المواد البروتينية وأيضاً الفيتامينات، الحموض العضوية والعناصر الأخرى.

1- المواد الأزوتية الموجودة في مصل الجبن:

تتمثل المواد الأزوتية في المصل بالبروتينات والمركبات العضوية غير البروتينية، تقسم المواد البروتينية بدورها بشكل رئيسي إلى الألبومينات والغلوبولينات، والتي تشكل كميتها ما نسبته (90%) أو أكثر من مجمل المواد الأزوتية الموجودة في المصل، بينما يشكل الكازئين حتى 10% من بروتينات المصل. وتتمثل غلوبولينات المصل بـ بتالكتوغلوبين، وبسيفيدوغلوبولين، وإيغالوبولين، التي تختلف عن بعضها بعضاً بنسبة انحلالها في الماء. وتعدّ الإيغالوبولين والبسيفيدوغلوبولين حوامل الأجسام المناعية، تتحلله الغلوبولينات عندما ترتفع درجة الحرارة إلى 90°م ودرجة pH 4.7. إلى جانب الغلوبولينات تضم المواد البروتينية في المصل ألفا لاكتوالبومين، ألبومين المصل، البروتيوزيبتونات والأنزيمات.

ويحتوي المصل من بين مركباته الأزوتية على الحموض الأمينية الحرة، وكمية الحموض الأمينية الحرة في المصل عادة قليلة، وترتبط كميتها بنوع المصل، ففي مصل القريش تكون كميتها أكبر بكثير منها في مصل الجبن، وهذا الأمر مرتبط بالحلمية العميقة لبروتينات الحليب بتأثير أنزيمات البكتيريا اللبنية وحمض اللبن، وتتعرض كمية الحموض الأمينية الحرة في المصل لتغيرات كبيرة بتغير فصول السنة (حيث تكون كميتها في فصل الصيف أكثر من فصلي الشتاء والربيع). من المركبات الأزوتية العضوية نجد أن:

المواد الأزوتية العضوية المنحلة نسبتها 6.2 %	الأمياك 1.1 %
الألبومينات نسبتها 16.5 %	الأميدات 0.2 %
الببتونات نسبتها 76 %	

2- المواد السكرية الموجودة في المصل:

تتمثل المواد السكرية في المصل بشكل رئيسي بالسكر الثنائي اللاكتوز، الذي يعطي بعد تحلله الغلوكوز والغالكتوز. يُعدّ اللاكتوز سكرًا ثنائيًا من السكاكر المرجعة، وهو مادة مميزة لمجموعة الحيوانات الثديية، ويتركب سكر اللاكتوز بشكل كامل في الغدد

التدبئة عن طريق التحويل المتسلسل لغلوكوز الدم إلى غالاكتوز ، ومن ثم ربط جزيئتي سكر أحادي (غلوكوز - غالاكتوز) بواسطة رابطة غليكوزيدية.

3- العناصر المعدنية في المصل:

تتمثل العناصر المعدنية بشكل مركبات عضوية بنسبة (0.1- 0.4 %) ومركبات لاعضوية بنسبة (0.6- 0.7 %)، ويرتبط محتوى العناصر المعدنية في المصل بالشوارد الموجبة للعناصر: الصوديوم، البوتاسيوم، المغنيزيوم، الكالسيوم وعناصر أخرى، وكذلك ترتبط أيضاً بالشوارد السالبة للمركبات: حمض الليمون، حمض الفوسفور، حمض الكلور، حمض الكبريت، حمض اللبن.

4- الحموض العضوية في المصل:

يوجد العديد من الأحماض في مصل الجبن كحمض البروبانيك، وحمض النمل، وحمض الليمون والعديد من الحموض الأخرى، ما عدا حمض الليمون، فإن جميع الحموض العضوية في المصل تعدّ ناتجاً للنشاط الحيوي للمجموعات المختلفة من الأحياء الدقيقة التي تنمو في الحليب ومن ثم تنتقل إلى المصل. وتبلغ كمية حمض اللبن قيمة عظمى، وتتراوح (0.7-0.8 %) في مصل الجبن القديم، بينما تكون كميته في حدودها الدنيا في مصل الجبن الطازج، وتوجد الحموض العضوية الأخرى بشكل رئيسي في مصل الجبن الناتج عن التجبن بإضافة بادئ إذ إن عملية الحصول على الخثرة مرتبطة بالنشاط الحيوي للميكروفلورا اللبنية في الحليب.

5- فيتامينات المصل:

تعدّ الفيتامينات واحداً من أهم المكونات في مصل الجبن، إذ تعطي هذه الفيتامينات المصل القيمة الحيوية، والبيولوجية والغذائية العالية. فقد أثبتت الدراسات المختلفة أنه أثناء إنتاج الجبن ينتقل من الحليب إلى المصل حتى 88 % من الثيامين، و 78 % حمض الأسكوربيك، و 90 % حمض النيكوتين، وكامل كمية الريبوفلافين، وحتى 60 % من فيتامين B12، و 11 % من فيتامين A، و 32 % من فيتامين E.

وتتعرض كمية الفيتامينات المختلفة في المصل للتغير بدرجة كبيرة، وهذا التغير مرتبط بمحتوى الحليب من الفيتامينات من جهة، وبطرق إنتاج المواد البروتينية المختلفة من الحليب من جهة أخرى. بالإضافة إلى الفيتامينات المذكورة أعلاه، توجد في مصل الجبن بكميات ضئيلة أو على شكل أثر فيتامينات أخرى مثل حمض الأورثو "فيتامين B13 " وحمض البانغام " فيتامين B15 " .

6- المواد الدسمة في المصل:

يحتوي المصل على المواد الدسمة بنسبة قريبة من 0.045%، وهذه النسبة تكون مرتبطة بكمية المواد الدسمة في الحليب وبالطرق التكنولوجية التصنيعية التي تعامل بها.

7- الأنزيمات الموجودة في المصل:

نذكر من الأنزيمات التي توجد في المصل أنزيمات من نمط الهيدرولاز، أنزيمات الفسفرة وأنزيمات التفكك، وأنزيمات الأكسدة والإرجاع، وأنزيمات النقل " الترانسفيراز "، وأنزيمات التناظر أو " الإيزوميراز ". يحدث تحت تأثير الأنزيمات المحللة للبروتينات تفكك المواد البروتينية، وهناك أهمية خاصة لإنزيم اللاكتاز الذي تشكله الأحياء الدقيقة والذي يفكك سكر اللاكتوز .

8- الغازات الموجودة في المصل:

وتكون الغازات في المصل بشكل منحل مثل: غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 وغاز الأزوت N_2 ، وغاز الأوكسجين O_2 ، بحيث تكون كمية هذه الغازات في المصل أقل منها في المادة الأولية (الحليب).

9- الماء الموجود في المصل:

يحتوي المصل على الماء بنسبة 93-95% من الكتلة الكلية بحسب نوع المصل، ومعظم الماء الموجود فيه من النوع الحر والذي يمكن فصله بسهولة عن مكونات المصل السابقة من دون أن يطرأ عليها أي تغير يذكر .

الطرق الصناعية لمعالجة المصل:

لا تزال هناك مصاعب جمة تحول دون استخدام كامل كميات المصل الناتجة على الوجه الأمثل سواء من الناحية الاقتصادية أو العلمية أو البيئية، وذلك في معظم

البلدان التي تملك إنتاجاً كبيراً لمادة الحليب ومشتقات الألبان، وهذا الأمر مرتبط بحجم كميات مصل الجبن الكبيرة الناتجة عن استخدام التقنيات التقليدية في صناعة مشتقات الألبان، حيث ينتج عن ذلك كل عام أكثر من 150 مليون طن مصل في العالم. إن مستوى المعالجة الصناعية لمصل الجبن في روسيا وبلدان رابطة الدول المستقلة منخفض جداً إذ لا تزيد كمية المصل المستخدمة عن 50% بما فيها أقل من 20 % في الصناعات الغذائية.

وتتم المعالجة الصناعية للمصل بطريقتين، تقوم الأولى على استخدام كامل الكتلة الجافة في المصل، بينما تعتمد الثانية على استخلاص بعض مكوناته.

ويمكن إنتاج المشروبات المرطبة وإنتاج المواد المكثفة (المركزة) والمواد المجففة المختلفة من المصل بواسطة استخدام الكتلة الجافة لمصل الجبن، لكن من الأفضل والأمثل استخلاص المركبات المختلفة من مصل الجبن كالمواد الدسمة وبروتين المصل وسكر اللاكتوز. وهناك العديد من طرق معالجة مصل الجبن كالتجفيف، والفرز، والتركيز، وطرق كثيرة غيرها، غير أنه في السنوات الأخيرة يتزايد الاهتمام لطرق الترشيح فوق العالية في العديد من البلدان المتقدمة باستخدام الأغشية فوق العالية لمعالجة المصل.

وتتيح طرق الترشيح الجزيئي لمصل الجبن توفير قدر كبير من الطاقة باستخدام الأغشية فوق العالية، والحصول على مكونات المصل مع المحافظة على خواصه الأولية دون تغيير يذكر، وهي من الطرق النظيفة بيئياً. وتحتل الأساليب البيوتكنولوجية مكانة مهمة بين الطرق الصناعية المختلفة لمعالجة مصل الجبن وتهدف الطرق البيوتكنولوجية، هذه لتحقيق المهام الأساسية التالية:

- ✓ رفع القيمة الاقتصادية للمصل وذلك بتحويله إلى مواد مختلفة ذات أهمية أكبر في الاقتصاد الوطني.
- ✓ الاستخدام الأعظمي لكامل مكونات الحليب (عدم استخدام المصل يؤدي إلى فقدان نحو 50% من الكتلة الجافة للحليب).

✓ حماية البيئة من التلوث، وذلك بإيجاد طرق تكنولوجية متكاملة تسمح باستخدام كامل مكونات الحليب دون إبقاء مخلفات صناعية، أو أنها تخفض وبشكل كبير نسبة المواد الملوثة الملقاة في مياه صرف مصانع الألبان.

تتضمن الطرق البيو- تكنولوجية لإنتاج المواد المختلفة باستخدام مصل الجبن عمليات تخمر هوائية ولاهوائية، وتقود عمليات التخمر اللاهوائية للحصول على مركبات التحلل الطافي لسكر اللاكتوز (كالأحماض والكحولات)، أما في حال استخدام عمليات التخمر الهوائية فإن الهدف هنا يكون الحصول على الكتلة الحيوية، وأيضاً التركيب الحيوي النشط للمركبات العضوية المعقدة (كالبروتينات، المواد الدسمة، الفيتامينات ومواد أخرى غيرها...) بواسطة البادئات الميكروبية، وقد أثبتت جميع الطرق البيولوجية المستخدمة للتأثير على مصل الجبن أو على مكوناتها فعاليتها ونجاحها، وتقدم نفسها كحلول مناسبة لتأمين الطلب المتزايد على المنتجات الحيوية المختلفة، وتأمين الحلول الاقتصادية المناسبة لمشكلة المصل. يتزايد الاهتمام حالياً بعمليات إكثار *Kluyveromyceslactis* على مصل الجبن وحلماة سكر اللاكتوز لإنتاج الكحول الإيثيلي. ويمتلك عدد قليل من الأنواع التابعة للخمائر خاصة استقلاب سكر اللاكتوز، فمن خلال دراسة الخصائص الفيزيولوجية والبيوكيميائية للخمائر المستقلبة لسكر اللاكتوز ثبت أن الأنواع التابعة للجنس *Kluyveromyces*، مثل *Kl. lactis* تمتلك القدرة على التمثيل الفعال لللاكتوز مع إنتاج الكحول بتركيز عالية في الوسط.

تقانات الفصل الغشائي المستخدمة:

- 1- التناضح العكسي (Reverse Osmosis)(RO) لفصل الماء من المصل.
- 2- الترشيح الدقيق (Nanofiltration) (NF) لإزالة الأملاح الجزيئية من المصل.
- 3 - الترشيح فوق العالي (Ultrafiltration)(UF) لتركيز بروتينات المصل في الحليب والمصل، وتركيز البروتينات في الحليب المعد لصناعة الجبن، اللبن والمنتجات الأخرى.

4- تقنية إزالة البكتيريا بالترشيح (Microfiltration) (MF) لتقليل الحمولة البكتيرية في حليب الفرز والمصل، وللحصول على المصل الخالي من الدسم والمعد لصناعة بودرة المصل (WPC)، ومن أجل تفكيك البروتينات.

1- تقانة الترشيح فوق العالي: عملية الترشيح فوق العالي للمصل الكامل تنتج بروتينات كمنتج رئيسي، وتيار من السائل يسمى المصل الراشح، الذي يملك مستويات عالية من اللاكتوز (5-7%) مثل السائل الأم الناتج عنه، وبقيمة مناسبة للتخمر إلى إيتانول. فمثلاً لاستعادة جزيئات البروتين من المصل أو من المصل المركز قبل عملية التجفيف فإننا نستخدم تقانة الترشيح فوق العالي

2 -المعالجة الحرارية للمصل: يتم ترسيب البروتينات المصل في وسط حمضي وهي طريقة سهلة ورخيصة التكلفة إلا أنها تؤدي إلى تشوه البروتينات بالتسخين (95 م لمدة 10-5 دقائق عند $\text{PH}=5$) حيث تؤدي إلى خفض قابليتها للذوبان وإعطائها قوام رملي وفقدان خصائصها الوظيفية ما يؤدي إلى الحد من استعمالها دون التأثير على قيمتها الغذائية.

3-المعالجة بالمبادلات الشاردية: يتم عبر امتزاز بروتينات المصل (بالاستفادة من شحنتها السطحية) على سطوح امتزاز ومن ثم فصل هذه البروتينات في المرحلة اللاحقة، ويعتمد عمود الفصل المختار المستخدمة على نوع المصل وتركيبه:

أ - المصل الحامضي: المصل الناتج عن صناعة الجبن بإضافة بكتيريا حمض اللبن، ويستخدم عمود السفيروزيل كمبادل شاردية موجب عند رقم حموضة منخفض للمصل $\text{pH}=4.6$ ، فتكون البروتينات على شكل شوارد موجبة تدمص على المبادل الشاردي الموجب.

ب - المصل الحلو: المصل الناتج عن صناعة الجبن بإضافة المنفعة فقط، ويستخدم عمودين من السفيروزيل الأول سالب والثاني مبادل للشوارد الموجبة الضعيفة.

4-المعالجة الكيميائية للمصل:

بإضافة مادة كيميائية أو أكثر لترسيب محتويات المصل من المواد المختلفة وتحويله الى مادة قابلة للتصريف سواء في الري أو الأنهار مباشرة دون الإضرار بالبيئة مع متطلب كيميائي وبيولوجي للأوكسجين مقبول، ومن هذه المواد الكيميائية(بولي فوسفات، ماءات الكالسيوم وكبريتات الألمنيوم، كبريتات الحديد)، وتعدّ هذه الطريقة الأسوأ والأقل فائدة والأكثر كلفة.





الفصل السادس
القيمة الغذائية للألبان المتخمرة



القيمة الغذائية للألبان المتخمرة

كان الاعتقاد السائد بأن أهمية البادئات تنحصر في إنتاج الحموضة في منتجات الألبان المتخمرة، إلا أنه اتضح فيما بعد أن تكوين حمض اللبن يمثل فقط واحداً من الكثير من التغيرات الناتجة بواسطة البادئات خلال نموها ونشاطها في الحليب واللبن، حيث ينشأ عنها تغير في القوام والنكهة المميزين لذلك المنتج.

فالقيمة الغذائية للألبان المتخمرة من المتوقع أن تكون مشابهة للحليب المصنع منها، إلا أنه توجد فروقات نتيجة لإضافة البادئ مع كل أنظمة إنزيماته الداخلية المنشأ، ويوضح الجدول التالي التغيرات في التركيب الكيميائي للبن الرائب مقارنة بالحليب. فعلى الرغم من إجمالي محتوى الأحماض الأمينية لا يكون مختلفاً عن الحليب فإن الأحماض الأمينية الحرة تكون أعلى بكثير، بالإضافة إلى هضم البروتينات يكون أسهل وأفضل.

أما بالنسبة للكربوهيدرات (اللاكتوز) فإنها تتكسر جزئياً وتتحول إلى حمض اللبن، واللاكتوز المتبقي يتم تمثيله بواسطة أنزيم اللاكتاز المنتج من البادئ وبالتالي تصبح هذه المنتجات أكثر هضماً للأشخاص الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز. يتم تحفيز امتصاص المعادن بسبب وجود حمض اللبن الذي يعمل على تأين المعادن ويسهل امتصاصها.

أما بالنسبة للفيتامينات فيحدث لها زيادة لأكثر من 20% لمجموعة فيتامين ب (B)، حيث نلاحظ زيادة نسبة تواجد فيتامين الثيامين وبيريدوكسين وحمض الفوليك وحمض النيكوتينيك والتي تختلف نسبتها على حسب نوع البادئ المستخدم.

أ - القيمة الغذائية للبن الرائب:

حيث إن له أهمية غذائية وطبية يمكن أن نلخصها:

- 1 - احتوائه على جميع مكونات الحليب بنسب أكثر تركيزاً عما في الحليب الخام ما يعطيها قيمة غذائية عالية.
- 2 - توجد مكونات الحليب المعقدة كالبروتينات - في اللبن الرائب - في صورة مبسطة يسهل هضمها.
- 3 - تعاطي اللبن الرائب لفترة طويلة يساعد على التخلص من بكتيريا التعفن التي تنمو في الأمعاء الغليظة للإنسان، كما أن له تأثيراً مليناً على الأمعاء.
- 4 - يحتوي على كميات كبيرة من فيتامين ب، إضافة إلى احتوائه على مضادات ميكروبية.
- 5 - وجود الطعم الحمضي يشجع إفراز اللعاب والعصارات المعدية والمعدية وبذلك يزيد الشهية.
- 6 - هنالك اعتقاد بأن التغذية على اللبن الرائب يطيل العمر، وربما يعود ذلك إلى وجود الحموضة التي تقضي على الميكروبات الضارة في الأمعاء.
- 7 - التغذية على اللبن الرائب يعمل على تخفيض مستوى الكوليسترول في الدم.

ب - القيمة الغذائية للأجبان:

يُعدّ الجبن من المواد الغذائية المهمة، حيث تعدّ مصدراً مركزاً للبروتين وفي بعض الحالات مصدراً للدهن. وتفقد بروتينات المصل خلال التصنيع والبروتين الموجود بالجبن يُعدّ أساسه بروتين الكازين إضافة إلى الأحماض الأمينية الأساسية المتواجدة.

العناصر الغذائية في الأجبان:

أ - الدسم: نظراً لتعديل نسبة الدسم في الحليب المستخدم في صناعة الأجبان، فإن نسبة الدسم تختلف بالجبن بحسب تغير نسبة الدسم والذي يعبر عنه في المادة الجافة. تصل نسبة الدسم في الأجبان الطازجة البيضاء إلى 12% بينما في الأجبان المنضجة فترتفع إلى 32-40% بحسب زمن الإنضاج، وبشكل عام، يفضل المستهلك الأجبان ذات الدسم المرتفع حيث تتعزز النكهة وتصبح الأجبان الأكثر قبولا.

ويجب أن يكون الدسم في الغذاء بكمية مناسبة حتى يمكن أن يستفيد منه الجسم بطريقة سليمة دون حدوث مشاكل صحية. ولتجنب أمراض تصلب الشرايين فإن الاحتياجات اليومية الموصى بها يومياً بحوالي 50 غرام للفرد قليل المجهود و 106 غرام للفرد كثير المجهود، ويجب التأكيد على أن واحد غرام من الدسم يعطي 9 حريرات (كيلو كالوري).

وقد أدى سعي بعض الأشخاص الذين يتبعون أنظمة غذائية لخفض الوزن فإنهم يفضلون الأجبان الأقل نسبة دسم، فقد سعت العديد من الشركات إلى إنتاج أجبان منخفضة نسبة الدسم كالجبن العكاوي منخفض الدسم أو الأجبان الشلل. كما أن الاهتمام بالجانب الصحي فإنه أيضاً نجد أجبان منخفضة أو خالية من الكوليسترول. وطبعاً إن من الضروري أن تكون هذه الأنواع من الأجبان مقبولة من حيث الصفات الحسية (الطعم، التركيب، القوام، المظهر).

وخلال عملية إنضاج الأجبان يحدث تحلل للدسم بواسطة أنزيم الليباز الناتج من بكتيريا البادئ بشكل رئيسي لأن الليباز الموجود طبيعياً في الحليب يحدث له تلف نتيجة استخدام المعاملات الحرارية، مع ملاحظة أن هذا لا يحدث في الأجبان التي تصنع من

حليب خام، ونتيجة لتحلل الدسم فإن تركيز الأحماض الدهنية في الجبن عادة يكون بين 1-5 غرام لكل واحد كيلو غرام. وتوجد علاقة بين محتوى الجبن من الأحماض الدهنية الطيارة الحرة في عدد من أنواع الجبن وشدة الطعم في هذه الأجبان. بالنسبة للمحتوى من الكوليسترول فإنه لابد من التركيز على أن نسبة الكوليسترول منخفضة في الأجبان (صفر إلى 100 ميلي غرام/100 غرام جبن وفقاً لنسبة الدسم في الجبن)، ويسهم الجبن بـ 3-4% فقط من الاحتياجات الكلية من الكوليسترول، ولم تتمكن الأبحاث من الحصول على أجبان خالية تماماً من الكوليسترول إلا أن جميع المحاولات تعرضت لمصاعب تكنولوجية تصنيعية مثل زيادة طراوة الخثرة وصعوبة التخلص من المصل ما يؤدي إلى الحصول على جبن منخفض الجودة ومرتفع في الرطوبة وفقير بالطعم.

ب - البروتين: ترجع الأهمية في منتجات الألبان المتخمرة بشكل عام والأجبان بشكل خاص إلى ارتفاع محتواها من البروتينات ذات القيمة الحيوية. يختلف محتوى الأجبان من البروتين تبعاً للأنواع ويتراوح بين 20-35%، ويمتلك نسبة محتوى البروتين علاقة عكسية مع نسبة محتوى الأجبان من الدسم.

وقد وجد أن 100 غرام من الأجبان الطرية تغطي 30 - 40% من الاحتياجات الغذائية اليومية من البروتينات للفرد البالغ، بينما 100 غرام من الأجبان الجافة تغطي 40-50%. ونظراً لكون بروتينات المصل أفضل من ناحية القيمة الغذائية من الكازين لكونه يفتقر لحد ما في الأحماض الأمينية المحتوية على كبريت فإن القيمة الغذائية الحيوية للبروتينات في الجبن أقل إلى حد ما عنها للبروتينات الكلية في الحليب ولكن أعلى منه بالكازين بمفرده. إضافة إلى كون عملية تصنيع الأجبان وفقدانها للمصل أو مقدرة الاحتفاظ به، تساعد في رفع القيمة الغذائية ومحتوى البروتينات ولاسيما بروتينات المصل.

وعند استخدام تقنية الترشيح فوق العالي UF لتركيز الحليب لصناعة الجبن لرفع مستوى المادة الجافة إلى مثيلتها في الجبن حتى لا ينتج مصل فإن بروتين المصل يحتجز في الجبن وبالتالي ترفع القيمة الغذائية للجبن. وبروتينات المصل في مثل هذه

الأجبان تمثل حوالي 15 % من البروتينات الكلية ويمكن أن تسهم الأجبان بدرجة كبيرة كمصدر للأحماض الأمينية الأساسية.

أثناء إنضاج الأجبان فإن جزء من الكازئين غير الذائب في الماء يتحول إلى مركبات نتروجينية ذائبة في الماء والتي تشمل نواتج وسطية من تحلل البروتين وكذلك أحماض أمينية حرة. ويمكن النظر إلى عملية تسوية الجبن على أنها عملية هضم أولية وبالتالي إلى زيادة قابلية البروتينات للهضم. وإن قابلية هضم الأجبان تصل إلى 100 % وقابلية بروتين الجبن للهضم أعلا منه عن بروتينات الحليب. الببتيدات الصغيرة يمكن أن تمر من خلال جدار الأمعاء ومن الممكن أن تتفذ حتى من غشاء الخلايا وبالتالي تصبح جاهزة للاستخدام المباشر بواسطة الخلايا.

إن نزع مجموعة الكربوسيل من الأحماض الأمينية أثناء تسوية الجبن يؤدي إلى إنتاج أمينات Amines والأمينات الرئيسية التي توجد في الجبن هي الهستامين Histamine والتيرامين Tyramine، والتريبنامين Tryptamine، النيوترسين Putrescine والفينيل أيثل أمين Phenylethylamine، وتختلف نسبة هذه الأمينات بحسب فترة الإنضاج ونوعية الحليب المستخدم وظروف التخزين ومحتوى الملح ونوعية البادئ.

ج - اللاكتوز وحمض اللبن: لا يوجد لاكتوز في كثير من الاجبان أو قد يوجد في تراكيز منخفضة جداً (1-3 غرام /100 غرام) نظراً لأن معظم اللاكتوز في الحليب يفقد مع المصل الناتج من تصنيع الجبن، والجزء المتبقي في خثرة الجبن يتحول جزئياً أو كلياً إلى حمض اللبن خلال إنضاج الجبن. لذلك فإن الجبن يُعد غذاء مناسباً للأشخاص الذين يعانون من سوء امتصاص اللاكتوز. ويبلغ متوسط محتوى حمض اللبن في عدد من الاجبان كما يلي: الدمياطي 0.75%، تشدر 1.3%، الكوتاج 0.3%، الجبن المنضج بالفطر 0.6%، الكمبير 0.2%.

ويحتوي الجبن عادة على حمض اللبن من النمطين (+) L و (+) D، وتتوقف نسبة (+) D على نوع البادئ المستخدم وغيرها من عوامل التسوية الأخرى. وخلال التخزين يحدث تحويل النمط (+) L إلى (+) D، بواسطة بكتيريا حمض اللبن غير

البادئ، لذلك فإنها يرتفع نسب $D(+)$ إلى نسب عالية ويتراوح نسبته في الجبن الطازج بين (4-14 %) وفي الجبن المنضج بين (10-50 %). ويمكن للإنسان أن يقوم بتمثيل النمط $D(+)$ من حمض اللبن بنسبة بسيطة لكونه يمتلك الأنزيم $D-2$ hydroxy acid dehydrogenase، ولكن أشارت بعض التقارير إلى أن التأثير السام للنمط $D(+)$ لا يظهر عند المراهقين أو البالغين، في حين أوصت منظمة الصحة العالمية إلى وجوب خلو أغذية الاطفال دون عمر سنة منه.

د - الأملاح المعدنية: يماثل محتوى الجبن محتوى الحليب من الكالسيوم والفوسفور، حيث إن 100 غرام من الجبن الطازج تغطي حوالي 30 - 40 % من الاحتياجات الغذائية اليومية للإنسان من الكالسيوم و 12-20 % من الاحتياجات الغذائية اليومية من الفوسفور، في حين يغطي 100 غرام من الجبن الجاف القاسي جميع احتياجات الإنسان اليومية من الكالسيوم ويسهم بحوالي 40 - 50 % من الاحتياجات اليومية من الفوسفور. ودلت الابحاث على أن الأجبان مرتفعة نسبة الدسم هي أجبان تنخفض بها نسبة الكالسيوم والفوسفور، وعادة يحتوي الجبن المصنع من جبن المنفحة على الكالسيوم أعلى من الأجبان المصنعة بالتجبن الحامضي، ويستفيد الجسم من كل من الكالسيوم والفوسفور والمغنيزيوم الموجود في الجبن بكفاءة أعلى مما هو موجود في الحليب، وإن النسبة بين الكالسيوم إلى الفوسفور مقبولة غذائياً، ويُعد الجبن أحد الأغذية التي لا تسبب مرض تسوس الأسنان.

تبلغ احتياجات الجسم من الصوديوم وكحد أقصى 4 غرام للفرد في اليوم، وهناك اختلاف في الرأي عما إذا كان ارتفاع تناول الصوديوم من الأغذية وامتصاصه ضار للأفراد بصفة عامة أو هو عامل التغذية الرئيسي المسبب لارتفاع ضغط الدم عند بعض الأفراد. ومع ذلك فإنه يوصى بتحديد مستوى الصوديوم وخاصة في أغذية الأفراد الذين يعانون من ارتفاع ضغط الدم. يسهم الجبن في تغطية الاحتياجات الكلية من الصوديوم بدرجة محددة حتى في الدول التي يستهلك فيها معدلات مرتفعة مثل استراليا وسويسرا وبريطانيا حيث يكون معدل الفرد الواحد من الصوديوم في اليوم بين 0.12 - 0.20 غرام، وبالرغم من أن مساهمات الجبن بحوالي 5% فقط من احتياجات الفرد يتم

التوصية بإنتاج أجبان منخفضة الصوديوم واستخدام محاليل لحفظ الأجبان من كلوريد البوتاسيوم أو المغنيزيوم. فعلى سبيل المثال عند استخدام محلول كلوريد المغنيزيوم لحفظ الأجبان فإن نسبة المحتوى من الصوديوم ينخفض إلى 80 % ويرتفع المحتوى من المغنيزيوم إلى الضعف.

هـ - العناصر الفادرة: يُعد الجبن مصدراً مهماً من مصادر عنصر الألمنيوم حيث يحتوي الجبن المطبوخ على مستوى أعلى من الألمنيوم من باقي أنواع الأجبان، ويقدر الاحتياج اليومي من الألمنيوم بحوالي 10 ميلي غرام للفرد في اليوم، ويحصل الفرد على أقل من 10% من احتياجات جسمه من الجبن.

ونتيجة للهضم بواسطة العصارات المعوية للجبن فإن جزءاً كبيراً من الزنك ويقدر بحوالي 91 % يكون مع الجزء المهضوم من الجبن ويمتص لذلك فإن الجبن يوفر حاجة الجسم من الزنك بدرجة عالية.

يتراوح محتوى الجبن من السيلينيوم في الجسم ما بين 5 - 12 ميلي غرام في 100 غرام جبن، وتتراوح النسب الموصى بها بين 50 - 200 ميكرو غرام باليوم بحسب العمر، ويؤمن الحليب ومنتجاته حوالي 5% من الاحتياجات الكلية من السيلينيوم.

ولا يؤثر بروتين الكازئين على امتصاص الحديد، وقامت دراسات حديثة بالتوصية بتدعيم الأجبان بمركبات سترات أمونيوم الحديد لتدعيم الأجبان ما يسمح بمعالجة أمراض فقر الدم.

و - الفيتامينات: يتوقف تركيز الفيتامينات الذوبة بالدهون على محتواه من الدسم، وإن معظم محتوى الحليب من فيتامين A تنتقل إلى الجبن وتقدر بحوالي 80 %، ولكن هذه النسبة تنخفض بالنسبة للفيتامينات الذوبة في الماء حيث ينتقل فقط حوالي 20 % من فيتامين الثيامين، حمض الفوليك، وحمض الأسكوربيك، و 30% من الريبوفلافين والبيوتين و 25-45 % من البيودكسين وحمض البنثوثينيك ويفقد الباقي بالمصل. ويحتوي الحليب على تراكيز مرتفعة من بعض فيتامينات B لذلك يعدّ الجبن يعدّ مصدراً مهماً لهذه الفيتامينات، حيث تكون مصدراً مهماً لتغطية حاجة الجسم بحوالي 100، 27، 15 % على التوالي من الاحتياجات لفيتامين B12، B2 وحمض الفوليك، عند

استهلاك 100 غرام من الجبن، في حين يغطي فقط 1 - 2% من الاحتياجات من فيتامين B6.

- الجبن الطازج: من الناحية الغذائية فإن الجبن الطازج والمصنع من التجبين الحامضي مائل بقيمته الغذائية للأجبان الناتجة من تخمير بواسطة فعل بكتيريا البادئ، ونظرا لكونه جبن منخفض في نسبة الدسم فإنه يكون غنياً بالبروتينات مرتفعة القيمة التغذوية الحيوية، الكالسيوم والفسفور وطاقته الحرارية منخفضة فإنه يوصى به لمختلف الأفراد وخاصة كبار السن وفي عمليات نقص الوزن، وهذه الأجبان أيضاً سهلة الهضم ما يجعلها في الأغذية العلاجية وخاصة في حالات أمراض الكبد.

يتم عادة معالجة الحليب إلى الدرجة 65° م مدة نصف ساعة تكون هذه المعاملة مركبات تجمع بين الكازئين وبروتينات المصل لدرجة أن جزءاً كبيراً من بروتينات المصل تترسب مع الكازئين عند التحميض ويحتجز في الخثرة. ترتفع نسبة النتروجين الكلي المتجبين من 77% إلى 89% لذلك فإن الأجبان تتميز بارتفاع محتواها من الأحماض الأمينية الأساسية والبروتين ذات القيمة الحيوية العالية. وإن عملية الحجز الكاملة لبروتينات المصل في الجبن الطازج المصنع بتقنية الترشيح فوق العالي UF للحليب.

تعدّ هذه الأنواع من الأجبان غذائياً من الأغذية المنخفضة الطاقة ومع ذلك فإنها تحتوي على مستويات من الكالسيوم (حوالي 30 مللي غرام/100 غرام مادة جافة، 60 مللي غرام/100 غرام خثرة مضافاً لها الدسم، 68 مللي غرام/100 غرام خثرة منخفضة الدسم).

- الجبن المطبوخ: يحدث تشرب وتحلل للكازئين في إنتاج الجبن المطبوخ نتيجة تأثير أملاح الاستحلاب لذلك فإن نسبة البروتين القابل للذوبان في الماء ترتفع بدرجة ملحوظة وتستخدم أملاح عديد الفوسفات على نطاق واسع كأملح الاستحلاب، كما تستخدم السترات واللاكتات أيضاً. وأثناء تخزين الجبن المطبوخ فإن أملاح عديد الفوسفات تتحول جزئياً أو كلياً إلى أملاح أحادية وثنائية الفوسفات، ويحتوي الجبن المطبوخ بصورة عامة على نفس العناصر الغذائية للجبن المصنع منها، ويختلف محتوى الدهن من 9 إلى 31% ومحتوى البروتين من 8 إلى 24% كما أن محتوى الأملاح

المعدنية يكون ماثلاً لما هو موجود في الجبن الأصلي. ولا يؤدي إضافة الأملاح عديدة الفوسفات إلى زيادة محتوى الجبن من الجبن الطبيعي، ومن 0.8-2.7 % من الجبن المطبوع. ويحدث بعض الفقد لفيتامينات B1، B2، النياسين و B12 أثناء صناعة الجبن المطبوع.

يرتفع محتوى الأحماض الأمينية الحرة في الجبن وقابلية البروتين للهضم بعملية الطبخ ويعتقد أن الاستفادة من بروتينات الجبن المطبوخة تكون أفضل عن بروتينات الجبن الطبيعية، ولا يحدث تغيير في مدى توفر الليسين Lysine كما أن الاستفادة من الكالسيوم يكون أفضل مع التغذية على الجبن المطبوع منه من التغذية على الحليب واللبن الرائب.

ولا ينتج أي أعراض مزعجة أو مرضية للإنسان من جراء التغذية على مواد تحتوي عديدات الفوسفات حيث أنها سريعة التحول إلى فوسفات أحادية والتي تمتص بعد ذلك في القناة الهضمية، لذلك فإن هذه الأملاح غير ضارة على الصحة. والفوسفات كجزء من الجبن المطبوع يجب أن تؤخذ ضمن الحصة والاحتياجات اليومية من الفوسفور الكلي والذي يتكون من محتوى الفوسفور الطبيعي في الغذاء بالإضافة إلى فوسفات أحادية وعديدة مضافة إلى الجبن المطبوع والتي قد تسهم في تغطية الحاجات اليومية على مدى طويل من الفوسفات العديدة تبلغ 40 ميلي غرام/ كغ من وزن الجسم في المتوسط فإنه ليس هنالك خطورة من تناول الجبن المطبوع فلا يؤدي تناولها إلى الإفراط في جرعة الفوسفات. وعند حساب كمية الفوسفات المضافة والمتناولة من خلال الجبن المطبوع وغيرها من الأغذية المدعمة بالفوسفات وجد أنها حوالي 1.2 غرام / اليوم وهذا يقع في نطاق الاختلاف في احتياجات الفوسفات اليومية.

تعدّ الجبن المطبوع غذاء ذا قيمة متميزة حيث يعتقد أن الفوسفات تحمي الأسنان من التسوس. وليس هنالك اعتراض على استخدام السترات كأملح استحلاب حيث إن حمض الستريك وأملاحه توجد في كثير من الأغذية ونواتج طبيعية لعمليات التمثيل الغذائي في جسم الإنسان.

الفوائد الصحية والعلاجية للألبان المتخمرة:

بالإضافة إلى الطعم المنعش والقيمة الغذائية العالية فإن منتجات الألبان المتخمرة تمتلك بعداً ثالثاً، والذي يوفر فوائد صحية وعلاجية موضحة بالجدول التالي، بعض هذه الفوائد تم تأكيدها في حين بقيت أخرى موضوع تناقض. وقد عرف الإنسان فوائد اللبن الرائب (اليوغورت) الصحية منذ زمن بعيد، وقد ذكر في الكثير من الروايات، فطبقاً للتعاليم الفارسية كان يعزى لإبراهيم إبداعه وتعميره إلى تناوله اللبن الرائب. وفي العصور الحديثة، قيل أن إمبراطور فرنسا الأول فرنسيس قد شفي من مرضه نظراً لتناوله اللبن الرائب المصنوع من حليب الماعز.

ويُعد العلامة العربي ابن سينا أول من أشار منذ ألف عام تقريباً في كتابه القانون إلى أهمية الألبان المتخمرة كأغذية منشطة لكبار السن، وقد ذكر في الطب الروسي القديم أن التأثيرات النافعة لبكتيريا حمض اللبن المستخدمة في تصنيع اللبن الرائب، فاعتقد بأن اللبن الرائب كان الوسيلة الفعالة لمقاومة مجموعة من الأمراض العضوية من جفاف الجلد إلى تصلب الشرايين. وقد عزى تعمير سكان البلقان وصحتهم الجيدة إلى استهلاكهم الكبير للبن المتخمّر المسمى يوهورت أو يوغورت كما يسمى حالياً، حيث افترض بأن بكتيريا *Lactobacillus bulgaricus* الموجودة في اليوغورت تنبت في الأمعاء وتعمل على وقف إنتاج السموم بوساطة بكتيريا التدعص ضمن الأنبوب الهضمي للإنسان.

ولكن الكثير من الأبحاث مازالت متحفظة فيما يتعلق بمميزات استهلاك المنتجات المحتوية على بكتيريا *Lb. acidophilus* و *Bifidobacterium*، حيث أثبتت الدراسات أن تناول الألبان المتخمرة المحتوية على هذين النوعين من البكتيريا له فوائد صحية عديدة منها، التغلب على سوء هضم اللاكتوز وخفض مستوى الكوليسترول في الدم وخفض الإصابة بسرطان القولون وتحفيز المناعة.

اللجنة العلمية:

أ.د. صباح أبو غرة

أ.د. عبد الحكيم عزيزية

أ.د. أحمد هذال

المدقق اللغوي:

أ.د. دياب الراشد

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات