

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة

اللهم إنا انت العون ، وبك الحول . ومنك التوفيق ، أحمدك وأثنى عليك بآلائك ، وأصلى وأسلم على أشرف أنبيائك محمد وآله وصحبه أجمعين .

وبعد فما من شك في أن البلاد أدركت في السنوات الأخيرة تقدماً كبيراً في شتى مناحي الإصلاح والإجتماع بفضل النهضة القومية التي بثت روح العمل والنفاني في نفوس المصريين على اختلاف طبقاتهم ونزعاتهم وحفزت كل مصري على أداء واجبه والقيام بنصيبه في السعي لرفعة البلاد وأحلالها محل اللائق بها بين الأمم الناهضة الفتية .

واقدر كان لكثيرين من تلك النخبة من أبناء مصر البررة الذين أوفدتهم الحكومة إلى مختلف بلاد الغرب للتدود من علومها ومعارفها فضل كبير في النهوض بالمستوى العلمي والثقافي للبلاد بما نشره من بحوث جليلة وصنفوه من مؤلفات قيمة في شتى العلوم والفنون .

وإنه من دواعي غبطتي أن أوفق لوضع مؤلف في « بكتريولوجيا الألبان » ، وهي إحدى الفروع التي تلقتها في بعثتي وأقرم بتدريسها منذ سنوات لطلبة كلية الزراعة ، وهو أول كتاب من نوعه ينشر بالعربية ، وكان من أهم ما شجعني على وضع هذا المؤلف ما رأيته من اهتمام الهيئات الصحية ببحث نظافة المأكولات وخاصة الألبان ومنتجاتها توسلاً إلى وقاية الجمهور من أخطار الفاسد منها ، وكذلك ما بدا من رغبة المشتغلين بصناعة الألبان في معرفة طرق اختبار اللبن ومنتجاته وتفهم العوامل التي تؤدي إلى تحسين هذه الصناعة وبلوغها درجة الكمال .

وقد راعيت في وضع هذا الكتاب بساطة التعبير ليكون سهل المأخذ كما أوضحت أغلب موضوعاته بأشكال جليها تخطيطي خال من التعقيد ، ولكي يمكن للقارئ فهم بعض الإصطلاحات التي ترد بالكتاب رأيت أن أمهد له بموضوع مستقل مختصر يشمل الأوصاف العامة للبكتريا وأهم خواصها كما بسطت الغرض من دراسة بكتريولوجيا الألبان وسردت لمحة عن تاريخها ونشأتها ، وقد قسمت الكتاب إلى ثلاثة أجزاء يتناول الأول منها الكلام عن انتاج اللبن ومعاملته وعلاقته بالصحة العامة ، ويشمل الثاني دراسة التغيرات التي تحدثها البكتريا باللبن ومنتجاته ، ويتضمن الثالث شرح طرق الفحص البكتريولوجي للألبان ومنتجاتها وإني لأذكر مع مزيد الامتنان ما قدمه حضرات موظفي قسم البكتريولوجيا بكلية الزراعة من المساعدة في ملاحظة طبع هذا الكتاب وأخص بالشكر حضرة عبد الحميد السكرداني أفندي المعيد بالقسم المذكور لما بذله من جهد موفق في إعداد جميع الأشكال التي يحويها هذا الكتاب .

والله المأمول أن ينفع به قارئيه وأن يوفقنا إلى ما يحبه ويرضاه ؟

محمد سليم

قسم البكتريولوجيا
كلية الزراعة — جامعة فؤاد الاول
يناير ١٩٤٥

تقديم

أولاً - نبذة تاريخية عن بكتريولوجيا الألبان

قد يكون من المتعذر سرد نبذة عن تاريخ بكتريولوجيا الألبان دون الإشارة إلى نشأة علم البكتريا فهي وثيقة الارتباط به بل إنها جزء منه .

وعلم البكتريا من العلوم الحديثة نسبياً إذا قيس بغيره كالكيمياء والطبيعة ونحوهما فهو لم يتقدم تقدماً محسوساً إلا منذ أواخر القرن الماضي ولو أن الأحياء الدقيقة من بكتريا وفطر وبروتوزوا كانت معروفة قبل هذه الآونة بزمان ليس بالقصير ، فقد تقدم أنتوني فان لوفنهوك (Antonius van Leeuwenhoek) الهولندي إلى الجمعية الملكية بلندن في سنة ١٦٨٣ رسالة يصف بها أحياء دقيقة شاهدها في الماء واللعب بميكروسكوب بسيط من صنعه وأرفق تقريره برسوم توضح ما شاهده ، ولقد كان هذا الاكتشاف الأول من نوعه ولذا صادف إهتماماً كبيراً من العلماء في ذلك الوقت ، وبعد حوالي مائة سنة من التاريخ المذكور كانت قد تقدمت في أنشائها صناعة العدسات تقدماً محسوساً نشر الدنمركي مولر (Muller) بحثاً مستفيضاً عن ميكروبات موجودة في مواد متعفنة واشتغل بتقسيم البكتريا تقسيماً علمياً ووضع أسماء لها لا يزال يستعمل بعضها إلى وقتنا الحالى ثم أعقب مولر كثير من الباحثين وجهوا عنايتهم إلى درس خواص الكائنات الدقيقة والتمييز بينها ، وقد زعم بعضهم في أواسط القرن الثامن عشر أن الأحياء الدنيا التي تسبب الفساد والتعفن تنشأ في المواد العضوية من تلقاء نفسها أى تولد فيها ذاتياً وعرفت هذه النظرية وقتئذ بنظرية التولد الذاتي (Spontaneous generation) في حين إنبرى البعض الآخر لدحض هذا الزعم وإثبات خطأ هذه النظرية عملياً بالتجارب الدقيقة .

ولم يقتصر اهتمام العلماء على علاقة الميكروبات بالأمراض بل اتجهت أفكار بعضهم منذ أوائل القرن التاسع عشر إلى بحث علاقتها بالتغيرات التي تحدث في مواد الغذاء . وفي سنة ١٨٣٧ ذكر شفان (Schwann) أن جميع عمليات الاختمار والتعفن تحدث عن أحياء دقيقة . وذكر دونيه (Donné) أنه لا يجب أن يقتصر فحص التغيرات التي تحدث باللبن على الاختبار الكيميائى بل ينبغي كذلك درسها ميكروسكوبياً واكتشف فوخس (Fuchs) بعدئذ أن حموضة اللبن وكثيراً من التغيرات غير العادية التي تحدث به تنشأ عن أسباب بكتريولوجية ، ففي سنة ١٨٤١ قام بفحص عدة عينات من اللبن الأزرق والأصفر فحصاً ميكروسكوبياً واكتشف فيها ميكروبات أمكنه إنماءها في مزرعة وعند مالفح منها عينات جديدة من اللبن ظهر بها اللون الأزرق كذلك .

على أن الفضل الأكبر في تقدم البكتريولوجيا والنهوض بها يرجع إلى العالم الأشهر لويس باستور (Louis Pasteur) فقد درس بعناية وصبر أنواع الاختمار المختلفة كاختمار حامض اللبكتيك واختمار حامض البيوتريك الخ . وبين أنها ناتجة عن فعل أحياء دقيقة ، ونشر أبحاثه عنها في سنة ١٨٥٧ وقد تمكن

باستور من القضاء نهائيا على نظرية التولد الذاتي عدا ما قام به من أبحاث جليلة تتعلق بانتشار بعض الأمراض وطرق مقاومتها بالتلقيح فقدم بذلك أجل خدمة للعلم والإنسانية ، وقد خلدت فرنسا اسمه بإنشاء معهد باستور العظيم في باريس .

وقد وجه بعض العلماء في وقت باستور وبعده أهمية خاصة إلى بكتريولوجيا اللبن ومنتجاته مما أدى إلى سرعة تقدمها ، ففي سنة ١٨٦٦ كتب فون هسلنج (von Hessling) أنه تحقق من أن الاختبارات المختلفة التي تحدث باللبن والتي تؤدي إلى تسوية اللبن تسبب عن أحياء دقيقة كما ذكر دى مارتن (de Martin) في كتاب صدر له في سنة ١٨٦٧ أن الاختلاف في صفات أصناف اللبن المتنوعة ناتج عن عمل أنواع متباينة من الأحياء الدقيقة . وفي هذا الوقت نشرت كذلك كتب أخرى تشرح بالتفصيل الطرق الصحيحة لاستعمال الروبة في صناعة اللبن وتبين المزايا التي تعود من ذلك . كما اهتم بعض العلماء في فرنسا وإيطاليا بدراسة أنواع البكتيريا التي تعمل على تسوية اللبن دراسة مستفيضة .

وفي سنة ١٨٧٨ اشتغل الجراح الإنجليزي لورد لستر (Lister) بموضوع إنتاج اللبن النقي ودرس العوامل التي تسبب تلوثه بالميكروبات في أثناء الإنتاج والمعاملة كما درس عمل الميكروبات في الجروح وفائدة التعقيم والتطهير في الجراحة .

وكان للرجال الذين توافروا على دراسة بكتريولوجيا الألبان بعد هذه التواريخ وبخاصة منذ أوائل القرن الحالى فضل كبير في تقدم صناعة الألبان والتهوض بها إلى ما بلغت من رقى في الوقت الحالى ولهذا لا يكاد يخلو قطر من الأقطار المتحضرة من معهد خاص بأبحاث بكتريولوجيا الألبان .

ثانياً — أهمية بكتريولوجيا الألبان

للبن ومنتجاته أهمية عظيمة في غذاء الإنسان ولذلك اهتم العلماء والباحثون من قديم الزمان بدراسة تركيبه وخواصه ووجهوا عناية كبرى إلى بحث ما ينشأ باللبن ومنتجاته من تغيرات وعلاقة ذلك بالبكتيريا وسميت هذه الناحية العلمية باسم بكتريولوجيا الألبان (Dairy Bacteriology) .

وتنحصر أهمية بكتريولوجيا الألبان في ثلاث نطق جوهرية وهى :

أولاً . تغير وفساد اللبن وبعض منتجاته :

إن عددا كبيرا من البكتيريا والأحياء الدقيقة الأخرى تسبب نتيجة نموها باللبن وما يصنع منه من مستخرجات تغيرات غير مرغوب فيها تضر بطعمه ورائحته أو تغير لونه وتؤدي إلى سرعة فساد ، لذا يجب على المنتج أن يعرف مصدر تلك الميكروبات والشروط التي تلائم نموها وكذا الوسائل التي يمكن بها منع وصولها إلى اللبن أو إيقاف نشاطها فيه وبذلك يقدم المنتج لبنا يباع بثمن مرتفع كما يمكن صنع منتجات جيدة منه تدر ربحا وفيرا .

ومن جهة أخرى يجب على الصانع أن يحذو حذو المنتج فكثيرا ماتخزن الزبد والجبن مدة طويلة نوعا ما قد تقل خلالها درجة جودتها بسبب فعل الميكروبات فيها وتلاحظ أهمية ذلك على الخصوص في حالة اللبن الذى يلزم تركه بضعة شهور كي ينضج حيث يجب أن تكون الظروف ملائمة لنمو الميكروبات الخاصة بعملية

التسوية وفي هذه الحالة قد تساعد هذه العوامل كذلك على تكاثر بعض أنواع الميكروبات غير المرغوب فيها من ذلك نرى أن دراسة بكتريولوجيا الألبان من هذه الوجهة عظيمة الأهمية بالنسبة لكل من المنتج والصانع على السواء وابتاع العالم المستمدة منها تنسج تجارتها وتزيد أرباحها .

ثانياً : استخدام أنواع خاصة من الميكروبات في صناعة بعض المنتجات

تستخدم في صناعة الزبد والجبن والألبان المخمرة ميكروبات خاصة تختلف باختلاف نوع المنتجات ففي الزبد تستعمل ما تعرف بالروبة (starter) وهى عبارة عن مزرعة من ميكروبات خاصة تنشط وتلقح بها القشدة قبل خضها وتكاثرها يتكون عنها حامض اللاكتيك . وهنا تظهر أهمية الروبة حيث تستغرق عملية خض القشدة مدة أقصر وتكتسب الزبد الناتجة طعماً مقبولاً ونكهة خاصة كما أن الحموضة الناشئة عن ميكروبات الروبة توقف عمل البكتيريا غير المرغوب فيها فتعيش الزبد مدة أطول .

كما يتوقف صنف الجبن وجودة أنواعه المختلفة وطعمها ونكهتها على أنواع الميكروبات التى تنشط أثناء صنعها . وصناعة الألبان المخمرة مثل لبن الزبادى تتوقف على عمل الخيرة التى ما هى إلا ميكروبات خاصة تزرع فى لبن نظيف فتخثره وتكسبه النكهة الشهية والرائحة المقبولة التى يمتاز بها وتجعل منه غذاء ذا قيمة غذائية وطيبة بمنازة .

من ذلك نرى أنه يجب معرفة عمل هذه الميكروبات والشروط الملائمة لنموها حتى يمكن أن نقدم للسوق أحسن المنتجات وأعلىها نوعاً .

ولقد عرف بالتجربة كثير من طرق صناعة منتجات الألبان قبل اكتشاف الدور الذى تلعبه الميكروبات فى هذه الصناعة إلا أنه قد أدخل على تلك الطرق بفضل معرفة حمل الميكروبات كثير من التحسينات . وسوف يستمر التقدم من هذه الوجهة بدون شك .

ثالثاً : إنتشار الأمراض بواسطة منتجات اللبن :

قد أثبتت الأبحاث خلال سنوات عديدة أنه كثيراً ما تحدث أمراض للإنسان أو الحيوان بسبب انتشار الميكروبات الممرضة بواسطة اللبن ومنتجاته . وفى ذلك خطر كبير على الصحة العامة لأن هذه الأغذية لاغنى عنها خصوصاً للأطفال والمرضى والناقمين . ومع أن هذه الميكروبات توجد أيضاً فى مختلف مواد الطعام إلا أن خطرهما فى اللبن ومنتجاته أعظم نظراً لأنها كثيراً ما تؤكل دون معالمتها بالحرارة فلا تقتل الميكروبات التى بها .

لذلك يجب العلم بالمصادر التى تنقل منها الميكروبات الممرضة إلى اللبن وكيفية وصولها إليه والظروف التى تلائم نموها وتكاثرها فيه والإلمام بالطرق التى يمكن التذرع بها لإنتاجه خالياً منها ولا بابتها إذا وصلت إليه .

ثالثاً — وصف عام للبكتريا

علاقة البكتريا بالأحياء الأخرى

تشبه البكتريا في بعض خواصها النباتات بينما تشترك في خواص أخرى مع الحيوانات ، لذلك اختلف رأى العلماء في صدد اعتبارها نباتا أو حيوانا حتى أن بعضهم اعتبرها قسما قائما بذاته ووضعها البعض الآخر مع الأحياء الميكروسكوبية الأخرى وأطلق عليها جميعاً اسم بروتستا (Protista) . على أنه قد وجد بعد طول البحث أنها من وجهة التركيب وبعض الخواص الأخرى المهمة أكثر اتصالا وشبها بالنباتات منها بالحيوانات ولذلك اتفق الرأى أخيرا على وضعها ضمن المملكة النباتية وسننبسط باختصار فيما يلي علاقتها بالأحياء الأخرى التى تشملها المملكة المذكورة .

تنقسم المملكة النباتية إلى أربع رتب رئيسية وهى :

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| (Bryophyta) | (١) البريوفيتا أو الحزازية ، |
| (Pteridophyta) | (٢) التريدوفيتا أو السرخسية ، |
| (Spermatophyta) | (٣) السبرماتوفيتا أو البزرية ، |
| (Thallophyta) | (٤) الثالوفيتا أو الثالوثية ، |

والرتبة الأخيرة وهى التى تهمننا تختلف عن الرتب الأخرى فى أنها لا يمكن تمييز جذورها عن أوراقها أو سوقها وأنها قد تكون وحيدة الخلية ولهذه الرتبة ثلاثة أقسام مهمة هى :

- أ — الألبى أو الطحالب (Algae) وهى تحتوى على المادة الخضراء أى الكلوروفيل .
- ب — الفنجائى أو الفطريات (Fungi) وهى لا تحتوى على الكلوروفيل وتشمل الفطر والخمائر .
- ج — الشيزوفيتا (Schyzophyta) وهذه تقسم عادة إلى قسمين يعرف أحدهما باسم الشيزومايسيتس (Schizomycetes) أو البكتريا وتحتوى على خلية واحدة وتتكاثر بالانقسام البسيط ولا تحتوى على كلوروفيل .

والذى يهمنا فى دراسة الألبان من هذه النباتات هى البكتريا والخمائر والفطر (molds) وسنحاول التفرقة بينها باختصار . فالبكتريا والخمائر تميز من الفطر بكونها دائما وحيدة الخلية فى حين أن الأخيرة على العموم عديدة الخلايا . هذا والفرق بين البكتريا والخمائر أن الأولى تتكاثر بالانقسام البسيط بينما تتكاثر الخمائر غالبا بالتبرعم ولو أن قليلا منها يتكاثر كذلك بالانقسام . وعند تجرثم البكتريا تتكون فى المعتاد جرثومة واحدة فى كل خلية بخلاف الخميرة حيث تحتوى عادة الخلية الواحدة على أكثر من جرثومة كما أنه يرى بخلية الخميرة نواة مميزة ولكنه لم يثبت على وجه التحقيق احتواء الخلية البكتيرية على مثل هذه النواة . وأخيرا فإنه فى أغلب الأحوال يزيد حجم خلية الخميرة عن حجم الخلية البكتيرية . أما الفطر أو الفنجائى فيتتركب جسمها الزغبي من كتلة من خيوط رفيعة تحمل فروع منها جراثيم مستديرة تتكون وتتجمع فى أشكال مختلفة يمكن بواسطتها تمييز أنواع الفطر الكثيرة ميكروسكوبيا . وتتكاثر هذه النباتات عادة بواسطة الجراثيم التى يذبح منها كل نبات عددا وفيرا .

معيمة البكتريا ومري انتشارها

من أنواع البكتريا ما هو متطفل (Parasitic) أى ما يعيش على أحياء أخرى وهذه لا تضر من بعضها كالأنواع التى توجد فى أجسام الأصحاء بل بالعكس قد تكون مفيدة أما البعض الآخر فضرار إذ يتسبب أحيانا عن وجوده فى الجسم أمراض خطيرة كالسل والتيفود وغيرهما . ومن البكتريا ما هو رمى (Saprophytic) وهذه تعيش على المراتد العضوية عديمة الحياة وهى على العموم مفيدة ويوجد بعضها فى التربة حيث يلعب دورا هاما فى إتحلال المواد العضوية وإعداد الغذاء اللازم للنباتات الراقية . ويتقوم البعض الآخر بعمليات الاختيار الضرورية لصنع بعض الأغذية اللازمة للإنسان ولكن هناك من الأنواع الرمية ما تعتبر ضارة نظراً لقدرتها على إحداث تغيرات غير مرغوب فيها ينشأ عنها فساد بعض المواد وتلفها . على أنه لا يوجد حد فاصل بين النوعين لأن البكتريا المتطفلة يمكن زرعها فى المعمل على بيئات صناعية كما أنها تنمى فى الطبيعة أحيانا على مواد عديمة الحياة مثل اللبن والساد . ومن جهة أخرى فإن الأنواع الرمية قد تنمو تحت ظروف خاصة على الأجسام الحية .

وتنتشر البكتريا بالنسبة لدقة حجمها بوسائل كثيرة كتيارات الهواء مهما كانت بسيطة ولذا فهى توجد فى كل مكان تقريبا كالتربة والهواء . ومواد الغذاء والشراب على اختلاف أنواعها فتدخل معها إلى الأمعاء وكذلك على أجسام النباتات والإنسان والحيوان ولا يكاد يخلو منها غير دماء وخلايا الحيوانات الصحيحة الخالية من الأمراض وأنسجة النباتات السليمة والمياه العميقة وباطن المواد المعقمة .

تركيب البكتريا (Structure)

البكتريا نباتات وحيدة الخلية وكل خلية وحدة قائمة بذاتها وتؤدي جميع العمليات الحيوية . وتركيب الخلية البكتيرية من بروتوبلازم شفاف عديم اللون غالبا قابل للتلون بصبغات خاصة يحيط به جدار . وهى لا تحتوى على فواة مميزة ولكن تنوزع المواد النووية (nuclear material) غالبا فى البروتوبلازم بغير انتظام وهى تتلون باصباغ النوواة وتتجمع عند تكوين الجراثيم .

والجدار رقيق لم يتفرق على تركيبه الكيماوى ويكون أحيانا ملونا ومن المحتمل أن مادة الشيتين (chitin) تدخل فى تركيبه كما يظهر أن جدران بعض الأنواع تحتوى أحيانا على السيلولوز أو مواد دهنية .

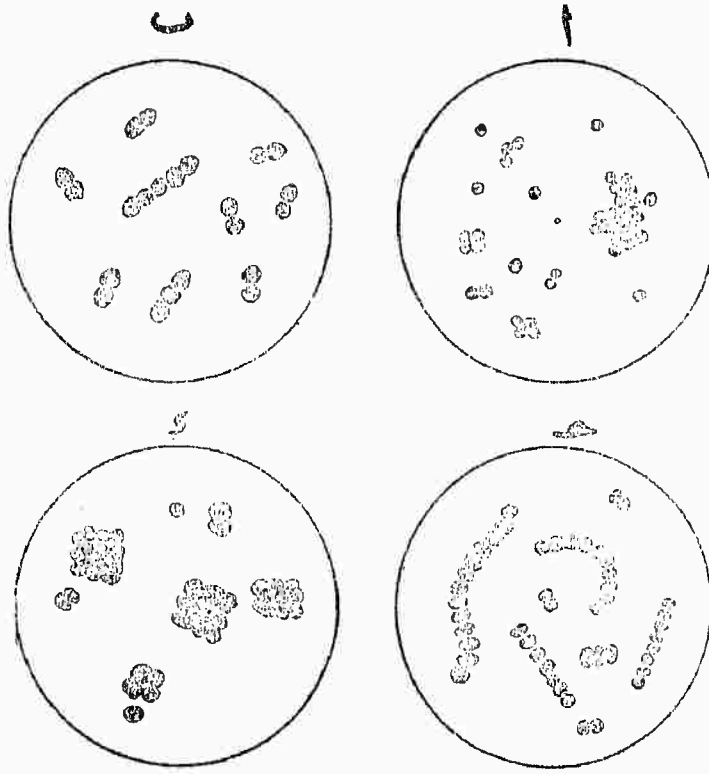
وأحيانا نجد بالخلية فجوة (vacuole) أو أكثر كما يظهر بالبروتوبلازم ذرات من الكربوايدرات والبروتين ونقط زيتية وقد تشاهد به حبيبات كبريتية .

ونفرز بعض الأنواع مادة جيلانينية إما أن تذوب فى بيئة الميكروب فيصبح قوامها مخاطيا أو تبقى ملتصقة بالخلية هيئة غلاف (Capsule) .

شكل البكتريا (Form)

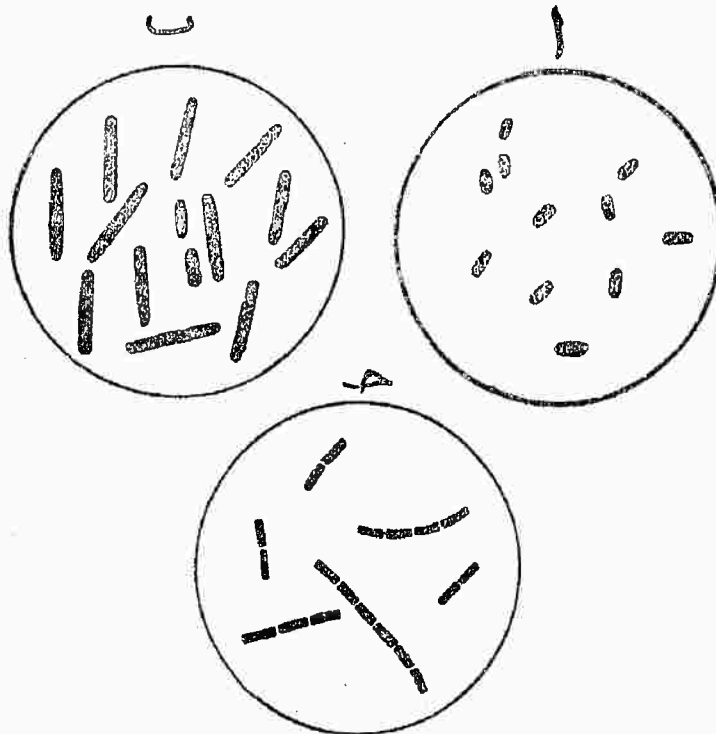
تختلف البكتريا كثيرا فى شكلها وهى تسمى غالبا حسب الشكل . والأشكال المعتادة لها أربعة هى :

(١) الكروية (Coccus) وفيها تظهر بشكل كرات دقيقة (شكل ١) .



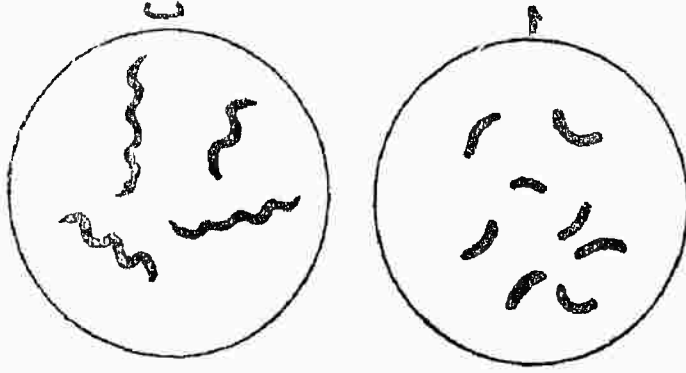
(شكل ١) البكتريا الكرويه

(٢) العصوية (بكتريوم أو باسيلس Bacterium or Bacillus) وفيها تظهر بشكل عصي قصيرة أو طويلة نسبيا . (شكل ٢) .



(شكل ٢) البكتريا العصوية

- (٢) الضميمة (Vibrio) حيث تكون على هيئة منحن أو منثن . (شكل ٣ - ١) .
 (٤) الحلزونية (سبيريلوم أو سبيروكتينا Spirillum or Spirochaeta) وتظهر بشكل لوحي ذي ثنيات قليلة أو كثيرة . (شكل ٣ ب) .



(شكل ٣) البكتريا الضميمة والحلزونية

وقد تستطيل الأشكال الكروية نوعا فيصعب تفريقها من العصوية كما أن الأشكال العصوية قد تكون قصيرة جدا فيتعذر التمييز بينهما وبين الكروية . وأحيانا تظهر البكتريا بأشكال غير منتظمة (تعرف باسم involution forms) وتنشأ غالبا من نمو الميكروب تحت ظروف غير مناسبة كعدم ملائمة البيض أو لنقص في التغذية الخ ومن أنواع البكتريا ما ينمو أحيانا بشكل خيوط طويلة .

مجم البكتريا (Size)

البكتريا متناهية في الصغر ولذا فهي لا ترى بغير الميكروسكوب ويستعمل لقياسها مقياس دقيق مدرج إلى وحدات خاصة تعرف كل منها باسم ميكرون وهو عبارة عن $\frac{1}{1000}$ من المليمتر أو $\frac{1}{1000000}$ تقريبا من البوصة . ويختلف قطر البكتريا الكروية غالبا بين $\frac{1}{2}$ و 1 ميكرون ولكن توجد منها أنواع أصغر وأخرى أكبر من ذلك . أما البكتريا العصوية فتختلف بين 4 و 6 طولاً و بين $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{2}$ عرضاً وهناك أنواع يبلغ طولها أحيانا 40 - 60 ميكروناً .

ولكى ننخيل مدى صغر البكتريا ودقتها نقول أنه لما كان حجم خليتها في المتوسط ميكرون واحد مكعب والسنتيمتر المكعب يحتوي على ترليون ميكرون مكعب فإن ترليون ميكرون تملأ فراغ قدره سنتيمترا مكعباً كما أن مثل هذا العدد تقريبا يزن جراماً واحداً لأن الوزن النوعي للبكتريا يزيد قليلاً على الوزن النوعي للماء .

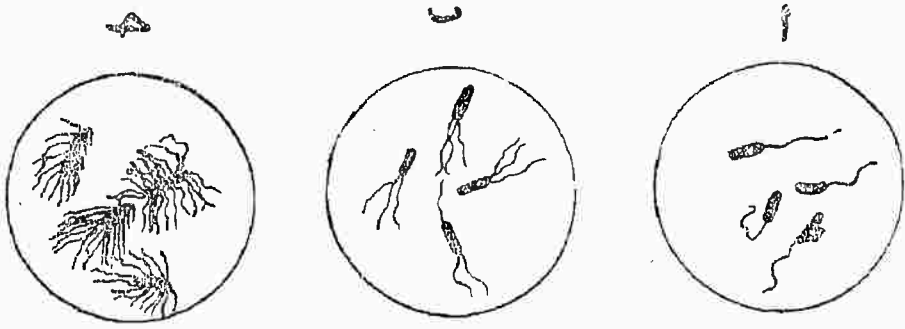
حركة البكتريا (Motility)

إذا اختبرت البكتريا في نقطة من مزرعة سائلة تحت الميكروسكوب يلاحظ أن بعضها يتحرك والبعض الآخر لا يملك هذه الخاصية وذلك باختلاف أقسامها وأنواعها . أما الخمائر والفطريات فلا تنحرك إطلاقاً . وتنسب الحركة عن الفلاجلات وهي خيوط رفيعة جداً تبرز من جدار الخلية ولا يتجاوز سمكها $\frac{1}{2}$ سمك الخلية التي تنتجها ولا بد من صبغ الميكروب بطرق خاصة حتى يمكن رؤية هذه الفلاجلات التي يتحركها

حركة لولبية يمكن للميكروب أن يسمح في السائل الذي يعيش فيه . ولا تشاهد حركة البكتريا بوضوح إلا في المزارع الحديثة حيث تكون نشطة مما يساعد كثيرا في تمييز الحركة البطيئة لبعض أنواع الميكروبات، هذا وحركة البكتريا تفيد كثيرا في تمييز أنواعها المختلفة .

وتقسم البكتريا أحيانا تبعاً لوجود الفلاجيلات عليها أو عدم وجودها وكذلك تبعاً لعدد هذه الفلاجيلات ونظم توزيعها على الخلية وفيما يلي بيان هذه الأقسام :

- (١) ميكروبات لا تحمل أهداباً وتعرف باسم عديمة الفلاجيلات (أترك أريك Atricus)
- (٢) ميكروبات ذات هدب واحد طرفي (وتعرف باسم مونوتريك (Monotricous) . (شكل ٤ أ)
- (٣) ميكروبات تحتوي على خصلة من الأهداب في أحد طرفي الخلية (وتعرف باسم لوفوتريك (Lophotricous) . (شكل ٤ ب)
- (٤) ميكروبات تحمل أهداباً منتشرة على الخلية (وتعرف باسم برترك (Peritricous) (شكل ٤ ج)



(شكل ٤)

نظام توزيع الفلاجيلات على البكتريا المتحركة

ويميل البعض إلى اعتبار الميكروبات التي تحتوي على هدب واحد أو خصلة من الأهداب في كلا الطرفين قسماً قائماً بذاته (ويعرفونه باسم أمفترك « Amphitricous » على أن هذه الميكروبات في الحقيقة هي نفسها التي تحمل فلاجلات في طرف واحد أي المنتمية إلى القسمين ٢ و ٣ ولكن تظهر الفلاجلات بكلا الطرفين قبل أن يبدأ الميكروب في الانقسام (أنظر شكل ٤ ب) حتى إذا ما تم إنقسامه يصبح لكل خلية من الخليتين الناتجتين فلاجيلوم أو عدة فلاجلات على أحد طرفيها فقط

نظام البكتريا (Multiplication)

تتكاثر البكتريا بالانقسام البسيط فتقسم كل خلية إلى اثنتين بحدوث إنقباض في وسطها ثم يصبح كل من الجزئين خلية قائمة بذاتها تتكاثر بنفس الطريقة . وقبل أن ينقسم الميكروب العصى يستطيل حتى يبلغ ضعف طوله ثم ينقسم عمودياً على أطول محور ، أما الميكروبات الكروية فكثيراً أيضاً ما تتمدد قليلاً قبل الانقسام الذي يحدث في أي اتجاه . وسرعة إنقسام البكتريا كبيرة جداً فينقسم الميكروب تحت الظروف الملائمة تماماً مرة كل نصف أو ثلث ساعة . فلو استمر في الانقسام بهذه السرعة مدة يومين لنتج عنه ملايين الاطنان من البكتريا إلا أن هذا مستحيل لأن الظروف الملائمة لا تلبث أن تتغير ، فمثلاً يقل الغذاء وتراكم

مفرزات الخلايا الميكروبية وغير ذلك فتتأثر الميكروب . ومع ذلك فإن سرعة التغيرات التي تحدثها البكتريا في مواد الغذاء ولاسيما اللبن تنسب إلى سرعة تكاثرها

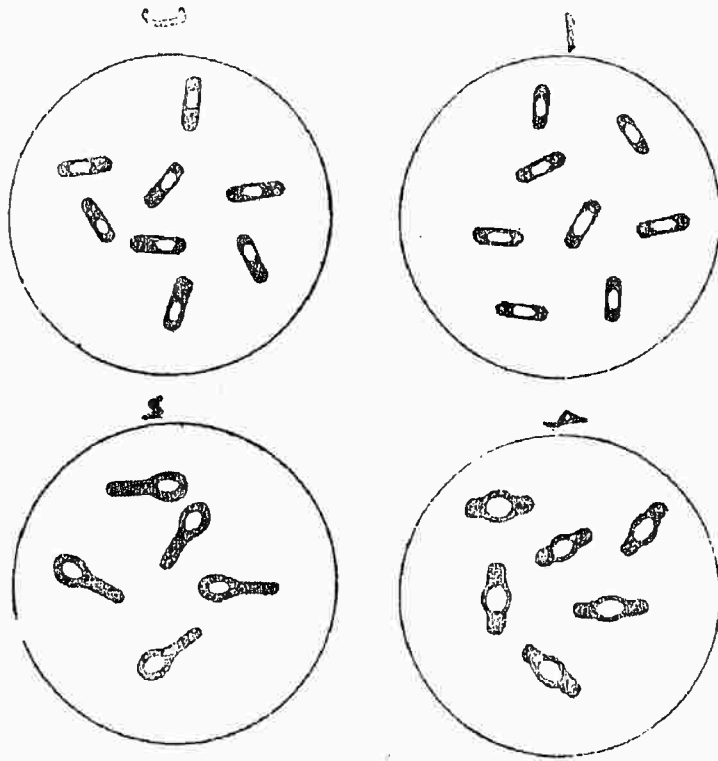
تجميع البكتريا (Grouping)

عند انقسام البكتريا قد تنفصل الخلايا الناتجة عن بعضها أو قد تبقى البكتريا الكروية متصلة معاً بحالة زوجية فتسمى ديبوكوكس (Diplococcus) أو تنقسم في عدة اتجاهات مكونة بذلك أشكالاً متنوعة غير منتظمة فتعرف باسم ستافيلوكوكس (staphylococcus) . وإذا انقسمت في اتجاهين بالتساوي فإنها تكون أولاً أزواجاً ثم أشكالاً مربعة منتظمة ويطلق على هذا النوع اسم ديبوكوكس (Diplococcus) . ولكن عادة يطلق على أي نوع من الأنواع السالفة الذكر اسم ميكروكوكس (micrococcus) . (شكل ١ - ١)

وقد يحصل أن يتكرر انقسام الخلايا في اتجاه واحد فتتكون بذلك سلاسل وتعرف مثل هذه الميكروبات باسم الميكروبات السبجية وغالباً باسم ستربتوكوكس (Streptococcus) . (شكل ١ - ٢) ومن أنواع البكتريا الكروية ما تنقسم في ثلاث اتجاهات مختلفة على التوالي فتتكون في النهاية مكعبات أو حزم منتظمة ويؤلف هذا النوع باسم ساريسينا (Sarcina) : (شكل ١ - ٣) والبكتريا العصوية كذلك إما أن تنفصل عن بعضها بعد انقسامها أو تبقى متصلة في أزواج أو في سلاسل قصيرة أو طويلة .

تكوين الجراثيم أو التوالد الجرثومي (Spore formation)

بعض أنواع البكتريا العصوية يمكنها مقاومة الظروف الضارة بأن تكون ما يسمى بالجراثيم . وينشأ داخل كل خلية بكتيرية جرثومة واحدة ولذا فلا يعتبر التوالد الجرثومي من طريق تكاثر البكتريا بخلاف الحال في الفطر حيث ينتج كل نبات عدداً كبيراً من الجراثيم يعطي كل منها نباتاً جديداً فيما بعد . والأنواع المتجزمة تقاوم الظروف الضارة عن الأنواع الأخرى فمثلاً يتحمل بعضها التمرس لدرجة النيران مدة ساعة أو أكثر دون أن تصاب بضرر كما تقاوم الجفاف أو قلة الغذاء وغيرها من العوامل التي يستحيل على البكتريا الخضرية أن تعيش فيها مدة طويلة . وعند تحسن الشروط بحيث تصبح ملائمة فتلد الجراثيم فينتج كل منها خلية خضرية مشابهة للخلية الأصلية وتتكاثر كالامتداد . وتتميز الجرثومة بصغر حجمها نوعاً وانخفاض نسبة الماء بها عن الخلية الخضرية الأصلية كما أن جدارها أسمك وأقوى . والجراثيم أهمية كبرى في تمييز أنواع البكتريا المتجزمة لأن حجم وشكل وموضع الجرثومة ثابت في النوع الواحد تقريباً فمنها الكروي والبيضي والصغير والكبير . كما أن بعضها يتكون في وسط الخلية والبعض الآخر قرب طرفها (شكل ٥ - ١ ، ب) وقد يحدث انتفاخ حول موضع الجرثومة الوسطية فتصبح مغزلية الشكل وتعرف حينئذ باسم كلوستريديوم (Clostridium) (شكل ٥ - ٢) أو يكون الانتفاخ حول جرثومة طرفية فتشبه عصا الطبل (مضرب النس) وتسمى بليكتريديوم (Plectridium) (شكل ٥ - ٣) .



(شكل ٥) الجراثيم البكتيرية

وليس من الضروري أن توجد البكتيريا المتجربة تحت ظروف ضارة كي تكون الجراثيم بل قد يحدث ذلك تحت الظروف العادية إذ يظهر أن تكون الجراثيم دور من أدوار حياة البكتيريا . وتنبت الجراثيم بأن ينفخ جدار الجرثومة وتبرز الخلية الخضرية الجديدة وذلك إما من أحد الطرفين فيسمى الإنبات الطرفي أو من الجانب ويعرف بالإنبات الجانبي أو بالقرب من أحد الطرفين ويطلق عليه الإنبات المنحرف . وقد تتغير الجرثومة مباشرة إلى خلية خضرية . وتستغرق عملية الإنبات على درجة الحرارة المناسبة وفي ظروف ملائمة من ٣ — ٤ ساعات .

تقسيم البكتيريا (Classification)

اشتغل كثير من العلماء بتقسيم الميكروبات وقد رضع التقسيم في أغلب الأحوال بحسب أشكال الميكروبات أو تكوين الجراثيم أو الحركة أو لون الميكروبات أو من حيث نفعها أو ضررها أو قدرتها على إحداث الأمراض الخ . على أن هذه الصفات غير ثابتة غالباً فالميكروب العصوى مثلاً يظهر أحياناً بشكل كروي في أحوال خاصة كاختلاف الحرارة والغذاء ، وكذلك تتغير الصفات الأخرى باختلاف العوامل الخارجية ولكن بالرغم من ذلك وضعت أسماء الأجناس في أهم التقاسيم تبعاً للأشكال التي تأخذها الميكروبات في الغالب وسنشير هنا باختصار إلى أهم التقسيمات المتبعة .

التقسيم الأول وهو أكثرها اختصاراً وقد استعمل في أوروبا منذ أكثر من أربعين أو خمسين سنة وفيه تقسم البكتيريا إلى ثلاثة أقسام رئيسية ينقسم كل منها إلى بضعة أقسام كالتالي :

(١) فردية أو زوجية أو في طبقة منتظمة أو غير منتظمة وليست في سلاسل وتعرف باسم ميكروكوكس (Micrococcus). (٢) في سلاسل — ستربتوكوكس (Streptococcus). (٣) كتل منتظمة سرسبينا (Sarcina).	أولاً : بكتريا كروية ونادراً ما تشبه العصوية
(١) بدون جراثيم — بكتريم (Bacterium). (٢) متجزئة بالسلس (Bacillus).	ثانياً : عصوية ونادراً ما تشبه الميكروية أو المنجنية .
(١) شكل ضمي — فبريو (Vibrio). (٢) شكل حلزوني غير مرن سبيريلم (Spirillum). (٣) شكل حلزوني مرن سبيروكيتا (Spirochaeta).	ثالثاً : منجنية أو حلزونية ونادراً ما تكون كروية أو عصوية .

ويعرف هذا التقسيم بتقسيم لمان (Lehmann) وبالنسبة لاحتوائه على أجناس قليلة فإن كل جنس يشتمل على أنواع كثيرة وقد وضع العالم المذكور وصفاً تاماً لهذه الأنواع أدمج فيه إلى جانب الصفات المورفولوجية الصفات الفسيولوجية .

أما التقسيم الثاني فيعرف بتقسيم مجبولا (Migula) وهو أقل أهمية من التقسيم السابق نظراً لأنه مبني على صفات قابلة للتغير كثيراً — كنظام الفلاجلات وعددها ولون الميكروبات وطريقة إنبات الجراثيم — الخ . كما أن هذا العالم لم يعتمد في تقسيمه على صفات الميكروبات التي اختبرها بنفسه ولكنه أدمج فيها أوصافاً غير تامة لميكروبات كثيرة وضعها غيره من الباحثين ، وتقسيم البكتريا في هذا التقسيم إلى فصليتين أو رتبتين (Orders) تعرف الأولى منهما باسم يوبكتريا (Eubacteria) وهي تشمل الأنواع التي لا لون لخلاياها أو التي تكون ملونة قليلاً ولا تخنوى على حبيبات كبريتية وتنقسم إلى ثلاث عائلات كالآتي :

- ١) كوكامى (Coccaceae) وتشمل الأنواع الكروية .
 - ٢) بكترياسى (Bacteriaceae) » » العصوية
 - ٣) سبيرلاسى (Spirillaceae) » » المنجنية أو الحلزونية .
- أما الفصيلة الثانية وتعرف باسم ثيوبكتريا (Thiobacteria) فتشمل الأنواع المحتوية على حبيبات كبريتية وهي أقل أهمية من الوجهة الزراعية من الفصيلة الأولى .

ويستحسن أن نشير هنا إلى أن الذين يتبعون تقسيم مجبولا يستعملون لفظ بكتريم في تسمية الأنواع غير المتحركة وكلية بالسلس للأنواع العصوية المتحركة بواسطة أهداب أى فلاجلات منتشرة على الخلية كما يستعملون لفظ سدموناس (Pseudomonas) للأنواع العصوية المتحركة ذات الهدب الواحد أو العدة أهداب الطرفية على أن النوع الواحد مثل أزوتوباكتريا (Azotobacter) قد يحتوى على أهداب طرفية أو أهداب منتشرة على الخلية وهذا يوضح عدم أهمية هذه الصفة في التقسيم كما قلنا من قبل .

بقي علينا أن نشير إلى تقسيم آخر وضعته الجمعية البكتريولوجية الأمريكية وهو مستعمل الآن في أمريكا وشائع الاستعمال في أوربا كذلك واستعانت في وضعه بالتقسيمات التي وضعها مجيولا وأورلا جنسن (Orla - Jensen) وغيرهما من العلماء وهو يحتوى على عدد كبير من الأجناس إلا أن العائلات التي تشمل هذه الأجناس تنفق من حيث أسمائها وصفاتها العامة مع التقسيم الأول السابق الذكر ، وفي هذا التقسيم تقسم البكتريا الحقيقية (True Bacteria) إلى خمس عائلات وهي :

- (١) كوكلى (Coccaceae) وهي الأنواع الكروية .
- (٢) بكترياسى (Bacteriaceae) وهي الأنواع العصوية غير المكونة لجراثيم غالبا
- (٣) باسلاسى (Bacillaceae) وهي الأنواع العصوية المكونة لجراثيم .
- (٤) سبىرلاسى (Spirillaceae) وهي الأنواع الحلزونية .
- (٥) نيترو بكترياسى (Nitrobacteriaceae) وهي أنواع تحصل على مجهودها من أكسدة المركبات البسيطة من الكربون والازوت وكذا الأنواع المثبتة للآزوت .

وبما يلاحظ في هذا التقسيم أن كلمة (bacillus) قصرت على تسمية الأنواع المكونة لجراثيم وأن العائلة الثانية أى البكترياسى وهى أكبر العائلات الخمس المذكورة تشتمل على أغلب الأنواع المهمة في الالبان على أن هذه للعائلات تقسم إلى قبائل ثم تقسم القبائل بدورها إلى أجناس ويستعمل في تسمية الميكروبات اسم الجنس (genus)

ويجب أن نذكر أن النوع الواحد من البكتريا قد تختلف تسميته باختلاف التقسيم المتبع على أن اسم النوع في جميع الاحوال يكون واحد فثلا من الميكروبات المهمة في دراسة بكتريولوجيا الالبان الميكروب المعروف باسم كولاي (Coli) فالذين يتبعون تقسيم لمان يعرفونه باسم بكتريوم كولاي « Bacterium coli » باعتباره نوعا غير متجرحم والذين يتبعون تقسيم مجيولا يعرفونه باسم باسلس كولاي « Bacillus coli » باعتباره عصى متحرك أما الذين يتبعون التقسيم الأمريكى فيعرفونه باسم أسشريشيا كولاي « Escherichia coli »

تسمية البكتريا

يتبع في تسمية البكتريا غالبا نفس النظام المتبع في تسمية الحيوانات والنباتات فالأسماء العلمية لهذه الاحياء الراقية تتألف من كلمتين تدل الاولى منهما على اسم الجنس « genus » والثانية على اسم النوع (species) فثلا يقال بكتريم تيفوسم « Bacterium typhosum » للميكروب المسبب لحنى التيفود وباسلس انتراسز « Bacillus anthracis » للميكروب المسبب لمرض الجذرة الخبيثة وستربتوكوكس لاكتس « Strep. lactis » للميكروب الذى يسبب حموضة اللبن ، فالكلمة الاولى في كل من هذه الاحوال هى اسم الجنس والكلمة الثانية هى اسم النوع والأسماء العلمية للبكتريا كالأسماء العلمية للحيوانات والنباتات مشتقة من اللغة اللاتينية ، وكثيرا ما يقرن اسم الميكروب باسم العالم الذى وضع الاسم العلمى وبين أوصاف الميكروب بدقة . وتعرف الميكروبات أحيانا بأسماء سهلة التداول فيقال باسلس التدرن بدلا من باسلس

أربكتريم قيوبركلوسز « Bacillus or Bacterium tuberculosis » وباسلس القولون للميكروب المعروف علمياً باسم « Bacillus or Bacterium coli » وبالرغم من شدة القاعدة العلمية يحصل التباس أحياناً في أسماء الميكروبات وهذا اللبس ناشئ عن تشعب أبحاث العلماء الفردية واختلافهم في وصف الميكروبات وتقسيمها كما أوضحنا ذلك في نهاية الكلام عن تقسيم الميكروبات .

فصل الميكروب بالميكروسكوب

لما كانت خلايا البكتيريا كما أسلفنا القول شفاقة ومتناغية في الصغر لذلك لا يمكن رؤيتها ودراستها إلا بعد تلويها بأصبغ خاصة تعرف بصبغات الأنيلين واختبارها بواسطة الميكروسكوب المركب (Compound Microscope) وقوة التكبير المستعملة عادة في فحص الميكروب هي من ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ أما الصبغات المستعملة في الفرض المتقدم فمما يعرف بالصبغات الفردية (Single stains) كالنوكسين وازرق الميثيلين ونحوهما ، وتستعمل في دراسة أشكال البكتيريا ونجرتها ونظام تجمعها الخ ولكن هناك حالات تستدعي استعمال طرق خاصة في الصبغ حيث لا تفيد الصبغات العادية كما في حالة صبغ الفلاجلات أو صبغ الجراثيم ومثل هذه الطرق تستدعي عناية خاصة ودقة كبيرة حتى تأتي بنتائج مرضية ومن أنواع البكتيريا كذلك ما يتعذر صبغه بالصبغات العادية إلا بصعوبة كبيرة ومثل هذه البكتيريا لا تزال منها الصبغة إلا إذا غسلت مرات عديدة بمواد تزيل اللون كحمض الكبريتيك أو الكحول ، كما أن من طرق الصبغ ما تستعمل فيه صبغات خاصة كبنفسج الجنسيان لتمييز أنواع البكتيريا إذ أن لبعض أنواعها قدرة على الاحتفاظ بهذه الصبغة رغم غسلها بالكحول بضع مرات في حين أن البعض الآخر تزال منه الصبغة بسهولة . ومن طرق الفحص الميكروسكوبي ما يقصد به دراسة حركة البكتيريا وفي هذه الطرق لا تصبغ البكتيريا أو تعامل بمحاليل أخرى تسبب موتها أو تضعف نشاطها بل تختبر في نقطة من السائل الذي تعيش فيه ولكن بحجب الضوء قليلاً وبذلك يمكن رؤية البكتيريا في نقطة السائل مظلمة دون كبير عناء وتلاحظ حركتها بوضوح .

نمو البكتيريا المتأخر (Visible growth)

كان من أهم العوامل التي ساعدت على تقدم الأبحاث البكتريولوجية استنباط البيئات الصناعية . والبيئات المذكورة هي عبارة عن مواد غذائية ذات تركيب خاص يمكن تحضيرها بالمعمل وتستعمل لإنباء البكتيريا عليها وتتألف عادة من مواد مماثلة للمواد التي تنمو عليها البكتيريا في الطبيعة وقد صنع عدد كبير من هذه البيئات بعضها صلب وبعضها سائل ، فمن الأنواع الأولى الآجار المغذي والجيلاتين ومن الأنواع الثانية المرق واللبن . ونمو البكتيريا على البيئات الصلبة يبدأ ظهوره على هيئة أقراص مستديرة في الغالب تعرف باسم المجموعات (Colonies) وتنشأ كل مجموعة عن انقسام خلية بكتيرية واحدة . وتتألف كل منها من بضع ملايين من الخلايا ويمثل رؤيتها بوضوح بالعين المجردة غير أنه لا يتيسر تمييز التركيب الداخلي للمجموعة دون الاستعانة بالميكروسكوب .

والمجموعات البكتيرية على أشكال كثيرة واسكن النوع الواحد من البكتيريا ينتج في المعتاد مجموعات متشابهة تحت ظروف منتظمة ولذلك فإن تكون المجموعات مهم جدا في عزل البكتيريا وتنقيتها ودراستها كما أنه ذو أهمية خاصة في إحصاء عدد البكتيريا في اللبن كما سيرد بالتفصيل فيما بعد . ونمو البكتيريا في البيئات السائلة يختلف عن نموها في البيئات الصلبة فهي في السوائل الرائقة تحدث تعكيرا واضحا أو تظهر على هيئة راسب في القاع أو غشاء على السطح .

العوامل التي تؤثر في حياة البكتيريا

تتأثر حياة البكتيريا بعدة عوامل خارجية أهمها خمسة وهي الغذاء والماء والأكسجين والحرارة والضوء وسنبحث باختصار فيما يلي أهمية كل منها :

(١) الغذاء : ليس يخفى ما للغذاء من أهمية في حياة جميع الكائنات سواء منها الراقية أو الدنيئة فانه تستمد المواد الضرورية لبناء أجسامها وتعويض ما يفقد منها كما تحصل منه على المجهود اللازم لنشاطها . والنباتات الخضراء كما هو معروف تبني أجسامها من مواد غير عضوية مستعينة في ذلك بالمجهود الذي تحصل عليه من ضوء الشمس في حين أن الحيوانات تتغذى رئيسيا على المواد العضوية فتبنى منها أجسامها وتحصل على المجهود، أما الميكروبات ولو أن أنواعا قليلة منها قادرة على المعيشة على مواد غير عضوية إلا أن أغلبها يشبه الحيوانات في طريقة تغذيتها فلا يعيش الا على المواد العضوية ويحصل على المجهود اللازم له من إحداث تفاعلات كيميائية في تلك المواد .

وتتغذى الميكروبات دائما على المواد الذائبة في الماء بطريقة الانتشار الاستموزي فتشبه النباتات من هذه الوجهة وهي تحتاج الى جميع عناصر الغذاء اللازمة للكائنات الراقية وأهم هذه العناصر الأتوت والكربون والأكسجين والاييدروجين والفسفور والكالسيوم والكبريت وبعض العناصر المعدنية الأخرى . وقد تقسم البكتيريا من حيث المصادر التي تستمد منها الأتوت الى عدة أقسام أولها الأنواع التي تحصل عليه من الجو (وهي تعرف أحيانا باسم بروتوتروفيك Prototrophic) وثانيها الأنواع التي تستمد من النواشادر والأتوتات (وهي تسمى باسم أوتوتروفيك Autotrophic) وثالثها ما لا تستطيع الحصول عليه الا من مواد عضوية كالبروتين أو المواد الناتجة من التحلل (وهذه يطلق عليها أحيانا اسم هيتروتروفيك Heterotrophic) ويشمل هذا القسم أغلب أنواع البكتيريا ومنها الأنواع المتطفلية .

أما من حيث حاجة البكتيريا إلى الكربون فهي إما أن تحصل عليه كذلك من مصدر غير عضوي ومثال ذلك بعض أنواع البكتيريا التي تعيش في التربة وتستمد الكربون من ثاني أكسيد الكربون الموجود بالهواء الجوي وإما أن تحصل عليه من مواد عضوية كما هي الحال في الغالبية العظمى من البكتيريا ، ومن المواد العضوية التي تستمد منها البكتيريا عنصر الكربون البروتين على ان أغلب الأنواع تحتاج إلى مصادر خاصة كالسكر وايدرات وبعض أنواع الكحول والخوامض العضوية وأما لاحها وهناك أنواع لا تنمو إلا في وجود أنواع خاصة من السكر وهذه الخاصية مهمة جدا في التفرقة بين بعض أنواع البكتيريا ذات الصفات المتشابهة .

وتحصل البكتيريا على الأوكسجين والأيدروجين من معظم المواد الغذائية التي تعيش عليها ومن الماء كما تستمد أولهما من الجو، أما العناصر المعدنية فتأخذها من الأملاح غير العضوية أو من المركبات العضوية التي تحويها وعند ما تزرع الميكروبات في بيئات عضوية طبيعية كاللبن أو خلاصة اللحم فإنها تجد فيها كمفايتها من العناصر المعدنية الضرورية .

وقبل أن نختم الكلام عن الغذاء تحسن الإشارة إلى أن البكتيريا لا تستمد المجهود اللازم لنشاطها من ضوء الشمس كما هو الحال في النباتات الراقية وذلك لعدم احتوائها على الكلوروفيل والكمية تحصل عليه بواسطة تفاعلات كيميائية تحدثها في مواد الغذاء وأهم هذه التفاعلات الأكسدة وهي إما أن تكون عضوية أو غير عضوية وفيهما تؤكسد المواد مباشرة بأوكسجين الهواء أو تستخلص الأوكسجين من مركب وتؤكسد به مركبا آخر أو تجرى الأكسدة في داخل الجزيء فيختزل جانب منه ويؤكسد الجانب الآخر على نحو ما يحدث في الاختمار الكحولي واختمار حامض اللاكتيك وهي أكسدة غير مباشرة أي لا يستعمل فيها الأوكسجين الجوي .

هذا ولتأثير البيئة أو المادة الغذائية التي تعيش عليها الميكروبات أهمية كبرى في نموها ، فالبكتيريا لا يوجد نموها إلا في بيئة ذات تأثير متعادل أو مائل قليلا إلى الحموضة في حين أن الفطريات في بيئة حمضية على أن من أنواع البكتيريا المنتجة للأحماض كبكتيريا حامض اللاكتيك ما يمكنها المعيشة في وجود نسبة عالية نوعا من الحموضة ، وغنى عن القول أن الجراثيم البكتيرية أكثر مقاومة للحموضة من الخلايا الخضرية .

(٢) الماء : لا تستطيع البكتيريا أن تعيش أو تقوم بأعمالها على الوجه المرغوب فيه دون وجود الماء الكافي إذ أن الخلية البكتيرية تحتوي على نسبة عالية منه قد تبلغ ٩٠ ٪ أو أكثر وتتأثر حياة البكتيريا ونشاطها بالجفاف ولذلك يعتبر التجفيف من أقدم طرق الحفظ التي يقصد بها وقاية مواد الغذاء من عوامل التلف والفساد وله أهمية كبيرة في صناعة الألبان سنعود إلى شرحها في مكان آخر .

ويختلف تأثير الجفاف في البكتيريا باختلاف أنواعها فالخلايا الخضرية على وجه العموم لا تقاوم الجفاف مددا طويلة حتى أن بعض الأنواع قد لا يعيش أكثر من ساعتين في وسط جاف أما الجراثيم البكتيرية فإنها تبقى في مثل هذا الوسط في حالة كونه حافظة لقوة انباتها بضع سنوات حتى إذا وجدت الرطوبة الكافية أنبتت وتكاثرت وقامت بوظائفها الأخرى كالمعتاد .

وكما تتأثر البكتيريا بالجفاف أو قلة الماء في المواد فإنها تتأثر كذلك بتركيز المواد الذائبة فيه ، فإضافة السكر أو الملح بنسبة عالية إلى المادة المحتوية على ماء كثير يقيها من فعل البكتيريا كما هو مشاهد في حالة الألبان المبردة (المكثفة) المحلاة فهي برغم احتوائها أحيانا على عدد كبير من البكتيريا لا تفسد بسرعة لأن هذه البكتيريا تبقى غير نشطة بسبب بلزمتها (Plasmolysis) في المحلول السكري المركز تركيزا عاليا لأن ضغطه الاسموزي أعلى بكثير من الضغط الاسموزي للخلية البكتيرية فاذا قلل تركيز هذه المواد بإضافة الماء انعدم التأثير المذكور وعادت البكتيريا إلى النشاط وأفسدت المادة التي تعيش فيها .

(٣) الأوكسجين : من أنواع البكتيريا ما تشبه الكائنات الراقية من حيث حاجتها إلى الأوكسجين

الجوى للتنفس ولكن توجد منها أنواع أخرى تعيش بدونها بل تتسمم بوجوده وقد عرفت الأنواع الأولى باسم الميكروبات الهوائية (Aerobic) والثانية باسم الميكروبات غير الهوائية (Anaerobic) وليس معنى هذا أن الأنواع الأخيرة لا تحتاج إلى الأكسجين مطلقاً لأن حصول البكتيريا على المجهود اللازم لنشاطها ونموها يتوقف على عمليات الأكسدة ولكن تلك الأنواع تستمد الأكسجين اللازم لها من المركبات الغنية به كالسكر والأزونات وبذلك تسبب اختزالها . ولهذا البكتيريا أهمية كبرى أحياناً لأنها تحلل المواد المدفونة على أعماق كبيرة أو الموجودة في جو خال من الأكسجين المطلق .

وهناك أنواع وسطية يمكنها أن تعيش في وجود أكسجين الجو أو في غياب بعض ميكروبات التعفن وبكتيريا حامض اللبكتيك على أن بعضها يفضل المعيشة الهوائية ويعرف باسم غير الهوائية اختصاراً (Facultative anaerobic) والبعض الآخر يفضل المعيشة غير الهوائية وتعرف باسم الهوائية اختصاراً . (Facultative aerobic)

(٤) الحرارة : لهذا العامل أهمية عظيمة في حياة البكتيريا ونشاطها ، فعلى درجات حرارة معينة تقوم الأنواع المختلفة بوظائفها على أكمل وجه ولكل ميكروب درجة حرارة صغرى (Minimum temperature) لا ينمو على أقل منها ودرجة قصوى (Maximum temperature) لا ينمو على أعلى منها ، وتعرف أحياناً درجات الحرارة المحصورة بين هاتين الدرجتين باسم نطاق حرارة النمو (Growth temperature range) أما الدرجة الأكثر ملاءمة لنشاط الميكروب وتكاثره والتي تقع بين الحدين المذكورين فتعرف أحياناً باسم درجة الحرارة المثلى (Optimum temperature)

وانخفاض درجة الحرارة عن الدرجة الصغرى لا يقتل البكتيريا عادة ولو أنه يعطل عملها فتبريد اللبن إلى درجة التجمد مثلاً لا يضر بكتيريا حامض اللبكتيك أما تعرض البكتيريا لحرارة أعلا من الدرجة القصوى فيضر بها ويزداد الضرر بارتفاع الحرارة وتسمى عادة أقل درجة حرارة فوق الدرجة القصوى تقتل عليها مزرعة من ميكروب معين في مدة عشر دقائق باسم الدرجة القاتلة (Lethal temperature) وتأثر هذه الدرجة بعدة عوامل منها طبيعة البيئة التي ينمو فيها الميكروب وتأثيرها وعمر المزرعة الخ .

وتقسم البكتيريا أحياناً تبعاً لدرجة الحرارة الملائمة لنموها إلى ثلاثة أقسام هي : الأنواع الباردة (psychrophilic) وتلائمها درجات الحرارة المنخفضة نسبياً والأنواع المعتدلة (Mesophilic) ويناسبها الدرجات المتوسطة وهي تشمل أغلب أنواع البكتيريا والأنواع الحارة (Thermophilic) وهي التي تزكو على الدرجات المرتفعة .

والحرارة من أهم وسائل إبادة البكتيريا على أن تأثيرها بالحرارة يختلف باختلاف أنواعها ولكن يقال عموماً إن الحرارة المصحوبة برطوبة تكون أقوى في تأثيرها من الحرارة الجافة وإن أنواع البكتيريا المتجرمة أصعب في إبادتها من الأنواع الخضرية وستكلم عن أنواع الحرارة وطرق استعمالها في قتل البكتيريا والأجهزة الخاصة بذلك بالتفصيل عند الكلام عن التعقيم

(٥) الضوء : في حين أن النباتات الخضراء لا تنمو بغير ضوء الشمس الذي تستمد منه المجهود فإن البكتيريا ما عدا القليل جداً منها تفضل النمو في الظلام بينما يقتلها ضوء الشمس المباشر إذا عرضت له مدة

من . الزمن لهذا يراعى فى إختيار الأمكنة الصحية أن تدخلها الشمس بكمية وافرة ، وقد وجد أن للأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية من الضوء المذكور تأثيراً قوياً فى قتل البكتريا ولهذا تستعمل أحيانا الأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet rrys) فى تعقيم الماء واللبن .

على أنه لم يعرف على وجه التحقيق سبب التأثير الضار الذى يحدثه الضوء فى البكتريا ولو أنه يظن أنه يرجع إلى عدة عوامل طبيعية وكىماوية منها التجفيف والتسخين وتكون فوق أكسيد الأيدروحين فى البيئة التى يعيش فيها الميكروب .

الانزيمات البكتيرية :

ذكرنا أنه لابد أن يكون غذاء البكتريا ذاتها ليتمكنها الاستفادة به وهى لذلك تلتج مواد بمسكنها التأثير بواسطتها على المركبات الغير الذاتية كالنشاء والسليلوز والدهن الخ . فتذيبها قبل أن تنتشر فى الخلية وقد سميت هذه المواد باسم الانزيمات (Enzymes) وهى مواد سائلة غروية غير حية منها ما تعمل خارج الخلية وتسمى بالانزيمات الخارجية (exoenzymes) وهى تؤدى الأعمال الآتفة الذكر ومنها ما تعمل فى داخل الخلية وتعرف باسم الانزيمات الداخلية (endoenzymes) وهذه تؤثر فى المواد الذاتية بأن تحللها أو تؤكسدها وبذلك ينتفع الميكروب بالمجهود الناتج من هذه العمليات مباشرة ، ومن المحتمل أن تكون الانزيمات هى سبب جميع التغيرات الكىماوية التى تحدثها الميكروبات . ومع أنه لم يمتد إلى فصل الانزيمات من الخلايا التى تنتجها بحالة نقية تماما إلى أن خواصها قد درست بعناية وعرف منها الكثير فهى تشبه الكائنات الحية من حيث أن عملها يبطل إذا عرضت للحرارة العالية إلا أنها أكثر منها مقاومة لفعل المطهرات الكىماوية كاللاير والكلوروفورم والفينول ، ولذا يعتمد أحيانا إلى وقاية محاليل الانزيمات كالريفيت بإضافة قليل من حامض البوريك إليها وتؤثر كمية قليلة من الانزيم فى مقدار من المادة التى تتأثر به تعادل وزنها مئات المرات دون أن يطرأ عليه تغير ولذلك فهى تعتبر عوامل مساعدة عضوية (Organic catalysts) وليس كل أنزيم درجة حرارة معينة ودرجة خاصة من الخوضة أو القلوية تلائم عمله ، وهى تبقى حافظة لقواها مدة طويلة إذا حفظت فى الظلام أما تعرضها لأشعة الشمس فيبطل عملها غالبا وليس كل أنزيم تأثير خاص فى مادة معينة أو فى عدة مواد تنتمى إلى قسم واحد والانزيمات المعروفة كثيرة العدد يمكن تقسيمها إجمالاً إلى :

- (١) أنواع تحلل المواد المعقدة التركيب إلى مواد أبسط بإضافة الماء ومن هذه ما تؤثر فى الكربوهيدرات كـ « كاسيلوز والنشاء وسكر القصب وسكر اللبن الخ » وما تؤثر فى الدهون وما تحلل البروتين .
- (٢) أنواع مؤكسدة ومجزئة وهى تؤثر فى عدة مواد ويعزى إلى عملها بعض الاختبارات الهامة التى تحدث فى الطبيعة .
- (٣) أنواع مختزلة .

ويجوز اللبن ، كما تلتج بعض أنواع البكتريا التى به عادة ، انزيمات من القسمين الأخيرين يتخذ عملها أساسا لعدة اختبارات منفصلها فيما بعد كما سنعود إلى شرح التغيرات الكىماوية التى تسببها الانزيمات المهمة فى اللبن .