الباب الرابع

الأحياء الدقيقة في الحليب ومنتجاته

Microbiology of milk and its products

عند فحص عينة من الحليب الخام نجد أنها تحتوي على العديد من الكائنات الحية الدقيقة والتي تصل إلى الحليب من مصادر عديدة تبدأ من داخل الضرع وجلد الحيوان ثم الأوعية والأدوات المختلفة التي تستخدم في عمليات نقل وتداول الحليب. ويعتبر الحليب من أنسب البيئات لنمو وتكاثر هذه الميكروبات مما قد يسبب الكثير من المشاكل سواء في الحليب الخام أو بعد تصنيعه(جدول16).

جدول(16) يوضح التركيب الكيماوي للحليب البقري

المركب	النسبة المئوية
الماء	87
البروتين	3 و4
كازين	2 و7
البيومين وجلبيولين	0 و7
الدهن	3 و8
سكر الحليب (اللاكتوز)	4 و7
المعادن	0 و8
الفيتامينات ومواد أخرى	0 و3

مصادر تلوث الحليب الخام

يصل الحليب من الغدد اللبنية إلى ضرع الحيوان السليم وهو بحالة معقمة أي خال من الميكروبات لكن بعد خروجه يتعرض للتلوث من مصادر كثيرة, فهناك بعض البكتريا تعيش لفترة قصيرة في حلمة الثدي وتأتي من البيئة الخارجية مثل *Escherichia, Bacillus, Lactobacillus, Micrococcus* وغيرها. ولهذا أول دفعة من الحليب تحتوى على مئات من هذه البكتريا في المليلتر الواحد وهذه الكمية عادة لا تستعمل. لكن المصادر الأولية لتلوث الحليب هي:

1- الحيوان

هناك كثير من مسببات الأمراض في الماشية تنتقل إلى الحليب إذا مرض بها ومن الحليب إلى الإنسان مثل بكتريا السل *Mycobacterium tuberculosis* التي تسبب مرض السل في كل من الحيوان والإنسان وبكتريا *Brucella abortus* التي تسبب الإجهاض المعدي في الأبقار وتسبب الحمى المتموجة للإنسان والبكتريا العنقودية أو السبحية *staphyl & streptococci* Pyogenic التي تصيب ضرع الحيوان تنتقل إلى الحليب ثم إلى الإنسان. والركتسيا *Coxiella burnetti* التي تسبب حمى كيو Q fever تنتقل إلى الحليب وتسبب الحمى للإنسان ولهذا كله يجب أن تكون هناك رقابة شديدة على الماشية و إبعاد المريض منها عن القطيع وعدم استعمال حليبها كما أن جلد وشعر وحوافر الحيوان تكون مصدراً لتلوث الحليب خاصة بالبكتريا الكروية *Micrococci* ولذا يجب الاعتناء بنظافة الحيوان وغسيل الضرع قبل الحلب.

2- الجلابون

يجب أن يكونوا أصحاء فالمرضى منهم ينقلون مسببات الأمراض للحليب مثل بكتريا التيفود *Salmonella typhi* وبكتريا الدوسنتاريا *Shigella dysenteriae* وبكتريا الحمى القرمزية Scarlet fever هو *Streptococcus pyogenes* وبكتريا التسمم الغذائي *Staphy. aureus* وغيرها.

3- أدوات الحلب:

وهي أهم مصدر لتلوث الحليب الخام ولذا يجب غسلها جيداً وتطهيرها قبل الحلب وبعد الحلب مباشرة لأن بقايا الحليب فيها يصبح وسطاً ملائماً لنمو الميكروبات وتتم عملية الغسيل بالماء الساخن ومواد مطهرة مثل الكلور و الأمونيا وبعد المحلول المطهر تغسل بالماء الساخن ثم تعرض للبخار(200 °ف) خمس دقائق ثم لماء ساخن(170°ف) لمدة دقيقتين ثم لهواء ساخن(180°ف) لمدة عشرين دقيقة. والحلب باليد يفضل على الحلب بالآلة لسهولة تنظيف اليدين عن الآلة ويفضل استعمال أدوات حلب ضيقة الفوهة لتقليل التلوث, والميكروبات التي يتلوث بها الحليب من الأواني هي *Stroptococci, Micrococci*

4- مصادر أخرى للتلوث:

وهي العلف وأرضية الحظيرة والهواء والغبار والحشرات ولهذا يجب أن تكون أرضية الحظيرة من الأسمنت ودائما تنظف وتغسل جيداً, ويجب أثناء الحلب منع الكنس أو نقل المواد من الى داخل الحظيرة ومنع إعطاء الأعلاف نتيجة لهذه المصادر تصل للحليب البكتريا والأعفان والخمائر بعضها ممرض وبعضها تسبب فساد الحليب والمنتجات التي تصنع منه.

مجاميع الميكروبات الملوثة للحليب الخام

تصل أنواع مختلفة من الميكروبات إلى الحليب الخام من المصادر المذكورة سابقاً وأهم هذه الميكروبات هي:

1- مجموعة بكتريا حمض اللاكتيك Lactic acid bacteria

توجد هذه البكتريا بكثرة في الحليب الخام خاصة *Lactobacilli, Streptococcus lactis* الذي يلوث الحليب من أواني الحلب القذرة ومن العلف ومن فضلات الحيوان.

2- بكتريا القولون Coliforms

تصل للحليب من الأواني والروث والماء الملوث والتربة والنباتات.

3- البكتريا الكروية المسماة Micrococci

توجد طبيعياً على ضرع الماشية ولهذا توجد دائماً في الحليب الخام, كما قد تلوث الحليب من الأواني القذرة, وهي تتكاثر ببطء في الحليب ولهذا يكون عددها قليلاً.

4- بكتريا هوائية محللة البروتين مثل Proteolytic aerobes

يتلوث الحليب ببكتريا تحلل البروتين مثل *Pseudomonas*, *Bacillus* التي تلوث الحليب من الغبار والماء لكن نشاطها يتوقف بزيادة الحموضة.

5- بكتريا لا هوائية Anaerobes

التربة والروث مصدر لتلوث الحليب بجراثيم البكتريا اللاهوائية مثل *Clostridium* .

6- **الأعفان والخمائر** Molds and yeasts

العلف والتربة مصدر لتلوث الحليب بالأعفان والخمائر لكن نموها يكون بطيئاً في الحليب. أعداد هذه الميكروبات في الحليب الخام تعتمد على طبيعية التلوث ونوعه وعلى مدة حفظ الحليب الخام ودرجة حرارة الحفظ.

التغيرات التي تحدثها الميكروبات في الحليب الخام

تتغير صفات الحليب نتيجة نمو الميكروبات به وأهم التغيرات هي:

1- حموضة قليلة Low acidity

تنمو البكتريا الكروية المسماة *Micrococci* وتكون حموضة قليلة لا تؤدي إلى تجبن الحليب (أي ترسيب الكازين) وهذه البكتريا مصدرها ضرع الحيوان والأواني القذرة.

2- تجبن حامضي Acid curdling

نمو ونشاط *Str. lactis* تخمر كمية كبيرة من سكر اللاكتوز وينتج عن هذا التخمر كمية كبيرة من حمض اللاكتيك فتزداد حموضة الحليب ويتغير الـ pH من 6.8 إلى 4.5 فيحدث ترسب الكازين يتجبن الحليب وتكون الخثرة صلبة ولا تتكون الغازات ولا يحدث تحلل للبروتين وتصل هذه البكتريا للحليب من العلف والأواني , وهناك أنواع أخرى تسبب التجبن نفسه مثل *Str. Cremoris , Lact. casei, Str. thermophilus, Lact. bulgaricus, Lact. acidophilus* حيث يكون النشاط في بادئ الأمر للبكتريا السبحية إلى أن تصل الحموضة إلى 1٪ ثم تنشط البكتريا العصوية التي تتحمل حموضة 2 إلى 3٪ , في حالة التجبن الحامضي ينفصل سائل رائق يسمى الشرش والذي يحتوي على بروتينيات الحليب التي لم تترسب وهي الالبيومين والجلوبيولين ويطلق عليها اسم بروتينيات الشر ش وهذه البروتينيات لا تترسب بالحموضة ولا بأنزيم الرينين لكنها تترسب بالحرارة , ولقد استغل هذا الشر ش في السنين الأخيرة لتنمية الميكروبات لإنتاج بروتين العلف الحيواني

3- التجبن الحلو Sweet curdling

يحدث نتيجة إفراز بعض البكتريا أنزيم يشبه الرينين فيرسب الكازين وعادة يهضم هذا التجبن من البكتريا المحللة للبروتين وتتراكم نواتج هذه العملية ويصبح الحليب قلوياً ومرا , والبكتريا التي تسبب هذا التجبن هي بصورة رئيسة البكتريا الهوائية المكونة للجراثيم مثل *Bacillus subtilis Bacillus cereus* وأنواع من الـ *Pseudomonas* مثل *Ps. Viscose, Ps. putrefaciens* والبكتريا السبحية *Str. faecalis, var. liquefaciens* والتجبن الحلو رخو ليس كالتجبن الحامضي ويختلفان عن بعضهما فيما يلي:

1. التجبن الحامضي يحدث نتيجة تخمر وتكوين حامض أما التجبن الحلو فنتيجة عملية إنزيمية.
2. في التجبن الحمضي يحدث انخفاض في الـ pH أما في التجبن الحلو فلا يحدث هذا التغير بل قد يحدث ارتفاع في الـ pH نتيجة هضم هذا التجبن.
3. الشر ش المتكون في التجبن الحامضي يكون لونه رائقاً وبلا رائحة بينما التجبن الحلو يكون ذا رائحة عفنة.

4- إنتاج الغازات Gas formation

نتيجة نمو بكتريا القولون يتخمر اللاكتوز وتنتج غازات ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين والبكتريا المكونة للجراثيم *Cl. butyricum* تنتج كمية هائلة من ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين

والخمائر *Torulopsis sphaerica, Candida pseudotropicalis* أيضاً تكون غازات كثيرة في الحليب.

5- تحلل الدهون Lipolysis

بعض الميكروبات تنتج أنزيم الليبيز الذي يحلل الدهن إلى أحماض دهنية وجليسرول وبعض هذه الأحماض طيارة وذات طعم ورائحة حادة بحيث تجعل الحليب ذا طعم زنخ وأمثال هذه الميكروبات البكتريا *Achr. lipolyticum, Ps. fluorescens, Ps. fragi* والخمائر مثل *Candida liplytica* والأعفان مثل *Pen. camemberts and Pen. roquefortei* واستغلت هذه الظاهرة لإنضاج بعض الأجبان وذلك بتنمية أعفان عليها مثل جبن الريكوفرد وجبن الكامبرت.

6- تحلل البروتين Proteolysis

تنمو بعض البكتيريا و الأعفان وتنتج أنزيم الكازينيز فتحلل بروتين الحليب وتعطي مواد ذا رائحة عفنة وطعم مر وتزيد من قلوية الحليب وأهم الأجناس التي تقوم بهذا التحلل هي *Proteus , Bacillus Pseudomonas, Clostridium,*. وكذلك بعض البكتريا السبحية مثل *Str. faecalis var liquefaciens* والأعفان مثل الكامبرت.

7- إنتاج المواد اللزجة في الحليب:

أثناء نمو بعض الأحياء الدقيقة في الحليب يحدث تغير في قوام الحليب بحيث يصبح لزج القوام وذلك بسبب إنتاج مواد لزجة (capsular gammy) ومكونات الحليب تساعد على تكوين المواد اللزجة الصمغية لذلك يستخدم الحليب لتنمية البكتريا التي يراد تكوين حافظات.ويتحول الحليب إلى حليب خيطي لزج والبكتريا المسئولة عن ذلك بكتريا.

8- طعم ونكهة غير طبيعين Abnormal flavors and odors

يحدث تغير في الطعم ونكهة الحليب بسبب تراكم المواد التي تنشأ عن نمو وتكاثر الميكروبات وأهمها:

أ- طعم مر نتيجة نشاط البكتريا المحللة للبروتين مثل *Bacillus subtilis* .

ب- نكهة الشعير المطبوخ أو الكراميل نتيجة نشاط بكتريا *Str lactis var maltigenes*

ج- طعم ورائحة السمك نتيجة نمو بكتريا *Pseudomonas icthyosmia* .

د- طعم الخميرة نتيجة نمو الخمائر.

هـ- رائحة الأرض المرشوشة نتيجة نمو *Actinomycetes*

و- كما يكتسب الحليب بعض الطعوم والروائح التي تجعله غير مقبول من المستهلك.

9- تغير لون الحليب:

تفرز بعض الأحياء الدقيقة صبغات في الحليب تؤدي إلى تغير لون ولهذا أطلقت تسميات مختلفة على الحليب تبعا للصبغات المتكونة فيه:

1- الحليب الأزرق بسبب نمو بكتريا *Pseudomonas pyocyonea* .

2- الحليب الأخضر المصفر نتيجة نمو بكتريا *Pseudomonas fluorescens*.

3- الحليب الأصفر تتلون طبقة الدهن باللون الأصفر نتيجة نمو بكتريا *F lavobaterium* وبكتريا *Pseudomonas synxantha*.

4- الحليب الأحمر نتيجة نمو بكتريا *Micrococceus roseus*, *Serratia marcescens* *Brevibacterium erythrogones* كما أن بعض الخمائر تكون مستعمرات وردية أو حمراء على الحليب مثل *Torula glutinis* .وقد يكسب الحليب ألوانا أخرى نتيجة نمو بعض الأعفان عليه مثل *Rhizopus Penicillium, Aspergillus*

من الجدول التالي يتضح أن الميكروبات تدخل في صناعة الزبد والأجبان وتسيطر بكتريا حمض اللاكتيك كفلورا مرغوبة كما يتضح من الجدول أن العديد من منتجات الألبان تحفظ بالتخمر المؤدي إلى إنتاج حامض اللاكتيك وأمثلة هذه الأغذية هي المخيض والحليب البلغاري والزبادي والحليب الحامضي والفلورا المفضلة هي بكتريا حمض اللاكتيك (جدول16،17).

جدول (16) يوضح كيفية استخدام التخمير كطريقة للحفظ

نوع المنتج	الفلورا	الحموضة كحامض لاكتيك ٪
مخيض الحليب المزروع	*Str. cremoris, Str. lactis*	0.90 – 0.7
الحليب البلغاري	*L. bulgaricus*	4.0 – 2.0
اللبن الزبادي (يوجهورت)	*Str. thermophilus*	0.90 – 0.85
الحليب المائل للحامضية	*L. acidophilus*	1.5 – 1.0

جدول (17) يوضح الأحياء الدقيقة المستعملة في منتجات الألبان

المنتج	الفلورا الدقيقة
الزبدة- مخيض الحليب- القشدة الحامضية	*Streptococcu s cremoris & Str . lactis Leuc dextranicum* لإنتاج الحامض للنكهة والرائحة
جبن الحلوم- جبن الكوتاج –جبن القشدة- جبن الشيدر- ويستخدم مزارع مختلطة من بكتيريا حمض اللاكتيك	*Str thermophilus, Lact bulgaricus*
الجبن السويسري	*Lact. lactis, Lact. Helveticus*
الجبن الأزرق وجبن الريكفورت	
جبن كاممبرت	*Penicillium camemberti*
جبن ليمبرجر (خمائر وبكتيريا كروية)	*Brevibacterium linene .*

وإذا لم تسد بكتريا حمض اللاكتيك المناسبة أو لم يحفظ بالحموضة المناسبة فقد يحدث فساد الأجبان. ويحدث هذا التأثير غير المرغوب فيه خلال التخمير أو التعتيق أو في الجبن المنتهي كما يوضح الجدول التالي, قد تكون النتيجة غازية مع ثقوب غير مطلوبة أو نكهة كريهة أو لزوجة أو مرارة أو تفسخ أو نمو فطريات منتجة للتوكسين على السطح.(جدول 18).

جدول (18) يوضح كيفية حدوث الفساد للجبن

مرحلة الإنتاج	الفلورا	نمط الفساد
أثناء التخمير	بكتريا القولون, الخمائر المخمرة للاكتوز *Clostriodium, Bacillus, Leuconostoc, Pseudomonas*	ثقوب في الخثرة لاذعة ثقوب ونكهة مرة لزوجة, نكهة, لاذعة, غاز, مرارة, تفتح
أثناء النضج	*Clostridium* مخمرة للاكتوز بكتريا حمض البروبيونيك بكتيريا حمض اللاكتيك االمتباينة.كتريا القولون للاستهلاك.تباينة.	
الجبن الجاهز للاستهلاك .	*Geotrichum lactis* *Cladosporium* *Penicillium* الخميرة الغشائية	نمو سطحي للأعفان والخمائر

أسئلة

أجب عن الأسئلة التالية:

1- ما هي مصادر تلوث اللحوم ؟

2- اذكر العوامل المؤثرة على النمو ؟

3- ما هي الأسباب التي تؤدي إلى وجود أعداد كبيرة من الميكروبات في اللحوم المفرومة ؟

4- ما هي الشروط الواجب اتباعها لإعاقة نمو الميكروبات في اللحوم ؟

5- عدد أنواع فساد اللحوم بواسطة البكتريا تحت الظروف الهوائية ؟

6- اذكر بالتفصيل أنواع الفساد التالي مع ذكر الميكروب المسبب ؟

أ- اللزوجة السطحية ؟

ب- التغيرات اللونية ؟

ج- التغيرات في الدهن ؟

د- تبقع اللحوم ؟

هـ- الروائح الكريهة والطعم الرديء ؟

و- الطعم القديم أو المخزون ؟

7- اذكر أنواع الفساد التي تحدثها الفطريات في اللحوم مع ذكر نوع الفطر المسبب ؟

8- اذكر أنواع الفساد في الحالة التالية :ظروف اللاهوائية مع ذكر اسم الميكروب المسبب ؟

9- ما هو المقصود بالمصطلحات التالية:

أ- حموضة.

ب- التعفن.

ج- النتانة.

10- ما هي مصادر تلوث الأسماك ؟

11- ما هو التيبس الرمي ؟

12- ما هو مظاهر فساد الأسماك ؟

13- ما هي العوامل المؤثرة على نوع وسرعة فساد الأسماك ؟

14- اذكر أسماء الميكروبات التي تسبب ما يأتي في الأسماك:-

أ- تكوين رائحة الفاكهة.

ب- رائحة عفنة.

ج- رائحة البصل أو الفاكهة.

د- فساد الأسماك المعلبة.

هـ- فساد الأسماك المعلبة.

و- فساد الأسماك المملحة

15- هل يعتبر لحم الدواجن مادة غذائية جيدة لنمو ميكروبات الفساد, ولماذا ؟

16- قارن لحم الدجاج كمادة غذائية مع اللحوم الأخرى ؟

17- ما هي مصادر تلوث لحوم الدجاج ؟

18- ما هي الميكروبات التي تسود في لحم الدجاج تحت ظروف الخزن الاعتيادي ؟

19- ما هي مصادر تلوث البيض ؟

20- ما هو ميكروب التسمم الغذائي الذي يعزل دائماً من البيض ؟

21- اذكر في الجدول تركيب بيض الدجاجة ؟

22=ما هي المثبطات الموجودة طبيعياً في البيض ؟

23- اذكر طرق خزن البيض ؟

24- ما هي أنواع فساد البيض بفعل الميكروبات ؟

25- يعتبر الحليب من أنسب البيئات لنمو وتكاثر الميكروبات . ناقش هذه العبارة ؟

26- اذكر مصادر تلوث الحليب الخام ؟

27- اذكر بالتفصيل مجاميع الميكروبات الملوثة للحليب الخام ؟

28- ما هي التغيرات التي تحدثها الميكروبات في الحليب الخام ؟

29- ما هو الفرق بين التجبن الحامضي والتجبن الحلو ؟

30- ما هي الميكروبات المنتجة للغازات في الحليب الخام ؟

31- اذكر سبب تحلل الدهن في الحليب الخام ؟

32- اذكر عيب تحليل البروتين في الحليب الخام ؟

34- ما هي الميكروبات التي تقوم بإنتاج المواد اللزجة في الحليب ؟

35- اذكر تغيرات اللون التي تحدث في الحليب والميكروبات المسببة ؟