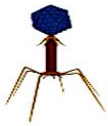
يُعتبر علم الأحياء المجهرية فرعاً من فروع البيولوجيا والذي يتناول موضوع الكائنات الحية المجهرية .
الكائنات الحية المجهرية هي كائنات حية صغيرة ويمكن رؤيتها بواسطة المجهر فقط .
"نشأ" علم الأحياء الدقيقة بعد اكتشاف المجهر .

الكائنات الحية المجهرية

معظم الكائنات الحية المجهرية هي مخلوقات وحيدة الخلية , لكنها تختلف عن بعضها البعض في المبنى الخلوي بعضها (البكتيريا) غير حقيقية النواة وبعضها حقيقي النواة .
هنالك مجموعات مختلفة من الكائنات الحية تشملها الكائنات الحية المجهرية , ومنها :
رواشح (فيروسات) لا يوجد للفيروسات مبنى خلوي , لذا فهي لا تعتبر غير حقيقية النواة أو حقيقية النواة
بكتيريا وحيدة الخلية غير حقيقية النواة
الاوليات أحياء وحيدة الخلية أمثلة: براميسوم
طحالب وحيدة الخلية مثل :اوجيلينا
فطريات يتناول علم الأحياء المجهرية الفطريات الصغيرة مثل الخميرة (فهي وحيدة الخلية)

خميرة اوجلينا براميسوم بكتريا فايروس



تُقسم الكائنا ت الحية التي تعيش على سطح الكرة الأرضية الى قسمين من حيث التركيب الخلوي :

1. غير حقيقية النواة (بكتيريا) – مكونة من خلية ذات تركيب بسيط , مادة وراثية في السيتوبلازم .
2. حقيقية النواة – (حيوانات , نباتات , فطريات ومخلوقات وحيدة الخلية كالبراميسوم) – مكونة من خلايا ذات تركيب معقد ويضم نواة تتواجد فيها المادة الوراثية , وعضيات اخرى .

الأحياء المجهرية في الحليب

يعتبر الحليب وسطاً ملائما لنمو وتكاثر الأحياء المجهرية عند توفر درجات الحرارة الملائمة وذلك :-

1 – لكونه غذاء متكامل تقريباً من حيث النسبة العالية من الرطوبة ووجود المادة السكرية القابلة للتخمر إضافة إلى وجود البروتينات والدهون والأملاح والفيتامينات .
2 – لكونه يمتاز بحموضته الواطئة (مقدار الـ pH هو 6.6) .
3- درجة حرارة الحليب عند الحلب ملائمة لاغلب الاحياء .

لذلك فهو عرضة للتلف بالبكتيريا والاعفان والخمائر و بصورة سريعة ومن جهة اخرى قد يصبح الحليب وسطا ناقلا لكثير من الامراض للانسان مثل Q-fever و Malta fever و التسمم الغذائي بالسموم المعوية لبكتيريا Streptococcus pyogens في حال لم يبستر بالصورة الصحيحة.

أن دراسة الأحياء المجهرية في الحليب تعتبر مهمة وذلك للأسباب التالية :-

1) لتحديد الحالة الصحية والنوعية للحليب وظروف إنتاجه .
2) أن نمو ونشاط الأحياء المجهرية في الحليب يؤدي إلى حصول تغيرات بايوكيميائية عديدة مما يؤثر على نوعية الحليب وجعله غير صالح للأستهلاك .
3) أن تلوث الأحياء المجهرية للحليب قد يعني أحتمال تلوثه بالأحياء المجهرية المسببة للأمراض .
4) هناك العديد من الأحياء المجهرية المهمة في العديد من صناعات الألبان مثل (الأجبان ، الزبد ، الألبان المختمرة) حيث تسبب تغيرات مرغوبة .
يمكن تصنيف الاحياء المجهرية حسب اهميتها العلمية الى مجموعتين :
أ) احياء مجهرية نافعة تشمل بكتريا حامض اللاكتيك تستعمل في تصنيع الالبان المتخمرة مثل

Scanned with CamScanner

Streptococcus thermophillus Lactobacillus bulgaricus
وبكتريا حامض الستريك التي في بادئ الزبد مثل Leuconostac citrovorum
وتستعمل بعض انواع الخمائر في التخمرات الكحولية والتي تحول سكر اللاكتوز الى كحول اثيلي مثل *Saccharomyces cerevisiae*
اضافة الى ان هناك بعض الاعفان مهمة في تصنيع وانضاج بعض انواع الاجبان مثل Penicillium camemberti

ب) احياء مجهرية ضارة وتشمل المسببة للامراض pathogenic ومنها التي تسبب تسمم الاغذية Food poisoning ,كما توجد انواع ممرضة مختلفة باختلاف مصدر التلوث وتشمل:
الحيوان :Brucella, Staph. aureus, Mycobacterium bovis.
الانسان: Shegella , Salmonella.
البيئة: Bacillus , Clostridium

مصادر الأحياء المجهرية في الحليب :-

1 – الحليب الماخوذ من ابقار سليمة يحتوي الأحياء المجهرية التي تدخل ضرع الحيوان عن طريق فتحات الحلمات وقنوات الحليب تمتازبكون أعدادها قليلة كما أنها غير ضارة ومعضمها من النوع الكروي *Micrococci* أما الحيوانات المريضة فهي أكثر خطورة فقد تتواجد بكتريا السل *Mycobacterium tuberculosis* أو بكتريا الأجهاض *Brucillus abortus* .

2 – جلد الحيوان .

3 – مكان الحلب (المحلب) .

4 – أواني الحليب .

5 – الأشخاص المسؤولين عن الحلب وتداول الحليب .

ميكانيكية تلف الحليب بالاحياء المجهرية

يحوي الحليب الخام عددا قليلا من البكتيريا الشائعة التواجد والمذكورة اعلاه , وعادة لا تنمو هذه البكتيريا بصورة ملحوظة اذا تم معالجة الحليب بصورة صحيحة , عند ترك الحليب الخام لعدة ساعات في حقل الانتاج فسرعان ما تبدأ فيه التغيرات التالية:

1- تبدأ الاعداد البكتيرية بالانخفاض لفترة قصيرة تسمى (Bactericidal phase) بسبب إحتواء الحليب على مواد مضادة للبكتيريا مثل : Lactenine , Lysozyme Lactoferrines, Leucocytes . ويعد Lactenine اشد هذه المواد تأثيرا على البكتيريا اذ وجد إنها لا تنمو بشكل جيد في الحليب حديث الحلب ويبقى تأثيره لعدة ساعات تصل الى 24 ساعة, ويتكون Lactenine من ثلاث مواد تعمل سوية ضد البكتيريا هي: Lactoperoxidase, Thiocyanatase, Hydrogen peroxidase .

2- بعد انتهاء المرحلة الاولى تنشط مسبحيات الحليب Streptococcus lactis في درجات الحرارة الدافئة كون هذه البكتيريا تمتاز بسرعة استهلاكها لسكر الحليب (اللاكتوز) وتكوين حامض اللاكتيك فتصل نسبة الحموضة الى (1%) وينخفض ال pH الى (4.6) وهذا يسبب توقف نمو مسبحيات الحليب.

3- المرحلة الثالثة هي نشاط عصيات الحليب *Lactobacillus* الاكثر مقاومة للحموضة اذ ترفع نسبة الحموضة الى (2%) وبذلك يتوقف نمو بقية فلورا الحليب.

4- عند انتهاء مرحلة تحول سكر اللاكتوز الى حامض اللاكتيك تبدأ مرحلة اكسدة الحامض من قبل الاعفان والخمائر حيث يتحول الى ماء وCO_2 لاسيما عفن *Geotrichum* وتبعا لذلك تنخفض الحموضة.

5- تنشط البكتيريا المعفنة مثل *Bacillus* و *Proteus, Pseudomonas* و *Achromobacter* والعديد من الاعفان حيث تحلل ما تبقى من بروتين ودهون فيتحول الحليب الى سائل عفن متزنخ.

A - تلف الحليب الخام

يحوي الحليب الذي حلب للتو ما بين (10^2-10^3) بكتيريا /مل وان العدد البكتيري اللازم لاحداث تغيرات غير مرغوبة من لون وطعم يتطلب (10^7) خلية /مل. من اهم المشاكل المايكروبايولوجية التي تحدث في الحليب الخام:

Scanned with CamScanner

تجبن حلو (بسبب افراز انزيم Rennin وترسب الـ Casein وليس بسبب الحموضة)	Bacillus cereus
تجبن غازي (تكوين كمية كبيرة من الغازات)	Clostridium& Coliforms
لزوجة في الحليب (بسبب انتاج الكبسولة)	Alcaligenes
طعم غير مرغوب فيه نتيجة تحلل الحوامض الدهنية	Ps. fluorescence
تلون الحليب بلون احمر	Serretia marcescns

الأحياء المجهرية في الحليب :-

تقسم هذه الأحياء أعتماداً على طبيعة نشاطها والتغيرات البايوكيميائية التي تحدثها في الحليب وتصنف الاحياء المتوطنة في الحليب الى بكتريا والخمائر والاعفان والفيروسات والركتسات

اولا: المجموعات البايوكيمياوية

1 – البكتريا المنتجة للحامض Acid producing bacteria ومن أهمها :-

أ) ***Streptococci*** **:** ويطلق عليها مجموعة بكتريا حامض اللاكتيك شكلها كروي كما أنها متجانسة التخمر Homo fermentative حيث يكون حامض اللاكتيك الناتج الرئيسي من تخمر سكر اللاكتوز وكمثالاً على هذه المجموعة *Streptococcus lactis* , *Streptococcus cremoris* وهما المسؤولتين عن الحموضة في الحليب الخام. درجة حرارة المثلى لنموها 20 – 30 مْ .

ب) ***Lactobacilli*** **:** عصوية الشكل تخمر سكر اللاكتوز وتحوله إلى حامض اللاكتيك ، إن بكتريا هذه المجموعة هي الأكثر إنتشاراً في الطبيعة .

ج) ***Microbacterium*** **:** بكتريا صغيرة عصوية الشكل .لأفراد هذه المجموعة القدرة على تخمير اللاكتوز وتحويله إلى منتجات حامضية يكون حامض اللاكتيك الرئيسي فيها ، تتواجد أفراد هذه المجموعة في براز الحيوانات – أواني الحليب – منتجات الألبان وكمثال عليها بكتريا *Microbacterium lacticum* .

د) ***Micrococci*** **:** بيضوية أو كروية الشكل ، كمثال عليها بكتريا *Staphylococcus* لها القدرة على إنتاج حامض اللاكتيك ولكن بفعالية أقل من المجاميع الأخرى ، كما أن لبعضها القدرة على تحليل البروتينات والدهون ، أما مصادر التلوث بها فهي : أواني الحليب الملوثة ، قنوات الحليب في الغدد الأفرازية .

ه) **مجموعة بكتريا القولون *Coliform*** **:**من مصادر التلوث بها : (البراز– الماء الملوث - التربة) تقوم بتخمير اللاكتوز لإنتاج حامض اللاكتيك وحامض الخليك وكميات قليلة من الحوامض والمواد الأخرى ، أن وجود أفراد هذه المجموعة و(خاصة *E . Coli*) دليل على التلوث (برازي) وعدم إتباع الإساليب الصحيحة في النظافة

2 – الأحياء المجهرية المنتجة للغازات Gas producing bacteria :-

وهي القادرة على تخمير السكر وإنتاج الغازات إضافة إلى الحامض ، فمثلاً بكتريا القولون وجنس *Clostridium* تنتج كميات كبيرة من CO_2 و H_2 عند تخمير اللاكتوز ، أن تكون الغازات يعتبر مشكلة في بعض صناعات الألبان مثل الأجبان والقشطة وغيرها .

3 – الحليب اللزج (الخيطي) Ropy milk :

قد يتعرض الحليب إلى التلوث ببعض الأحياء المجهرية التي تسبب لزوجته نتيجة لإنتاج بعض المواد المخاطية ، إن ظاهرة إنتاج الحليب اللزج تدعى بـ Ropiness وكمثال على هذه الأحياء المجهرية :

Alcaligene viscolactis تنمو على درجة حرارة 10 – 15 مْ .

4 – التحلل البروتيني والتجبن الحلو Proteolysis and sweet curdling :

Scanned with CamScanner

هناك بعض الأحياء المجهرية الملوثة للحليب تمتاز بقدرتها على إفراز إنزيمات شبيهة بأنزيم الكايموسين (الرنين) الموجود في المنفحة والتي لها القدرة على تخثر (تجبن) بروتينات الحليب وكمثال على هذا النوع من الأحياء المجهرية هو بكتريا *Bacillus subtilus* .

أن أهم مصادر التلوث بها :-

- أواني الحليب والأجهزة غير المعقمة .
- الأعلاف والأتربة .

5 – تحلل الدهون Lipolysis :

أن بعض الأحياء المجهرية تفرز إنزيمات محللة للدهون وأن نواتج هذا التحلل هي ألكليسرول والحوامض الدهنية الحرة . وأن الحوامض الدهنية قصيرة السلسلة تسبب نكهة حادة غير مرغوبة إضافة إلى الزناخة ، وتسمى مجموعة الإنزيمات المحللة للدهون باللايبيزات (Lipases) ومن أهم البكتريا المفرزة لها هي : *Bacillus , Pseudomonas* وغيرها .كما أن هناك بعض الأعفان Molds والخمائر قد تسبب تحلل في الدهن .

ثانيا: تصنيف الأحياء المجهرية في الحليب اعتمادا على درجة الحرارة المثلى :-

يمكن تقسيم هذه الأحياء تبعاً لدرجات الحرارة المثلى والقصوى والصغرى لنمو الأحياء المجهرية ومقاومتها للحرارة :-

1 – الأحياء المجهرية المحبة للبرودة Psychrophillic .
2 – الأحياء المجهرية المحبة للحرارة المتوسطة Mesophillic .
3 – الأحياء المجهرية المحبة للحرارة العالية Thermophillic .

الصفات المايكروبايولوجية لمنتجات الحليب :-

1- تلف الحليب المبستر

عملية البسترة هي تعريض الحليب لدرجة حرارة (72 °م) لمدة (15 ثانية) او درجة (63 ^{0}م) لمدة (30 دقيقة) وذلك للقضاء على البكتيريا الممرضة (مثل السل والسالمونيلا والبروسيلا و اللستيريا) واطالة فترة الخزن.
يحدث تلف الحليب المبستر بسبب مقاومة عدد من البكتيريا الخضرية المحبة للحرارة (Themophilic bacteria) مثل Lactobacillus thermophilus او البكتيريا المقاومة لحرارة البسترة (Thermoduric) مثل *Microbacterium, Micrococcus* , Bacillus subtilis.

2- الحليب المعقم

يعقم الحليب باستخدام درجة حرارة عالية (121 °م) لمدة (15-20 دقيقة) ويعبأ بقناني زجاجية او معدنية وبهذه الطريقة يتم القضاء على كافة المايكروبات التي تسبب فساده اثناء خزنه تحت الظروف الاعتيادية. وقد تتواجد اعداد قليلة من البكتيريا المقاومة لحرارة التعقيم والمكونة للسبورات مثل *Bacillus spp., Clostridium spp*

3 – منتجات الحليب المكثفة والمجففة :

أن منتجات الحليب المكثفة تحتوي على نسبة عالية من المواد الصلبة الذائبة والتي تجعل من المنتوج وسطاً غير ملائم للكثير من أنواع البكتريا ، وقد تتعرض بعض المنتجات الحليب المكثف للتلوث بالعفن عند تعرضه للهواء . أما بالنسبة للمنتجات المجففة ، فأن نسبة الرطوبة قليلة جدا بحيث لا تسمح بأي تلف مايكروبي ولكن قد يتعرض إلى التلوث بالعفن عند أرتفاع الرطوبة إلى أكثر من 8% .

4 – المثلجات اللبنية Frozen deserts :

لا تتعرض هذه المنتجات إلى التلف لكونها تحفظ على درجات حرارة واطئة (تحت التجميد) ، وقد يحصل التلوث في الخليط قبل البسترة نتيجة لتلوث مكوناته المختلفة .

5 – الزبد Butter :

إن العيوب في الزبد تعود بالأساس إلى القشطة المستعملة في إنتاجه ، أن الزبد المملح سيكون وسطا غير ملائم لنمو البكتريا مقارنة بالزبد غير المملح .

Scanned with CamScanner

وفي الوقت الحاضر يصنع الزبد من قشطة مبسترة مما يساعد في القضاء على معظم الأحياء المجهرية المسببة للتلف ، كما أن المنتوج يحفظ في درجات حرارة واطئة (حوالي -18مْ) حيث يتوقف نشاط الأحياء المجهرية ، لهذه الأسباب فأن البكتريا لا تنمو في الزبد وفي حالة نموها فأن ذلك يكون محدوداً .

6 – منتجات الحليب المتخمرة Fermented Dairy Products :

أ) الألبان المتخمرة :-

يستعمل في صناعتها البادئ (مزرعة من الأحياء المجهرية النقية) ففي حالة كون البادئ غير نشط أو كونه ملوث سيكون المجال مفتوحاً لنمو بكتريا أخرى مما يتسبب في حصول تغيرات غير مرغوب بها ، كذلك قد تلوث هذه المنتجات ببكتريا القولون والخمائر ومن مصادر متعددة مما يؤدي إلى ظهور نكهة غير جيدة إضافة إلى الغازات كما أن الحموضة المرتفعة تشجع نمو الأعفان .

ب) الأجبان Cheeses :-

يقسم التلف المايكروبي في الأجبان إلى الأنواع التالية :

1) التلف الحاصل خلال عمليات التصنيع .

خلال عملية التصنيع لمعظم الأجبان فأنه من الضروري تشجيع عملية التخمر المصحوبة بإنتاج حامض اللاكتيك ، ولكن في حالة كون بكتريا حامض اللاكتيك (البادئ) غير نشطة أو أنها ملوثة بأحياء أخرى ، فأن تغيرات غير مرغوبة ممكن أن تحدث والتي تؤثر على نوعية الجبن .

2) التلف الحاصل خلال عملية الإنضاج .

يتعرض الجبن خلال فترة الإنضاج (الخزن قبل التسويق) إلى سلسلة من التغيرات المايكروبية والفيزيوكيميائية وذلك بفعل جملة من العوامل منها إنزيمات المتحررة من بكتريا البادئ والأحياء الأخرى الموجودة في الجبن إضافة إلى فعل إنزيمات المنفحة ، أن وجود أحياء مجهرية غير مرغوب فيها سوف يؤدي إلى العديد من العيوب في الجبن ومنها على سبيل المثال:-

أ – إنتاج الغازات .
ب – الطعم المر .
ت – عيوب في لون الجبن .

3) التلف الحاصل في المنتوج النهائي (الجبن الناضج) .

إن قابلية حفظ الأجبان تعتمد على نسبة الرطوبة فيها ، فالأجبان الطرية تكون معرضة للتلف أسرع من الأجبان الجافة ، أن أكثر الأحياء المجهرية المسببة لتلف في هذا المجال هي العفن والتي تميل إلى النمو على أسطح الجبن وفي الشقوق والفتحات الموجودة فيه ، وفي حالة كون سطح الجبن رطب بدرجة ملائمة ، فربما تنمو الخمائرمكونة مستعمرات ومواقع ملونة

Scanned with CamScanner