بسم الله الرحمن الرحيم

# مقدمة

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

وبعد فما من شك فى أن البلاد أدركت فى السنوات الأخيرة تقدماً كبيراً فى شتى مناحى الإصلاح والإجتماع بفضل النهضة القومية التى بثت روح العمل والتفانى فى نفوس المصريين على اختلاف طبقاتهم ونزعاتهم وحفزت كل مصرى على أداء واجبه والقيام بنصيبه فى السعى لرفعة البلاد وأحلالها المحل اللائق بها بين الأمم الناهضة الفتية .

ولقد كان لكثيرين من تلك النخبة من أبناء مصر البررة الذين أوفدتهم الحكومة إلى مختلف بلاد الغرب للتزود من علومها ومعارفها فضل كبير فى النهوض بالمستوى العلمى والثقافى للبلاد بما نشروه من بحوث جليلة وصنفوه من مؤلفات قيمة فى شتى العلوم والفنون .

وإنه من دواعى غبطتى أن أوفق لوضع مؤلف فى « بكتريولوجيا الألبان » ، وهى إحدى الفروع التى تلقنتها فى بعثتى وأقوم بتدريسها منذ سنوات لطلبة كلية الزراعة ، وهو أول كتاب من نوعه ينشر بالعربية ، وكان من أهم ما شجعنى على وضع هذا المؤلف ما رأيته من اهتمام الهيئات الصحية ببحث نظافة المأكولات وخاصة الألبان ومنتجاتها توسلا إلى وقاية الجمهور من أخطار الفاسد منها ، وكذلك ما بدا من رغبة المشتغلين بصناعة الألبان فى معرفة طرق اختبار اللبن ومنتجاته وتفهم العوامل التى تؤدى إلى تحسين هذه الصناعة وبلوغها درجة الكمال .

وقد راعيت فى وضع هذا الكتاب بساطة التعبير ليكون سهل المأخذ كما أوضحت أغلب موضوعاته بأشكال جلها تخطيطى خال من التعقيد ، ولكى يمكن للقارىء فهم بعض الإصطلاحات التى 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 الثانى دراسة التغيرات التى تحدثها البكتريا باللبن ومنتجاته ، ويتضمن الثالث شرح طرق الفحص البكتريولوجى للألبان ومنتجاتها

وإنى لأذكر مع مزيد الامتنان ما قدمه حضرات موظفى قسم البكتريولوجيا بكلية الزراعة من المساعدة فى ملاحظة طبع هذا الكتاب وأخص بالشكر حضرة عبد الحميد الكردانى أفندى المعيد بالقسم المذكور لما بذله من جهد موفق فى إعداد جميع الأشكال التى يحويها هذا الكتاب .

والله المأمول أن ينفع به قارئيه وأن يوفقنا إلى مايحبه ويرضاه ؟

محمود سليم

قسم البكتريولوجيا
كلية الزراعة — جامعة فؤاد الاول
يناير ١٩٤٥

# تمهيـــــد

## أولا — نبذة تاريخية عن بكتريولوجيا الألبان

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

وعلم البكتريا من العلوم الحديثة نسبيا إذا قيس بغيره كالكيمياء والطبيعة ونحوهما فهو لم يتقدم تقدما محسوسا إلا منذ أواخر القرن الماضى ولو أن الأحياء الدقيقة من بكتريا وفطر وبروتوزوا كانت معروفه قبل هذه الآونة بزمن ليس بالقصير ، فقد تقدم أنتونى فان لوفنهوك ( Antonius van Leeuwenhoek ) الهولندى إلى الجمعية الملكية بلندن فى سنة ١٦٨٣ برسالة يصف بها أحياء دقيقة شاهدها فى الماء واللعاب بميكروسكوب بسيط من صنعه وأرفق تقريره برسوم توضح ماشاهده ، ولقد كان هذا الاكتشاف الأول من نوعه ولذا صادف إهتماما كبيراً من العلماء فى ذلك الوقت ، وبعد حوالى مائة سنة من التاريخ المذكور كانت قد تقدمت فى أثنائها صناعة العدسات تقدما محسوساً نشر الدنمركى مولر ( Muller ) بحثا مستفيضا عن ميكروبات موجودة فى مواد متعفنة واشتغل بتقسيم البكتريا تقسيما علميا 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 فى أواسط القرن الثامن عشر أن الأحياء الدنيا التى تسبب الفساد والتعفن تنشأ فى المواد العضوية من تلقاء نفسها أى تولد فيها ذاتيا وعرفت هذه النظرية وقتئذ بنظرية التولد الذاتى ( Spontaneous generation ) فى حين إنبرى البعض الآخر لدحض هذا الزعم وإثبات خطأ هذه النظرية عمليا بالتجارب الدقيقة .

ولم يقتصر اهتمام العلماء على علاقة الميكروبات بالأمراض بل اتجهت أفكار بعضهم منذ أوائل القرن التاسع عشر إلى بحث علاقتها بالتغيرات التى تحدث فى مواد الغذاء . وفى سنة ١٨٣٧ ذكر شفان (Schwann) أن جميع عمليات الاختمار والتعفن تحدث عن أحياء دقيقة . وذكر دونيه ( Donné ) أنه لا يجب أن يقتصر فحص التغيرات التى تحدث باللبن على الإختبار الكيماوى بل ينبغى كذلك درسها ميكروسكوبيا واكتشف فوخس ( Fuchs ) بعدئذ أن حموضة اللبن وكثيرا من التغيرات غير العادية التى تحدث به تنشأ عن أسباب بكتريولوجية ، ففى سنة ١٨٤١ قام بفحص عدة عينات من اللبن الأزرق والأصفر فحصا ميكروسكوبيا واكتشف فيها ميكروبات أمكنه إنماءها فى مزرعة وعند ما لقح منها عينات جديدة من اللبن ظهر بها اللون الأزرق كذلك .

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

باستور من القضاء نهائيا على نظرية التولد الذاتى 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 فى باريس .

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

وفى سنة ١٨٧٨ اشتغل الجراح الإنجليزى لورد لستر ( Lister ) بموضوع إنتاج اللبن النقى ودرس العوامل التى تسبب تلوثه بالميكروبات فى أثناء الإنتاج والمعاملة كما درس عمل الميكروبات فى الجروح وفائدة التعقيم والتطهير فى الجراحة .

وكان للرجال الذين توافروا على دراسة بكتريولوجيا الألبان بعد هذه التواريخ وبخاصة منذ أوائل القرن الحالى فضل كبير فى تقدم صناعة الألبان والنهوض بها إلى ما بلغته من رقى فى الوقت الحالى ولهذا لايكاد يخلو قطر من الأقطار المتحضرة من معهد خاص بأبحاث بكتريولوجيا الألبان .

## ثانيا — أهمية بكتريولوجيا الألبان

للبن ومنتجاته أهمية عظمى فى غذاء الإنسان ولذلك اهتم العلماء والباحثون من قديم الزمن بدرس تركيبه وخواصه ووجهوا عناية كبرى إلى بحث ما ينشأ باللبن ومنتجاته من تغيرات وعلاقة ذلك بالبكتريا وسميت هذه الناحية العلمية باسم بكتريولوجيا الألبان ( Dairy Bacteriology ) .

وتنحصر أهمية بكتريولوجيا الألبان فى ثلاث نقط جوهرية وهى :

### أولا . تغير وفساد اللبن وبعض منتجاته :

إن عددا كبيرا من البكتريا والأحياء الدقيقة الأخرى تسبب نتيجة نموها باللبن وما يصنع منه من مستخرجات تغيرات غير مرغوب فيها تضر بطعمه ورائحته أو تغير لونه وتؤدى إلى سرعة فساده ، لذا يجب على المنتج أن يعرف مصدر تلك الميكروبات والشروط التى تلائم نموها وكذا الوسائل التى 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 نوعاما قد تقل خلالها درجة جودتها بسبب فعل الميكروبات فيها وتلاحظ أهمية ذلك على الخصوص فى حالة الجبن الذى يلزم تركه بضعة شهور كى ينضج حيث يجب أن تكون الظروف ملائمة لنمو الميكروبات الخاصة بعملية

التسوية وفى هذه الحالة قدتساعد هذهالعوامل كذلك على تكاثربعض أنواع الميكروبات غير المرغوب فيها

من ذلك نرى أن دراسة بكتريولوجيا الألبان من هذه الوجهه عظيمة الأهمية بالنسبة لكل من المنتج والصانع على السواء وباتباع التعاليم المستمدة منها تتسع تجارتهما وتزيد أرباحهما .

ثانياً : استخدام أنواع خاصة من الميكروبات فى صناعة بعض المنتجات

تستخدم فى صناعة الزبد والجبن والألبان المختمرة ميكروبات خاصة تختلف باختلاف نوع المنتجات ففى الزبد تستعمل ما تعرف بالروبة ( starter ) وهى عبارة عن مزرعة من ميكروبات خاصة تنشط وتلقح بها القشدة قبل خضها وبتكاثرها يتكون عنها حامض اللكتيك . وهنا تظهر أهمية الروبة حيث تستغرق عملية خض القشدة مدة أقصر وتكتسب الزبد الناتجة طعما مقبولا ونكهة خاصة كما أن الحموضة الناشئة عن ميكروبات الروبة توقف عمل البكتريا غير المرغوب فيها فتعيش الزبد مدة أطول .

كما يتوقف صنف الجبن وجودة أنواعه المختلفة وطعمها ونكهتها على أنواع الميكروبات التى تنشط أثناء صنعها ونضجها . وصناعة الألبان المختمرة مثل لبن الزبادى تتوقف على عمل الخميرة 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 وطبية ممتازة .

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

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 عمل الميكروبات كثير من التحسينات . وسوف يستمر التقدم من هذه الوجهة بدون شك .

ثالثا : إنتشار الأمراض بواسطة منتجات اللبن :

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

لذلك يجب العلم بالمصادر التى تنتقل منها الميكروبات الممرضة إلى اللبن وكيفية وصولها إليه والظروف التى تلائم نموها وتكاثرها فيه والإلمام بالطرق التى يمكن التذرع بها لانتاجه خاليا منها ولابادتها إذا وصلت إليه .

## ثالثاً — وصف عام للبكتريا

### علاقة البكتريا بالأحياء الأخرى

تشبه البكتريا فى بعض خواصها النباتات بينما تشترك فى خواص أخرى مع الحيوانات ، لذلك اختلف رأى العلماء فى صدد اعتبارها نباتا أو حيوانا حتى أن بعضهم اعتبرها قسما قائما بذاته ووضعها البعض الآخر مع الأحياء الميكرسكوبية 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 وسنبسط باختصار فيما يلى علاقتها بالأحياء الأخرى التى تشملها المملكة المذكورة .

تنقسم المملكة النباتية إلى أربع رتب رئيسية وهى :

(١) البريوفيتا أو « الحززية » ( Bryophyta )

(٢) التريدوفيتا أو « السرخسية » ( Pteridophyta )

(٣) السبرماتوفيتا أو « البزرية » ( Spermatophyta )

(٤) الثالوفيتا أو « الثالوثية » ( Thallophyta )

والرتبة الأخيرة وهى التى تهمنا 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 :

ا — الأنجى أو الطحالب ( Algae ) وهى تحتوى على المادة الخضراء أى الكلوروفيل .

ب — الفنجاى أو الفطريات ( Fungi ) وهى لا تحتوى على الكلوروفيل وتشمل الفطر والخمائر .

حـ — 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 البكترية على مثل هذه النواة . وأخيرا فإنه فى أغلب الأحوال يزيد حجم خلية الخميرة عن حجم الخلية البكترية . أما الفطر أو الفنجاى فيتركب جسمها الزغبى من كتلة من خيوط رفيعة تحمل فروع منها جراثيم مستديرة تتكون وتتجمع فى أشكال مختلفة يمكن بواسطتها تمييز أنواع الفطر الكثيرة ميكرسكوبيا . وتتكاثر هذه النباتات عادة بواسطة الجراثيم التى ينتج منها كل نبات عددا وفيرا .

## معيشة البكتريا ومدى انتشارها

من أنواع البكتريا ما هو متطفل ( Parasitic ) أى ما يعيش على أحياء أخرى وهذه لاضرر من بعضها كالأنواع التى توجد فى أجسام الأصحاء بل بالعكس قد تكون مفيدة أما البعض الآخر فضار إذ يتسبب أحيانا عن وجوده فى الجسم أمراض خطيرة كالسل والتيفود وغيرهما . ومن البكتريا ما هو رمى ( Saprophytic ) وهذه تعيش على المواد العضوية عديمة الحياة وهى على العموم مفيدة ويوجد بعضها فى التربة حيث يلعب دورا هاما فى إنحلال المواد العضوية وإعداد الغذاء اللازم للنباتات الراقية . ويقوم البعض الآخر بعمليات الاختمار الضرورية لصنع بعض الأغذية اللازمة للانسان 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 تنمو فى الطبيعة أحيانا على مواد عديمة الحياة مثل اللبن والسماد . 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 والانسان والحيوان ولا يكاد يخلو منها غير دماء وخلايا الحيوانات الصحيحة الخالية من الأمراض وأنسجة النباتات السليمة والمياه العميقة وبالطبع المواد المعقمة .

## تركيب البكتريا ( Structure )

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

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

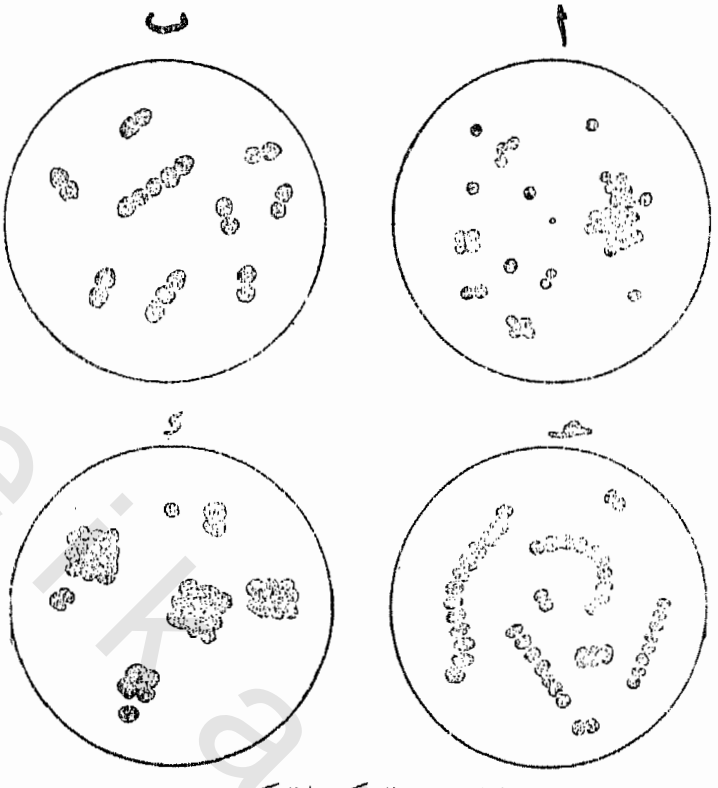
وأحيانا نجد بالخلية فجوة ( vacuole ) أو أكثر كما يظهر بالبروتوبلازم ذرات من الكربوايدرات والبروتين ونقط زيتية وقد تشاهد به حبيبات كبريتية .

وتفرز بعض الأنواع مادة جيلاتينية إما أن تذوب فى بيئة الميكروب فيصبح قوامها مخاطيا أو تبقى ملتصقة بالخلية بهيئة غلاف ( Capsule ) .

## شكل البكتريا ( Form )

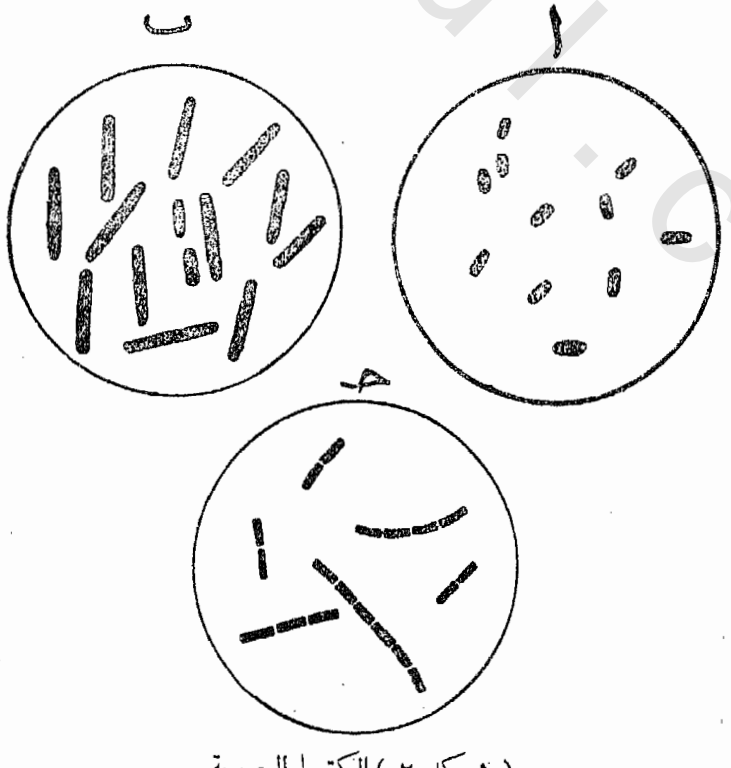
تختلف البكتريا كثيرا فى شكلها وهى تسمى غالبا حسب الشكل . والأشكال المعتادة لها أربعة هى :

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




( شكل ١ ) البكتريا الكرويه

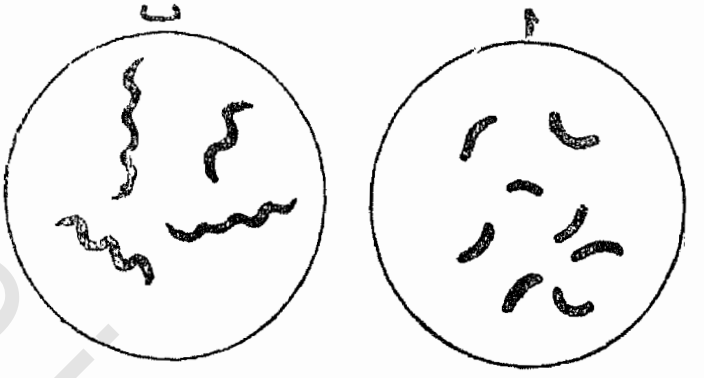
( ٢ ) العصوية ( بكتريوم أو باسلس Bacterium or Bacillus ) وفيها تظهر بشكل عصى قصيرة أو طويلة نسبيا . ( شكل٢ ) .




( شكل ٢ ) البكتريا العصوية

obeikandl.com

(٣) الضمية ( فبريو Vibrio ) حيث تكون على هيئة منحن أو منثن . ( شكل ٣ — أ ) .
(٤) الحلزونية ( سبيريلوم أو سبيروكيتا Spirillum or Spirochaeta ) وتظهر بشكل لولبي ذى ثنيات قليلة أو كثيرة . ( شكل ٣ ب ) .




( شكل ٣ ) البكتريا الضمية والحلزونية

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

## حجم البكتريا ( Size )

البكتريا متناهية فى الصغر ولذا فهى 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 $\frac{1}{25000}$ تقريبا من البوصة . ويختلف قطر البكتريا الكروية غالبا بين ½ ؟ ١ ميكرون ولكن توجد منها أنواع أصغر وأخرى أكبر من ذلك . أما البكتريا العصوية فتختلف بين ٤ ؟ ٦ طولا ؟ بين ½ ١ ؟ ٢½ عرضا وهناك أنواع يبلغ طولها أحيانا ٤٠ — ٦٠ ميكرونا .

ولكى نتخيل مدى صغر البكتريا ودقتها نقول أنه لما كان حجم خليتها فى المتوسط ميكرون واحد مكعب والسنتيمتر المكعب يحتوى على ترليون ميكرون مكعب فإن ترليون ميكرون تملأ فراغا قدره سنتيمترا مكعبا كما أن مثل هذا العدد تقريبا يزن جراما واحدا لأن الوزن النوعى للبكتريا يزيد قليلا على الوزن النوعى للماء .

## حركة البكتريا ( Motility )

إذا اختبرت البكتريا فى نقطة من مزرعة سائلة تحت الميكروسكوب يلاحظ أن بعضها يتحرك والبعض الآخر لا يملك هذه الخاصية وذلك باختلاف أقسامها وأنواعها . أما الخمائر والفطر فلا تتحرك اطلاقا .

وتتسبب الحركة عن الفلاجلات وهى خيوط رفيعة جدا تبرز من جدار الخلية ولا يتجاوز سمكها $\frac{1}{20}$ سمك الخلية التى تنتجها ولا بد من صبغ الميكروب بطرق خاصة حتى يمكن رؤية هذه الفلاجلات التى بتحركها

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

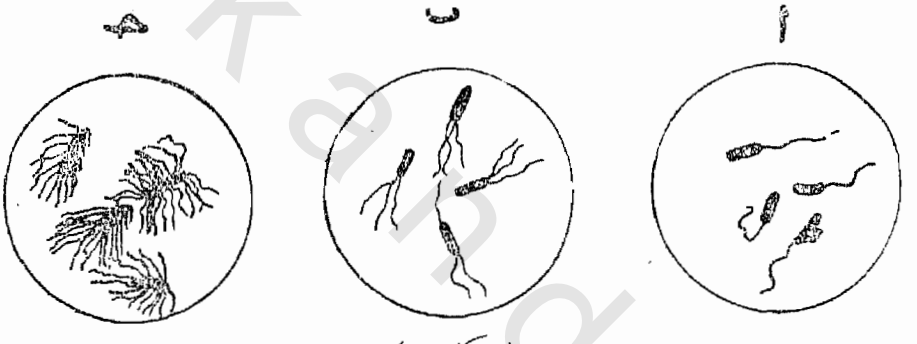
وتقسم البكتريا أحيانا تبعا لوجود الفلاجلات عليها أو عدم وجودها وكذلك تبعا لعدد هذه الفلاجلات ونظم توزيعها على الخلية وفيما يلى بيان هذه الأقسام :

(١) ميكروبات لاتحمل أهدابا وتعرف باسم عديمة الفلاجلات ( أتريك Atricous )

(٢) ميكروبات ذات هدب واحد طرفى ( وتعرف باسم مونوتريك ( Monotricous) . شكل ٤ أ )

(٣) ميكروبات تحتوى على خصلة من الاهداب فى أحد طرفى الخلية ( وتعرف باسم لوفوتريك Lophotricous ) . ( شكل ٤ ب )

(٤) ميكروبات تحمل أهدابا منتشرة على الخلية ( وتعرف باسم بريتريك Periticous) (شكل ٤ حـ)




( شكل ٤ )

نظام توزيع الفلاجلات على البكتريا المتحركة

ويميل البعض إلى اعتبار الميكروبات التى تحتوى على هدب واحد أو خصلة من الأهداب فى كلا الطرفين قسما قائما بذاته ( ويعرفونه باسم أمفتريك « Amphitricous » على أن هذه الميكروبات فى الحقيقة هى نفسها التى تحمل فلاجلات فى طرف واحد أى المنتمية إلى القسمين ٢ ، ٣ ولكن تظهر الفلاجلات بكلا الطرفين قبل أن يبدأ الميكروب فى الانقسام ( أنظر شكل ٤ ب ) حتى إذا ما تم إنقسامه يصبح لكل خلية من الخليتين الناتجتين فلاجيلوم أو عدة فلاجلات على أحد طرفيها فقط

## تكاثر البكتريا (Multiplication)

تتكاثر البكتريا بالانقسام البسيط فتنقسم كل خلية إلى اثنتين بحدوث إنقباض فى وسطها ثم يصبح كل من الجزئين خلية قائمة بذاتها تتكاثر بنفس الطريقة . وقبل أن ينقسم الميكروب العصوى يستطيل حتى يبلغ ضعفى طوله ثم ينقسم عموديا على أطول محور ، أما الميكروبات الكروية فكثيرا أيضا ما تتمدد قليلا قبل الانقسام الذى يحدث فى أى اتجاه . وسرعة إنقسام البكتريا كبيرة جدا فينقسم الميكروب تحت الظروف الملائمة تماما مرة كل نصف أو ثلث ساعة . فلو استمر فى الانقسام بهذه السرعة مدة يومين لنتج عنه ملايين الأطنان من البكتريا إلا أن هذا مستحيل لأن الظروف الملائمة لاتلبث أن تتغير ، فمثلا يقل الغذاء وتتراكم

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

## تجمع البكتريا ( Grouping )

عند انقسام البكتريا قد تنفصل الخلايا الناتجة عن بعضها أو قد تبقى البكتريا الكروية متصلة معاً بحالة زوجية فتسمى دبلوكوكس ( Diplococcus ) أو تنقسم في عدة اتجاهات مكونة بذلك أشكالا عنقودية غير منتظمة فتعرف باسم ستافيلوكوكس ( staphylococcus ) . وإذا انقسمت في اتجاهين بالتبادل فإنها تكون أولا أزواجا ثم أشكالا مربعة منتظمة ويطلق على هذا النوع اسم بديكوكس ( Pediococcus ) . ولكن عادة يطلق على أي نوع من الأنواع السالفة الذكر اسم ميكروكوكس ( micrococcus ) . ( شكل ١ — أ )

وقد يحصل أن يتكرر انقسام الخلايا في اتجاه واحد فتتكون بذلك سلاسل وتعرف مثل هذه الميكروبات باسم الميكروبات السبحية وعليها باسم ستربتوكوكس ( Streptococcus ) . ( شكل ١ — ب ، ح ) ومن أنواع البكتريا الكروية ما تنقسم في ثلاث اتجاهات مختلفة على التوالي فتتكون في النهاية مكعبات أو حزم منتظمة ويعرف هذا النوع باسم سارسينا ( Sarcina ) : شكل ١ — د )

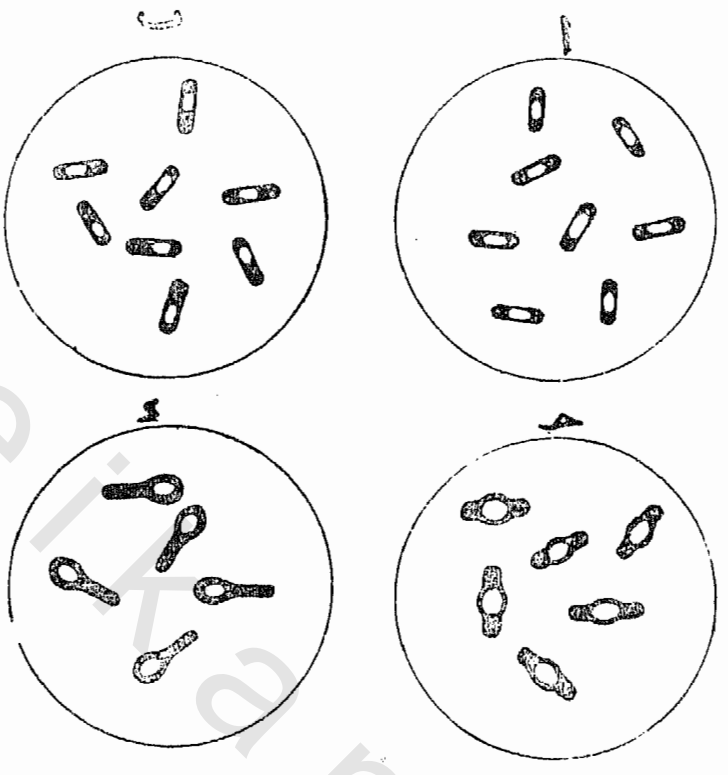
والبكتريا العصوية كذلك إما أن تنفصل عن بعضها بعد انقسامها أو تبقى متصلة في أزواج أو في سلاسل قصيرة أو طويلة .

## 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 طرق تكاثر البكتريا بخلاف الحال في الفطر حيث ينتج كل نبت عددا كبيرا من الجراثيم يعطي كل منها نباتا جديدا فيما بعد .

والأنواع المتجرثمة تقاوم الظروف الضارة عن الأنواع الأخرى فمثلا يتحمل بعضها التعرض لدرجة الغليان 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 تنبت الجراثيم فينتج كل منها خلية خضرية مشابهة للخلية الأصلية وتتكاثر كالمعتاد . وتتميز الجرثومة بصغر حجمها نوعا وانخفاض نسبة الماء بها عن الخلية الخضرية الأصلية كما أن جدارها أسمك وأقوى .

والجراثيم أهمية كبرى في تمييز أنواع البكتريا المتجرثمة لأن حجم وشكل وموضع الجرثومة ثابت في النوع الواحد تقريبا فمنها الكروي والبيضي والصغير والكبير . كما أن بعضها يتكون في وسط الخلية والبعض الآخر قرب طرفها ( شكل ٥ — ا ، ب ) وقد يحدث انتفاخ حول موضع الجرثومة الوسطية فتصبح مغزلية الشكل وتعرف حينئذ باسم كلوستريديوم ( Clostridium ) ( شكل ٥ — ح ) أو يكون الانتفاخ حول جرثومة طرفية فتشبه عصا الطبل ( مضرب النس ) وتسمى بلكتريديوم ( Plectridium ) ( شكل ٥ — د ) .



( شكل ٥ ) الجراثيم البكتيرية

وليس من الضرورى أن توجد البكتريا المتجرثمة تحت ظروف ضارة كى تكون الجراثيم بل قد يحدث ذلك تحت الظروف العادية إذ يظهر أن تكون الجراثيم دور من أدوار حياة البكتريا .

وتنبت الجراثيم بأن ينتفخ جدار الجرثومة وتبرز الخلية الخضرية الجديدة وذلك إما من أحد الطرفين فيسمى الإنبات الطرفى أر من الجانب ويعرف بالانبات الجانبي أو بالقرب من أحد الطرفين ويطلق عليه الإنبات المنحرف . وقد تتغير الجرثومة مباشرة إلى خلية خضرية .

وتستغرق عملية الإنبات على درجة الحرارة المناسبة وفى ظروف ملائمة من ٣ — ٤ ساعات .

## تقسيم البكتيريا ( Classification )

اشتغل كثير من العلماء بتقسيم الميكروبات وقد وضع التقسيم فى أغلب الأحوال بحسب أشكال الميكروبات أو تكوين الجراثيم أوالحركة او لون الميكروبات أو من حيث نفعها أوضررها أو قدرتها على إحداث الأمراض الخ . على أن هذه الصفات غير ثابتة غالبا فالميكروب العصوى مثلا يظهر أحيانا بشكل كروى فى أحوال خاصة كاختلاف الحرارة والغذاء ، وكذلك تتغير الصفات الأخرى باختلاف العوامل الخارجية ولكن بالرغم من ذلك وضعت أسماء الأجناس فى أهم التقاسيم تبعا للأشكال التى تأخذها الميكروبات فى الغالب وسنشير هنا باختصار إلى أهم التقسيمات المتبعة .

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

أولا : بكتريا كروية ونادرا ماتشبه العصوية
- (١) فردية أو زوجية أو فى طبقة منتظمة أو غير منتظمة وليست فى سلاسل وتعرف باسم ميكروكوكس ( Micrococcus ).
- (٢) فى سلاسل — ستربتوكوكس ( Streptococcus ).
- (٣) كتل منتظمة سرسينا ( Sarcina )

ثانيا : عصوية ونادرا ماتشبه الكروية أو المنحنية .
- (١) بدون جراثيم — بكتريم ( Bacterium )
- (٢) متجرثمة باسلس ( Bacillus )

ثالثا : منحنية أو حلزونية ونادرا ماتكون كروية أو عصوية .
- (١) شكل ضمى — فبريو ( Vibrio )
- (٢) شكل حلزونى غير مرن سبيريللم ( Spirillum )
- (٣) شكل حلزونى مرن — سبيروكيتا ( Spirochaeta ).

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

أما التقسيم الثانى فيعرف بتقسيم مجيولا ( Migula ) وهو أقل أهمية من التقسيم السابق نظرا لأنه مبنى على صفات قابلة للتغير كثيرا — كنظام الفلاجلات وعددها ولون الميكروبات وطريقة إنبات الجراثيم — الخ . كما أن هذا العالم لم يعتمد فى تقسيمه على صفات الميكروبات التى اختبرها بنفسه ولكنه أدمج فيها أوصافا غير تامة لميكروبات كثيرة وضعها غيره من الباحثين ، وتقسم البكتريا فى هذا التقسيم إلى فصيلتين أو رتبتين ( Orders ) تعرف الأولى منهما باسم يوبكتريا ( Eubacteria ) وهى تشمل الأنواع التى لا لون لخلاياها أو التى تكون ملونة قليلا ولا تحتوى على حبيبات كبريتية وتنقسم إلى ثلاث عائلات كالآتى :

١) كوكاسى ( Coccaceae ) وتشمل الأنواع الكروية .
٢) بكتريا-ى (Bacteriaceae) « « العصوية
٣) سبيرلاسى ( Spirillaceae ) « « المنحنية أو الحلزونية .

أما الفصيلة الثانية وتعرف باسم ثيوبكتريا ( Thiobacteria ) فتشمل الأنواع المحتوية على حبيبات كبريتية وهى أقل أهمية من الوجهة الزراعية من الفصيلة الأولى .

ويستحسن أن نشير هنا إلى أن الذين يتبعون تقسيم مجيولا يستعملون لفظ بكتريم فى تسمية الأنواع غير المتحركة وكلمة باسلس 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 أزوتوبا كتر ( Azotobacter ) قد يحتوى على أهداب طرفية أو أهداب منتشرة على الخلية وهذا يوضح عدم أهمية هذه الصفة فى التقسيم كما قلنا من قبل .

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

(١) كوكاسى ( Coccaceae ) وهى الأنواع الكروية .

(٢) بكتريا سى ( Bacteriaceae) وهى الأنواع العصوية غير المكونة لجراثيم غالبا

(٣) باسلاسى ( Bacillaceae ) وهى الانواع العصوية المكونة لجراثيم .

(٤) سبيرلاسى ( Spirillaceae ) وهى الانواع الحلزونية .

(٥) نتروبكتريا سى (Nitrobacteriaceae ) وهى أنواع تتحصل على مجهودها من أكسدة المركبات البسيطة من الكربون والازوت وكذا الانواع المثبتة للأزوت .

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

ويجب أن نتذكر أن النوع الواحد من البكتريا قد تختلف تسميته باختلاف التقسيم المتبع على أن إسم النوع فى جميع الاحوال يكون واحد فمثلا من الميكروبات المهمة فى دراسة بكتريولوجيا الالبان الميكروب المعروف باسم كولاى ( Coli ) فالذين يتبعون تقسيم لهمان يعرفونه باسم بكتريوم كولاى « Bacterium coli » باعتباره نوعا غير متجرثم والذين يتبعون تقسيم مجيولا يعرفونه باسم باسلس كولاى « Bacillus coli » باعتباره عصوى متحرك أما الذين يتبعون التقسيم الامريكى فيعرفونه باسم أشريشيا كولاى « Escherichia coli »

## تسمية البكتريا

يتبع فى تسمية البكتريا غالبا نفس النظام المتبع فى تسمية الحيوانات والنباتات فالاسماء العلمية لهذه الاحياء الراقية تتألف من كلمتين تدل الاولى منهما على اسم الجنس « genus » والثانية على اسم النوع ( species ) فمثلا يقال بكتريم تيفوسم « Bacterium typhosum » للميكروب المسبب لحمى التيفود وباسلس انثراسز « Bacillus anthracis » للميكروب المسبب لمرض الجمرة الخبيثة وستربتوكوكس لاكتس « Strep. lactis » للميكروب الذى يسبب حموضة اللبن ، فالكلمة الاولى فى كل من هذه الاحوال هى اسم الجنس والكلمة الثانية هى اسم النوع والاسماء العلمية للبكتريا كالاسماء 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 باسماء سهلة التداول فيقال باسلس التدرن بدلا من باسلس

أو بكتريم تيوبركلوسز « Bacillus or Bacterium tuberculosis » وباسلس القولون للميكروب المعروف علميا باسم « Bacillus or Bacterium coli »

وبالرغم من هذه القاعدة العلمية يحصل التباس أحيانا فى أسماء الميكروبات وهذا اللبس ناشئ عن تشعب أبحاث العلماء الفردية واختلافهم فى وصف الميكروبات وتقسيمها كما أوضحنا ذلك فى نهاية الكلام عن تقسيم الميكروبات .

## فحص البكتريا بالميكروسكوب

لما كانت خلايا البكتريا كما أسلفنا القول شفافة ومتناهية فى الصغر لذلك لا يمكن رؤيتها ودراستها إلا بعد تلوينها بأصباغ خاصة تعرف بصبغات الأنيلين واختبارها بواسطة الميكروسكوب المركب (Compound Microscope) وقوة التكبير المستعملة عادة فى فحص الميكروب هى من ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ أما الصبغات المستعملة فى الفرض المتقدم فما يعرف بالصبغات الفردية ( Single stains ) كالفوكسين وازرق الميثلين ونحوهما . وتستعمل فى دراسة أشكال البكتريا وتجرثمها ونظام تجمعها الخ ولكن هناك حالات تستدعى استعمال طرق خاصة فى الصبغ حيث لاتفيد الصبغات العادية كما فى حالة صبغ الفلاجلات أوصبغ الجراثيم ومثل هذه الطرق تستدعى عناية خاصة ودقة كبيرة حتى تأتى بنتائج مرضية ومن انواع البكتريا كذلك ماينعذر صبغه بالصبغات العادية إلا بصعوبة كبيرة ومثل هذه البكتريا لاتزال منها الصبغة إلا إذا غسلت مرات عديدة بمواد تزيل اللون كحامض الكبريتيك أو الكحول . كما أن من طرق الصبغ ماتستعمل فيه صبغات خاصة كبنفسج الجنسيان لتمييز أنواع البكتريا إذ أن لبعض أنواعها قدرة على الاحتفاظ بهذه الصبغة رغم غسلها بالكحول بضع مرات فى حين أن البعض الآخر تزال منه الصبغة بسهولة .

ومن طرق الفحص الميكروسكوبى مايقصد به دراسة حركة البكتريا وفى هذه الطرق لاتصبغ البكتريا أو تعامل بمحاليل أخرى تسبب موتها أو تضعف نشاطها بل تختبر فى نقطة من السائل الذى تعيش فيه ولكن يحجب الضوء قليلا وبذلك يمكن رؤية البكتريا فى نقطة السائل مظللة دون كبير عناء وتلاحظ حركتها بوضوح .

## نمو البكتريا الظاهر (Visible growth)

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

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

## العوامل التى تؤثر فى حياة البكتريا

تتأثر حياة البكتريا بعدة عوامل خارجية أهمها خمسة وهى الغذاء والماء والأكسجين والحرارة والضوء وسنبحث باختصار فيما يلى أهمية كل منها :

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

وتتغذى الميكروبات دائما على المواد الذائبة فى الماء بطريقة الانتشار الاسموزى فتشبه النباتات من هذه الوجهة وهى تحتاج الى جميع عناصر الغذاء اللازمة للكائنات الراقية وأهم هذه العناصر الأزوت والكربون والأكسجين والايدروجين والفسفور والكالسيوم والكبريت وبعض العناصر المعدنية الأخرى .

وقد تقسم البكتريا من حيث المصادر التى تستمد منها الأزوت الى عدة أقسام أولها الأنواع التى تحصل عليه من الجو ( وهى تعرف أحيانا باسم بروتوتروفيك Prototrophic ) وثانيها الأنواع التى تستمده من النوشادر والأزوتات ( وهى تسمى باسم أوتوتروفيك Autotrophic ) وثالثها ما لا تستطيع الحصول عليه الا من مواد عضوية كالبروتين أو المواد الناتجة من انحلاله (وهذه يطلق عليها أحيانا اسم هيتروتروفيك Heterotrophic ) ويشمل هذا القسم أغلب أنواع البكتريا ومنها الأنواع التعفنية .

أما من حيث حاجة البكتريا إلى الكربون فهى إما أن تحصل عليه كذلك من مصدر غير عضوى ومثال ذلك بعض أنواع البكتريا التى تعيش فى التربة وتستمد الكربون من ثانى أكسيد الكربون الموجود بالهواء الجوى وإما أن تحصل عليه من مواد عضوية كما هى الحال فى الغالبية العظمى من البكتريا ، ومن المواد العضوية التى تستمد منها البكتريا عنصر الكربون البروتين على ان أغلب الأنواع تحتاج إلى مصادر خاصة كالكربوايدرات وبعض أنواع الكحول والحوامض العضوية وأملاحها وهناك أنواع لاتنمو إلا فى وجود أنواع خاصة من السكر وهذه الخاصية مهمة جدا فى التفرقة بين بعض أنواع البكتريا ذات الصفات المتشابهة .

وتحصل البكتريا على الأكسجين والأيدروجين من معظم المواد الغذائية التى تعيش عليها ومن الماء كما تستمد أولهما من الجو، أما العناصر المعدنية فتأخذها من الأملاح غير العضوية أو من المركبات العضوية التى تحويها وعند ماتزرع الميكروبات فى بيئات عضوية طبيعية كاللبن أو خلاصة اللحم فإنها تجد فيها كفايتها من العناصر المعدنية الضرورية .

وقبل أن نختم الكلام عن الغذاء تحسن الإشارة إلى أن البكتريا لاتستمد المجهود اللازم لنشاطها من ضوء الشمس كما هو الحال فى النباتات الراقية وذلك لعدم احتوائها على الكلوروفيل ولكنها تحصل عليه بواسطة تفاعلات كيماوية تحدثها فى مواد الغذاء وأهم هذه التفاعلات الأكسدة وهى إما أن تكون عضوية أوغير عضوية وفيهما تؤكسد المواد مباشرة بأكسجين الهواء أو تستخلص الأكسجين من مركب وتؤكسد به مركبا آخر أو تجرى الأكسدة فى داخل الجزىء فيختزل جانب منه ويؤكسد الجانب الآخر على نحو ما يحدث فى الاختمار الكحولى واختمار حامض اللكتيك وهى أكسدة غير مباشرة أى لايستعمل فيها الأكسجين الجوى .

هذا ولتأثير البيئة أو المادة الغذائية التى تعيش عليها الميكروبات أهمية كبرى فى نموها ، فالبكتريا لا يجود نموها إلا فى بيئة ذات تأثير متعادل أو مائل قليلا إلى القلوية فى حين أن الفطريزكو فى بيئة حمضية على أن من أنواع البكتريا المنتجة للأحماض كبكتريا حامض اللكتيك ما يمكنها المعيشة فى وجود نسبة عالية نوعا من الحموضة ، وغنى عن القول أن الجراثيم البكتيرية أكثر مقاومة للحموضة من الخلايا الخضرية .

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

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

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

(٣) الأكسجين : من أنواع البكتريا ما تشبه الكائنات الراقية من حيث حاجتها الى الأكسجين

الجوى للتنفس ولكن توجد منها أنواع أخرى تعيش بدونه 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 الى الأكسجين مطلقا لأن حصول البكتريا على المجهود اللازم لنشاطها ونموها يتوقف على عمليات الأكسدة ولكن تلك الأنواع تستمد الاكسجين اللازم لها من المركبات الغنية به كالسكر والأزوتات وبذلك تسبب اختزالها . ولهذه البكتريا أهمية كبرى أحيانا لأنها تحلل المواد المدفونة على أعماق كبيرة أو الموجودة فى جو خال من الأكسجين المطلق .

وهناك أنواع وسطية يمكنها أن تعيش فى وجود أكسجين الجو أو فى غيابه كبعض ميكروبات التعفن وبكتريا حامض اللكتيك على أن بعضها يفضل المعيشة الهوائية ويعرف باسم غير الهوائيـــة إختيارا ( Facultative anaerobic ) والبعض الآخر يفضل المعيشة غير الهوائية وتعرف باسم الهوائية اختيارا . ( Facultative aerobic )

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

وانخفاض درجة الحرارة عن الدرجة الصغرى لايقتل البكتريا عادة ولو أنه يعطل عملها فتبريد اللبن إلى درجة التجمد مثلا لايضر ببكتريا حامض اللكتيك أما تعرض البكتريا 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 فى مدة عشر دقائق باسم الدرجة القاتلة (Lethal temperature) وتتأثر هذه الدرجة بعدة عوامل منها طبيعة البيئة التى ينمو عليها الميكروب وتأثيرها وعمر المزرعة الخ .

وتقسم البكتريا أحيانا تبعا لدرجة الحرارة الملائمة لنموها إلى ثلاثة أقسام هى : الأنواع الباردة ( psychrophilic ) وتلائمها درجات الحرارة المنخفضة نسبيا والأنواع المعتدلة ( Mesphilic ) ويناسبها الدرجات المتوسطة وهى تشمل أغلب أنواع البكتريا والأنواع الحارة ( Thermophilic ) وهى التى تزكو على الدرجات المرتفعة .

والحرارة من أهم وسائل إبادة البكتريا على أن تأثرها بالحرارة يختلف باختلاف أنواعها ولكن يقال عموما إن الحرارة المصحوبة برطوبة تكون أقوى فى تأثيرها من الحرارة الجافة وإن أنواع البكتريا المتجرثمة أصعب فى إبادتها من الأنواع الخضرية وسنتكلم عن أنواع الحرارة وطرق استعمالها فى قتل البكتريا والأجهزة الخاصة بذلك بالتفصيل عند الكلام عن التعقيم

(٥) الضوء : فى حين أن النباتات الخضراء لاتنمو بغير ضوء الشمس الذى تستمد منه المجهود فإن البكتريا ماعدا القليل جدا منها تفضل النمو فى 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 قويا 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 وكيماوية منها التجفيف والتسخين وتكون فوق أكسيد الأيدروجين فى البيئة التى يعيش فيها الميكروب .

## الأنزيمات البكترية :

ذكرنا أنه لابد أن يكون غذاء البكتريا ذائبا ليمكنها الاستفادة به وهى لذلك تنتج مواد يمكنها التأثير بواسطتها على المركبات الغير الذائبة كالنشاء والسليلوز والدهن الخ . فتذيبها قبل أن تتشرفى الخلية وقد سميت هذه المواد باسم الأنزيمات(Enzymes)وهى مواد سائلة غروية غير حية منها ماتعمل خارج الخلية وتسمى بالانزيمات الخارجية (exoenzymes) وهى تؤدى الأعمال الآنفة الذكر ومنها ماتعمل فى داخل الخلية وتعرف باسم الانزيمات الداخلية ( endoenzymes ) وهذه تؤثر فى المواد الذائبة بأن تحللها أو تؤكسدها وبذلك ينتفع الميكروب بالمجهود الناتج من هذه العمليات مباشرة ، ومن المحتمل أن تكون الانزيمات هى سبب جميع التغيرات الكيماوية التى تحدثها الميكروبات . ومع أنه لم يهتد 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 الكيماوية كالاثير والكلوروفورم والفينول ، ولذا يعمد أحيانا إلى وقاية محاليل الانزيمات كالرينيت 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 ) ولكل أنزيم درجة حرارة معينة ودرجة خاصة من الحموضة أو القلوية تلائم عمله ، وهى تبقى حافظة لقواها مدة طويلة إذا حفظت فى الظلام أما تعرضها لأشعة الشمس فيبطل عملها غالبا ولكل انزيم تأثير خاص فى مادة معينة أو فى عدة مواد تنتمى الى قسم واحد والانزيمات المعروفة كثيرة العدد يمكن تقسيمها اجمالا الى :

(١) أنواع تحلل المواد المعقدة التركيب الى مواد أبسط بإضافة الماء ومن هذه ماتؤثر فى الكربوايدرات « كالسليلوز والنشاء وسكر القصب وسكر اللبن الخ » وماتؤثر فى الدهون وما تحلل البروتين .

(٢) أنواع مؤكسدة ومجزئه وهى تؤثر فى عدة مواد ويعزى الى عملها بعض الاختمارات الهامة التى تحدث فى الطبيعة .

(٣) أنواع مختزلة .

ويحوى اللبن ، كما تنتج بعض أنواع البكتريا التى به عادة ، انزيمات من القسمين الأخيرين يتخذ عملها أساسا لعدة اختبارات سنفصلها فيما بعد كما سنعود الى شرح التغيرات الكيماوية التى تسببها الانزيمات المهمة فى اللبن .