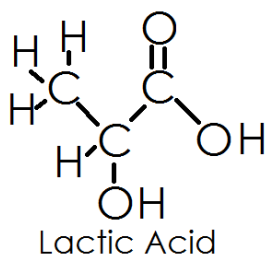


**تخميرات حامض اللبن Lactic Acid Fermentation**

ينتج حامض اللبن في العديد من الاحياء والحيوانات وايضا الانسان اذ ينتج الحامض في العضلات اثناء بذل مجهود كبير.

**خصائص والتفاعلات الكيميائية لحامض اللبن****Properties and chemical reactions of lactic acid**

**1-** حامض اللبن هو حامض عضوي يتكون من ثلاث ذرات كاربون ذرة الكاربون الطرفية هي جزء من حامض او مجموعة كاربوكسيل اما النهاية الطرفية الاخرى فهي جزء الميثايل او مجموعة هايدروكاربون اما ذرة الكاربون المركزية ترتبط بمجموعة الكربون الكحول. يعد حامض اللبن في الماء والمذيبات العضوية غير القابلة للامتاج في الماء ولكنه غير ذائب في المذيبات العضوية الاخرى.



**2-** قابليته للتطاير قليلة. **3-** مميزات التفاعلات المختلفة للكحول والتي يتحول فيها حامض اللبن هي ملح مع ثاني كبريتيد الكاربون والاسترة مع الاحماض العضوية و نزع ذرة هيدروجين dehydrogenation او الاوكسجين oxygenation لتكوين حامض البايروفيك او احد مشتقاته. **4-** التفاعلات الحامضية لحامض اللبن هي تشكيل املاح وتخضع للاسترة مع مختلف الكحولات.

**استعمالات حامض اللبن Uses of lactic acid**

**1-** يستخدم في صناعة الخبز واصلا تخمر حامض اللبن ينتج لاستبدال الترترات tartarates في مسحوق الخبز مع لاكتات الكالسيوم calcium lactate. ولاحقا استخدم لانتاج calcium stearyl 2- lactylate كمضافات للخبز.

**2-** في مجال الطب يستعمل حامض اللبن في بعض الاحيان لتقديم الكالسيوم في الجسم على شكل لاكتات الكالسيوم calcium lactate في مرض نقص الكالسيوم.

- 3-تستخدم استرات حامض اللبن في صناعة الغذاء على شكل مستحلبات.
- 4-يستخدم حامض اللبن في صناعة خبز الجاودار rye bread .
- 5-يستخدم في صناعة البلاستيك.
- 6-يستخدم حامض اللبن كإضافات غذائية لخفض الاس الهيدروجيني وبالتالي اعطاء مذاق مقبول و يستخدم لاعطاء نكهة جيدة ويستخدم كبفر او لتثبيط الفساد البكتيري في تشكيلة واسعة من الاغذية المصنعة.
- 7- يعد من المركبات الامينة بسبب كونه عديم الرائحة وغير متطاير.
- 8-يعد من العوامل الحافظة والمخللة الجيدة وان اضافة المحلول المائي لحامض اللبن إلى الدواجن والأسماك المعلبة يزيد من عمرها التخزيني.
- 9-يستخدم حامض اللبن في التطبيقات الصيدلانية والتجميل مثل تركيبات في المراهم الموضعية والمستحضرات، ومحاليل مكافحة حب الشباب، مغذيات، محاليل وتطبيقات غسيل الكلى بالحقن الوريدي، ومضاد للتسوس.
- 10-بوليمرات قابلة للتحلل ولذلك يمتلك تطبيقات طبية كخيوط في العمليات الجراحية وزرع العظام والمساعدة في التحرر من المخدرات.
- 11- البوليمرات من الأحماض اللبنية هي اللدائن الحرارية القابلة للتحلل وهذه البوليمرات هي شفافة ويمكن التحكم بتحللها من خلال تعديل تركيبها ووزنها الجزيئي وخصائصها تلك مشابه للبلاستيك المشتق من النفط.
- 12-استرات حامض اللبن مثل ethyl/butyl lactate يمكن استخدامها كمذيبات صديقة للبيئة. وتعد هذه مركبات عالية الغليان وغير سامة ومركبات متحللة.

## تخمير حامض اللبن Fermentation for lactic acid

ان تخمر الكربوهيدرات لإنتاج حامض اللبن يعد واحد من العمليات الضرورية وراء علم نوتج الالبان المتخمرة. الاحياء المجهرية التي تنتج حامض اللبن (بكتريا وفطريات) يمكن ان تقلب سكر الحليب اللاكتوز الى حامض اللبن وان وجود هذا الحامض مسؤول عن المذاق الحامض لمنتجات الالبان. وان زيادة الحموضة في المنتجات ايضا يساعد في نمو البكتريا المسببة لفساد تلك المنتجات والبكتريا الممرضة اضافة الى تحويل محتوى الحليب مثلا الحليب الرائب او الحليب الخاثر. وتعد بكتريا حامض اللاكتيك الرئيسية لتخمير الحليب ومنتجات الالبان. والصفات الرئيسية لتلك البكتريا هي موجبة لصبغة كرام وغير متحركة وغير مكونة للسبورات وغير قادرة على انتاج iron-containing porphyrin. وهكذا فهي تفقد انزيمات مثل الكاتليز والسايتكروم. بكتريا حامض اللبن تنمو لاهوائيا ولكن هي بكتريا متحملة لوجود الاوكسجين aerotolerant. وعلى كل حال فهي ذات متطلبات غذائية معقدة وغالبا ما تحتاج احماض امينية محددة وفيتامينات ب كعوامل نمو. ومن المعروف أيضا أن تكون قادرة على استقلاب بروتين الحليب، الكازين، كمصدر للنيتروجين من أجل تلبية متطلباتها من الأحماض الأمينية.

وحاليا يوجد 12 جنس من هذه البكتيريا والتي منها اربعة اجناس تستخدم كبادئات مزرعية في تخمرات الالبان وهي *Leuconostoc*, *Streptococcus*, and *Lactobacillus Lactococcus*, فان مصدر الطاقة الرئيسي هو اللاكتوز (لاكتوز + كالكوتوز) والتي ينقلب الى حامض اللبن ونواتج اخرى عبر طريقين مختلفين تخمر متجانس Homofermentation وتخمر غير متجانس Heterofermentatio

التخمر المتجانس يوجد في (*Lactococcus*, *Streptococcus* and some species of *Lactobacillus*) هو طريق لايبس اللاكتوز والتي يكون فيه منتجات التخمر هي حامض اللبن فقط جزيئة واحدة من اللاكتوز يتحول الى 4 جزيئات من حامض اللبن. ومع ذلك، فإن بعض بكتيريا حمض اللاكتيك المحبة للحرارة العالية تستخدم فقط جزء الكلوكتوز الموجود في اللاكتوز، وهكذا فان تمثيلها الغذائي للمول الواحد من اللاكتوز ينتج فقط جزيئتان من حامض اللبنيك.

التخمر الغير متجانس يوجد في (*Leuconostoc* species and some *Lactobacilli*) هو طريق ايبسي اخر والذي ينتج فيه جزيئتان من حامض اللبن مع جزيئتان من الايثانول و جزيئتان من ثاني اوكسيد الكربون من جزيئة واحدة من سكر اللاكتوز. وان بكتيريا حامض اللبن ذات التخمر غير المتجانس تفقد الانزيم الاساسي في مسار التخمر المتجانس 1,6-diphosphate aldolase fructose- تحت الظروف الطبيعية بعض العصويات اللبنية تحتوي على ذلك الانزيم اذ تخمر اللاكتوز بصورة كاملة الى حامض اللبن. ولكن تحت ظروف الكربوهيدرات المحددة فان تلك البكتيريا تخمر اللاكتوز الى حامض اللبن وحامض الخل والايثانول وحامض الفورميك formic acid .

ميزة أخرى للتمثيل الغذائي في بعض بكتيريا حمض اللاكتيك (التخمر المتجانس في بكتيريا *Lactococcus lactis* والتخمر الغير متجانس في بكتيريا *mesenteroides subsp. cremoris Leuconostoc*) هي قابليتها لتمثيل حامض الليمون والذي يعد من المكونات الثانوية في الحليب ويقرب الى diacetyl وهو الاخر من مركبات النكهة الضرورية في منتجات الالبان المخمرة. ومن الضروري ملاحظة ان تلك البكتيريا لا تستعمل السترات لمصدر للطاقة وتمثل السترات فقط في وجود سكر متخمر مثل اللاكتوز.

## الاحياء المجهرية في الحليب ومنتجات الالبان Microbes in Milk and Dairy Products

يمتلك الحليب مكونات غذائية عالية اذ يحتوي على غزارة من الماء وهو غني بالمعادن والبروتينات بصورة رئيسية الكازئين وزبدة الحليب والسكر وخصوصا اللاكتوز والفيتامينات. وعندما يخرج الحليب من الضرع في الثدييات يكون مادة معقمة ولكن بعد مروره خارجا يلحق بالبكتيريا الطبيعية للحيوان ويمكن ان تنتقل المايكروبات اثناء عملية حلب الحيوانات عن طريق الاواني المستخدمة لهذا الغرض. وبسبب كون الحليب هو وسط زرع جيد فيعد عالي ملائم جدا لنمو الاحياء المجهرية.

عندما يترك الحليب الخام في درجة حرارة الغرفة فان العديد من البكتيريا سوف تخمر اللاكتوز لتنتج حامض اللبن وتعديل مكونات الحليب وتركيبه وهذه العملية ممكن حدوثها طبيعيا او ان تحت لانتاج الجبن واللبن الزبادي. في المراحل الاولى لتخمر الحليب فان اللاكتوز يهاجم من قبل بكتيريا *Streptococcus lactis* and *Lactobacillus* species.

النتائج هي تجمع حامض اللبن وانخفاض درجة الاس الهيدروجيني والتي تسبب في تخثر بروتينات الحليب الى كتلة صلبة تسمى خثارة اللبن. التخثير يسبب انفصال السائل المائي المسمى مصل اللبن الشرش whey على السطح. الخثرة ممكن انتاجها بواسطة الفعل المايكروبي او بواسطة الانزيمات تسمى المنفعة rennin والتي تسبب خثرة الكازئين والذي يعزل من معدة العجول الصغيرة التي تتغذى فقط على حليب امهاتها.

اعتمادا على البادئات الاحيائية المستعملة فان الحليب المتخمّر يمكن ان يقسم الى ما ياتي:

- 1-نواتج تخمر حامض اللبن باستخدام سلالات بكتريا حامض اللبن المحبة للحرارة المتوسطة مثلا الكريمة الحامضة والحليب المخمر الشمالي ومخيض اللبن.
- 2- نواتج تخمر حامض اللبن باستخدام سلالات بكتريا حامض اللبن المحبة للحرارة العالية مثلا الزبادي واللبن البلغاري والحليب المتحمض.
- 3-نواتج نحصل عليها من خلال تخمر اللبن الكحولي المتضمن بكتريا اللبن والخمائر مثلا الكفير الروسي.

## الزبادي Yogurt

الزبادي هو من منتجات الحليب المتخمرة شبه الصلبة والذي نشأ منذ قرون في بلغاريا. وهو يعد من النواتج الحليب المتخمّر الشائع حول العالم وان قوام ونكهة ورائحة اللبن ممكن ان تتباين من منطقة الى اخرى بسبب اختلاف مكونات الحليب اما بحد ذاته او باضافة مواد مثل الفواكه والسكر وعوامل التبلور. من البادئات البكتيرية المستعملة في معظم الالبان المنتجة في شمال امريكا هي مزيج من علاقة تكافلية لبكتريا حامض اللبن المحبة للحرارة العالية

*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* and *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*.

على الرغم من أنها يمكن أن تنمو بشكل مستقل، ولكنها تنمو في الحليب بشكل أفضل عندما تكون موجودة معا مقارنة عند وجودها بشكل مفرد (تعايش تعاوني). العصيات تحسن نمو المكورات من خلال انتاج ببتيدات صغيرة وحوامض امينية وخصوصا الفالين اذ ان الحليب يحتوي كميات قليلة جدا من تلك الاحماض الامينية. من جهة اخرى المكورات تحسن من نمو العصيات من خلال تشكيل حامض الفورميك formic acid من البايروفيك تحت الظروف اللاهوائية مع انتاج سريع لثاني اوكسيد الكربون.

في البداية المكورات تنمو بسرعة بسبب تشكيل عوامل النمو من قبل العصيات وهكذا فهي مسؤولة عن الانخفاض المبدئي للاس الهيدروجيني لما يقارب 5. بعد ذلك العصيات تنمو بسرعة بسبب وجود عوامل النمو (formic acid and CO2) وهكذا فهي مسؤولة عن انخفاض اخر للاس الهيدروجيني ليصل الى 4. بسبب التحفيز المتبادل خلال النمو المشترك لبكتيريا الزبادي في الحليب، يتم إنتاج حمض اللبنيك أسرع بكثير مما كان متوقعا على أساس إنتاج حامض اللبن من قبل السلالات البكتريا المفردة لوحدها.

في خطوات عملية تصنيع اللبن فان نسبة تلقيح البكتريا المستخدمة هو حوالي 2.5 ووقت التحضين هو ساعتان ونصف ودرجة الحرارة 45 °C والحموضة النهائية هي بحدود 90-100 مليمول باللتر (pH-4.2).

لغرض الحصول على جودة لبن مناسبة فان نسبة كتلة كلا النوعين من البكتريا والموجودة تحت تلك الظروف هي بحدود 1:1.

المكورات والعصيات تشكل مركبات تساهم بشكل كبير في نكهة اللبن وتركيب وقوام اللبن ايضا. المركبات الرئيسية المعنية هي على النحو التالي:

- حامض اللبن lactic acid : كل نوعي البكتريا تنتج حامض اللبن من الكلوز. ومعظم الكلوز يتايض من خلال مسار التخمر المتجانس. وهذا الحامض سوف يعمل على خفض درجة الاس الهيدروجيني في الالبان والتي لا حقا تؤدي الى تخثر قوام الزبادي خلال التخمر.
- الاستلديهايد Acetaldehyde: هذا المركب هو ضروري لخاصية مميزة لرائحة اللبن ومعظم الاستلديهايد يشكل بواسطة بكتريا lactobacilli.
- متعدد السكريات Polysaccharide: بكتريا الالبان تشكل طبقة شعرية من الكنان السكري glyocalyx والذي يتألف بالغالب من سلسلة متعدد السكريد تتألف من الكالكوتوز وسكريات اخرى. وهذه ممكن ان تفرز الى السائل الخارج خلوي وهكذا تسمى exopolysaccharides. وهذا المتعدد الببتيد يلعب دور ضروري في قوام الزبادي.

## صناعة الزبادي Yogurt Manufacture

### معالجة الحليب

الزبادي يمكن ان يصنع من skim اي الحليب المنزوع من الدهن او من الحليب الكامل. وكما هو الحال بالنسبة لجميع منتجات الألبان، ولكن خصوصا للزبادي، فمن المهم استخدام الحليب ذات النوعية الجيدة، والخالية من المضادات الحيوية والمواد المثبطة الأخرى. الخطوة الاولى تتضمن اضافة الحليب الجاف غير الدهني للحليب لزيادة الصلابة الكلية 12-13% وبعض الاحيان تصل الى 15%. وبدلا من ذلك فان مجموع صلابة الحليب يمكن ان تزداد بواسطة تركيز الحليب عن طريق التبخر. واستنادا لمنظمة الغذاء والادوية الامريكية فان الزبادي يجب ان يصنع باستعمال الحليب المبستر. وعلى كمال حال فان معظم خليط الزبادي يتعرض لحرارة عالية اعلى من تلك المتوفرة للبسترة. وهكذا فبدلا من بسترة الحليب على درجة 71.7°C لمدة 15 ثانية فان المزيج يسخن بين 85-88 لمدة اكثر من 30 دقيقة. التسخين يتم بطريقة الدفعة batch mode مثلا في احواض ولكن التسخين المستمر في الاطباق او الصفائح و التسخين في انابيب المبادلات الحرارية تعد اكثر هي اكثر شيوعا الان. المعالجة بالحرارة العالية ليس فقط يرضي جميع الأسباب العادية للبسترة (يقتل الممرضات والكائنات المسببة للفساد والانزيمات غير الفعالة) ولكن تلك ظروف التسخين القوية ايضا تنجز وظيفتين اضافيتين. اولاً هي ان البكتريا المقاومة للحرارة وسبوراتها سوف تقتل لجعل الخليط ضروريا خالي من الكائنات الحية المجهرية المتنافسة. وثانيا بروتينات الشرش الرئيسية lactalbumin and lactoglobulin سوف تحطم 100% على حرارة البسترة العالية. وتلك البروتينات

توجد بشكل كروي في حالتها الطبيعية ولكن عندما تخرب فان بقايا الحامض الاميني سوف يكون مكشوفاً وقابليتها للارتباط بالماء من خلال الرابطة الهيدروجينية سوف يحسن. بروتينات مصل اللبن المشوه تزيد من استقرار هلام الحليب.

## قوام ونكهة الزبادي Yogurt Flavor and Texture

معظم نكهة الزبادي هي الحموضة بسبب حامض اللبن الذي ينتج من قبل الباديء وان معظم الزبادي يحتوي بين % 0.8-1 حامض اللبن وتكون درجة الاس الهيدروجيني له تحت 4.6 . في غياب نكهة التحلية او النكهات المضافة فان معظم المستهلكين يحددون الحموضة عندما يكون درجة الاس الهيدروجيني تحت ال5 .

الاحماض العضوية الاخرى مثل الفورمك اسد وحامض الخل ممكن ايضا تنتج من قبل الباديء ولكن اقل بالتركيز وعموما لها اسهامات متواضعة في نكهة اللبن. وهناك ايضا نواتج ايزوية اخرى تنتج من قبل الباديء والتي تتجمع في اللبن وتساهم بشكل فعال في تطور نكهة اللبن ومن اهمها هو الاستلديهايد وهو الالديهايد ثنائي الكربون. ان معدل وكمية الاستلديهايد المنتجة تعتمد على السلالة المستعملة وظروف النمو. ومن المحتمل لتشكيل الاستلديهايد من البايروفيت ( والذي يتكون من ايض الكلوز).

البايروفيت اما ان تزال منه ذرة كربون decarboxylation ليتشكل الاستلديهايد مباشرة او ينقلب اولا الى استايل كو انزيم اي ومن ثم يتأكسد الى الاستلديهايد . واخيرا داي استايل والاسيتون تنتج ايضا من قبل بادئات اللبن وغالبا ما توجد في تركيز اقل من عتبة الطعم النموذجية.