البكتيريا Bacteria

ارتبط اسم البكتيريا كثيراً بالأمراض التي تسببها للإنسان ولكن الاكتشافات الحديثة والتقدم السريع الذي حدث في العلوم التطبيقية أظهرت أن البكتيريا تلعب دوراً هاماً في كثير من الصناعات الغذائية والدوائية والتخلص من المواد العضوية وغير العضوية وكذلك معالجة المياه العادمة والمعالجة الحيوية لمخلفات المزارع واستخدامها في إنتاج الطاقة وغاز الميثان.

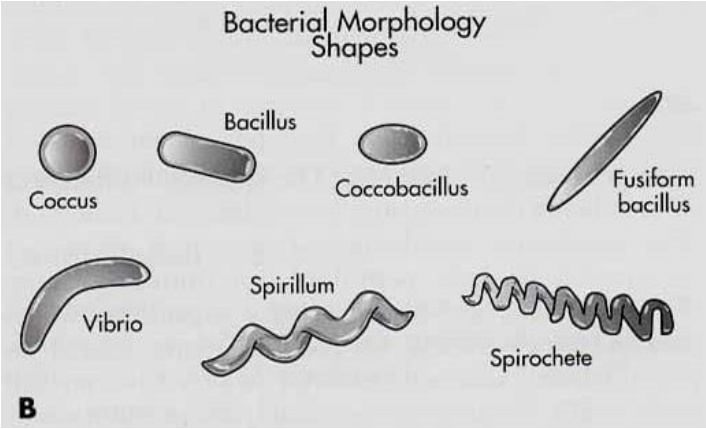
وهي كائنات دقيقة مجهرية حية بدائية النوى تتميز ببساطة التركيب لاترى بالعين المجردة بل تحت عدسات المكبرات البسيطة والمركبة وابعادها بحدود 0.5-5 ميكرومتر ومعظم الخلايا البكتيرية لا تحتوي على الكلوروفيل إلا أنواع قليلة منها .ولذلك فإن معظم أنواع البكتريا تعيش مترممة أو متطفلة على الكائنات الحية الأخرى كما أن البكتريا إما أن تكون متحركة بأسواط أو غير متحركة. ولكل نوع من البكتيريا شكله الخاص وتركيبه الخاص وعلاقته الخاصة بالمواد الأخرى من حيث النمو والنشاط . تتواجد في الطبيعة داخل الأجسام وعلى سطح المواد الغذائية وفي الماء والهواء وفي طبقات التربة السطحية .وفي دم الحيوانات السليمة وقمم الجبال المغطاة بالثلوج وخلايا النبات. وتعد اكثر الكائنات المجهرية انتشارا بسبب صغر حجمها وتكيفها للظروف البيئية المحيطة بها.

الأسباب التي تجعل البكتيريا من أكثر الأحياء الدقيقة انتشاراً في الطبيعة:

1. صغر حجمها.
2. سرعة تكاثرها.
3. تنوعها الغذائي.
4. اتساع وتنوع مداها البيئي (هوائية، غير هوائية, درجات حرارة متباينة).

وأول من اكتشف هذه الأحياء هو العالم مولر Moler حيث شاهدها من خلال عدسات صنعها العالم الهولندي لوفنهوكLufenhok عام 1676 ، وبعده عمل العالمان شيفان Shifan ولاتور Lator على فصل البكتيريا من بين مجاميع مختلفة من جراثيم الخمائر الموجودة وسط سوائل حاوية على مواد عضوية قابلة للتحلل البروتيني، ثم توالى بعدهما علماء كثيرون مثل باستور عام 1850 وكوهن عام 1871 ولستر عام 1860 في دراسة هذه الأحياء الدقيقة وقسموها إلى بكتيريا طبية Medical Bacteriology وبكتيريا صناعيةIndustrial Bacteriology وبكتيريا زراعية Agricultural Bacteriology وبكتيريا غذائية Bacteriology Food.

Shape of some bacteria أشكال بعض البكتريا



أولا: الشكل الكروي Coccus Shape (Spherical)

ثانيا: الشكل العصوي Bacilius (Rod)

- **شبه عصوية**
- **المستطلية ذات النهاية الحادة او المثلثة**
- **ذات النهاية المربعة**

ثالثا: الشكل اللولبي او الحلزوني Spiral

- منحنية Vibrio تأخذ شكل Curved ويطلق عليها الواو او الضمة Comma مثل *Vibrio cholerae* المسببه لمرض الكوليرا
- متعددة الانحناءات Spirillum
- الملتوية او المثنية Spirochete

رابعا: الشكل الخيطي Filamentous bacteria

تمثل الاكتينوميسيتات actinomycetes او الاكتينوبكتيريا Actinobacteria مجموعة من البكتيريا تتميز بانها تنمو على هيئة خيوط تشبة الغزل الفطريmycelium ، حيث كان يعتقد سابقا انها من الفطريات ، و لكن نظراً لطبيعة تركيب الجدار الخلوي و لكونها تحتوي على مادة وراثية غير محاطة بغشاء نووي و لا توجد نوية - تم وضعها ضمن مملكة البكتيريا (بدائيات النواة). تحتوي على أنواع وحيدة الخلية إلا أنها أكبر حجما "نسبيا "من البكتريا العصوية وتتخذ شكل(L,X,Y)

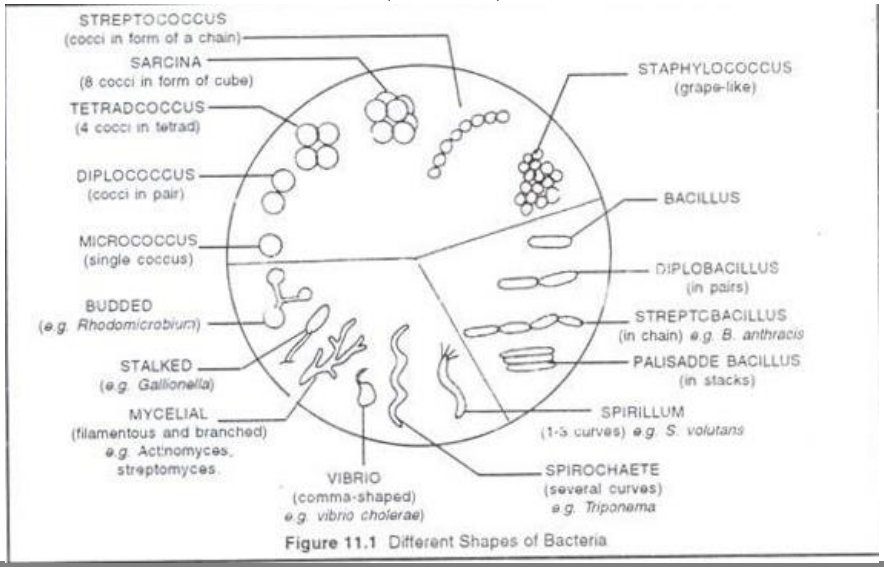
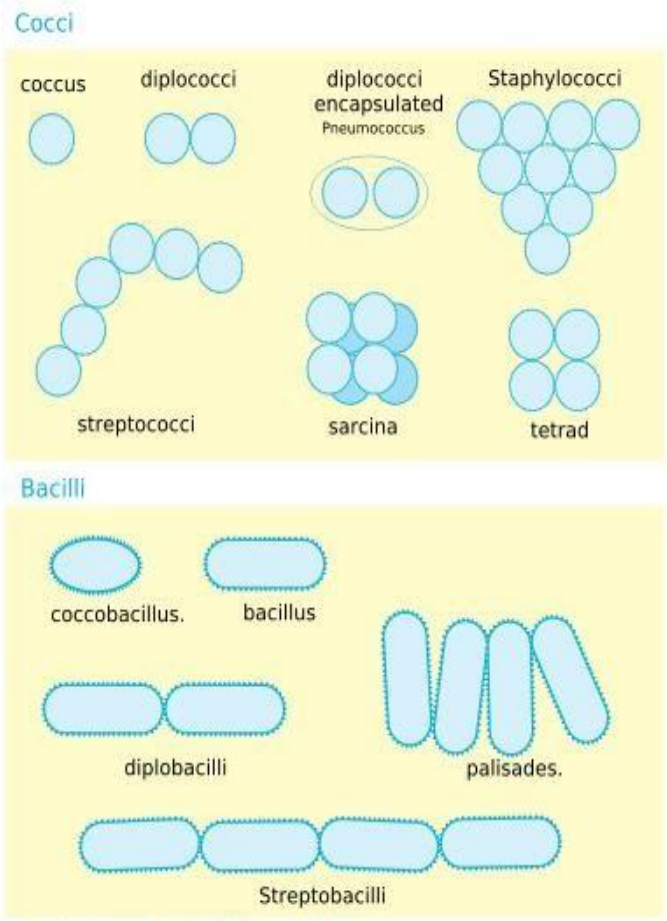


Figure 11.1 Different Shapes of Bacteria

تجمعات البكتريا Arrangements of Bacteria

تتكاثر البكتيريا لاجنسيا بواسطة الانقسام البسيط Simple fission وتظل الخلايا المنقسمة متلاصقة مع بعضها في مجموعات خلوية تختلف في الشكل والتركيب تبعاً للنوع.

هذه التجمعات لها أهمية في عملية التقسيم والتعريف للأنواع البكتيرية.



الكروية Coccus:

1- بكتريا كروية ثنائية Diplococcus

2- بكتريا كروية مسبحية Streptococcus

3- بكتريا كروية رباعية Tetrads

4- بكتريا كروية مكعبة Sarcinae

5- بكترية كروية عنقودية Staphylococcus

العصوية Bacillus:

1- ثنائية

2- مسبحية او سلسلة

3- والملتصقة من الجوانب Palisade

Movment of Bacteria حركة البكتريا

1- غير متحركة non-Motile 2- متحركة Motile

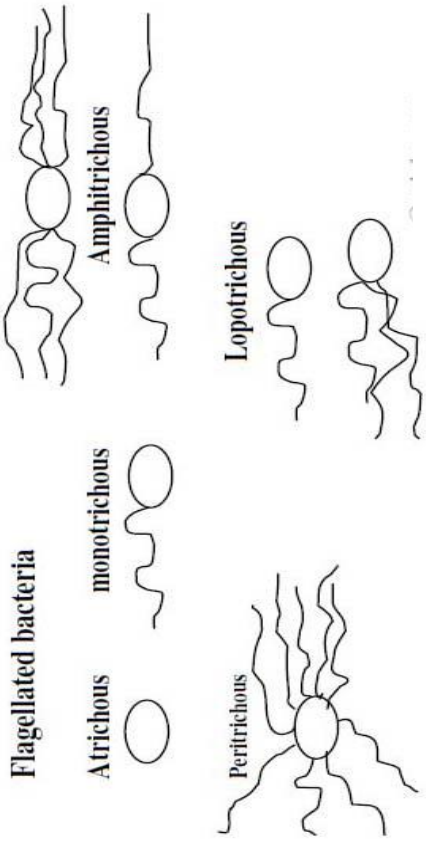
- **حركة انزالقية** : **Gliding movement** يتميز بهذه الحركة افراد البكتريا الهلامية Myxobacteria وافراد الجنسBeggiatoa
- **حركة دودية الانثنائية Flexion movement** او حركة دائرية سريعة على طول محور الخلية مثل Spirochetes
- **حركة البكتيريا هي حركة حقيقة true (vital) movement** ترجع الى وجود االسواط flagella

موقع االسواط بالنسبة للخلية البكتيرية:

1- **سواط طرفي** Polar flagella قاعدة السوط موازية للمحور الطولي للخلية
2- **سواط تحت طرفي** Subpolar يوجد بالقرب من الطرف وقاعدة السوط تكون متعامدة مع المحور الطولي
3- **سواط جانبي** Lateral: السوط على النصف الوسطي للخلية

توزيع االسواط flagella distribution :

1- polar monotrichous
سواط واحد عند احد طرفي الخلية البكتيرية
2- Lophotrichous
تحتوي على 2 او اكثر من السواط عند طرف واحد
3- amphitrichous
سواط واحد عند كال الطرفين
4- peritrichous flagella
اسواط محيطية موزعة عند عدة نقاط على امتداد سطح الخلية.



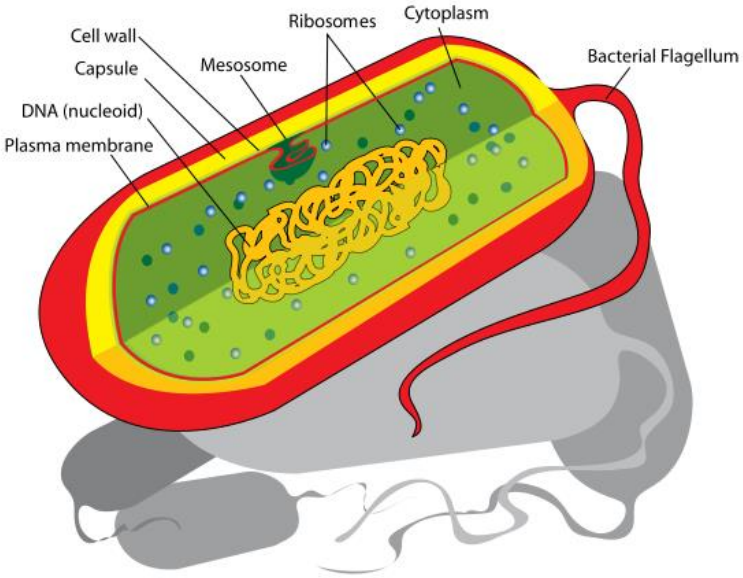
شكل الحركه في السوط:

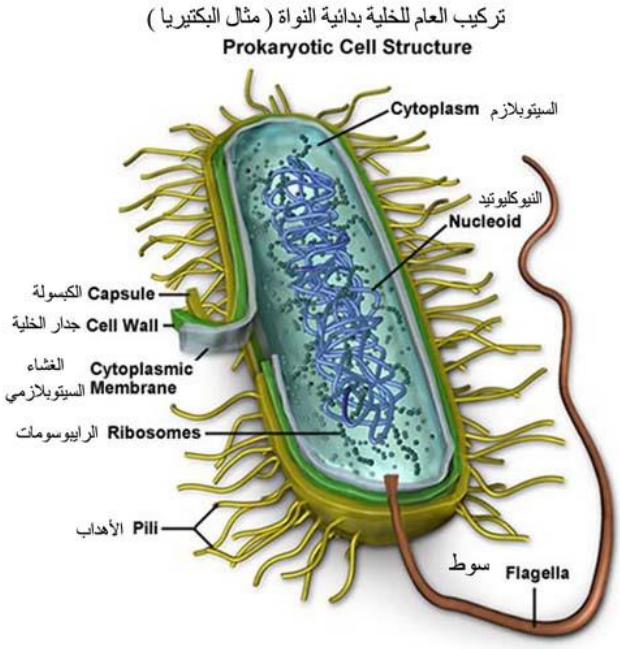
1- عكس او باتجاه عقارب الساعة
2- حركة دودية

انجذاب البكتريا وتحركها:

1- نحو الضوء
2- المواد الكيميائية
3- المضادات

تركيب البكتريا Stracture of Bacteria

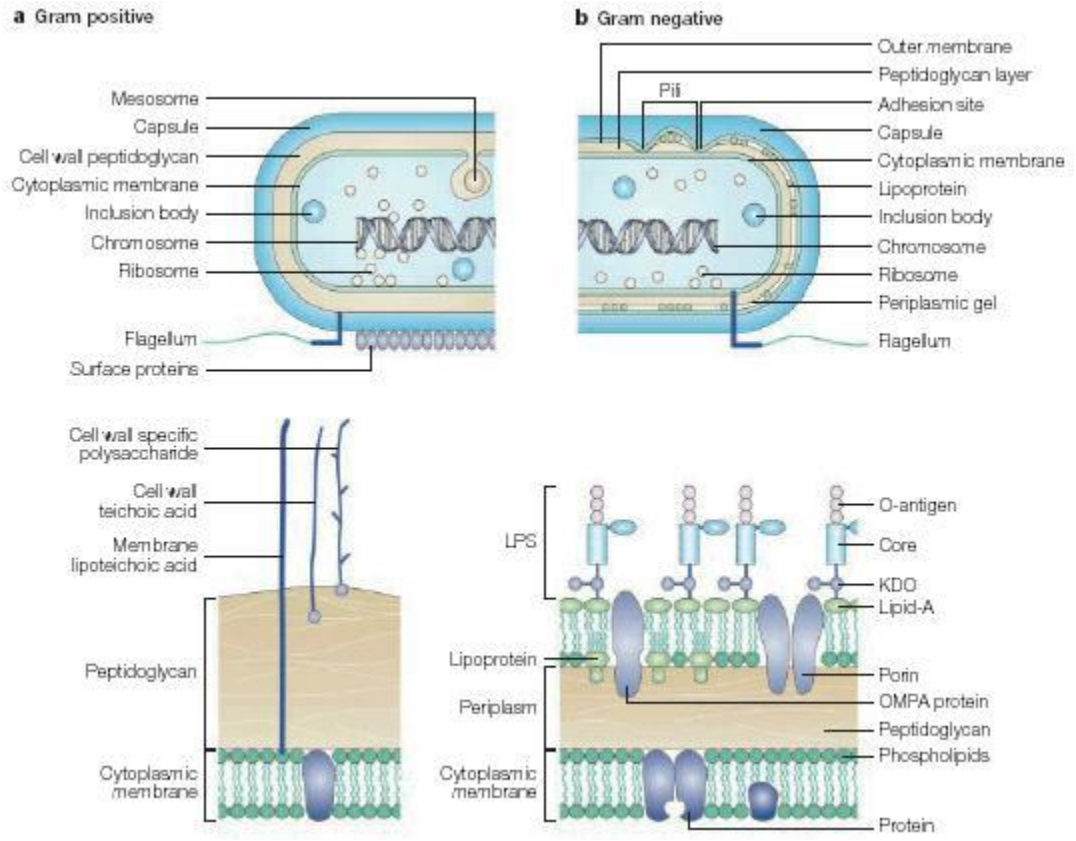


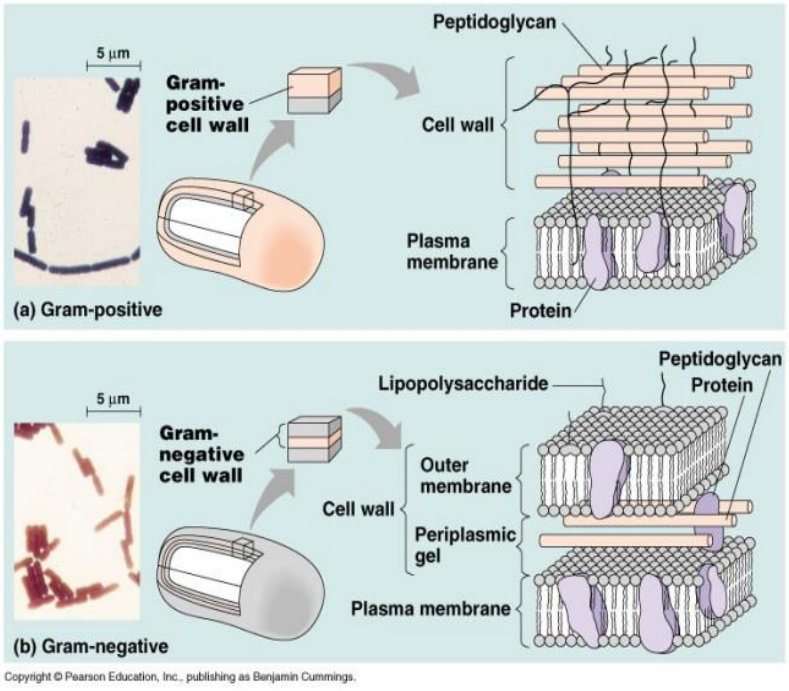


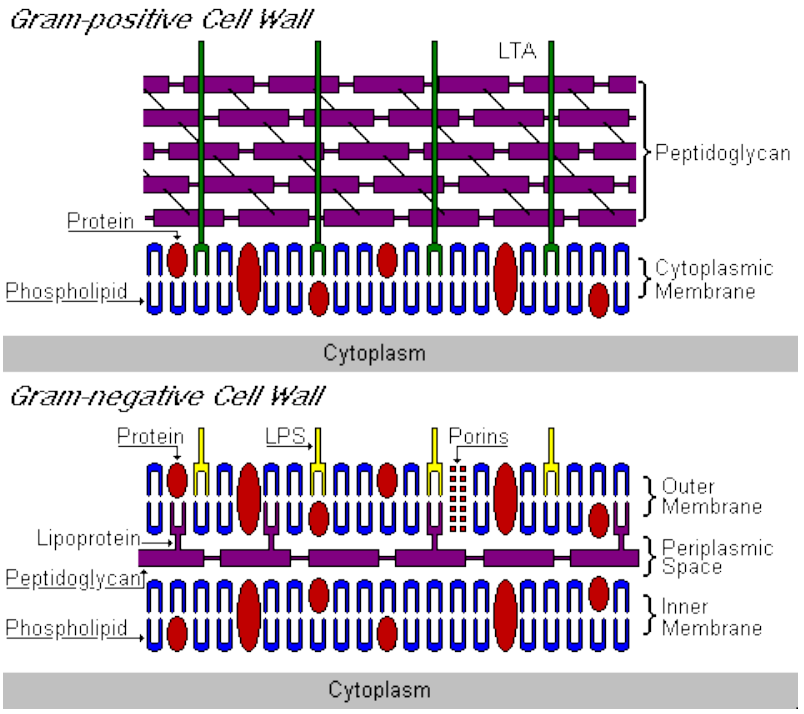
- التراكيب الخارجية:

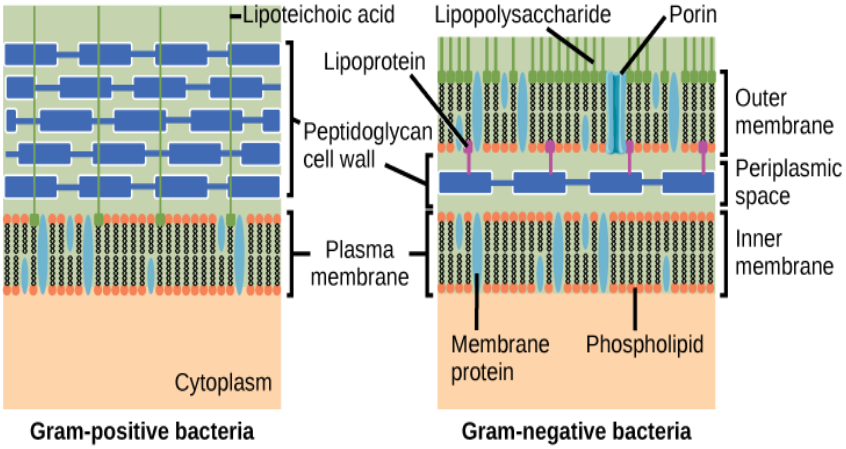
1- جدار الخلية Cell Wall

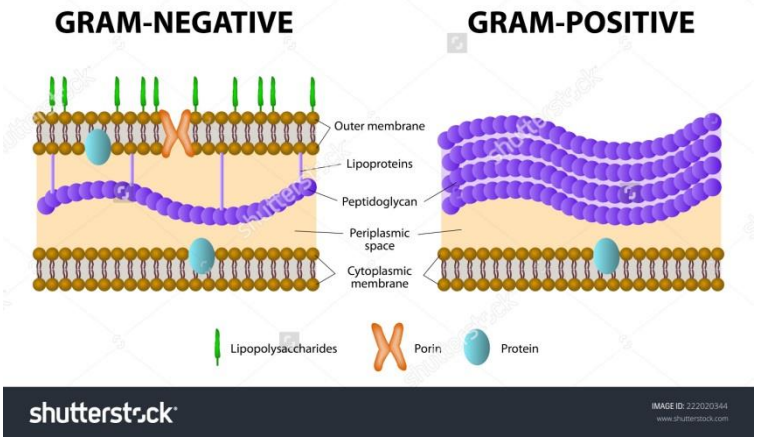
تحاط الخلية البكتيرية بجدار يعطي لها شكلاً ثابتاً يقوم بحماية محتوياتها الداخلية. ويتركب الجدار من جزيئات متراكمة من مادتين هما مادة كربوهيدراتية وببتيدات . اما الأولى فهي عبارة عن بلمر **polymer** من كل من حمض اسيتيل موراميك وحمض اسيتيل جلوكوزامين متبادلين. وأما الببتيدات فهي قصيرة وتربط السلاسل الكربوهيدراتية بعضها بالبعض ، وتسمى هذه المادة بالميورين **Muren** او **Peptidoglycan** ومن المركبات الرئيسة في جدار الخلية الأحماض الأمينية والسكريات والدهون، ويتراوح سمك جدار الخلية البكتيرية ما بين ١ – 25 ملي مايكرون.ويلعب جدار الخلية البكتيرية دوراً هاماً في تقسيمها إلى نوعين رئيسين تبعاً لتقيل البكتيريا لنوع من الصبغات يسمى **Gram stain** وتعتمد هذه الصبغة على إضافة محلول الكريستال البنفسجي واليود إلى غشاء بكتيري فتنفذ هاتان المادتان من الجدار الخلوي وتلون السيتوبلازم باللون البنفسجي أو الأزرق وعند غسل الخلايا بالكحول فإن بعض هذه الخلايا لا يسمح بخروج الصبغة مرة أخرى وبذلك تحتفظ باللون البنفسجي أو الأزرق وتعرف هذه البكتيريا بأنها موجبة لصبغ كرام **Gram +ve** أما أنواع البكتيريا التي لا يستطيع جدارها الإحتفاظ بالصبغ ويسمح بخروجها مع الكحول فتصبح عديمة اللون ويمكن صبغها بعد ذلك بصبغة معاكسة مثل صبغة الصفرانين الحمراء وتعرف هذه البكتيريا بأنها سالبة لصبغ جرام **Gram – ve** وتعتبر صبغة جرام من الصفات الهامة في التعرف على البكتيريا ولها دور مهم في تشخيص الكثير من الأمراض التي تسببها.


a Gram positive
Mesosome
Capsule
Cell wall peptidoglycan
Cytoplasmic membrane
Inclusion body
Chromosome
Ribosome
Flagellum
Surface proteins
b Gram negative
Outer membrane
Peptidoglycan layer
Pili
Adhesion site
Capsule
Cytoplasmic membrane
Lipoprotein
Inclusion body
Chromosome
Ribosome
Periplasmic gel
Flagellum
Cell wall specific polysaccharide
Cell wall teichoic acid
Membrane lipoteichoic acid
Peptidoglycan
Cytoplasmic membrane
LPS
O-antigen
Core
KDO
Lipid-A
Lipoprotein
Periplasm
Porin
OMPA protein
Peptidoglycan
Phospholipids
Cytoplasmic membrane
Protein


5 µm
Gram-positive cell wall
Peptidoglycan
Cell wall
Plasma membrane
Protein
(a) Gram-positive
5 µm
Gram-negative cell wall
Lipopolysaccharide
Peptidoglycan
Protein
Outer membrane
Cell wall
Periplasmic gel
Plasma membrane
(b) Gram-negative
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.


Gram-positive Cell Wall
LTA
Peptidoglycan
Protein
Phospholipid
Cytoplasmic Membrane
Cytoplasm
Gram-negative Cell Wall
Protein
LPS
Porins
Outer Membrane
Lipoprotein
Periplasmic Space
Peptidoglycan
Phospholipid
Inner Membrane
Cytoplasm





2- العلبة او المحفظة Capsule

الكبسولة عبارة عن طبقة هلامية تكون غلافا حول الخلية وتتكون من مادة كربوهدراتيه وتقوم هذه الطبقة بحماية الخلية البكتيرية من الظروف البيئية غيرالمناسبة مثل الجفاف أما عند وجود هذه الطبقة حول خلايا البكتيريا المسببة لبعض الأمراض فيكون دورها هو حماية الخلية من الإفرازات التي يفرزها الجسم لمقاومة هذه البكتيريا .

تتركب الكبسولة من مواد عديدة التسكر كما في الجنس Streptococcus pneumoniae

او من عديدات الببتيد كما في الجنس Bacillus anthracis

او من خليط من عديدات التسكر و عديدات الببتيد كما في الجنس Bacillus megaterium

للكبسولة عدة وظائف منها:

1- حماية الخلية من الجفاف

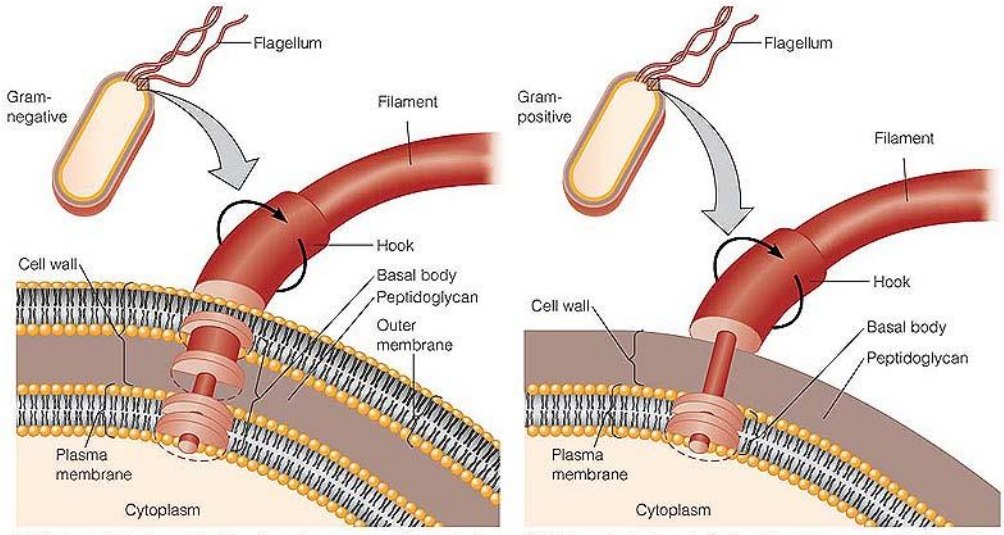
2-عامل ضراوةVirulence factor اي تساعد البكتيريا على احداث الامراض عن طريق مقاومة الخلايا الاكولة.

الاسواط Flagella: هي خيوط دقيقة جدا وطويلة من البروتين تخرج من الستوبالزم خالل الجدار الخلوي وطبقة الغالف- يتراوح سمك السوط من 30-10 نانوميتر –(nm) قد يصل طوله الى 15-20ميكروميتر -(µm) السوط يكون متموج وطول الموجة غالبا يكون ثابت للساللة البكتيرية الواحدة- ال يرى بالمجهر الضوئي اال بطرق صبغ خاصة- افضل طريقة تحديد عدد وتوزيع االسواط على الخلية هو استعمال المجهر االلكتروني.

3- تركيب االسواط Flagella Structure

تتركب االسواط من بروتين اجوف يسمى,Flagellin و يتكون السوط البكتيري من الخيط Filamentالذي يرتبط مع الخطافHook المتصل مع الحبيبة القاعدية Basal granule (او الجسم القاعديBasal body) التي تنشأ من الغشاء البالزمي رسم تخطيطي لمكونات السوط البكتيري ، الحظي الخيط Filament المتصل بالخطافHook المرتبط مع الحبيبة القاعدية و التي هي عبارة عن عمودRod يمر خالل عدد من الحلقات.

تركيب الحبيبة القاعدية في البكتيريا السالبة لجرا م انها تتكون من العمود الذي يمر خالل 4حلقات , الحلقةM و الحلقةS تليها الحلقةp و اخيرا الحلقة L في حين ان الحبيبة القاعدية في البكتيريا الموجبة لجرام تتكون من العمود الذي يمر خالل حلقتين فقط , الحلقةM و الحلقة S السبب في وجود 4 حلقات في الحبيبة القاعدية في سوط البكتيريا السالبة الجرامL) هو لتدعيم تثبيت السوط خالل الجدار الخلوي الذي يتكون من طبقة رقيقة من Peptidoglycanتعلوها طبقة الغشاء الخارجي Outer membraneايضا نالحظ وجود الحلقتينM وS في كال نوعي البكتيريا النها هي الحلقات المسؤلة عن دوران الخيط في عكس اتجاه دوران عقارب الساعة)الحظ حركة السهم الوجود على الخطاف في الرسم العلوي(و ينتج عن دوران الخيط في عكس اتجاه عقارب الساعة حركة الخلية حركة تقدمية لالمام.



(a) Parts and attachment of a flagellum of a gram-negative bacterium (b) Parts and attachment of a flagellum of a gram-positive bacterium

4- الاهداب او الشعيرات pili

هي عبارة عن زوائد رفيعة جداً وقصيرة جداً وتحيط الخلية من جميع جهاتها، وتتواجد في البكتيريا المتحركة وغير المتحركة، وتسمى بالشعيرات. وأعداد هذه الشعيرات كبير جداً يقدر بالمئات وهي أقصر من الأسواط. وكان يعتقد ان لهذه الشعيرات أي دور في حركة البكتيريا بسبب وجودها في البكتريا المتحركة والثابتة وإنما وجد أن هذه الشعيرات تساعد البكتيريا على الالتصاق بالأسطح كما توجد بعض من هذه الشعيرات تعمل قنوات اتصال بين الأنواع المتشابهة من البكتيريا في حالة نقل بعض الصفات الوراثية بينهم خلال عملية تزاوج بدائية

- **التركيب الداخلية:**

1- الغشاء البلازمي Plasma membrane

هو غشاء رقيق جداً يقع تحت جدار الخلية ويغلف السيتوبلازم و يتراوح سمكه بين ١- 2 ملليميكرون ويمتاز بخاصية " النفاذية الاختيارية " حيث يسمح بمرور الماء وبعض المواد الغذائية اللازمة للنمو والنشاط والحيوية دون مواد أخرى . و يتركب هذا الغشاء من طبقتين من مواد كيماوية تسمى دهون الفوسفات Phospholipids تظهر فيها بعض المركبات البروتينية، يقوم هذا الغشاء ببعض العمليات الحيوية لتحطيم المواد السكرية لإنتاج الطاقة ، وذلك بسبب احتوائه على عدد من الإنزيمات الضرورية مثل إنزيمات التنفس.

2- الميزوسوم: mesosome

تركيب غشائي ذو تركيب خاص متصل بالغشاء البلازمي يحتوي بعضها على أصباغ وإنزيمات يعتقد ان لها دور في عملية البناء الضوئي والتنفس الهوائي. ويشير البعض الاخر الى ان لها دور في عملية عزل كرموسوم الخلية البكترية اثنا الانشطار.

3- الابواغ الداخلية:Endospore

هي عبارة عن أجسام بيضاوية الشكل صغيرة الحجم تتكون عند بعض أنواع البكتيريا القادرة على ذلك في حالة تعرضها لظروف قاسية ووظيفتها المقاومة، فإذا ما تحسنت الظروف تعود الأبواغ لتتحول إلى خلايا خضرية. و توجد عادة في بعض أنواع البكتيريا العصوية و هي على درجة كبيرة من المقاومة للظروف المحيطة مثل الحرارة المرتفعة والبرودة والجفاف والضغط الأسموزي المرتفع والمواد الكيميائية. وتستطيع التعايش مع مثل هذه الظروف القاسية في الوقت التي لا تستطيع الخلايا البكتيرية الخضرية أن تتحمل الحياة في مثل هذه الظروف. وتتكون الجرثومة الداخلية في هذه الأنواع من البكتيريا بانكماش السيتوبلازم داخل الخلية متخذاً شكلاً كروياً أو بيضياً ثم يحيط نفسه بجدار سميك وتتخذ الجرثومة الداخلية وضعاً طرفياً أو تحت طرفي أو وسطياً على حسب نوع الخلية البكتيرية.وتبقى الجراثيم الداخلية في حالة كمون حتى إذا تهيأت الظروف الملائمة فتمتص الماء وتنتفخ ويتمزق جدار الجرثومة الخارجي وتخرج محتوياتها الداخلية لتنمو إلى خلية جديدة. و لا تعتبر عملية إنتاج الأبواغ عملية تكاثرية لأنه لا يحدث أية زيادة في العدد . في العادة كل خلية خضرية تنتج بوغاً واحداً، ولكن

هناك أنواع من البكتيريا قد تنتج أكثر من بوغ واحد من خلية واحدة . ويمثل البوغ الطور الساكن للخلية البكتيرية.

4- السايتوبلازم Cytoplasm

يتكون السيتوبلازم من خليط معقد من مواد بروتينية و كربوهيدراتية ودهون وأحماض أمينية وأملاح وفيتامينات. وتوجد بعض هذه المواد مذابة في الماء أو معلقة فيه. ويعتبر السيتوبلازم مركز العمليات الحيوية بالخلية ، وهو يتكون من حوالي ٨٥ % من وزنه ماء و١٥ % مواد صلبة. بالإضافة إلى المواد السابقة يحتوي السيتوبلازم على مواد غذائية Polyphosphates مدخرة مثل الحبيبات الفوليوتينية وهي عبارة عن عديدات الفوسفات وجليكوجين. وكذلك من الممكن أن نجد عنصر الكبريت والحديد كمواد غذائية مختزنة في بعض أنواع البكتيريا. و يمكن تقسيم المادة الخلوية داخل السيتوبلازم إلى ثلاثة مناطق أوأقسام أ – منطقة سيتوبلازمية حبيبية الشكل وغنية بمادة الR N A :.

ب – منطقة كروماتينية غنية بمادة الD N A.

ج – الجزء السائل الذي يحتوي على المواد الغذائية الذائبة. تساهم Ribosomes كما توجد بعض الأجسام داخل السيتوبلازم تسمى الريبوسومات في تكوين البروتين كما توجد مناطق تتجمع فيها حبيبات من مواد مختلفة، وهي تسمى عادة بالحبيبات السيتوبلازمية.

5- المادة النووية:

لا تحتوي الخلية البكتيرية على نواة مثل أنوية النباتات والحيوانات الراقية . ولذلك والتي تعتبر بمثابة Nucleoids) فهي تحوي أجساماً داخل السيتوبلازم (الأجسام النووية إلى هذه المنطقة (منطقة الجينوم البكتيرى) ولأن هذه DNA التركيب النووي، وينضم ال المواد النووية لا تُحاط بغشاء نووي محدد، فقد اصطلح على تسميتها بالأجسام الكروماتينية وتختلف هذه الأجسام عن نواة الكائنات الأرقي بعدم احتوائها على غشاء نووي محدد يفصلها عن بقية السيتوبلازم .

6- الرايبوسومات Ribosomes:

عبارة عن تراكيب صغيرة منتشرة بشكل غير منتظم في سايتوبلازم الخلية تظهرعلى شكل مناطق سوداء قاتمة تحت المجهر الالكتروني يصل عددها الى حوالي 3000 جزيئة وتسمى الرايبوسومات Ribosomes وتراكيبها الكيميائي عبارة عن الحامض النووي الرايبوزي RNA وبروتين وتمثل مناطق بناء البروتين. توجد الرايبوسومات بشكل مجاميع تعرف بمتعدد الرايبوسومات Polysomesاو Polyribosomesوتتكون من وحدات ثانوية صغيرة وكبيرة ورايبوسومات البكتريا هي من النوع 70 .S

7- البلازميدات Plasmids

البلازميدات عناصر وراثية من جزيئات د ن ا "DNA" على شكل دوائر صغيرة ، متواجدة داخل سيتوبلازم الخلية البكتيرية، خارج الكروموسوم البكتيري، ولانها منفصلة عن الكروموسوم، فانها تتكاثر بصورة مستقلة عنه، إلا أن هناك بلازميدات يرتبط تضاعفها في الخلية بتضاعف الكروموسوم. وتختلف البلازميدات عن بعضها في الحجم وأعداد النسخ الموجودة بالخلية، وتحمل البلازميدات جينات تضيف للخلية صفات إضافية، إلا أنها غير ضرورية لحياة الخلية، ولا تؤثر على حيوية الخلايا، ويدل على ذلك أنه يمكن لبعض المواد الكيماوية أزالة البلازميدات من الخلية عن طريق وقف تكاثرها، وباستمرار تضاعف الخلايا البكتيرية يتناقص اعداد البلازميدات حتى نحصل على خلايا بكتيرية خالية من البلازميدات cured cells.

8- الفجوة: Vacuole

ان بعض انواع البكتريا تحتوي على فجوة غازية تسمى بالحويصلة الغازية Gas vesicle والتي تقوم بمساعدة البكتريا على الطفو في الماء وتحتل هذه الفجوات حوالي 40% من حجم الخلية ويختلف عددها في الخلية الواحدة فقد توجد واحدة منها او قد تصل اعدادها الى المئات وتتقلص هذه الفجوات عند تعرضها الى ضغط مفاجئ. ان الترآيب الكيميائي لغلاف الفجوات الغازية هو عبارة عن بروتين بسمك 2 نانوميتر.