

الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا الألبان المتخمرة Microbiology of Fermented Milk

١- مقدمة

تنتشر صناعة الألبان المتخمرة في جميع أنحاء العالم ، حيث يوجد عديد من منتجات الألبان المتخمرة في كثير من دول العالم ، بالرغم من أن كثير من هذه الأنواع متشابهةً تكنولوجياً. تعتبر صناعة الجبن والألبان المتخمرة من أقدم الطرق التي مارسها الإنسان لحفظ الأغذية القابلة للفساد ومرتفعة القيمة الغذائية (مثل اللبن) إلى منتجات تتميز بقوة حفظ جيدة . من الصعب تحديد متى بدأت صناعة منتجات الألبان المتخمرة ، ولكن أشارت بعض الدراسات أن الألبان المتخمرة قد تم صنعها منذ حوالي ١٠-١٥ ألف سنة مضت ، منذ تغير نظام حياة الإنسان من جامع للغذاء food gather إلى منتج للغذاء food producer . وقد تضمن هذا التغيير استئناس الحيوانات ، مثل البقر ، الغنم ، الماعز ، الجاموس والإبل . ومن المحتمل أن تكون هذه الفترة الانتقالية قد حدثت عند أوقات متفرقة في أجزاء مختلفة من العالم . وقد أوضحت دراسات الآثار القديمة ، أن بعض الحضارات ، مثل البابلية ، الفرعونية (المصرية القديمة) والهندية ، كانت متقدمة في طرق الزراعة والتربية ، وكذلك إنتاج الألبان المتخمرة ، مثل اليوجورت .

الألبان المتخمرة من أقدم المنتجات اللبنية المعروفة للإنسان ، حيث عرف الإنسان أن حموضة اللبن تزيد بسرعة بعد حلبه من الماشية ، كما عرف أن اللبن الحامض لا يحدث فيه أى تغيرات غير مرغوبة ، إلا تحت ظروف خاصة ، لذلك كان يحتفظ باللبن بطريقة تشجع على تكوين الحامض ليصبح قابلاً للحفظ عدة أيام . من الطبيعي أن تؤدي الاختلافات في نوع اللبن وفي الطريقة التي تم معاملته بها بين القبائل إلى اختلاف الناتج المتخمر ، مما أدى إلى ظهور عدد كبير من الألبان المتخمرة عرفت بأسماء مختلفة . ويعتقد البعض أن إنتاج الألبان المتخمرة قد تطور على النحو التالي:

١- شملت طرق الإنتاج استخدام نفس الأوعية بصفة مستمرة ، أو إضافة اللبن الطازج إلى عملية التخمير القائمة ، معتمدة بصفة أساسية على الفلورا الطبيعية الموجودة في اللبن لإتمام عملية التخمير .

٢- تسخين اللبن على اللهب مباشرة لتركيز اللبن بدرجة بسيطة ، وتبريد اللبن لدرجة حرارة الجسم مع التلقيح بلبن حامض من دفعة اليوم السابق .

٣- تحضير هذه المنتجات باستخدام ميكروبات معرفة defined ، منذ بداية القرن التاسع عشر .

يرجع الاهتمام الكبير بالألبان المتخمرة والانتشار الواسع لهذه الألبان في جميع أنحاء العالم وخاصة اليوجهورت ، إلى ما أشار إليه العالم الروسي إيلى ميتشنيكوف Eli Metchnikoff في كتابه (عام ١٩٠٨) عن إطالة الحياة prolongation of life ونظريته عن التسمم الذاتي auto-intoxication ، حيث نصح الإنسان بتناول لبن متخمر يحتوى على *Lactobacillus bulgaricus* (المعروف حالياً *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus*) ، حيث أفترض أن هذا الميكروب يستطيع أن ينمو في أمعاء الإنسان ويحل محل البكتريا التعفننية putrefactive bacteria ، التي تستطيع أن تنمو في الأمعاء ، وبالتالي تقلل من إنتاج مركبات سامة (توكسينات) . وقد عزى هذا العالم قصر عمر الإنسان إلى امتصاص توكسينات معينة تنطلق في الأمعاء نتيجة نشاط البكتريا اللاهوائية المحللة للبروتين (بكتريا تعفننية) مسببة تسمماً ذاتياً . وقد أشار إلى أن ذلك لا يحدث في البيئة الحامضية ، وأنه يمكن إيقاف هذا التسمم الذاتي إذا أمكن تنمية أحد أنواع البكتريا المنتجة للحامض في أمعاء الإنسان . كما أرجع هذا العالم طول عمر سكان البلقان إلى استهلاك كميات كبيرة من اللبن البلغارى ، حيث علل ذلك بأن الحامض الذى يتكون في الأمعاء نتيجة هذا اللبن المتخمير يمنع الشيخوخة المبكرة ، وأفترض أن ميكروبات هذا اللبن مسئولة عن إبادة البكتريسا التعفننية بالأمعاء .

الدراسات التي أجريت عقب كتاب العالم ميتشنيكوف ، أوضحت أن *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus* لا تستطيع البقاء والاستقرار في القناة

الهضمية. ومنذ ذلك التاريخ (١٩٢٢)، فقد أكدت الدراسات أن *Lb.acidophilus*، نوع من بكتريا حامض اللاكتيك العصوية، تستطيع أن تبقى وتنمو في الأمعاء، حيث أن هذا الميكروب تم عزله أساساً من براز الأطفال الرضع وأنه يعمل على الإقلال من نمو أو القضاء على البكتريا التعفنبة بالأمعاء، وأدى ذلك إلى انتشار لبن الأسيدوفلس، والذي وصل أقصاه عام ١٩٣٠.

ورغم عدم التسليم بأن اللبن المتخمر يطيل العمر، بدليل موت العالم ميتشكوف عن عمر يناهز ٧١ عاماً، رغم استهلاكه كميات ضخمة من الألبان المتخمرة، فإن جدل واسع قد قام بين العلماء حول النظرية، إلا أنهم جميعاً اتفقوا على أن مقاومة الجسم تضعف بتقدم العمر وأن الصحة العامة تكون جيدة إذا كانت فلورا الأمعاء تحتوي على بكتريا من جنس *Lactobacillus* أو غيرها من الميكروبات النافعة، مثل *Bifidobacterium spp.*, *Lb.casei*.

وفي السنوات الأخيرة مع تزايد المعرفة بأهمية الميكروبات المعوية المختارة، تم تطوير وإنتاج ألبان متخمرة جديدة تحتوي على *Lb.acidophilus*, *Bifidobacterium spp.* منفردة أو معاً مختلطة مع بكتريا أخرى. وقد ساهمت هذه الألبان المتخمرة العلاجية الجديد في زيادة معدلات استهلاك الألبان المتخمرة بصفة عامة. وما زال هذا المجال يحتمل مزيد من التطوير لما له من أهمية صحية وغذائية للإنسان، فضلاً على إمكان الاستفادة من الإمكانيات الكبيرة في تعديل تركيب اللبن وأنواع البادئات والإضافات المختلفة، الأمر الذي يجعل مجالات التوسع والتطوير في هذا الاتجاه لا حدود لها.

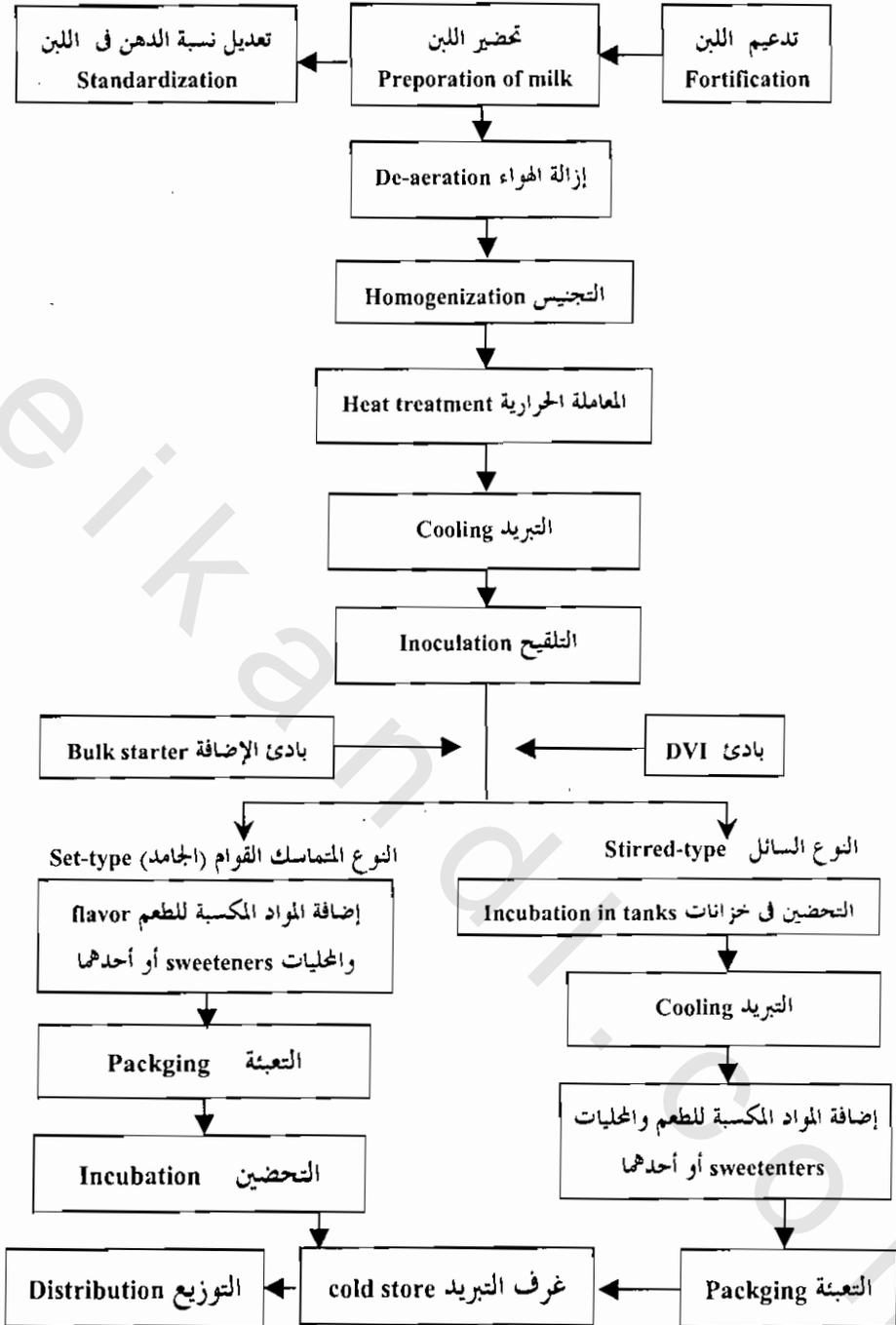
لا تتوفر حالياً بيانات عن صناعة الألبان المتخمرة، لمعرفة الإنتاج العالمي الحقيقي لكل نوع من الألبان المتخمرة التي تنتج سنوياً في كل دولة. وقد أشارت البيانات المتاحة في عام ١٩٩٢، أن الإنتاج العالمي من الألبان المتخمرة تقدر بأكثر من ٢٣ مليون طن، (حوالي ٩ مليون طن بوجهورت، ١١ مليون طن لبن خص متخمر وحوالي ٣ مليون طن ألبان متخمرة متنوعة). انتشار الألبان المتخمرة في كثير من دول العالم قد يرجع جزئياً إلى التقاليد *traditions*، لكن صفات هذه الألبان (الطعم، النكهة، المظهر، التركيب البنائي، الفوائد الصحية والغذائية) تكون أكثر جاذبية للمستهلك عن اللبن الطازج.

يعتبر اليوجهورت واليوجهورت المركز (اللبنة) أكثر شيوعاً في دول الشرق الأوسط ، شمال أفريقيا والبلقان ، كما أن اليوجهورت والأنواع المشابهة أكثر شيوعاً في العالم : التطور الذي حدث في الخمسينات في إنتاج اليوجهورت المحتوي على الفاكهة والمطعم بالمواد المكسبة للطعم والنكهة أدى إلى احتلال هذا الناتج أهمية كبيرة في صناعة الألبان في أوروبا الغربية والولايات المتحدة الأمريكية وغيرها من الأسواق غير التقليدية . ومنذ ذلك التاريخ ، فإن عدد أنواع اليوجهورت والأغذية الشبيهة باليوجهورت قد زادت بدرجة كبيرة ، كما زاد الاهتمام باليوجهورت وغيره من الألبان المتخمرة كوسيلة لتدعيم الصحة العامة .

وفي نفس الوقت فإن الإقبال على استهلاك ألبان متخمرة أخرى ، مثل الكفير ، قد زاد نتيجة التعديلات التي أدت إلى منتجات ذات طعم أقل شدة والذي يكون متوافقاً مع تكنولوجيا التعبئة الحديثة . ومع ذلك ، فإن الأنواع المختلفة من اليوجهورت مستمرة في الانتشار في معظم أسواق الألبان المتخمرة .

٢- المعاملات التكنولوجية

المعاملات التكنولوجية المستخدمة في إنتاج الألبان المتخمرة تكاد تكون متماثلة بصفة عامة في هذه المنتجات . إنتاج الألبان المتخمرة على نطاق صغير يحتاج فقط إلى معدات بسيطة ، بينما الإنتاج على نطاق واسع من خلال المصانع الكبيرة (المركزية) ذات الإنتاج الثابت المتجانس والمنخفض التكاليف ، يحتاج إلى مستوى أعلى من المراقبة ومعدات أكثر تعقيداً ، بالرغم من أن أساسيات عمليات التصنيع ثابتة . الاختلافات في معظم الحالات تكون مرتبطة بنوع البادئ ومحتوى جوامد اللبن الكلية . ونظراً لأن اليوجهورت من أكثر أنواع الألبان المتخمرة شيوعاً في جميع أنحاء العالم ، فإنه سوف يتم استعراض العمليات التكنولوجية الخاصة بهذا النوع من الألبان المتخمرة ، وكذلك التطورات التكنولوجية التي طرأت على هذا المجال في العقد الأخير . وعموماً فإن اتحاد الألبان الدولي International Dairy Federation (IDF) يصدر بصفة دورية نشرات تضم أحدث النواحي التكنولوجية والعلمية للألبان المتخمرة . شكل (٣-١) يوضح المراحل الأساسية في إنتاج اليوجهورت والألبان المتخمرة .



شكل (٣-١) : الخطوات الأساسية لإنتاج اليوجورت والألبان المتخمرة

٢-١- أستلام اللبن

تستخدم معظم مصانع الألبان المتخمرة اللبن السائل liquid milk كمادة أساسية في صناعة الألبان المتخمرة ، الذي يتم تسليمه إلى المصنع في أقساط أو خزانات محمولة على سيارات . يتم اختبار اللبن عند تسليمه (كيمياوياً وميكروبيولوجياً) . قد تصنع الألبان المتخمرة من أى نوع من ألبان الثدييات ، لكن ألبان الأبقار ، الغنم ، الماعز أكثرهم شيوعاً ، وألبان الجاموس والأبل والفرس يستخدم أيضاً بنجاح في بعض الدول . تقدر جودة بروتين اللبن صلاحية الألبان لصناعة اليوجهورت، وتحليل البروتين في اللبن الخام يجب أن يكون تحت السيطرة، وذلك بالتأكد من أن الحالة الميكروبيولوجية للبن جيدة ، وأن درجة حرارة تخزين اللبن تكون منخفضة بدرجة كافية للحد من نشاط البكتريا أو إنزيمات البروتينيز proteinases .

تم توحيد مواصفات اللبن ومنتجاته خلال الاتحاد الأوروبي European Union (EU) منذ ١٥ يونيو ١٩٩٥ . وتتطابق هذه المواصفات أساساً مع المواصفات المتداولة في جميع أنحاء العالم ، حيث ترتبط اختبارات الاستلام بالجودة التركيبية للبن compositional quality ، الحمولة الميكروبية microbial load (العد الكلى للميكروبات) ، عدد الخلايا الجسمية somatic cell count ، عدم وجود أي بقايا من المضادات الحيوية ودرجة حرارة اللبن عند الاستلام.

٢-٢- تعديل محتوى اللبن من الدهن

جميع أنواع اليوجهورت ، سواء الطبيعي natural أو المطعم بالفاكهة fruit ، يكون في معظم الدول منخفض الدهن low-fat ، ومع ذلك فهناك أسواق أيضاً تفضل اليوجهورت كامل الدسم full-fat . في المملكة المتحدة يحتوي اليوجهورت منخفض الدهن أو خال الدسم على حوالى ١,٥ جم وأقل من ٠,٥ جم دهن/١٠٠ جم يوجهورت ، على التوالي ، بينما في اليوجهورت كامل الدسم تتراوح محتوى الدهن من ٣,٥ إلى حوالى ٥ جم/١٠٠ جم يوجهورت . قد يحتوي اليوجهورت المركز (المصفى) strained أو النوع اليونانى Greek-style على حوالى ١٠ جم دهن/١٠٠ جم . يتم تعديل نسبة الدهن في اللبن

standardization في صناعة اليوجهورت. بمرور اللبن خلال فراز يعمل بالطرد المركزي centrifugal separator لفرز اللبن إلى قشدة cream ولبن فرز skimmed milk حيث يتم خلطهما بنسب معينة للحصول على نسبة الدهون المرغوبة ، أو قد يمر اللبن خلال فراز (قياسي) standard مثبت في خط الإنتاج ، حيث يقوم بتعديل نسبة الدهون في اللبن إلى النسبة المرغوبة أتوماتيكياً.

٣-٢- تدعيم اللبن بجوامد اللبن اللادهنية

الهدف الأساسي من تعديل محتوى اللبن من الجوامد اللادهنية (MSNF) milk solids not fat ، هو إنتاج ناتج لزج viscous product ، عن طريق رفع مستوى البروتين . متوسط محتوى اليوجهورت ، (على المستوى التجاري) ، من MSNF حوالي ١٤ % ، منها حوالي ٥ % بروتين وأقل من ١,٥ % دهون . ويتم رفع محتوى اللبن من MSNF بأحدى الطرق الآتية:

- غليان اللبن boiling of milk (لا يستخدم على النطاق التجاري) .
- إضافة منتجات ألبان مخففة dairy powders .
- التركيز بالتبخير تحت التفريغ (EV) evaporation under vacuum .
- التركيز باستخدام الترشيح بالأغشية membrane filtration ، مثل الترشيح الفائق (UF) ultrafiltration أو الأسموزية العكسية reverse osmosis (RO) .

٣-٢-١- منتجات الألبان المجففة

إضافة لبن فرز مخفف (SMP) skimmed milk powder باستخدام خلاط قوى a high sheer mixer من الطرق المستخدم على نطاق واسع لرفع محتوى اللبن من MSNF عند ٤٠ م^٥ . وقد يستخدم أنواع أخرى من اللبن ومنتجاته المجففة في هذا المجال . جدول (٣-١) يوضح الاختلافات في التركيب الكيماوي لهذه المنتجات المجففة . الهدف من التدعيم fortification هو رفع مستوى البروتين في اللبن إلى حوالي ٥ جم/١٠٠ جم. استخدام مركبات الترشيح الفائق المجفف UF retentate powder (لبن كامل ، لبن فرز أو مركبات بروتينات الشرش).

يرفع مستوى البروتين والدهن أو أحدهما فقط ، دون حدوث تغيير في محتوى اللاكتوز . يحتوى الناتج النهائى على لاكتوز أقل عند مقارنته باللبن المدعم بمسحوق لبن كامل ، مسحوق لبن فرز SMP أو مسحوق لبن خض (مخيض مجفف) . يجب أن تكون هذه المنتجات خالية من المضادات الحيوية ، حيث أن جميع بادئات الألبان تكون حساسة لوجود هذه المضادات .

جدول (٣-١) : تركيب اللبن ومنتجاته المجففة المستخدمة في صناعة الألبان المتخمرة (جم/١٠٠ جم) .

المنتج	بروتين	لاكتوز	دهن
• لبن كامل مجفف dry whole milk	٢٦,٣	٣٩,٤	٢٦,٣
- تجارى commercial	٤١,٧	٩,٣	٤١,٧
- مركز UF (retentate)	٣٦,١	٥٢,٩	٠,٦
• لبن فرز مجفف dry skimmed milk	٨٠,٥-٦٢,٨	٢٣,٩-٥,٥	١,٥-٠,٩
- تجارى commercial	١٢,٢	٧٨,٠	١,٣
- مركز UF (retentate)	١٤,٥	٨٠,٥	١,٠
• شرش مجفف dry whey	٧٣,٢-٣٥,٠	٥٥,٠-١٢,٠	٠,٢
- تجارى commercial	٣٤,١	٥١,٠	٥,٠
- متزوع الأملاح demineralized	٨٧,٣	-	٠,٢
- مركز بروتين protein concentrate			
• لبن خض (مخيض) مجفف dry butter milk			
• كازينات صوديوم Na-caseinate			

يجب أن يكون التدعيم بمسحوق بروتين الشرش فى حدود ١-٢ % حتى لا يؤدى إلى ظهور عيوب فى الطعم off-flavors ، الذى يعزى إلى بقايا السستين cysteine فى β -lactoglobulin ، الذى يرفع محتوى السلفدرييل sulphydryl فى اللبن بعد المعاملة الحرارية ويعطى طعم مؤكسد oxidized غير مرغوب . كما أن المعاملة الحرارية العالية تؤدى إلى تجبن مركبات بروتينات الشرش ، الذى يسبب مشاكل ، وفى بعض الحالات يسخن مخلوط اللبن والشرش إلى درجة حرارة لا تزيد عن ٨٠ م° لمدة ٣٠ دقيقة لإنتاج البيوهورت . يمكن الحصول على جل gel (خثرة) أكثر صلابة بعد التخمر بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك المحبة لدرجات

الحرارة المعتدلة mesophilic LAB ، أو المحببة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic LAB عندما يدعم اللبن المستخدم في صناعة اليوجورت بـ ٤٠ % مركبات بروتينات الشرش.

مواصفات اللبن الفرز المجفف (SMP) المستخدم في إعادة تركيب اللبن recombination ، على جانب كبير من الأهمية ، حيث يؤثر على جودة الألبان المتخمرة . ومن أهم مواصفات SMP في هذا المجال : (١) معامل نتروجين بروتين الشرش whey protein nitrogen index : ٤,٥-٥,٩ ، (٢) رقم السستين thiol number : ٧,٥ - ٩,٤ ، (٣) رقم الثيول cystein number : ٣٨-٤٨ ، (٤) رقم الحرارة heat number : ٨٠-٨٣ . تقسم الألبان المحففة طبقاً لهذه المواصفات . يفضل استخدام لبن مجفف متوسط الحرارة medium heat في إنتاج الألبان المتخمرة . من المواد الجافة الأخرى التي قد تضاف في مرحلة إعادة التركيب recombination ، السكر والمثبتات stabilizers . تخضع هذه المواد المضافة لمواصفات خاصة بها يجب أن تؤخذ في الاعتبار.

٢-٣-٢- تركيز اللبن

يتم تركيز اللبن بواسطة التركيز بالتبخير تحت تفريغ (EV) ، الأسموزية العكسية (RO) أو الترشيح الفائق (UF) . في بعض الدول ، مثل الدنمارك ، لا يسمح بإضافة الألبان المحففة ، ويركز اللبن المستخدم في الصناعة تحت تفريغ (EV) أو باستخدام تكنولوجيا الأغشية (RO أو UF) . يتم التخلص من الماء جزئياً من اللبن بطريقة EV أو RO ، حيث يركز اللبن إلى ١٤-١٥ جم/١٠٠ جم جوامد كلية (TS) ، وفي طريقة UF يصل التركيز إلى ١٢ جم/١٠٠ جم للمحافظة على مستوى البروتين عند ٥ جم/١٠٠ جم . أجهزة EV تكون جزء من خط إنتاج اللبن المتخمر ، بينما أجهزة UF, RO تكون منفصلة عن خط الإنتاج .

بصرف النظر عن الطريقة المستخدمة في تركيز اللبن ، فإن الزيادة في الجوامد الكلية TS يكون لها تأثير ضار ضعيف على نشاط بكتريا البادئات ، حيث أن زيادة TS تزيد من القوة التنظيمية buffer capacity للبن ، وقد يشجع نمو بعض الميكروبات مثل *Str.thermophilus* , *Lb.acidophilus* . صناعة اللبن

من لبن UF (تركيز ٣-٥ أضعاف) قد يؤثر على نشاط البادئ نتيجة لأرتفاع القدرة التنظيمية لمركز UF (retentate) . تتضمن الاحتياجات التي يجب اتباعها :
(١) استخدام بادئ نشط ، (٢) زيادة معدل التلقيح inoculation rate و (٣) إضافة عناصر غذائية nutrients إلى مركز UF (retentate) .

٢-٤- إزالة الهواء

يفضل عادة ترشيح filtration الألبان المعاد تركيبها recombined milk لإزالة الجزيئات غير الذائبة والجزيئات المحترقة scorched من اللبن ، ويمكن أن يتم ذلك باستخدام : (١) مرشح مثبت داخل خطوط الأنابيب الصلب غير قابل للصدأ ، وهذه الطريقة مناسبة لخطوط الإنتاج الصغيرة ، أو (٢) منقيات تعمل بالطرد المركزي centrifugal clarifiers ، تستخدم في حالة كميات الألبان الكبيرة . يتم التخلص من الجزيئات غير الذائبة من اللبن لتقليل الأضرار التي قد تصيب صمامات الجنس ، وتقليل ترسيب جوامد اللبن على ألواح المبادل الحرارى plate heat-exchanger .

كما يفضل إجراء عملية إزالة الهواء de-eration من اللبن المستخدم في الصناعة ، وذلك للتخلص من الهواء الذي يدخل إلى اللبن أثناء مرحلة إعادة التركيب recombination ، وذلك لتهيئة ظروف نمو مناسبة لبكتريا البادئات (أى *Bifidobacterium spp.*, *Lb.acidophilus*) ولتقليل تلوث المبادل الحرارى ، والحد من انفصال الشرس نتيجة وجود غازات منتشرة في اللبن.

٢-٥- التجنيس

تتم عملية التجنيس homogenization بدفع اللبن عند ٦٠-٧٠°م تحت ضغط مرتفع (١٥-١٨ MPa) خلال فتحة ضيقة orifice ، حيث يتم تفتيت حبيبات الدهن إلى حبيبات أصغر ، (متوسط قطر هذه الحبيبات أقل من ٢ مللميكرون μm) . هذه الحبيبات الصغيرة تكون أقل قدرة على الالتصاق وتكوين مجاميع أكبر والصعود إلى سطح اللبن لتكوين طبقة قشدة.

ارتفاع الضغط المستخدم في عملية التجنيس يزيد من اللزوجة ، لكن يزيد أيضاً من القابلية لأنفصال الشرش . لذلك فإنه من الضروري تحديد الضغط المثلى لكل نوع من البوجهورت المراد إنتاجه ، الضغط المستخدم عادة يكون ١٥-٢٠ MPa عند ٦٥° م . التجنيس لمرحلة واحدة أكثر شيوعاً ، لكن قد يستخدم تجنيس لمرحلة ثانية عند ضغط ٤ MPa . تجنيس اللبن قد تكون عملية اختيارية optional في صناعة بعض أنواع من الألبان المتخمرة ، مثل الفيلى Viili أو البوجهورت كامل الدسم ، نتيجة لذلك تتكون طبقة القشدة على سطح اللبن أثناء عملية التخمير ، التي تعطي لهذه المنتجات الصفات الطبيعية المميزة لهذه الأنواع ، عند التبريد .

قبل إجراء أى عملية تصنيع لأى نوع من ألبان الثدييات كاملة الدسم ، فإنه يحدث تفاعلات interactions بين مكونات اللبن الرئيسية ، مثل البروتينات (caseins, α -lactalbumin (α -La), β -lactoglobulin (β -Lg)) ، الدهن واللاكتوز . يوجد الدهن في اللبن الخام في صورة حبيبات مغلقة بغشاء من البروتين ، الليبيدات والفوسفوليبيدات . المعاملة الحرارية والتجنيس قد تسبب تغيرات كيميائية وطبيعية في حبيبات دهن اللبن . ترجع التغيرات الكيميائية إلى محتوى الأحماض الدهنية ، ومع ذلك ، فإن تأثير التجنيس والتسخين يؤدي إلى تفاعلات معقدة بين مكونات اللبن . وقد أشارت بعض الدراسات إلى تأثير هذه التغيرات الطبيعية على جودة كثير من منتجات الألبان . التغيرات التي تعزى إلى التجنيس عند درجة حرارة حوالى ٧٠° م أو أقل قبل المعاملة الحرارية قد تشمل:

- زيادة مساحة سطح الدهن ، وانخفاض حجم حبيبات الدهن مع اختلاف تركيب غشاء حبيبات الدهن.
- أدمصاص adsorption المواد النشطة سطحياً (أساساً البروتينات) يحدث ، جزئياً على سطح الدهن.
- التأثير العنيف للتجنيس turbulent يشجع أساساً على أدمصاص جسيمات الكازين بدرجة أكبر من بروتينات السيرم (حوالى ٥%) بحيث يغطي حوالى ٢٥% من مساحة سطح حبيبات الدهن .

- عند إعادة تركيب اللبن recombination (حيث يتم تجنيس دهن اللبن في اللبن الفرز) ، يتكون غشاء حبيبات الدهن الناتجة أساساً من بروتينات السيرم فقط .
- سلوك حبيبات الدهن المجنس (في اللبن المجنس) مماثل لسلوك جسيمات الكازين الكبيرة (نظراً لأن غشاء حبيبات الدهن يتكون أساساً من الكازينات) الذي يزيد من تركيز الكازين الحقيقي ، وبالتالي تترسب في تفاعلات الكازينات مثل الترسيب الحامضي .
- زيادة أعداد حبيبات الدهن الصغيرة تحسن من قدرة اللبن على انعكاس الضوء ، ونتيجة لذلك فإن اللبن المجنس المتخمر يبدو أكثر بياضاً whiter .
- تقل فرصة انفصال الشرش syneresis (أى انفصال شرش حر على سطح اللبن المتخمر المتماسك القوام "الجامد" set) وتزداد صلابة firmness الناتج النهائي .

وعموماً ، فإن تجنيس اللبن يؤثر على صفات الخثرة في اليوجهورت . إدمصاص حبيبات الدهن الصغيرة على جسيمات الكازين تزيد من اللزوجة والحجم الكلي الحقيقي للمواد العالقة ، كما ينخفض انفصال الشرش نتيجة لزيادة قدرة جسيمات الكازين على تشرب الماء نتيجة لتفاعلات بين البروتين والكازين وغشاء حبيبات الدهن . كما أن هناك أيضاً تأثير إضافي يرجع إلى دنسرة denaturation بعض البروتينات .

٢-٦- المعاملة الحرارية

تسخين اللبن من المعاملات التصنيعية الشائعة في صناعة منتجات الألبان المتخمرة وتتراوح درجات الحرارة المستخدمة من حوالي 50°C (عملية تسخين thermization) إلى 150°C في المعاملات الحرارية فائقة الأرتفاع (UHT) ultra-high temperature . تختلف المعاملة الحرارية للبن المستخدم في صناعة الألبان المتخمرة من حيث درجة الحرارة ومدة المعاملة. ومن أمثلة هذه المعاملات: (١) $80-85^{\circ}\text{C}/30$ دقيقة ، (٢) $90-95^{\circ}\text{C}/5$ دقائق و (٣) $110^{\circ}\text{C}/3$ ثوان. وقد لوحظ أن هذه درجات الحرارة المستخدمة (أى $80-110^{\circ}\text{C}$) تعادل المعاملة

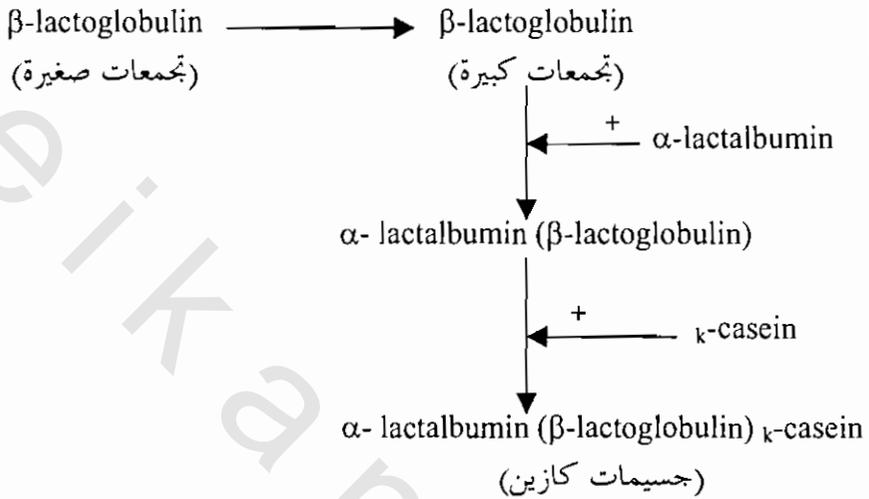
الحرارية الابتدائية preheat treatment للألبان في صناعة اللبن المبخر evaporated milk والمساحيق ثابتة الحرارة heat-stable powder .

يتعرض اللبن المستخدم في صناعة اليوجهورت لمعاملات حرارية ثابتة تقريباً. كانت المعاملة الحرارية ٨٠-٨٥°م/٣٠ دقيقة مفضلة لعدة سنوات ، لكن عملياً تختلف المعاملة الحرارية بدرجة كبيرة من البسترة لدرجة حرارة مرتفعة ولفترة قصيرة HTST تقريباً إلى معاملة حرارية فائقة الارتفاع UHT . تعتبر المعاملة الحرارية هامة في زيادة لزوجة اليوجهورت وتحسين التركيب البنائى texture . الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق اللبن milkborne pathogens مثل *Campylobacter, Salmonella* يتم القضاء عليها . كما تنخفض أعداد البكتريا غير المرغوبة والمتبقية التي قد تتداخل في البداية مع نمو بكتريا البادئ . قد تستخدم UHT عندما يحتوى اللبن على أعداد كبيرة من البكتريا المتجرئة ، خاصة إذا كان البادئ يتكون من بكتريا بطيئة النمو مثل *Bifidobacterium* . كما أن المعاملة الحرارية تنشط أيضاً من نمو بكتريا البادئ وذلك بخفض محتوى الأوكسجين، وطبقاً للمعاملة الحرارية قد يحدث تنشيط أو تثبيط لنمو بكتريا البادئ.

قد يتم تسخين اللبن على دفعات أو بطريقة مستمرة . تستخدم درجة حرارة ٨٥°م لمدة ٣٠ دقيقة في التسخين على دفعات ، حيث يتم تصنيع اليوجهورت السائل stirred ، قد يسخن اللبن ، يبرد ويخمر في نفس الخزان (خزان متعدد الأغراض multipurpose processing tank) . ينتج هذا النظام يوجهورت مرتفع الجودة ، لكن تكون دورة الإنتاج طويلة ذات إنتاجية منخفضة وغير اقتصادية (مرتفعة التكاليف) من حيث مساحة المباني المطلوبة وتكاليف الطاقة . تفضل المعاملة الحرارية المستمرة عند ٩٠-٩٥°م لمدة ٥-١٠ دقيقة سواء باستخدام مبادل حرارى أنبوبي أو ذات ألواح.

تسخين اللبن أو مخلوط اليوجهورت له دور تكنولوجى هام في تعديل صفات البروتين والمساهمة في ثبات الخثرة . كما يتم أيضاً إعادة توزيع الكالسيوم، المغنسيوم والفوسفور بين الصورة الذائبة والصورة الغروية التي تميل إلى خفض مدة التجبن.

التأثير الرئيسي المباشر للتسخين على البروتينات هو دنسرة denaturation (تغيير في طبيعة البروتين) بروتينات الشرش والتفاعل مع κ -casein . كان يعتقد لعدة سنوات مضت أن التفاعل يتضمن فقط β -lactoglobulin ، لكن من المعروف حالياً أن α -lactalbumin يشترك أيضاً في التفاعل (شكل ٣-٢) .



شكل (٣-٢) : التفاعلات بين الكازين وبروتينات الشرش أثناء تسخين اللبن

تحدث دنسرة لبروتينات الشرش (الألبومينات والجلوبيولينات) مع حدوث تجمع لجسيمات الكازين على شكل شبكة ثلاثية الأبعاد ، وتحجز هذه الشبكة خلالها بروتينات الشرش وتصبح خثرة اليوجهورت بعد ذلك أكثر لزوجة . يتوقف الارتباط بين بروتينات الشرش والكازين بدرجة كبيرة على كل من pH ومستوى Ca^{2+} وأن الأختلافات الطبيعية قد تؤدي إلى جسيمات كازين مختلفة . يؤدي التسخين أيضاً إلى زيادة في قدرة البروتينات على الارتباط بالماء التي تقلل من انفصال الشرش ويزيد من صلابة الخثرة . يحدث ذلك نتيجة ارتباط بين β -lactoglobulin, κ -casein الذي يؤدي إلى تكوين سطح جديد مع عدد قليل من مجاميع غير محبة للماء مكشوفة . درجة التثرب القصوى يمكن الحصول عليها بتسخين اللبن عند $85^{\circ}C$ لمدة ٣٠ دقيقة . زيادة شدة المعاملة الحرارية تزيد من

القدرة على كراهية الماء (عدم الارتباط بالماء) ويؤدي إلى انفصال الشرش وإنتاج يوجهورت منخفض الجودة .

عند درجات الحرارة أعلى من 70°C ، فإن التغيرات الطبيعية والكيميائية التي قد تحدث في اللبن ، تكون معقدة ومتعددة الوظائف multifunctional . في كثير من مصانع الألبان ، يختلف تركيب اللبن المعد لصناعة الألبان المتخمرة وتحدد ظروف عمليات التصنيع طبقاً للإمكانيات المتوفرة في المصنع . يمكن تلخيص تأثير المعاملات التصنيعية المختلفة فيما يلي :

٢-٦-١- الميكروبات والإنزيمات الطبيعية في اللبن

المعاملة الحرارية للبن المستخدم في صناعة الألبان المتخمرة عادة تكون كافية للقضاء على معظم ، بل جميع الخلايا الخضرية للميكروبات الموجودة في اللبن الخام، ولكن تبقى الميكروبات المكونة للجراثيم spore-formers في اللبن حيث تقاوم هذه المعاملات الحرارية . يتم القضاء تماماً على الميكروبات المرضية غير المتجرثة عند $85-95^{\circ}\text{C}$. تنخفض الحمولة الميكروبية نتيجة المعاملة الحرارية ، مما يؤكد أن اللبن المعامل حرارياً يمثل بيئة نمو جيدة لبكتريا البادئات حيث يكون التنافس أقل .

يوجد أكثر من ٦٠ إنزيماً في اللبن الخام . بعض هذه الإنزيمات غير مقاومة للحرارة ، بينما البعض الآخر يستطيع أن يقاوم المعاملات الحرارية العالية للبن . وقد استخدم نشاط إنزيمات اللبن كدلائل مفيدة للأمراض diseases أو التغيرات الفسيولوجية في ضرع الحيوانات الثديية ، كفاءة المعاملات التصنيعية المستخدمة للبن والعوامل التي تؤثر على طعم وجود منتجات الألبان . وجود هذه الإنزيمات في اللبن لا ينشأ عنها مشاكل هامة في صناعة الألبان المتخمرة ، بالرغم من أن بعض هذه الإنزيمات قد تكون موجودة في الألبان المتخمرة الناتجة.

٢-٦-٢- تسخين اللبن المجنس

الكازينات مقاومة للحرارة ، بينما بروتينات الشرش ($\beta\text{-Lg}$ & $\alpha\text{-La}$) يحدث لها تغيير في طبيعتها (دنترة denaturation) عند درجات الحرارة المستخدمة في معاملات اللبن المستخدم في صناعة الألبان المتخمرة . يتفاعل $\beta\text{-Lg}$

مع مكونات اللبن الأخرى عندما يحدث لها دنثرة ، بينما α -La يتعرض لتفاعلات نتيجة المعاملات الحرارية فقط بعد المعاملات الحرارية الشديدة . من التفاعلات التي يمكن أن تحدث :

□ ارتباط ذاتي self-association لجزيئات β -Lg التي حدثت لها دنثرة ، لتكون تجمعات أكبر.

□ ارتباط بين β -Lg, κ -casein, المتضمن تفاعلات بمجاميع SH- المكشوفة غير المحبة للماء ، نتيجة لتسخين اللبن.

□ تفاعلات بين بروتينات الشرش وبروتينات غشاء حبيبات الدهن.

□ تفاعلات κ -casein وبروتينات غشاء حبيبات الدهن ، كنتيجة لأدمصاص κ -casein على سطح حبيبات الدهن ، وقد ينشأ أيضاً عن ذلك فقد triacylglycerols وتغيير في محتوى الليبيدات نتيجة تسخين اللبن عند 80°C لمدة ٢٠ دقيقة.

□ تفاعل بين β -Lg مع سطح حبيبات دهن اللبن المخمس قد يزيح جسيمات الكازينات المدمصة .

□ ارتباط فوسفات الكالسيوم الغروية مع أيونات أخرى بواسطة الكازينات، بالرغم من هذا التغير في المكونات الأيونية ionic constituents لا تكون حرجة critical في تكوين الجل (الخبثرة) الحامضية ، ولكن قد يؤخر من التجبن الإنزيمي للبن أثناء صناعة الجبن .

□ تجمع جسيمات الكازين في جزيئات أكبر وكذلك أنقسام dissociation جسيمات الكازين مكوناً كازينات ذائبة عند 100°C أو أعلى ،

التفاعلات بين البروتين والدهن في اللبن المعاد تركيبه recombined milk تتوقف على عوامل كثيرة مثل : (١) حبيبات دهن اللبن الأكبر حجماً تقلل من حمولة البروتين الذي يتكون أساساً من بروتينات الشرش ، (٢) زيادة محتوى البروتين في اللبن الفرز تزيد حمولة البروتين حتى تصل إلى الحد الأقصى ، حوالي ٦ ملليجرام/م^٣ من سطح الدهن ، (٣) تغيير نسبة بروتين الشرش إلى الكازين في اللبن الفرز يقلل بدرجة بسيطة من حمولة البروتين المدمص ، ولكن يؤثر بدرجة

كبيرة في تركيبه ، (٤) تفتت جسيمات الكازين بعد إزالة فوسفات الكالسيوم الغروية قبل إعادة تركيب اللبن يؤدي إلى انخفاض في حمولة البروتين على سطح حبيبات الدهن ويغير من تركيب البروتين المدمص و (٥) بزيادة SNF من ١٠ إلى ٢٠ % جوامد كلية TS في اللبن الفرز المعاد تركيبه عند pH ٦,٥ إلى ٧,١ قبل التسخين ، فإن درجة انقسام κ -casein تزيد ، ويحدث تأثير مماثل عند تسخين اللبن عند ١٢٠°م لمدة ٢-١١ دقيقة عند pH ٦,٥ فقط .

يحتوى لبن الغنم على كمية أكبر من بروتينات الشرش مقارنة باللبن البقرى، (محتوى لبن الغنم من الجلوبيولينات المناعية immunoglobulin والبيتا لاكتوجلوبولين β -Lg ٠,٢٢ ، ٠,٦٦ ، ١٠٠ جم / ١٠٠ جم ، على التوالي) . عند التسخين ، تختلف مقاومة بروتينات الشرش لحدوث الدنترة ويمكن ترتيب هذه المقاومة على النحو التالي:

. $\text{immunglobulin} > \text{serum albumin} / \text{lactoferrin} > \beta\text{-Lg} > \alpha\text{-La}$
التسخين عند ٩٠°م ، يكون ترتيب الألبان من حيث سهولة حدوث دننترة بروتينات الشرش على النحو التالي : الغنم ، الماعز ثم البقر .

٢-٦-٣- تغيرات متنوعة

تسخين اللبن المعاد تركيبه عند درجات حرارة مختلفة يمكن أن ينشط أو يثبط نشاط البادئ نتيجة لأنفراد نيتروجين بروتين السيرم التي حدث له دننترة denaturation (١٥, ٠, ٢-٠, ٢ مليمج/مل) أو سستئين cysteine (١٠-٢٠ ميكروجرام/مل) وبعض المكونات الأخرى مثل الفورميك . دورة التنشيط و/أو التنشيط stimulation and/or inhibition تكون على النحو التالي:

- تنشيط : بين ٦٢°م/٣٠ دقيقة و ٧٢°م/٤٠ دقيقة .
- تثبيط : بين ٧٢°م/٤٥ دقيقة ، ٨٢°م/١٠-١٢٠ دقيقة و ٩٠°م/٤٥-١ دقيقة .
- تنشيط : بين ٩٠°م/٦٠-١٨٠ دقيقة و ١٢٠°م/١٥-٣٠ دقيقة .
- تثبيط : عند ١٢٠°م لمدة أكثر من ٣٠ دقيقة .

وقد أوصت هذه الدراسة إلى استخدام ألبان مجففة مرتفعة الحرارة -high heated powder ومع ذلك فإنه لا يمكن تطبيق هذه الملاحظات في الوقت الحالي نظراً للتطورات التي طرأت على تكنولوجيا صناعة الألبان المجففة واختيار سلالات البادئ.

تسخين اللبن قد يقلل من كمية الأكسجين الموجودة ويخفض جهد الأكسدة والاختزال $O/R (E_h)$ ، الذي يشجع من نمو البادئ . بالإضافة إلى ذلك، فإن تحسين نعومة smoothness الخثرة وتقليل انفصال الشرش syneresis تكون نتيجة مرغوبة وهامة لتسخين اللبن عند درجة حرارة أقل من $100^{\circ}C$. كما أن التسخين الابتدائي preheating للبن المستخدم في الصناعة قد يؤدي إلى تلف بعض الفيتامينات غير المقاومة للحرارة ، ولكن قد يحسن من القابلية للهضم digestibility في الأمعاء لبعض الأفراد عند مقارنته باللبن غير المسخن. التغيرات التي تحدث في مكونات اللبن نتيجة المعاملات الحرارية قد تسبب تلفاً لأسطح معدات أو أجهزة التصنيع ، وقد يؤثر هذا بدوره على وقت تشغيل المبادل الحرارى قبل أن تتم عملية التنظيف . تلعب $\beta-Lg$ ، الذي حدث له دنتره، دوراً رئيسياً في أدمصاص مكونات اللبن على أسطح التسخين . وقت تشغيل operational time مبادل حرارى في معاملة لبن سائل طازج يكون أطول عند مقارنته بتسخين الألبان المعاد تركيبها .

٢-٧- إضافة مكونات أخرى

بالرغم من أن كثير من المستهلكين يفضلون اليوجهورت بدون إضافات additives ، إلا أنه قد يضاف المثبتات stabilizers إلى اليوجهورت السائل (stirred) لتحسين اللزوجة والقوام وخفض القابلية لطرد الشرش syneresis . كما أن المثبتات تحسن الشعور الفمى mouthfeel ويسمح بانخفاض الطاقة الحرارية (الستعرات الحرارية calories) والمحافظة على الجودة الحسية organoleptic quality . المثبتات عبارة عن غرويات محبة للماء hydrocolloids وتشمل الجيلاتين والكاربوهيدريت مثل النشا pregelatinized starch ، الآجار agar ، صمغ الجوار guar gum ، البكتين pectin والكاراجينان carragennan .

قد يستخدم الجيلاتين والنشا بتركيزات تصل إلى ١ % ، لكن تركيزات المثبتات الأخرى يجب ألا تزيد عن ٠,٣ إلى ٠,٥ % ، حتى لا يتأثر طعم الناتج . وقد زاد استخدام الغرويات المحبة للماء في السنوات الأخيرة وذلك لتقليل إضافة جوامد اللبن للحد من ارتفاع التكاليف . الاختيار الدقيق للمثبتات يسمح أيضاً بإنتاج نطاق واسع من المنتجات من خلطة أساسية واحدة.

المواد المحلاة (المحليات sweeteners) ، المواد الملونة coloring والمواد المكسبة للطعم flavoring عادة تضاف بعد البسترة لتجنب التحلل الحراري thermal degradation لهذه المواد . قد تتم الإضافات قبل أو بعد عملية التخمير . يتم تحلية اليوجهورت أصلاً بإضافة السكروز . وقد أقرح عدد من المحليات البديلة التي تشمل شراب الذرة المرتفع الفركتوز high fructose corn syrup ، السكرين saccharin ، جلوسيتول glucitol (سوربيتول sorbitol) والأسبارتيم aspartame . يستخدم سكر القصب الخام (السكروز الخام) وعسل النحل لما لهما من فوائد صحية . كما يستخدم مركبات الفاكهة fruit concentrates ، حيث يستخدم مركبات التفاح والكمثرى على نطاق واسع في أوروبا ، ومركبات فاكهة المناطق الحارة tropical fruit concentrates في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد وجد أن المستهلك يفضل الجلوسيتول والأسبارتيم ، ولكن يعتبر السكرين غير مرغوب فيه نتيجة المرارة bitterness التي يسببها . استخدام شراب الذرة المرتفع الفركتوز يؤدي إلى خفض اللزوجة مقارنة بالجلوسيتول والأسبارتيم، وخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يكون متوفراً بأسعار اقتصادية.

بعض بكتريا حامض اللاكتيك ، مثل *Lb.acidophilus* ، بالرغم مما لها صفات علاجية ، إلا إنها لا تنتج أسيتالدهيد الذي يعطى صفات الطعم الزبدى buttery لليوجهورت العادي ، وفي هذه الحالة يكون طعم الناتج ناقصاً . ولتحسين الطعم ، غالباً ما يخلط عصائر الفاكهة بالألبان المتخمرة بنسب مختلفة . تستخدم فواكه المناطق المعتدلة مثل الفراولة ، التفاح ، الكمثرى ، البرتقال ، العنب ، وكذلك فواكه المناطق الحارة ، مثل المانجو والأناناس . يعبأ الناتج النهائي في زجاجات شفافة (غير معتمة) حتى يظهر اللون المميز لنوع عصير الفاكهة المضاف .

وقد لوحظ أن عدد الميكروبات الحية من *Lb. acidophilus* في اللبن المتخمّر المحتوى على عصير فراولة يتلف بدرجة أسرع من اللبن المتخمّر المحتوى على عصائر الفاكهة الأخرى . إضافة كمية قليلة من عصير الفراولة تصل إلى ٣ % (حجم/حجم) تؤدي إلى انخفاض في أعداد الميكروبات بما يقدر بدورتين لوغاريتمين في خلال ٥ أيام ، بينما الميكروبات في الألبان المتخمرة غير المحتوية أو المحتوية على أنواع أخرى من العصائر ، بنسب تصل إلى ١٠ % (حجم/حجم) ، تبقى حية لفترة أطول (جدول ٣-٢) . يحدث الانخفاض في أعداد *Lb. acidophilus* في لبن الفراولة فقط عندما يتعرض الناتج للضوء الطبيعي day light . عندما يعبأ الناتج في رقائق الألومنيوم ، فإنه لا يحدث انخفاض سريع في أعداد الخلايا الحية للميكروب . لذلك يعتقد أن التفاعلات الضوئية الكيماوية photochemical في لبن الفراولة يؤدي إلى تكوين مواد التي تبدو أنها سامة لخلايا البكتريا .

جدول (١١-٢) : تأثير عصائر الفاكهة على الوقت اللازم لأعداد الخلايا الحية لميكروب *Lb. acidophilus* للانخفاض ٢ دورة لوغاريتمية في لبن متخمّر (١٠% جوامد كلية) .

لبن متخمّر	pH الناتج	درجة حرارة التخزين (م°)	عدد الخلايا الحية الأولية/مل	الوقت اللازم للانخفاض (يوم)
لبن لا يحتوي على عصير فاكهة	٣,٨	٥	١٠ × ١	١٥
لبن + ٣ % عصير فراولة	٣,٨	٥	١٠ × ١	٥
لبن + ٣-١٠ % عصير برتقال	٣,٨	٥	١٠ × ٨	١٥
لبن + ٣-١٠ % عصير عنب	٣,٨	٥	١٠ × ١	١٥
لبن + ٣-١٠ % عصير تفاح	٣,٨	٥	١٠ × ٩	١٥
لبن + ٣-١٠ % عصير مانجو	٣,٨	٥	١٠ × ١	١٥
لبن + ٣-١٠ % عصير أناناس	٣,٨	٥	١٠ × ٩	١٥

تجهز الفاكهة ، والمكسرات (بدرجة أقل) ، في صورة بورية معامل حرارياً heat-treated purees في علب (cans) كبيرة أو في عبوات كبيرة الحجم bulk للاتصال المباشر بخط إنتاج اليوجهورت . كان بورية الفاكهة المستخدم أصلاً يشبه المرابي ، لكن يفضل حالياً البورية الأخف الذي يبلغ تركيزه ٣٠-٥٠ درجة بر كس brix ، ويتم الحصول على القوام المرغوب من خلال استخدام المثبتات . يجب التأكد بكل دقة أن المثبتات المستخدمة لا تؤثر على الطعم (أنفراد الطعم flavor-release) . تجرى عمليات الإضافة في اليوجهورت السائل (المقلب) بعد التخمير ، لكن في اليوجهورت المتناسك القوام (الجامد set-type) توضع طبقة من الفاكهة في جل لرج viscous في العبوة قبل تعبئتها باللبن الملقح inoculated milk . ما زال ثاني أكسيد الكبريت sulphur dioxide يستخدم كمادة حافظة في الفاكهة ، وأحياناً يسبب طعماً غير مرغوباً في يوجهورت الفاكهة fruit yoghurts .

عادة تضاف المثبتات قبل عملية التحنيس والمعاملة الحرارية ، حيث يؤدي ذلك إلى القضاء على الميكروبات المرضية غير المتجرثمّة والميكروبات المسببة للفساد . ومع ذلك ، قد تضاف المثبتات بعد البسترة ، مع مادة حاملة carrier مثل المواد المكسبة للطعم أو الملونات .

انخفاض النشاط المائي (a_w) الناتج من إضافة المواد المحلاة (المحليات) قبل عملية التخمير ، قد يؤثر على نمو ميكروبات البادئ . عموماً فإن a_w الأكثر انخفاضاً يشجع نمو *Str.thermophilus* أكثر من *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، وقد يؤدي إلى مشاكل في الجودة ناتجة عن النمو غير المتوازن unbalanced growth بين الميكروبين . تختلف الاستجابة للمحليات المختلفة ، حيث يتم تثبيط كل من الميكروبين بواسطة الجلوسيتول عند تركيزات تتجاوز ٧ % ، بينما الفركتوز يشجع من نمو *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* أكثر من *Str.thermophilus* .

٢-٨- إضافة البادئ

يتم تبريد اللبن بعد المعاملة الحرارية إلى درجة حرارة التحضين طبقاً لنوع البادئ المستخدم . في اليوجهورت ، تتضمن عملية التخمير عادة نمو مشترك من

Str. thermophilus و *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus* ، بالرغم من أن *Lb. delbrueckii ssp.* يستخدم أحياناً بدلاً من *Lb. helveticus ssp. jugurti bulgaricus* .

العلاقة بين ميكروبات البادئ تكون تعاونية synergistic ، يزيد نشاط *Str. thermophilus* بواسطة الأحماض الأمينية والبيتيدات الناتجة من الكازين بواسطة Lactobacilli التي بدورها تنشط بواسطة حامض الفورميك الناتج بواسطة Streptococci . يستخدم حالياً على النطاق الكبير من الإنتاج بادئات معرّفة السلالة (وحيدة أو متعددة السلالة) single or multiple strain defined cultures بدلاً من بادئات السلالات المختلطة التقليدية traditional mixed strain cultures . المشاكل الناجمة عن نشاط البكتريوفاج bacteriophage تكون نادرة نسبياً ، بالرغم من أن السلالات (mutants) المقاومة للفاج تستخدم في أستراليا . يستخدم معظم الإنتاج الحديث على نطاق واسع طريقة التخمير السريع short-set method ، حيث يضاف البادئ بمعدل ٢ % (حجم/حجم) مما يساعد على إتمام عملية التخمير في خلال ٤ ساعات عند درجة حرارة تحضين ٤٠-٤٢ م° ، عند هذه المرحلة تصل الحموضة إلى ٠,٩ - ٠,٩٥ % . ملزالت كميات صغيرة من اليوجهورت تصنع باستخدام طريقة التخمير البطيء long-set process ، حيث يضاف البادئ بمعدل ٠,٥ % (حجم/حجم) وتتم عملية التخمير في خلال ١٤-١٦ ساعة عند ٣٠ م° . يفضل استخدام الطريقة البطيئة عند استخدام مزارع البادئ السائلة .

يستخدم التلقيح المباشر في الحوض Direct-Vat-Inoculation (DVI) على نطاق واسع في الإنتاج الكبير ، خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يتم التحضين عند ٤٢ م° لفترة تصل إلى ٥ ساعات. يمكن الحصول على مزارع البادئات في صورة معلقات مجمدة فائقة التركيز super-concentrated frozen suspension أو في صورة مجمدة . تكون المزارع المجمدة أكثر سهولة في الاستخدام وتتفوق تكنولوجياً نتيجة القدرة على الخلط الجاف للميكروبين المكونين للبادئ ليعطى سيطرة دقيقة للغاية للصفات النهائية لليوجهورت.

يتم تخمير اليوجهورت المتماسك القوام (set-type) في عبوات الاستهلاك النهائية (عبوات التسويق retail containers) ، والتحضين سواء على نظام الدفعات batch في حمامات مائية أو غرفة معدلة الحرارة ، أو بطريقة مستمرة ، خلال المرور في نفق ساخن heated tunnel حيث تمرر الحاويات المحملة بعبوات اليوجهورت خلال النفق على سير ناقل ، يتم التحكم في سرعة السير الناقل وطوله طبقاً لدرجة حرارة التحضين ونسبة البادئ المستخدم ونشاطه . يتم تخمير اليوجهورت السائل (المقلب) في خزانات متعددة الأغراض multipurpose tanks أو في أوعية تخمر خاصة . تستخدم مقلبات على سرعة بطيئة إلى متوسطة لمدة لا تزيد عن ٥-١٠ دقائق ، حيث أن ذلك يؤدي إلى إنتاج القوام والتركيب المرغوبين ، وكذلك يبطئ من عملية التخمر ، ويقلل من مخاطرة الحموضة الزائدة . يتوقف القوام النهائي لليوجهورت على العمليات التصنيعية ، لكن دور ميكروبات البادئ في إنتاج القوام اللزج الناعم المرغوب من خلال إنتاج المواد اللزجة slime ، يجب أن تؤخذ في الاعتبار وكذلك دور المواد اللزجة slime في تقليل الحاجة إلى مثبتات ، في احتجاز الطعم flavor retention ، وفي إنتاج مظهر لامع (مصقول) glossy appearance . الأمر يتطلب مراقبة دقيقة لتجنب التركيب الخيطي (اللزج) ropy texture . تتكون الطبقة اللزجة slime عادة من سكريات عديدة polysaccharides تفرز خارج الخلايا محتوية على سكر أميني amino sugar ، الكمية الناتجة والتركيب البنائي يختلف من سلالة إلى أخرى .

يختلف اليوجهورت العلاجي عن الأنواع التقليدية في سيكروبات البادئ المستخدم ، بينما تتشابه في النواحي الأخرى من تكنولوجيا الإنتاج . تستخدم *Lb.acidophilus* ، *Bif.bifidum* ، أو *Bif.longum* ، وأقل شيوعاً *Lb.casei* ومتوفرة كمزارع تجارية في صورة توليفات مختلفة . يتم تخمير اليوجهورت العلاجي باستخدام مزارع بادئات علاجية بمفردها أو مع بكتريا بادئ عادي . إنتاج حامض بواسطة بادئات علاجية يكون بطيئاً في غياب بكتريا البادئ العادي ، ويجب اتخاذ احتياطات صارمة ضد التلوث والنمو الزائد للميكروبات غير المرغوبة ، كما يمكن تحسين النشاط العلاجي بوجود مزارع البادئ العادي .

من الضروري أن تكون بكتريا البادئات المستخدمة في اليوجهورت العلاجي قادرة على مقاومة الظروف البيئية في القناة الهضمية للإنسان والوصول إلى الأمعاء ، حيث يبقى نشطاً في وجود الصفراء bile ولها القدرة على إستيطان الأمعاء . الحد الأدنى من الخلايا الحية 10^7 /مل (أقل جرعة علاجية therapeutic minimum) يعتبر ضروري للنشاط العلاجي ، لكن الأعداد الأكثر واقعية تكون حوالي $10^8 \times 8$ خلية /مل . ميكروبات كل من *Bifidobacterium* ، *Lb.acidophilus* تكون غير مقاومة للحموضة ، ولضمان وجود أقل جرعة علاجية في الناتج النهائي ، فإنه من الضروري أن يستخدم معدل تلقيح ١٠-٢٠% أو المحافظة على قيم pH النهائي أعلى من ٦,٤ سواء بواسطة تنظيم buffering القدرة التنظيمية لليوجهورت أو انتهاء عملية التحضين عند pH ٩,٤-٥,٠ .

وعموماً، يختلف معدل التلقيح بالبادئ من ٢-٣% في اليوجهورت ، ١٠% في الألبان المتخمرة العلاجية إلى ٣٠% في الكوميس.

٩-٢- تكوين الخثرة

خثرة اليوجهورت أساساً من النوع الحامضي (خثرة حامضية) acid-type ، مماثلة لخثرة اللبن الحامضية . يوجد فروق رئيسية بين خثرة اليوجهورت وخثرة اللبن الحامضية ، حيث يكون انفصال (طرد) الشرش ، مرغوباً فيه في صناعة اللبن لتكوين الخثرة ، ولكنه يكون غير مرغوباً فيه في اليوجهورت وغيره من الألبان المتخمرة . جسيمات الكازين ، تعمل كهيكل عظمي ، يتكون من α -s₁-casein مرتباً مع β -casein و فوسفات الكالسيوم غير مائي amorphous محاطاً بطبقة واقية من κ -cascin . عندما ينخفض pH أثناء التخمير ينفرد الكالسيوم نتيجة التحميض acidification ، لكن يبقى الهيكل . يحدث تجمع للكازين بعد التشتيت الذي يبدأ بواسطة β -casein عندما ينخفض pH بدرجة كافية ، ويحمل المكونين الرئيسيين للكازين (α - β -casein) شحنات معاكسة opposite charges . استمرار انخفاض pH الذي يعقبه انكماش ، عندما يصبح β -casein موجب الشحنة ويبقى α -s₁-casein سالب الشحنة ،

وفي النهاية تتكون الشبكة . معدل تكوين الحموضة على درجة كبيرة من الأهمية في تكوين الشبكة ، إنتاج حموضة بدرجة سريعة يؤدي إلى الترسيب (كازين حامضى).

وقد أوضحت الدراسات التي أجريت باستخدام طريقة ضوئية تعتمد على انعكاس الضوء لدراسة التجبن الحامضى للبن ، أن β -casein, κ -casein يعاد دمجهما في هيكل الجسيمات ، يتغلب على قوى التشرب والتنافر الكهربى ويحدث أنجذات أكثر الذى يبدأ بتكوين شبكة بروتين ثلاثية الأبعاد . وفي دراسات إضافية أخرى في هذا المجال باستخدام GDL (glucono- δ -lactone) ، أوضحت أن أنهيار الطبقة الشعرية hairy layer للـ κ -casein في جسيمات الكازين عند pH منخفض هو العامل الرئيسى الذى يؤدي إلى التجمع aggregation عند درجات حرارة أعلى من 30°م مما يؤدي مباشرة إلى التجمع ، بينما عند 15-20°م يحدث ذوبان لبروتين الجسيمات الذى يعقبه إعادة اندماج الكازين الذائب والمتجمع.

يتأثر التركيب الدقيق microstructure والصفات الطبيعية لخرثرة اليوجهورت بتدعيم اللبن المستخدم في الصناعة والتغيرات في مستوى البروتين ونسبة الكازين إلى نيتروجين البروتين اللاكازيني non-cascin nitrogen protein ، الصفة الأخيرة تكون على جانب كبير من الأهمية في تقدير الصفات الطبيعية . نسبة الكازين إلى نيتروجين البروتين اللاكازيني non-casein protein 3,2 - 3,4 : 1,0 تعطى خرثرة أفضل جودة ، نسب أقل من ذلك تعطى خرثرة طرية مع انفصال الشرش ، ونسب أعلى من ذلك تعطى خرثرة خشنة.

التحلل الناتج عن الإنزيمات المحللة للبروتين يكون له تأثير ضار على خرثرة اليوجهورت . معاملة اللبن بإنزيمات البروتيز proteases البكتيرية ، التي تحلل κ -casein ، يؤدي إلى خرثرة تتميز بارتفاع الصلابة ، وزيادة انفصال الشرش واللزوجة الظاهرية ، بينما البلازمين plasmin ، الذى يحلل β -casein ، يؤدي إلى انخفاض في الصلابة واللزوجة الظاهرية وانفصال الرش . في كلا الحالتين ، تكون قدرة الخرثرة على الاحتفاظ بالرطوبة ودرجة التشرب أقل .

تضاف الغرويات المحبة للماء hydrocolloids إلى بعض الألبان المتخمرة كمواد مثبتة وتعمل على تكوين شبكة من الروابط linkage بين مكونات اللبن . تنشأ هذه الصفة سواء من وجود ملح قادر على تجميع أيونات Ca^{2+} أو من وجود بمجموع الشحنات السالبة مثل شقوق radicals الأيدروجين أو الكربونيل . تزيد قدرة الخثرة على الاحتفاظ بالرطوبة نتيجة استقرار شبكة البروتين ليطوى من الحركة الحرة للماء ، مما يزيد من مستوى تشرب المكونات (أساساً البروتينات) وارتباط ماء التشرب.

٢-١٠- معاملات ما بعد التخمير

في معظم أنواع الألبان المتخمرة ، فإن معاملات ما بعد التخمير post-fermentation processing تقتصر على التبريد ، إضافة عصائر أو بورية الفاكهة ... ألح والتعبئة . التبريد احدى الطرق الشائعة للتحكم في النشاط الأيضى metabolic activity للبادئ والإنزيمات الناتجة منه . قد تكون الألبان المتخمرة من النوع المتماسك القوام (set-type) حيث يتم التخمير في عبوات التجزئة والاستهلاك . الفرق الرئيسى بين النوع المتماسك القوام set-type والنوع السلئل (stirred type) هو الصفات الريولوجية rheological properties للخثرة . في النوع الأول (set-type) ، تكون الخثرة نصف صلبة semi-solid ، بينما في النوع الثانى (stirred) تنفتت الخثرة في نهاية فترة التخمير قبل التبريد وعمليات التصنيع الأخرى التالية . هناك العديد من الطرق المختلفة التى يمكن استخدامها لتبريد اليوجهورت ، لكن يجب ملاحظة أن معدل التبريد قد يؤثر على تركيب الخثرة ، لذا فإن التبريد السريع جداً قد يؤدي إلى انفصال الشرش ، ويرجع ذلك إلى الانكماش السريع لشبكة البروتين والتي بدورها تؤثر على قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة . كما أن التقليب الزائد يقلل من لزوجة اليوجهورت ، ويجب تجنب ذلك أثناء التداول handling . قد يجرى لليوجهورت السائل عملية تنعيم smoothing قبل التبريد وذلك بتمريره خلال مصفاة ذات ثقوب ضيقة جداً (تعرف بـ texturizer) ، حيث تكون هذه العملية فعالة في تقليل التحجب ، لكن يجب أن تتم هذه العملية بعناية فائقة حتى لا تؤدي إلى انخفاض اللزوجة وانفصال

الشرش . الطريقة الشائعة لتبريد اليوجهورت في الصناعة تتم على مرحلتين ، حيث يتم تبريد اليوجهورت في المرحلة الأولى إلى ١٥-٢٠°م قبل خلطه بالفاكهة / المواد المكسبة للنكهة وقبل التعبئة . في مرحلة التبريد الثانية ، حيث يتم التبريد النهائي لليوجهورت إلى ٥°م في غرف التبريد cold stores .

قد يتم تبريد اليوجهورت في أنفاق التحضين tunnel لليوجهورت المتماسك القوام set ، حيث يتضمن النفق قسم للتبريد ، بينما يتم تبريد اليوجهورت السائل في خزانات In-tank cooling متعددة الأغراض ، وقد يستغرق الخزان الذي يبلغ سعته ٢٥٠٠-٥٠٠٠ لتر من اليوجهورت أكثر من ٤ ساعات ليبرد من ٤٥°م إلى أقل من ١٠°م . كما قد يستخدم مبادلات حرارية أنبوبية أو ذات ألواح والذي يعتبر نظاماً فعالاً لتبريد اليوجهورت بسرعة وبصورة مستمرة ، ويلاحظ أن التبريد باستخدام المبادلات الأنبوبية يقلل من الأضرار بقوام الخثرة.

يفضل تعبئة اليوجهورت في العبوات النهائية مباشرة عقب عملية التبريد . إذا كان ذلك ممكناً ، يجب أن يتم التخزين في غرف مبردة بأسرع ما يمكن ، ويجب ألا تزيد فترة التخزين عن ٢٤ ساعة . درجة الحرارة المثلى للتخزين ١٠-٢٠°م وذلك لتجنب فقد اللزوجة وانفصال الشرش . قد يعبأ اليوجهورت في عدد من العبوات تشمل زجاجات بغطاء ألومنيوم أو عبوات بلاستيكية بغطاء من رقائق ألومنيوم أو البلاستيك.

٣- فسيولوجيا وبيوكيمياء الألبان المتخمرة

بالرغم من أن بكتريا حامض اللاكتيك تنتشر على نطاق واسع في الطبيعة ، فإن احتياجاتها الغذائية تكون معقدة . جدول (٣-٣) يوضح القدرة التخمرية ، محتوى DNA من G+C ودرجات حرارة النمو للبكتريا المختلفة التي تستخدم في تخمير اللبن . يعتبر اللبن بيئة غنية غذائياً التي تدعم نمو كثير من الميكروبات ، لكن المعاملات التصنيعية للبن تساعد على السيطرة على نوع النمو للحصول على نلتج مرغوب . من الصفات المرغوبة التي يجب أن تكون موجودة في هذه الميكروبات ، القدرة على الحصول على الطاقة من اللاكتوز ، القدرة على تحليل والإستفادة من

بروتينات اللبن وإنتاج طعم ونكهة مقبولين وتركيب جيد . الصفات المميزة الأخرى ، مثل إطالة فترة الصلاحية shelf-life ، الثبات أثناء التخزين ، والفوائد الصحية ، تتوقف أيضاً على النشاط الميكروبي والنشاط الأيضى metabolism . تعتمد كثير من الأغذية المتخمرة على التخمر الطبيعي ، حيث أن أعداد الميكروبات الأساسية (غالباً أنواع من بكتريا حامض اللاكتيك أو الخمائر وأحياناً الاثنين معاً) تزيد على حساب الأنواع الأخرى غير المرغوبة . الإنتاج التجارى للألبان المتخمرة لا تعتمد على حدوث مثل هذه الفرص ، عادة يتم تسخين اللبن قبل التخمير حتى يمكن القضاء على الأنواع غير المرغوبة من الميكروبات ، ثم يلى ذلك التلقيح ببادئ يحتوى على بكتريا معينة مرغوبة للحصول على الصفات المرغوبة فى الناتج النهائى .

٣-١- اللبن كبيئة لنمو الميكروبات

يحتوى اللبن على سكر ثنائى (لاكتوز) ، بروتينات اللبن (كازين وبروتينات شرش) ، دهن ، فيتامينات وأملاح معدنية . كما يحتوى على قليل من الحديد الحر وعدد قليل من الأحماض الأمينية الحرة . النقص فى الحديد الحر يكون كافياً فى بعض الحالات للحد من هذه الميكروبات التى لها احتياجات معينة من الحديد للنمو . يجب أن تكون الميكروبات قادرة على تمثيل اللاكتوز ، أو تكون مصاحبة لميكروبات تستطيع تحليل اللاكتوز وأنفراد سكر يمكن تخميره بواسطة هذه الميكروبات . وقد لوحظ هذا النمو المشترك فى الكفير حيث أن الخمائر التى لا تستخدم اللاكتوز non-lactose-utilizing yeast تكون مرتبطة بشدة مع سيكروبات قادرة على تمثيل اللاكتوز فى حبوب الكفير . نظراً لقلّة الأحماض الأمينية الحرة فى اللبن الطازج عقب عملية الحلب ، فإن اللبن مرتفع الجودة يعنى أن الميكروبات يجب أن تحتوى على نظام نشط لتحليل البروتين حيث تعمل الإنزيمات فى تناسق ، تبدأ أولاً فى تحليل روابط بيتيدية معينة فى البروتين ، ثم بعد ذلك تحليل الببتيدات وانتقال ثنائى أو ثلاثى الببتيدات والأحماض الأمينية إلى الخلية حيث يتم تحويلات إضافية أخرى . طبيعة هذه التغيرات تكون على جانب كبير من الأهمية فى صناعة منتجات ألبان مرتفعة الجودة . التركيب البنائى لشبكة

بروتين اللبن وتكوينها تختلف باختلاف منتجات الألبان . فمثلاً في صناعة الجبن ، تكون هناك متطلبات لجسيمات الكازين لتندمج وتنكمش لكي ينفصل الشرش . في اليوجهورت ، انفصال الشرش ظاهرة غير مرغوبة ، لذلك فإن الأمر يتطلب نسيج بروتين ليكون شبكة مفتوحة حيث يتم حجز الشرش فيها . الكفير ولبن الحظ ، من ناحية أخرى ، يكون سائل ويستهلك كمشروب . بالإضافة إلى ذلك فإن الكفير يمتلك صفة أخرى تتطلب بناء بروتيني حتى يمكن حجز CO₂ .

٣-٢- النمو المشترك

٣-٢-١- البادئات المحبة للحرارة المرتفعة Thermophilic cultures

النمو المشترك associative growth بين *Lb.delbrueckii* و *bulgaricus* و *Str.thermophilus* معروف وما زال حقيقة لعديد من السلالات التي تستخدم حتى الآن . في النمو المشترك ، كل ميكروب يكون مركبات يستفيد منها الميكروب الآخر . ميكروب *Str.thermophilus* الذي يستفيد من نشاط *Lactobacillus* في تحليل البروتين ، يقوم بدوره في توفير CO₂ وفورمات formate الذي ينشط الـ *Lactobacillus* . وقد وجد أن كمية CO₂ الناتجة بواسطة *Str.thermophilus* في اللبن الفرز يكون مرتبطاً بكمية اليوريا المتحللة ، وفي وجود *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* و *Lb.acidophilus* يخفى CO₂ . وقد لوحظت الاستفادة المتبادلة في اللبن ، بينما في بيئة LAPT (المحتوى على مستخلص خميرة ، بيتون ، تريبتون وتوين Tween) مع سكريات مختلفة ، فقد لوحظ التأثير المنشط لميكروبات *Streptococcus* على ميكروبات *Lactobacillus* . وهذا التأثير نتيجة متوقعة ، حيث يكون مصدر النتروجين في بيئة LAPT متاحاً بسهولة ولا يعتمد على نشاط تحليل البروتين (ميكانيكية تنشيط *Streptococcus*) . لذلك ، فإن البيئة المستخدمة قد توضح فقط جانب واحد من المشاركة ، الذي يعتمد أساساً على مسارات تمثيل الكربون . وهذا يوضح أهمية جودة اللبن كبيئة نمو ، حيث يحتوي اللبن على مصدر وافر من سكريات ثنائية بسيطة ، ومصدر وافر من النتروجين ولكنه معقد . كما أنه من المهم الإشارة إلى أن كلا من الميكروبين ينمو بدرجة جيدة في اللبن . وفي الحقيقة ، فإن كثير من

اليوجهورت الحيوى المعتدل mild bio-yoghurts تخمّر باستخدام بادئ مختلط ، بعضها يحتوى على *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* أو *Str.thermophilus* ، ولكن لا يعتمد أى منهما على تنشيط متبادل للنمو والنشاط الأيضى لحدوث تخمّر جيد .

٣-٢-٢- البادئات المحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic cultures

ميكروبات *Leuconostocs* ، بالرغم من استخدامها على نطاق واسع في صناعة الألبان ، لا تنمو جيداً في اللبن. فمثلاً ، *Leuconostoc lactis* تنمو في لبن عباد الشمس litmus milk منتجة حامض ولكن بدون اختزال عباد الشمس، وقد يعزى ذلك إلى عدم قدرة الميكروب على تحليل البروتين . عادة تنمو *Leuconostocs* في مزارع مختلطة مع *Lactococci* ، التي تتميز بقدرة جيدة على تحليل البروتين ، ونتيجة لذلك يحدث النمو المشترك . وقد وجد أن معدلات نمو *Leuc.lactis* تكون أعلى بدرجة كبيرة عندما تنمو في وجود *Lc.lactis ssp. lactis* ، ولكن لا يحدث تغيير في معدل نمو الميكروب الأخير.

الكفير لبن متخمّر تقليدي معروف في شرق تركيا ، بولندا وتمتد للغرب إلى شمال إيرلندا ، يعتبر مثال آخر حيث يكون النمو المشترك على جانب كبير من الأهمية . يعتمد هذا اللبن المتخمّر على التخمّر ببادئ مختلط يحتوى على خمائر مخمرة للاكتوز وأخرى غير مخمرة للاكتوز وبكتريا حامض اللاكتيك (*Lc.lactis*) (*Lc.lactis ssp. lactis & Lb. kefir*) . تفضل الخمائر غير المخمرة للاكتوز (*Saccharomyces cerevisiae*) الجلاكتوز، حتى عندما يوجد الجلوكوز في البيئة بالإضافة إلى الجلاكتوز ، الذي يكون متاحاً في اللبن ، نتيجة للنشاط الأيضى لبكتريا حامض اللاكتيك، كمصدر للكربون . ومع ذلك ، فإن *Lc.lactis ssp. lactis* قد لا تفرز جلاكتوز عندما يستخدم اللاكتوز، حيث تقوم هذه الميكروبات بتمثيل هذين الشقين من السكر في جزئي اللاكتوز معاً في وقت واحد ، وبالتالي فإن *Lb.kefir* قد يقوم بتوفير مصدر الكربون . ومع ذلك ، فإن هذا الميكروب الأخير ، الذي يعزل أساساً من حبوب الكفير ، يخمّر فقط سكر الأرابينوز arabinose ، بالرغم من أنه بعد التنشيط sub-culturing

فإنه سوف يخمر سكريات أخرى ، تشمل اللاكتوز . لذلك ، فإنه يعتقد أن الخمائر المخمرة للاكتوز (*Candida kefyr*) تفرز الجلاكتوز اللازم للخمائر غير المخمرة للاكتوز، ويحدث النمو المشترك بين الخمائر، وليس بين الخمائر وبكتريا حامض اللاكتيك. وقد وجد في مصانع اللبن الخض في إيرلندا الشمالية أن الخمائر تكون قادرة على تنشيط نمو *Lactobacilli* .

٣-٢-٣- الميكروبات غير التقليدية Non-traditional organisms

إدخال سلالات من *Lb.paracasei* ssp. *paracasei* ، *Lb.acidophilus* وأنواع معينة من *Bifidobacterium* في اليوجهورت أصبح شائعاً الآن وتسوق هذه المنتجات تحت ما يعرف بالمنتجات الحيوية bio-products . هذه المنتجات غير تقليدية حيث أن هذه الميكروبات ليست سيكروبات ألبان حقيقية ، وموطنها الطبيعي القناة الهضمية للثدييات . ميكروبات *Bifidobacteria* ، تختلف عن *Lb.acidophilus* ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ، *Str.thermophilus* ، حيث أنها ميكروبات مختلطة التخمر heterofermentative وتنسج حالات acetate بالإضافة إلى اللاكتات . اللبن المتخمر بواسطة *Bif.bifidum* عند ٣٧°م إلى أن يصل إلى pH ٤,٥ يحتوى على نسبة مولية من اللاكتات إلى الخلات ٢ : ٣ ولذلك يكون الطعم مختلفاً .

قدرة بعض أنواع من *Bifidobacteria* على تخمير السكريات العديدة oligosaccharides مثل الأنولين inulin و oligofructose يساعد على نمو *Bifidobacteria* في الأمعاء الغليظة . سكر oligofructose ينشط بصفة خاصة *Bifidobacteria* في وجود الميكروبات اللاهوائية في الأمعاء الغليظة ، مثل *Bacteroides* spp., *Clostridium* spp. ، إدخال هذه المواد غير القابلة للهضم non-digestible ويطلق عليها "pre-biotics" في الغذاء قد يؤثر بطريقة مفيدة على العائل وذلك بتحسين الاتزان الميكروبي microbial balance في الأمعاء .

قامت صناعة الألبان بإنتاج يوجهورت حيوى bio-yoghurts حيث كانت هذه المنتجات ناجحة من حيث الطعم والتركيب البنائى . بادئات الألبان وغير الألبان dairy & non-dairy cultures قد تنمو معاً ، ولكن لا تتوفر دراسات

كافية عن النمو المشترك بين هذه الأنواع . ويعتقد أن أعداد الميكروبات في الألبان المتخمرة المحتوية على *Lb.acidophilus* ، وأنواع من *Bifidobacteria* ، *Str.thermophilus* متغيرة حيث أن استهلاك الأكسجين بالبكتيريا الكروية تساعد على المحافظة على الميكروبات الوقائية probiotic .

٣-٣-٣ تمثيل الكربوهيدريت

ميكروبات *Lactococci* ، *Lactobacilli* ، *Bifidobacteria* التي تستخدم في الألبان المتخمرة لا تحتوي على دورة حامض الستريك (ثلاثي الكربوكسيل) *tricarboxylic acid cycle* بالرغم من وجود بعض إنزيمات هذه الدورة في هذه البكتيريا. يتم الحصول على الطاقة بدرجة كبيرة عن طريق فسفرة مواد التفاعل *substrate-level phosphorylation* وإنزيمات *ATPases* في الغشاء السيتوبلازمي. يتم تمثيل الكربوهيدريت من خلال مسارات التخمر المتجانس والتخمر المختلط وقد تم استعراض المسارات المختلفة لتمثيل السكريات بواسطة هذه البكتيريا في الفصل الأول.

٣-٤-٤ تمثيل النتروجين

معظم بكتيريا حامض اللاكتيك تحتاج أو يتم تنشيطها بواسطة ، الأحماض الأمينية . ويتوقف النمو الجيد في اللبن على تحلل بروتين اللبن بواسطة إنزيمات البروتينيز *proteinases* والبيتديز *peptidases* الخارجية (التي تفرز خارج الخلايا البكتيرية) وتتوفر معلومات أكثر عن أنظمة تحلل البروتين في *Lactococci* عنها في *Streptococci* ، *Lactobacilli* ، *Leuconostoc* . وقد تم استعراض هذه الأنظمة ودورها في تمثيل النيتروجين في الفصل الأول.

٣-٥-٣ مركبات الطعم

البادئات لم تكن معروفة منذ مئات السنين ، ولكن خلال هذا القرن قام علماء الميكروبيولوجيا والبيولوجية الجزيئية *molecular biology* بالتعرف على

جدول (٣-٣) : بادئات الألبان المتخمرة ونواتج التخمر الرئيسية .

نواتج التخمر الرئيسية	ميكروبات البادئ
	١- بكتريا حامض اللاكتيك Mesophilic أ-محببة للحرارة المعتدلة
L(+) lactate	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>
L(+) lactate, diacetyl	biovar <i>diacetylactis</i>
L(+) lactate	ssp. <i>cremoris</i>
D(-) lactate, diacetyl	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i>
D(-) lactate, diacetyl	ssp. <i>cremoris</i>
D(-) lactate, diacetyl	ssp. <i>dextranicum</i>
DL lactate	<i>Pediococcus acidilactici</i>
	ب-محببة للحرارة المرتفعة Thermophilic
L(+) lactate, acetaldehyde, diacetyl	<i>Streptococcus thermophilus</i>
D(-) lactate	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>delbrueckii</i>
D(-) lactate, acetaldehyde	ssp. <i>bulgaricus</i>
D(-) lactate	ssp. <i>lactis</i>
DL lactate	<i>Lactobacillus fermentum</i>
DL lactate	<i>Lactobacillus helveticus</i>
DL lactate	<i>Lactobacillus kefir</i>
DL lactate	<i>Lactobacillus kefirifaciens</i>
	ج- علاجية Therapeutic
DL lactate	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
L(+) lactate	<i>Lactobacillus paracasei</i> ssp. <i>paracasei</i>
L(+) lactate	biovar. <i>shirota</i>
L(+) lactate	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>
DL lactate, CO ₂	<i>Lactobacillus reuteri</i>
L(+) lactate, acetate	<i>Bifidobacterium adolescentis</i>
lactate, acetate	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
L(+) lactate, acetate	<i>Bifidobacterium breve</i>
lactate, acetate	<i>Bifidobacterium infantis</i>
L(+) lactate, acetate	<i>Bifidobacterium longum</i>
	٢- خمائر Yeasts
Ethanol, CO ₂	<i>Candida kefir</i>
	<i>Saccharomyces unisporus</i>
Ethanol, CO ₂	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	<i>Saccharomyces exiguus</i>
	<i>Kluyveromyces marxianus</i>
	٣- فطريات Molds
	<i>Geotrichum candidum</i>

خليط الميكروبات والخريطة الوراثية لهذه الميكروبات . وحالياً تتوفر أكثر من ميكانيكية التمثيل التي تؤدي إلى إنتاج مركبات الطعم والنكهة . جدول (٣-٣) يشمل الميكروبات المرتبطة بالألبان المتخمرة ، مع النواتج الهامة للتخمير .

تختار الميكروبات وتخلط طبقاً لصفاتها . فمثلاً ، الميكروبات المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic وسريعة في إنتاج الحموضة fast acid-producing تستخدم في صناعة اليوجهورت ، يحتاج اللبن الخض إلى إنتاج الحموضة بمعدل أبطأ وإنتاج ثنائي الأستيل diacetyl ، بينما في الكفير يتطلب الأمر انفراد CO₂ .

اليوجهورت الحيوى bio-yoghurts يستخدم بكتريا غير تقليدية التي تتميز بصفات طعم مختلفة (خلات بالإضافة إلى اللاكتات والأستالدهيد). في كثير من الألبان المتخمرة الحديثة ، خاصة اليوجهورت ، فإن الطعم ينشأ من الفاكهة والإضافات الأخرى ، الطعم الطبيعي يكون ضعيفاً في الأنواع السادة plain . ينشأ الطعم أساساً من نواتج نشاط ميكروبات البادئ . يتكون عدد كبير من المركبات التي تساهم في الطعم (جدول ٣-٤) ، لكن حامض اللاكتيك ومركبات الكربونيل carbonyl ، الأستالدهيد وثنائي الأستيل، تكون لها أهمية بالغة . حامض اللاكتيك مكون رئيسي في طعم جميع الألبان المتخمرة ، الكميات الموجودة من هذا الحامض تجعل هذه الألبان أكثر استساغة ، الكميات الزائدة تؤدي إلى ظهور عيوب في الطعم . تختلف الأهمية بالنسبة للأستالدهيد وثنائي الأستيل طبقاً للبادئ المستخدم . في حالة اليوجهورت والمنتجات المشابهة ، يكون الأستالدهيد سائداً ، حيث يكون موجوداً بدرجة ملموسة عندما ينخفض pH اليوجهورت إلى ٥,٠ ، وتصل إلى المستويات القصوى عند pH ٤,٢ . ويستقر هذا المركب عند pH ٤,٠ . يرتفع مستوى الأستالدهيد بإضافة جوامد اللبن وبالمعاملة الحرارية المنشطة للبادئ . كما أن نوع اللبن يؤثر على إنتاج الأستالدهيد ، حيث يحتوي يوجهورت اللبن البقري على مستوى أعلى ويوجهورت لبن الغنم على مستوى أقل . يحدث بعض الفقد في الأستالدهيد أثناء التخزين ، خاصة عندما يوجد الدهن بمستويات منخفضة فقط .

جدول (٣-٤) : مركبات الطعم في الألبان المتخمرة

- أحماض غير طيارة non-volatile acids
- لاكتيك ، بيروفيك ، أو كساليك ، سكسينيك
- أحماض طيارة volatile acids
- فورميك ، خليك ، بروبيونيك ، بيوتريك
- مركبات كربونيل carbonyl compounds
- أسيئالدهيد ، أسيئون ، أسيئين ، ثنائي الأسيئيل
- مكونات متنوعة miscellameous
- أحماض أمينية و/أو مكونات تتكون نتيجة التحلل الحرارى للبروتين ، الدهن واللاكتوز.

٣-٥-١- مسارات إنتاج مركبات الطعم

استخدام المواد الغذائية بواسطة أي ميكروب يتم بواسطة سلسلة تفاعلات إنزيمية معينة تحقق وظيفتين رئيسيتين : (١) توفير الطاقة اللازم للتخليق الحيوى وعمليات أخرى تعتمد على الطاقة ، مثل آليات الانتقال translocation ، (٢) المحافظة على فسيولوجيا الخلية . المسارات التي تزيد من المواد الناتجة (الأولية) تعرف بعمليات الهدم catabolic ، مثل مسارات تمثيل اللاكتوز ، بينما المسارات التي تكون تخليقية synthetic مثل التي تنتج سكريات عديدة ، تعرف بعمليات البناء anabolic ، ويوجد مسارات وتفاعلات مركزية تربط بين مسارات الهدم والبناء في بكتريا حامض اللاكتيك . مسارات الهدم catabolic الهامة تعتمد على الإنزيمات التي تحلل اللاكتوز وبروتينات اللبن ، التي قد تكون مسئولة عن الطعم والنكهة في الألبان المتخمرة.

هدم اللاكتوز lactose catabolism يكون أساساً عملية أكسدة oxidative وتولد نيكلوئيدات مختزلة. هذه النيوكلوئيدات تكون محدودة ويحتاج الأمر إلى عملية تدوير re-cycling . النواتج النهائية الرئيسية لمسارات التمثيل عبارة عن حامض لكتيك (شكل ٣-٢ الفصل الأول)، وهذا المركب يكون مسئولاً عن المذاق الحامضي في جميع الألبان المتخمرة.

أ- ثنائي الأستيل

ثنائي الأستيل diacetyl هو المركب الذى يعطى اللبن الخض وبعض أنواع من اليوجهورت نكهة زبدية buttery غير حامضية sweet . ينتج هذا المركب بواسطة *Leuconostocs diacetylactis* , *Lc.lactis* biovar عندما توجد السترات. لا تمثل السترات للحصول على الطاقة (مصدر للطاقة) ، ولكن تستخدم بسهولة في وجود كربوهيدريت أخرى قابلة للتخمر . شكل (٩-٥) الفصل التاسع) يبين مسار تخليق مكونات النكهة من السترات . ينفرد CO_2 نتيجة عملية نزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylation مع تكويين مركب وسيط هذا *acetaldehyde-thiamine pyrophosphate (acetaldehyde-TPP)* . هذا الألدهيد النشط يبقى مرتبطاً بإنزيم *pyruvate decarboxylase* الذى يحتاج إلى *thiamine pyrophosphate* كعامل مساعد له . قد يعقب ذلك عملية نزع مجموعة الكربوكسيل بواسطة عدد من التغيرات المختلفة تؤدي إلى إنتاج ثنائي الإستيل والأستيون *acetoin* و *2,3-butanediol* أو أحدهما . إنزيم *citrate lyase* ، أول إنزيم في المسار ، وإنزيم *acetolactate synthase* الذى يزيد من *acetolactate* الذى يتكون منه الأستيون *acetoin* ، قد تم تفتيتها من *Lc.lactis* ssp. وأنواعه .

يوجد نوعان من مسارات التمثيل التى تنتج diacetyl ، نزع مجموعة الكربوكسيل مع أكسدة oxidative decarboxylation للـ *acetolactate* وتكثيف *acetaldehyde-TPP* مع *acetyl CoA* . وقد وجد أن المسار الأول ليس المسار الرئيسى حيث لا تكوّن السلالات كميات كبيرة من *acetolactate* . يتوقف التحلل على pH وجهد الأكسدة والاختزال (E_h) . إذا أفرزت السلالات *acetolactate* عند بداية التخمر في اللبن ، عندما تكون E_h مرتفعة ، فإنها سوف تتحلل إلى *acetoin* , *diacetyl* . ومع ذلك ، إذا كانت *acetolactate* موجودة في نهاية التخمر عندما تكون E_h منخفضة ، فإن الأستيون *acetoin* سوف يتكون فقط . تمثيل السترات والسكر معاً يؤدي إلى زيادة معدلات النمو ، مما يعطى للميكروب ميزة تمثيل السترات . ويتم ذلك بتحويل مسار البيروفات بعيداً عن الإيثانول إلى ناحية إنتاج اللاكتات لكى يعيد توليد *NAD* . وقد وجد

في بعض سلالات من *Leuconostoc* ، أن تمثيل السترات مع الجلو كوز يؤدي إلى نواتج نهائية من الخلات واللاكتات ، بينما عدد قليل من السلالات فقط تنتج ثنائي الأستيل والأستيتون acetoin . تمثيل اللاكتوز مع السترات في *Lactococcus Cit⁺* ينتج ثنائي الأستيل والأستيتون 2,3-butanediol , actoin ، مع أعلى إنتاج يتوافق مع إختفاء السترات من البيئة . وقد تم دراسة إنزيم acetolactate synthase في *Lactococci* ووجد أن الإنزيم يكون نشطاً فقط عندما تكون مستويات البيروفات داخل الخلايا intracellular مرتفعة (كما في حالة تمثيل السترات مع اللاكتوز) . لذلك ، في *Lactococci* ، يتكون الأستيتون acetoin أساساً لمنع تراكم البيروفات.

ب- الأستيتالدهيد

يكون الأستيتالدهيد acetaldehyde على درجة كبيرة من الأهمية في طعم ونكهة اليوجهورت ، قد يختزل الأستيتالدهيد إلى إيثانول بواسطة إنزيم alcohol dehydrogenase . بكتريا بادئ اليوجهورت *Lb.delbrueckii* ssp. ، لا تحتوي على هذا الإنزيم ، لذلك فإن أي أستيتالدهيد يتكون داخل الخلية سوف يفرز كنتاج نهائي لعملية التمثيل . قد لا ينطبق ذلك على الميكروبات غير التقليدية مثل *Lb. acidophilus* ، حيث أن كثير من السلالات تختزل الأستيتالدهيد إلى إيثانول بواسطة alcohol dehydrogenase . عندما تنمو الميكروبات الوقائية probiotic organisms مثل *Lb.paracasei* ssp. في اللبن ، فإن مسار phosphoketolase إلى أستيتالدهيد قد ينشط ، وأن الأستيتالدهيد سوف يفرز حيث أن النشاط النوعي specific activity للإنزيمات التي تخلق الأستيتالدهيد أعلى منه لإنزيم alcohol dehydrogenase .

مسارات إنتاج الأستيتالدهيد ليست من الضروري أن تتكون من تحليل الكربوهيدريت . تمثيل التروجين يكون على جانب كبير من الأهمية في هذا الشأن . الحامض الأميني threonine ، عندما يتحول إلى حامض أميني آخر ، الجليسين glycine ، يؤدي إلى إنتاج كمية مولية متساوية من الأستيتالدهيد ، هذه الميكانيكية قد تكون هامة أيضاً في *Lactobacilli* .

٣-٦- التخمير بواسطة الخمائر والفطريات

تمثيل الفطر يؤدي إلى ثلاث أنواع من التغيرات التحليلية degradative changes التي تساهم جميعاً في الطعم . هذه التغيرات تشمل تحليل الدهون lipolysis ، تمثيل الجليسيريدات الثلاثية ، تحليل الكوازين وأكسدة حامض اللاكتيك . الفطريات التي تستوطن سطح منتجات الألبان المتخمرة تكون أساساً فطريات مؤكسدة oxidative وقادرة على تمثيل حامض اللاكتيك ، مما يؤدي خفض الحموضة موضعياً. قد يؤدي تحليل الدهون إلى تكوين أحماض دهنية متوسطة السلسلة ، توجد أحماض دهنية مشبعة متوسطة السلسلة (C₅ - C₁₂) في ألبان معظم الثدييات ويمكن أن تفرد بواسطة إنزيمات الليباز في اللبن . بالإضافة إلى مساهمة هذه الأحماض في الطعم ، فإن الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة قد يتم تمثيلها إلى درجة أبعد من ذلك ويتكون مركبات ميثيل كيتونات ، مركبات طيارة هامة في طعم الحبن الطرية والنصف طرية.

جميع الخمائر والفطريات التي ترتبط مع الألبان المتخمرة تحلل الكوازين . سلالات *Geotrichum candidum* تختلف في قدرتها على تحليل البروتين ، بعض السلالات تكون لها قدرة ضعيفة على تحليل البروتين . نشاط تحليل البروتين داخل وخارج الخلية يكون متماثل ، ودرجة pH المثلى تقع بين ٥,٥ ، ٦,٠ ، والحد الأقصى للثبات عند pH ٥,٠ إلى ٦,٥ . إنزيمات peptidases من المحتمل أن تكون endopeptidases .

طعم الكفير لا يعزى فقط إلى تمثيل بكتريا حامض اللاكتيك ، ولكن أيضاً إلى الخمائر . الأيثانول يكون له تأثير ضعيف على الطعم ، بالرغم من أنه يساهم في صفات النكهة وقد وجد أن معدل تحليل البروتين في الكفير يكون أعلى ويحتوى على عدد أكبر من البيبتيدات عن اليوجهورت.

٣-٧- اللزوجة الميكروبية في الألبان المتخمرة

تنتج كثير من سلالات LAB سكريات عديدة خارجية exopoly saccharides (EPS) وذلك في صورة كبسولات capsules ، مواد مرتبطة بقوة بخلايا البكتريا أو مرتبطة بطريقة هشّة أو مواد لزجة slime . خلال ١٥ سنة

الأخيرة ، استخدمت بكتريا حامض اللاكتيك المكونة للزوجة slime-forming LAB على نطاق واسع في صناعة الألبان . استخدمت هذه الصفة في فنلندا Finland منذ القرن الأخير خاصة في إنتاج لبن متخمر لزج (ذات قوام مرتفع الشحانة) يعرف بالفيلي Viili . يتكون البادئ المستخدم في صناعة هذا المنتج بسلاطات من بكتريا Lactococci محبة للحرارة المعتدلة ومكونة للزوجة slime-forming مع Lactococci منتجة للنكهة aroma-producing Leuconostocs, . في نهاية الثمانينات أصبح إنتاج بادئ اليوجهورت اللزج المحب للحرارة المرتفعة thermophilic viscous yoghurt starter أكثر شيوعاً ويستخدم على نطاق واسع لزيادة الجودة الريولوجية rheological quality لليوجهورت ويمنع انفصال الشرش syneresis من الخثرة . تستخدم هذه البادئات اللزجة ، في بعض الحالات ، ليحل محل المثبتات stabilizers في اليوجهورت .

وقد وجد أن إنتاج EPS في Lactococci المحبة للحرارة المعتدلة يرتبط بالبلازميد plasmid ، وقد يفسر ذلك عدم ثبات إنتاج اللزوجة (المواد اللزجة) slime خاصة عند درجات الحرارة الأعلى . ومع ذلك ، فإن صفة إنتاج المواد اللزجة تكون أيضاً غير ثابتة في سلالات البادئات المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic starter ، بالرغم من عدم من إحتوائها على بلازميدات .

غالباً ما تعتبر البكتريا المكونة EPS أكثر مقاومة للبكتريوفاجات bacteriophages عن البكتريا التي لا تحتوى على كبسولات . وهذه الصفة لا توجد في Lactococci المحبة لحرارة المعتدلة ، حيث أن هذه السلالات المكونة للزوجة تكون عائلاً للكثير من الفاجات ، كما أن فاجات معينة تستطيع أيضاً أن تذيب المواد الكبسولية حتى للسلالات غير المصابة بالفاجات .

يختلف التركيب الكيماوي للـ EPS في بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة والمرتفعة بدرجة كبيرة من سلالة إلى أخرى . وقد وجد أن جميع EPS يحتوي جلاكتوز وجلوكوز ، وبعض الأحيان على مكونات شبيهة بالسكريات سداسية الكربون hexose-like components ورامينوز rhamnose . وقد وجد أيضاً بروتين في بعض المواد الكبسولية المعزولة ، لكن وجد أن الأحماض الأمينية لهذا البروتين مماثلة للأحماض الأمينية للشرش . وقد تم حديثاً عزل

جلوكوز، جلاكتوز ، رامينوز ، جليسرول وفوسفور من سكريات عديدة كبسولية لميكروب *Lc.lactis ssp. cremoris* ، ويعتقد ان يكون عبارة عن a deacylated lipoteichoic acid . كما تم عزل سكريات عديدة محتوية على فوسفور التي تحتوى على رامينوز ، جلوكوز وجلاكتوز ولكن لا تحتوى على جليسرول.

في اليوجهورت ، السلالات المنتجة للزوجة slime من *Str.thermophilus* تلعب دوراً هاماً في تثبيت شبكة البروتين . السكريات العديدة التي تفرز خارج الخلايا (EPS) من المحتمل أن تكون على جانب كبير من الأهمية ، بالرغم من أن lipoteichoic acid قد يشارك في ذلك أيضاً . تختلف طبيعة EPS من سلالة إلى أخرى ، وقد أشار بعض الباحثين أن الجلو كوز والجلاكتوز مكونات رئيسية ، وأن النسبة بين هذين السكرين متباينة . كما أشارت بعض الدراسات إلى أنه قد يوجد أيضاً سكر أميني N-acetyl galactosamine وكميات صغيرة من الأرابينوز ، anabinose ، المانوز ، ramannose ، الرامينوز ، والزيلولوز xylose . وقد تم عزل نوع مميز من EPS يتكون من الرامينوز والجلاكتوز بنسبة ١ : ١,٤٧ من مزارع يوجهورت تجارية.

وقد أوضح الميكروسكوب الأليكتروني أن ميكروبات البادئ توجد في جيوب pockets في خثرة اليوجهورت ، مع خيوط من EPS تربط الميكروبات بشبكة الخثرة.

دور الطبقة اللزجة slime في تقدير اللزوجة والتركيب البنائي texture يكون أكثر وضوحاً في حالة الألبان اللزجة الأسكندنافية . المكون الرئيسي للزوجة (الطبقة اللزجة) في اللبن المتخمّر السويدي Langfil مثلاً ، عبارة عن a deacylated lipoteichoic acid ، وحمض lipoteichoic acid الموجود على السطح قد يشارك في تكوين اللزوجة في الفيلي Viili.

إنتاج مواد اللزوجة بواسطة سلالات بادئات أخرى تشمل منتجات مثل phosphopolysaccharides . تحليل مواد اللزوجة slime تعطى نتائج مختلفة ، نتيجة لاختلاف طرق التحليل ، وعموماً تتكون هذه المواد slime من ٤٧% بروتين و ٢٩% كربوهيدريت . يتكون phosphopolysaccharides ، الناتج

من *Lc.lactis ssp. cremoris* ، من ٢١% بروتين و ٤٢% كربوهيدريت ونسبة الكربوهيدريت إلى الفوسفور ٥,٢ : ١ . السكريات الرئيسية : رامينوز ، جلو كوز وجلالكتوز بنسب ١ : ١,٤٥ : ١,٧٥ ، تحمل المواد اللزجة شحنة سالبة وتكون قادرة على تكوين مركبات معقدة complex مع البروتين.

٣-٨- العناصر الغذائية في الألبان المتخمرة

معظم الأبحاث عن الحالة الغذائية للألبان المتخمرة ترتبط باليوجهورت . تؤثر عملية التخمير على مستويات العناصر الغذائية الموجودة ، لكن العناصر الغذائية الموجود في الناتج النهائي تكون صورة مماثلة بدرجة كبيرة لهذه العناصر في اللبن المستخدم . فمثلاً يوجهورت اللبن الفرز يحتوى على دهن وفيتامينات ذائبة في الدهن أقل عن يوجهورت اللبن الكامل ، بينما تدعيم اللبن المستخدم بمسحوق اللبن الفرز ، أو تركيز اللبن المستخدم ، يؤدي إلى زيادة في محتوى البروتينات وغيرها من المكونات الذائبة في الماء . يحدث فقد في الفيتامينات غير المقاومة للحرارة أثناء عملية تسخين اللبن المستخدم ، والاختلاف في عمليات التصنيع قد يفسر التباين في المحتوى من فيتامينات مجموعة B .

٣-٨-١- التغيرات البيوكيماوية أثناء التخمير

تستخدم بكتريا حامض اللاكتيك العناصر الغذائية في اللبن لكي تنمو ، حيث تغير هذه البكتريا أثناء نموها من التركيب الغذائي والمظهر الطبيعي للبن . تنقسم العناصر الغذائية في اللبن إلى عناصر غذائية كبرى وعناصر غذائية صغرى .

أ- العناصر الغذائية الكبرى

توجد العناصر الغذائية الكبرى عموماً بتركيزات مرتفعة في النظام الغذائي ، وهذه العناصر تكون مصدراً للطاقة . تعتبر الكربوهيدريت ، البروتينات واللبيدات عناصر غذائية كبرى . قد يطرأ تغيرات رئيسية أثناء المعاملات البيولوجية ، بينما البعض الآخر لا يتأثر بدرجة كبيرة .

□ الكربوهيدريت

تستخدم بكتريا حامض اللاكتيك LAB اللاكتوز كمصدر رئيسي للكربون من أجل النمو والطاقة . ينتقل اللاكتوز إلى داخل الخلية بواسطة إنزيم permease حيث يتحلل بواسطة إنزيم lactase إلى جلاكتوز وجلوكوز . في بعض سلالات *Str.thermophilus* ، يتحول اللاكتوز إلى لاكتوز فوسفات lactose-phosphate والذي يتحلل بعد ذلك بواسطة إنزيم phospho-β-D- galactosidase . معظم سلالات *Lb.delbrueckii ssp. Str.thermophilus bulgaicus* لا تستخدم الجلاكتوز ويتراكم في البيئة . تمثل LAB الجلوكتوز إلى حامض لاكتيك في أحد مشابهاهته (D- or L-lactic acid) باتباع مسار Embden-Meyerhof- Parnas (glycolytic) (الفصل التاسع). تتكون كميات قليلة من المكسبات الحسية من خلال مسار تحلل الجلوكتوز ، أساساً أحماض دهنية طيارة volatile fatty acids ، إيثانول ، أسيتالدهيد ، أسيتوين acetoin وبيوتانون butanone . مسار تخمر الكربوهيدريت يكون دائماً متحانس التخمر ويمثل حامض اللاكتيك الناتج أكثر من ٨٥% من نواتج التخمر . يخفض حامض اللاكتيك pH اللبن وبالتالي يزيد من فترة صلاحيته . يعطى مول واحد من اللاكتوز مول واحد من الجلاكتوز ، ٢ مول من حامض اللاكتيك وبعض الطاقة لنمو بكتريا البادئ . حامض اللاكتيك في صورة L(+) وأحماض عضوية أخرى ناتجة أثناء التخمر تمتص في الأمعاء وتستخدم كمصدر للطاقة . يتم تمثيل حامض لاكتيك في صورة L(+) ، بينما لا يحدث ذلك لحامض اللاكتيك في صورة D(-) . حوالي ٣٠% من اللاكتوز في اللبن يتحلل بواسطة إنزيم اللاكتيز من خلايا بكتريا حامض اللاكتيك . يخفض التخمر من محتوى اللاكتوز أثناء صناعة اليوغورت . بالرغم من تدعيم أو تركيز اللبن المستخدم ، فإن محتوى اللاكتوز في الناتج النهائي قد يكون أعلى منه في اللبن السائل .

□ البروتينات

يزيد تحلل البروتينات من محتوى منتجات الألبان المتخمرة من البيبتيدات والأحماض الأمينية الحرة . الزيادة في البيبتيدات والأحماض الأمينية الحرة تعزى إلى إنزيمات endopeptidases, exopeptidases الموجودة في LAB . لا يحدث تحلل

جوهرى للبروتينات بواسطة LAB أثناء صناعة منتجات الألبان المتخمرة ، مثل اليوجهورت ، يوجهورت الأسيدوفلس *acidophilus yoghurt* ، لبن الأسيدوفلس واللبن الخض . نشاط تحلل البروتين لبكتريا بادئ اليوجهورت يكون معتدلاً ، لكن على جانب كبير من الأهمية ، ويؤدى إلى نمو تكافلى *symbiotic growth* بين الميكروبين ، وإنتاج مكونات الطعم .

فى اليوجهورت غير المدعم ، يكون محتوى وتركيب البروتين والأحماض الأمينية الكلية مشابهاً لما هو موجود فى اللبن المستخدم فى الصناعة . يحدث بعض التحلل للكازين ، بالرغم من أن درجة التحلل تكون ضعيفة مقارنة بما يحدث فى اللبن ، ويمثل ما لايزيد عن ١% من البروتين الكلى . تستخدم ميكروبات البلاءى بعض نواتج تحلل الكازين ، بينما نواتج أخرى تتراكم فى اليوجهورت ، مثل الأحماض الأمينية الحرة . كميات الأحماض الأمينية الحرة المتراكمة تختلف طبقاً لنوع اللبن ، حيث تكون ٣٣ ملليجيم/١٠٠ جم فى يوجهورت لبن الماعز ، ٢٣ ملليجيم/١٠٠ جم فى يوجهورت اللبن البقرى و ١٨ ملليجيم/١٠٠ جم فى يوجهورت لبن الغنم . تمثل هذه الكميات ، مقارنة باللبن المستخدم ، زيادة تصل إلى ١٦٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠% على الترتيب . فى اللبن البقرى ، المحتوى الكلى من الأحماض الأمينية الأساسية ترتفع من ١,٢ ملليجيم/١٠٠ جم إلى ٤,٧٧ ملليجيم/١٠٠ جم مع زيادة كبيرة خاصة فى البرولين *proline* ، يليه السيرين *serine* ، الآلانين *alanine* ، الفالين *valine* ، الليوسين *leucine* والمستدين *histidine* . تستمر مستويات الأحماض الأمينية الحرة فى الارتفاع أثناء التخزين نتيجة لاستمرار نشاط *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* .

□ اللبيدات

الجليسيريدات الثلاثية (اللبيدات *lipids*) تتحلل بدرجة ضعيفة بواسطة إنزيمات ليباز LAB . إنزيمات ليباز *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، *Str.thermophilus* تكون أكثر نشاطاً بالنسبة للجليسيريدات الثلاثية المنخفضة الوزن الجزيئى . بالرغم من أن إنزيمات الليباز *lipases* توجد فى هذين الميكروبين (بكتريا بادئ اليوجهورت) ، إلا أن لها تأثير ضعيف على محتوى الألبان المتخمرة من الأحماض الدهنية الحرة . زيادة استخدام لبن فرز أو لبن منخفض الدهون فى

صناعة الألبان المتخمرة يجعل مساهمة تحلل الليبيدات بواسطة إنزيمات ليبيز LAB في صفات الناتج ضعيفة . وعموماً تختلف درجة التحلل طبقاً لنوع اللبن ، حيث يتأثر كل من تركيز ونمط الأحماض الدهنية الحرة.

ب- العناصر الغذائية الصغرى

العناصر الغذائية الصغرى هي المكونات التي توجد بتركيزات منخفضة ، مثل الفيتامينات والعناصر المعدنية الموجودة في اللبن . لا تحدث تغيرات جوهريّة في هذه العناصر الغذائية أثناء عملية التخمير .

□ العناصر المعدنية

تحتاج LAB العناصر المعدنية minerals في نموها ، حيث أن هذه العناصر تحفز وتساعد على حدوث التفاعلات الإنزيمية . ومع ذلك فإن احتياجات هذه البكتريا من هذه العناصر محدودة ، ولا تسبب تغيرات هامة في محتوى الألبان المتخمرة من العناصر المعدنية الكلية . قد يحدث تغيير في إتاحة بعض العناصر المعدنية حيويًا نتيجة للتغيرات في pH أثناء عملية التخمير .

□ الفيتامينات

تحتاج LAB بصفة عامة إلى فيتامينات vitamins . كما في حالة العناصر المعدنية ، فإن فيتامينات B تكون أساسية حيث إنها تحفز وتساعد على حدوث التفاعلات الإنزيمية . عموماً معظم فيتامينات B ما عدا الفولات folate تستخدم بواسطة LAB . نشاط الميكروبات أثناء تخمر البوجهورت يحدث تغيرات هامة في محتوى الفيتامينات ، وتعزى هذه الفروق إلى تركيب اللبن المستخدم والمعاملة الحرارية . يتم تمثيل الفيتامينات في البداية وتخلق بعد ذلك بواسطة ميكروبات البادئ . يحدث تأثير ضعيف على الثيامين thiamine ، ريبوفلافين riboflvine ، حامض نيكوتينيك nicotinic acid وحامض بنتوثينيك pentothenic acid أو البيوتين biotin ، بالرغم أن تركيز الفيتامينين الآخرين عادة تنخفض بدرجة ضعيفة ، بينما فيتامينات أخرى تزيد . ترتفع مستويات حامض الفوليك بمقدار يصل إلى ١٠٠ % ، كما تحدث زيادة في محتوى الكولين choline . تعزى الزيادة في كل حالة بدرجة كبيرة إلى تخليق هذه الفيتامينات بواسطة

Str.thermophilus . يستخدم *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* فيتامين B₁₂ في نموه ونشاطه ، لذلك ينخفض مستوى هذا الفيتامين . الجدول (٣-٥) يبين التغيرات التي تحدث في محتوى اليوجهورت من الفيتامينات نتيجة المعاملة الحرارية ، التخمر والتخزين.

جدول (٣-٥) : التغيرات في محتوى اليوجهورت من الفيتامينات بعد المعاملة الحرارية ، التخمر والتخزين.

الفيتامين	بعد المعاملة الحرارية	بعد التخمر	بعد التخزين
ثيامين (B ₁)	-	-	±
ريبوفلافين (B ₂)	±	-	-
بيريدوكسين (B ₆)	-	-	-
B ₁₂	-	-	±
بيوتين	±	-	±
حامض الفوليك	±	+	-
نياسين	±	-	-
حامض بنتوثنيك	±	-	-
فيتامين C	-	-	-
فيتامين A	±	-	-
بيتا كاروتين	±	-	±

± لا يتغير ، + يزيد ، - ينخفض

٣-٨-٢- الإثاحة الحيوية للعناصر الغذائية

تشمل الإثاحة الحيوية للعناصر الغذائية bioavailability of nutrients ، الإثاحة availability ، الامتصاص absorption ، الاحتجاز retention والاستفادة utilization من العناصر الغذائية . تقويم هذه العناصر يساعد على شرح الإثاحة الحيوية الغذائية لمنتجات الألبان المتخمرة . تتضمن الإثاحة الحيوية

للعناصر الغذائية تخليق بعض العناصر الغذائية وزيادة إتاحة هذه العناصر عقب عملية التخمير .

□ الكربوهيدرات

يعطى مول واحد من اللاكتوز مول واحد من الجللاكتوز ، ٢ مول من حامض اللاكتيك وبعض الطاقة لنمو بكتريا البادئ . حامض اللاكتيك في صورة L(+) وأحماض عضوية أخرى الناتجة من التخمير سوف تمتص في الأمعاء وتستخدم كمصادر للطاقة . يتم تمثيل حامض اللاكتيك في صورة L(+) بينما لا يحدث ذلك لحامض اللاكتيك في صورة D (-) . حوالى ٣٠% من اللاكتوز في اللبن يتحلل بواسطة إنزيم lactase من خلايا LAB . انخفاض تركيز اللاكتوز يكون أحد الأسباب لزيادة تحمل tolerance منتجات الألبان المتخمرة بواسطة الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز وبذلك يكون له أهمية علاجية therapeutic significance .

□ البروتينات

إتاحة البروتين يكون نتيجة المحتوى الكلي من الأحماض الأمينية . تركيب الأحماض الأمينية الكلية لليوجهورت وغيرها من الألبان المتخمرة لا تختلف إختلافاً جوهرياً عن محتوى هذه الأحماض في اللبن ، الذى استخدم في صناعة هذه الألبان المتخمرة ، بالإضافة إلى ذلك ، فإن LAB تحتاج الأحماض الأمينية لكي تنمو . محتوى الأحماض الأمينية في اليوجهورت يكون أعلى نتيجة التحلل الجزئى لبروتينات اللبن بواسطة LAB . معدل الاستفادة من بروتين اللبن يكون مرتفعاً جداً وإتاحة الحيوية لبروتينات اليوجهورت ، نتيجة تجارب على الفئران ، لم يتحسن بدرجة كبيرة مقارنة ببروتينات اللبن . تهضم بروتينات اللبن بسهولة ومن غير المحتمل أن البروتينات المهضومة جزئياً في الألبان المتخمرة وتكوين خثرة ناعمة سوف تحسن من الإتاحة الحيوية للبروتين . الهضم الأولى predigestion للبروتينات قد يكون مفيداً لبعض الأفراد الذى يعانون من نقص في الإنزيمات الهاضمة digestive enzymes نتيجة لحالة مرضية . بالإضافة إلى ذلك ، فإن بروتينات اللبن المسببة للحساسية allergic milk proteins قد يحدث لها دنطرة

denaturation (تغيير في طبيعة البروتين) أثناء المعاملة الحرارية والتخمر أو أحدهما. دنتره أو هضم أولى لهذه البروتينات تكون مفيدة للأفراد الذين يعانون من حساسية بروتينات اللبن . لذلك فإنه من الناحية الإجمالية فإنه لا تحدث زيادة في الإتاحة الحيوية الغذائية نتيجة التخمر . من الناحية الفسيولوجية ، بعض الببتيدات الناتجة من تحلل بروتينات اللبن تسبب نشاطاً بيولوجياً. بالرغم من أن هذه الببتيدات تؤثر على امتصاص الكالسيوم ويكون لها تأثيرات دوائية pharmacological على الجهاز العصبي المركزي ، جهاز الأوعية الدموية للقلب cardiovascular ، الجهاز الهضمي digestive system والجهاز المناعي ، فإنه توجد أدلة قليلة حالياً لربط هذه الصفات مع الألبان المتخمرة وعملية التخمر . كما أن هضم هذه الببتيدات بواسطة إنزيمات الجهاز الهضمي تضعف من مصداقية هذه الصفات.

□ العناصر المعدنية

يعتبر الكالسيوم والفوسفور من أهم العناصر المعدنية minerals الأساسية للعظام . اللبن ومنتجات الألبان المتخمرة مصادر ممتازة للعناصر المعدنية الغذائية ، خاصة الكالسيوم ، الفوسفور ، المغنسيوم والزنك . الإتاحة الحيوية للكالسيوم من الألبان المتخمرة تكون مرتفعة ، وتكون سهلة الامتصاص . يسهل امتصاص الكالسيوم في وجود بعض مكونات الغذاء مثل اللاكتوز . وقد أوضحت الدراسات على حيوانات المعمل تباين النتائج المتعلقة بالإتاحة الحيوية للكالسيوم من الألبان المتخمرة . عند تغذية الخنازير والفئران بعلائق متزنة ، كانت الاستفادة من الكالسيوم متماثلة لكل من العلائق المدعمة باللبن أو باليوجهورت . تم دراسة الإتاحة الحيوية للكالسيوم ، الفوسفور ، المغنسيوم والحديد من اللبن ، اللبن المعامل باللاكتيز ، اليوجهورت واليوجهورت المستر على الفئران . وقد وجد أن الإتاحة الحيوية bioavailability للكالسيوم ، الزنك وخاصة المغنسيوم من الألبان المتخمرة قد انخفض عند قياسها بواسطة الامتصاص المعوي intestinal absorption ، إفراز البول ومحتوى العظام من العناصر المعدنية . أثناء التخمر ، يحدث تمثيل للاكتوز وينخفض امتصاص العنصر المعدنية . بالإضافة إلى ذلك ، فإن اليوجهورت وليس اللبن يقلل بدرجة كبيرة من

امتصاص الحديد في الأمعاء . عند تغذية أنواع مختلفة من اليوجهورت لفئران مفظومة weaning لمدة ٢٨ يوم ، وجد أن ارتفاع مستوى الكالسيوم في العليقة ، يؤدي إلى ارتفاع كل من رماد العظام والصفات الطبيعية لعظمة الفخذ femur طردياً بالرغم من عدم وجود اختلافات معنوية عالية بين النتائج .

في الدراسات على الحيوانات العملية والإنسان ، وجد أن الإتاحة الحيوية للعناصر المعدنية من اليوجهورت تكون مساوية أو أقل مما في حالة اللبن . أثناء المعاملة البيولوجية يتحلل حوالي ٣٠% من اللاكتوز ، ومع ذلك فإن الإتاحة الحيوية للكالسيوم من منتجات الألبان يكون أعلى مما في المنتجات النباتية . عموماً فإن منتجات الألبان المتخمرة لا تختلف عن اللبن بالنسبة للإتاحة الحيوية للعناصر المعدنية ، ومع ذلك فإن هذا الاختلاف من الناحية التغذوية ليست على جانب كبير من الأهمية وأن الألبان المتخمرة تعتبر مصدراً ممتازاً للعناصر المعدنية .

□ الفيتامينات

تعتبر الفيتامينات vitamins عوامل مساعدة أساسية في العمليات الأيضية المختلفة ، ويعتبر اللبن ومنتجات الألبان المتخمرة مصادر جيدة للفيتامينات . يوجد اختلافات واسعة في محتوى الألبان المتخمرة من الفيتامينات نظراً لأن LAB يغير من محتوى الألبان المتخمرة من الفيتامينات . كثير من LAB تحتاج فيتامينات B للنمو ، بينما عدة أنواع من LAB تكون قادرة على تخليق هذه الفيتامينات . بعض أنواع من LAB تحتاج فيتامينات B ، خاصة حامض الفوليك . تم تقدير مستوى الفولات عند تنمية LAB في اللبن الفرز ووجد أن *Lb.delbrueckii* *ssp. bulgaricus* تخفض من مستوى الفولات ، بينما *Str.thermophilus* ، *Lb.acidophilus* تزيد من مستويات الفولات بدرجة كبيرة . وقد وجد أن تنمية بعض أنواع من *Lactobacilli* في لبن فرز مسترجع ، تحتاج إلى فيتامين B_{12} للنمو . وقد أشارت بعض الأبحاث أن محتوى الألبان المتخمرة من فيتامينات B يرجع إلى نوع وكذلك سلالة LAB المستخدمة في الصناعة .

تؤثر المعاملات التكنولوجية والتخزين للألبان المتخمرة على محتوى هذه الألبان من الفيتامينات . قد تؤثر فترة ودرجة حرارة التحضين على محتوى الألبان المتخمرة من الفيتامينات . وقد لوحظ أن إنتاج بعض فيتامينات B بواسطة LAB

يتوقف على درجة حرارة التحضين . درجة الحرارة المثلى لإنتاج النياسين niacin والفولات folate في اليوجهورت ٤٢°م ، ولكن ينخفض مستوى حامض الفوليك وفيتامين B₁₂ في اليوجهورت أثناء التخزين عند ٤-٥°م . يكون البيوتين biotin والنياسين niacin وحامض البنتوثينك pantothenic ثابتاً بدرجة كبيرة في اليوجهورت أثناء التخزين عند ٥°م.

عموماً فإن تركيز فيتامينات B في الألبان المتخمرة يكون مرتفعاً . تركيز حامض الفوليك أعلى في القشدة الحامضية sour مقارنة باليوجهورت وليس باللبن الخض الذي يكون مرتبطاً بتركيز الجوامد اللادھنية في الناتج . وقد وجد أن فيتامينات B يكون أعلى في اليوجهورت المدعم بجوامد اللبن اللادھنية مقارنة باللبن . من ناحية أخرى فإن معظم فيتامينات B توجد بتركيزات أقل في اليوجهورت عنه في اللبن ، باستثناء الفولات . وفي دراسة عن تخليق والاستفادة من حامض الفوليك وفيتامين B₁₂ بواسطة LAB في اليوجهورت ، وجد أن حامض الفوليك في اليوجهورت ينخفض بعد ٣,٥ ساعة من التحضين . يتم تخليق حامض الفوليك بواسطة *Str. thermophilic* ، بينما يحتاج إليه *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus* . عموماً ، عند مقارنة محتوى اللبن من الفيتامينات واليوجهورت ، فإنه من الصعب أن توجد ميزة للألبان المتخمرة على اللبن الطازج . ويجب الإشارة إلى أن المعاملة الحرارية الأولية للبن تكون هامة لإنتاج الصلابة المرغوبة لليوجهورت ومنع انفصال الشرش . الإتلاف الجزئي للفيتامينات تعتبر أحد عيوب هذه المعاملة الحرارية ، لذلك فإن الأمر يتطلب مزيداً من الدلائل لتأكيد أن الإتاحة الحيوية من الفيتامينات للألبان المتخمرة تكون أفضل تغذوياً عنه في اللبن .

٤- أنواع الألبان المتخمرة

تختلف طبيعة منتجات الألبان المتخمرة من مكان لآخر ، طبقاً لنوع الميكروبات المستخدمة والظروف المناخية للمنطقة . فمثلاً ، في الظروف تحت القارية sub-tropical ، في الشرق الأوسط ، فإنه من المتوقع أن تكون بكتريا حمض اللاكتيك المحبة للحرارة العالية thermophiles (درجة حرارة النمو المثلى

٤٠-٤٥°م) سائدة على الأنواع المحبة للحرارة المعتدلة mesophiles (درجة حرارة النمو المثلى ٣٠°م) السائدة في شمال أوروبا. في بعض المناطق، مثل البلقان والقوقاز، تصنع منتجات أخرى مثل الكفير Kefir والكوميس Koumiss باستخدام بكتريا حامض اللاكتيك والخمائر.

ما زالت مراحل تصنيع الألبان المتخمرة عملية معقدة، تشمل علوم الميكروبيولوجيا، الإنزيمات، الكيمياء والكيمياء الحيوية، الفيزياء والهندسة. هناك تشابه كبير في النواحي التكنولوجية لصناعة هذه الألبان المتخمرة، كما تتضمن عملية التخمير ميكروبات متخصصة. يوجد في جميع أنحاء العالم حوالي ٤٠٠ أسم تستخدم لمنتجات الألبان المتخمرة التقليدية traditional والمصنعة industrialized. تحمل هذه المنتجات أسماء محلية مختلفة ولكنها متشابهة تقريباً. يمكن تقسيم الألبان المتخمرة إلى ٣ أنواع طبقاً لمنتجات التخمير (metabolic products):

١- ألبان متخمرة باستخدام بكتريا حامض اللاكتيك Lactic fermentation
أ- محبة للحرارة المعتدلة mesophilic

مثل اللبن الخض Buttermilk، اللبن الخض المتخمّر Cultured Butter milk واليمر Ymer.

ب- محبة للحرارة المرتفعة thermophilic

مثل اليوجهورت، الزبادي، اللبنة (لبن متخمّر مركز)، اللبن الرايب، السكير Skyr، اللبن الخض البلغاري Bulgarian Buttermilk.

ج- علاجية therapeutic

مثل Biograde، Bifighurt، لبن الأسيديوفلس Acidophilus milk، ياكولت Yakult، Cultura AB.

٢- ألبان متخمرة بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك وخمائر Yeast-lactic fermentation مثل الكفير Kefir، الكوميس Koumiss، لبن أسيديوفلس محتوي على خميرة Acidophilus-yeast milk.

٣- ألبان متخمرة بواسطة بكتريا حامض لاكتيك وفطريات Mold-lactic fermentation: مثل الفيلى Viili.

- يتم تصنيع منتجات قريبة الشبه من الألبان المتخمرة بواسطة :
- أ- التخلص من الشرش لتركيز الناتج الذى يشبه الجبن الطرى ، مثل اللبننة
Lebneh ، اليمر Ymer ، السكير Skyr ولبن الزير .
- ب- تخفيف خليط من الحبوب واللبن المتخمر ، مثل الكشك^(١) Kishk .
- ج- تجميد اللبن المتخمر لإنتاج ألبان متخمرة مجمدة frozen fermented milk تشبه الثلجات القشدية .

في بداية القرن التاسع عشر أشار العالم Conn إلى أهمية نمو البكتريا في تكوين نكهة في المنتجات المتخمرة ، وأن تسوية القشدة تهدف إلى ما هو أكثر من إنتاج الحموضة ، حيث وجد أن إضافة الحامض لا يعطى نفس النتائج التى يمكن الحصول عليها عند نمو البكتريا . وقد اقترح أن الحامض والطعم تكون نتيجة تخمرات مختلفة ، وأن النكهة aroma تختلف عن الطعم flavour . ما زالت مصداقية هذه الملاحظات سارية حتى الآن ، وخاصة عندما يتم بدقة اختيار سلالات معينة في البادئ المختلط للحصول على أفضل طعم ونكهة في منتجات الألبان المتخمرة . يتم تخمير اللبن بواسطة ميكروبات (بكتريا ، خمائر ، فطريات أو خليط منهم) التى تكون قادرة على تخمير اللاكتوز أساساً إلى حامض لاكتيك، الذى يعتبر مسئولاً عن المذاق الحامضى المرغوب في جميع الألبان المتخمرة . بالرغم من أن الناتج الرئيسى من التخمر هو حامض اللاكتيك ، فإن نواتج أخرى ثانوية تكون أيضاً حيوية لجودة المنتج وتميزه . قد يضاف ميكروبات منتجة للبوليمرات polymers (سلالات مخاطية ropy strains) لتحسين التركيب البنائى

(١) ينتشر الكشك في صعيد مصر ، حيث يصنع بغلى حبوب القمح التى تغسل بعد ذلك بالماء البارد للتخلص من المواد الجيلاتينية ثم تنشر في الشمس على حصيرة أو قماش نظيف حتى يجف . تزال القشرة الخارجية لهذه الحبوب بعد ذلك وتطحن للحصول على مجروش ، الذى يخلط مع لبن الزير بنسبة ١ : ٢ ثم يترك ليتخمر لمدة ٢٤-٤٨ ساعة ، ثم يقطع بعد ذلك إلى قطع صغيرة ويترك في الهواء حتى يجف . تتكون المجموعة البكتيرية لهذا الناتج أساساً من : (١) مجموعة بكتريا *Leuconostoc spp.* التى توجد في لبن الزير ، حيث تنمو وتكاثر وتسبب زيادة في حموضة الناتج بالرغم من عدم وجود سكر اللاكتوز ، (٢) بعض أنواع من الخمائر و (٣) بكتريا متحرمة هوائية وخاصة *Bacillus subtilis* ، حيث تقوم بتحليل كمية من نشا الحبوب بفعل إنزيمات الأميليز وإنفراد كميات من السكر التى يتم تخميرها بواسطة *Lactobacillus spp.* وإنتاج الحموضة.

texture للبن المتخمر حتى يكون قوام الناتج جيداً . قد يتلف قوام اللبن المتخمر نتيجة تكوين غاز ، إذا كان التخمر مختلطاً heterofermentative لكن وجود غاز CO₂ يكون ضرورياً لمشروبات اللبن الكحولية alcoholic milk beverages ، الكفير والكوميس ، حيث تعطى لهذه المنتجات صفة الفوران sparkling . جميع هذه الخواص الحسية تكون نتيجة لتخميرات متعددة ، وقد يكون من المقبول اختيار سلالات متعددة multi strain ، أو غالباً أنواع متعددة multi species للتلقيح inoculation للحصول على منتجات ألبان متخمرة جيدة.

٤-١- الألبان المتخمرة باستخدام بكتريا حامض اللاكتيك LAB

هذه الأنواع من الألبان المتخمرة من المنتجات الأكثر شبيوعاً في صناعة الألبان . البادئ المستخدم في صناعة هذه الألبان تتكون أساساً من LAB . عموماً معظم الألبان المتخمرة (مثل اليوجهورت ، اليمر Ymer ، الداهى Dahi ، اللبن الخض Buttermilk أو المنتجات العلاجية therapeutic products) تستخدم بادئات مختلطة mixed starter ، لكن في بعض الأحيان يستخدم سلالة واحدة single strain كما في حالة صناعة اللبن الخض البلغاري Bulgarian buttermilk ولبن الأسيدوفلس Acidophilus milk .

٤-١-١- استخدام السلالات المحبة للحرارة المعتدلة

تستخدم بكتريا أجناس *Pediococcus*, *Leuconostoc* ، *Lactococcus* في صناعة منتجات "تخمير بكتريا حامض اللاكتيك المعتدلة الحرارة mesophilic LAB" . تشمل LAB المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic السلالات التي تكون درجة حرارة النمو المثلى لها حوالي ٢٠-٣٠°م . تتكون مزارع بادئات جنس *Lactococcus* من :

Lc.lactis ssp. *lactis*

Lc.lactis ssp. *cremoris*

Lc.lactis biovar *diacetylactis*

كانت تعرف هذه البكتريا بالبكتريا الكروية المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic Streptococci وتنتمي إلى Lancefield group N . هذه البكتريا كروية إلى بيضاوية الشكل ، توجد منفردة ، في أزواج أو في سلاسل ، موجبة لجرام غير متجرئة ، شحيحة الاحتياجات الهوائية microaerophilic ، وتنتج Lactate (+) من اللاكتوز ، *Lc.lactis biovar diacetylactis* هو الميكروب الوحيد في هذه المجموعة الذى ينتج ثنائى الأستيل diacetyl . لا تحتوى بكتريا *Lactococcus* spp. على أسواط flagella ، بعض السلالات التى تسبب مخاطية ropy تكون قادرة على إنتاج سكريات عديدة خارج الخلية cxopolysaccharides . ترتبط بكتريا *Leuconostoc* spp. التى تتضمن الأنواع التالية :

Leuc mesenteroides ssp. *mesenteroides*.

Leuc. mesenteroides ssp. *cremoris*

Leuc. mesenteroides ssp. *dextranicum*

وتتشارك مع بكتريا حامض اللاكتيك العصوية المختلطة التخمر hetero fermentative lactobacilli فى كثير من الصفات . هذه البكتريا (*Leuconostoc* spp.) تحتاج إلى متطلبات غذائية معقدة ، بعض السلالات تنتج سكريات عديدة خارجية (EPS) cxopolysaccharide . تتميز بعض السلالات *Leuc.mesenteroides* ssp. *cremoris* بفترة جيل طويلة long generation time (٤٨ ساعة عند ٢٢-٣٠م°) عند مقارنتها بميكروب *Leuc.mesenteroides* ssp. *mesenteroides* ، الذى يتميز بفترة جيل قصيرة (٢٤ ساعة عند ٣٠م°) . يختلف الشكل الظاهرى للخلايا باختلاف بيئة النمو ، فى بيئة الجلوكوز glucose medium ، تميل الخلايا إلى الشكل العصى مشابهاً لـ *Lactobacilli* . هذه الخلايا بيضاوية الشكل coccoid ، موجبة لجرام ، غير متجرئة ، غير متحركة وتوجد منفردة أو فى أزواج التى تكون سلاسل قصيرة أو متوسطة الطول . بكتريا *Leuconostoc* spp. المستخدم فى بادئات الألبان تنتج بصفة أساسية D(-)lactate وثنائى الأستيل diacetyl عندما تنمو فى اللبن .

Pediococcus acidilactici هو السلالة الوحيدة فى جنس *Pediococcus*

التي تستخدم فى بادئات الألبان . تنقسم *Pediococci* بالتبادل فى مستويين

عموديين لتكون مربعات tetrades التي تميز هذه الميكروبات مورفولوجيا عن غيرها من بكتريا حامض اللاكتيك . خلايا هذه البكتريا كروية موجبة الجرام موحدة الحجم ، تنج DL-lactate ، غير متحركة ، لا تكون جراثيم ولا تكون كبسولات . هذا الميكروب له مرادفات synonyms أخرى مثل *P.lindneri* ، *Str.lindneri* و *P.cerevisiae* .

أ- اللبن الحض الطبيعي أو التقليدي Traditional or natural buttermilk

كثير من الدول تفضل الزبد الناتج من قشدة مسواه ripened cream ، حيث يتكون لبن خض طبيعي أو تقليدي كنتاج ثانوي من صناعة الزبد ، بعد خض القشدة المسواه . يتكون البادئ (المستخدم في تسوية القشدة) من مخلوط من *Leuconostoc spp.*، *Lactococcus spp.* . هذا النوع من اللبن الحض شائع في دول شمال أوروبا ، كما أنه يستهلك بدلاً من اللبن الطازج سواء كمشروب beverage أو مع الحبوب الغذائية cereal .

تم معاملة القشدة حرارياً ، قبل عملية التسوية ripening ، عادة عند ٩٠-٩٥°م لمدة ١٥ ثانية أو بطريقة خاطفة عند ١٠٥-١١٠°م (أى بدون فترة حجز) . هذه المعاملات الحرارية المرتفعة تحدث دنتره للـ β -Lg ، حيث تظهر بمجاميع SH- التي تعمل كمواد مضادة للأكسدة antioxidants ، كما تحسن من نمو البادئ . قد يتم تعريض القشدة للتفريغ vacuum treatment أثناء التبريد ، وذلك للتخلص من الطعم المطبوخ cooked flavor ، ومع ذلك فإن إنتاج حامض اللاكتيك وتكوين النكهة بواسطة *Leuconostoc spp.*، *Lactococci* سوف تحجب مثل هذه العيوب غير المرغوبة . الصفات الحسية الرئيسية لهذا النوع من اللبن الحض : (١) المذاق taste (حامض لاكتيك أو حامض sour) ، (٢) النكهة (طعم زبدى buttery flavor يعزى إلى ثنائي الأسيتيل) و (٣) وجود بعض حبيبات زبد صغيرة butter granules .

يعتقد أن انخفاض الإنتاج العالمي لهذا النوع من الألبان المتخمرة قد يرجع إلى أن إنتاج الزبد يكون موسمياً seasonal ، ولذلك فإن مثل هذا الناتج لا يكون متوفراً للمستهلك بصورة دائمة وكذلك استخدام طريقة NIZO حيث يحقن

مقطر البادئ starter distillate في الزبد أثناء الخدمة working في صناعة الزبد ، وبذلك يستغنى عن تسوية القشدة .

ب- اللبن الخض المتخمر Cultured buttermilk

وهو عبارة عن لبن فرز متخمر fermented skimmed milk (يحتوى على ٩,٥ % SNF) ، حيث يسخن اللبن الفرز تسخين أولياً ، يجنس (١٧-٢٠ MPa) ، يسخن إلى ٨٥°م لمدة ٣٠ دقيقة أو ٩٥°م لمدة تصل إلى ٥ دقائق ، ثم يبرد إلى ٢٢°م ويلقح ببادئ محب للحرارة المعتدلة mesophilic starter . يتراوح محتوى اللبن الخض من SNF بين ٧,٤ - ١١,٤ % والدهن من ١,٢٥ - ١,٩ % . عادة يتم تدعيم اللبن الفرز الطازج بمسحوق لبن فرز SMP ، وإذا أضيف دهن اللبن يتم التجنيس على مرحلتين (المرحلة الأولى عند ضغط ١٣,٨ MPa والمرحلة الثانية عند ضغط ٣,٥ MPa) . تتكون البادئات المستخدمة في صناعة اللبن الخض المتخمر من خليط من نوعين : *Lc.lactis ssp. lactis* ، *Lc.lactis ssp. cremoris* ، *Lc.lactis biovar diacetylactis* (إنتاج حامض اللاكتيك) ، *Leuc.mesenteroides ssp. cremoris* (إنتاج النكهة) . يتوفر حالياً في الأسواق مزارع بادئات مركزة مجمدة frozen concentrated للتليقح المباشر في الحوض Direct Vat Inoculation (DVI) ، تحتوى على سلالات مختارة من *Leuconostoc spp.* ، *Lactococcus spp.* لإنتاج الحموضة والطعم واللزوجة viscosity . تسترجع هذه المزارع ، في اللبن المعد للصناعة ، لمدة ١٠-١٥ دقيقة ، ثم التحضين عند ٢٢,٨°م لمدة ١٢-١٤ ساعة حتى يصل pH إلى ٤,٦٥ .

ترجع عيوب الطعم في اللبن الخض أساساً إلى عوامل تؤثر على نشاط الميكروبات ، تتضمن مستويات الأكسجين والسترات . إنتاج الحامض بمعدل بطيء أو سريع جداً بواسطة البادئ قد لا يعطى الفرصة لظهور طعم ثنائي الأستيل diacetyl . بكتيريا *Leu.mesenteroides ssp. cremoris* ، *Lc.lactis biovar diacetylactis* تكون قادرة على تمثيل السترات في اللبن مع تكوين ثنائي الأستيل و CO₂ كنتاج ثانوى ، وعندما تستهلك السترات ، فإن ثنائي الأستيل يختزل إلى أسيتوين actoin . وعادة يضاف ٠,٥ - ٠,١ % حامض الستريك إلى اللبن .

التراكم الزائد للأسيتالدهيد بواسطة بعض Lactococci يسبب صفات غير مرغوبة، مثل الطعم الأخضر "green flavor" *Leuc.mesenteroides* ssp. *cremoris*. يساعد في تمثيل الاسيتالدهيد . بعض *Lactococcus* spp. (المتحملة البرودة psychrotrophes والمحبة للحرارة المعتدلة mesophiles) تكون قادرة على اختزال ثنائي الأسيتيل في اللبن الحض أثناء التخزين عند درجات حرارة منخفضة ، لذلك فإن اختيار سلالات البادئات على جانب كبير من الأهمية .

ارتفاع محتوى اللبن من الأكسجين يساعد على الوصول إلى إنتاج الحد الأقصى من ثنائي الأسيتيل . إدخال الهواء أثناء مرحلة التبريد يؤدي إلى انخفاض اللزوجة وانفصال الشرش ، ولكن هذه الطريقة لا يوصى بها ويفضل إضافة السترات . التبريد السريع غير مرغوب حيث أنه يوقف تراكم الحماض وفقد طعم ثنائي الأسيتيل.

إنتاج لبن خض شبيه باللبن الحض التقليدي ، يمكن إدخال حبيبات الزبد باستخدام إحدى الطرق التالية : (١) إضافة حبيبات زبد مجفدة freeze-dried butter granules ، (٢) استخدام طرق الحض churning methods ، (٣) تقطير dripping قشدة مسالة melted cream أو دهن لبن لا مائي anhydrous إلى لبن خض بارد . إضافة الملح بمعدل ١,٠% يكون اختيارياً وعادة يضاف أثناء مرحلة التبريد . قد يستخدم كلوريد البوتاسيوم بدلاً من كلوريد الصوديوم دون أن يؤثر على المذاق أو قابلية المنتج للاستهلاك بدرجة ملموسة . قد يتضمن الحديث في تكنولوجيا اللبن الحض المتخمر التطور في المجالات العملية التالية :

□ استخدام تكنولوجيا الترشيح الفائق UF الذي يزيد من محتوى الكالسيوم ويحسن من لزوجة اللبن الحض.

□ تطور طرق الإنتاج باستخدام التخمير المباشر direct acidification وتخمير السترات باستخدام سلالة *Leuc.mesenteroides* ssp. *cremoris* فقط أو خليط من التخمير والتخمير المباشر للبن ، ومع ذلك فإن عملية التخمير المباشر قد لا تكون مقبولة من حيث الصفات العلاجية للبن المتخمر واحتمال فقد ثنائي الأسيتيل أثناء التخزين.

- استخدام الهندسة الوراثية لزيادة إنتاج α -acetolactate الذى يتكون منه ثنائى الأستيل بواسطة *Lactococcus spp.*
- انخفاض استهلاك اللبن الحض فى الولايات المتحدة الأمريكية خلال العشرين سنة الأخيرة قد تم تعويضها بزيادة استهلاك اليوجورت ، وباستخدام خلطات مختلفة من ألبان الثدييات وإضافة مواد مكسبة للطعم للبن الحض أو استخدام بكتريا وقائية probiotic فى مزارع البادئ قد يساعد على زيادة استهلاك اللبن الحض .

يتم إنتاج منتجات شديدة الشبه باللبن الحض فى دول مختلفة ، فمثلاً *Saya* هو عبارة عن لبن متخمّر غازى carbonated (يحتوى على حوالى ٠,٤ % CO_2) فى ألمانيا ، ويصنع من بادئ خليط من *Lc.lactis ssp. lactis* وسالنتين من *Leuc.mesenteroides ssp. dextranicum* . تضاف إنزيمات protease مع البادئ ، ويدعم الناتج بفيتامينات A ، B ، C . يتبع Junket or Ylette فى الدنمارك باستخدام خليط من بكتريا حامض اللاكتيك المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic LAB : *Lc.lactis ssp. cremoris* (٧٥ %) ، *Lc.lactis biovar dicetylactis* (٢٠ %) ، *Leu.mesenteroides ssp. cremoris* (٥ %).

ج- الألبان المتخمرة الإسكندنافية Scandinavian (Nordic) sour milk

منتجات لبن الحض التقليدية فى النرويج ، السويد وغيرها من الدول المجاورة تكون لزجة slimy أو مخاطية ropy ، تستخدم الأعشاب herbs أيضاً لإنتاج ألبان متخمرة غليظة القوام thick تعرف هذه المنتجات بـ Långfil (التي تعني لبن طويل long milk) ، Tättfil ، Langmjölk ، Filmjölk ، Tåtmjölk ، Filbunk, (الذى يصنع من لبن كامل الدسم ويستهلك مباشرة) . تصنع هذه المنتجات فى هذه الدول فى المزارع farms .

استخدام الأعشاب قد تضيف ميكروبات منتجة للزوجة (المخاطية) slime-producing microorganisms (*Alcaligenes viscosum*) حيث تكون فلورا طبيعية فى ورق هذه الأعشاب ، ولا تستخدم حالياً فى إنتاج Långfil . هناك منتجات أخرى قريبة الشبه مثل Viili (فى فنلندا Finland)، Yemer (فى الدنمارك Denmark) و Skyr (فى آيسلندا Iceland) والى سوف تناقش فيما

بعد نظراً لأن Villi تحتوي على فطر *Geotrichum candidum* وأن Ymer و S kyr منتجات مركزة.

تصنع الألبان المتخمرة الأسكندنافية من لبن معدل محتواه من الدهن بحيث يحتوي على ٥,٠ إلى ٣% دهن . عادة لا يتم تدعيم محتوى اللبن من SNF . يستخن اللبن الكامل الدسم مبدئياً إلى ٧٨° م ، ويتم إزالة الهواء deaerated في أحواض تحت تفريغ حيث تنخفض درجة الحرارة إلى حوالي ٧٠° م. ينقل اللبن إلى فراز لتعديل نسبة الدهن في اللبن مباشرة إلى المستوى المرغوب في الناتج النهائي ، ثم يتم التجنيس بعد ذلك عند ضغط ١٧,٥ - ٢٠ MPa عند ٧٠° م . يستخن اللبن إلى ٩٠-٩٥° م ويحجز عند هذه الدرجة لمدة ٣-٦ دقيقة ، ثم يبرد إلى ٢٠° م ويلقح ببادئ (١-٢% بادئ إضافة bulk starter) يتكون من خليط من *Lc.lactis biovar* ، *Lc.lactis ssp. cremoris* ، *Lc.lactis ssp. lactis* مع سلالات مكونة للزوجة slime-forming strains ، يقرب لمدة ١٠ دقائق وتخمّر لمدة ٢٠ ساعة عند ٢٠° م . عندما تصل الحموضة إلى ٠,٨ - ٠,٩% حامض لاكتيك يتم تبريد الخثرة والتعبئة ثم تنقل العبوات إلى غرف التبريد .

تفتيت Filmjölک عند حموضة أقل يؤدي إلى انفصال شرش ، إذا لم يتم إزالة الهواء من مخلوط اللبن المستخدم في الصناعة تحدث عيوب مثل تكوين حبيبات granulation ، كتل lumpiness وتنخفض اللزوجة . على العكس ، فإن Tætmjölک تصل فترة صلاحيته إلى ١٠ شهور ويحتوي على حوالي ١,٠% حامض لاكتيك ، ٠,٣ - ٠,٥% كحول ، آثار من حامض الخليك ويتم تشبيعه بغاز CO₂ .

د- القشدة المتخمرة Cultured cream

تعرف القشدة المتخمرة أحياناً بالقشدة الحامضية sour cream ، وهي منتج مرتفع اللزوجة مع طعم ونكهة اللبن الحض . يختلف محتوى القشدة من الدهن من ١٠-١٢% أو ٢٠-٣٠% . يتميز الناتج بمذاق حامض سائغ ونكهة الزبدة buttery aroma وطعم يشبه المكسرات nutty flavor . وطريقة استهلاك القشدة المتخمرة لا تختلف كثيراً عن طريقة استهلاك القشدة العادية.

الطريقة النموذجية لإنتاج القشدة تتضمن تعديل تركيب اللبن الكامل بالقشدة إلى نسبة الدهن المرغوب أو تدعيم القشدة بحوالي ٢-٣% جوامد لبنية. يفضل إضافة حامض الستريك أو سترات الصوديوم لتحسين نشاط البادئ. يتم تدفئة القشدة أو اللبن بعد التعديل إلى ٦٠-٧٠°م، ويتم تجنيس القشدة منخفضة الدهن low-fat cream (١٠-١٢%) عند ضغط ١٥-٢٠ MPa، بينما يستخدم الضغط المنخفض ١٠-١٢ MPa لتجنيس القشدة المحتسوى على ٢٠-٣٠% دهن. عموماً، ارتفاع درجة حرارة التجنيس يحسن من قوام النلتج النهائي. تسخن القشدة المجنسة إلى ٨٠°م لمدة ٣٠ دقيقة أو ٩٠°م لمدة ٥ دقائق. بعد التبريد إلى ١٨-٢١°م، تلقح القشدة ببادئ الإضافة bulk starter. معدل ١-٢% حيث يتم التخمير لمدة ١٨-٢٠ ساعة حتى تصل الحموضة إلى ٠,٨%. يتكون البادئ المستخدم من *Lc.lactis ssp. lactis*, *Lc.lactis biovar diacetylactis*, *cremoris*, *Leuc.mesenteroidesssp.cremoris*. بعد التخمير، تكون لزوجة القشدة المتخمرة مرتفعة جداً، ولكن تصبح أقل لزوجة (خفيفة القوام thinner) خلال المعاملات الميكانيكية، التبريد، الضخ pumping والتعبئة. لهذا السبب، فإن بعض صانعي القشدة المتخمرة يقومون بإنتاج قشدة متخمرة من النوع المتناسك القوام set-type حيث تخضن القشدة في العبوة التي تصل إلى المستهلك حتى يكون الناتج أكثر ثخانة في القوام thicker. قد يضاف الكيموسين chymosin بكميات قليلة مع البادئ لإنتاج قشدة متخمرة ذات قوام أكثر ثخانة thicker body. إضافة كميات زائدة من المواد المجبنة يؤدي إلى تركيب بنائي خشن rough أو محبب grainy ويزيد من انفصال الشرش syneresis نتيجة تحلل k-casein و/أو k-casein/β-Lg. يمكن تحسين قوام body وتركيب texture القشدة المتخمرة بإضافة مثبتات stabilizers أو بواسطة الترشيح الفائق UF للبن الجاموسي. يتم صناعة القشدة المتخمرة من اللبن الجاموسي بواسطة UF، حيث تخمر قشدة UF وذلك بإضافة بادئ خليط mixed starter، يتكون من *Lc.lactis biovar*, *Lc.lactis ssp. cremoris* و *diacetylactis* بنسبة ٢ : ١.

يتضمن الحديث في تكنولوجيا القشدة المتخمرة ما يلي : (١) معاملة حرارية مرتفعة بعد التخمير ، ثم التجنيس و التعبئة الساخنة hot-packging ، (مثل صناعة جبن القشدة) ، (٢) استخدام *Lb.acidophilus* معدل ٥ % لتخمير القشدة (٤٠-٤٥ جم دهن/١٠٠ جم) ، وإضافة سكر (٥ %) في صورة شراب . syrup

هـ- منتجات متنوعة Miscellaneous products

يتم إنتاج أنواع مختلفة من الألبان المتخمرة الطبيعية في المناطق الريفية في دول مختلفة . في معظم هذه المنتجات يحدث عادة تخمر ذاتي للبن spontaneous fermentation . وفيما يلي بعض الأمثلة لهذه المنتجات في الدول المختلفة :

كينيا **Kenya** : *Maziwa lala* لبن متخمر تقليدي ، ويعرف تجارياً بـ *lala* . يسخن اللبن الذي لا يدعم إلى ٨٥°م لمدة ٣٠ دقيقة أو ٩٠°م لمدة ١٥ دقيقة ، ثم يبرد إلى درجة حرارة التحضين ويلقح ببادئ خليط mixed (*Lc.lactis* ssp. *cremoris*, *Lc.lactis* biovar *diacetylactis*, starter (*Leuc.mesentroides* ssp. *cremoris*) . يفضل إضافة عصائر الفاكهة إلى اللبن المتخمير ، مع إضافة السكر للتحلية ومثبتات مثل البكتين ، الجيلاتين أو كازينات الصوديوم .

من الألبان المتخمرة التقليدية الأخرى في كينيا : (١) *Iriari matii* ويصنع بإضافة ٢ % *Str.thermophilus* . (٢) *Susa* يصنع من لبن الأبل باستخدام بادئ محب لدرجات الحرارة المعتدلة ومختلط التخمر heterofermentative . mesophilic

نيجيريا **Nigeria** : نونو *Nono* لبن متخمر تقليدي ينتج في شمال نيجيريا باستخدام فلورا غير معرفة undefined . عينات نونو *Nono* الطازجة التي تعرضت لمعاملة حرارية تدل على أن بكتريا حامض اللاكتيك المتبقية survival عبارة عن *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ، *Lb.helveticus* ، *Lc.lactis* ssp. *cremoris* ، *Lb.plantarum* . قد يضاف للناتج مواد مكسبة للطعم لتحسين طعم الناتج . كما أن إضافة ٢٥, ٠ جم بنزوات/١٠٠ جم من النونو *Nono* يزيد من فترة الصلاحية shelf-life عند

٤٠ م بدرجة أفضل عن ٢٥ م . يتم إنتاج النونو *Nono* ذات صفات حسية مقبولة باستخدام بادئ خليط (*Lc.lactis biovar diacetylactis*, *Lc.lactis ssp. cremoris*, *Lb.brevis*) . إضافة الخمائر تؤثر سلباً على تقدم الحموضة وإنتاج ثنائي الأسيتيل .

◀ **زيمبابوي Zimbabwe** : أماسي *Amasi* نموذج لبن متخمّر يصنع في المنطلق الريفية في زيمبابوي . بعد التخمّر الطبيعي للبن ، يزال بعض الشرش ويضاف قشدة متخمرة طبيعياً وذلك لتحسين القوام . يحتوي هذا النوع من الألبان المتخمرة على ١٦,٥% جوامد كلية ، ٥,٩% دهن و ٤,٦% بروتين و pH حوالي ٣,٩ ، يصل العدد الكلي للبكتيريا ١٠^٨ - ١٠^{١٠} /cfu جم ، كما أن المنتج شديد التلوث ببكتيريا القولون ، الخمائر والفطريات . وعموماً تعتبر الألبان المتخمرة الزيمبابوية منتجات بادئات محبة للحرارة العالية أكثر منها محبة للحرارة المعتدلة.

◀ **أثيوبيا (الحبشة) Ethiopia والصومال Somalia** : *Ititu*, (*irgo*) *Ergo* . وهي ألبان متخمرة تقليدية تصنع في أثيوبيا . تتم عملية التخمّر في هذا اللبن بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك تابعة لجنس *Streptococcus* *Lactobacillus* . يفضل بسترة اللبن في صناعة هذا اللبن المتخمّر ، تدخين العبوات *containers* بواسطة قطع من خشب الزيتون والتلقيح بلبن *Ergo* متخمّر عمره ٣ أيام كبادئ حتى يمكن إنتاج ناتج أفضل جودة . وقد وجد أن *Lb.plantarum* هو النوع السائد من بكتيريا حامض اللاكتيك . *Suusaac* منتج متخمّر يصنع من لبن الأبل في الصومال ، واستخدام بادئ معرّف *defined starter* يؤدي إلى جودة أفضل .

◀ **المغرب Morocco** : لبن *Lben* عبارة عن لبن متخمّر تقليدي شائع في المغرب ويصنع من ألبان ثدييات مختلفة . يتم تخمير اللبن ذاتياً *spontaneously* عند ١٨-٢٤ م (ويتوقف ذلك على فصل السنة) لمدة ٢٤-٤٨ ساعة ، ثم تجرى عملية خض *churning* لإزالة حبيبات الزبد لصناعة *Smen* (اسم محلي يطلق على الزبد) ثم يضاف الماء (حوالي ١٠%). التركيب الكيماوي النموذجي للبن *Lben* : ٩,١% جوامد كلية ، ٠,٩%

دهن و ٢,٦ % بروتين . بكتريا حامض اللاكتيك الأساسية التي تم التعرف عليها في *Lben* هي : *Leuc.lactis* ، *Leuc.lactis biovar diacetylactis* ، *Leuc.mesenteroides ssp.* ، *Leuc.mesenteroides spp. dextranicum cremoris* ، كما توجد *Lactobacilli* بأعداد قليلة ، وتوجد الخمائر والفطريات وبكتريا القولون.

٤-١-٢- استخدام السلالات المحبة للحرارة المرتفعة

تستخدم بعض بكتريا من أجناس *Lactobacillus* ، *Streptococcus* ، *Enterococcus* ، *Bifidobacterium* في إنتاج ألبان " تخمر بكتريا حامض لاكتيك المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic lactic acid fermentation " . يستخدم لفظ thermophilic للمنتجات التي تستخدم بكتريا درجة حرارة النمو المثلى لها تتراوح من ٣٧ إلى ٤٥°م.

بعض بادئات من جنس *Lactobacillus* (*Lb.acidophilus* ، *Lb.reuteri* ، *Lb.kefir* ، *Lb.kefirifaciens* ، *Lb.rhamnosus* ، *Lb.paracasei ssp. paracasei* ، *Enterococcus spp.* ، *Bifidobacterium spp.* ، الذي تعرف كميكروبات وقائية probiotic organisms وتوجد أو لا توجد في حبوب الكفير kefir grains . لذلك فإن نوعين من البادئ فقط تابعين لأجناس *Lactobacillus* (*Str.thermophilus* ، *Streptococcus* ، *(Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus)* يستخدمان على نطاق واسع في صناعة الألبان المتخمرة من الأنواع المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic-type.

خلايا *Str.thermophilus* كروية أو بيضاوية ، قطرها حوالي ١ µm وتكون في سلاسل ، موجبة لجرام ، غير متجرتمة ، لاهوائية ، متجانسة التخمر نتج حامض لاكتيك في صورة (+) L ، أسيتالدهيد وثنائي الأسيتيل من اللاكتوز في اللبن . بعض السلالات تنتج سكريات عديدة خارج الخلايا (EPS) exopolysaccharides . هذا الميكروب لا يستطيع النمو عند ١٥°م ، ولكن معظم السلالات قادرة على النمو عند ٥٠°م ، وتحتاج فيتامينات B وبعض الأحماض الأمينية لتحسين معدل النمو.

تمثل *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* بكتريا حامض اللاكتيك العصوية متجانسة التخمر إجبارياً *obligately homofermentative lactobacilli* ، يخمر هذا الميكروب عدد قليل من السكريات ، وينتج لاكتات في صورة D(+) وأستالدهيد من اللاكتوز في اللبن ، وبعض السلالات تنتج سكريات عديدة (EPS) خارج الخلية . الخلايا عصوية دائرية الأطراف ، يبلغ أبعادها ٠,٨ - ٠,٥ × ٢ - ٩ μm ، توجد منفردة أو في سلاسل قصيرة . ينمو هذا الميكروب بدرجة ضعيفة عند درجة حرارة أقل من ١٠°م ، ومعظم السلالات قادرة على النمو عند ٥٠ - ٥٥°م .

النمو المشترك associative growth أكثر من العلاقة التكافلية symbiotic relationship بين *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* , *Str.thermophilus* تعنى أنه عند استخدام بادئ خليط mixed (يحتوى على الميكروبين) فإن اللبن يتجنب بدرجة أسرع عند مقارنته باستخدام بادئ وحيد المزرعة single culture (يحتوى على أحد الميكروبين) . فى بعض الأحيان تستخدم هذه الميكروبات منفردة لصناعة منتجات ألبان متخمرة مختلفة.

أ- اللبن الخض البلغارى Bulgarian buttermilk

ينتج هذا الناتج التخمر باستخدام *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* منفرداً . توجد منتجات أخرى مشابه مثل Bulgarian milk ، (لبن البوجلجاركس) ، ولبن خض متخمّر بولجاركس Bulgarian cultured buttermilk أو لبن بلغارى Bulgarian milk ، وتستخدم ألبان ثدييات مختلفة فى صناعة ألبان متخمرة متماسكة القوام set-type . فى بعض الأحيان ، يستخدم اللبن الفرز البقرى ، وقد يحتوى البادئ أيضاً على *Str.thermophilus* أو بادئ القشدة cream culture . يتميز هذا اللبن المتخمّر بطعم نظيف clean ومذاق حامضى حاد sharp acidic taste مماثل لليوجهورت ، مما يعطى اعتقاداً أن Lactobacilli تقوم بتمثيل بعض مكونات اللبن إلى استالدهيد.

طريقة صناعة هذا الناتج مماثل لطريقة صناعة اليوجهورت ، ولكن معدل التلقيح بالبادئ يتراوح بين ٢-٥% وتصل الحموضة إلى ١,٤% . يتم تجفيد اللبن الخض البلغارى المحتوى على سكروز وتجهيزه فى صورة أقراص دوائية

pharmaceutical tablets تحتوي على $2,5 \times 10^9$ cfu/جم خلايا حية . عندما يتم تغذية الأطفال الرضع عليه ، فإن البراز الناتج منهم يحتوي على 1×10^9 cfu/جم خلايا حية .

ب- ألبان متخمرة بواسطة *Str.thermophilus*

ألبان Karan ، أو Heran (في سيبيريا Siberia) و Lapte-akru (في رومانيا) عبارة عن ألبان متخمرة بواسطة باديئ من *Str.thermophilus* مغفردة. في اللبن المتخمر الأخير (الروماني) يتم تعديل محتوى اللبن من الدهون إلى ١٠ جم/١٠٠ جم لبن ، ثم يجنس ، يسخن إلى ٩٥-٩٨ م° لمدة ٣-٥ ساعة ثم يبرد إلى حوالي ٤٠ م°. يضاف الباديئ بمعدل ٥ % ويحضن ، في نهاية التحضين يقلب الناتج ويبرد . يتم تحلية الخثرة أما بإضافة سكر أو شراب فاكهة fruit syrup .

ج- ألبان متخمرة بتوليفات مختلفة من البادئات

تستخدم بادئات مختلطة مثل *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* أو *Lb.helveticus* ، *Str.thermophilus* ، بنسبة ١ : ١ : ١ لإنتاج لبن Katyk في كزاكستان Kazakhstan) . في صناعة Lybubitelskii (في الاتحاد السوفيتي USSR سابقاً) يتم تلقيح اللبن الفرز المعد للصناعة أولاً بمزرعة *Str.thermophilus* ، ثم بمزرعة *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* بنسبة ١ : ٤ على التوالي .

د- اليوجهورت Yoghurt

توجد أنواع كثيرة مختلفة من اليوجهورت التي يتم إنتاجها في جميع أنحاء العالم ، يمكن تقسيم اليوجهورت إلى أصناف مختلفة على أساس :

- مواصفات قياسية موجودة أو مقترحة (كامل ، متوسط أو منخفض الدسم) .
- طريقة إنتاج الجل (متماسك القوام set ، سائل stirred أو مشروب سائل) .
- الطعم (طبيعي natural ، فاكهة fruit او مواد مكسبة للطعم) .
- معاملات ما بعد التحضين (معاملة حرارية ، تجميد ، تخفيف أو تركيز) .

نظراً لوجود أنواع عديدة وتطورات تكنولوجية كثيرة في صناعة اليوجهورت فإنه من الصعب تغطية كل هذه النواحي تغطية شاملة . ومع ذلك فإن شراب اليوجهورت يمكن اعتباره يوجهورت سائل (مقلب stirred yoghurt) ذات لزوجة منخفضة ، حيث يحتوى اللبن على ١,٥% دهن ، ٨% جوامد لبنية لا دهنية MSNF . بعد التحضين والتبريد ، تمزج mixing الخثرة بإضافة ٣٠-٣٥% ماء و ١% ملح . مثال آخر هو إنتاج يوجهورت ذات طبقة سطحية crusty layer yoghurt ، حيث يسخن اللبن غير المنخس (غنم ، بقر أو جاموس) إلى ٩٥°م لمدة ٣٠ دقيقة ، ثم يبرد ببطء في أوعية من الصلب غير قابل للصدأ . توضع العبوات في حضانة جيدة التهوية air-ventilated cabinet عند ٤٠-٤٥°م لمدة ساعة لكي تتكون طبقة القشدة . يتم التلقيح بالبادئ باستخدام حقنة syringe حتى لا تتكسر طبقة القشدة ، وعند pH ٤,٥ تنقل العبوات إلى غرف التبريد .

بالإضافة إلى ذلك يوجد اليوجهورت المحمد frozen yoghurt الذى يشبه الثلجات القشدية ، بينما اليوجهورت المجفف dried yoghurt يستخدم أساساً على نطاق واسع في مستحضرات الأغذية ، ولكن لا يتم استرجاعه واستهلاكه في صورة يوجهورت .

(i) العمليات التكنولوجية

استخدام اللبن المحتوى على أعداد مرتفعة من البكتريا المتحملة البرودة psychrotrophic bacteria والخلايا الجسمية somatic cell يؤثر على جودة اليوجهورت الناتج . اللبن المحتوى على إنزيمات البروتيز البكتيرية bacterial proteases من البكتريا المتحملة البرودة والبلازمين المشتق من الخلايا (الخالوى) cellular-derived plasmin المستخدم في اليوجهورت يؤدي إلى ناتج ذات صفات طبيعية شديدة الاختلاف (مثل الصلابة ، انفصال الشرش ، اللزوجة الظاهرية ، القدرة على احتجاز الماء وتشرب البروتين) عند مقارنته باللبن غير المعامل . ومع ذلك ، فإن الجودة الحسية organoleptic quality لليوجهورت الناتج من لبن يحتوى على أعداد من الخلايا الجسمية تزيد عن 250×10^3 /مل يفوق في الجودة عن مثيله الناتج من لبن يحتوى على أعداد أكبر من الخلايا

الجسمية . تسخين اللبن thermization قبل التخزين عند ٢٠م أو أقل والتنقية clarification قبل المعاملة الحرارية للبن يؤدي إلى تقليل العيوب السابق ذكرها في اليوجهورت.

تدعيم اللبن بـMSNF من الأمور المرغوبة جداً في صناعة اليوجهورت ، حيث يؤدي ذلك إلى تحسين الصفات الريولوجية rheological والحسية organoleptic في اليوجهورت الناتج . يستخدم أنواع كثيرة من منتجات الألبان المجففة (جدول ١١-١) مع استخدام طرق مختلفة لتركيز اللبن . تتأثر الصفات الطبيعية للخثرة أساساً بنوع المسحوق powder المستخدم (مسحوق لبن فرز SMP ، مسحوق لبن خض BMP ، مركز بروتينات الشرش WPC ، كازينات الصوديوم ، مركز الترشيح الفائق UF retentate). وقد أشار البعض إلى الاختلافات في صلابة اليوجهورت وانفصال الشرش بالرغم من تعديل نسبة البروتين المستخدم إلى ٥ % ، وقد وجد أن هناك اختلافات جوهرية في صلابة اليوجهورت المدعم بـWPC, SMP . مسحوق اللبن الكامل الناتج من لبن تعرض لتسخين ابتدائي عند ٨٥م قبل التجفيف ومعاملات ما بعد التسخين للبن المسترجع يؤدي إلى إنتاج خثرة أكثر صلابة في اليوجهورت مع زيادة القدرة على احتجاز الرطوبة (أى انخفاض انفصال الشرش syneresis) عند مقارنته بمثيله الناتج من لبن تم تسخينه إلى ١٠٠م لإنتاج لبن مجفف.

ونظراً لأن التركيب الدقيق microstructure لليوجهورت يتكون من شبكة بروتين protein matrix ناتجة من سلسلة جسيمات micellar (متوسطة أو قصيرة) مرتبطة في شكل عناقيد مع حبيبات الدهن مندمجة في الشبكة ، فإن نسبة الكازين casein : البروتين غير الكازيني non-casein protein في اللبن على جانب كبير من الأهمية . نسب ٢,٩ : ١ و ٤,٦ : ١ شائعة الاستخدام ، وقد أشار بعض الباحثين إلى أن النسبة المفضلة ٣,٣ : ١ حيث يحدث عند النسب الأعلى من ذلك إندماج لجسيمات الكازين ، ويؤثر ذلك على الإحساس الفمى mouth feel لليوجهورت . بالإضافة إلى ذلك ، فإن استخدام مسحوق مركز الترشيح الفائق UF retentate powders (لبن كامل أو فرز) ، مع الاحتفاظ بالنسبة الأصلية للكازين إلى البروتين غير الكازيني ، فإنه يمكن إنتاج يوجهورت

مرتفع الجودة (قوام صلب firm وانفصال شرش ضعيف syneresis) . يرتبط انخفاض المعاملة الحرارية للبن بإضافة كميات كبيرة من مركبات بروتين الشرش (أى نسبة كازين : بروتين الشرش ٢٠ : ٨٠ أو ٤٠ : ٦٠) حيث أن اللبن يتجنب أثناء المعاملة الحرارية عند ٩٣°م ويكون مظهر اليوجهورت متكتل clumpy . قام كثير من الباحثين بصناعة اليوجهورت من ألبان RO, UF, EV وقد أوصت نتائج هذه البحوث إلى استخدام تقنيات UF في إنتاج اليوجهورت. التجنيس والمعاملة الحرارية المرتفعة للبن يزيد من صفات الخثرة المحبة للماء hydrophilic وثبات الجلب نتيجة لحدوث دنتره لكل من α -La, β -Lg ودرجة ارتباطهما مع κ -casein . ومع ذلك فإن التركيب الدقيق للجسيمات الكازين المعاملة بالحرارة تحتوي على أعداد كبيرة من جزئيات صغيرة غير منتظمة الشكل وملصقة بأسطح الجسيمات ، وبروتين مترسب ناعم حول جسيمات الكازين (أو غير مرتبطة في صورة دقائق منفصلة) في لبن اليوجهورت المدعم بـ UF-WPC .

(ii) - ميكروبات البادئ

يستخدم عادة في إنتاج اليوجهورت على المستوى التجارى بادئ خليط معرف (*Str.thermophilus & Lb.delbrueckii* ssp. defined mixed starter *bulgaricus*) . يحدث تخمر اللبن عند ٤٠-٤٥°م لمدة ٣-٤ ساعات (الطريقة السريعة short-set) وعند ٣٠°م (الطريقة البطيئة long-set) لمدة ١٤-١٦ ساعة. درجة الحرارة الأخيرة (٣٠°م) قد تكون غير مناسبة لنمو *Lactobacilli* . حديثاً ينتج الزبادى ، وهو لبن متخمّر شائع في جمهورية مصر العربية يشبه اليوجهورت، عند ٣٠°م أو ٣٥°م مع تحسين فى الصلابة والنعمه ، وتقليل انفصال الشرش إلى الحد الأدنى مع طعم مرغوب منعش pleasant flavor .

النواتج الرئيسية لنشاط هذه الميكروبات اللاكتات lactate ، مكونات النكهة aroma (مثل الأستالدهيد وثنائي الأستيل) وأحياناً سكريات عديدة خارج الخلايا (EPS) exopolysaccharides . لذلك فإن الاختيار الدقيق لسلاسل مختلفة من *Str.thermophilus, Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* قد يساعد الصانع على التعامل مع اختيارات واسعة من مزارع بادئات اليوجهورت :

- إنتاج الطعم (مرتفع ، متوسط أو منخفض).
- إنتاج بوليمرات polymers (مرتفع ، متوسط أو منخفض).

في بعض الدول ، قد تحتوي المنتجات الشبيهة باليوجهورت على ميكروبات أخرى بجانب *Str.thermophilus, Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* . فمثلاً في الهند (داهى Dahi) تستخدم بكتريا أخرى (*Lc.lactis ssp. lactis, Lb.plantarum*) ، بينما استخدم آخرون بادئ مختلط فقط يتكون من *Lc.lactis biovar diacetylactis and ssp. cremoris, Lb.plantarum* بكتريا حامض لاكتيك عسوية مختلطة التخمر *heterofermentative lactobacillus* ، تنتج خللات acetate بالإضافة إلى لاكتات lactate و Lactococci ينتج فقط ثنائى الأستيل ولا تنتج أستالدهيد . في أستراليا يتم صناعة اليوجهورت باستخدام بادئ يوجهورت مع *Lb.helveticus LBI* أو *Str.thermophilus TS2* مع *Lb.helveticus LBI* ، بينما في سويسرا Switzerland ، ينتج ACO-yoghurt باستخدام بادئ خليط يتكون من *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus, Lb.acidophilus, Str.thermophilus* .

وعموماً فإن البكتريا المرتبطة بإنتاج اليوجهورت عادة تقتصر على *Str.thermophilus, Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، بالرغم من أن التشريعات في بعض الدول ، مثل نيوزيلندا أو سويسرا ، تسمح بإضافة أنواع أخرى من بكتريا حامض اللاكتيك في بادئ اليوجهورت . استخدام هذين الميكروبين فقط يساعد على إعطاء اليوجهورت صفات مميزة تختلف عن الألبان المتخمرة الأخرى . كما لوحظ أيضاً أن حامض اللاكتيك خلال تصنيع اليوجهورت يتكون بكمية أكبر عند استخدام خليط من هذين الميكروبين وذلك مقارنة باستخدام كل منهما بمفرده ، كما أن عدد خلايا *Str.thermophilus* يزداد بسرعة في وقت محدد في البادئ الخليط عنه في البادئ الفردي ، مما أدى إلى الاعتقاد إلى وجود منفعة متبادلة بين هذين النوعين من الميكروبات . وقد أشار البعض إلى أن حقيقة تجاوب *Str.thermophilus* بشكل قوى في البادئ الخليط قد يرجع إلى تحلل البروتين بواسطة *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* خاصة من خلال انطلاق الفالين valine في اللبن ، بالإضافة إلى الجلوسين والهستدين كما

أشار آخرون ، قد يرجع هذا الاختلاف في متطلبات النمو إلى استخدام سلالات مختلفة.

يرجع تحفيز *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* إلى عامل ناتج من النشاط الأيضى لميكروب *Str.thermophilus* ، قد يكون مشابهاً أو يحل محل حامض الفورميك . حيث أيد البعض هذا الاتجاه ، وقد أوضحوا أن مستوى حامض الفورميك في اللبن يتراوح بين ٣٠-٥٠ ميكروجرام/مل قد أدى إلى تجاوب *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* بدرجة كبيرة . كما لوحظ أن إنتاج مركبات النكهة بما فيها الأستالدهيد كانت أعلى في البادئ الخليط ، وأن *Lactobacilli* هو المسئول الرئيسى عن ذلك بالرغم من *Str.thermophilus* يكون أستالدهيد إلا أن المسار يكون أقل نشاطاً عند درجة حرارة التحضين العادية (حوالى ٤٠°م) ، مقارنة بالتخليق الذى يحدث بواسطة *Lactobacilli* ، لذلك فإن درجة حرارة التحضين تتراوح بين ٤٠-٤٢°م ، يمثل حلاً وسطاً للنشاط الأيضى الأمثل لكلا النوعين ، حيث أن ٤٥°م تمثل الدرجة المثلى لإنتاج حامض اللاكتيك بواسطة أغلب سلالات *Str. thermophilus* ، كما يلاحظ أيضاً أن زيادة العدد الكلى للخلايا تكون أعلى ما يمكن عند ٤٢°م ، هذه الملاحظة لها أهمية على النطاق التجارى فى ضوء ما يلى : (١) تكون *Str.thermophilus* عادة أكثر نشاطاً لإنتاج حامض اللاكتيك خلال المراحل الأولى من التحضين ، لذلك فإن فترة التصنيع يمكن أن تختصر بتشجيع النمو السريع لهذا الميكروب ، (٢) تعتبر نواتج التمثيل الأخرى غير حامض اللاكتيك مهمة لطعم ونكهة اليوجهورت ، حيث أن هذه المواد يحصل عليها من كلا النوعين فمن الضرورى التأكد من توازن النمو بينهما.

عادة يتم تلقيح اللبن بمعدل ٢ % (حجم/حجم) حتى يمكن إنهاء عملية التخمير خلال ٤ ساعات ، أى أن اللبن عند بداية عملية التخمير يحتوى على ٣٠-٤٠ × ١٠^٦ LAB/مل . بالرغم من أن البعض يقترح أن النمو الأفضل لهذين الميكروبين يتم عند تنمية كل منهما بمفرده ثم يخلط فوراً قبل الاستعمال ، إلا أن الإجراء الشائع هو إنتاج خليط بمعدل ١ : ١ .

بالرغم من أن النسبة بين النوعين تبدأ كحد أدنى بتوازن ١ : ١ ، إلا أنها تتغير بسرعة عند دخول *Str.thermophilus* طور النمو اللوغاريتمي ولا تصبح *Lb.delbreuckii ssp. bulgaricus* سائدة إلا في حالة بدء تراكم حامض اللاكتيك في اللبن فقط . المحصلة النهائية لذلك ، أنه بنهاية التخمير وعندما تصل الحموضة إلى حوالي ٠,٩ - ٠,٩٥ % كحامض لاكتيك تبدأ أعداد البكتيريا في التوازن تقريباً . عند هذه النقطة قد يتجاوز العدد الكلي للبكتيريا 10×2000 LAB/مل ، ويساهم ذلك بدرجة كبيرة في الجودة الحسية للمنتج .

قد تشمل التطورات الحديثة في تكنولوجيا اليوجهورت الحديث في كثير من المجالات العلمية للحصول على ناتج ناعم التركيب وحموضة معتدلة . يتم خفض محتوى اليوجهورت من الصوديوم بمعاملة اللبن في مبادل أيوني ion-exchanger دون التأثير على نشاط البادئ أو جودة الناتج . يمكن خفض محتوى اليوجهورت من اللاكتوز سواء بمعاملة اللبن بالترشيح الفائق UF ، ثم يعقب ذلك تحلل إنزيمي enzyme hydrolysis أو باستخدام التحلل الإنزيمي فقط . التحسن الملحوظ في نشاط البادئ في اللبن الذي تم فيه تحلل اللاكتوز lactose-hydrolysed milk قد يرجع إلى بقايا الإنزيمات المحللة للبروتين الموجودة في مستحضرات β -galactosidase . ومع ذلك فإن نشاط β -galactosidase في اليوجهورت يمكن أن يزيد إلى حوالي ٥-٦ أضعاف عندما يرتفع pH الناتج من ٤,٤ إلى ٧,٠ نتيجة إضافة ٥ مول أيديروكسيد كالسيوم لمدة ٦ ساعات ، ثم يسمح للـ pH لينخفض إلى ٤,٤ . اليوجهورت الناتج باستخدام مزرعة فردية من *Lb.delbreuckii ssp. bulgaricus* لتخمير اللبن المعامل بإنزيم β -galactosidase ، جلو كوز أو كسيديز glucose oxidase وفوق أكسيد الإيدروجين H_2O_2 (١٥ جم/١٠٠ جم) لكي يحل محل *Str.thermophilus* بطيئة النمو ، قد حصل على درجات مرتفعة عند تقويمه حسياً .

تتوفر في الأسواق أنواع خاصة من اليوجهورت مثل مشروبات اليوجهورت yoghurt drinks ، يكون أساساً يوجهورت سائل (stirred) الذي يحتوي على جوامد كلية لا تزيد عن ١١ % . يتم تصنيعه بتقليب خثرة اليوجهورت الناتجة من لبن فرز أو لبن منزوع الدهن جزئياً بمقلب عال السرعة

ثم يبرد ويضاف إليه مواد مكسبة للطعم والنكهة والملونات ، أو يخفف اليوجهورت بالماء بنسبة ١ : ١ أو يخفف بعصير فاكهة .

قد تستخدم المعاملات الحرارية ، لتحسين قوة الحفظ لإنتاج يوجهورت مبستر ، حيث تستخدم البسترة بطريقة HTST مع التعبئة تحت ظروف معقمة لإطالة فترة صلاحية الناتج لعدة أسابيع عند ٢-٤ م^o . استخدام UHT مع التعبئة تحت ظروف معقمة يزيد من فترة الصلاحية على درجة حرارة الغرفة لعدة أسابيع. عادة يتم بسترة اليوجهورت لإطالة فترة الصلاحية عند درجة حرارة الغرفة لمدة تصل إلى ٣ شهور . قد يتم بسترة اليوجهورت سواء في مبادل حراري ذات ألواح عند ٧٥-٨٠ م^o لمدة ١٥ ثانية أو صدمة حرارية heat-shocked في عبوات التجزئة عند ٥٨ م^o لمدة ٥ دقائق . قد يضاف المثبتات بنسبة أكبر من المعتاد دون التأثير على الجودة الحسية.

اليوجهورت المجمد frozen yoghurt يختلف في طبيعته بدرجة كبيرة ، يمكن تحضيره من اليوجهورت التقليدي من النوع المتماسك القوام set-type أو السائل stirred ، مع إضافة مستوى مرتفع من السكر والمثبتات للمحافظة على الخثرة أثناء التجميد والتخزين ، وقد يضاف كمية قليلة من القشدة لتحسين الشعور الفمي mouth feel ، وقد تستبدل جوامد اللبن بمركز بروتين الشرش . يتم تجميد اليوجهورت في مجمد blast freezer عند -٢٠ م^o على الأقل أو التجميد مع التليب (إدخال الهواء) في مجمد الثلجات القشدية . وهناك أنواع أخرى من اليوجهورت المجمد عبارة عن حلوى dessert مجمد منخفض الدهون ، حيث يعمل اليوجهورت ، (مع اللبن الفرز واللبن الحض) كمصدر لبروتين اللبن.

يتم إنتاج اليوجهورت المجفف بتركيز اليوجهورت التقليدي بواسطة الغليان والتجفيف الشمسي ، يعاد استرجاع الناتج المجفف قبل استهلاكه . هذه العملية غير مناسبة للإنتاج على نطاق واسع ، لذلك يستخدم التجفيد أو التجفيف بالرداذ spray drying ، عملية التجفيد غير اقتصادية ، ويفضل طريقة التجفيف بالرداذ . يعتبر اليوجهورت المجفف بالرداذ منخفض التكاليف ومصدر للبروتين في المناطق المحرومة غذائياً ، لكن في الدول الصناعية يستخدم على نطاق واسع في صناعة أغذية الأطفال ومنتجات المخازن والحلوى.

(iii) - إنتاج اليوجهورت من ألبان مختلفة

تستخدم ألبان الغنم، الماعز والجاموس في صناعة اليوجهورت، حيث يتم معالجة اللبن بطريقة مماثلة لمعاملة اللبن البقري. يختلف تركيب الكازين في هذه الألبان (جدول ٣-٦)، وتختلف أيضاً درجة حدوث دنتره بروتين الشرش، ونتيجة لذلك تتأثر الصفات الريولوجية لليوجهورت. وقد وجد أن تخنيس اللبن يحسن من الصلابة ويقلل من انفصال الشرش في يوجهورت الغنم. المعاملة الحرارية للبن الغنم عند ٩١°م لمدة ٣٠ ثانية يقلل من فترة التخمر عند مقارنته باللبن البقري، واستخدام بادئ خليط يتكون من *Str. thermophilus*، *Lb. acidophilus* بدلاً من بادئ اليوجهورت قد أدى إلى ناتج مرتفع الجودة.

يختلف محتوى لبن الماعز من الجوامد الكلية من ١١,٧ إلى ١٥,٩ جم/١٠٠ جم، ويتم تحسين قوام اليوجهورت بإضافة لبن ماعز مجفف goat's powder أو بواسطة تركيز اللبن (OR, UF, EV). لبن الماعز المركز بطريقة EV قد يقلل من الطعم الماعزي goaty flavor في اللبن، واليوجهورت الناتج يكون أكثر قبولاً للمستهلك. ومع ذلك، فإن معاملة لبن الماعز بالترشيح الفائق UF يحسن من قوام اليوجهورت. وقد لوحظ أن حدوث بعض التثبيط لبادئ اليوجهورت في لبن الماعز يكون مرتبطاً باللبن المحتوي على طعم ماعزي قسوى strong goaty flavor أو تركيز أعلى من الأحماض الدهنية الحرة. يفضل أن يلحق لبن الماعز بمعدل لا يزيد عن ١,٥% من بادئ اليوجهورت لإنتاج جل (عشرة) أكثر صلابة، بينما يفضل آخرون معدل تلقيح ٢-٣%. يرجع المستويات المنخفضة من الأستالدهيد في يوجهورت لبن الماعز إلى التركيز المرتفع نسبياً من الجليسين في اللبن، الذي يثبط الإنزيم الذي يقوم بتحويل الثيرونين threonin إلى أستالدهيد وجليسين، ومع ذلك، فإن إضافة الثيرونين إلى لبن الماعز ينشط من إنتاج الأستالدهيد. ينتج *Str. thermophilus*، *Lb. delbrueckii*، *ssp. bulgaricus* بعض CO₂ في اللبن البقري، ومستويات أعلى في لبن الماعز. علاوة على ذلك، فإن محتوى لبن الماعز من السترات منخفض جداً عند مقارنته باللبن البقري، ونتيجة لذلك فإن هذا اللبن غير مناسب لإنتاج ثنائي الأسيتيل بواسطة Lactococci المحبة للحرارة المعتدلة mesophiles.

استخدام اللبن الجاموسى فى صناعة اليوجهورت قد تم دراسته باستفاضة فى مصر والهند . وقد تضمنت الدراسات الحديثة النقاط التالية : (١) معاملة اللبن الجاموسى بالترشيح الفائق UF ثم إعادة الترشيح diafiltration باستخدام ماء أو لبن فرز ، يؤدي إلى انخفاض محتوى اللاكتوز ، وتحليل اللاكتوز بواسطة β -galactosidase يؤدي فعلاً إلى إنتاج يوجهورت خال من اللاكتوز . (٢) معاملة الشرش المملح (٧-٨ جم كلوريد كالسيوم/١٠٠ جم) بالترشيح الفائق UF و diafiltration وتخفيف WPC بشرش غير مملح sweet whey لاستخدامه فى تدعيم اللبن الجاموسى لصناعة اليوجهورت.

جدول (١١-٦) : شقوق الكازين فى بعض ألبان الثدييات من الكازين الكلى.

الكازين	البقرى	الماعز	الغنم	الجاموس
	(%)			
Minor	٦,٢	٢,٥	٤,٨	-
κ -casein	٩,٤	١٣,٢	٨,٨	-
β -casein	٣٧,٥	٥٠,١	٤٣,٥	٥٠,٥
α_{s1} -casein	٣٣,٠	١٨,٤	٤٢,٩	٢٦,١
α_{s2} -casein	١٣,٩	١٥,٨		

٤-١-٣- استخدام سلالات وقائية Probiotic strains

يتضح من نتائج البحوث المنشورة أن كثيراً من متطلبات صحة الإنسان يرتبط بمركبات النشاط الأيضى التى تنتجها بكتريا حامض اللاكتيك LAB . عند أخذ هذه المتطلبات فى الاعتبار ، فإنه يجب إتزام الحيطة والحذر للأسباب التالية:

- ١- نتائج الدراسات على حيوانات التجارب قد تكون غير قابلة للتطبيق على الإنسان .
- ٢- الدراسات المعملية *in vitro* قد لا تكون مطابقة فى المجال الحيوى (الجسم الحى) *in vivo* .
- ٣- عدم تنسيق الجهود بين العاملين فى مجالات التكنولوجيا ، الميكروبيولوجيا والطب العلاجى .

٤- عدم وجود النموذج المناسب لأعمال البحث مع شرح أو تفسير النتائج بدقة .

٥- تعريف probiotic يكون افتراضى presumptuous إلى حد ما.

في السنوات الأخيرة زاد الاهتمام بتحسين صحة الإنسان والوقاية من الأمراض ، وذلك بإدخال بكتريا وقائية probiotic في الأغذية للتغلب على البكتريا الضارة في الأمعاء . هناك اهتمام كبير بالتوسع في إنتاج الأغذية المحتوية على بكتريا وقائية من منتجات ألبان ، أغذية أطفال ، عصائر ، منتجات الحبوب والأدوية . سلالات بكتريا حامض اللاكتيك الوقائية التقليدية المستخدمة في مجللات الألبان تتميز بتاريخ آمن safe خال من أى حالات مرضية ، وتعتبر معظم السلالات معايشة commensal وغير مرضية.

تعرف البكتريا الوقائية probiotic bacteria بصفة عامة بأنها بكتريا حية viable ، في مزارع فردية أو مختلطة ، التي يكون لها تأثير مفيد beneficial effect على صحة العائل . في صناعة الألبان ، فإن البكتريا الوقائية الشائعة الاستخدام تنتمي إلى مجموعة LAB ، بالرغم من أن بعض Bifidobacteria والخمائر تستخدم أيضاً . عموماً LAB يضم أجناس *Lactobacillus* ، *Leuconostoc* ، *Pediococcus* ، *Lactococcus* ، بالرغم من أن بعض السلالات من *Enterococcus* ، *Streptococcus* تشترك LAB في الصفات ، فإن *Str.thermophilus* هي السلالة الوحيدة المستخدمة عادة في صناعة منتجات الألبان المتخمرة . يعتبر جنس *Lactobacillus* بكتريا آمنة safe معتمدة GRAS (generally recognized as safe)، بينما الأنواع التي تنتمي لأجناس *Enterococcus* ، *Streptococcus* تحتوى على كثير من الأنواع المرضية pathogens .

تتكون الميكروبات المعوية intestinal micro flora في الإنسان الذي يتمتع بصحة جيدة من مجموعة بكتيرية متنوعة معقدة ، وقد تم التعرف على حوالي ٤٠٠ نوع من البكتريا في براز الإنسان ، ويوجد *Bifidobacterium spp.* ، *Lactobacillus spp.* في الأمعاء . وقد أشارت نتائج البحوث العلاجية المتوفرة إلى وجود مستويات مرتفعة من بعض الميكروبات المرغوبة ، التي تكون موطنها

الطبيعي القناة الهضمية للإنسان ، ووجود Bifidobacteria في الأمعاء الغليظة من الصفات المرغوبة . لذلك فإن فكرة المكملات الغذائية dietary supplementation مع منتجات الألبان المحتوية على مثل هذه الميكروبات قد اكتسبت مصداقية في كثير من الدول ، حيث تعمل على تحسين التوازن الميكروبي microbial balance في الأمعاء . جدول (٣-٧) يوضح التأثيرات المفيدة والضارة لبكتريا حامض اللاكتيك.

جدول (٣-٧) : التأثيرات المفيدة والضارة لبكتريا حامض اللاكتيك.

التأثير	الآلية المقترحة	موقع التأثير الرئيسي
* التأثيرات المفيدة		
■ تثبيط البكتريا الضارة	(١) إنتاج مواد مضادة للبكتريا (٢) التنافس على العناصر الغذائية (٣) التنافس على مواقع التوطن colonization	في المعدة والأمعاء الدقيقة في المعدة، الأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة في المعدة والأمعاء الدقيقة
■ تمثيل melabolism الميكروبات/العائل	(١) إنتاج إنزيمات تساعد على الهضم (مثل اللاكتينز) (٢) تقليل إنتاج الأمونيا ، الأمينات أو الإنزيمات السامة (٣) تحسين وظيفة جدار الأمعاء	في المعدة والأمعاء الدقيقة في الأمعاء الدقيقة والغليظة
■ تحسين الاستجابة المناعية في العائل	(١) زيادة مستويات الأجسام المضادة . (٢) زيادة نشاط البلعمات macrophage	في الأمعاء الدقيقة (والأمعاء الغليظة) في الأمعاء الدقيقة (والأمعاء الغليظة)
* التأثيرات الضارة :		
■ التنافس على العناصر الغذائية مع العائل	(١) استهلاك الجلوكوز (٢) استهلاك الأحماض الأمينية	في المعدة والأمعاء الدقيقة في المعدة والأمعاء الدقيقة

٤-١-٣-١- المنتجات المحتوية على Bifidobacteria

أجريت دراسات واسعة على تسمية وتقسيم أجنس *Bifidobacterium* ، وقد تم التعرف حالياً على ٢٤ نوع species مختلف من *Bifidobacteria* ، ٥ أنواع فقط (*Bif. adolescentis, breve, bifidum, infantis* and *longum*) قد

شدد الانتباه في صناعة الألبان لصناعة منتجات ألبان متخمرة علاجية
therapeutic وقائية probiotic .

خلال العشر سنوات الماضية ، كان هناك زيادة كبيرة في أسواق أوروبا
وأمریکا الشمالية وكثير من الدول الأخرى ، على منتجات الألبان (متخمرة وغير
متخمرة) المحتوية على *Bifidobacterium spp.* التي يكون مصدرها الإنسان . من
الواضح أن *Bifidobacterium spp.* لا تستخدم على نطاق واسع بمفرده
(كمزارع بادئات وحيدة السلالة single strain starter cultures) ، وقد يرجع
ذلك إلى : (١) إنتاج الحموضة بمعدل بطئ عندما تنمو في اللبن و(٢) المذاق غير
المرغوب لحمض الخليك. السلالات التي تستخدم على نطاق واسع هي :
B. longum, *B. bifidum* بالإشتراك مع LAB أخرى ، هذه الميكروبات العلاجية
therapeutic organisms يجب أن يكون مصدرها الإنسان ، وأن تكون أعداد
الخلايا الحية عند الاستهلاك أكثر من 10^6 /cfu مل.

مراحل التصنيع مماثلة لمراحل تصنيع اليوجهورت من حيث تدعيم اللبن ،
التجئيس والمعاملة الحرارية . تتأثر الأعداد الحية viable counts في المنتجات بمعدل
التلقيح ودرجة حرارة التحضين . عادة يستخدم بادئ التلقيح المباشر DVI في
اللبن المدعم بعناصر غذائية ، اعتماداً على توصيات المعامل المنتجة لمزارع
البادئات. عموماً توجد بيئة لتحضير بادئ الإضافة bulk starter medium
تتكون من لبن فرز ، مستخلص خميرة ، لبن متحلل بالببسين pepsin
hydrolyzed milk ، مستخلص ذرة وبروتينات شرش التي تكون مناسبة لنمو
Bifidobacteria .

من أهم منتجات الألبان المتخمرة التي تحتوي على Bifidobacteria :

أ- يوجهورت أسيدوفلس بيفيدس *Acidophilus bifidus yoghurt*

يشبه هذا المنتج يوجهورت البيفيدس *bifidus yoghurt* أو *Lünebest*
حيث يلفح اللبن المعامل عند $40-42^{\circ}\text{C}$ م. بمزارع بادئات منفردة (اليوجهورت ،
Lb. acidophilus ، *B. longum* أو *B. bifidum*) . يتطلب الأمر توفير أحواض أو
خزانات مختلفة للبادئ وذلك لإنتاج بادئ الإضافة bulk starter ، أو تستخدم

بعض مزارع البادئات (مثل *Lb.acidophilus*, *Bifidobacterium spp.*) كبادئ للتلقيح المباشر DVI .

من المنتجات الأخرى قريبة الشبه ، Biobest (بيوبيست) وميل ميل Mil-Mile . يحتوي المنتج الأول (Biobest) على حبوب "biogern grain" ، ويضاف بادئ اليوجهورت بمعدل حوالى ٠,١ جم/١٠٠ مل . يصنع بيوبيست فى ألمانيا بينما Mil-Mile منتج يابانى Japanese product .

ب- لبن البيفيدس Bifidus milk

يلقح اللبن البقرى (المحتوى على ١٥-٢٠% جوامد كلية) بمزرعة فردية أو نقية من *B.longum* أو *B.bifidum* بمعدل ١٠% ثم يحضن عند ٣٧°م حتى يصل pH إلى حوالى ٤,٥ . يتميز هذا الناتج بالصفات التالية :

- مذاق حامضى معتدل وخفيف الحرافية slightly spicy .
- يحتوى على أعداد من Bifidobacteria الحية تبلغ $10^8 - 10^9$ /مىل مع انخفاض يصل إلى دورتين لوغار يتمين خلال التخزين .

يوجد منتج مماثل فى المملكة المتحدة ، حيث يستخدم خليط من لبن فرز معاملى بالترشيح الفائق UF وشرش جبن التشدر معاملى بالترشيح الفائق UF (١٥% جوامد كلية TS) . يسخن الخليط عند ٨٠°م لمدة ٣٠ دقيقة ويبرد إلى ٣٧°م ، ويدعم بالثيرونين (٠,١ جم/١٠٠ جم) ، يلقح بحوالى ٢% من بادئ وحيد السلالة من *Bifidobacterium spp.* ويحضن لمدة ٢٤ ساعة ثم ينقل إلى غرف التبريد . ويتميز المنتج المبرد بالصفات التالية :

- المنتجات التى تصنع باستخدام *B.bifidum*, *B.infantis* & *B.longum* تكون متماثلة وتشبه اليوجهورت .
- الألبان المتخمرة تحتوى على طعم عين الجمل "walnut flavor" وحموضة ساعة مرغوبة ومحتوى الأسيئالدهيد حوالى ٢٨ ميكروجرام / جرام .
- تبلغ أعداد الخلايا الحية فى البداية 10^9 /مىل ، ولكن تنخفض بعد التخزين (إلى أقل من 10^8 للـ *B.infantis* ، 10^7 للـ *B.longum* و 10^8 للـ *B.bifidum*) .

- المنتج المصنع باستخدام *B.adolescentis* غير مقبول عندما يصل pH إلى ٥,١ .

في الهند ، تم إنتاج لبن متخمّر بيفيدس *Bifidus* يحتوي على 10^8 cfu/جم من *B.bifidum* ، وقد استخدم بادئ وحيد السلالة بمعدل ١٠ % مع التحضين عند ٣٧° م .

ج- بيفيجورت Bifighurt

يشبه هذا اللبن المتخمّر لبن البيفيدس *Bifidus* أو يوجهورت البيفيدس ، ولكن يتكون البادئ من *Str.thermophilus* ، *B. longum* . تكون أعداد *Bifidobacteria* في المنتج 10^8 cfu/مل ، ويتكون حامض لاكتيك في صورة L(+) فقط .

د- Biogarde and ABT

هذه المنتجات متشابهة لحد ما ، ويتكون البادئ من *B.bifidum* (مصدره الإنسان) ، *Lb.acidophilus* (مصدره الإنسان) ، *Str.thermophilus* . في البداية عندما تم إنتاج Biogarde في ألمانيا ، فإن معدل التلقيح من بادئ الإضافة المختلط mixed bulk starter كان ١٠-٢٠ جم/١٠٠ مل . تضاف حالياً بيئة مغذية nutrient medium culture (١,٥ جم/١٠٠ مل) إلى لبن البادئ ، ويكون التلقيح بمعدل ٦ جم / ١٠٠ جم فقط . يحتوي الناتج على 10^8 - 10^9 cfu/مل من *Lb.acidophilus* ، 10^6 - 10^7 cfu/مل من *B.bifidum* وأعداد وفيرة من *Streptococci* . تستخدم مزارع بادئات التلقيح المباشر DVI من Biogarde ABT, بكثرة لضمان أعداد مرتفعة من الخلايا الحية .

يتم إنتاج المنتج الفرنسي "nature" Ofilus (٣,٦ % دهن) باستخدام بادئ مماثل للـ Biogarde أو ABT . يتميز منتج "double douceur" Ofilus (١٠ % دهن) بمذاق معتدل حيث يستبدل *Str.thermophilus* بـ *Lc.lactis ssp. cremoris* . تدل نتائج الدراسات العلاجية أن استهلاك Ofilus المحتوى على خلايا حية من *B.bifidum* (10^8 cfu/جم) يزيد من نشاط إنزيم β -glucosidase ، الذي يشارك في تخمر السيلولوز في الأمعاء الغليظة .

هـ - كلشرا - AB ، بيوميلد ودايفليس

Cultura-AB, Biomild and Diphilus

هذه أسماء عامة لمنتجات تصنع باستخدام باديئ مختلط من *B.bifidum* (في بعض الأحيان تضاف أنواع أخرى من Bifidobacteria)، *Lb.acidophilus*. يفضل استخدام لبن مدعم بالبروتين لصناعة Cultura AB، ويجب تجنيس اللبن ومعاملته حرارياً، وتبريده إلى 37°م، ثم يلقح ببديئ DVI (ببديئ الإضافة اختياري)، ويحضان لمدة 16 ساعة ثم يبرد. الأعداد الحية الكلية viable counts في Cultura AB الطازج تكون 10⁸ مل/cfu أو أكثر لكل من بكتريا الباديئ، وتقدر فترة صلاحية الناتج بحوالي 20 يوم.

و- بيوكيس Biokys

وهو لبن بقرى متخمّر (15% جوامد كلية) يوجد في تشيكوسلوفاكيا وCzechoslovakia وله صفات علاجية therapeutic properties مماثلة للناتج الدوائي Femilact. يتم تجنيس اللبن، معاملة حرارية، تبريد إلى 30°م والتلقيح ببديئ خليط (2-5 جم/100 مل من *B.bifidum*، *P.acidilactici*، *Lb.acidophilus* بنسبة 1:1:1). تقلب الخثرة عند الحموضة المرغوبة، تبرد وتعبأ. في الوقت الحالي يصنع Biokys باستخدام توليفات مختلفة من الباديئ يتكون من باديئ قشدة DL (cream DL culture)، *Lc.lactis* ssp. *cremoris*، (سلالة منتجة للمخاطية)، *B.longum*، *B.bifidum*، و/أو *Lb.acidophilus*.

ز- بروجورت Progurt

وهو ناتج مرتفع الجوامد يصنع في شيلي من لبن فرز متخمّر مركز جزئياً (عملية مماثلة للطريقة التقليدية المستخدمة في صناعة Ymer في الدنمارك) ويخلط مع لبن خض وقشدة. يلقح المخلووط ببديئ محب للحرارة المعتدلة (*Lc.lactis* biovar *diacetylactis* and *Lc.lactis* ssp *cremoris* بنسبة 1:1). مععدل 3-1 جم/100 جم ويحضان لمدة 12-18 ساعة. تسخن الخثرة (الجل) إلى درجة حرارة أقل من 45°م لفصل الشرش، ويعدل التركيب بإضافة قشدة، تمزج

باللبن الحنص ، ويضاف *B.bifidum, Lb.acidophilus* (٥,٠-١ جم / ١٠٠ مل) قبل التحنيس ، يبرد ثم تتم عملية التعبئة.

ح- منتجات متنوعة Miscellaneous products

□ بايفلاكت Bifilakt أو Bifilact : وهي منتجات تصنع ببادئ مختلط غير معروف الأنواع من *Lactobacilli, Bifidobacteria* وذلك لمعالجة أمراض الجهاز الهضمي في الأطفال . يلقح اللبن بمعدل ٥ جم / ١٠٠ جم ويخمر لمدة ١٨-٢٠ ساعة عند ٣٧°م . يكون الناتج عند التعبئة ذات مذاق غير حامضي (pH حوالى ٥,٩) وثابت لمدة أسبوع عند درجة حرارة أقل من ١٠°م وتبلغ أعداد الخلايا الحية 10^8-10^9 /cfu مل .

□ BRA : وهو لبن متخمّر سويدي Swedish حديثاً في الأسواق . يستخدم بادئ خلط لتخمير اللبن ، ويتكون من *B.bifidum, Lb.reuterii, Lb.acidophilus* (معزول من القناة الهضمية في الإنسان).

جدول (٣-٨) : بعض المستحضرات الدوائية^(١) المحتوية على *Bifidobacteria*.

الدولة	المنتج	الميكروبات
اليابان	Bifider	<i>B.bifidum</i>
فرنسا	Bifidogene	<i>Bifidobacterium spp.</i>
	Synerlac	<i>Lb.acidophilus</i>
		<i>B.bifidum</i>
		<i>Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus</i>
	Lyobifidus	<i>B.bifidum</i>
يوغسلافيا	Liobif	<i>B.bifidum</i>
سويسرا	Infloran Berna	<i>Lb.acidophilus</i>
		<i>B.bifidum</i>
الولايات المتحدة الأمريكية	Life Start Two	<i>B.bifidum</i>
	Life Start Orginal	<i>B. infantis</i>
ألمانيا	Eugalan	<i>Bifidobacterium spp.</i>
	Euga-Lein	
	Lactopriv	
	Omaniflora	<i>B. longum</i>
		<i>Lb.acidophilus</i>
		<i>E.coli</i>

(١) أقراص مجفدة

تستخدم *Bifidobacteria* في تطوير نطاق واسع من منتجات الألبان ، مثل مثلجات قشدية مجمدة *frozen cultured ice cream* ، جبن جافة ، يوجهورت مركز ، جبن طازجة ، جبن جودا ، جبن *Cottage* وأغذية أطفال (محففة) ، ومع ذلك ، فإن نفس الميكروبات تستخدم منفردة أو بالاشتراك مع ميكروبات وقائية *probiotic* لتحضير منتجات دوائية *pharmaceutical* (جدول ٣-٨) .

عزل وتوصيف *Bifidobacterium spp.* في اليوجهورت التجاري في أسواق أوروبا يوضح أن كثيراً من المنتجات تحتوى على *Bifidobacterium animalis* (هذا الميكروب ليس مصدره الإنسان) بالإضافة إلى *Bifidobacteria* أخرى ، وفي بعض الأحيان تكون الأعداد الحية من *Bifidobacteria* في بعض المنتجات أقل من 10^2 cfu/مل ، لذلك فإن الصفات الصحية والعلاجية والوقائية لهذه المنتجات غير مؤكدة.

٤-١-٣-٢- المنتجات المحتوية على *Lactobacilli*

تتضمن *Lactobacilli* المفيدة صحياً : *Lb.paracasei ssp. paracasei* ، *Lb.acidophilus* ، *Lb.paracasei ssp. paracasei biovar shirota* ، *Lb.paracasei spp. rhamnosus* . سلالة *Lactobacillus GG* تشببه *Lb.paracasei ssp. rhamnosus* . وفيما يلي أمثلة لبعض منتجات الألبان المتخمرة المحتوية على *Lactobacilli* غير بادئ اليوجهورت:

أ- ياكولت *Yakult* .

لبن متخمّر علاجي نشأ في اليابان حيث تكون الجوامد الكليية في اللبن منخفضة بدرجة كبيرة (حوالي ٣,٧ %) ويحتوى على ١٤ % سكر مضاف ، وهو مشروب ينتج باستخدام بادئ وحيد السلالة يحتوى على أعداد كبيرة من *Lb.paracasei ssp. paracasei* . طريقة صناعة هذا المنتج غير متوفرة خارج اليابان ، ولكن من المحتمل أن تكون فترة التخمّر حوالي ٤ أيام تحسّت ظروف صحية بالغة الدقة . يحتوى المنتج على أكثر من 10^8 cfu/مل خلايا حية من

Lb.paracasei ssp. paracasei . يسخن اللبن إلى درجة حرارة فائقة الارتفاع UHT (١٤٠ م° لمدة ٣-٤ ثوان) ، وفي وجود سكريات مضافة يصبح اللون مائل إلى اللون البني الخفيف ، لحدوث تفاعل ميلارد Maillard reaction . في بعض الأحيان يطعم المنتج بعصير الخضراوات . يصنع الياكولت Yakult بترخيص في الشرق الأقصى ، كاليفورنيا ، المكسيك ، البرازيل وأستراليا . يوجد منتج آخر شديد الشبه يطلق عليه Yakult Miru-Miru الذي يصنع باستخدام بادئ خليط يحتوي على *Lb.acidophilus* , *B.breve* ، *B.bifidum* . قد يستخدم خليط من بادئات مختلفة حيث تستبدل *B.bifidum* بميكروب *Lb.paracasei ssp. paracasei* . يحتوي هذا المنتج على ٣,١% دهن ، ٣,١% بروتين ، ٤,٥% لاكتوز ، ٦,١% سكر مضاف و ٠,٧% رماد .

ب- يوك Yoke

يسترجع مسحوق اللبن الفرز SMP للحصول على SNF أقل من ٨% ويخلط بسكر ، كالسيوم ، حامض بنتوثينيك ، pantothenic acid ، فيتامين B₆ و حامض اللينولينيك linolenic acid . يسخن المخلوط إلى ٥٠ م° ، يجنس ، يسخن إلى ٩٠ م° ثم يعقم بعد ذلك عند ١٠٠ م° لمدة ٦٥ دقيقة . بعد التبريد إلى ٣٧ م° ، يلقح المخلوط ببادئ خليط (*Lb.paracasei ssp. paracasei* , *Lb.acidophilus* and *Str.thermophilus*) ، يحضن لمدة ٤٨ ساعة ، يبرد ، يجنس ، وقبل التعبئة يضاف فيتامين C تحت ظروف معقمة . أعداد Lactobacilli الحية تصل إلى 10^{18} cfu/جم .

ج- كاليس Calpis

لبن حامضي ياباني يحضر من اللبن الفرز باستخدام بادئ يحتوي على *Saccharomyces cerevisiae* , *Lb.helveticus* .

د- لبن الأسييدوفلس Acidophilus milk

ظهر في أسواق الولايات المتحدة في السبعينات لبن غير متخمّر يعرف بـ "لبن الأسييدوفلس غير الحامضي sweet acidophilus milk" . يتميز هذا الناتج بطعم يشبه طعم اللبن الطبيعي ، نظراً لإنتاج قليل من الحامض أثناء التخزين المبرّد

(في التلاجة) . يصنع لبن الأسيديفلس المتخمر fermented acidophilus milk من بادئ وحيد السلالة من *Lb.acidophilus* . السلالات المعزولة من الأمعاء ، تنمو ببطء في اللبن ، ويزيد أعدادها وتصل إلى ٥ أضعاف فقط في خلال ١٨-٢٤ ساعة مع زيادة في الحموضة تصل إلى حوالي ٠,٨% على الأكثر . يرجع الاهتمام بهذه السلالات إلى فائدتها في معالجة الاضطرابات المعوية .

عندما طرح لبن الأسيديفلس لأول مرة في أسواق الدول الغربية المختلفة ، فإن المستهلك لم يقبل عليه بصورة جيدة . قد ترجع أسباب ذلك إلى عدم الاعتقاد في ارتباط منتجات الأسيديفلس بالصحة الجيدة ، لكن سوء مراقبة الجودة أثناء الإنتاج بالنسبة للجودة الميكروبيولوجية والصفات الحسية قد ساهمت أيضاً في عدم إقبال المستهلكين على هذا المنتج . يحتوى *Lb.acidophilus* على إنزيم alcohol dehydrogenase الذى يحول الإستيالدهيد إلى إيثانول ، لذلك فإن لبن الأسيديفلس قد يكون عديم المذاق tasteless مقارنة بالأنواع الأخرى من الألبان المتخمرة . وقد بذلت محاولات كثيرة لتحسين الطعم بإضافة بادئ اليوجهورت أو *Bifidobacterium* . وقد أدى التطور والتحسين في النواحي التكنولوجية وخلط *Lb.acidophilus* مع بكتريا بادئ آخر ، إلى زيادة الطلب على هذا المنتج . وعموماً فإن طريقة إنتاج لبن الأسيديفلس تتلخص فيما يلي:

يسخن اللبن (لبن كامل أو فرز) إلى ٩٥°م لمدة ٦٠ دقيقة ، يبرد إلى ٣٧°م ويحجز لمدة ٣-٤ ساعات ، ثم يسخن اللبن مرة أخرى إلى ٩٥°م لمدة ١٠-١٥ دقيقة ، يبرد ويلقح بنسبة ٢-٥% بادئ الإضافة bulk starter . يحضن اللبن المعامل لمدة قد تصل إلى ٢٤ ساعة أو إلى حموضة تصل ١% حامض لاكتيك ، يبرد إلى ٥°م ويعبأ وينقل أخيراً إلى غرف التبريد . ومن ناحية أخرى فإن الطرق الحديثة لزيادة كفاءة عملية التصنيع تتركز فيما يلي:

١- يجنس اللبن عند ضغط ١٤,٥ MPa ، ثم يسخن إلى ٩٥°م لمدة ٦٠ دقيقة ، يبرد إلى ٣٧°م ويلقح ببادئ DVI (بادئ التلقيح المباشر) ، ثم يحضن لمدة ١٢-١٦ ساعة أو إلى حموضة حوالى ٠,٦٥% حامض لاكتيك .

٢- تسخين اللبن لدرجات حرارة فائقة الارتفاع UHT (١٤٠-١٤٥°م لمدة ٢-٣ ثانية) يساعد على القضاء على الميكروبات الملوثة غير المرغوبة . قد

يستخدم خليط من سلالات مخاطية ropy مع سلالات غير مخاطية non-ropy من *Lb.acidophilus* (بنسبة ٤:١)، كما في الأتحاد السوفيتي سابقاً (USSR) لإنتاج Moskowski .

يجب أن يحتوى ناتج التجرئة retail product على 10^5 مل/cfu من *Lb.acidophilus* عند الاستهلاك (أى بعد ١٤-٢١ يوم من الصناعة) . ولضمان هذه الجودة ، فإنه يجب تبريد الناتج عند حموضة حوالى ٠,٦٥ % حامض لاكتيك والمحافظة على هذه الحموضة عند درجة حرارة لا تزيد عن ٥°م أثناء التوزيع والتسويق . يمكن المحافظة على ثبات الميكروبات فى لبن الأسيدوفلس بواسطة : (١) إضافة مستخلص خميرة أو بيئة V (V medium) إلى اللبن لتحسين نمو *Lb.acidophilus* ، (٢) تدعيم بروتينات اللبن بواسطة لبن فرز مركز و (٣) استخدام بادئ خليط من *Lb.acidophilus* وبادئ اليوجهورت لتثبيت أعداد الخلايا وتحسين الطعم . يعتمد تحقيق هذه النتائج على الاختيار الدقيق لسلالات *Lb.acidophilus* ، ويجب متابعة الحموضة بدقة للتأكد من بقاء *Lb.acidophilus* لمدة ١٤ يوم على الأقل .

Lb.acidophilus المضاف إلى اليوجهورت قبل التعبئة تكون مقاومته ضعيفة ، وقد يعزى ذلك إلى فوق أكسيد الأيدروجين الناتج بواسطة *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، ولكن إضافة الكتاليز (٢٤٠ وحدة/مل) يمنع هذا التثبيط . وعلى العكس من ذلك ، فإن إضافة أعداد كبيرة من خلايا *Lb.acidophilus* و/أو *Bifidobacterium spp.* إلى اللبن المبستر قبل التعبئة يجعل أعداد الخلايا الحية أكثر من 10^7 cfu/مل عند نهاية الأسبوع الثاني من عمر الناتج .

يمكن أيضاً استخدام ألبان أخرى ، حيث تم إنتاج لبن أسيدوفلس مرتفع الجودة من لبن جاموسي يحتوى على أعداد خلايا حية viable cell counts تصل إلى ٦,٤ - ٨,١ $\times 10^6$ cfu/مل عند pH حوالى ٤,٠ . البادئات المختلطة من *Lb.acidophilus*, *Lb. paracasei ssp. paracasei*, النامية فى بيئة لبن الصويا soy milk تحتوى على أعداد مرتفعة من *Lb.acidophilus* ، لكن إضافة *Str.thermophilus* تقلل من الأعداد النهائية . من الطرق البديلة لإمداد المستهلك

بخلايا *Lb.acidophilus* ، أعداد مستحضر بحفف بطريقة الرذاذ من لبن أسيدوفلس ، عصير طماطم وسكر ، ويحتوى الناتج على أعداد خلايا حية $22,9 \times 10^8$ cfu/جم ، حيث يكون معدل البقاء survival rate ١٤,٨ % .

جدول (٣-٩): أقراص دوائية مجفدة تحتوى على أنواع من *Lactobacilli*.

المنتج	الدولة	الميكروبات	أعداد الخلايا الحية جم/cfu
Enpac	المملكة المتحدة	<i>Lb.acidophilus</i> ⁽¹⁾	أعداد كبيرة
Laccilla	المملكة المتحدة	<i>Lb.acidophilus</i>	١٠ ^٨ أو أكثر
Lactinex	الولايات المتحدة الأمريكية	<i>Lb.acidophilus</i> + <i>Lb.del</i> <i>breuckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	-
Megadophilus	الولايات المتحدة الأمريكية	<i>Lb.acidophilus</i>	١٠ × ٥ ^٩
Ribolac	سويسرا	<i>Lb.acidophilus</i> ⁽²⁾	١٠ ^٨ أو أكثر

(١) السلالات المستخدمة تقاوم ١٠ مضادات حيوية مختلفة .

(٢) *Lactobacillus* مقاومة للمضادات الحيوية وأدوية السلغا (الكيريت) ، تحتوى الأقراص أيضاً على فيتامينات مختلفة .

يوجد عدد قليل من المستحضرات الدوائية pharmaceutical مجفدة من

Lb.acidophilus متوفر في أسواق دول مختلفة (جدول ٣-٩) .

يصنع في الاتحاد السوفيتى سابقاً (USSR) منتج غذائى من لبن فرز مدعم بزيت ذرة (٢ جم/١٠٠ جم). يسخن الزيت إلى ٥٠° م ، يخلط مع جزء صغير من اللبن الفرز عند ٣٥° م ، يجنس ثم يخلط مع الكمية الباقية من اللبن الفرز . يضاف السكروز ثم يعقب ذلك التسخين إلى ٩٠-٩٥° م لمدة ١٠-١٥ دقيقة والتبريد إلى ٣٧° م ، والتلقيح بمعدل ٥% من بادئ *Lb.acidophilus* ويحضن لعدة سلعات . حموضة الناتج النهائية تكون حوالى ١,٠ % حامض لاكتيك.

هـ- جيفلس *Gefilus* (جيفلاك *Gefilac*) . لبن متخمّر يوجد في فنلندا

Finland يستخدم في صناعة هذا اللبن المتخمّر *Lactobacillus rhamnosus* .

مصدر هذه السلالة الإنسان وتعرف بـ *Lactobacillus GG* نسبة إلى العالمين

Lb.paracasei ssp. S.Gorbach & B.Goldin . الأسم القديم لهذا الميكروب

paracasei ، وحديثاً سميت هذه السلالة *Lb.rhamnosus* ATCC 53103 .

يستخدم اللبن الذى تم تحليل اللاكتوز فيه lactose-hydrolyzed milk في

صناعة *Gefilus* والناتج غير مضاف إليه مواد مكسبة للطعم ، ويتم تحليته

بالفركتوز ، ويحتوى على حوالى ١,٥ % دهن ، ويتميز بـ firm صلب ومذاق حامضى خفيف منعش . يتكون بادئ Gefilus من ٣ سلالات من *Lactococcus spp.*, *Lactobacillus GG*, *Leuc.mesenteroides ssp cremoris*.

تتميز هذه السلالة من *Lactobacillus* بصفات الميكروبات الوقائية

probiotic microorganisms على النحو التالى :

- مقاومة الحامض والصفراء bile .
- القدرة على الالتصاق بقوة بالخلايا المبطنة لأمعاء الإنسان .
- القدرة على المرور خلال المعدة والجزء العلوى من الأمعاء ، والأستقرار فى أمعاء الإنسان.
- إنتاج مواد مضادة للميكروبات antimicrobial substances التى تثبط نمو البكتريا الضارة.
- الاستقرار فى الأمعاء أثناء المعالجة بالبنسلين penicillin ، أمبسلين ampicillin أو erythromycin .
- تحسين المناعة المعوية intestinal immunity.
- خفض مستويات الإنزيمات البكتيرية المعوية المشاركة فى سرطان الأمعاء الغليظة.

عملية عزل وتوصيف هذه السلالات من *Lactobacillus* من الإنسان قد تم تسجيلها فى كثير من الدول ، وقد سجلت الدراسات العلاجية الحديثة الحقلائق التالية : (١) عزل *Lb.rhamnosus* من لعاب saliva المرضى بعد أسبوع واحد من إتباع نظام ٧ أيام يتم خلاله تناول ٢٥٠ جم من اللبن المتخمر مرتين يومياً ، (٢) عزل مادة مثبطة من *Lb.rhamnosus* قادرة على تثبيط *Str.sobrinus* ، ومركب يشبه ميكروسين microcin (منخفض الوزن الجزيئى ، أقل من ١ kDa) ذات مجال نشاط أوسع من البكتروسين bacteriocin ، (٣) إستيطان أمعاء الإنسان باستخدام أقراص مجفدة من *Lactobacillus GG* ، (٤) إستيطان الأطفال الرضع غير الناضجين premature babies بسلالات *Lactobacillus GG* لم يسبب أى تأثيرات غذائية معاكسة ، (٥) بقاء *Lactobacillus GG* فى القناة الهضمية لبعض المرضى الذين يتناولون المضاد الحيوي ampicillin ، (٦) معالجة

cfu/مل . وقد أشارت الدراسات على أن منتج Gaio يخفض الكوليسـترول في الرجال الأصحاء متوسطى العمر.

٤-٢- الألبان المتخمرة باستخدام بكتريا حامض اللاكتيك والخمائر

تتميز هذه المشروبات اللبنية الكحولية alcoholic milk beverages بمذاق حامضى (حامض اللاكتيك) مع محتوى من الأيثانول يصل إلى ٢ % . كما تتميز هذه المنتجات بصفات رغوية foaming وفوارة effervescent نتيجة إنتاج CO₂ . ميكروبات البادئ غير معرّفة بدقة عندما تقارن مع الألبان المتخمرة السابق ذكرها، بالرغم من أن الخمائر وبكتريا حامض اللاكتيك دائماً تكون موجودة . من الأمثلة النموذجية لهذه الألبان المتخمرة : الكفير Kefir ، الكوميس Koumiss ولبن الأسيدوفلس المحتوى على خمائر Acidophilus-yeast milk . نشأت هذه الألبان المتخمرة في جبال القوقاز وفي سهول شمال وشرق شمال القوقاز إلى منجوليا . تصنع هذه الألبان المتخمرة على نطاق واسع في الاتحاد السوفيتى سابقاً USSR ، وبكميات محدودة في بعض دول أوروبا الغربية.

٤-٢-١- الكفير Kefir

يوجد بادئ هذه الألبان في صورة حبوب كفير kefir grains التي تتميز بأسطح غير منتظمة ومجعدة . قد تكون لون الحبوب بيضاء أو مائلة للأصفرار ، ولها قوام مرن elastic . يتراوح قطر حبوب الكفير من ١-٦ ملم (mm) أو أكثر ويتوقف ذلك على درجة التقلب أثناء النمو في اللبن ، عند تجميع هذه الحبوب من اللبن وغسلها بالماء فإنها تكون مختلفة في الحجم حيث يتراوح قطرها بين ٠,٥ - ٣,٥ سم ، وتشبه ثمار القرنييط في الشكل واللون .

أ- ميكروبات حبوب الكفير .

ميكروبات حبوب الكفير معقدة ودائماً غير ثابتة ، تتكون من أنواع غير معرّفة من البكتريا والخمائر ، وقد وجد أنواع عديدة مرتبطة بحبوب الكفير . جدول (٣-١٠) يوضح الميكروبات الموجودة في حبوب الكفير والتي تتوقف على: (١) مصدر ودولة المنشأ و (٢) الطرق الميكروبيولوجية المستخدمة في

تعريف الأنواع المختلفة . فمثلاً ، وجود *Acetobacter spp.* في حبوب الكفير الأسبابى يعتبر من الملوثات . وقد أشار بعض الباحثين أن *Acetobacter aceti* ، *Ace.rasens* يحسن من طعم وقوام الكفير . وقد تم عزل سلالة *Lb.kefiranofaciens* K₁ منتجة سكريات عديدة كبسولية من الكفير ، واللبن المتخمّر المحضّر من السلالة المعزولة يتميز بقوام خيطى (لزج) *ropy* ومقاوم لانفصال الشرش *syneresis* . وجود فطر أبيض (*G.candidum*) في حبوب الكفير قد تكون مرغوب فيه في بعض الأسواق ، ولكن تعتبر كملوثات غير مرغوبة في دول أخرى .

جدول (٣-١٠): ميكروبات حبوب الكفير

١- الخمائر Yeasts	
<i>Candida kefir</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Candida pseudotropicalis</i>	<i>Torulaspora delbrueckii</i>
<i>Candida tenuis</i>	<i>Zygosaccharomyces florentinus</i>
<i>Candida holmii</i>	<i>Klyveromyces marxianus</i> var. <i>lactis</i>
<i>Candida valida</i>	<i>Klyveromyces marxianus</i> var. <i>maxianus</i>
<i>Candida friedrichii</i>	<i>Klyveromyces marxianus</i> var. <i>fragilis</i>
<i>Touloopsis kefir</i>	<i>Mycotorula lactis</i>
<i>Pichia fermentans</i>	<i>Mycotorula lactosa</i>
٢- بكتريا حامض اللاكتيك Lactic acid bacteria	
، <i>Lb.cellobiosus</i> ، <i>Lb.acidophilus</i> ، <i>Lb.brevis</i> ، <i>Lb.kefir</i> ، <i>Lb.helveticus</i> <i>Lb.paracasei</i> ssp. ، <i>Lb.paracasei</i> ssp. <i>paracasei</i> ، <i>Lb.delbruckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> ، <i>Lb.paracasei</i> ssp. <i>pseudoplantarum</i> ، <i>Lb.paracasei</i> ssp. <i>alactosus</i> ، <i>tolerans</i> ، <i>Lb.viridescens</i> ، <i>Lb.kefiranofaciens</i> ، <i>Lb.kerfirgranum</i> ، <i>Lb.rhamnosus</i> ، <i>Lb.parakefir</i> ، <i>Lb.gasseri</i> ، <i>Lb.plantarum</i> ، <i>Lc.lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> ، <i>Lc.lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i> ، <i>Lc.lactis</i> ssp. <i>lactis</i> <i>Leuc.mesenteroides</i> ssp. <i>dextranicum</i> ، <i>Str.thermophilus</i>	
٣- بكتريا حامض الخليك Acetic acid bacteria	
<i>Ace.rasens</i> ، <i>Acetobacter aceti</i>	
٤- فطريات Molds	
<i>Geotrichum candidum</i>	
٥- ملوثات Contaminants	
<i>Ent.durans</i> ، <i>E.coli</i> ، <i>Bacillus spp.</i> ، <i>Micrococcus spp.</i> ، <i>Pediococcus spp.</i>	

تم حديثاً دراسة طبيعية حبوب الكفير بشئ من التفصيل . الحبوب عبارة عن حبيبات جيلاتينية (٢-١٥ ملم في القطر) التي تتكون من خليط من

الميكروبات تتجمع بطريقة منتظمة جداً . تختلف الميكروبات الموجودة ولكن قد تشمل *Lc.lactis ssp lactis*, *ssp. cremoris* *Lb.acidophilus*, *Lb.kefir* ، *Kluyveromyces* ، *Candida kefir* ، *Lb.casei* ، *Lb.kefiranofaciens* *marxianus* var. *marxianus* وأنواع من *Saccharomyces* تشمل *Sacch. cerevisiae* و *Acetobacter aceti* . تحت ظروف التنشيط المنتظمة ، فإن الحبوب تتكاثر في اللبن لعدد كبير من الأجيال ، تبقى الصفات والمزايا ثابتة لا تتغير . تبدو أن حبوب الكفير تتكون من تركيب بنائي matrix ، ٥٠ % من جلو كوز و كربوهيدريت تحتوي على جلاكتوز ، كيفيران *kefiran* . يتكون هذا التركيب من طبقات متتالية تحتوي على بكتريا حامض اللاكتيك العصوية *Lactobacilli* المنتجة للكيفيران *kefiran* . يسود كل من *Lactobacilli* غير المنتجة للكيفيران والخمائر على جوانب منفصلة من هذه الطبقات . ينتج الكيفيران *kefiran* بواسطة *Lb.kefiranofaciens* في مركز الحبوب حيث يكون النمو جيداً نتيجة الظروف اللاهوائية وفي وجود الأيثانول . لذلك فإن *Lb.kefiranofaciens* يكون مسئولاً عن تنمية الحبوب الذي لا يحدث في غياب هذا الميكروب ، بالرغم من أن الحبوب غير المنشطة تحتفظ بالقدرة على إنتاج الكفير . يعتبر *Lb.kefir* ، من ميكروبات *Lactobacilli* الأكثر شيوعاً في الكفير ، يوجد فقط بأعداد قليلة على سطح الحبوب .

عند تلقيح اللبن بحبوب الكفير وتحضينه يحدث انطلاق الميكروبات من حبيبات الكفير إلى اللبن ويبدأ في النمو وإحداث التخمر . عند إزالة حبوب الكفير من اللبن بعد التخمر يسمى الناتج مزرعة الكفير *kefir culture* ويمكن استخدامها عدة مرات ولا تستخدم لفترات طويلة حتى لا يحدث خلل في توازن ميكروبات الكفير .

ب- إنتاج بادئ إضافة الكفير

في صناعة الكفير في الاتحاد السوفيتي سابقاً USSR ، يستخدم بادئ I أو II . شكل (٣-٣) يشرح المراحل المختلفة لإنتاج البادئ . وقد يوصى بشدة باستخدام البادئ I في إنتاج الكفير ، لكن البادئ II يستخدم فقط في المصانع إذا لم تتوفر إمكانيات لفصل وغسل حبوب الكفير .

للمحافظة على النسبة الملائمة بين أنواع الميكروبات المختلفة في حبوب الكفير وإنتاج ناتج مرتفعة الجودة فإنه يجب أن يتم التعامل مع مزارع البادئ على النحو التالي :

- يستخدم لبن فرز مرتفع الجودة ومنخفض العدد الكلى من الميكروبات ويسخن إلى 90°C لمدة ١٠-١٥ دقيقة .
- تستخدم حبوب الكفير لتلقيح اللبن بنسبة تتراوح بين ١ : ٣٠ إلى ١ : ٥٠ ، عند نسبة أقل من ١ : ٣٠ فإن التوازن الميكروبي سوف يتغير ، ويفضل التنشيط اليومي .
- يقلب البادئ I مرتين خلال فترة التحضين ، بعد ٦ ساعات و ٢٢ ساعة على التوالي ، يخمر اللبن عند 20°C حيث أنه عند درجات حرارة أعلى من 25°C فإن التوازن بين بكتيريا حامض اللاكتيك ، الخمائر *Acetobacter spp.*، سوف يتغير مما يشجع على زيادة أعداد *Lactobacillus* وانخفاض في أعداد الميكروبات الأخرى ، أساساً الخمائر *A.aceti*، حيث يتأثر تكوين الطعم والنكهة في الكفير . التبريد البطيء للخثرة (١٠-١٢ ساعة) من الأمور المرغوب فيه ليسمح للميكروبات بتكوين الطعم بالدرجة المرغوبة .
- الغسيل الزائد للحبوب سوف يؤدي إلى خلل في التوازن الميكروبي ويخفض نشاطها ، يمكن استعادة نشاط البادئ بعد تنمية الحبوب لمدة ٣-٥ أيام.

نظراً لأن إنتاج الكفير يتضمن استعادة الحبوب وإعادة استخدامها بعد غسلها ، فإن الإنتاج على مستوى واسع يكون غير إقتصادي لحد ما . يقدر الوقت اللازم للإنتاج بحوالى ٢٤ ساعة في أوروبا ، تم إنتاج بادئ مجفد لإنتاج الكفير تجارياً حيث لا يستلزم الأمر استعادة الحبوب . وقد تم اختيار سلالات من *Lactobacilli*, *Lactococci* متجانسة التحمر و *Cand.kefyr* ، حيث تم تنمية كل نوع على حدة عند pH ثابت ، ثم التركيز والتحفيد . يتكون الخليط النهائى من *Lc.lactis* ssp. *lactis* (٧٥ %) ، *Lc.lactis* biovar *diacetylactis* (٢٤ %) ، *Lactobacilli* (٠,٥ %) و خمائر (٠,١ %) . تم الحصول على كفير ثابت باستخدام هذا البادئ يتميز بطعم ونكهة أفضل (أى ثنائى الأستيتل أكثر

وطعم خمائري أقل) ، ولكن الناتج يحتوي على إيثانول، CO₂ أقل نتيجة إلى وجود أعداد قليلة من الخمائر في البادئ .

وقد تم في عام ١٩٨٤ تسجيل براءة اختراع بادئ كفير لاستخدامه مرة واحدة يتكون من Lactococci ، Lactobacilli وخمائر . يلقح اللبن بـ ٢ % بيادئ خليط يحتوي على *Lc.lactis ssp. lactis* ، biovar *diacetylactis* ، *Lb.delbrueckii ssp.* ، *Lb.brevis* ، *Lb.acidophilus* وكذلك *cremoris lactis*، ثم يحضن عند ٢٤-٢٧°م حتى ينخفض pH إلى ٤,٤ . بعد تبريد اللبن المتخمر ، يضاف مزرعة من *Cand.kefyr* ، لكن لا يحدث تخضين بعد ذلك ، مما يعنى إحتواء الناتج على خميرة ولكن لا يتم تخمر الناتج بهذه الخميرة وبذلك يحتوي على قليل من الأيثانول أو الغاز . يساعد إنتاج هذا المنتج على تجنب إنتاج CO₂ الذى يسبب إنتفاخ عبوات الكرتون المستخدمة في تعبئة اللبن المتخمر .

تسبب عملية تجفيد حبوب الكفير أضراراً *injury* لخلايا الخميرة ويقلل من أعداد خلايا الخميرة الحية في المزارع الجافة . إضافة مخلوط يتكون من ٢٠ % محلول سكروروز ونشا معقم إلى حبوب الكفير (طرية wet) لحماية خلايا الخميرة أثناء عملية التجفيد . استخدام هذا البادئ يؤدي إلى إنتاج ناتج شبيه بالكفير الناتج باستخدام حبوب الكفير ، وتخضير هذا البادئ يكون أسهل وأقل تعقيداً عند مقارنته بحبوب الكفير .

ونظراً لأن وجود CO₂ في الكفير ضرورى ، فقد تمكن بعض الباحثين من إنتاج بادئ خليط نقي يتكون من *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* + *Str.thermophilus* (٣ %) ، *Lb.acidophilus* (٣-٥ %) ومزرعة خليط من *Leuconostoc spp. + Lc.lactis ssp. lactis* (١%) لتخمير اللبن . يضاف سكروروز (٦ جم/١٠٠ جم) ومزرعة خميرة (١%) إلى اللبن المتخمر البارد قبل التعبئة في زجاجات . وقد دلت الصفات الحسية أن هذا اللبن المتخمر يتميز بصفات مماثلة للكفير التقليدي المحضر بالحبوب ، هذه العملية مناسبة للإنتاج التجارى ، ويتميز الناتج بقوة حفظ جيدة ، لا يحدث فساد في الجودة بعد ٤٢ يوماً عند ٥°م .

التطورات الحديثة في تكنولوجيا بادئ الكفير يتضمن استخدام خلايا خمائر محملة immobilized yeast cells أو خلايا بادئ متعدد multistarter cells لإنتاج الكفير . النتائج المتحصل عليها مشجعة لأنطلاق الخلايا المناسبة وإنتاج نواتج التخمر المرغوبة في الشرش واللبن ، على الترتيب ، هذه الطرق تكون مناسبة لإنتاج الكفير على نطاق واسع يحتوى على المستويات المرغوبة من حامض اللاكتيك، CO₂ ، الأيثانول وثنائي الأستيل والأسيتون acetoin. يحتوى كل جرام من الكفير الجيد على :

١٠^٩ خلايا Lactococci ، ١٠^٧ - ١٠^٨ خلايا Leuconostocs ، ١٠^٧ - ١٠^٨ خلايا Lactobacilli ، ١٠^٤ - ١٠^٥ خلايا خميرة و ١٠^٤ - ١٠^٥ خلايا Acetobacter ، ويستخدم في علاج اضطرابات القناة الهضمية.

ج- طرق الصناعة

من العادات التقليدية لمواطني القوقاز إنتاج مشروب منعش "الكفير" من لبن بقرى أو لبن ماعز باستخدام حبوب الكفير كبادئ . يوضع اللبن في قرية جلد ، تلقح بحبوب الكفير ، توضع في الشمس أثناء النهار وتؤخذ إلى المنزل في الليل . تعلق القرية الجلد عادة قريبة من الباب ، بحيث أنه عند دخول أو خروج أى فرد من المنزل يدفع القرية لكي يخلط محتوى القرية . عندما يستهلك بعض من الكفير ، يضاف لبن طازج إلى القرية . تعرف هذه الطريقة لإنتاج الكفير بالتخمير المستمر حيث يتوقف مستوى الحامض ، الأيثانول، CO₂ على فترة الحجر holding time . تغسل القرية الجلد وتستخدم حبوب جديدة إذا ظهر في الكفير طعم ومذاق غير مقبول.

يستخدم اللبن البقرى في صناعة الكفير بدون تدعيم ، يعدل محتوى الدهون بحيث تكون بين أقل من ٠,١ إلى ٣,٢ % . يسخن اللبن إلى ٧٠°م ويجنس عند ضغط ١٢,٥ - ٢٠ MPa ، يسخن إلى ٨٥-٨٧°م لمدة ١٠ دقائق أو إلى ٩٠-٩٥°م لمدة ٢-٣ دقيقة ، يبرد إلى حوالى ٢٢°م ويلقح ببادئ I أو II . يتم التخمير لمدة ٨-١٢ ساعة حتى تصل الحموضة إلى حوالى ١% حامض لاكتيك ، يعقب ذلك تقليب الخثرة والتبريد البطئ لمدة ١٠-١٢ ساعة . قبل التعبئة يقلب

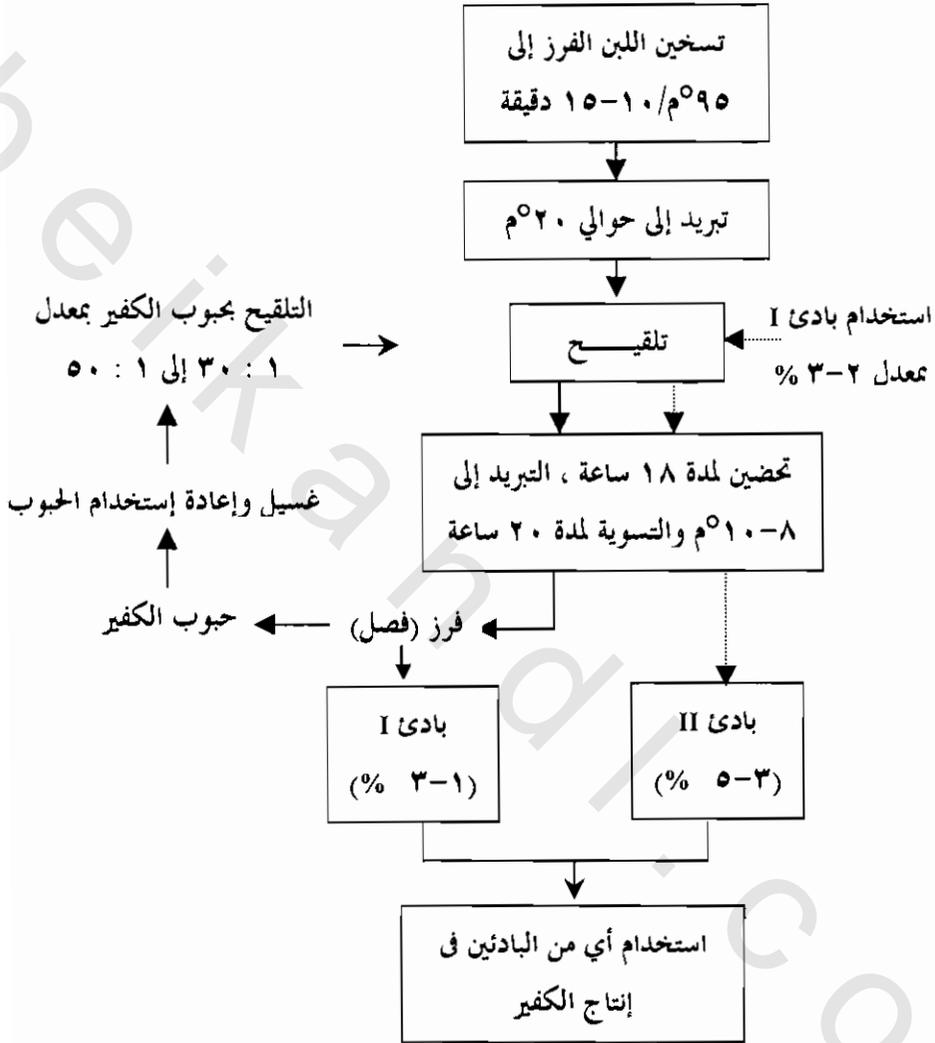
الناتج مرة أخرى ، ويعبأ في في عبوات التسويق (المستهلك) وتسوى ripened في غرف التبريد .

عند صناعة الكفير باستخدام بادئ I ، يتميز الناتج بقوام متجانس ، مذاق منعش ، ومحتوى الكحول (حوالي ١,٠%) و CO₂ منخفض نسبياً عند مقارنته بالكفير التقليدي (حوالي ٢% أيثانول) . تستخدم في بولندا طريقة مماثلة لإنتاج الكفير على نطاق واسع ، حيث يتم الحصول على كفير مرتفع في محتوى الكحول CO₂ نتيجة تخمير اللبن عند درجات حرارة تتراوح من ٤ إلى ١٥°م التي تشجع الخمائر . ومع ذلك ، يفضل التحضين عند ٢٥°م للإنتاج المثالي من الأيثنانول والأحماض الطيارة . تتضمن الطرق الأخرى لتصنيع الكفير : (١) معاملة حرارية متعددة المراحل للبن (أى التسخين إلى ٨٧°م والتبريد إلى ٧٧°م ، والتسخين مرة أخرى إلى ٨٧°م والتبريد إلى ٧٧°م والحجز لمدة ٣٠ دقيقة) ، حيث يساعد ذلك على تحسين الصفات الريولوجية للكفير ويقلل من انفصال الشرش syneresis ، (٢) تخمير اللبن عند ٢٥°م ، يحسن من لزوجة وطعم الكفير ، (٣) إضافة كازينات الصوديوم إلى اللبن لإنتاج كفير غذائي dietetic kefir يطلق عليه osoby (٤) معاملة اللبن لدرجات حرارة فائقة الارتفاع UHT ، وتستخدم هذه المعاملة بنجاح في صناعة الكفير الذى يشبه في صفاته الناتج المصنع من لبن مبستر بطريقة HTST.

تمكن مجموعة باحثين في كندا من الوصول إلى بادئ لإنتاج الكفير ، وطريقة بديلة للصناعة تتكون من خلط اليوجهورت ولبن الأسيديوفلس ولبن خض متخمر بنسبة ٣٠ : ٣٠ : ٤٠ على الترتيب ، على أن يعقب ذلك تخمير ثانوى بالخمائر secondary yeast fermentation بعد التعبئة في زجاجات.

ثم دراسة محتوى الكفير من معقد فيتامين B (Vitamin B-complex) باستخدام ١٠ عينات مختلفة من حبوب الكفير وألبان ثدييات مختلفة (بقرى ، ماعز ، غنم ، فرس) . بادئ الكفير قد يكون أو يستخدم بعض الفيتامينات أثناء النمو ، ويتأثر ذلك بواسطة مصدر حبوب الكفير ونوع اللبن المستخدم ، ويمكن تلخيص النتائج المتحصل عليها فيما يلى : (١) يزيد تركيز الثيامين thiamin بحوالى ٢٤% فقط في كفير لبن الغنم ، (٢) يزيد حامض الفوليك folic acid

بحوالي ٢٢ ، ٧١ ، ٤٤ % في كفير لبن البقر ، الغنم والماعز على الترتيب و (٣) يزيد المحتوى pyrodoxine بحوالي ٨٩ ، ٢٠ ، ٤٠ % في لبن الغنم ، الماعز والفرس ، على الترتيب .



شكل (٣-٣) : تحضير بادئات الكفير

٤-٢-٢- كوميس (Koumiss (Kumys or Coomys

يصنع الكوميس أساساً من لبن الفرس mares' milk ، حيث يحتوى هذا اللبن على حوالى ٩٠ % رطوبة ، ٢,١ % بروتين (منها ١,٢ % كازين و ٠,٩ % بروتينات شرش) ، ٦,٤ % لاكتوز ، ١,٨ % دهن و ٠,٣ % رماد . اشتق الأسم من قبيلة Kumanes أو Kumyks التى تستوطن سهول وسط آسيا . فى بعض الأحيان يستخدم لبن الحمار ass's milk أو لبن الإبل camel's milk فى إنتاج الكوميس . الناتج المحضر من لبن الفرس يكون سائلاً (مشروب beverage) نظراً لأن اللبن لا يتجبن ، ويكون رمادى اللون milky gray ، خفيف ، فوار ، وله مذاق حامضى وكحولى حاد sharp alcohol and acidic taste ، نواتج التخمر الرئيسية عبارة عن ٠,٧ - ١,٨ % حامض لاكتيك ، ٠,٦ - ٢,٥ % إيثانول و ٠,٩-٠,٥ % CO₂ .

أ- الطرق التقليدية

يحضر الكوميس أساساً من لبن فرس غير مسخن الذى يترك ليتخمر فى جلد حصان مدخن smoked horses hide يطلق عليه tursuks أو burduks . يعبأ لبن الفرس عقب الحلب فى عبوات تـقلب بأجهزة خاصة ، وإذا لـقـح بالكوميس ، فإن الناتج يكون صالحاً للأستهلاك فى خلال ٣-٨ ساعات . عند استهلاك الكوميس ، يملأ tursuk بلبن الفرس لأستمرار عملية التخمر . الميكروبات غير معرّفة بدقة ، ولكن تتكون أساساً من بكتريا حامض اللاكتيك العصوية المحبة للحرارة المرتفعة thermophilic lactobacilli ، *Lb.delbrueckii* ، *Lb.acidophilus*، ssp. *bulgaricus* ، خمائر مخمرة للاكتوز lactose-fermenting yeasts (*Saccharoyces lactis* ، *Torula koumiss*) وخميرة غير مخمرة للاكتوز non-lactose-fermenting yeast (*Saccharomyces cartilaginosus*) وخميرة غير مخمرة للكربوهيدريـت non-carbohydrate-fermenting yeast (*Mycoderma spp.*) . بالرغم من وجود Lactococci فى كوميس منغولياً Mongolian Koumiss ، فإن وجود هذه البكتريا فى دول أخرى قد لا تكون مرغوبة نظراً لأن الإنتاج السريع لحامض اللاكتيك يشبط نمو الخمائر .

لحفظ بادئ الكوميس في المناطق الريفية في سهول آسيا ومنغوليا ، تخزن tursuks في مكان بارد من الموسم السابق محتوي على كوميس لبن ماعز . عند بداية موسم الحلب التالي للفرس ، تملأ tursks تدريجياً بلبن الفرس ، وفي خلال ٥ أيام يسترجع البادئ نشاطه . يستخدم كوميس مرتفع الجودة فيما بعد كبادئ.

ب- الطرق التجارية

الطريقة التقليدية لإنتاج الكوميس من الصعب أن تكون تحت السيطرة ، وقد ظهرت طريقة (شكل ٣-٤) حيث يتم تخضير البادئ وصناعة المنتج في نفس الوقت . معدل التلقيح يكون حوالي ٣٠ % ، الذي يكون أعلى معدل تلقيح في إنتاج أى لبن متخمّر أو جبن .

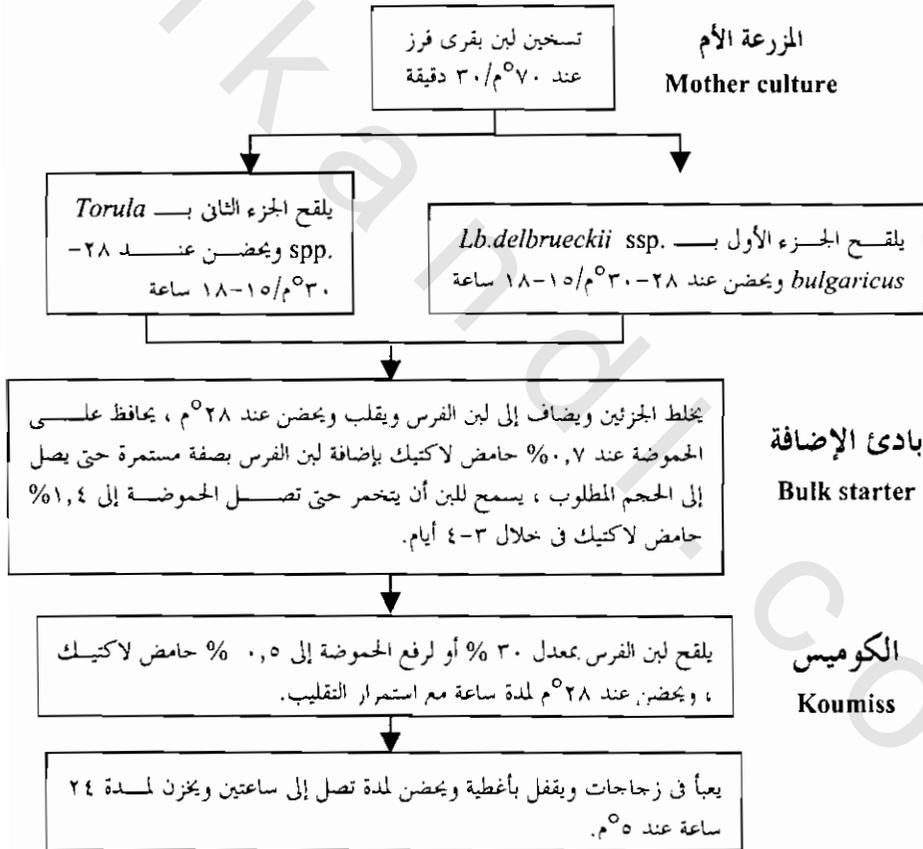
المعاملة الحرارية للبن الفرس ليست ضرورية (اختيارية) ، والتأثير المرغوب لدنترة بروتين الشرش denaturation على تكوين الجل في الألبان المتخمرة غير مطلوب حيث أن الكوميس سائل . في دراسة حديثة عن حساسية بروتين لبن الفرس للحرارة ، وجد أن α -La و β -Lg أقل حساسية للحرارة وذلك بالمقارنة بهذه البروتينات في اللبن البقري . هذه البروتينات (بروتينات الشرش في لبن الفرس) لا يحدث لها دنترة أو إذابة بدرجة كبيرة عند درجات حرارة أقل من ١٠٠ م° . لذلك ، فإن المعاملة الحرارية للبن الفرس في إنتاج الكوميس تجرى بهدف المحافظة على سلامة الصحة العامة public health safety وإعداد بيئة نمو مناسبة للبادئ دون أى منافسة من الميكروبات غير المرغوبة .

تقسم الكوميس إلى ٣ أقسام طبقاً لدرجة التخمّر على النحو التالي :

الطعم	الحموضة (%)	الكحول (%)
معتدل	Mild ٠,٨-٠,٦	١,٠-٠,٧
متوسط	Moderate ١,٠-٠,٨	١,٨-١,١
قوى	Strong ١,٢-١,٠	٢,٥-١,٨

قد يحتوي الكوميس العادى على أعداد خلايا حية $٤,٩٧ \times ١٠^٧$ /cfu مل من البكتريا ، $١,٤٣ \times ١٠^٧$ /cfu مل من الخمائر.

التطورات في بادئ الكوميس يتضمن : (١) استخدام *Lc.lactis* ssp. *A.aceti* ، *Sacc.lactis* ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ، *lactis* (٠,٠٢ %) لتكوين الطعام ، وفي نفس الوقت أدخلت تحسينات تكنولوجية لإطالة فترة صلاحية الناتج إلى ١٤ يوماً ، (٢) الصفات العلاجية للكوميس ضد *Mycobacterium tuberculosis* قد تحسنت باستخدام لبن بقرى وبادئ يتكون من *Sacc.lactis* ، *Lb.acidophilus* ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (٣) وجود *Lb.leichmanii* (الذى يعرف عادة بـ *Lb.delbrueckii* ssp. *lactis*) في الكوميس قد تأكد بواسطة بعض الدراسات ولكن لم تعطى أى أهمية عند استخدامه . نتيجة لنقص لبن الفرس ، فإنه يستخدم لإنتاج الكوميس على مستوى الصناعة ، إحدى الطرق التالية:



شكل (٣-٤) : مراحل إنتاج الكوميس

١- يدعم اللبن الفرز بـ ٢,٥ % سكروز ، يسخن إلى ٩٠°م لمدة ٢-٣ دقيقة ويبرد إلى حوالي ٢٨°م . يلقح بالبادئ بمعدل ١٠% ، يقلب لمدة ١٥-٢٠ دقيقة ، ويحضن عند حوالي ٢٦°م لمدة ٥-٦ ساعة حتى تصل الحموضة إلى ٠,٨-٠,٩% حامض لاكتيك. تقلب الخثرة لمدة ١٠-١٥ دقيقة ، مع التهوية وتبرد ثم تقلب مرة أخرى لمدة ١٠-١٥ دقيقة بدون تهوية aeration . بعد حوالي ٢ ساعة تنخفض درجة الحرارة إلى ١٦-١٨°م ويكون الكوميس متجانس وذات لزوجة خفيفة مع تكوين رغاوى foamy ويعبأ في زجاجات . تحدث التسوية النهائية عند ٤°م وتتراوح الحموضة من ١,٠-١,٥ % حامض لاكتيك.

٢- يسترجع مسحوق لبن مجفف (ناتج من لبن كامل ، لبن فرز وشرش جبن) عند ٥٠°م ، يسخن إلى ٨٥-٨٧°م مع الحجز لمدة ٥-١٠ دقيقة ، يجنس عند ضغط ١٠-١٢ MPa ويبرد إلى درجة حرارة التحضين . يضاف البادئ (١٠%) وحامض الأسكوربيك (٠,٢%) إلى اللبن ، يخمر لمدة ٣-٤ ساعة مع التقليب بصفة منتظمة حتى تصل الحموضة إلى ٠,٨% حامض لاكتيك. تبرد الخثرة إلى ١٧°م ، وتقلب بصفة منتظمة لمدة ١-٢ ساعة ، تعبأ في زجاجات وتغطى بأغطية من رقائق الأمونيوم وأخيراً تسوى عند ٦-٨°م. يتم إنتاج كوميس ذات طعم معتدل ، متوسط أو قوى طبقاً للحموضة (١,٠-١,٣% حامض لاكتيك) وإيثانول (٠,٦-١,٦%).

٣- يخلط ٥ أجزاء من اللبن البقرى مع ٨ أجزاء من شرش منفحة معامل بالترشيح الفائق UF (UF rennet whey) ، أى تركيز البروتين إلى الضعف ، لإنتاج لبن مماثل للبن الفرس في التركيب (١,٥% دهن ، ٢,٠% بروتين ، ٥,٠% لاكتوز و٠,٧% رماد) . يحلل اللبن بواسطة β -D-galactosidase ، يسخن إلى ٩٥°م لمدة ١٥ دقيقة ، يبرد ، يلقح ببادئ خليط وتخمّر على مرحلتين (إنتاج حامض لاكتيك لمدة ١٥ ساعة يعقبه تخمر كحولى عند ١٥°م لمدة حوالي ٢٠ ساعة) . يسوى الناتج عند ١٠°م لمدة ٤٠ ساعة ويحزن بعد ذلك عند درجة أقل من ٥°م . يكون الناتج معتدلاً عند مقارنته بالكوميس المنغولى ، وعند رفع غطاء الزجاج ،

فإن ضغط CO_2 يسبب رغاوى زائدة . يعرف الناتج التقليدي في منغوليا بـ Airage الذى يحتوى على ٢,٥-٣,٠ جم كحول/١٠٠ جم ويقدر استهلاك الفرد بحوالى ٥ كجم/السنة .

٤- عندما يخلط اللبن البقرى بنسبة ١ : ١ مع شرش منقى clarified ويحلى بـ ٢,٥% سكروز ، فإن التركيب الكيماوى للمخلوط (أى ١,٨% بروتين ، ١,٧% دهن ، ٧,٠% سكر) يشبه تركيب لبن الفرس . يستخن اللبن المعدل إلى $80^{\circ}C$ لمدة ٢٠ دقيقة ، يبرد إلى $28^{\circ}C$ ويلقح ببادئ (٥-١٠%) يتكون من *Lc.lactis ssp. lactis* ، *Lb.delbrueckii* ، *Kluyveromyces fragilis* أو *Kluyveromyces lactis, ssp. bulgaricus* . يقلب المخلوط بشدة لمدة ١٠ دقائق ، يحضن لمدة ١٢-١٥ ساعة عند $26^{\circ}C$ حتى تصل الحموضة إلى ١,٠% حامض لاكتيك ، يمرر خلال المجنس بدون ضغط ويعبأ فى أوعية زجاجية . يسوى الكوميس عند $20-25^{\circ}C$ لمدة ٢ ساعة ويخزن عند $4^{\circ}C$.

٤-٢-٣- لبن الأسيديفلس المحتوى على خمائر *Acidophilus yeast milk*

يعرف القليل عن علوم وتكنولوجيا هذا المشروب من اللبن المتخمر السدى ينتج فقط فى الاتحاد السوفيتى USSR سابقاً ، حيث يستخن اللبن الكامل أو اللبن الفرز إلى $90-95^{\circ}C$ لمدة ١٠-١٥ دقيقة ، يبرد إلى $35^{\circ}C$ ويلقح بـ ٣-٥% ببادئ خليط (*Lb.acidophilus & Sacc.lactis*) . يعبأ اللبن فى زجاجات ، وتتم المرحلة الأولى من التخمر عند $35^{\circ}C$ حتى تصل الحموضة إلى ٠,٨% حامض لاكتيك ، ثم يعقب ذلك المرحلة الثانية من التخمر عند $10-17^{\circ}C$ لمدة ٦-١٢ ساعة . كما هو متوقع ، فإن *Lb.acidophilus* ينتج الحامض بينما تنتج الخمائر الأيثانول و CO_2 . يخزن الناتج النهائى عند درجة حرارة أقل من $8^{\circ}C$ حتى الاستهلاك . يمكن إنتاج هذا النوع من اللبن المتخمر على نطاق واسع فى خزانات تخمر كبيرة ، لكن قد ينخفض محتوى CO_2 نتيجة استخدام المضخات pumping قبل التعبئة . يتميز الناتج بالزوجة ومذاق حامضى خفيف إلى حاد مع مذاق خمائرى yeasty .

نشأ هذا الناتج لمعالجة بعض الأمراض المعوية حيث أن سلالة *Lactobacillus* تتميز بنشاط قوى مضاد للميكروبات غير المرغوبة في الأمعاء . كما أن *Sacc.lactis* تتميز بنشاط مضاد لميكروب *Myc.tuberculosis* . يحتوى الناتج عمر ٣ أيام على أقصى نشاط مضاد للميكروبات . وقد تمكن بعض الباحثين من إنتاج هذا اللبن الذى يحتوى على أعداد حية مرتفعة من *Lb.acidophilus* (٦,٢ - ٩,٨ × ١٠^٨ مل/cfu) في وجود خمائر مخمرة للاكتوز *Candida pseudotropicalis* أو *Sacc.fragilis* . يسخن اللبن إلى ٩٠°م لمدة ٢٠ دقيقة ، يتم التجبن في مدة أقل من ٢٠ ساعة عند ٣٣°م أو ٣٧°م . يدعم اللبن بـ ١,٥% لبن فرز مجفف ، ٥,٥% آجار لتحسين الخثرة . إضافة الآجار تمنع تفتت الخثرة نتيجة إنتاج CO₂ . تعبئة هذا اللبن المتخمر في عبوات كرتون بلاستيكية محكمة القفل قد يسبب مشكلة حيث يرفض المستهلك العبوات المنتفخة نتيجة للضغط المتولد من تكوين CO₂ داخل العبوة ، وحديثاً يستخدم في سويسرا أغشية منفذة تسمح بهروب CO₂ وبذلك يمكن التغلب على مشكلة إنتفاخ العبوات .

٤-٢-٤-٤- الأسيدوفيلين Acidophiline or acidophilin

يشبه الأسيدوفيلين لبن الأسيدوفيلس المحتوى على خمائر acidophilus-yeast milk ، لكن يحتوى البادئ على *Lb.acidophilus* ، *Lc.lactis* ssp. *lactis* ، وحميرة الكفير kefir yeast أو بادئ كفير . يصنع هذا المشروب اللبنى milk beverage من لبن كامل أو لبن فرز مع تحليته . يستخدم الأسيدوفيلين في علاج التهابات الأمعاء والقولون ، الدوسنتاريا وغيرها من الأمراض المعوية . وفي دراسة لصفات الأسيدوفيلين باستخدام سلالات من *Lb.acidophilus* R,I, Ch-2 & H بالاشتراك مع *Lc.lactis* ssp. *lactis* C-10 وحبوب الكفير ، وجد أن : (١) سلالة *Lactobacillus* H مع بادئات أخرى تعطى حموضة جيدة مرغوبة ونشاط مضاد للبكتريا ضد *M.flavus* ، *E.coli* ، *B.subtilis* ، *Staph.aureus* ، (٢) تدعيم اللبن بـ SMP ، سكروروز و/أو قشدة تحسن من الصفات الحسية .

٤-٣-الألبان المتخمرة باستخدام بكتريا حامض اللاكتيك والفطريات
تلوث الألبان المتخمرة بالفطريات عموماً غير مرغوب ، لكن في فنلندا
Finland يضاف فطر *G.candidum* مع البادئ لتخمير منتج لبن معين ، يطلق
عليه فيلي Viili، يؤدي وجود الفطر إلى نموه على سطح خثرة اللبن تماماً ليعطى
صفة فريدة عند مقارنته بانواع أخرى من الألبان المتخمرة .

٤-٣-١- فيلي Viili

لبن متخمّر فنلندي يشبه الألبان المتخمرة الأسكندنافية ، ولكن عندما
يدعم البادئ بالفطر فإن الناتج يتميز بمذاق ، نكهة ومظهر مختلف . الأنواع
المختلفة من Viili :

- (١) منخفض الدهن low-fat (حوالي ٢,٥% دهن) ويعرف بـ Kevytviili .
- (٢) كامل الدسم whole fat (٣,٩% دهن) ويعرف بـ Viili .
- (٣) قشدة فيلي cream Viili تحتوي على ١٢% دهن .

عادة يكون الناتج طبيعياً natural ، لكن في بداية الثمانينات تم طرح
منتجات محلاه ومطعمة بالفاكهة تحت أسم Marjaviili في الأسواق .
يسخن اللبن المعدل standardized milk إلى ٨٣°م لمدة ٢٠-٢٥ دقيقة
بدون تجنيس ، يبرد إلى ٢٠°م ويلقح بـ ٣-٤% بادئ يتكون من *Lc.lactis*
Lc.lactis biovar *diacetylactis* ، *Lc.lactis* ssp. *cremoris* ، ssp. *lactis*
Leuc.mesenteroides ssp. *cremoris* وفطر *G.candidum* ، ثم يعبأ في عبوات
التجزئة retail cups ، يحضن عند ١٨-٢٠°م لمدة حوالي ٢٤ ساعة حتى تصل
الحموضة إلى ٠,٩% حامض لاكتيك وأخيراً يبرد . أثناء فترة التحضين ، يصعد
الدهن على السطح حيث ينمو الفطر ليعطي مظهر قطيفي velvet-like للناتج .
يتكون Marjaviili من ٣ طبقات ، الفاكهة في القاع ، لبن مجبن وطبقة
قشدة بالإضافة إلى نمو الفطر على السطح . يتميز Viili بمذاق حامضي معتدل
عطري aromatic ، مطاطي stretchy ، ولكن يمكن تقطيعه بسهولة بواسطة
ملعقة ، ويشبه الطعم طعم الأنواع الأخرى من اللبن الخض مع نكهة فطرية خفيفة

musty تعزى إلى *G.candidum* . ترجع فائدة طبقة القטיפئة نتيجة نمو الفطر إلى منع نمو ميكروبات الفساد.

التركيب البنائى الدقيق للفيلى Viili الناتج باستخدام بادئ مكون للزوجة slime-forming starter ، قد أوضح أن المادة اللزجة ropy material تكون شبكة تعمل على التصاق الخلايا البكتيرية بالنسيج البروتينى . الخيوط اللزجة فى الفيلى Viili أكثر سمكاً عند مقارنتها بالتركيب البنائى لليوجهورت الناتج باستخدام مزارع مخاطية ropy من *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، *Str.thermophilus* الذى قد يعزى إلى التباين فى التركيب الكيماوى للمواد المخاطية slime . تنتج بادئ Viili مواد مخاطية من سكريات عديدة وبروتين بينما بادئ اليوجهورت ينتج مواد مخاطية من سكريات عديدة تحتوى على فوسفور phospho-polysaccharide .

٤-٤-٤- الألبان المتخمرة المركزة

تصنع منتجات الألبان المتخمرة المركزة fermented milks concentrated أو المصفاه strained فى كثير من الدول . طريقة الصناعة فى المناطق الريفية تتضمن تصفية drained اللبن المتخمر (لبن فرز أو لبن كامل) باستخدام أكياس قماش cloth bags ، جلد حيوان animal skin أو أوعية خزفية earthen ware vessel . يطلق على الناتج المتحصل عليه لبنة Labneh أو Lebneh (فى لبنان ومعظم الدول العربية) تان Tan أو Than (فى رومانيا) ، توربا Torba أو Süzme (فى تركيا) لبن الزير (فى مصر) ، تشاكا Chakka أو شيركاند Shirkand (فى الهند) ، استراجستو Stragisto أو ساكولاس Sakoulas (فى اليونان) ، ماستو Mastou أو ماست Mast (فى العراق وإيران) ، باسا Basa ، زيم Zimme أو كيسىلا Kisela ، Mleko-slano (فى بلغاريا ويوغسلافيا) ، Greek-style (فى المملكة المتحدة) ، يامر Ymer (فى الدنمارك) وسكير Skyr (فى آيسلندا) .

يمكن تلخيص الطرق الصناعية المستخدمة حالياً فى صناعة منتجات الألبان المتخمرة المركزة على النحو التالى:

- الطرق التقليدية باستخدام أكياس قماش cloth bags .
 - طرق ميكانيكية وتشمل :
 - فرازات nozzle separators .
 - الترشيح بالأغشية membrane filtration مثل الترشيح الفائق UF .
 - إعادة تكوين recombination أو تركيب الناتج product formulation .
- تصنع معظم منتجات الألبان المتخمرة المركزة باستخدام باديئ خليط mixed من بكتريا حامض اللاكتيك ، في بعض الحالات تستخدم الخمائر .

٤-٤-١- اليامر Ymer

وهو عبارة عن لبن متخمّر مركز دنماركي يحتوي على ٣,٥ % دهـن ، ١١ % جوامد لبـنية لادهنـية SNF ، منها ٥-٦ % بروتين . يتكون البادئ من *Leuc.mesenteroides ssp. cremoris* و *Lc.lactis. biovar diacetylactis* . يصنع ناتج مماثل في السويد ويطلق عليه Lactofil .

في الطريقة التقليدية ، يتم تسخين اللبن الفرز إلى ٩٠-٩٥ م^٠ لمدة ٣٠ دقيقة ، يبرد إلى ١٩-٢٣ م^٠ ، يلقح ببادئ حرارة معتدلة mesophilic starter (مثل نوع BD من معامل هانسن Hansen في الدنمارك) ، ويحضان لمدة ١٦-١٨ ساعة أو حتى يصل pH إلى ٤,٥ . تقطع الخثرة وتسخن بطريقة غير مباشرة في خزان التخمر إلى حوالي ٤٥ م^٠ في مدة تصل إلى ساعتين ، ويساعد ذلك على انفصال الشرس syneresis ، ويتم التخلص من ٥٠ % من حجم اللبن في صورة شرش . بعد ذلك تخلط قشدة (٣٦ % دهن) مع الناتج ، يجنس (تحت ضغط ٩,٩ - ٩,٨ MPa) عند ٣٥-٤٥ م^٠ ، يبرد جزئياً في مبادل حراري ويعبأ .

حالياً يستخدم فرازات (فرازات جبن الكوارج Quarg) وعملية الترشيح الفائق UF لإنتاج يامر Ymer على النطاق التجاري . في الطريقة الأولى ، يسخن اللبن الفرز المتخمّر إلى ٥٦-٦٠ م^٠ لمدة ٣ دقائق ، يبرد إلى ٣٧ م^٠ ويمرر خلال الفراز ، يخرج اليامر Ymer من خلال فتحات خاصة في فراز الكوارج ليخلط مع القشدة ، يبرد ويعبأ .

مراحل التصنيع اليامر Ymer باستخدام الترشيح الفائق UF تكون على النحو التالي:

الطريقة الأولى: يسخن اللبن الفرز إلى 92°C لمدة ١٥ ثانية ، يبرد إلى 55°C ويتم ترشيحه بطريقة UF حتى يصل إلى التركيز المرغوب . يعدل تركيب المركز retentate باستخدام قشدة إلى ٣,٥ % دهن ، يجنس (عند ضغط ١٩,٦ MPa) عند 65°C ، يسخن إلى 85°C لمدة ٥ دقائق ، يبرد إلى $20-22^{\circ}\text{C}$ ، يضاف البادئ ويحضن لمدة ٢٠ ساعة . تقلب الخثرة ، تبرد إلى 5°C وتخزن لمدة ٢٤ ساعة ، تعبأ وتنقل إلى غرف التبريد . يرجع التركيب الهش brittle لليامر Ymer الناتج بطريقة UF إلى احتجاز الكالسيوم وظروف المعاملات.

الطريقة الثانية: يركز اللبن الفرز بطريقة UF عند 50°C حتى تصل نسبة البروتين إلى ٦ % . يعدل محتوى الدهن في مركز UF (retentate) إلى ٣,٥ % (المواصفات الدنماركية) ، ثم يجنس اللبن (عند ضغط ١٣,٧ MPa) عند 74°C ، يزال الهواء de-aerate ويسخن إلى $95-100^{\circ}\text{C}$ لمدة دقيقة . يبرد اللبن المعامل إلى 22°C ويلقح ببادئ حرارة معتدلة (mesophilic) (يتكون من سلالات منتجة للطعم والنكهة) ويحضن لمدة ٢٠-٢٢ ساعة . في اليوم التالي تخرج الخثرة بلطف لمدة ساعة ، تجنس عند ضغط ٤,٩ MPa لتعطي تركيب ناعم ، ثم يبرد بعد ذلك إلى 12°C وتعبأ.

الطريقة الثالثة: يمكن استخدام الترشيح الفائق UF لليوجورت الدافئ لصناعة اليامر ، وهي طريقة مماثلة لإنتاج اليوجورت المركز أو اللبنة .

٤-٤-٢-٤ سكير Skyr

وهو لبن فرز متخمّر مركز يصنع في أيسلندا ، يحتوي على ١٧,٥ % جوامد كلية TS ، ٠,٢ % دهن ، ١٢,٧ % بروتين ، ٣,٩ % لاكتوز و ٠,٨ % رماد . الناتج التقليدي الذي يستخدم في إنتاجه طريقة أكليس قماش يحتوي على جوامد كلية (٢٠,٨ %).

تتكون الميكروفلورا في السكير من بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة

المرتفعة LAB thermophilic (*Str.thermophilus* ، *Lb.delbrueckii* ssp.

lactose-fermenting yeast . تستخدم الطريقة التجارية فرازات ويمكن تلخيصها على النحو التالي :
يسخن اللبن الفرز إلى 90°C لمدة ٣٠ دقيقة ، يبرد إلى 40°C ، يلقح ببادئ خليط وتخمّر لمدة ٤-٦ ساعات حتى يصل pH إلى ٤,٧ . يضاف أحياناً الكيموسين chymosin مع البادئ (حوالي ٢ نقطة/١٠ لتر) لتحسين جودة الناتج ، يبرد إلى 18°C مع استمرار التخمر الثانوي secondary fermentation لمدة ١٨ ساعة (pH ٤,١) ، يسخن إلى 67°C لمدة ١٥ ثانية ، يبرد إلى $35-40^{\circ}\text{C}$ ، يركز باستخدام فراز كوارج Quarg separator ، يبرد جزئياً إلى 10°C (قد يضاف قشدة أو فاكهة) ، يعبأ ويخزن . لتحسين المحصول ، يتم ترشيح راشح UF (permeate) باستخدام طريقة UF (حتى يصل تركيز الجوامد الكلية إلى ١٧,٥ %) ، يسخن إلى 80°C ، يبرد إلى 40°C ، يجنّس ، يبرد إلى 10°C وأخيراً يخلط مع الناتج المركز قبل التعبئة . التركيب الكيماوي لهذا الناتج مماثل للناتج السابق ذكره ، ولكن يحتوي أيضاً على أيثانول (٠,٣ - ٠,٥ %) ، CO_2 ومكونات الطعم مثل الأستالدهيد وثنائي الأستيل . يقدر محصول Skyr المتوقع بحوالي ٢ كجم لكل ١٠ لتر من اللبن الفرز المستخدم .

ج- تشاكا Chakka وشريكهاند Shrikhand.

Chakka لبن متخمّر يصنع في الهند نتيجة تصفية الداهي Dahi (اليوجهورت الهندي) باستخدام أكياس قماش . إذا تم تحلية الحثرة بالسكر ، فإن الناتج يعرف بالشريكهاند Shrikhand أو Shrikhand wadi . تستخدم سلالات مختلطة من بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة لتخمير اللبن ، وإنتاج الداهي Dahi يستخدم بادئ يوجهورت . ويفضل استخدام البادئ المختلط LF-40 (*Lc.lactis ssp. lactis* ، *Lc.lactis bivar diacetylactis*) في صناعة هذا الناتج بواسطة كثير من المنتجين في الهند . يستخدم جهاز طرد مركزي بالصندوق basket centrifuge عند سرعة ٩٠٠ (g) لمدة ٩٠ دقيقة لإنتاج تشاكا Chakka . يمكن تحسين قوة حفظ شريكهاند بالمعاملة الحرارية عند حوالي 70°C بعد التخمر حيث تستمر صلاحية المنتج حتى ١٥ يوماً من التخزين عند $35-37^{\circ}\text{C}$ أو أكثر من ٧٠ يوماً عند $8-10^{\circ}\text{C}$.

٤-٤-٤- اللبنة (اليوجهورت المركز) Labneh

يختلف التركيب الكيماوى لليوجهورت المركز strained yohurt طبقاً لدولة المنشأ أو المواصفات القانونية القائمة ، فمثلاً محتوى الجوامد الكلية والدهن يتراوح بين ٢٠-٢٨ % ، ٧-١٠ % ، على الترتيب . عادة يستخدم اللبن الكامل فى تحضير اليوجهورت ويتم التخلص من الشرش جزئياً باستخدام أكيسلس قماش . العوامل التى تؤثر على تصفية الشرش والمحصول : (١) تدعيم جوامد اللبن تساعد على زيادة المحصول ، (٢) تصفية اللبن المتخمر (pH حوالى ٤,٨) عند ٥٠ م بدلاً من ٢٥ م يساهم أيضاً فى ارتفاع المحصول نتيجة لاحتجاز الرطوبة بدرجة أكبر ، (٣) بادئ منتج للبوليمرات polymers ينتج يوجهورت مركز لزج، لكن يحتاج إلى وقت أطول لاستخلاص الشرش ، (٤) يحدث فقد أكبر لجوامد اللبن فى الشرش كلما زاد الضغط ، ومعدل نفاذية الشرش لا يكون ثابتاً أثناء فترة التركيز ، (٥) يكون محصول يوجهورت لبن الماعز المركز أعلى عند مقارنته بمثيله الناتج من يوجهورت اللبن البقرى .

يستخدم مركز لبن UF (retentate) ، حوالى ٢٢ % جوامد كلية ، فى صناعة اليوجهورت المركز بطريقة مشابهة لإنتاج اليوجهورت المتماسك القوام set-type . باستخدام هذه الطريقة ، لا يحدث تصفية للشرش بعد فترة التخمر . الترشيح الفائق UF لليوجهورت الدافئ يؤدي إلى ناتج مماثل لليوجهورت المركز التقليدى ، أو إضافة مركز بروتين الشرش إلى المركز UF (retentate) يمنع انفصال الشرش فى اليوجهورت المركز .

يستخدم عادة بادئ اليوجهورت فى إنتاج اليوجهورت المركز ، ومع ذلك فإن بكتريا حامض اللاكتيك المحبة للحرارة المعتدلة mesophilic LAB ، *Lb.acidophilus* ، *Bifidobacterium spp.* ، *Ent.faecalis* تستخدم فى توليفات مختلفة لتخمير اللبن .

وقد وجد أن محتوى فيتامين B₁₂ وحمض الفوليك folic acid فى اليوجهورت المركز يرتفع بحوالى ٢١ % ، ٢٨ % ، على الترتيب ، عندما يستخدم *Propionibacterium freudneichii ssp. shermanii* مع بادئ محب لدرجعت

حرارة معتدلة (*Lc.lactis ssp. lactis* ٧٥ % ، *ssp. cremoris* ١٥ % ، *Leuc.mesenteroides ssp. cremoris* ١٠ %) .

يستخدم فراز الكوارج Quarg separator بنجاح على مستوى المصانع عند استخدام لبن فرز كمادة خام أساسية حيث تضاف قشدة إلى اللبن المركز قبل التعبئة . يحتوى اليوجهورت المركز النموذجي على جوامد كلية ٢٤ % ، دهن ٩,٦ % (حوالي ٤٠ % دهن في المادة الجافة) . يحتوى الشرش على ٦,١ % جوامد كلية ، التي تتكون أساسا من اللاكتوز والأملاح المعدنية ، وحوالي ٠,٥ % دهن . تصل سعة هذه الفرازات إلى ٦,٥ طن/ساعة ، طبقا لتركيب اللبن المستخدم وحموضة اللبن المتخمر قبل التركيز .

يستخدم الترشيح الفائق UF في صناعة اليوجهورت المركز strained yoghurt حيث يتم معاملة اليوجهورت الدافئ بعد التخمير بطريقة UF . دراسة تأثير درجات الحرارة المعاملات على جودة يوجهورت UF المركز قد أوصلت بأن يتم الترشيح الفائق UF عند ٤٠-٥٠ °م . الترشيح الفائق UF عند درجات حرارة أعلى يؤدي إلى انخفاض إعداد بكتريا اليوجهورت بحوالي دورتين لوغاريتمين . ومع ذلك ، فإن الصلابة والتركيب الدقيق لليوجهورت المركز بطريقة UF يتأثر بظروف التصنيع ، التصنيع عند ٥٠ °م أو أعلى ، يجعل الناتج أكثر صلابة نتيجة لتكوين سلسلة جزيئات أكثر تعقيداً مقارنة بالتجمعات البسيطة لجزيئات البروتين . تركيب يوجهورت الماعز والغنم المركز متشابهان ، وأقل تجانساً عن مثيله الناتج من اللبن البقري .

الترشيح الفائق UF لليوجهورت الدافئ عند درجات حرارة أعلى من ٤٥ °م يزيد من معدل تلف أغشية UF الذي يقلل من معدل التدفق flux وقد يؤثر على ظروف التصنيع في حالة التصنيع على نطاق واسع large-scale حيث تحتاج المعدات إلى غسيل متكرر بدرجة أكبر .

قد يصنع اليوجهورت المركز من منتجات ألبان معاد تركيبها . تتضمن الطريقة استرجاع الألبان المجففة (لبن كامل ، فرز ، مرتفع البروتين و/أو الكازينات) في الماء ، وخلطها مع دهن لبن لا مائي AMF ، مثبتات stabilizers ، وملح (اختياري) . يتم التعامل مع اللبن بطريقة مماثلة للطريقة المتبعة في إنتاج

اليوجهورت المتماسك القوام set أو السائل stirred. في النوع الأخير (السائل) ، بعد مرحلة التخمر ، يبرد الناتج جزئياً إلى ٢٠°م ، يعبأ ويبرد نهائياً إلى ٥°م في غرف التبريد.

جين اليوجهورت (٣٠-٣٥% جوامد كلية) من المنتجات قريبة الشبه ، حيث تشكل الخثرة في صورة كور balls وتعلق في زيت نباتي . تسخين الناتج إلى ٦٥°م يساعد على تخفيض الأعداد الكلية للبكتريا الحية total viable counts بدرجة كبيرة بعد سنة من التخزين عند ٢٠°م ، وقد وجد أن الانخفاض يكون ٢-٤ دورة لوغارتيمة وذلك للعدد الكلي ، بكتريا حامض اللاكتيك والخمائر والفطريات بعد التخزين لمدة ٦ شهور . وقد وجد أن تخزين جبن يوجهورت الماعز قد تحسن في الجودة الحسية بدرجة كبيرة.

لبن الزير من الألبان المتخمرة المركزة التي تصنع في صعيد مصر من اللبن الخض المتخمر ، حيث يوضع في وعاء من الخزف المسامي (الزير) . يحدث تركيز اللبن الخض المتخمر عن طريق فقد الماء من خلال مسام الزير . يحتوي لبن الزير على ٢١-٢٣% جوامد كلية ، ٢,٦-٤,٠% دهن ، ١١,٤٨-١٣,١٣% بروتين ، ٣,٣-٤,٥٣% رماد و ٢,٨١-٣,٠% كلوريد صوديوم . يضاف عادة ملح الطعام كمادة حافظة ولتحسين الطعم أيضاً . متوسط العدد الكلي للبكتريا في لبن الزير $2,35 \times 10^8$ cfu/ml وعدد الفطريات والخمائر $3,75 \times 10^7$ /ml. تسود بكتريا جنس *Bacillus* حيث تمثل ٤٠% من العدد الكلي للبكتريا ، كما توجد أيضاً *Lactobacillus* (١٦,٧%) ، *Streptococcus* (١٣,٣%) ، *Staphylococcus* (٣,٣%) ، *Pseudomonas* (٣,٣%) ، *Actinomyces* (١٣,٣%) ، *Saccharomyces* (١٠%) . كما يحتوي لبن الزير على الأحماض الأمينية الأساسية بنسب متماثلة لقيم البيروتين المرجعية والموصى بها بواسطة FAO/WHO .

٥- الفوائد الصحية للألبان المتخمرة

الأهمية التاريخية للفوائد الصحية health benefits للميكروبات المستخدمة في صناعة الألبان المتخمرة نشأت من ملاحظات العالم الروسي

متشيكوف على طول عمر سكان ريف البلقان ونظرياته لشرح صفات الألبان المتخمرة التي تؤدي إلى إطالة العمر.

نصح العالم إيلي متشيكوف Eli Metchnikoff في كتابه في عام ١٩٠٨ أن الإنسان يجب أن يتناول لبن متخمّر محتوي على *Lactobacillus bulgaricus* المعروف حالياً بـ *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus*. حيث أفترض أن هذا الميكروب يستطيع أن ينمو في أمعاء الإنسان ويحل محل البكتريا التعفنفة putrefactive bacteria التي تستطيع النمو في الأمعاء وبالتالي يقلل من إنتاج المكونات السامة التي تؤثر سلباً على الجسم. الأبحاث التي أجريت عقب كتاب ميتشيكوف أوضحت أن *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* لا يستطيع البقاء أو النمو في القناة الهضمية. ومنذ ذلك الوقت فقد تأكد أن *Lb.acidophilus* هو النوع من بكتريا حامض اللاكتيك العصوية *Lactobacillus spp.* الذي يستطيع أن يقدم تأثيرات مفيدة، حيث أنه أحد بكتريا حامض اللاكتيك العصوية التي تستطيع أن تبقى وتنمو في الأمعاء. بالإضافة إلى *Lb.acidophilus* فإنه توجد بكتريا أخرى تكون قادرة على إنتاج فوائد صحية أو تغذوية للمستهلك، مثل *Lb.casei*، *Bifidobacterium spp.* وبادئات اليوجهورت التقليدية (*Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Str.thermophilus*). تعتمد بعض هذه الفوائد على بقاء ونمو البكتريا في الأمعاء، بينما بكتريا أخرى لا تستطيع ذلك.

بالرغم من عدم التسليم بأن اللبن المتخمّر يطيل العمر، فإن جدل واسع قد قام بين العلماء حول نظرية ميتشيكوف، ومنهم من تبني أن الغذاء السليم المتوازن قد يحقق الصحة للإنسان إلا أنهم جميعاً أتفقوا على أن الجسم تضعف مقاومته بتقدم العمر، وأن الصحة تكون جيدة طالما كانت فلورا الأمعاء تحتوي على بكتريا من *Lactobacillus spp.* أو غيرها من البكتريا المفيدة الأخرى.

وقد أشار الكثيرون إلى القيمة العلاجية والدوائية للألبان المتخمرة، فقد وصفها الأطباء القدماء لعلاج الدوسنتاريا والسل وأمراض الكبد والاضطرابات المعوية وغيرها، واستخدامتها السيدات الفارسيات عوضاً عن مستحضرات التجميل الحديثة، وفي روسيا يتم تقديم الكفير والكوميس ضمن غذاء أصحاب

الأمراض المزمنة ، لكن الاختلافات الميكروبية لهذه الألبان من الصعب تحديد دور هذه الميكروبات في هذه الخواص العلاجية. في أمريكا ، ما زال الأطباء يصفون لبن الأسيديفلس لعلاج حالات الإمساك أو الاسهال أو الاضطرابات المعوية الأخرى .

في السنوات الأخيرة ومع تزايد المعرفة بأهمية الميكروبات المعوية المختارة ، تم تطوير وإنتاج ألبان متخمرة جديدة تحتوي *Lb.acidophilus* ، *Bifidobacterium spp.* مفردة أو مختلطة مع بكتريا بادئات أخرى . وقد ساهمت هذه الألبان المتخمرة الجديدة في انتعاش صناعة الألبان المتخمرة في السنوات الأخيرة في اليابان وبعض الدول الأوروبية ، حيث طرحت في الأسواق عدد كبير من المنتجات اللبنية المتخمرة المزعم أحتوائها على صفات مفيدة أو دوائية (أقراص مجفدة تحتوي على هذه الميكروبات) كما سبق الإشارة إلى ذلك . وقد أشارت معظم الدراسات العلمية في هذا المجال إلى الفوائد التي تعقب تناول منتجات الألبان المتخمرة ، التي تتضمن فوائد صحية (وقائية prophylactic وعلاجية therapeutic) وتغذوية nutritional . الجدول (٣-١١) يوضح الدور الوقائي والعلاجي والتغذوي المحتمل لميكروبات الألبان المتخمرة . تتضمن الفوائد الصحية والتغذوية التي قد تنشأ من تناول منتجات الألبان المتخمرة fermented milk products أو منتجات محتوية على مزارع حية culture-containing products ، بصورة مستمرة ، مايلي :

- ١- تحسين القيمة الغذائية للبن .
- ٢- مقاومة العدوى المعوية .
- ٣- تحسين الاستفادة من اللاكتوز عند الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز .
- ٤- السيطرة على مستويات كوليسترول سيرم الدم .
- ٥- نشاط مضاد للمواد المسرطنة.
- ٦- تنشيط الجهاز المناعي.

جدول (٣-١١) : الصفات الصحية والتغذوية المرتبطة بميكروبات الألبان المتخمرة.

الميكروبات	الميكانيكية المقترحة	الصفة
<i>Bifidobacterium</i> spp.	أ. إنتاج مواد مثبطة	• المحافظة على التوازن الميكروبي في الأمعاء
<i>Lb.acidophilus</i>	ب. تنشيط الجهاز المناعي في العائل	• معالجة سوء هضم اللاكتوز
	أ. انخفاض محتوى اللاكتوز في الناتج	
	ب. الهضم الذاتي للاكتوز بواسطة إنزيم β -galactosidase الناتج من ميكروبات اليايئ	
<i>Bifidobacterium</i> spp.	أ. التخلص من المواد المشحجة للسرطان .	• نشاط مضاد للمواد المسرطنة
	ب. تنشيط النظام المناعي في العائل	
<i>Bif.bifidum</i>	أ. امتصاص الميكروبات	• انخفاض مستوى الكوليسترول
<i>Lb.acidophilus</i>	لللكوليسترول .	
	ب. ترسيب الكوليسترول مع أحماض الصفراء غير المرتبطة وأفرازه مع البراز خارج الجسم	
<i>Bif.bifidum</i>	أ. تخليق فيتامينات B	• تحسين القيمة الغذائية
<i>Lb.acidophilus</i>	(فقط <i>Bif.bifidum</i>)	
	ب. زيادة امتصاص الكالسيوم	
<i>Bifidobacterium</i> spp.	أ. خفض مستوى الأمينات السامة	• التخفيف من تأثيرات سوء وظيفة الكلى
<i>Lb.acidophilus</i>	(فقط <i>Bif.bifidum</i>)	
	أ. زيادة مستويات الأجسام المضادة	• تحسين الاستجابة المناعية في العائل
	ب. زيادة نشاط البلعمات .macrophages	

بالرغم من أن البعض قد أشار إلى أن منتجات الألبان المتخمرة تتميز بصفات وقائية probiotic وعلاجية therapeutic ، إلا أنه يجب التمييز بين هاتين الصفتين . تعني الصفات الوقائية الوقاية من الأمراض protection against

diseases ، بينما تعنى الصفات العلاجية الشفاء من الأمراض curing following illness . ويعتقد الكثيرون أن منتجات الألبان المتخمرة أو المنتجات المحتوية على مزارع حية (غير متخمرة) تتميز بصفات وقائية أكثر منها علاجية ، حيث تزيد هذه المنتجات من المناعة وتقوى الجهاز الهضمي والدورة الدموية وتعمل على الإقلال من سرعة ظهور الشيخوخة ومقاومة الاضطرابات المعوية حيث تبسب الميكروبات الضارة (التعفنفة) وتحافظ على التوازن الميكروبي في الأمعاء ، كما تؤدي إلى خفض الكوليسترول في سريم الدم وبالتالي تقلل من الإصابة بأمراض تصلب الشرايين والأزمات القلبية ، ويؤخر أيضا من ظهور النموات السرطانية داخل الجهاز الهضمي . ومن المناسب حاليا التركيز على أن هذه الفوائد الصحية هي فوائد كامنة ، حيث لم يتم إجراء اختبارات أكليتيكية مناسبة للحصول على نتائج علمية محددة ضرورية لتأكيد هذه الفوائد الصحية.

٥-١- تحسين القيمة الغذائية للبن

تشير نتائج الدراسات التي أجريت على الفئران أن القيمة الغذائية لليوجهورت كانت أفضل من القيمة الغذائية للبن الذي استخدم في إنتاج اليوجهورت . يرتبط تحسين القيمة الغذائية بالبروتين مما يعتقد أن بكتريا البادئ تفرز بعض التأثيرات المفيدة على البروتين أثناء صناعة اليوجهورت . بعض مزارع بادئات اليوجهورت تزيد من تركيزات بعض فيتامينات B في اللبن ، مثل الثيامين thiamine ، ريبوفلافين riboflavin ، بيرودوكسين pyridoxine ، حامض النيكوتينيك nicotinic acid ، حامض الفوليك folic acid و حامض البنتوثينيك pantothenic acid و البيوتين biotin . ومع ذلك فإن هذه الزيادة قد لا تزيد بدرجة كبيرة من القيمة الغذائية للمنتجات المتخمرة . يوجد أيضا اختلافات كثيرة بين مزارع اليوجهورت في قدرتها على إنتاج فيتامينات خلال صناعة اليوجهورت . كما أنه من المحتمل أن بعض الفوائد قد تنتج من الإنزيمات الخلوية لبكتريا البادئ المستخدم في صناعة منتجات الألبان المتخمرة.

٥-٢- مقاومة العدوى المعوية

بالرغم من أن نظرية ميتشنيكوف الأصلية تعاملت مع استخدام Lactobacilli للسيطرة على ميكروبات الأمعاء غير المرغوبة ، فإن دراسات قليلة أجريت في هذا المجال. معظم الدراسات المسجلة التي أجريت استخدمت Lactobacilli أو Bifidobacteria لمقاومة العدوى المعوية intestinal infections في حيوانات التجارب .

معظم بكتريا البادئات تثبط نمو الميكروبات المرضية عن طريق الغذاء food borne pathogens معمليا *in vitro* . ومع ذلك ، فإن هذا النشاط المثبط غير متوقع حدوثه في الجسم الحي (*in vivo*) من جميع بكتريا البادئات . وقد ركزت الدراسات على قدرة *Lb.acidophilus* , *Lb.casei* , *Bifidobacterium spp.* على تثبيط الميكروبات غير المرغوبة في القناة الهضمية . تناول Lactobacilli أو Bifidobacteria في منتجات الألبان يكون لها تأثير وقائي preventative وعلاجي therapeutic في السيطرة على الاضطرابات المعوية.

من المعروف أن LAB تتميز بنشاط مضاد للبكتريا المنقولة عن طريق الغذاء معمليا *in vitro* . تنتج الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء foodborne pathogens سموم toxins في الغذاء مما يسبب تسمما غذائيا food intoxication ، أو قد تتكاثر في الغذاء مسببة عدوى infection . تؤخر LAB تكاثر الميكروبات المرضية التي تنتقل عن طريق الغذاء في النظام الغذائي food system . لذلك فإن استقرار LAB في القناة الهضمية قد ينشأ عنه فوائد وقائية prophylactic وعلاجية therapeutic ضد العدوى المعوية intestinal infections . قد يكون الدور الوقائي مفيدا في معالجة إسهال المسافرين traveller,s diarrhoea ، حيث يصاب المسافرين إلى دول نامية عالية التلوث باضطرابات معوية تتحول إلى عدوى حادة تسبب حالة غير مستقرة للمسافرين . وقد وجد أن بعض سلالات مسن بكتريا حامض اللاكتيك (مثل *Lb.acidophilus* ، *Bif.bifidum* , *Lactobacillus GG*) تعطي وقاية ضد اسهال المسافرين.

أحد أسباب الاضطرابات المعوية هو تغيير في الفلورا المعوية عقب غزو أو عدوى بالميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء . انخفاض أعداد بكتريا

القولون coliform count قد يعزى إلى انخفاض pH الناتج بواسطة حامض اللاكتيك الموجود في البيوجهورت واللبن الحامضى . بعض الميكروبات المرضية يجب أن تستقر و/أو تتوطن في القناة الهضمية قبل ظهور أعراض المرض . قد تؤخر LAB التوطن colonization والتكاثر بعد ذلك للميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء ، وبالتالي تمنع الحالة المرضية . في ضوء ذلك فإن هذا المنطق يستخدم في علاج الأمراض بمنتجات الألبان المتخمرة . بالإضافة إلى ذلك، فإن الألبان المتخمرة تقلل من أعداد أو تقضى على الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء التي تكون قادرة على إنتاج السموم في الغذاء والقناة الهضمية وذلك بإفراز مواد مضادة للميكروبات anti-microbial substances . يتوقف إنتاج المواد المضادة للميكروبات على الجنس ، النوع ، السلالة ، بيئة التحضين وغيرها من العوامل .

5-2-1- Lactobacilli

منتجات الألبان المتخمرة المحتوية على Lactobacilli حية تستخدم بواسطة الإنسان بصفة أساسية كوسيلة مساعدة وقائية وقد امتد استخدامها للعدوى المعوية intestinal infections . حوالي ٤٠-٧٠% من الأطفال المصابين بالسالمونيلا *Salmonella* ودوسنتاريا الشيجيلا *Shigella dysentery* قد تم شفائهم عندما تناولوا لبن الأسيدوفلس لفترة زمنية قصيرة . تناول لبن الأسيدوفلس لفترة زمنية طويلة يؤدي إلى تمام الشفاء (شفاء جميع المرضى ، ١٠٠% شفاء) . وقد وجد أن إعطاء ياكولت Yakult (لبن متخمّر ياباني Japanese FMP) إلى ٥٠٠ فرد مصابين بالدوسنتاريا أدى إلى تمام شفاؤهم ، بينما في مجموعة المقارنة كانت نسبة الشفاء ٩% . تستخدم أيضا Lactobacilli غذائية dietary لمعالجة إسهال الأطفال الرضع . وقد وجد أن *Lactobacillus GG* مفيدة في علاج إسهال الأطفال الرضع ، حيث أن هذه البكتيريا قادرة على المرور حية خلال القناة الهضمية وتكوين مستعمرات مما يمنع النمو الزائد للكائنات الحية الضارة بالأعضاء وخاصة بعد العلاج بالمضادات الحيوية . وقد لوحظ تناول *Lb.acidophilus* عن طريق الفم يقلل من فترة العدوى في الأطفال والبالغين المصابين بالسالمونيلا *Salmonella* . وقد اقترح بعض الباحثين أن الألبان المتخمرة

Lactobacilli الحية قد تكون أكثر فاعلية في معالجة الاضطرابات المعوية عن تناول المضادات الحيوية . الأمساك مشكلة عامة لكبار السن وكذلك للأفراد الذين يتناولون وجبات غير متوازنة . وقد استخدمت مستحضرات مختلفة من *Lactobacillus* والمنتجات المتخمرة بنجاح في علاج الأمساك . منتجات الألبان مثل الجبن تؤثر على حركة الأمعاء والأمساك . كما تم علاج الأمساك بنجاح باستخدام *Lactobacillus*, *Lb.casei* Shirota ، *Lb.acidophilus* NFCB1748 ، *Lb.acidophilus* GG وكذلك البيوجهورت المحتوى على *Lactobacillus* GG . وقد وجد أن الألبان المتخمرة المحتوية على *Lb.acidophilus*, *Lb.casei* ssp. *casei* تعطي مناعة وقائية protective immunity ضد العدوى بالسالمونيلا . بالإضافة إلى ذلك، فإن أمراض الاسهال قد تظهر أعراض متشابهة ولكن قد يكون هناك اختلافات واضحة في مسيبتها actiologies . بكتريا حامض اللاكتيك LAB قد تكون وقائية prophylaxis أكثر منها علاجية therapy.

٥-٢-٢- Bifidobacteria

تحمي Bifidobacteria الموجودة في القناة الهضمية الأطفال الرضع من العدوى المعوية . وفي أحد التجارب وجد أن مجموعة أطفال رضع (١١٤ طفلاً) تناولوا *B.bifidum* قد أصيبوا بالعدوى بمعدل يقل ٨ أضعاف عن مجموعة المقارنة (٧٨ طفل رضيع) تناولوا لبن خض . كما أن *B.bifidum* تصحح عدم التوازن الميكروبي في الأمعاء الغليظة عقب العلاج بالمضادات الحيوية . في الأطفال الرضع الذين تناولوا *B.bifidum* حية وعوامل نموها كمكملات غذائية supplements ، فإن النمو الزائد لـ *Candida albicans* في القناة الهضمية عقب العلاج بالبنسلين قد توقف . وقد وجد أن تناول *B.bifidum* عن طريق الفم مع وجبة مقارنة controlled diet قد أنتج تأثيرات علاجية في أطفال رضع مصابين بالتهابات معوية بكتيرية bacterial enterocolitis . كما أشارت دراسة أخرى أن تناول أطفال *B.bifidum* مجفدة قد إبادت سلالات enteropathogenic *Escherishia coli* في حوالي ٦٠% من الحالات . ويبدو أن هذه التأثيرات لا تتطلب استيطان *B.bifidum* ومع ذلك ، فإن التأثير المضاد القوي

للـ Bifidobacteria عندما تستخدم مع lactulose (أو عامل نمو مماثل) ضد العدوى تدل على أهمية انخفاض pH في الأمعاء الغليظة وتأثير الوجبة الغذائية.

٥-٢-٣- أسلوب التضاد

يعزى التأثير المضاد antibiosis للألبان المتخمرة إلى نواتج عملية التخمير وإنزيمات البكتيريا . التضاد الذي يرجع إلى نواتج التخمير تشمل أحماض عضوية، جهد الأكسدة والأختزال (OR) ، البكتريوسينات والمواد المضادة للحوية. التضاد الذي يعزى إلى الإنزيمات البكتيرية تشمل البكتيريا التي تعمل على انفراد أحماض الصفراء deconjugations . قد يكون هناك أكثر من عامل مسئول عن التضاد. ارتفاع الحموضة في اللبن تعزى أساسا إلى تخمير اللاكتوز إلى أحماض عضوية (خاصة أحماض اللاكتيك والخليك)، ويكون مصحوبا بانخفاض pH اللبن من ٦,٨ إلى ٤,٦، وهذا يؤدي إلى زيادة فترة الصلاحية shelf-life وسلامة منتجات الألبان المتخمرة ضد بعض الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء food borne pathogens (مثل *Bacillus cereus*, *Staph. aureus*, *Clostridium spp.*, *Salmonella ssp.*) بدون إضافة مواد حافظة preservatives و / أو استخدام معاملة حرارية بعد مرحلة التخمير. النشاط المثبط inhibitory activity للأحماض العضوية يتحدد بواسطة ثابت التحلل dissociation constant (pKa) وتركيز الحامض عند pH معين. لذلك، فإن الحامض العضوى الذى يتميز بثابت تحلل pKa مرتفع، يحتوى على حامض فى صورة غير متحللة undissociated بدرجة أكبر، وبالتالي يكون ذات نشاط أقوى مضاد للميكروبات . فمثلا نشاط pKa بعض الأحماض العضوية على النحو التالى: lactic (3.85) < acetic (4.73) < propionic (4.87) < benzoic (4.19). وقد وجد أن حامض الخليك acetic acid يحتوى على ٤ أضعاف الحامض فى صورة غير متحللة عند pH ٤,٠ - ٤,٦ مقارنة بحامض اللاكتيك. بالإضافة إلى ذلك فإن الأحماض المحبة للدهن lipophilic acids تستطيع أن تنفذ إلى داخل الخلية الميكروبية، وتحلل منتجة أيونات أيديروجين تؤثر على النشاط الأيضى فى الخلية ويسبب التأثير المثبط.

الأحماض العضوية غير المتحللة تكون ذات تأثير ضار ضد البكتيريا المرضية المنقولة عن طريق الغذاء، حيث تستطيع هذه الأحماض غير المتحللة أن تنفذ إلى داخل خلايا البكتيريا وتؤثر على نشاط وفسولوجيا الخلية. وقد تم تثبيط *Salmonella enteritidis*, *E.coli* بواسطة حامض اللاكتيك غير المتحلل *undissociated*. أسيدوفلس البوجهورت والبوجهورت التقليدي لهما تأثير قاتل bactericidal على ميكروب *Yersinia enterocolitica*، وقد يرجع التأثير إلى حامض اللاكتيك غير المتحلل. التضاد الذي يرجع إلى الحامض غير المتحلل يكون فعال في الألبان المتخمرة ولكن يكون ضعيفا جدا في القناة الهضمية، حيث أن ارتفاع pH يعمل على تعادل الحامض وتحويله إلى صورته الملحية *salt form*.

نواتج التخمر المتكونة أثناء نمو LAB تخفض من جهد الأكسدة والأختزال (E_h) OR. الجهد الموجب (E_h) يناسب الميكروبات الهوائية بينما الجهد السالب (E_h) يناسب الميكروبات اللاهوائية. عموما تنتج LAB فوق أكسيد الأيدروجين (H_2O_2) بكميات قليلة. ونظرا لأن القناة الهضمية لاهوائية، فإن من غير المؤكد إن H_2O_2 قد يخفض بدرجة كبيرة OR. ومع ذلك، فإن H_2O_2 قد يكون فعال خلال نظام *lactoperoxidase-thiocyanate system*. يؤكسد H_2O_2 الثيوسيانات *thiocyanate* إلى نواتج أكسدة سامة تكون ضارة للميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء.

التضاد الذي يرجع إلى البكتريوسينات والمواد المضادة للحياة قد تكون أكبر في القناة الهضمية عنه في النظام الغذائي. تنتج *Lactobacilli* بكتريوسينات ذات تأثير قاتل بدرجة كبيرة على الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء. قد يكون هناك نتائج خادعة بالنسبة للتأثير المضاد للبكتريوسينات في القناة الهضمية في وجود الإنزيمات المحللة للبروتين.

قد يلاحظ التضاد في القناة الهضمية نتيجة إنفراد أملاح الصفراء. أملاح الصفراء غير المرتبطة (الحرّة) تكون لها تأثير ضار على نمو البكتيريا بدرجة أكبر عن أملاح الصفراء المرتبطة. تستطيع LAB أن تحرر أملاح الصفراء في الأمعاء وبالتالي تثبط الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء.

وقد اشارت الدراسات التي أجريت على الدواجن أن التغذية على خلايا *Lb.acidophilus* أوضحت قدرة *Lactobacilli* على السيطرة على عدوى *Salmonella* . كما أوضحت دراسة أخرى على قدرة *Lb.acidophilus* على السيطرة على نمو *Escherichia coli* في أمعاء الدواجن . كما أوضحت دراسات سابقة على أن تناول *Lb.acidophilus* تساعد على مقاومة وعلاج العدوى المعوية في الإنسان .

ميكانيكية التأثير المضاد للـ *Lactobacilli* أو *Bifidobacteria* ضد البكتريا المرضية المعوية غير واضحة . كثير من الميكروبات تفرز مواد مثبطة في التجارب المعملية *in vitro* ، ولكن لم تتأكد هذه النتائج في الجسم الحي *in vivo* . وتشير كثير من الدلائل على أن التأثير المضاد لا يرجع فقط إلى الأحماض التي تنتجها الميكروبات أثناء نموها . تنتج *Lb.acidophilus* مواد شبيهة بالمضادات الحيوية (بعضها قد يكون بكتريوسينات bacteriocins) التي تثبط البكتريا المرضية المعوية .

معظم هذه المواد من المحتمل أن تكون بكتريوسينات ، وهي عبارة عن بروتينات التي غالباً ما تكون نشطة ضد الميكروبات المرتبطة بالسلاسل المنتجة (أي نفس الجنس أو جنس آخر مشابه) . لذلك ، فإن البكتريوسينات التقليدية المتكونة بواسطة *Lactobacilli* أو *Bifidobacteria* من المحتمل أن لا تكون فعالة في تثبيط نمو البكتريا المرضية المعوية السالبة لجرام . بالإضافة إلى إنتاج المواد المثبطة ، فإن الاستبعاد عن طريق التنافس قد يشارك في السيطرة على بعض عدوى الأمعاء . في هذه الآلية ، تشغل *Bifidobacteria*, *Lactobacilli* مواقع الارتباط على جدار الأمعاء ، وبالتالي تمنع التصاق ونمو البكتريا المرضية .

٥-٣- سوء هضم اللاكتوز

بعض الأفراد ليس لديهم القدرة على هضم اللاكتوز بكفاءة lactose maldigesters . تعبير سوء هضم اللاكتوز lactose maldigestion يستخدم لشرح هذا الخلل . قد يستخدم تعبيرات أخرى في الماضي مثل عدم تحمل اللاكتوز lactose intolerance وسوء امتصاص اللاكتوز lactose malabsorption . تنشأ

هذه الحالة نتيجة عدم وجود مستويات كافية من إنزيم lactase (β -galactosidase) في الأمعاء الدقيقة لتحليل اللاكتوز المتناول . تشمل أعراض سوء هضم اللاكتوز مغص ، انتفاخ وإسهال عقب تناول اللبن .

تحتوى بكتريا بادئ الیوجهورت على β -gal (β -galactosidase)، الذى يكون ضروريا لنمو هذه البكتريا فى اللبن . وجود بكتريا البادئ حية فى الیوجهورت يفيد الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز . يستفاد من اللاكتوز الموجود فى الیوجهورت المحتوى على بكتريا البادئ حية بطريقة أفضل بواسطة الأفراد الذين يعانون سوء هضم اللاكتوز ، عن اللاكتوز من نفس الیوجهورت عقب القضاء على بكتريا البادئ بالحرارة (البسترة) . ترجع هذه الفائدة أساسا إلى ما يحدث فى القناة الهضمية عقب تناول الیوجهورت، *Str.thermophilus, Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* تكون غير قادرة على مقاومة الصفراء bile ، لذلك لا تستطيع تبقى أو تنمو فى الأمعاء . إنزيم β -gal لهذه البكتريا يكون خلويا (أى داخل الخلايا intracellular) وبالتالي يتم حمايته أثناء مرور الميكروب خلال المعدة . فى الأمعاء الدقيقة ، تزيد الصفراء من نفاذية خلايا الميكروب ، مما يسهل انتقال مواد التفاعل substrates مثل اللاكتوز إلى داخل الخلايا وتحليله . فى وجود الصفراء bile ، يبقى إنزيم β -gal داخل الخلايا، مفضلاً ذلك عن إفرازه إلى الوسط المحيط . وعلى الرغم من ذلك فإن بكتريا بادئ الیوجهورت لا يستطيع البقاء والنمو فى الأمعاء ، فإنها تعمل على تسهيل انتقال β -gal إلى الأمعاء الدقيقة ، حيث يحسن من الاستفادة من اللاكتوز فى الأفراد الذين يعانون من ضعف نشاط إنزيمات β -gal الداخلية.

يمكن للأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز أن يحصلوا على هذه الفوائد من تناول لبن يحتوى على *Lb.acidophilus* ، هذا الميكروب يستطيع أن يبقى وينمو فى الأمعاء . كما فى بكتريا الیوجهورت، فإن نشاط إنزيم β -gal فى *Lb.acidophilus* يكون أعلى كثيراً فى وجود الصفراء عنه فى غياب الصفراء (أى أن الصفراء يزيد من نشاط β -gal بدرجة كبيرة) . الخلايا لا تتحلل فى وجود الصفراء ، لكن تزداد النفاذية ، مما يساعد مواد التفاعل substrate على الانتقال إلى داخل الخلايا حيث يتم تحللها . ونظراً لأن *Lb.acidophilus* يستطيع أن

يقاوم وينمو في الأمعاء الدقيقة ، فإن كميات إضافية من إنزيم β -gal قد تتكون عقب تناول لبن يحتوي على هذا الميكروب.

وقد أوضحت الدراسات أن لبن الأسيديوفلس غير المتخمر يكون غير فعال في تحسين الاستفادة من اللاكتوز في الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز. قد يرجع ذلك إلى عدم وجود قدر كاف من β -gal في لبن الأسيديوفلس غير المتخمر المستخدم عند تناول هذا اللبن للحصول على تأثير مفيد.

في حالة كل من بادئ اليوجهورت و *Lb.acidophilus* ، يجب أن توجد كمية كافية من β -gal عند تناول اللبن أو منتجات الألبان ، إذا كان الهدف تحسين الاستفادة من اللاكتوز . هذا الإنزيم يمكن حثه *inducible* في هذه البكتريا. لذلك إذا أضيفت البكتريا إلى اللبن أو منتجات الألبان (أى لا تنمو في اللبن) ، فإنه من المهم أن تكون بيئة النمو المستخدمة لإنتاج الخلايا تحتوي على اللاكتوز كمصدر للسكر . يختلف مستوى نشاط β -gal بين عينات اليوجهورت التجارية وبين سلالات *Lb.acidophilus* . لذلك إذا كان ناتج يحتوي على هذه البكتريا للحصول على فائدة للأفراد الذين يعانون سوء هضم اللاكتوز ، فإن يجب استخدام البادئ الذى يحتوي على مستويات مرتفعة من الإنزيم . كما يجب أن يبقى النشاط مرتفعاً أثناء النقل والتخزين ، حتى يمكن للمستهلك أن يحصل على ناتج يحتوي على مستويات ملاءمة من الإنزيم للحصول على الفائدة .

تعتمد قدرة الألبان المتخمرة للتغلب على المشاكل التي يعاني منها الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز على قدرة ميكروبات التخمر على تحلل اللاكتوز . تحتوي الميكروبات على إنزيمات تحلل السكر المسئول عن هذه الأعراض . يمكن التغلب على هذه المشكلة في ثلاث اتجاهات:

- ١- خفض محتوى الناتج من اللاكتوز نتيجة لتأثير الميكروبات.
- ٢- إنزيمات ميكروبية تكون نشطة في القناة الهضمية.
- ٣- استمرار نشاط الميكروبات في القناة الهضمية.

قدرة الميكروبات على خفض محتوى اللاكتوز في اللبن حقيقة غير مشكوك فيها . ميكروبات اليوجهورت تستطيع أن تستخدم أكثر من ٥٠% من اللاكتوز الموجود في اللبن القرض المبستر العادى ، مسببة انخفاض اللاكتوز من حوالى

٥ جم/١٠٠ مل إلى حوالي ٢ جم/١٠٠ مل . ومع ذلك، إذا تم تدعيم اللبن بإضافة لبن فرز مجفف أو مركز بالتبخير ، حيث يرتفع محتوى اللاكتوز إلى ٧,٥-٨,٠ جم/١٠٠ مل (إجراء شائع في إنتاج اليوجهورت) ، فإن محتوى اللاكتوز النهائي بعد التخمير يكون حوالي ٤,٥-٥ جم/١٠٠ مل . لذلك ، فإن محتوى اللاكتوز في اليوجهورت سوف يكون قريبا جدا من محتوى اللاكتوز في اللبن الفرز المبستر العادي الموجود في الأسواق ، ويحدث ذلك لأن ميكروبات اليوجهورت تكون قادرة فقط على النمو إلى حد أقصى من الأعداد في اللبن الذي يتوقف على عدد من العوامل الفسيولوجية والبيوكيماوية . كمية اللاكتوز في اللبن غير محدودة ، الزيادة في محتوى اللاكتوز في اللبن لا تؤدي إلى زيادة في كمية اللاكتوز المستهلكة بواسطة البكتريا.

ومع ذلك ، تحتوي البكتريا على إنزيمات قادرة على تمثيل اللاكتوز ، التي تستمر في تأثيرها على مواد التفاعل substrate إذا لم تمتص بواسطة خلايا البكتريا . يوجد نوعان من الإنزيمات المحللة للاكتوز المرتبطة ببكتريا حامض اللاكتيك : β -D-galactosidase ، β -D-phosphogalactosidase . يؤثر الإنزيم الأول على اللاكتوز بينما يؤثر الثاني على لاكتوز فوسفات ، الذي لا يوجد طبيعياً في اللبن ومنتجات الألبان . تحتوي ميكروبات اليوجهورت التقليدية و Leuconostocs على β -D-galactosidase ، بينما تحتوي Lactococci على β -D-phosphogalactosidase . والمعلومات في هذا الشأن بالنسبة لـ *Lb.acidophilus*, *Bifidobacteria* غير واضحة ، بعض السلالات قد تحتوي على هذين الإنزيمين.

قدرة السلالات الوقائية probiotic strains على الاستمرار في القناة الهضمية على جانب كبير من الأهمية في هذا الشأن . تحلل اللاكتوز بواسطة هذين النوعين من الإنزيمات ممكن حدوثه إذا كانت البكتريا حية viable ونشطة في عمليات التمثيل في القناة الهضمية . بكتريا الـ *Bifidobacteria*, *Lb.acidophilus*, تقاوم حامض المعدة وأملاح الصفراء ، بينما توجد بعض المؤشرات تدل على أن *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Str.thermophilus* ، لا تستطيع . إذا كانت السلالات الوقائية probiotic تحتوي على

β -D-phosphogalactosidase ، فإنه من الأمور الهامة أن الخلايا لا تقاوم فقط بيئة القناة الهضمية ، ولكن تكون نشطة في عمليات التمثيل تحت هذه الظروف البيئية ، حيث أن الخلايا الكاملة لهذا النوع من الميكروبات مطلوبة للشفاء من أعراض سوء هضم اللاكتوز . الألبان المتخمرة تساعد الأفراد الذين يعانون سوء هضم اللاكتوز ، ولكن يجب الانتباه إلى التوليفة وأنواع الميكروبات المستخدمة في التخضير .

٥-٤- التأثير على الكوليسترول المرتفع

من المعروف أن هناك ارتباط بين الصحة وكوليسترول السيرم . يرتبط كوليسترول السيرم المرتفع بزيادة في عدد حالات الوفاة نتيجة لأمراض تصلب الشرايين atherosclerotic heart diseases . يتكون الكوليسترول أساساً في الكبد بالرغم من أن الأمعاء تكون كميات محسوسة من الكوليسترول . يتأثر معدل تكوين الكوليسترول بمدى توفر الكوليسترول من مصادر غذائية . وقد اقترح أن الأغذية المتخمرة تستطيع أن تخفض مستوى الكوليسترول في السيرم وذلك بخفض امتصاص الكوليسترول في الأمعاء ، أو بواسطة تثبيط تكوين الكوليسترول في الكبد .

مراجعة الممارسات الغذائية لخفض كوليسترول السيرم على جانب كبير من الأهمية . تناول اليومى لكميات كبيرة من الألبان المتخمرة (٨ لتر/يومياً) قد تؤدي إلى خفض مستويات كوليسترول السيرم . لذلك، يعتقد أن الألبان المتخمرة تخفض من مستوى كوليسترول السيرم.

وقد تم دراسة تأثير مستخلص ألبان متخمرة بواسطة ٣٩ سلالة مختلفة من Bifidobacteria Lactobacilli على تكوين الكوليسترول وتكوين أحماض الصفراء bile acids من الكوليسترول باستخدام خلايا من كبد الفئران . وقد وجد أن سلالات Bifidobacteria أكثر قدرة على تثبيط تكوين الكوليسترول من الخلات المحتوية على ^{14}C ، وأن المستحضرات من البان متخمرة بسلالة واحدة من *Lb.paracasei* ssp. *paracasei* قد نشطت من الأنزيم المنظم لعملية تكوين أحماض الصفراء من الكوليسترول ، مما أدى إلى الاعتقاد أن النشاط الميكروبي في

القناة الهضمية يمكن أن ينظم مستويات كوليسترول السيرم . بعض منتجات الألبان المتخمرة أو المحتوية على ميكروبات هذه المنتجات تقلل من تأثير الكوليسترول المرتفع hypercholesterolemic في الإنسان . تغذية الأطفال الرضع infants على وجبات مدعمة بـ *Lb.acidophilus* يؤدي إلى خفض مستويات كوليسترول السيرم خلال ٦-٩ أيام الأولى من حياة الطفل مقارنة بالأطفال الذين يتناولون وجبات لا تحتوي على *Lactobacilli*. يرتبط هذا الانخفاض مع زيادة أعداد *Lb.acidophilus* في براز الأطفال الرضع . تدل هذه النتائج على أن *Lactobacilli* تكون مسؤولة عن خفض مستويات الكوليسترول في السيرم.

تدل الدراسات المعملية على أن نمو *Lb.acidophilus* تحت ظروف لاهوائية في وجود الصفراء يساعد على امتصاص الكوليسترول من بيئة النمو . تختلف القدرة على امتصاص الكوليسترول في البيئات المعملية بين سلالات *Lb.acidophilus* ، وتفشل بعض السلالات في امتصاص الكوليسترول . عند تغذية الخنازير عليقة مرتفعة في الكوليسترول، فإن السلالة التي لا تستطيع امتصاص الكوليسترول في البيئات المعملية ، ليس لها تأثير على مستويات الكوليسترول في السيرم . ومع ذلك ، فإن تغذية الخنازير على سلالة تتميز بقدرتها على امتصاص الكوليسترول قد أدى إلى خفض كوليسترول السيرم بدرجة أكبر عنه في مجموعة حيوانات المقارنة أو مجموعة الحيوانات التي غذيت على سلالات لا تستطيع امتصاص الكوليسترول من البيئات المعملية. تدل هذه النتائج على أن السلالات التي تمتص الكوليسترول تستطيع المساعدة في خفض مستويات كوليسترول السيرم . النتائج في جدول (٣-١٢) توضح الاختلافات بين قدرة سلالات *Lb.acidophilus* على امتصاص الكوليسترول أثناء النمو في بيئات معملية.

جدول (٣-١٢): امتصاص الكوليسترول بواسطة سلالات مختلفة من *Lb.acidophilus*.

السلالة	الكمية الممتصة* (mg/ml/hr)
ATCC 4356	0.92
ATCC 4962	2.21
ATCC 4312	3.96

* تعتمد على الكمية التبقية في رائق المرق بعد ١٤ ساعة عند ٣٧°م

تؤكد هذه النتائج على الحاجة إلى اختيار السلالات التي تحتوى على الصفات المطلوبة للحصول على فائدة صحية أو تغذوية معينة.

بكتريا *Lactobacillus spp.* هي البكتريا السائدة في الأمعاء الدقيقة التي تعمل على انفراد deconjugate أحماض الصفراء . كما أن هذا النشاط قد يكون عاملاً هاماً في تأثير *Lb.acidophilus* على الكوليسترول المرتفع . أحماض الصفراء الحرة الناتجة من زيادة انفراد أحماض الصفراء المرتبطة conjugated في الأمعاء الدقيقة من المحتمل أن تفرز في البراز نظراً لعدم امتصاصها بكفاءة في الأمعاء . بالإضافة إلى ذلك ، فإن أحماض الصفراء الحرة لا تكون فعالة مثل الأحماض المرتبطة في تكوين جسيمات micelles مع الكوليسترول ، التي تكون ضرورية لامتصاصها من الأمعاء الدقيقة. لذلك ، فإن إنفراد أحماض الصفراء سوف يقلل من امتصاص الكوليسترول الغذائي (من مصادر غذائية) من الأمعاء الدقيقة . بالإضافة إلى ذلك ، فإن استبدال أحماض الصفراء الحرة التي تفرز في البراز ، يحتاج إلى تخليق أحماض الصفراء من الكوليسترول في الكبد ، مما يؤدي إلى استخدام بعض كوليسترول الجسم ، الذي يؤدي إلى خفض كوليسترول السيرم.

بالإضافة إلى *Lb.acidophilus* ، توجد أنواع أخرى في بعض منتجات الألبان المتخمرة ، تمص الكوليسترول أثناء النمو ، تشمل *Lb.casei* ، *Bifidobacterium spp.* . يتطلب الأمر إجراء الدراسات لتقدير العوامل التي تحسن من امتصاص الكوليسترول بواسطة *Bifidobacteria* ، *Lactobacilli* . مثل هذه المعلومات سوف تكون مفيدة جداً في اختيار الميكروب للمساعدة في خفض مستويات كوليسترول السيرم.

وقد أشار بعض الباحثين إلى أن *Lb.acidophilus* لا يستطيع امتصاص الكوليسترول معملياً *in vitro* أثناء النمو . وقد استخدمت في هذه الدراسات مستويات منخفضة جداً من الكوليسترول (حوالي ٣٠ ميكروجرام/مل) في بيئات النمو ، التي قد تكون غير مناسبة لامتصاص معنوي بواسطة *Lactobacilli* .

وقد دلت هذه الدراسات على أن إنفراد أملاح الصفراء في بيئة النمو يؤدي إلى عدم ثبات الكوليسترول في صورة جسيمات ، مما يؤدي إلى ترسيبه مع أملاح الصفراء الحرة (غير المرتبطة deconjugated) . وقد لوحظ أن الكوليسترول

لا يمتص من البيئة بواسطة *Lb.acidophilus* عندما يبقى pH عند ٦ أثناء النمو (عند pH ٦,٠ لا ترسب أملاح الصفراء الحرة) . ومع ذلك ، هناك دراسات أخرى أوضحت أنه يتم امتصاص الكوليسترول بواسطة *Lb.acidophilus* RP32 أثناء النمو عند pH ٦,٠ . وفي دراسة أخرى أشارت إلى وجود الكوليسترول في غشاء خلايا cell membrane بكتريا *Lb.acidophilus* النامية في بيئة مدعمة بأملاح الصفراء وجسيمات الكوليسترول . وقد أشارت دراسة أخرى أنه لا يوجد علاقة معنوية بين امتصاص الكوليسترول وإنفراد أملاح الصفراء بواسطة *Lb.acidophilus* .

وعموماً فإن ميكروبات البادئ تستطيع تحرير أحماض الصفراء وتحويلها إلى صورة غير قابلة للامتصاص ، أحماض الصفراء غير المرتبطة تكون أقل قدرة في المساعدة على امتصاص الدهون في الأمعاء وبالتالي امتصاص الكوليسترول عن أحماض الصفراء المرتبطة . كما أن الكوليسترول يتم التخلص منه نتيجة ترسيبه مع أملاح الصفراء غير المرتبطة تحت ظروف حامضية .

دراسات أخرى أجريت على الإنسان لم تؤيد التأثير الحامضي للألبان المتخمرة على الكوليسترول . فقد وجد أنه لا يوجد أي فروق معنوية في كوليسترول السيرم بين أفراد متطوعين تناولوا ١ لتر مدعم من لبن ٢% دهن ، يوجهورت أو لبن أسيدوفلس غير حامضي sweet لمدة ٣ أسابيع . كما لم يلاحظ انخفاض مستوى كوليسترول السيرم في أفراد استهلكوا كميات كبيرة من اليوجهورت كجزء من غذائهم . أيضاً لوحظ انخفاض كوليسترول السيرم في متطوعين ذكور في السجن تناولوا لبن فرز (٢,٧ لتر/يوم) أو لبن خض (٢ لتر/يوم) لمدة ٣ أسابيع .

وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن تأثير اليوجهورت الخافض للكوليسترول يكون مؤقتاً فقط ، عندما عدل ذكور بالغين غذائهم وتناولوا ٦٨١ جم يوجهورت لثلاث فترات كل منها ١٤-٢١ يوم . تناول *Lb.acidophilus* ، *Lb.delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ، في صورة حبوب لم تحدث تغيير معنوي في مستوى كوليسترول السيرم في المتطوعين .

– *Bifidobacterium* و كوليسترول السيرم

تم دراسة دور *Bifidobacteria* في خفض كوليسترول السيرم ، وقد وجد أنه من الصعب القول أن تناول كميات كبيرة من الألبان المتخمرة تؤدي إلى خفض كوليسترول السيرم . ومع ذلك فإن الأمر يتطلب دراسة أكثر وتجارب تحت ظروف محكمة controlled باستخدام سلالات LAB التي تستطيع أن تخفض كوليسترول السيرم قبل اقتراح التأثير الخافض للألبان المتخمرة على الكوليسترول hypocholesteremic effect of FMP .

عدد محدود من سلالات *Lb.acidophilus* وبعض *Bifidobacteria* قد أخذت كثيرا من الاهتمام في هذا الصدد . وقد وجد أن *Lactobacilli*, *Bif.bifidum*, تحرر أملاح الصفراء التي يترسب مع الكوليسترول عندما ينخفض pH . كما وجد أن انخفاض الكوليسترول يرجع إلى قدرة البكتريا على تحرير املاح الصفراء. ونظرا لوجود علاقة بين أملاح الصفراء وأمتصاص الكوليسترول ، فإن بكتريا حامض اللاكتيك المحتوية على إنزيم bile salt hydrolyase قد تتميز بإمكانية خفض كوليسترول السيرم.

عملية الترسيب المشترك (أملاح الصفراء/الكوليسترول) قد تكون آلية تساهم في خفض كوليسترول السيرم، وذلك إذا تم إفراز راسب الصفراء /الكوليسترول cholesterol-bile co-precipitate من القناة الهضمية مع البراز ، وبالتالي يحدث فقد في الكوليسترول والصفراء . التأثير النهائي لمثل هذا الفقد من القناة الهضمية يؤدي إلى تنشيط الدورة الكبدية المعوية enterohepatic cycle التي تخلق أملاح الصفراء من الكوليسترول . قدرة البكتريا الوقائية probiotic على تحرير أملاح الصفراء قد يساعد في عملية الترسيب المشترك ، لكن وجود أملاح الصفراء غير المرتبطة في الأمعاء الغليظة قد تساهم في زيادة فرصة الإصابة بسرطان القولون.

٥-٥- النشاط المضاد للمواد المسرطنة

مزارع البكتريا المستخدمة في صناعة عدة أنواع من منتجات الألبان المتخمرة تتميز بنشاط مضاد للمواد المسرطنة anticarcinogenic أو مضاد

للمطفرات antimutagenic . كثير من الدراسات في هذا المجال تستخدم حيوانات معملية في توضيح فاعلية البكتريا في تأخير ظهور الأورام. استهلاك اليوجهورت بواسطة الفئران الصغيرة تثبط ظهور خلايا الأورام . أوضحت التجارب التي أجريت على الإنسان ، أن سلالة Lactobacilli أظهرت قدرة في مقاومة سرطان القولون ، وقد تم توصيف وتعريف هذه السلالة فيما بعد حيث أتضح أنهما *Lb.casei ssp.rhamnosus* . تستخدم هذه السلالة تجاريا على نطاق واسع في الألبان المتخمرة في الدنمارك.

أنواع البكتريا التي غالبا ما تشارك في النشاط المضاد للسرطان تكون *Lactobacilli*، وخاصة *Lb.acidophilus*، و *Lb.delbreuckii ssp bulgaricus*. *Lb.casei* يبدو أن نشاط الميكروب الأخير مرتبط مع مركب (أو مركبات) تتكون بواسطة الميكروب قبل تناول الناتج المتخمر ، حيث أن الميكروب لا ينمو في الأمعاء . ومن ناحية أخرى ، فإن نمو و/أو تأثير *Lb.acidophilus* أو *Lb.casei* في القناة الهضمية على جانب كبير من الأهمية في حالات أخرى . بعض هذه الحالات قد يرجع إلى التأثيرات غير المباشرة من خلال تثبيط نمو البكتريا غير المرغوبة في الأمعاء التي قد تنتج مواد مسرطنة *carcinogens*. ويعتقد البعض أن LAB لا تثبط الأورام بطريقة مباشرة ، ولكن يبدو أن التثبيط يحدث بطريقة غير مباشرة من خلال الجهاز المناعي للعائل .

توجد النترات *nitrates* والنتريت *nitrites* طبيعيا في الغذاء كما تتكون في الأمعاء بواسطة بعض الميكروبات وتتحول النتريت الى نيتروزأمين *nitrosamine* (مواد مسرطنة). وجود *Lactobacilli* في فلورا الأمعاء يؤدي الى التحليل الحيوي للنيتروزأمين كما أن *Lb.casei* والميكروبات المشابهة تقوم بتحليل النترات والنتريت حيويا.

التأثيرات غير المباشرة على الأورام تعتبر محصلة لعديد من التأثيرات الى تحدثها الألبان المتخمرة على صحة الإنسان. ويعتقد أن معظم هذه التأثيرات ترجع الى إزالة الإنزيمات التي لها القدرة على تحويل المواد المشجعة للسرطان *procarcinogenic* الى مواد مسرطنة *carcinogenic* . هذه الإنزيمات تكون موجودة في السباز (azoreductase, nitroreductase, β -glucuronidase).

تستخدم هذه الإنزيمات لمتابعة سرطان الأغشية المبطنة حيث تزداد فرصة الإصابة بالسرطان عندما يكون مستوى هذه الإنزيمات مرتفعا في البراز. تناول الألبان المتخمرة وخاصة لبن الأسيدوفلس يقلل من مستوى هذه الإنزيمات في البراز.

٥-٦- تحسين الاستجابة المناعية

خلايا الـ Lactobacilli، المستخدمة في صناعة منتجات الألبان، قد تزيد من مقاومة العائل للأصابة بالعدوى بواسطة بعض الميكروبات المرضية المنقولة عن طريق الغذاء من خلال تحسين الاستجابة المناعية للجسم enhanced immune Response. بالرغم من أن *Lb.acidophilus* و *Lb.delbrueckii ssp.* *bulgaricus* لهما بعض التأثير، فإن *Lb.casei* يبدو أنه الميكروب الرئيسي في هذا المجال. في ضوء المعلومات المتوفرة عن هذه المجموعة من Lactobacilli، فإنه من المحتمل أن القدرة النسبية لاحداث مثل هذا التأثير تختلف باختلاف السلالات للنوع الواحد. لضمان اتصال سلالات LAB المتناولة مع الجهاز المناعي المعوي intestinal immune system، فإن الأمر يحتاج الى توفر واحد أو أكثر من الصفات التالية في LAB: (١) قدرة السلالة على البقاء في الحامض والصفراء، (٢) حيوية السلالة في القناة الهضمية، (٣) الأتصال بالحواجر المعوية (الأغشية المخاطية، الخلايا الطلائية، مجموعة الميكروفلورا)، (٤) الألتصاق بالأغشية المخاطية المعوية و (٥) إمتصاص LAB بواسطة الأغشية المخاطية. وقد وجد أن البكتريا الوقائية probiotic التي تتميز بهذه الصفات تشمل *Lb.acidophilus* *Lb.casei* Shirota، NCFB 1478، *Lactobacillus* GG، *Lb.acidophilus*. وقد يتضمن التأثير تنشيط البلعميات الكبيرة macrophages في الجسم، التي بدورها تقضى على الميكروبات المرضية. هذه الزيادة في ميكانيكية الدفاع في العائل قد تكون هامة جدا في مقاومة الأمراض المنقولة عن طريق الغذاء food-borne illnesses. بالإضافة الى ذلك، فإن ذلك يمكن أن يفسر أن استخدام بعض Lactobacilli كمساعدات غذائية dietary adjuncts تمارس بطريقة غير مباشرة بعض المقاومة لميكروبات الأمعاء.

وقد وجد أن LAB تزيد من مستويات γ -interferon لها في الإنسان الذي ينشط الخلايا الليمفاوية B-lymphocytes (تكوين الاجسام المضادة) والخلايا القاتلة الطبيعية natural killer cells (الخلايا الليمفاوية -T-cells) وكذلك زيادة تخليق IgG (جلوبيولينات مناعية) مما يزيد من الأستجابة المناعية في الإنسان ومقاومته للعدوى. تتميز *Lb. acidophilus* بقدرة منظمة لإنتاج γ -interferon، وقد يرجع ذلك الى قدرة بعض أنواع من Lactobacilli على تحليل البروتينات والبيبتيدات التي لها القدرة على تنشيط الجهاز المناعي. يرجع التأثير الوقائي لبعض أنواع من *Lb. casei* ضد بعض البكتريا المرضية الى تنشيطها الجهاز المناعي في الجسم.

٦- قدرة بكتريا البادئ على البقاء والنمو في الأمعاء

جميع الفوائد الصحية والتغذوية الناتجة من تناول منتجات الألبان المتخمرة لا تعتمد على نمو وتأثير بكتريا البادئ فقط في الأمعاء عقب الأستهلاك، بعض الفوائد قد تنتج من مواد تتكون في اللبن في أثناء عملية التخمير في صناعة المنتجات، وقد يتضمن ذلك تحسين إتاحة بعض العناصر الغذائية و/أو تعديل مكونات اللبن مثل البروتينات، أى أن أعداد من بكتريا البادئ قد تكون مسؤولة عن مثل هذه الفوائد.

قد يدرك الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز فائدة نوعية specifi مرتبطة بتناول المنتجات المتخمرة. قد ترجع هذه الفائدة أساساً إلى β -gal الموجودة في خلايا بكتريا البادئ. ومن الضروري أن أى مزرعة بادئ تحتوى β -gal قد تعطى هذه الفائدة. من الأمور الهامة اختيار البادئات المحتوية على مستويات مرتفعة من هذا الإنزيم والتأكد من توفر مستويات كافية عند وقت الاستهلاك وذلك حتى يمكن الوصول إلى الفائدة الأفضل. بعض البادئات، مثل Lactococci، تحتوى على (phospho- β -galactosidase ($p\beta$ -gal)، الذى لا يحلل اللاكتوز. بعض الفوائد التي تعود على الأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز قد تنشأ أيضاً من انخفاض في مستوى اللاكتوز أثناء التخمير. فضلاً عن ذلك، فإن الميكروبات تستخدم فقط الكميات اللازمة لنموها، التي تقدر بحوالى

٢٠-٢٥ % من الكمية الكلية الموجودة في اللبن قبل التخمر . تأتي الفائدة الرئيسية من استهلاك المنتجات المخمرة أو المنتجات المحتوية على ميكروبات حية مصنعة ببادئات تحتوي على β -gal نشطة.

بعض الفوائد الصحية والتغذوية التي قد يحصل عليها من بكتريا البادئ تتضمن الحالات التي يستطيع فيها الميكروب أن يبقى وينمو في الأمعاء . تعتبر بكتريا حامض اللاكتيك من الفلورا الطبيعية في الأمعاء ، خاصة الأمعاء الدقيقة . هذه البكتريا تكون قادرة أيضا على مقاومة الظروف الحامضية في المعدة والصفراء في الجزء العلوى من القناة الهضمية ليصل إلى الأمعاء الدقيقة . من الأنواع الأكثر شيوعا *Bifidobacteria* ، *Lb.casei* ، *Lb.acidophilus* خاصة *B.infantis* ، *B.adolescentis* ، *B.longum* ، *B.breve* . بكتريا *B.adolescentis* ، *B.longum* من أكثر *Bifidobacteria* شيوعا في الأمعاء الدقيقة للبالغين ، ومع ذلك فإن جميع الأربع أنواع توجد في أمعاء الأطفال الرضع والأطفال . بالرغم من أنه تم عزل أنواع أخرى من *Bifidobacteria* ، *Lactobacilli* من محتويات أمعاء الإنسان ، ونظرا لأن هذه الأنواع توجد بدرجة محدودة ، فإنه يعتقد أن هذه الأنواع توجد بصفة مؤقتة أكثر منها فلورا طبيعية في الأمعاء .

الصفات العامة المطلوبة في بكتريا البادئات أن تكون قادرة على البقاء والنمو في الأمعاء . أحد الصعوبات التي تقف أمام البقاء حموضة العصارة المعوية gastric acidity الموجودة في المعدة . *Lb.acidophilus* ، *Lb.casei* مقاومة للظروف الحامضية في العصير المعوى الصناعى عند pH ٣,٠ عند ٣٧°م ، بينما *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* لا تقاوم هذه الظروف . تختلف سلالات *Bifidobacteria* في قدرتها على المرور خلال المعدة . تأثير الإنزيمات مثل lysozyme الموجود في الجزء العلوى من الجهاز الهضمي قد يكون أيضا ضارا للـ *Bifidobacteria* ، *Lactobacilli* . ومع ذلك فإن الصعوبات التي تواجه الباحثين هو تحلل lysing الـ *Lactobacilli* بإنزيم lysozyme مما يدل على أن هذه البكتريا غير مقاومة للإنزيم وبالتالي قد تواجه قليل من الصعوبات في التغلب على هذا العائق في الجهاز الهضمي . ويعتقد أن الاختلافات في المقاومة للحموضة المعوية والليوسوزيم lysozyme توجد بين سلالات جميع الأنواع .

إذا كان من المتوقع أن البكتريا تبقى وتنمو في الأمعاء الدقيقة ، فإنه من المقبول أن تكون أيضا مقاومة للصفراء . ومن المعروف منذ وقت طويل أن *Lactobacilli* تختلف في قدرتها على النمو عند توتر سطحي منخفض *low surface tension* ، تنشأ هذه الظروف بواسطة الصفراء في الأمعاء الدقيقة . في دراسة مبكرة لمقارنة قدرة *Lactobacilli* للنمو عند توتر سطحي منخفض ، فإن ١٧ سلالة من *Lb.bulgaricus* قد فشلت في النمو عند توتر سطحي منخفض ، بينما جميع ١٥ سلالة من *Lb.acidophilus* قد نمت تحت هذه الظروف . كما أن *Bifidobacteria* تنمو عند توتر سطحي منخفض ، ولكن يوجد تباين بين سلالات *Lb.casei* في هذا الصدد. تشير دراسات حديثة إلى الاختلافات في مقاومة سلالات *Lb.acidophilus* للصفراء . درجة مقاومة الصفراء اللازمة للنمو المثالي في الأمعاء غير معروفة . ومع ذلك في نفس الوقت فإنه يفضل اختيار السلالة الأكثر مقاومة للصفراء حتى يضمن قدرتها على البقاء والنمو في الأمعاء الدقيقة .

تتوفر معلومات محدودة عن علاقة *Lactobacilli* للاستجابة المناعية للجسم *body's immune response* وتأثيرها على قدرة *Lactobacilli* على الاستقرار والنمو في الأمعاء . تدل عدد من التقارير على أن *Lb.acidophilus* تكون متخصصة من حيث العائل *host specificity* . فمثلا سلالة من *Lb.acidophilus* معزولة من أمعاء الإنسان قد لا تعمل في أمعاء الدجاج . لذلك يفضل اختبار سلالات *Bifidobacteria, Lactobacilli* المراد استخدامها للتأكد من بقائها وعملها في أمعاء العائل . وعموما يفضل اختبار سلالات مصدرها أمعاء الإنسان . إذا كانت *Bifidobacteria, Lactobacilli* قادرة على البقاء والنمو في الأمعاء ، فإنه يجب أن تكون قادرة على أن تتنافس مع الفلورا الطبيعية وتقاوم المواد المثبطة ، مثل البكتريوسينات ، التي قد تتكون بواسطة الفلورا الطبيعية في الأمعاء ، وقد يعطى ذلك بكتريا *Bifidobacteria, Lactobacilli* ميزة نسبية في منافسة البكتريا من نفس الأنواع أو الأنواع المشابهة في الأمعاء .

٧- الصفات المرغوبة في البادئات

لكي يحصل المستهلك على الفوائد الصحية والتغذوية من الألبان المتخمرة فإن بعض التغيرات في الصفات المستخدمة في اختيار البادئ يكون ضروريا . ليس فقط أن يختار البادئ طبقا لقدرته على إنتاج الصفات الحسية المرغوبة في الناتج لكن يجب أن تؤخذ في الاعتبار عوامل أخرى مرتبطة بالفوائد الصحية والتغذوية. إذا كان التأثير المفيد يحتاج إلى نمو الميكروب في الأمعاء ، فإن الصفة التي تجعل الميكروب ينمو جيدا تحت هذه الظروف يجب أن تؤخذ في الاعتبار . تميل Lactobacilli المعوية إلى التخصصية في العائل ، لذلك فإنه من الضروري اختيار سلالة متسقة مع العائل (أى الانسان) لاستخدامها في الناتج المراد إنتاجه . صفة أخرى تبدو هامة في البقاء والنمو في الأمعاء هي مقاومة الصفراء . لتحسين قدرة الميكروبات للبقاء والنمو في الأمعاء ، فإنه من الضروري أن تتنافس بدرجة جيدة مع الفلورا الموجودة طبيعيا في الأمعاء ، وتشمل الميكروبات من نفس النوع أو قريبة من هذه الأنواع ، لذلك فإن المقاومة للبكتريوسينات تعتبر صفة هامة .

الهدف الرئيسي من اختيار المزارع هي قدرتها على إنتاج الفائدة المرغوبة . بالإضافة إلى ذلك يجب أن تحافظ على هذه القدرة أثناء الإنتاج ، التصنيع ، التوزيع والتخزين إلى أن تصل إلى المستهلك . نظراً لوجود اختلافات بين سلالات بكتريا حامض اللاكتيك ، فإنه من غير المحتمل أن سلالة واحدة من نوع واحد تكون مناسبة لأنجاز جميع الفوائد الصحية والتغذوية.

المتابعة المناسبة لأنجاز جميع الفوائد الصحية والتغذوية stability يكون ضرورياً للتأكد من أن الناتج المتخمر أو الناتج المحتوى على الميكروبات يصل إلى المستهلك بالصفات المرغوبة . فمثلاً إذا كان الناتج المتخمر أو المحتوى على الميكروبات يجهز كناتج مفيد للأفراد الذين يعانون من سوء هضم اللاكتوز ، فإنه من الضروري أن يحتوي الناتج على مستوى مرتفع من β -gal عند وقت الاستهلاك ، وهذا يؤكد أن المستهلك يحصل على ناتج أكثر ملاءمة لتوفير الفائدة.

٨- مرور بكتريا حامض اللاكتيك خلال القناة الهضمية

يجب أن تبقى LAB في القناة الهضمية حتى يمكن الحصول على الفوائد الصحية . تستمر هذه الفوائد الصحية فقط إذا لم يقضى على LAB ومكوناتها أو حدوث دنتره لها (تغيير في طبيعتها) denaturation بواسطة الوسط الحامضي في المعدة ، أو تحليل اللاكتيز بواسطة إنزيمات proteases المعدة . ومع ذلك فإن محتوى المعدة المرتفع من حامض الأيدروكلوريك قد يقتل LAB ويصاحب ذلك إفراز لإنزيم لاكتيز بكتريا حمض اللاكتيك في المعدة . لكن من المحتمل أن يسبب الوسط الحامضي دنتره لإنزيم اللاكتيز . بالإضافة إلى ذلك ، فإن تحليل البروتين proteolysis قد يشمل اللاكتيز وبالتالي يفقد نشاطه . عندما يتناول LAB الحية من خلال الألبان المتخمرة ، فإن مكونات الألبان تتميز بقدرة تنظيمية ممتازة . ونظراً لأن LAB توجد في اليوجهورت (٤,٠-٤,٥ pH) ، فإن الخلايا قد تتأقلم على الوسط المنخفض pH وقدرتها على المقاومة قد تكون أعلى في العصارة المعوية gastric juices ، لذلك فإن الخلايا المتبقية قد تستقر في القناة الهضمية.

تم دراسة مرور LAB خلال القناة الهضمية في الجسم الحي *in vivo* . قدرة هذه الميكروبات على البقاء تتوقف على نوع وسلالة *Lactobacillus* والقدرة التنظيمية buffer capacity للوسط . عندما يتم إدخال *Lb.acidophilus* ، *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* إلى المعدة من خلال أنبوبة nasogatric ، فإن *Lb.acidophilus* تقاوم بدرجة أفضل عن *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، أي لمدة أطول وعند pH أقل . ومع ذلك فإنه يوجد تباين في قدرة السلالات المختلفة من *Lb.acidophilus* للبقاء في المعدة . بقاء *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* ، *Lb.acidophilus* في العصارة المعوية للإنسان تزيد عندما يتم التغذية ببكتريا حامض اللاكتيك مع اللبن . ترجع ارتفاع القدرة على البقاء survivability إلى القدرة التنظيمية للبن ، التي ترفع من pH العصير المعوي . قدرة *Str.thermophilus* ، *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus* على البقاء قد تكون أعلى عند تناول هذه الميكروبات من خلال اليوجهورت ، حيث أن اليوجهورت أعلى في القدرة التنظيمية . القدرة التنظيمية لليوجهورت واللبن تعزى أساساً إلى

اليروتينات . القدرة التنظيمية الأعلى لليوجهورت قد تعزى أيضا إلى وجود محتوى أعلى من جوامد اللبن وكذلك حامض اللاكتيك.

بالرغم من أن القدرة التنظيمية لليوجهورت أعلى منها في اللبن ، فإن قيم pH العصير المعوى *in vivo* لأربعة أفراد في هذه الدراسة لا توجد بينهم فروق معنوية للبن واليوجهورت . كما تم دراسة مرور بكتريا حامض اللاكتيك ولاكتيز اليوجهورت خلال القناة الهضمية لأفراد غير مقاومين للاكتيز ، وقد تم التحضين باستخدام تجهيزات خاصة لمراقبة التغيرات في الأمعاء والأثني عشر . وقد تناول الأفراد مزارع يوجهورت حية ونشطة أو يوجهورت مبستر ، مع polyethylene glycol وجرائيم *Bacillus stearothermophilus* . وقد لوحظ كل من LAB في الأثني عشر عقب تناول . وقد انخفضت أعداد *B.stearothermophilus* بمقدار دورة لوغاريمية ، وقد يعزى ذلك إلى تأثير التخفيف dilution effect ، حيث أن أعداد LAB قد انخفضت بمقدار ٥ دورات لوغاريمية نتيجة التخفيف أو موت الخلايا . كما لوحظ أيضاً نشاط اللاكتيز في الأثني عشر ، لكن النشاط كان أقل معنوياً بعد ٩٠ دقيقة . هذه التجربة أعطت دلائل مباشرة على وجود LAB ولاكتيز اليوجهورت في القناة الهضمية ، ومع ذلك فإن نشاط اللاكتيز وأعداد LAB قد انخفض بدرجة كبيرة . وقد كان هناك انخفاضاً في محتوى اللاكتوز بعد ٩٠ دقيقة من تناول اليوجهورت الطازج أو المبستر .

وقد تم دراسة وجود اللاكتيز في براز الأفراد غير المقاومين للاكتيز . وقد كان نشاط اللاكتيز البرازي faecal lactase أقل عقب تناول اليوجهورت مقارنة باليوجهورت المبستر . وهذه النتائج عكس المتوقع حيث أن اليوجهورت المبستر يحتوي على أعداد بكتريا حية أقل ونشاط لاكتيز أقل . لذلك فمن الضروري مراجعة نشاط لاكتيز بكتريا الأمعاء قبل وبعد تناول الألبان المتخمرة . بكتريا القناة الهضمية gut bacteria تحتوي على نشاط لاكتيز وأنها تحلل وتخمّر اللاكتوز ، منتجة أيدروجين .

وقد تم دراسة تأثير العصير المعوى على نشاط اللاكتيز تحت ظروف معملية *in vitro* . وقد لوحظ أن نشاط لاكتيز اليوجهورت ينخفض مع انخفاض pH

وارتفاع الحموضة . عند إجراء هضم اليوجهورت بالعصارة المعوية تحت ظروف معملية *in vitro* gastric digestion ، فإن بكتريا حامض اللاكتيك تزيد أيضا من نشاط اللاكتيز ، نتيجة تحلل الخلايا cell lysis . وفي دراسة معملية عن تأثير أملاح الصفراء على نشاط اللاكتيز ، فقد لوحظ أن نشاط لاكتيز اليوجهورت يزيد في وجود أملاح الصفراء معمليا *in vitro* ، الذي قد يعزى إلى التأثير التكافلي synergistic لأملاح الصفراء على اللاكتيز ، أو إلى تحلل الخلايا البكتيرية وانفراد الإنزيم . نشاط لاكتيز الخلايا البكتيرية لم يتم متابعته في المعدة والأمعاء الدقيقة . درجة الدنترة والتحلل لإنزيم اللاكتيز في المعدة يحتاج إلى دراسة عند تناول الألبان المتخمرة . وقد وجد أنه عند تغذية أفراد غير مقاومين للاكتيز يوجهورت ، يوجهورت مبستر ولبن لدراسة نمط امتصاص اللاكتوز lactose absorption patterns ، أن تغذية ١٨ جم لاكتوز في اليوجهورت قد امتص بدرجة أفضل من اليوجهورت (١,٧ جم من ١٨ جم أو ١٠ % من اللاكتوز غير الممتص) عما في اليوجهورت المبستر (٢,٨ جم من ١٨ جم أو ١٥ % لاكتوز غير ممتص) أو من اللبن . وقد وجد أن كمية اللاكتوز الكامل intact lactose كلنت بدرجة كبيرة في اللفائفي (الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة) ileum عندما تضمنت الوجبة اليوجهورت مقارنة باليوجهورت المبستر أو اللبن . وقد وجد أن أكثر من ٩٠ % من اللاكتوز في اليوجهورت يتم هضمه في الأمعاء الدقيقة لأفراد غير مقاومين للاكتيز . ويعتقد أن نشاط اللاكتيز في بادئات اليوجهورت يساعد على الامتصاص الجيد للاكتوز من اليوجهورت . ونظرا لأن ٨٥ % من اللاكتوز في اليوجهورت المبستر يتم هضمه ، فإن ١٥ % فقط من اللاكتوز المهضوم في اليوجهورت قد يرجع إلى بكتريا اليوجهورت .

٩- فساد الألبان المتخمرة

تتميز الألبان المتخمرة بصفة عامة بانخفاض pH وتركيز مرتفع من حامض اللاكتيك ، وبالتالي تكون بيئة إنتقائية عالية highly selective تشجع نمو الخمائر والفطريات والميكروبات المسببة للفساد . لهذا السبب يسمح بإضافة السوربات sorbate والبتروات benzoate كمواد حافظة في بعض الدول ، لكن فاعلية هذه

المواد تكون محدودة نتيجة ظهور سلالات مقاومة . كما أن توفر الأكسجين يلعب دورا هاما في الحد من نمو الفطريات والخمائر غير المتخمرة non-fermentative yeasts ، بينما إضافة السكريات sugars يشجع من نمو الخمائر المتخمرة fermentative yeasts . يكون تركيز المواد الذائبة في بعض الحالات مرتفعا بدرجة كافية تحدث أنخفاضا بسيطا ولكنه معنويا في مستوى النشاط المثلثي aw . لا يعتبر ذلك كافيا للحد من نمو الخمائر أو الفطريات ، بالرغم من أن سلوك ميكروبات البادئ قد يتأثر .

معظم الدراسات المتعلقة بالفساد الميكروبي للألبان المتخمرة مرتبطة باليوجهورت . ومع ذلك فإن معظم الألبان المتخمرة تتعرض لنمط مماثل من الفساد ولذلك فإن اليوجهورت يعتبر بصفة عامة ممثل لهذه المنتجات . وقد ركز الاهتمام على ميكروبات الفساد مثل الخمائر ، لكن من الضروري أيضا تقدير دور ميكروبات البادئ في فساد الجودة الحسية دون ظهور علامات واضحة . تتجاوز أعداد بكتريا البادئ 10^6 /cfu جم أثناء التخزين لفترات طويلة عند 10^6 م أو أقل ، لكن قد تنخفض الأعداد سريعا عند درجة حرارة أعلى . استمرار نشاط بكتريا البادئ بعد عملية التخمير قد يؤثر على فترة صلاحية الناتج نتيجة لزيادة الحموضة ونشاط تحلل البروتين الذي يؤدي إلى مرارة وانفصال الشرش . قد تنشأ المرارة أيضا من موت ميكروبات البادئ نتيجة لانفراد الإنزيمات المحللة للبروتين .

تعتبر الخمائر من أهم الميكروبات المسببة للفساد وعادة تكون مرتبطة بعملية التخمير التي تؤدي إلى إنتاج غاز . من السهل التعرف على هذا الفساد نتيجة انتفاخ العبوات . خمائر مثل *Saccharomyces spp.*, *Kluyveromyces marxianus* تكون أكثر مساهمة في حدوث الفساد التخميري fermentative spoilage واليوجهورت المضاف إليه سكريات عادة يتأثر بهذه الخمائر ، يعتبر بوريه الفاكهة الملوثة نتيجة عمليات التداول غير المناسبة مصدرا رئيسيا للتلوث ، بالرغم من أن اليوجهورت المطعم بالشيكولاتة يكون أيضا أكثر عرضة للفساد بواسطة الخمائر .

الخمائر المؤكسدة oxidative yeasts تكون أيضا ميكروبات فساد هامة في اليوجهورت . يتوقف نمو الخمائر على توفر الأكسجين ، وقد يكون قاصرا على سطح اليوجهورت الملامس للهواء . في مثل هذه الحالات قد تتكون مستعمرات أو طبقة رقيقة (فيلم) من النمو على سطح اليوجهورت . تسمح مواد بعض العبوات مثل poly styrene بدخول كمية كافية من الهواء إلى العبوة لتدعيم نمو الخمائر المؤكسدة في اليوجهورت . في مثل هذه الظروف تكون الخمائر المؤكسدة قريبة من جدار العبوة ، والخمائر المتخمرة في مركز العبوة . وقد تم عزل عدد كبير من الخمائر المؤكسدة من اليوجهورت تشمل الأنواع التالية : *Candida* ، *Rhodotorula* ، *Pichia* ، *Metschnikowia* ، *Debaryomyces* ، *Yarrowia* ، *Trichosporon* ، *Torulaspora* .

نمو الفطريات على سطح اليوجهورت الملامس للهواء يؤدي إلى ظهور طبقة mat أو أزرار buttons مرئية من الميسليوم . وقد تم عزل أنواع كثيرة من الفطريات تشمل *Monilia* ، *Micelia* ، *Aspergillus* ، *Alternaria* ، *Absidia* ، *Rhizous* ، *Pullaria* ، *Penicillium* ، *Mucor* ، *Aspergillus* له أهمية خاصة حيث تشمل الأنواع التي تم عزلها سلالات منتجة للأفلاتوكسين aflatoxin (*A.flavus*) . بالرغم من أن الفطريات عادة تكون على درجة من الأهمية تلي الخمائر ، فإن نمو الفطريات في بعض الأحيان يسبب مشكلة أكثر أهمية في اليوجهورت المخزن لفترات طويلة عند حوالى صفر مئوى قبل تسويقه .

١٠- الجودة الميكروبيولوجية للألبان المتخمرة

تم عادة اختبارات الجودة الميكروبيولوجية للألبان المتخمرة لحماية المستهلك من التعرض لأية مخاطر صحية والتأكد من عدم تعرض المنتج للفساد الميكروبيولوجى خلال فترة الصلاحية المتوقعة ، وكذلك للتأكد من أن مكونات مزارع البادئ موجودة بالنسب الصحيحة ، ويعتبر ذلك على درجة كبيرة من الأهمية في اليوجهورت حيث توجد علاقة تعاونية symbiotic بين الميكروبين في بادئ اليوجهورت . نظريا فإن النسبة المرغوبة من *Lactobacillus* إلى *Streptococcus* هي ١ : ١ في بادئ اليوجهورت ، ونظرا لأن سلاسل

Streptococcus تكون أكثر عرضة للتفكك فإنه يتم تعويض ذلك باستخدام نسبة ١ : ٢,٧ . يمكن تقدير الأعداد نسبيا بواسطة عد المستعمرات ، بيئة التمييز بين هذين النوعين L-S differential medium المتوفرة تجاريا التي تسمح بالترقية بين *Streptococcus, Lactobacillus* على أساس الشكل الظاهري للمستعمرات ، اختزال tetrazolium chloride وتحليل الكازين تكون مناسبة . تحتاج طريقة عد المستعمرات إلى وقت ، لذلك فإن طريقة الفحص المباشر بالميكروسكوب التي تعطى معلومات مباشرة قبل الاستخدام ، أكثر شيوعا .

كما يستخدم عد ميكروبات البادئ في الناتج النهائي كوسيلة لتقويم الطزاجة freshness عند مراكز البيع . يجب أن يحتوي البوجهورت على كل من *Lb.delbrueckii ssp. bulgaricus, Str.thermophilus* بأعداد تزيد عن ١٠^٨ cfu/جم ويعتبر طريقة عد المستعمرات أكثر مناسبة عند هذه المرحلة .

تستخدم بيئة إنتقائية لميكروبات *Bifidobacterium* لتابعة الأعداد في الألبان المتخمرة العلاجية . البيئة المرجعية تحتوي على neomycin ، lithium chloride, nalidixic acid ، paromomycin كمواد إنتقائية selective ، لكن تحضير هذه البيئة يكون صعبا ، وللاستخدام الروتيني يفضل استخدام بيئة بديلة تعتمد على كلوريد الليثيوم lithium chloride وبروبينونات الصوديوم sodium propionate .

اختبار الناتج النهائي لميكروبات غير ميكروبات البادئ عادة يكون قاصرا على تقدير عدد المستعمرات على بيئة آجار مغذى لا تحتوي على كربوهيدريت ، وكذلك عد الخمائر . قد يتم عد الخمائر بطريقة عد المستعمرات ، ويفضل استخدام بيئة إنتقائية ذات pH متعادل مثل Rose bengal-chloramphenicol ager (RBC) . عد الخمائر الموجود عقب الإنتاج مباشرة يكون منخفضا جدا ، وغالبا ما تكون الأعداد المتوقعة عند هذه المرحلة قليلا جدا . الطرق المتخصصة المتضمنة فترة تحضين أولية عند ٢٥ أو ٣٠^oم تستخدم بواسطة بعض المنتجين . طرق عد المستعمرات باستخدام بيئات مثل RBC قد تستخدم أيضا لعد الفطريات ، ولكن تكون غير دقيقة .

وقد اقترح البعض ألا يزيد محتوى اليوجهورت عند تسويقه عن ١٠٠ خلية خميرة حية/مل ، إذا زاد عدد خلايا الخميرة عن ١٠٠٠/مل فإن المنتج يعتبر غير مقبولا . إذا وصل عدد الفطريات إلى ١-١٠ وحدة مكونة للمستعمرة /مل فإن جودة اليوجهورت يكون مشكوكا فيه.

بالرغم من أن المواصفات الميكروبيولوجية للألبان المتخمرة في بعض الأحيان تتضمن *Staph.aureus* ، فإن الفحص لميكروبات مرضية معينة يعتبر غير ضروريا تحت الظروف العادية . تقدير بكتريا القولون coliforms قد يستخدم كطريقة لتقوم تلوث ما بعد المعاملات post-process contamination . موت الميكروبات نتيجة للظروف الحامضية تعني أن التقديرات يجب أن تتم مباشرة بعد التعبئة مع تفسير الناتج بحذر.

عموما تعتبر الألبان المتخمرة آمنة ، ونادرا ما يحدث عنها تسمم غذائى بأنواعه المختلفة . السبب وراء هذه الثقة يرجع إلى مستوى الحموضة في المنتج (حوالى ١ % حامض لاكتيك) . وفي هذه الحالة فإن البكتريا المرضية المحتمل وجودها مثل أنواع السالمونيلا *Salmonella spp.* تكون غير نشطة بدرجة كبيرة ، كما أنه لا توجد سجلات موثقة تؤكد حدوث تسمم غذائى بواسطة *Staphylococcus aureus* .