الاحياء المجهرية Microbiology

البكتريا Bacteria

وهي كائنات حية دقيقة بدائية النواة Procaryotes لاتحتوي على الكلوروفيل بإستثناء مجموعة من البكتريا تسمى *Cyanobacteria* الحاوية على كلوروفيل بكتيري من نوع a، b، c و d وليس في عضيات متخصصة مثل البلاستيدات الخضراء المعروفة في النباتات والطحالب وانما في السايتوبلازم وكانت هذه البكتريا تصنف سابقاً ضمن الطحالب للسبب المذكور أعلاه.

تتواجد البكتريا في كل مكان من حولنا وهي واسعة الانتشار في الطبيعة في الهواء والماء والتربة ، فقد ثُبت وجودها في الهواء على ارتفاع 7 كيلومترات ، وعلى عمق 5 كيلومترات في التربة ، ووجدت في انواع مختلفة من المياه العذبة والمالحة (كما في البحر الميت الذي يبلغ تركيز الاملاح فيه 28% تقريباً) وفي الينابيع الحارة وفي ثلوج القطب الشمالي ، ويقدر عدد البكتريا في الغرام الواحد من التربة بحوالي 300×10^6 خلية بكتيرية ، اما في الحليب فيصل عددها الى 50000 خلية بكتيرية/ مللتر حليب ، في حين يحتوي الماء الصالح للشرب على ما لايزيد عن 100 خلية /مللتر ماء.

البكتريا على تنوع كبير مثلما هي واسعة الانتشار فقد دونت أحد الكتب المختصة في تصنيف البكتريا وهو كتاب Bergeys manual of determinative bacteriology على أكثر من 1576 نوعاً من الكتريا في 245 جنساً مع الاشارة الى أن هناك الآن أكثر من 4000 نوع من البكتريا في مواقع تصنيفية غير محددة.

حجم وشكل الخلايا Size & Morphology

تتراوح ابعاد البكتريا من 1- 6 مايكروميتر طولاً ومن 1.5-5.2 مايكروميتر عرضاً وقد تصل بعض أنواع البكتريا الحلزونية الى مدى يقع مابين 400 - 500 مايكروميتر طولاً ، وعموماً فان حجمها أصغر من الخلايا حقيقية النواة Eucaryotes ، ويذكر ان نسبة السطح الى الحجم تزداد كلما كان حجم الخلية صغيراً وتبلغ هذه النسبة 100000 في البكتريا الكروية التي يكون قطرها 0.5 مايكرون في حين تبلغ قيمتها من 1-2 في بيضة الدجاجة التي يكون قطرها 1.5 انج تقريباً. ان هذه الزيادة في النسبة تزيد من فرصة تماس الخلية مع بيئتها وتفاعلها مع المحيط الخارجي وامتصاص المغذيات Nutrients وفي هذا المجال تتمكن بكتريا *Escherichia coli* الموجودة بصورة طبيعية في القناة الهضمية من تمثيل كمية من الكلوكوز تقدر بحوالي اكثر من 1000 مرة من وزن البكتريا خلال ساعة واحدة عند درجة حرارة 37م ، في حين يحتاج الانسان الى مدة تقدر بنصف عمره اذا ما اراد تمثيل كمية من الكلوكوز مقدارها 1000 مرة أكثر من وزنه.

أما أشكال البكتريا فهي أربعة أشكال رئيسة:

1. البكتريا الكروية (مكورات) Spherical bacteria

وتسمى Cocci ومفردها Coccus وتظهر بترتيبات مختلفة أعماداً على مستوى انقسام الخلية خلال التكاثر فأذا كان إنقسام الخلية البكتيرية الكروية على مستوى واحد كونت زوجاً من المكورات أو سلسلة من الخلايا سبحية الترتيب باستمرار عملية الانقسام ، أما اذا كان انقسام الخلية البكتيرية الكروية على مستويين متعامدين كان ترتيب الخلايا رباعياً Tetrade ، في حين يكون الترتيب مكعباً Packet أو تجمع غير منتظم Irregular aggregate اذا ما كان انقسام الخلايا البكتيرية الكروية على ثلاث مستويات.

2. البكتريا العصوية Rod shaped bacteria

تسمى Bacilli ومفردها *Bacillus* وهي تسمية تطلق مجموعة تصنيفية تعرف على مستوى الجنس Bacillus وتختلف ابعاد البكتريا العصوية ويكون طولها وقطرها متشابهة احياناً حتى يصعب تمييزها عن البكتريا الكروية أما نهاياتها فتكون اما مسطحة او مدورة او مشابهة لشكل السيكار Cigar أو متشعبة ، وفيما يلي أمثلة على البكتريا العصوية وبعض الملاحظات عن خصائصها المرفولوجية والشكلية

3- البكتريا الحلزونيه Spiral shaped bacteria

تعد بكتريا عصوية تتخذ اشكالاً حلزونية قد تكون صلبة أو مرنة وحسب النوع ،ويوجد نوعان منها، الاول على شكل حرف (واو) وتسمى الواوية أو الضمية Comma shaped ومن أمثلتها بكتريا *Vibrio cholera* مسبب مرض الهيضة(الكوليرا) ، أما النوع الثاني فذو انحناءات متعددة لذلك يكون شكله حلزونياً أو بريمية

4- البكتريا مربعة الشكل Square bacteria

هي من الاشكال الغريبة في عالم الاحياء المجهرية أُكتشفت عام 1981 على يد والسبي Walsby على سواحل البحر الاحمر ، وهي من الكائنات المحبة للملوحة Halophilic ، أطوال جوانبها من 2-4 مايكروميتر وسمكها يبلغ حوالي 0.25 مايكروميتر، ويعتقد أنها من أفراد مجموعة البكتريا القديمة Archaebacteria.

ظاهرة تعدد الاشكال

يكون شكل الخلايا البكتيرية الحقيقية النشطة مميزاً وثابتاً في البيئات المناسبة ولكن جراء تغير الظروف البيئية تتخذ البكتريا ولاسيما العصوية منها أشكالاً واحجاماً مختلفة بسبب تغيرات تطرأ على عمليات البناء الحيوي ونمو الجدار ، ومن الاشكال غير الطبيعية استطالة الخلية او انتفاخها أو اتخاذها شكلاً خيطياً، وقد يكون سبب هذه التغيرات في الشكل وجود المثبطات في الوسط الغذائي أو شحة المغذيات مما يحفز تكون بعض الانزيمات المحللة الذاتية Autolytic enzymes التي تؤثر على شكل الخلية من خلال تأثيرها على الجدار ، وقد تتحطم بعض الخلايا بفعل هذه الانزيمات ، لذلك فأنه عند وصف الخلية البكتيرية لتحديد شكلها الخارجي لابد من ان تكون ماخوذة من مزرعة حديثة العمر (أقل من 24 ساعة) ومن وسط يلائم نمو تلك البكتريا

الخلية البكتيرية والمستعمرة البكتيرية

سبقت الاشارة الى البكتريا ، أياً كان نوعها وشكلها ، تتألف من خلية مفردة واحدة تنتمي الى مجموعة من الخلايا غير حقيقية النواة (بدائية النواة) ويمكن ملاحظة خلايا البكتريا تحت المجهر الضوئي أو أي مجهر آخر بعد تحضير شريحة منها وتصبيغها بأحدى طرق التصبيغ ، غير ان البكتريا في الاوساط أو البيئات الزرعية Culture media الصلبة توجد على شكل مستعمرات.

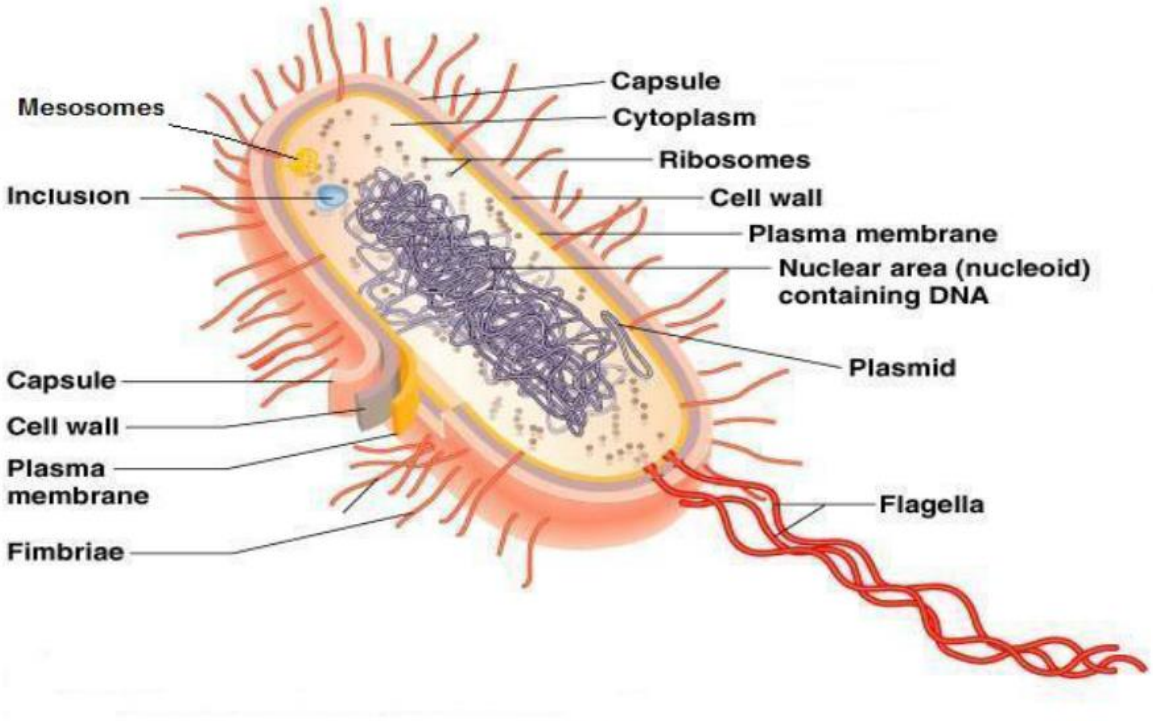
المستعمرة Colony هي البقعة من النموات على سطح الاوساط الصلبة التي تتألف من كتلة (أعداد هائلة) من الخلايا البكتيرية تقدر بالملايين ، وكل مستعمرة تنشأ في الغالب من خلية خضرية Vegetative cell واحدة أو من بوغ Spore واحد . وقد تنشأ من أكثر من خلية أو من بوغ واحد .ويكوّن كل نوع Species من البكتريا على الاوساط الصلبة مستعمرة تتميز بخواص مورفولوجية ثابتة الى حد كبير من حيث الشكل والحجم والارتفاع واللون وحافة المستعمرة وغيرها . ويستفاد من الخواص المورفولوجية للمستعمرات في تمييز أنواع البكتريا مثلما يستفاد م شكل البكتريا تحت المجهر للغرض نفسه .

التشريح الوظيفي للبكتريا Functional Anatomy of Bacteria

مثلما يعود الفضل في اكتشاف الاحياء المجهرية الى ليفنهوك والى العدسات التي كان يصنعها ومن ثم المجاهر الضوئية المركبة التي شهدت تطوراً كبيراً في الصناعة ، فأ دراسة التراكيب الداخلية لخلايا الاحياء المجهرية وتشريحها الوظيفي تدين بالفضل الى المجاهر الالكترونية التي وفرت فرصة مشاهدة الاجزاء الداخلية للخلايا ومنها التعرف على العديد من مكوناتها الخلوية واحياناً على المستوى الجزيئي وتقسم مكونات الخلية البكتيرية الى

- **مكونات أساسية** :- تتضم الغشاء السايتوبلازمي ، البرتوبلازم ، الرايبوسومات ،المنطقة النووية أو الجسيمة النووية (المادة الوراثية).

- **مكونات غير أساسية** :- وهذه موجودة في معظم وليس جميع خلايا بدائية النواة(البكتريا) وهي الجدار الخلوي، الكبسولة ، الطبقة الهلامية ،الاسواط ، الاهداب ، الابواغ ، البلازميدات والمواد المخزونة.



تركيب البكتريا

الكبسولة (المحفظة) Capsule

تركيب هلامي رخو محيط ببعض أنواع البكتريا ولايتكون إلا في ظروف بيئية وغذائية معينة ، وتمنح الكبسولة للبكتريا وبالتالي المستعمرات البكتيرية النامية في الاوساط الصلبة قواماً لزجاً رطباً، وتعد من المكونات غير الاساسية للبكتريا والتي يمكن ازالتها بالماء أو الانزيمات وتقتصر اهميتها على

- تشكل غطاءً واقياً للبكتريا تجاه المؤثرات الخارجية
- تزيد من امراضية بعض انواع البكتريا ولاسيما المسببة للامراض
- تعد مصدراً أو مخزوناً غذائياً تستعين بها الخلية في حالات معينة

بأستثناء بكتريا *Bacillus anthracis* فأن الكبسولة التي تكونها بعض أنواع البكتريا عبارة عن سكريات متعددة Polysaccharides

Bacteria نوع البكتريا	Structure unit الوحدة البنائية	Substances (التركيب)المادة
Bacillus anthracis	Glutamic acid	Polypeptide
Acetobacter xylinum	Glucose	Cellulose
Leuconostoc ssp.	Glucose , Fructose	Dextrane

تسمى الكبسولة Glycocalyx عندما تكوّن شبكة متخلخلة لها دور في التصاق البكتريا على سطوح النباتات

الجدار الخلوي The Cell wall

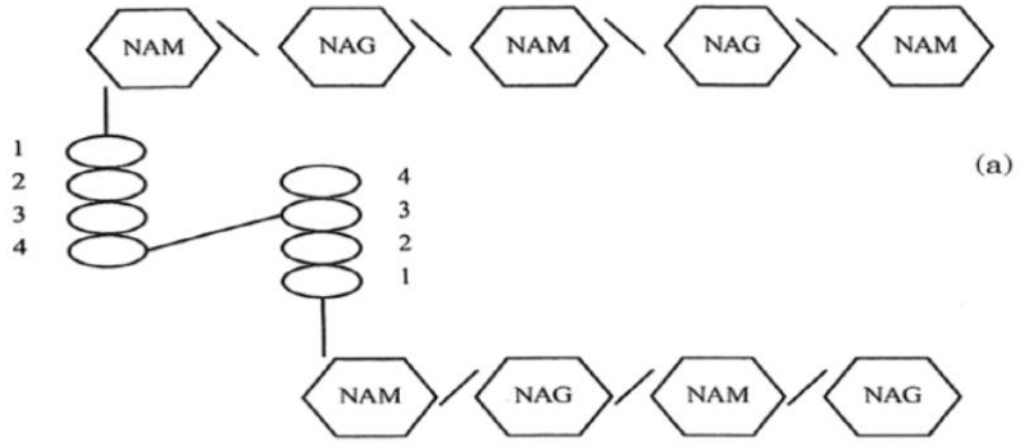
يعد من المكونات غير الاساسية للخلية البكتيرية ، للجدار الخلوي وظيفة أساسية مهمة تتلخص بأنه يحدد شكل البكتريا ويحافظ عليه وعلى البكتريا ، فالبكتريا الكروية تمتلك جدار كروي ، والبكتريا العصوية تمتلك جدار عصوي والاسطوانية وهكذا..... ومن الممكن تحطيم الجدار الخلوي للبكتريا اما بطرق ميكانيكية او باستعمال انزيمات معينة ، والبكتريا (أو أية خلية) خالية من الجدار الخلوي او عديمة الجدار الخلوي تسمى Protoplast .

أما أهمية دراسة الجدار الخلوي فتكمن للاسباب الاتية:

- يتألف جدار الخلية البكتيرية من مكونات ليس لها نظير في مكان آخر من الطبيعة .
- يستطيع بعض مكونات الجدار (خاصة في البكتريا السالبة لصبغة كرام) من إحداث أعراض مرضية (السموم الداخلية Endotoxins).
- يمثل الجدار موقعاً لعمل بعض المضادات الحيوية وفعلها.
- وجود الاختلاف في التركيب الكيمياوي لجدار البكتريا هو الذي يحدد صف استجابة البكتريا لصبغة كرام Grams stain وبالتالي تقسيمها الى مجموعين – البكتريا الموجبة لصبغة كرام والبكتريا السالبة لصبغة كرام.

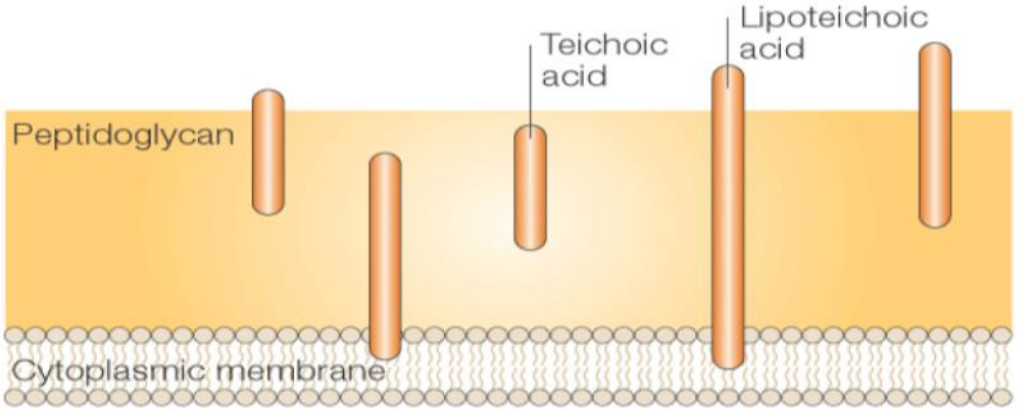
التركيب الكيمياوي لجدار البكتريا

يتكون الجدار الخلوي للبكتريا من مكون أساسي يطلق عليه ببتيدوكلايكان Peptidoglycan وهو بوليمر Polymer ذو وزن جزيئي عالٍ ويتألف من وحدتين ثانويتين أساسيتين متبادلتين هما N-acetylglucosamine (NAG) و N-acetylmuramic acid (NAM) تتصلان بآصرة كلايكوسيدية من (β,1-4) ، وترتبط بالوحدة الثانوية N-acetylmuramic acid سلسلة ببتيدية مؤلفة من أربعة أحماض امينية . ترتبط سلاسل الببتيدوكلايكان بالتي قبلها وبالتي بعدها ارتباطاً عرضياً(مستعرضاً) بواسطة سلسلة من الاحماض الامينية أيظاً مكونة شبكة ثلاثية الابعاد تمنح الجدار القوة والصلابة التي يمتاز بها.



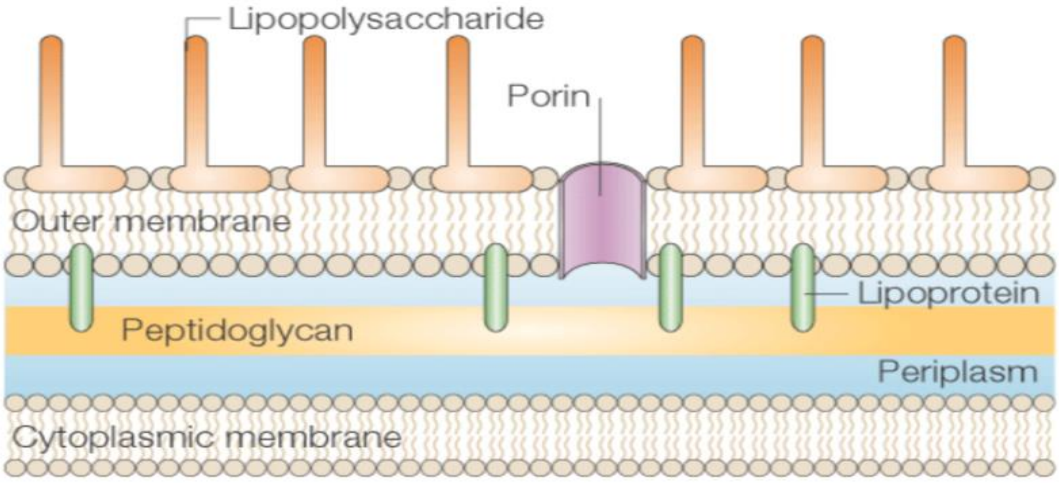
يوجد في جدار البكتريا الموجبة لصبغة كرام 40 طبقة من الببتيدوكلايكان إذ تشكل حوالي 50% من الجدار في حين لايتجاوز عدد هذه الطبقات واحدة أو أثنين من الببتيدوكلايكان في جدار البكتيريا السالبة لصبغة كرام والتي تشكل من 5-10% من الجدار الخلوي ، كما تحتوي جدران البكتريا الموجبة لصبغة كرام على حامض التيكويك

Teichoic acid وحامض الليبوتيكويك Lipoteichoic acid في حين تفتقر جدران البكتريا السالبة لصبغة كرام على هذين الحامضين ، لذلك نرى أن جدار البكتريا السالبة لصبغة كرام تتكسر بالقوى الميكانيكية بسهولة أكثر من البكتريا الموجبة لصبغة كرام لقلة طبقات الببتيدوكلايكان فيها .



جدار البكتريا الموجبة لصبغة كرام

إن جدار البكتريا السالبة لصبغة كرام يحتوي على مكونات اضافية فضلاً عن طبقات الببتيدوكلايكان المحدودة تقع الى خارج هذه الطبقة وهي طبقة البروتينات الدهنية Lipoproteins والغلاف الخارجي Outer membrane والسكريات الدهنية المتعددة Lipopolysaccharides.



جدار البكتريياالسالبة لصبغة كرام

تتلخص وظيفة البروتينات الدهنية في موازنة الغلاف الخارجي وتثبيته على طبقة الببتيدوكلايكان ، أما طبقة الغلاف الخارجي فهي طبقة ثنائية تتألف من دهون مفسفرة Phospholipids ويعمل هذا الغشاء أو الغلاف على منع تسرب البروتينات في التجويف البلازمي المحيطي Periplasmic space ، في حين تعمل الطبقة الاخيرة (السكريات الدهنية المتعدة)والتي تتألف من مركب رئيس هو Lipid A على موازنة الغلاف ويكون حاجزاً يحول دون دخول الجزيئات الكاره للماء Hydrophobic ، وتتميز هذه الطبقة بسميتها العالية للحيوانات وتدعى عادة بالسم الداخلي Endotoxin