الباب الرابع

قسم البكتريـا

Division Schizomycota

البكتريا Bacteria هى نباتات ثالوسية خالية من الكلوروفيل وتعرف باسم الفطريات المنشقة . معظمها وحيد الخلية ، قريبة الشبه جدا من الطحالب الزرقاء المخضرة ، ولهذا يضعهما بعض علماء تقسيم النباتات مع الفيروسات والريكتسيات ضمن قسم النباتات الاولية protophyta .

الكثير من أفراد البكتريا ضار ، قد يحدث أمراضا للانسان أو الحيوان أو النبات ، وقد يسبب فسادا للاطعمة . ومن أفرادها ما هو نافع ، فمنها ما يستخدم فى صناعة اللبن الزبادى وبعض أنواع الجبن ، وصناعة الخل ، ومنها ما يقوم بتثبيت الازوت الجوى .

خلايا البكتريا صغيرة الحجم أكبر من الفيروسات والميكوبلازمات والريكتسيات ، ولكنها أصغر من الطحالب والفطريات الاخرى ، فقطر البكتيريا الكروية حوالى ميكرون واحد ، وتتراوح أطوال البكتريا العصوية من ٢ــ٥ ميكرون وعرضها من $\frac{١}{٢}$ ــ ١ ميكرون . بعض الانواع الخيطية تصل فى الطول الى ٢٥ ميكرون .

أشكال وتجمعات البكتريا

تختلف البكتريا فى الشكل ، فمن أشكالها الكروى والعصوى والحلزونى والخيطى (شكل ٣١ ب ــ د) . قد توجد الخلايا البكتيرية منفردة ، وقد تتجمع فى مستعمرات فالبكتريا الكروية قد توجد منفردة كما فى ميكروكوكس

Micrococcus ، وقد تتجمع فى أزواج كما فى نيموكوكس *Pneumococcus* أو فى سلاسل كما فى ستريتوكوكس *Streptococcus* أو فى أربعات كما فى ميكروكوكس تتراجينس *Micrococcus tetragenus* أو فى مكعبات كما فى سارسينا *Sarcina* ، أو فى عناقيد كما فى ستافيلوكوكس *Staphylococcus* . البكتريا الحلزونية منها الشكل الواوى كما فى فبريو *Vibrio* وقد تكون طويلة متموجة أو حلزونية كما فى سبيريللم *Spirillum* .

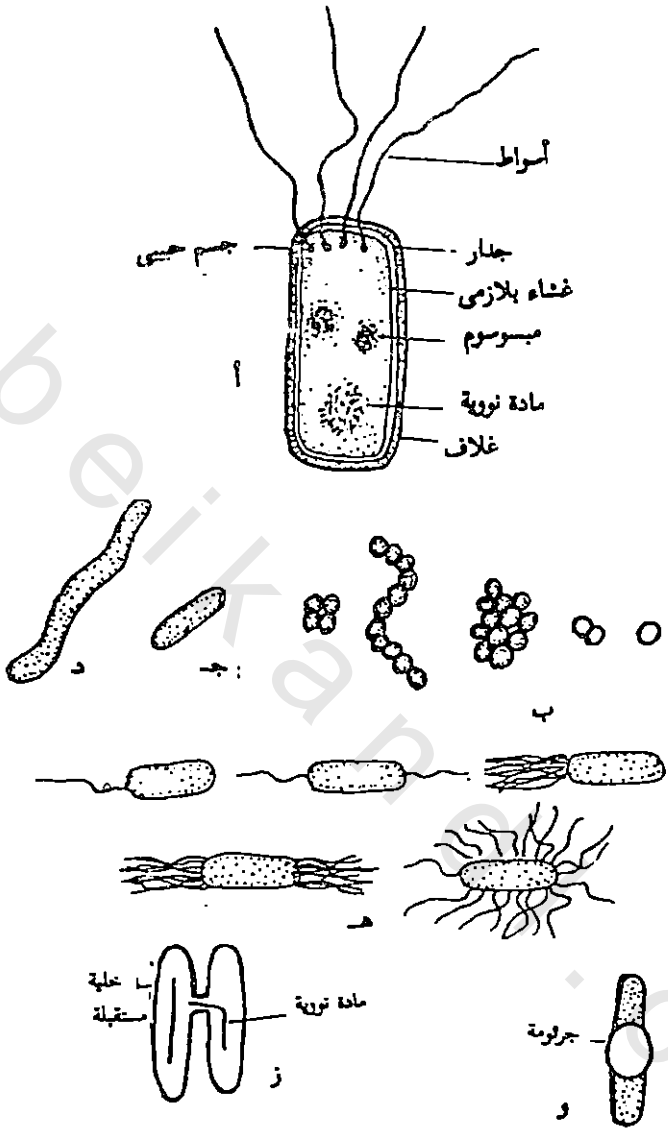
وقد تستطيل البكتريا وتصبح خيطية متفرعة كما فى نوكارديا *Nocardia* .

تركيب الخلية البكتيرية

يتركب بروتوبلاست الخلية البكتيرية من سيتوبلازم ، ومادة نووية مركزة نسبيا فى جزء من الخلية تسمى بالجسم الكروماتينى chromatin body . بعض البكتريا يوجد بداخلها خيط حلقى الشكل من DNA ويسمى بالكروموسوم البكتيرى . لا تحاط المادة النووية بغلاف نووى ولا يوجد معها نويات . ولا يحتوى السيتوبلازم على بلاستيدات أو ميتوكوندريات ، ويقوم بعملها الميسوسومات mesosomes والغشاء البلازمى . الميسوسوم يوجد فى السيتوبلازم وهو كروى الشكل تقريبا ويتكون من أغشية متداخلة عديدة وهى تتكون من الغشاء البلازمى ثم تنفصل عنه . يوجد بالسيتوبلازم ريبوسومات مبعثرة . أحيانا توجد الريبوسومات محمولة على أغشية بلازمية منتشرة فى السيتوبلازم . تحتوى البروتوبلاست على مواد غير حية مختزنة أهمها الدهون والمركب الازوتى فوليتين volutin . فى البكتريا التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى قد تحمل الصبغات على أغشية مبعثرة تعرف بالاغشية التمثيلية ، وفى كروماتيم Chromatium يحتوى البروتوبلاست على حويصلات صغيرة كروية ملونة تحمل الصبغات المسئولة عن التمثيل الضوئى تعرف بحوامل الالوان chromatophores .

يكون البروتوبلاست عند محيطه الخارجى غشاء بلازمى اختيارى النفاذية يحتوى على أنزيمات كثيرة منها انزيمات التنفس .

يحاط البروتوبلاست بجدار خلوى صلب منفذ للماء والمواد الذائبة ، ويختلف



(شكل ٣١) البكتيريـا

(أ) قطاع فى خلية بكتيرية .
(ب) أنواع البكتريا الكروية
(جـ) بكتريا عصوية .
(د) بكتريا حلزونية .
(هـ) الانواع المختلفة لطرق توزيع الاسواط على البكتيريا .
(و) خلية بكتيرية متجرثمة
(ز) التزاوج الجنسى فى البكتيريا

obeikandi.com

عن الجدر الخلوية للنباتات الاخرى فهو يتكون أساسا من ميوكوبيتيدات mucopeptides والتى هى عبارة عن مركبات معقدة وحداتها سكريات أمينية مرتبطة بروابط ببتيدية مع أحماض أمينية ، ويحتوى الجدار أيضا على مواد أخرى مثل الدهون وحمض ميوراميك muramic acid والحمض الامينى ديامينوبيملك diaminopimelic acid وغيرها من الاحماض الامينية .

تختلف نسبة وجود الدهون فى الجدر الخلوية لانواع البكتيريا ، فالبكتيريا الموجبة لصبغة جرام ، أى التى تتلون بلون بنفسجى عند صبغها بصبغة جرام تحتوى جدرها على آثار من الدهون ، بينما تحتوى جدر البكتريا السالبة للصبغة ، وهى التى تتلون باللون الاحمر عند صبغها بصبغة جرام ، على نسبة عالية من الدهون قد تصل الى ٢٠ ، .

يحاط الجدار الخلوى للخلية البكتيرية أحيانا بغلاف capsule هلامى يتكون من مواد كربوايدراتية عديدة التسكر أو مواد بروتينية عديدة الببتيدات ويتأثر سمك الغلاف للبكتيريا الواحدة تبعا للظروف البيئية . ويعتقد أن الغلاف يحمى البكتيريا ضد الظروف البيئية الضارة (شكل ٣١ أ) .

كثير من أنواع البكتيريا وخاصة العصوية منها والحلزونية يخرج منها زوائد طويلة تعرف بالاسواط flagella ، طولها عادة يكون أكثر من طول الخلية البكتيرية . ويساعد وجود الاسواط على حركة البكتيريا فى السوائل . ومن الصعب مشاهدة هذه الاسواط بالميكروسكوب الضوئى الا باستعمال صبغات خاصة . ينشأ السوط من منطقة فى السيتوبلازم أسفل الجدار مباشرة تعرف بالجسم الحبيبى granular body يتكون السوط من خيطين أو ثلاثة خيوط عادة ملتفة حول بعضها حلزونيا . وتتركب أساسا من بروتين الفلاجيللين الذى يشبه بروتين الميوسين الموجود فى عضلات الحيوانات الراقية .

ويختلف عدد وتوزيع الاسواط على جدار الخلية البكتيرية ، فقد تحتوى الخلية البكتيرية على سوط واحد طرفى أو تحت طرفى monotrichous أو على سوط واحد على كل من طرفى الخلية amphitrichous ، وقد تحتوى على مجموعة من الاسواط على أحد أطراف أو على طرفى الخلية lophotrichous ، وقد تكون الاسواط مورعة على سطح الخلية peritrichous (شكل ٣١ هـ)

يعتقد أن الحركة بالاسواط تنتج عن انكماش وتراخى جزئيات بروتين الاسواط ، كما يحدث فى الياف عضلات الحيوان ، فينشأ عن ذلك حركة تموجية سريعة تدفع بالخلية البكتيرية .

ليست الاسواط وحدها هى المسئولة عن الحركة فى البكتيريا ، ولكن قد تتحرك بعض أنواع البكتيريا حركة انزلاقية بطيئة دون وجود أسواط .

تنمو من جدر بعض أنواع البكتيريا خيوط قصيرة رفيعة لا ترى الا بالميكروسكوب الالكترونى وتعرف بالهدبيات fimbriae ، ويعتقد أن هذه الخيوط ليس لها علاقة بالحركة ، وذلك كما فى أيشريشيا كولاى *Escherichia coli* وقد ثبت أن الخلايا المذكرة فى هذه البكتريا لها هدبيات بينما الخلايا المؤنثة خالية منها .

التجرثـــم

تكوين الجراثيم فى البكتيريا ليس وسيلة للتكاثر ، اذ أن الخلية البكتيرية تتكون أو تتحول الى جرثومة واحدة ، والجرثومة عند نشاطها تتحول ثانية الى خلية بكتيرية واحدة . فالجراثيم البكتيرية هى وسيلة لمقاومة ظروف بيئية غير مناسبة ، يحدث التجرثم فى البيئات الصناعية ولا يحدث فى الانسجة الحية . يبدأ التجرثم بتكوين حبيبات داخل الخلية تكبر فى الحجم متحولة الى جرثومة واحدة كروية أو بيضاوية ، داخلية ذات جدار سميك ، تصبغ بصعوبة (شكل ٣١ و) . بعد فترة من تكون الجرثومة تموت الخلية البكتيرية وتتحلل وتصبح الجرثومة حرة . تتحمل الجرثومة الجفاف والحرارة ومواد التعقيم والظروف الغذائية السيئة . وعند تحسن الظروف البيئية تنبت الجرثومة معطية خلية بكتيرية واحدة .

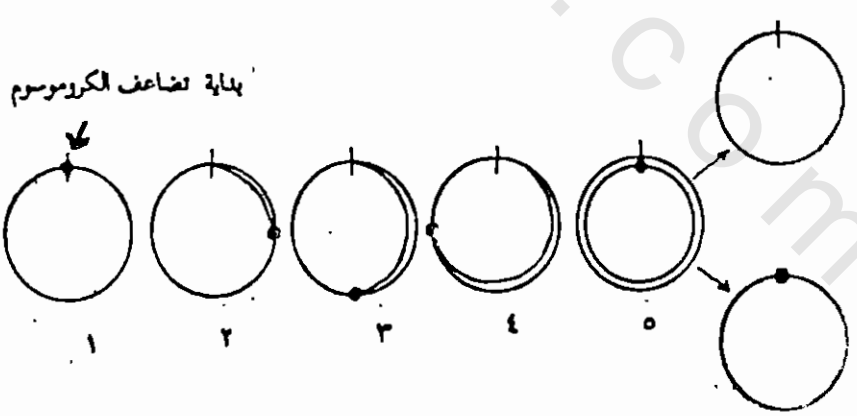
التغذية فى البكتيريا

تختلف البكتيريا عن النباتات الخضراء فى عدم احتوائها على الكلوروفيل وبالتالى فى عدم قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى ، الا أنه فى بعض الانواع التى تعرف بالبكتيريا الحمراء أو الارجوانية فانها تحتوى على صبغتين أحدهما شبيهة بالكوروفيل النباتى وتعرف بالكلوروفيل البكتيرى bacteriochlorophyll والثانية تعرف بصبغة الارجوانى البكتيرى bacteriopurpurin وهاتين الصبغتين تمكن

البكتيريا المحتوية عليها من القيام بالتمثيل الضوئى . أما البكتيريا الخضراء فانها تحتوى على الكلوروفيل البكتيرى أساسا ، وهى أيضا تقوم بعملية التمثيل الضوئى .

معظم أنواع البكتيريا غير ذاتية التغذية heterotrophes ، أى أنها لا تستطيع تكوين مواد عضوية معقدة من مواد بسيطة مثل CO_2 والماء ولابد أن يحتوى غذاؤها على مصدر عضوى غنى بالطاقة مثل السكريات ، وبذلك فان هذه البكتيريا تحصل على احتياجاتها من الطاقة من المادة العضوية لكائنات ميتة أو من مواد عضوية متحللة وتعرف البكتيريا فى هذه الحالة بالرميات saprophytes ، وتسمى الحالة بالترم saprophytism وقد تحصل البكتيريا على ما تحتاجه من مواد عضوية من كائنات حية ، فى هذه الحالة تعرف البكتيريا بأنها طفيليات parasites وتسمى الحالة بالتطفل parasitism .

بعض أنواع البكتيريا ذاتية التغذية ، فهى تحصل على الطاقة اللازمة لها من ضوء الشمس أو من أكسدة بعض مواد غير عضوية توجد فى الوسط الذى تعيش فيه ، وتسمى البكتيريا فى الحالة الاولى بأنها ذاتية التغذية ضوئيا photoautotrophes وذلك كما فى البكتيريا كروماتيم *Chromatium* ، كما تسمى البكتيريا التى تأخذ طاقتها من أكسدة مواد غير عضوية بأنها ذاتية التغذية كيماويا chemoautotrophes كما فى بكتيريا الكبريت غير الملونة وبكتيريا الحديد وبكتيريا النتريت .



(شكل ٣٢) : خطوات تضاعف الكروموسوم البكتيرى

تحصل بكتيريا الكبريت غير الملونة على الطاقة اللازمة لها من أكسدة كبريتور الايدروجين الى كبريت ثم الى حمض كبريتيك كما يأتى :

$$2\,H_2S + 0_2 \longrightarrow 2\,S + 2\,H_20 + 65000\ Ca$$

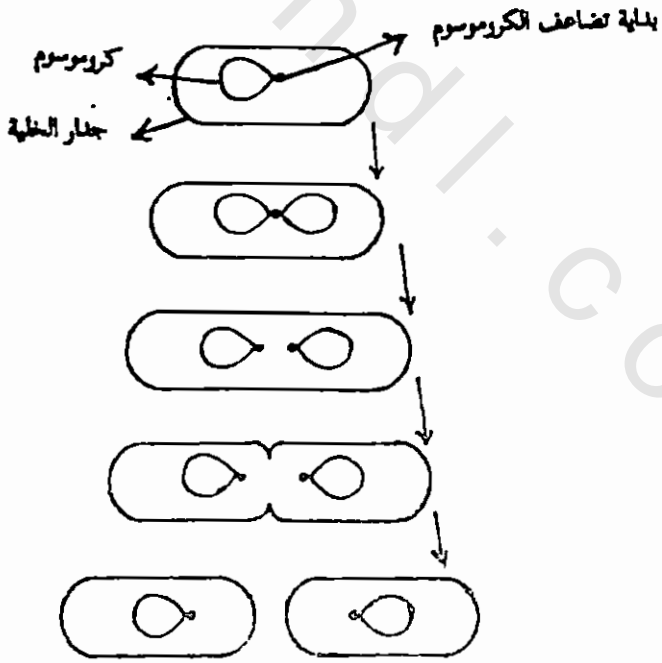
$$2\,S + 2\,H_20 + 30_2 \longrightarrow 2\,H_2SO_4 + 284000\ Ca.$$

وتحصل بكتيريا الحديد على الطاقة اللازمة لها من أكسدة أملاح الحديدوز الى أملاح حديديك ، كما يأتى :

$$4\,Fe\,CO_3 + 0_2 + 6\,H_20 \longrightarrow 4\,Fe\,(OH)_3 + 4\,CO_2 + 81000\ Ca$$

النمو والتكاثر فى البكتيريا

تتكاثر البكتيريا لاجنسيا بالانقسام المباشر (الانفلاق) حيث يظهر جدار عرضى فاصل يبدأ من الحافة ويمتد لمركز الخلية ، مؤديا الى تكوين خليتين جديدتين . تنمو كل من الخليتين حتى يصلان الى الحجم الأصلى ثم تعيد الخلايا



(شكل ٣٣) خطوات انقسام مباشر لخلية بكتيرية ذات كروموسوم حلقى

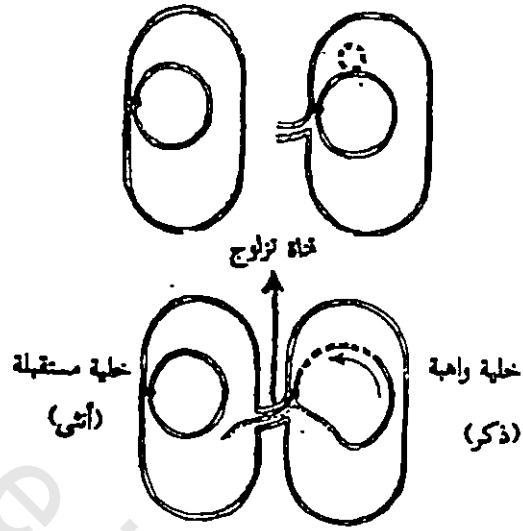
الجديدة الانقسام . سرعة النمو والانقسام فى الخلايا البكتيرية كبيرة تحت الظروف الملائمة . فيمكن أن يحدث النمو والانقسام فى بعض أنواع البكتيريا مرة كل نصف ساعة ، منتجا بذلك أ عداد كبيرة منها فى زمن قصير . فى البكتيريا التى لها كروموسوم حلقى يحدث تضاعف للكروموسوم ويبدأ من نقطة معينة (شكل ٣٢) ، ثم ينفصل الكروموسومان أثناء الانقسام الذى يستغرق حدوثه ساعة (شكل ٣٣) .

التكاثر الجنسى نادر الحدوث فى البكتيريا ، ويحدث فى بعض الانواع مثل ايشيريشيا كولاى *E. coli* ، حيث وجد أن لها سلالتين تختلفان جنسيا وكل منها تتكاثر لاجنسيا بالانقسام المباشر . وقد وجد أنه اذا وضعت السلالتان معا فانه يحدث بين أفرادهما تكاثر جنسى ، فعند اقتراب خليتان مختلفتان جنسيا من بعضهما ، تتكون قنطرة تزاوج ، يتوبلازمية تصل ما بين الخليتين . وعادة ينتقل جزء من مركب دى اكسى ريبوز النووى DNA ، من أحد الخليتين وهى الخلية الواهبة donor الى الخلية الاخرى وهى الخلية المستقبلة acceptor cell (شكل ٣١ز، ٣٤) . تموت الخلية الواهبة ، وتتحول الخلية المستقبلة الى الزيجوت zygote . يلى ذلك حدوث انقسام شبيه بالانقسام الاختزالى ، غير معروف طريقة حدوثه بالضبط منتجا خلايا بكتيرية جديدة تحمل عادة صفات خليطة من كل من الخليتين الاميتين ، ويلاحظ أن أحد السلالتين المتزاوجتين خلاياها دائما واهبة وعليها هدبيات وأن السلالة الاخرى خلاياها دائما مستقبلة وعديمة الهدبيات . وتعتبر السلالة الواهبة ذكر بينما تعتبر السلالة المستقبلة أنثى .

من أنواع البكتيريا ذات الاهمية الاقتصادية من الناحية الزراعية بكتيريا التأزت وبكتيريا العقد الجذرية .

بكتيريا التأزت

توجد بكتيريا التأزت فى التربة ، وهى بكتيريا تحصل على الطاقة اللازمة لها من أكسدة مركبات آزوتية غير عضوية ويتم على خطوتين .



(شكل ٣٤) : تزاوج جنسى بين خليتين بكتيريتين ذات كروموسوم حلقى

الخطوة الاولى تقوم بها البكتيريا نيتروزوموناس *Nitrosomonas* التى تؤكسد الامونيا الى حمض نيتروز .

$$2\,NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2\,HNO_2 + 2\,H_2O + 79000\ Ca$$

والخطوة الثانية تقوم بها البكتيريا نيتروباكتر *Nitrobacter* التى تؤكسد حمض النيتروز الى حمض نيتريك .

$$2\,HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,HNO_3 + 32000\ Ca$$

بكتيريا العقد الجذرية

هى بكتيريا تتبع الجنس ريزوبيم *Rhizobium* ، تعيش معيشة تعاونية فى جذور بعض النباتات الزهرية وخاصة التابعة للعائلة البقولية . تعيش البكتيريا فى قشرة جذور النبات الزهرى بعد أن تدخله فتنبه خلايا جذور النبات الى سرعة الانقسام وزيادة النمو فى الحجم مؤدية الى ظهور مظهر التعقد فى الجذر

تحصل البكتيريا على الغذاء اللازم لنموها وخاصة المواد الكربوايدراتيه من النبات الزهرى ، وتثبت البكتريا الآزوت الجوى وتحوله الى مركبات أزوتية تنتقل عن طريق الانسجة الوعائية للنبات ، والذى يستفيد بها . وتعرف هذه المعيشة بين البكتريا والنبات الزهرى بالمعيشة التعاونية أو تبادل المنفعة symbiosis .