كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : جراثيم وفيروسات

المحاضرة : الثانية/نظري/ د.مرسال

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

بيولوجيا الجراثيم والفيروسات
المحاضرة الثانية
بنية الخلية البكتيرية
Structure of Bacterial Cell

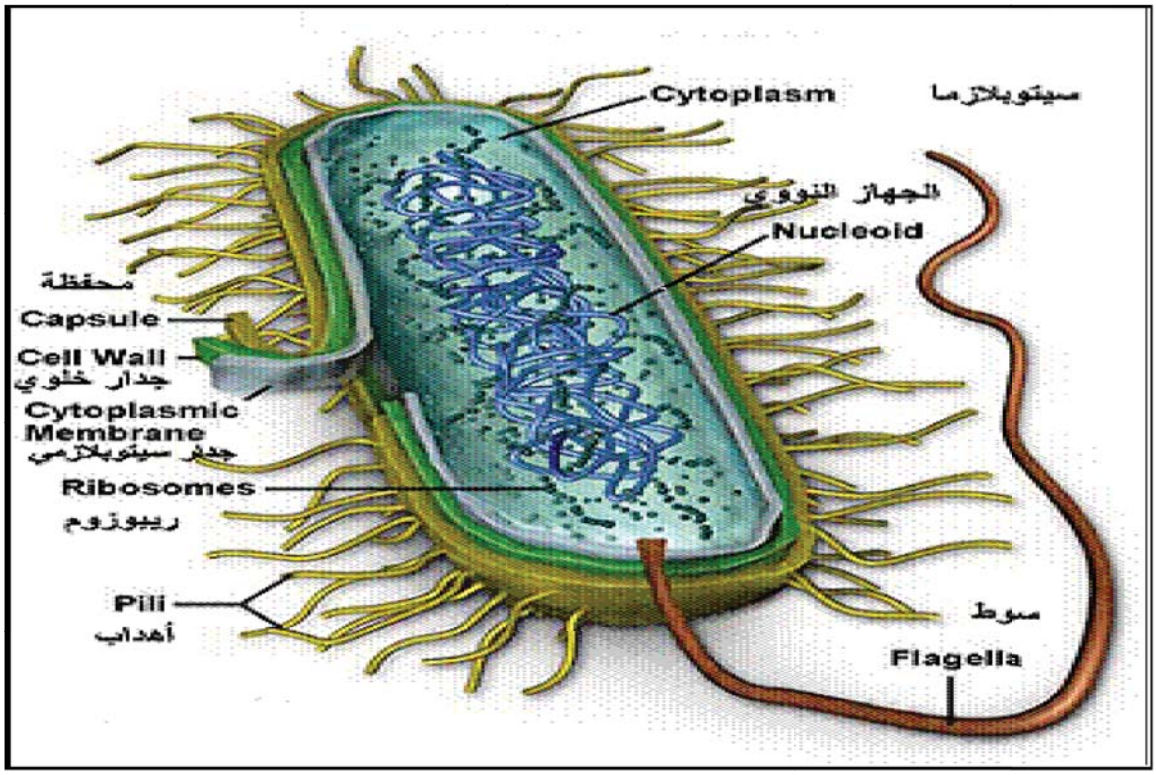
تتألف الخلية البكتيرية من الجدار الخلوي – والغشاء السيتوبلازمي والسيتوبلازما وتضم في داخلها المادة الوراثية والميزوزمات والريبوزمات ومختلف أنواع المواد الادخارية التي تنشأ عن التمثيل الغذائي .

- **الجدار الخلوي : Cell Wall**
- وهو عنصر موجود في كافة خلايا الأحياء الدقيقة (باستثناء بعض الأنواع كالميكوبلازما) ويمكن أن نثبت وجوده بواسطة عملية انكماش السيتوبلازما، عندما نضع الخلايا الجرثومية في وسط ذي ضغط حلولي مرتفع ، يحدد الجدار الخلوي الشكل الثابت نسبياً للخلية البكتيرية (عصوي ، كروي ، حلزوني ....) وإلى جانب قساوته المحدودة التي تمنح الخلية الشكل الثابت ، فإنه يتمتع بمرونة تسمح له بالانحناء والثني وبليونة خاصة ، إضافة لتحمله للضغط المرتفع نسبياً.
- تتراوح ثخانة الجدار الخلوي بين ٠,٠١ – ٠,٠٢ ميكرون ولا يظهر تحت المجهر الضوئي العادي دون معالجة كيميائية لتلوينه ، أما تحت المجهر الإلكتروني فيظهر بوضوح وبشكل منفصل ومختلف عن الغشاء السيتوبلازمي.
- يقوم الجدار الخلوي بوظائف عديدة من أهمها حماية الخلية البكتيرية من العوامل الخارجية ، ويلعب دوراً هاماً في تبادل المواد وهو جزء حيوي ونشيط من الخلية .

- كما يحمي الخلية من الضغط الحلولي الخارجي ويضمن سلامتها من تأثير العوامل الخارجية كالعناصر السامة والمضادات الحيوية، وهو المسؤول عن إعطاء الخلية شكلها، ويساهم في عملية انتقاء وتبادل العناصر الغذائية من وإلى الخلية. يمكن أن يحتوي الجدار في تركيبه مكونات تساهم في دعم القدرات الدفاعية للخلية.
- تم تقسيم البكتريا إلى مجموعتين كبيرتين وفق تركيب الجدار الخلوي القائم على التلون بصبغة غرام حيث قسمت إلى بكتريا موجبة الغرام وبكتريا سالبة الغرام.

- ونظراً لكون الجدار الخلوي للبكتريا يلعب الدور الأساسي في عملية التلون بطريقة غرام ، فإن التركيب الكيميائي لهذا الجدار يختلف عند البكتريا موجبة الغرام عنه عند البكتريا سالبة الغرام ، فهو أقل تعقيداً عند البكتريا موجبة الغرام ، ويتألف من طبقتين من الجزيئات الكبيرة:
- **ـ الطبقة الخارجية :** من الميكوببتيد (يتكون جزيء الميكوببتيد من سلاسل أفقية من إتحاد الأستيل غلوكوز أمين (NAG) مع حمض أستيل الميوراميك (NAM) وسلاسل عمودية من الحموض الأمينية – الألانين والغلوتامين والليزين ، وترتبط السلسلتان فيما بينهما بخمسة جزيئات من الغليكوكول) .
- **ـ الطبقة الداخلية** : تتركب من حمض التيكوئيك.
- أما التركيب الكيميائي للجدار الخلوي عند البكتريا سالبة الغرام فهو أكثر تعقيداً ويتألف من ثلاث طبقات :
- طبقة شحمية بروتينية ، وطبقة شحمية سكرية ، وطبقة الميكوببتيد

- وحسب **طريقة العالم غرام** Gram في التلوين المقترحة في عام ١٨٨٤ فإن البكتريا موجبة الغرام (هي البكتريا التي تتلون باللون البنفسجي عند المعالجة وفق هذه الطريقة والتي لا يزول لونها عند إضافة مزيج الكحول والأسيتون) وسالبة الغرام (هي البكتريا التي لا تحتفظ باللون البنفسجي عند إضافة مزيج الكحول والأسيتون بعد المعالجة وفق طريقة غرام) .



ـ الغشاء السيتوبلازمي (الهيولي) :

غشاء رقيق جداً يحيط بالسيتوبلازما ، ويبطن الجدار الخلوي ويفصله عنه فراغ يسمى بالفراغ قرب الهيولى، وتتراوح ثخانته بين ٥-١٣ نانوميتر ، ويتركب من معقد شحمي بروتيني (٦٠ % بروتين و٤٠ % ليبيدات على شكل فوسفوليبيد) ، ومن كمية كبيرة من البروتينات النووية.

يبدو الغشاء السيتوبلازمي بالمجهر الالكتروني سواء في حقيقيات أو طلائعيات النوى مؤلفا من طبقتين على شكل خطين عاتمين بينهما فراغ نير ، فجزيئات الفوسفوليبيد تنتظم في صفين متوازيين ، وكل جزيء منهما يشمل رأساً قطبياً مشحوناً (جذر فوسفاتي) قابلاً للانحلال في الماء ، و ذيل غير مشحون (جذر هالوجيني) غير قابلة للانحلال بالماء .

تنتظم جزيئات الفوسفوليبيدات بشكل تكون فيه النهايات القطبية المشحونة محيطية (خارجية) ، والنهايات غير القطبية تتجه نحو الداخل ، أما جزيئات البروتين فتتوضع بشكل متفاوت غير منتظم ، فبعضها يتوضع على السطح الداخلي للغشاء أو قريبا منه ، أو على السطح الخارجي ، وبعضها يخترق الغشاء ، وتؤكد الدراسات الحديثة أن انتظام جزيئات الفوسفوليبيدات والبروتين في الغشاء غير ثابت ، فهي تتحرك بحرية في سطح الغشاء ، وهذه الحركة ذات علاقة بنشاط الغشاء ووظيفته .

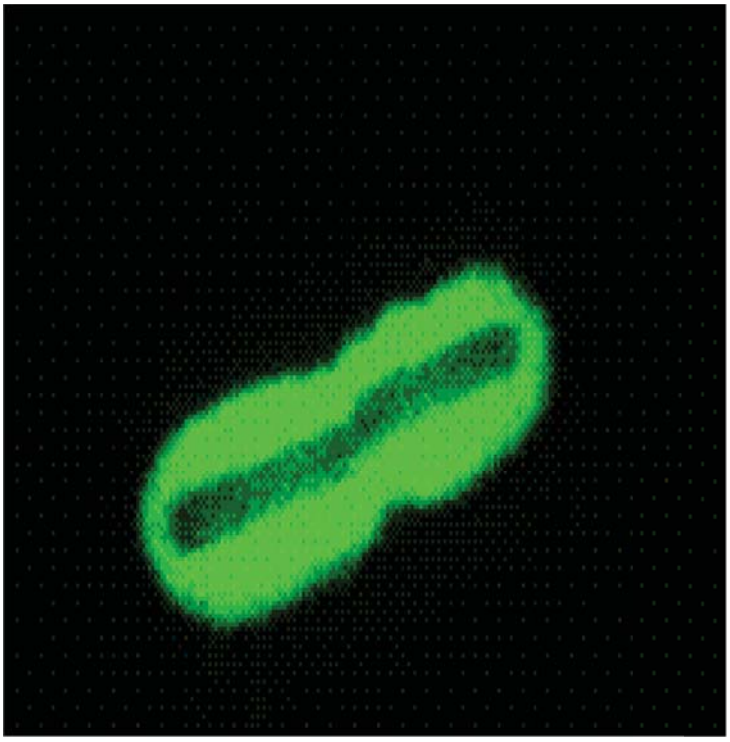
يلعب الغشاء السيتوبلازمي دوراً هاماً في حياة الخلية ، فهوغشاء انتقائي تمر عبره العناصر والمواد ويقوم بدور اختيار المواد التي تدخل إلى داخل الخلية ، وبطرح الفضلات ويؤمن عبور المواد التي تصنعها الخلية وينحصر دورها في الوسط خارج الخلية ، ويقوم كذلك بدورهام في تفاعلات الأكسدة والإرجاع والانقسام الخلوي ، ويلعب حجم المواد دورا في عملية النفوذ ، فالجزيئات الضخمة كالبروتينات لا تمر عبره ، أما الجزيئات صغيرة الحجم (ذات وزن جزيئي منخفض) فتمر بسهولة إذا كانت غير مشحونة ، ووجود الفوسفوليبيدات في تركيب الغشاء يسهل مرور المواد المنحلة بالدسم ، وتزداد النفوذية بوجود المواد الحاملة في الغلاف التي تلعب دورا في نقل بعض الجزيئات من سطح الغلاف إلى السطح الآخر.

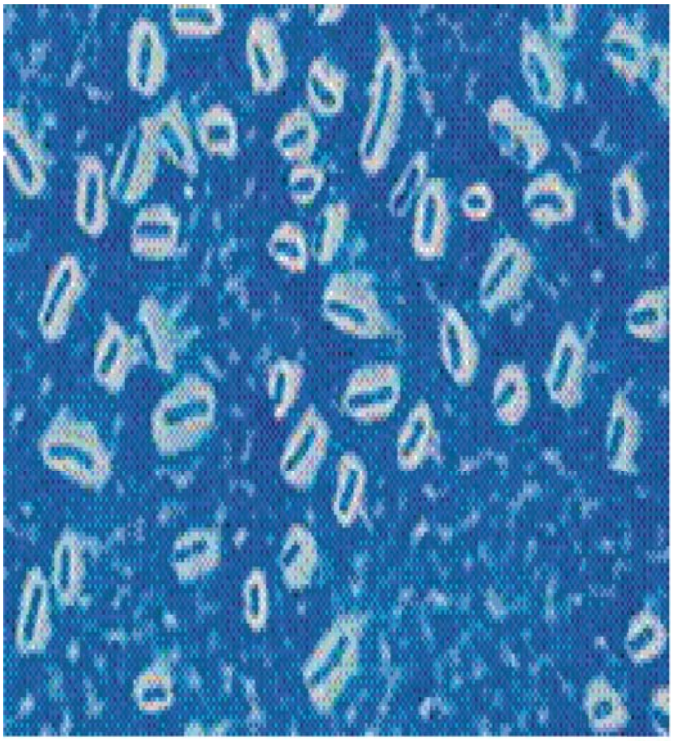
يحتوي الغشاء السيتوبلازمي للبكتريا على بعض الإنزيمات التي تلعب دورا وسيطا في التفاعلات الكيميائية ، وبعضها يحتوي على صبغات وأنزيمات تسهم في عملية التركيب الضوئي ، وتدعى الطبقات التي تحتوي على هذه الصبغات بحاملات الصبغة.

ـ المحفظة (الكبسولة) Capsule :

- وهي عنصر اختياري في الخلايا البكتيرية ، ذات تركيب مخاطي هلامي يتوضع على السطح الخارجي للجدار الخلوي وتلتصق به نظرا للزوجتها ، سماكتها تصل إلى ١٠ ميكرون ، أي أن سماكتها تفوق سماكة الخلية البكتيرية نفسها .
- تقوم البروتوبلاست بإفراز هذه الكبسولة لتحيط بالخلية، وتحيط المحفظة بمجموعة خلايا يصل عددها إلى أربع، وفي بعض الأحيان تحيط بعدد كبير من الخلايا.
- يختلف التركيب الكيميائي للمحفظة حسب نوع البكتريا وغالباً ما تتكون من سكاكر معقدة كما هو الحال عند Leuconostoc Mesenteroides التي تقوم بتحويل السكروز إلى ديكستران في فترة قصيرة جداً على شكل كتلة مخاطية ، وتعتبر هذه الجرثومة من أخطر الميكروبات التي تصيب صناعة السكر أو الصناعات التي تستخدم مواد أولية سكرية (خميرة الخبز ، الكحول الإيتيلي) .

المحفظة (الكبسولة)





تتكون المحفظة أحيانا من الشحوم أو الشحوم البروتينية
(كما هو الحال عند البروسيلات Brucella) ونادراً من البولي ببتيدات .

إن تشكل المحفظة يتعلق بشروط النمو والتغذية ، فعند العديد من البكتريا تتشكل المحفظة عند ارتفاع نسبة الكربوهيدرات أو انخفاض نسبة البروتينات في الوسط .

تعتبر المحفظة أو الكبسولة وسيلة دفاع للخلية البكتيرية تفرزها عند تعرضها لشروط غير مناسبة، ولا تعتبر جزءا ضروريا لا غنى عنه لحياة البكتريا ، إذ يمكن فصلها بطرق خاصة دون إلحاق الضرر بالخلية، ويتم إظهارها بطرق تلوين خاصة، حيث أن مكوناتها قليلة الامتصاص للمواد الصباغية .

- السيتوبلازما (الهيولي) Cytoplasm :

تعني هذه الكلمة لخلايا طلائعيات النوى كل ما هو محاط بالغشاء السيتوبلازمي ، قوامها غير متجانس في مختلف الطبقات ، فالطبقة المتوضعة تحت الجدار الخلوي مباشرة رقيقة إلا أنها كثيفة بالمقارنة مع السيتوبلازما ، وذات تركيب كيميائي معقد (الغشاء السيتوبلازمي) وثخانتها لا تتجاوز ٦٠ –٨٠ أنغستروم.

تحتوي السيتوبلازما على :

الماء بنسبة % ٨٥ – ٨٠ .

الغليكوجين Glycogen وحبيبات دهنية وكبريتية .

البروتينات المنحلة والحمض الريبي النووي RNA .

-المجموعات الأنزيمية المختلفة . إضافة إلى الأصبغة ومركبات عديدة من الكربوهيدرات والأحماض الأمينية والمواد الوراثية والأملاح المعدنية .

ومن الأجسام والمكتنفات الرئيسية الموجودة في السيتوبلازما : حوامل الأصبغة أو الحوامل الملونة Chromatophores وتشكل هذه الأجسام % ٤٠ من كتلة خلايا بكتريا التركيب الضوئي ، وتمتاز هذه الحبيبات بتغير اللون .

الميتاكوندريا التي تحوي على أنزيمات الأكسدة والإرجاع والتي تقوم بالنشاط الأساسي في تفاعلات الأكسدة والإرجاع داخل الخلية ، إضافة إلى دورها في تركيب العديد من مواد الخلية المعقدة ، وتتركب بشكل رئيسي من الليبيدات (% ٣٠ –٢٥) وقرابة ثلثي وزنها عبارة عن فوسفوليبيدات .

الأجسام الريبية وتتألف بنسبة % ٦٠ من الحمض الريبي النووي RNA و% ٤٠ من البروتينات ، وهي عبارة عن مركز تصنيع البروتينات في الخلية ويصل عددها في الخلية الواحدة إلى ٥٠٠٠٠ .

الفجوات Vacuole وهي عبارة عن مستودعات تخزينية للشوارد والمواد العضوية والشحوم

- النواة البكتيرية :

على الرغم من الصعوبات التقنية في دراسة النواة البكترية ، فقد استطاع الباحثون تحديد منطقة في الخلية أقل كثافة من السيتوبلازما المحيطة بها ولا تفصلها عنها أية أغشية أو أغلفة ، تحتوي على المواد الوراثية.

تظهر النواة تحت المجهر الإلكتروني بشكل خيوط دقيقة متوضعة فوق بعضها البعض بشكل متواز ، خالية من الغلاف النووي ، ولا تحتوي على نويات ، تتمركز في وسط الخلية البكترية وتتكون من الحمض الريبي النووي المنقوص الأكسجين DNA وتحتوي على كروموزم وحيد متوضع بشكل لولبي داخل النواة ، وأحياناً قد تتصل بالغشاء السيتوبلازمي بواسطة الميزوزوم ، لهذا يفضل اطلاق تسمية **الجهاز النووي** بدلاً من النواة .

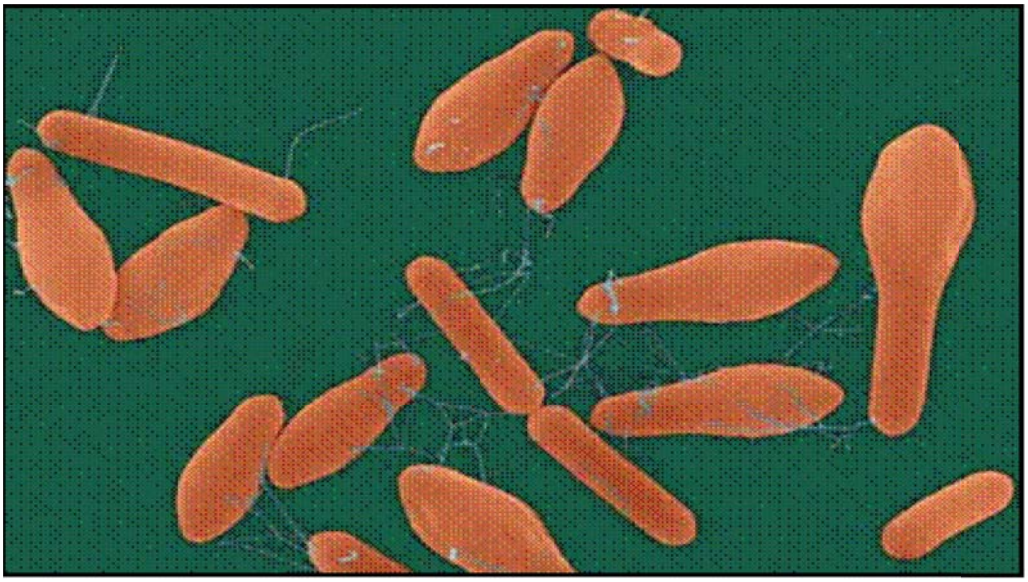
يختلف توضع وشكل النواة في الخلية البكترية حسب النوع ، وحسب مراحل النمو التي تمر بها الخلية .

أما الدور الذي تلعبه النواة ، فبالإضافة إلى دورها في الانقسام الخلوي وفي اصطناع الأنزيمات ، وفي التغيرات التي تطرأ على الخلية البكترية ، فإنها تلعب دوراً هاماً في انتقال الصفات الوراثية أثناء الانقسام الخلوي .

الأبواغ Spores :

الأبواغ عناصر اختيارية توجد في مجموعة غير كبيرة من البكتريا شكلها كروي أو بيضوي وغالبا ما تلاحظ عند العصويات.

تتشكل في ظروف غير ملائمة تتعرض لها خلايا البكتريا مثل : نقص المواد الغذائية ، انخفاض الرطوبة ، تغير درجة الـ pH ، ارتفاع تركيز نواتج التمثيل الغذائي والاستقلاب في الوسط .
أي أن تشكل الأبواغ هو عبارة عن طريقة خاصة من التأقلم في ظروف غير مناسبة ، وليست طريقة من طرق التكاثر .



يبدأ تشكل الأبواغ في الخلية البكترية على عدة مراحل :

ـ المرحلة الأولى :

أو مرحلة التهيؤ حيث تتوقف الخلية عن الانقسام ، وتزداد كمية المواد الدسمة فيها .

ـ المرحلة الثانية :

تبدأ بتكثيف المادة البروتينية ، حيث يلاحظ ارتفاع الكثافة الضوئية في مكان تشكل البوغة داخل الخلية ، وفي الساعات الأولى من بدء عملية تشكل الأبواغ ، يتفكك القسم الأكبر من المحتوى البروتيني للخلية الأم ، وتفقد الخلية كمية لا باس بها من محتواها من الماء الحر ويتشكل في الخلية حمض نوعي هو حمض ديبيكولينيك و ترتفع نسبة الكالسيوم والمغنزيوم وهذه المركبات تعتبر مسؤولة عن مقاومة الأبواغ للحرارة.

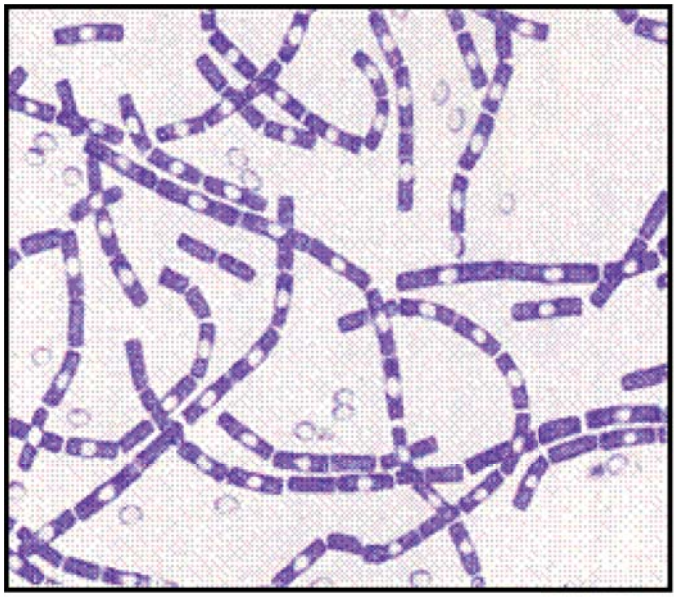
ـ المرحلة الثالثة :

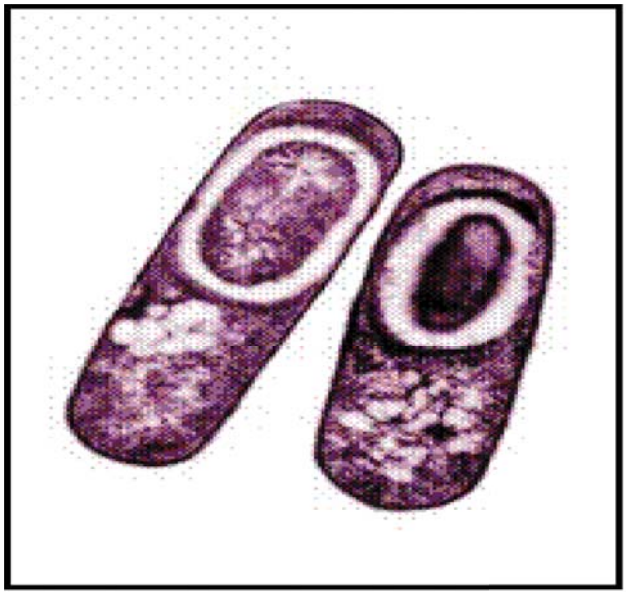
يتشكل الغلاف المحيطي ، ويزداد تركيز وكثافة البوغة .

ـ المرحلة الرابعة والأخيرة :

مع تقدم حالة نضوج البوغة يتناقص حجمها وتصبح أكثر كثافة ، ويتمايز الغلاف المحيطي إلى طبقتين خارجية وداخلية ، الطبقة الخارجية تصبح غير نفوذة للماء والمواد الكيميائية ، وتحمي البوغة من التأثيرات الفيزيائية والكيميائية مثل التجفيف والحرارة وتأثير المواد الكيميائية وهذا يفسر عدم تلون الأبواغ بطرق التلوين العادية، ويشكل حمض الديبيكولينيك نسبة ١٥ % – ١٠ من الوزن الجاف للأبواغ ولا يصادف في الأبواغ بعد إنتاشها .

- تتوضع الأبواغ في أماكن مختلفة من الخلية الأم تبعاً للنوع ، فمثلاً تتوضع في وسط الخلية عند العصويات ويكون قطرها أكبر من قطر الخلية الأم أحيانا ، وتتوضع جانباً عند بكتريا Clostridium وقطرها كذلك أكبر من قطر الخلية الأم

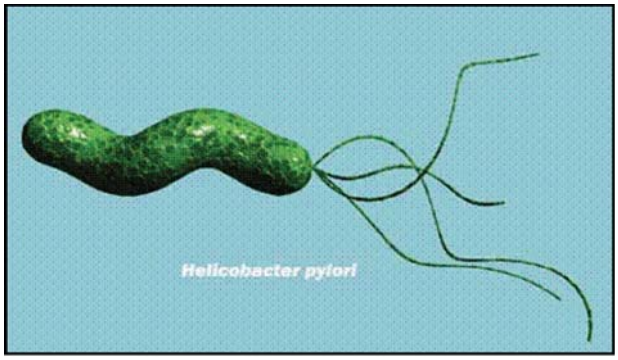




عندما تصادف الأبواغ وسطاً ملائماً للنمو من حيث الحرارة والرطوبة فإنها تبدأ بالإنتاش ولا تستغرق أكثر من ٤٠ -٥٠ دقيقة لإعادة نشاطها الحيوي فتتفتح الطبقة الخارجية (الغلاف الخارجي) وتزداد أبعادها وتنفجر في مكان واحد تاركة المجال لطليعة البكتريا بالخروج والتطور لاحقاً إلى خلية بكترية كاملة، وهناك آراء أخرى تقول بأنه تحت تأثير الأنزيمات تنحل الطبقة الخارجية للبوغة .

– السياط وحركة البكتريا :

هي عبارة عن بنى إضافية لطلائعيات النوى ، تمنح خلايا البكتريا قدرة ذاتية على الحركة، فبواسطتها يمكن للبكتريا أن تتحرك بسرعة تصل حتى ٥٠-٦٠ ميكرون / ثا ، وتقطع البكتريا في الثانية مسافة تفوق طول جسمها بـ ٥٠-١٠٠ مرة ، وطول السياط يزيد بـ ٥ مرات طول الخلية البكتيرية ، ويتراوح بين ٦- ١٠ ميكرون وقد يصل أحيانا إلى ٢٠ ميكرون ، أما قطر السوط فيبلغ ١٢-٣٠ أنغستروم



تتألف بنية السوط من ثلاثة أجزاء رئيسية :

الاستطالة المحورية Filament وهي تتألف من بروتين يدعى الفلاجلين Flagelline مؤلف من ١٤ حمض أميني، وهو بروتين خاص بكل مجموعة بكتيرية واصطناعه مرتبط بمجموعة من الريبوزومات (ريباسات) يطلق عليها اسم Flagellosome متوضعة في قاعدة كل سوط.

تلتصق هذه الاستطالة من الناحية الوحشية **بغلاف خارجي** يتألف من بروتين مختلف عما هو في الاستطالة.

الجسم القاعدي: هوالذي يربط السوط بالجدار الخلوي والغشاء السيتوبلازمي ، ويتألف من عصية صغيرة مركزية محاطة بعدة حلقات، فالبكتريا سالبة الغرام تشمل زوجين من الحلقات، الأولى ترتبط بالجدار الخلوي، والثانية ترتبط بالغشاء السيتوبلازمي، أما البكتريا موجبة الغرام فتشمل زوجاً داخلياً من الحلقات فقط .

يمكن تصنيف البكتريا حسب توضع السياط وعددها إلى

بكتريا **وحيدة السوط** : البكتريا التي تملك سوطاً واحداً يتوضع بشكل قطبي .

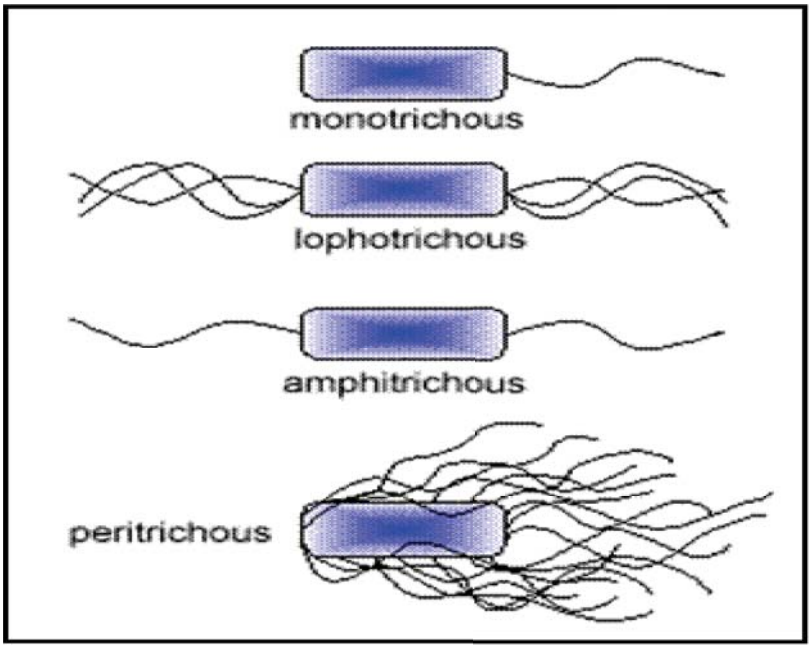
بكتريا ذات سوطين متقابلين وتدعى **ثنائية السياط**

بكتريا ذات **مجموعة (حزمة) من السياط** تتوضع على قطب واحد أو قطبين **قطبية السياط** .

بكتريا تملك سياطاً على محيط الخلية وتدعى **محيطية السياط** .

بشكل عام إن الملتويات (بما فيها الحلزونيات) وبعض مجموعات العصيات تتمتع بالحركة، في حين أن المكورات غير متحركة باستثناء بعض أنواعها مثل Planosarcina ureae .

تحت تأثير عوامل الوسط الخارجي يمكن أن تفقد البكتريا أهدابها أو سياطها ، وتعود لتشكيلها بعد عدة أجيال ، وكذلك تفقد أهدابها عند تشكل الأبواغ .



حركة البكتريا

تؤثر في حركة البكتريا عوامل عديدة مثل :

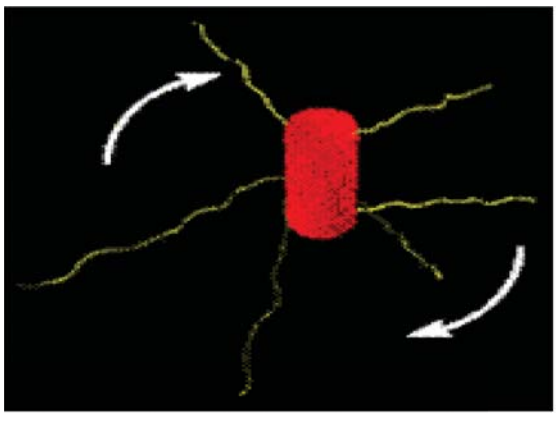
درجة الحرارة .

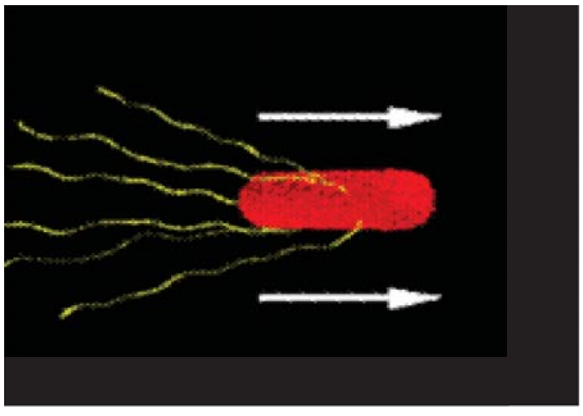
المواد السامة أو المخدرة .

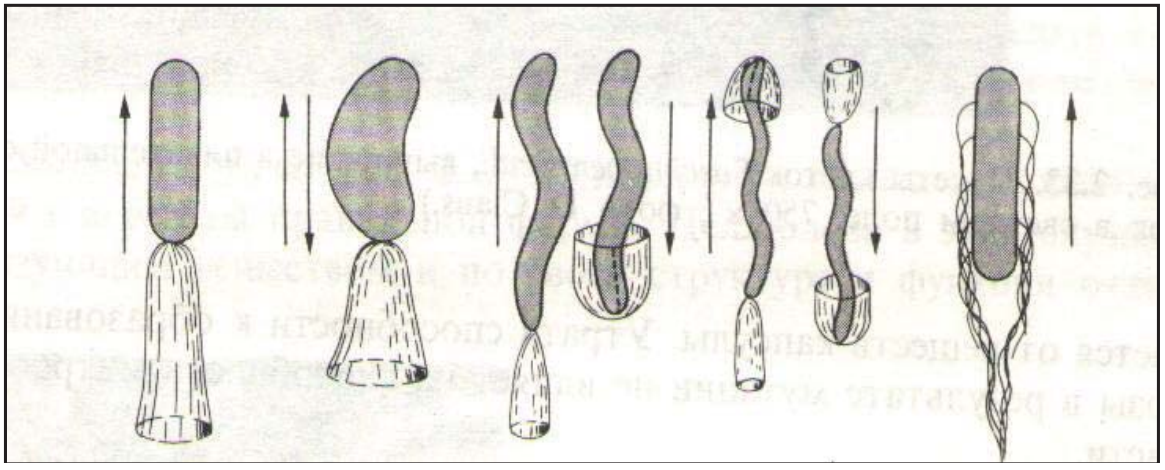
وتختلف سرعة الحركة من نوع لآخر ، فمثلاً بكتريا Bacillus megateriumتتحرك بسرعة ١,٦ مم / دقيقة ، وبكتريا Vibrio cholera بسرعة ١٢ مم/ دقيقة، وهذا يقابل ٣٠٠ – ٣٠٠٠ مرة أطول من طول خليتها في الدقيقة .

يبين الشكل طبيعة الحركة البكتيرية ، ويوضح أن اتجاه الحركة يتحدد بشكل رئيسي حسب توضع السياط ، وجزئياً بشكل جسم الخلية، فالبكتريا ذات الحزمة الواحدة من السياط التي تتوضع بقطب واحد تتحرك بخط مستقيم ، في حين أن البكتريا محيطية السياط تتحرك بكافة الاتجاهات ، مع الإشارة إلى أن الحلزونيات تتحرك بحركة انزلاقية ناتجة عن تقلصات تموجية دورية في جسم الخلية .

حركة السياط عند البكتريا







مكتبة A to Z