الحليب الطازج الخام ليس وسطاً معقماً، بل هو بيئة مثالية لنمو الأحياء الدقيقة فهو يحتوي على تنوع ميكروبي كبير يشمل البكتيريا والخمائر والفطور والفيروسات وذلك لوجود عناصر غذائية غنية ورطوبة ودرجة حموضة قريبة من التعادل.

***أنواع الأحياء الدقيقة في الحليب:**

١- الجراثيم

٢- الفيروسات

٣- الخمائر والفطريات(الأعفان)

رابعاً: الجراثيـــــــم

*** المجاميع الجرثومية المتواجدة في الحليب:**

- الجراثيم قارية الحرارة Psychrotrophs:

Pseudomonas, Enterobacter, Flavobacterium, Klebsiella

- الجراثيم المقاومة للحرارة:

Micrococcus, Microbacterium, Alcaligens

- الجراثيم سلبية الغرام:

Enterococcus, coliform

- الجراثيم المتبوغة:

Bacillus, Clostridium

- الجراثيم الممرضة:

Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Tuberculosis

- الجراثيم اللبنية والجراثيم المفيدة.

التغيرات التي تحدثها الأحياء الدقيقة في الحليب:

- إنتاج الحموضة (Lactococcus, *Lactobacillus, Leuconostoc*) ،
- إنتاج الغاز (*Leuconostoc, Clostridium, E. Coli*) ،
- إنتاج اللزوجة (*Viscolactis, Lactococcus cremoris*)،
- التحلل البروتيني (*Bacillus, Pseudomonas, Streptococcus*) ،
- تحلل الدهن (*Pseudomonas, Canidia lipolytica*).

تعريف الجراثيم اللبنية: Lactic Acid Bacteria (LAB)

مجموعة من الأحياء الدقيقة المتغايرة من الناحية الشكلية والفيزيولوجية والتي تتصف بقدرتها على إنتاج كمية كبيرة من حمض اللبن وهي عبارة عن:

- خلايا حية *خلايا من أوليات النواة.
- خلايا غيرية التغذية. *خلايا ذات تغذية كيميائية عضوية.

صفاتها العامة

- إيجابية الغرام، سلبية الكاتالاز والأوكسيداز والسايتوكروم أوكسيداز.
- غير متحركة، غير متبوغة، غير محبة للأوساط الهوائية.
- تحول الغلوكوز إلى حمض لبن فقط أو حمض لبن ومركبات أخرى.
- سلبية لأنزيم نيترات ريدوكتاز (الأنزيم المرجع للنترات)
- G+C في ال DNA< ٥٥%.

أهمية الجراثيم اللبنية

أ. **في التخمر وحفظ الأغذية:** تُنتج حمض اللبن الذي يخفض **pH** فيثبط الجراثيم المفسدة والممرضة، ويُطيل العمر التخزيني، ويمنح المنتج خصائصه المميزة.

ب. الحفظ الحيوي (البيولوجي): تُنتج أحماضاً عضوية، وفوق أكسيد الهيدروجين، وثنائي الأسيتيل، وحمض الفينيل لاكتيك، وبكتيريوسينات (مثل النيسين) التي تثبط الجراثيم الضارة.

ج. الفوائد الصحية (البروبيوتيك): بعض سلالات Lactobacillusو Bifidobacterium تتحمل حموضة المعدة والأملاح الصفراوية، وتستوطن الأمعاء، وتنافس الجراثيم الممرضة.

د. الأهمية الصناعية: تُستخدم كبادئات (Starters) في صناعة الألبان المتخمرة والأجبان والزبدة، وهي العمود الفقري للتقانات اللبنية.

هـ. تكوين النكهة والقوام: إنتاج مركبات عطرية (أسيتالديهيد، ثنائي الأسيتيل) وتغيير بنية البروتين (الخثرة).

تصنيف جراثيم الحليب الخام:

يمكن تصنيف جراثيم الحليب الخام وفق عدة معايير عملية:

أ. بحسب الأثر على الحليب ومنتجاته:

- جراثيم نافعة (مرغوبة): الجراثيم اللبنية (LAB)، وتشمل أجناساً عدة تُستخدم في التخمر.
- جراثيم ضارة (مفسدة): مثل Pseudomonas (محللة للدهون والبروتين)، Bacillus وClostridium (مكوّنة أبواغ ومقاومة للحرارة).
- جراثيم ممرضة: مثل Listeria monocytogenes، Salmonella، E. coli، Campylobacter.

ب. بحسب العلاقة بالأكسجين: هوائية، لاهوائية، لاهوائية اختيارية.

ج. بحسب تحمل الحرارة: محبة للحرارة، متحملة للحرارة، محبة للبرودة

د. بحسب نواتج تخمر الغلوكوز (للجراثيم اللبنية): متماثلة التخمر ومتباينة التخمر

هـ. شكل الخلية: مكورات أو عصيات

ما هو التخمر المتماثل (المتجانس) والتخمر غير المتماثل (غير المتجانس)

✓ الفرق الجوهري بين التخمر المتماثل والتخمر غير المتماثل باختصار:

نواتج التخمر:

التخمر المتماثل يحول تقريباً كل الغلوكوز إلى حمض لبني فقط بنسبة >٩٠%؛ بينما التخمر غير المتماثل يحول الغلوكوز إلى حمض لبني بنسبة ~٥٠%، وثاني أكسيد الكربون، وإيثانول أو حمض خليك، لكنه يحصل على طاقة أقل.

المحصول الطاقي (**ATP**)

·التخمر المتماثل: كل ١ مول غلوكوز ينتج ٢ مول ATP، مرتفع والكفاءة عالية.

· التخمر غير المتماثل: كل ١ مول غلوكوز ينتج ١ مول ATPفقط، ولهذا السبب تنمو البكتيريا غير المتماثلة ببطء نسبياً على الغلوكوز كمصدر وحيد للكربون.

تُصنف بكتيريا حمض اللاكتيك إلى ثلاث فئات:

١. متماثلة التخمر إجبارياً : تمتلك إنزيم Aldolase، وتفتقر إلى فوسفوكيتولاز، ويمكنها فقط القيام بالتخمر المتماثل. مثل: Pediococcus،Lactococcus.

٢. غير متماثلة التخمر إجبارياً: تفتقر إلى Aldolase، وتمتلك فوسفوكيتولاز، وتقوم فقط بالتخمر غير المتماثل. مثل: Leuconostoc، Oenococcus .

٣. غير متماثلة التخمر اختيارياً: تمتلك كلا النظامين الإنزيميين. مثل: L. casei،

L. plantarum.

	المكورات			العصيات	
أسم الجنس حسب التصنيف القديم	*Streptococcus*	*Pediococcus*	*Leuconostoc*	*Lactobacillus*	*Bifidobacterium*
أسم الجنس حسب التصنيف الجديد	*Lactococcus* *Enterococcus* *Vagococcus* *Streptococcus*	*Aerococcus* *Tetragenococcus* *Pediococcus*	*Leuconostoc* *Oenococcus* *Weissella*	*Lactobacillus* *Carnobacterium* *Weissella* *Atopobium*	*Bifidobacterium*
الشكل	بيضوية، مزدوجة أو سلاسل	كروية من أربع خلايا	عدسية بسلاسل مزدوجة	منتظمة. مفردة، مزدوجة أو سلاسل	غير منتظمة
نوع التخمر	متجانس	متجانس	غير متجانس	متجانس أو غير متجانس	متجانس
نوع حمض اللبن المنتج	L	L أو DL	D	D أو DL	L
الحرارة	حرارة منخفضة أو عالية	منخفضة	منخفضة	حرارة منخفضة أو عالية	

جدول يبين تصنيف الجراثيم اللبنية بالاعتماد على الصفات الشكلية وخصائص التخمر والنمو

المكورات

١. جنس المكورات اللبنية *Lactococcus* genus

صفاتها: - مكورات إيجابية الغرام سلبية الكاتالاز،

- تخمر متجانس ينتج عنه حمض اللبن +L - الحرارة المثلى للنمو ٣٠ درجة مئوية
- لا تنمو عند درجة حرارة ٤٥ درجة مئوية - تنمو عند درجة حرارة ١٠ درجة مئوية
- لا تنمو عندما يكون تركيز Nacl ٦,٥% - لا تنمو عند pH ٩,٦.

أهمية المكورات اللبنية في الصناعات الغذائية:

- تشكل النبيت الجرثومي الأساسي في الأجبان - جراثيم غير ممرضة
- مكون أساسي من مكونات البادئات أليفة الحرارة المعتدلة
- بعض الأنواع منتج للنكهة
- بعض العترات تنتج المضاد الجرثومي ,Nisin وبعضها تنتج الماء الأوكسيجيني.

٢. جنس المكورات العقدية *Streptococcus* genus

صفاتها: - مكورات ايجابية الغرام سلبية الكاتالاز

– تخمر متجانس - التحلل الدموي ألفا أو بيتا

تصنيف جنس المكورات العقدية

– المكورات العقدية القيحية: تحلل دموي ألفا وبيتا، ممرضة للإنسان والحيوان.

– المكورات العقدية الفموية: تحلل دموي ألفا، أصابات الفم والجهاز التنفسي.

– المكورات العقدية البرازية أو المكورات المعوية Enterococcus: جراثيم انتهازية.

– المكورات العقدية اللبنية أو المكورات اللبنية: تحلل دموي ضعيف، غير ممرضة.

– المكورات العقدية اللاهوائية: غير محللة للدم، ليس لها تصنيف مصلي.

– أنواع أخرى من المكورات العقدية: لا تحلل الدم، ليس لها تصنيف مصلي،

Streptococcus thermophilus

المكورات العقدية أليفة الحرارة *Streptococcus thermophilus*

* مكورات في سلاسل ذات تخمر متماثل، محبة للحرارة (الحرارة الأمثل للنمو ٤٠–٤٥°م)

* تعتبر هذه البكتيريا ثاني **أهم بكتيريا بادئة** في صناعة الألبان عالمياً بعد Lactococcus lactis حيث تعد عنصر أساسي في بادئ الزبادي مع (L.bulgaricus) وفي الأجبان المحبة للحرارة (السويسري، الموزاريلا، والبارميزان)، حيث يُنتج الأسيتالديهيد (نكهة الزبادي).

* لها **فوائد صحية** في تخفيف عدم تحمل اللاكتوز حيث تنتج أنزيم بيتا–جالاكتوزيديز الذي يفكك سكر اللاكتوز بالأمعاء الدقيقة مما يقلل النفخة والغازات والاضطرابات الهضمية ممن لديهم عوز أنزيم اللاكتاز.

٣. جنس المكورات المعوية *Enterococcus* genus

صفاتها: مكورات إيجابية الغرام سلبية الكاتالاز

- تخمر متجانس ينتج عنه حمض اللبن +L
- تنمو عند درجة حرارة ٤٥ درجة مئوية
- تنمو عندما يكون تركيز Nacl ٦,٥%
- الحرارة المثلى للنمو ٤٢ درجة مئوية
- تنمو عند درجة حرارة ١٠ درجة مئوية
- تنمو عند pH ٩,٦.

أهمية المكورات المعوية في الصناعات الغذائية:

- جراثيم ممرضة للإنسان بالمشاركة مع جراثيم أخرى.
- تحسن الطعم في الأجبان.
- لم تستخدم في البادئات لعدم تمتعها بالأمان الكامل.
- بعض الأنواع منتج للنكهة في بعض الأجبان التقليدية.
- تستخدم في عملية إنتاج السيلاج.
- وجود المكورات المعوية يشير إلى:
  - تلوث برازي مباشر أو غير مباشر.
  - تطبيق سيء للمعايير الصحية.

٣. جنس اللوكونوستوك *Leuconostoc* genus

صفاتها: - مكورات إيجابية الغرام، حلقية أو عدسية في سلاسل، سلبية الكاتالاز

- تخمر غير متجانس ينتج عنه حمض اللبن ,Co2 والايثانول
- الحرارة المثلى للنمو ٢٥-٣٠ درجة مئوية
- لا تنمو عند درجة حرارة ٤٥ درجة مئوية

- تنمو عند درجة حرارة ١٠ درجة مئوية

أهمية اللوكونوستوك في الصناعات الغذائية:

- تتواجد في الحليب الخام أو المبستر
- مكون أساسي من مكونات البادئات أليفة الحرارة المعتدلة لصناعة الزبدة والكريما
- هذا الجنس منتج للنكهة خاصة مركب ثنائي الأسيتيل
- تشكل النبيت الجرثومي الأساسي في الأجبان الطرية خاصة جبن الروكفورت حيث تتشكل الثقوب فيها عن طريق انتاج CO_2

٣. جنس البيديوكوكس *Pediococcus* genus

صفاتها: - بكتيريا كروية تظهر في ثنائيات أو رباعيات

- بكتيريا لاهوائية اختيارية
- تتحمل بشكل فائق البيئات عالية الحموضة والمرتفعة الملوحة
- بكتيريا آمنة تماماً للاستهلاك البشري (GRAS).

أهمية البيديوكوكس في الصناعات الغذائية:

- **تعتيق الأجبان:** تسهم في نضج الأجبان الصلبة (كالشيدر) عبر تفكيك البروتينات وتطوير النكهة والقوام أثناء التخزين الطويل.
- **تحسين قوام الزبادي:** تفرز سكريات طبيعية تعمل كمثبتات قوام وتمنح الألبان ملمساً كريمياً وتمنع انفصال الماء أو المصل.

لها دور في تعزيز الصحة (بروبيوتيك):
تُضاف كبكتيريا نافعة لمقاومتها حموضة المعدة، مما يدعم صحة الأمعاء والمناعة