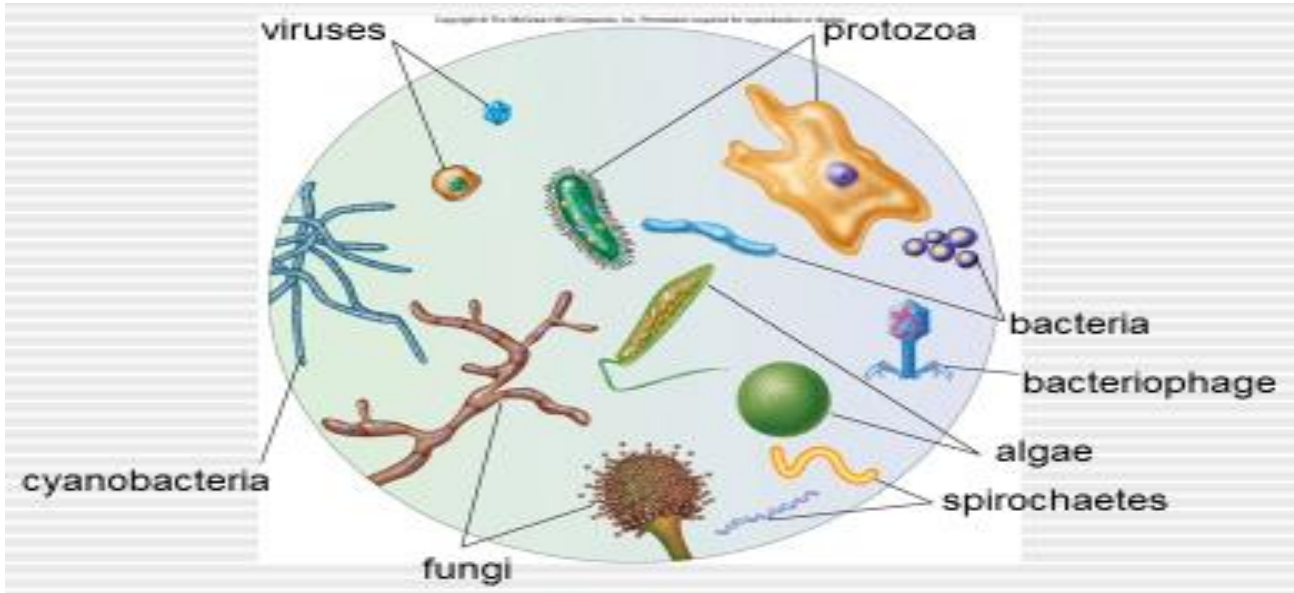


Microbiology

علم الأحياء المجهرية

علم الأحياء المجهرية :- هو العلم الذي يعنى بدراسة تلك المجموعة من الكائنات المتناهية في الصغر لدرجة يتعذر رؤيتها بالعين المجردة لذا يتم الاستعانة بالمجهر لرؤيتها ، لذلك سميت ب (الأحياء المجهرية) أو (الكائنات الدقيقة).

بشكل عام يكون الكائن الذي قطره واحد ملمتر أو أقل من الأحياء المجهرية وأن عين الإنسان لاتستطيع تمييز الأجسام التي يقل قطرها عن ملم واحد تقريباً ، ولا يقتصر إهتمام هذا العلم بدراسة الأحياء من النواحي المظهرية وإنما يتعدى الى دراسة التركيب وطريقة التكاثر والنواحي الفسلجية وتصنيف الأحياء المجهرية ووراثتها وتوزيعها في الطبيعة. تشتمل الأحياء المجهرية على مجموعة هائلة من الكائنات والتي تتضمن البكتريا Bacteria ، الفطريات Fungi والتي تقسم الى نوعين هما الخمائر Yeasts والأعفان Molds ، الطحالب Algae ، الأبتدائيات Protozoa والرواشح(الفايروسات) Viruses . وأن العلوم التي تعنى بدراسة هذه الانواع وعلى التوالي هي Bacteriology ، Mycology ، Phycology ، Protozoology و Virology .



إن وجود أعداد هائلة من هذه الكائنات في الطبيعة وعلاقتها المباشرة وغير المباشرة بالانسان من حيث المشاكل الصحية والاقتصادية التي تسببها له ودورها في تفسخ الأغذية ومساهمة البعض منها في صناعة الكثير من المنتجات الغذائية والاغذية المخمرة وأمكانية تسخير البعض الآخر منها في الأستعمالات الطبية والصناعية والزراعية والأدوار المهمة التي تؤديها هذه الكائنات في أكمل دورة العناصر في الطبيعة مثل : N ، P ، S و CO₂ ، ولأهمية البعض منها في تحسين خواص التربة وكذلك فيما يتعلق بأمراض النبات ، لذلك فإن علم الأحياء المجهرية ينتشعب الى علوم تخصصية عديدة نذكر منها Dairy Microbiology ، Food Microbiology ، Medical Microbiology ، Soil Microbiology والخ.

فيما يختص بعض فروع هذا العلم بدراسة جوانب معينة ومحددة من فعالية هذه الكائنات مثل Microbial Ecology ، Microbial Genetics ، Microbial Physiology ، ولدراسة علم الأحياء المجهرية يجب الأهتمام بدراسة بعض العلوم الأساسية مثل الكيمياء الحيوية والكيمياء العضوية وعلم الحياة والفسلجة وغيرها.

تواجد الأحياء المجهرية

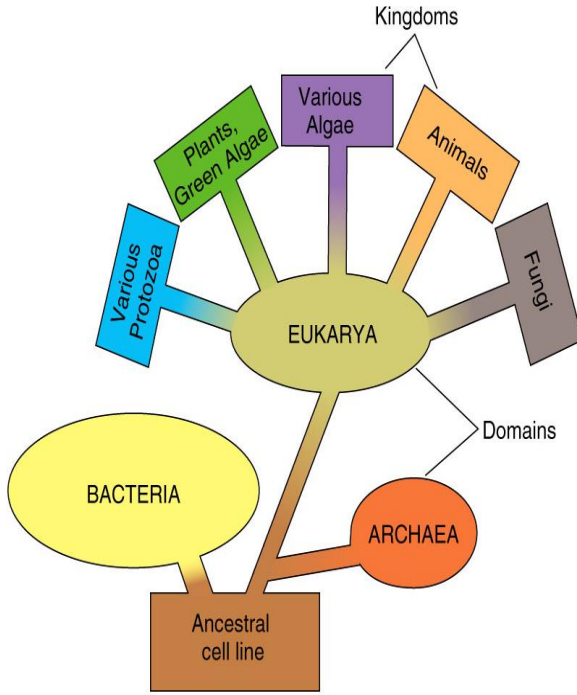
تتواجد هذه الأحياء في كل مكان تقريباً في الطبيعة في عناصرها الرئيسية الثلاثة " الهواء ، الماء والتربة "، ولأنها موجودة في الهواء لذلك فمن المتوقع تواجدها في كل مكان يكون بتماس مباشر مع الهواء أو يصل إليه الهواء... وتختلف كثافة الأحياء المجهرية من مكان الى آخر حسب ما يوفره هذا المكان أو ذلك من متطلبات البقاء أو التكاثر.... كما تتباين الأحياء المجهرية من ناحية الكم والنوع باختلاف الأماكن والظروف البيئية في تلك الأماكن كالحاررة والرقم الهيدروجيني pH والمغذيات والضغط الازموزي وكمية الاوكسجين..... وهذه العوامل تمارس ضغوطاً انتخابية على الاحياء المجهرية فتوفر فرصة لحياة البعض وتلغي وجود البعض الآخر. فالاحياء المجهرية الموجودة في النياييع الحارة تتمثل بالاحياء ولاسيما البكتريا التي تتحمل بل وتنمو في درجات الحرارة العالية.. ومعظم البكتريا المسببة لفساد الاغذية المعلبة تعيش بعيداً عن وجود الاوكسجين والتي تسمى ب (اللاهوائية) .. وتكون التربة القاعدية غنية بالاحياء المجهرية المحبة للرقم الهيدروجيني القاعدي- أي pH عالٍ... وهكذا.

ان الاحياء المجهرية تكوّن نسبة عالية جداً من المكونات الحية للطبيعة التي تتكون من مكونات حية وغير حية وعدت الاحياء المجهرية من المكونات الحية للطبيعة وصنفت ضمن الانظمة الحيوية لتوفر شروط هذه فيها وهي : النمو Growth ، التكاثر Reproduction ، التنفس Respiration ، التغذية ، البناء Nutrition or Assimilation of food والحركة Movement ، فضلاً ان الخلية Cell تشكل الوحدة البنائية الأساسية لأي نظام حيوي بما في ذلك الأحياء المجهرية. غير أن بعضاً من هذه الحياء تمتلك نظاماً ما دون الخلية أي ليس لها تركيب خلوي كامل كالفيروسات Viruses والفيروسات Virions ومع ذلك تعد من الأنظمة الحية ومن الاحياء المجهرية تحديداً وذلك لامتلاكها المادة الوراثية الخاصة بها وبالتالي قدرتها على توارث الصفات التي تمتلكها جيلاً بعد جيل عبر عملية التكاثر التي لاتتم إلا داخل الخلايا التي تصيبها هذه الفيروسات أو الفايرونات.

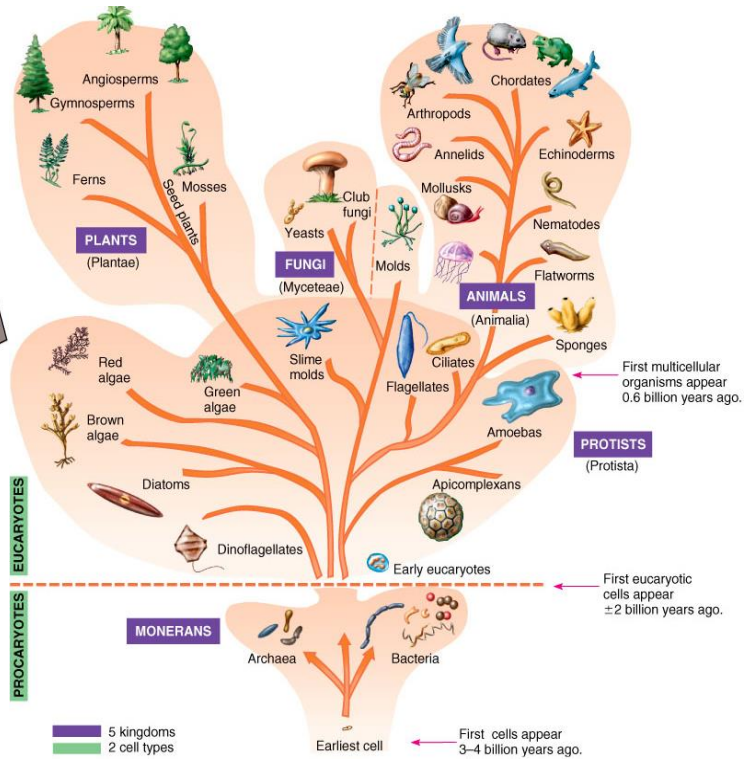
الموقع التصنيفي للأحياء المجهرية ضمن عالم الكائنات الحية

قبل اكتشاف الاحياء المجهرية كانت الكائنات الحية تصنف في مملكتين هما المملكة الحيوانية والمملكة النباتية وكان الفيصل في هذا التصنيف هو عملية البناء الضوئي، فالاحياء القادرة على عملية البناء الضوئي صُنفت مع النباتات وألا فأنها تُصنف مع الحيوانات. مع اكتشاف الاحياء المجهرية حاول العلماء إيجاد موقع تصنيفي لها بين الكائنات الراقية ضمن المملكتين الحيوانية والنباتية. فقد عُدت الكائنات الحية وحيدة الخلية التي تحتوي على غلاف مرن شبيه بغلاف الخلايا الحيوانية مثل البروتوزوا Protozoa (الابتدائيات) عُدت من الحيوانات وصُنفت ضمن مملكتها، أما الطحالب Algae فقد صُنفت مع النباتات لقدرتها على البناء الضوئي ولامتلاكها جدار صلب للخلية مثل الخلايا النباتية كما صُنفت الفطريات والبكتريا مع المملكة النباتية لاسباب غير واضحة في كثير من جوانبها ، وقد أستمّر القبول بهذا التصنيف غير الدقيق للأحياء المجهرية حتى عام 1969، إذ وجد التصنيفي ذي الخمس ممالك Five Kingdoms والذي وضعه العالم وتكر Robert H. Whitaker والذي عمد على توزيع الكائنات الحية الى خمس ممالك مستقلة مقسمة الى ثلاث مستويات من الرقي ، الأولى تشمل مملكة مستقلة هي المونيرا Monera وتضم الكائنات الحية (البدائية النواة) " Procaryotic " كما يشمل المستوى الآخر مملكة أخرى هي مملكة الطليعيات Protista وتضم الكائنات الحية أحادية الخلية حقيقية النواة Eucaryotic ، أما المستوى الثالث من درجة الرقي فيشمل على ثلاث ممالك هي مملكة الفطريات

المملكة النباتية والمملكة الحيوانية ويعتمد توزيع الكائنات في الممالك الثلاث الأخيرة على طرق تغذية هذه الكائنات.



3 cell types, showing relationship with domains and kingdoms



نظام كارل ووز ذي الثلاث ممالك 1980

نظام وتكر Whitaker التصنيفي ذي الخمس ممالك عام 1969

اقترح كارل ووز Carl Woese عام 1980 نظاماً تصنيفياً يحتوي على ثلاث ممالك رئيسة هي البكتريا القديمة Archaeobacteria ، البكتريا الحقيقية Eubacteria والكائنات الحية حقيقية النواة Eucaryotes وان المملكتين الأولى والثانية بدائية النواة.

لذلك يمكن القول ان التصنيف الساري للحياء المجهرية يكون كالآتي:

Eucaryotes Protista

• طليعات حقيقية النواة

مثل الطحالب ، الابتدائيات ، الفطريات والاعفان المخاطية

Procaryotes

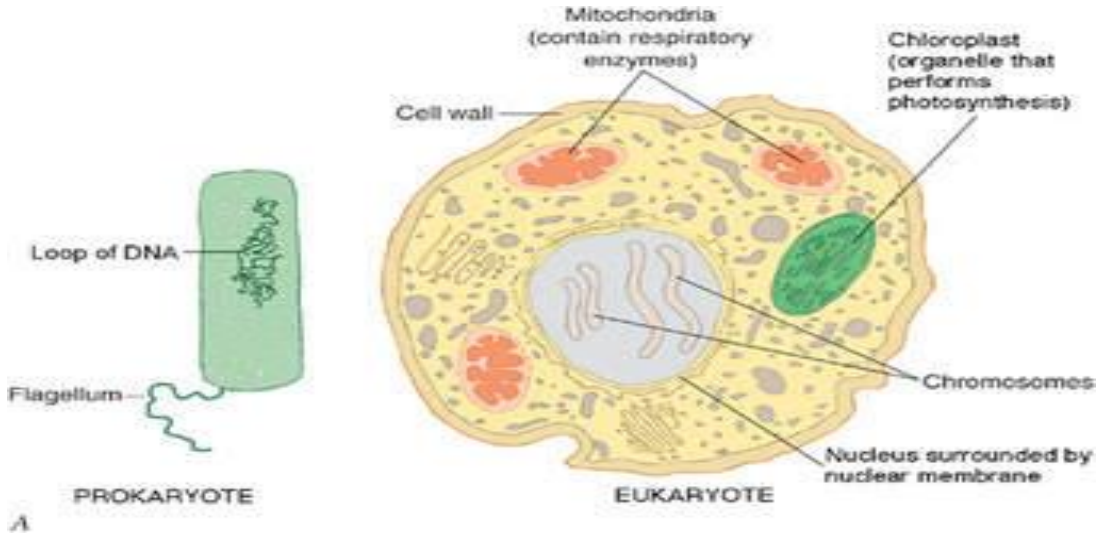
• أحياء بدائية النواة

مثل البكتريا ، البكتريا القديمة و السيانوبكتريا Cyanobacteria

الكائنات بدائية النواة Procaryotes وحقيقية النواة Eucaryotes

هنالك نمطان من الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة ، إذ تتألف جميع الكائنات الحية بغض النظر عن كونها مجهرية أو أحياء راقية من خلايا حقيقية النواة باستثناء الانواع من البكتريا المختلفة بما في ذلك السيانوبكتريا(الطحالب المزرق سابقاً) إذ تتألف من خلايا بدائية النواة ، وما بين النمطين المذكورين من الخلايا اختلافات واضحة وفوارق كبيرة على مستوى التركيب الوراثي وتركيب الجدار وحجم الخلايا وغيرها، إلا أن الفارق الأهم يكمن في أحتواء الخلايا حقيقية النواة على المادة النووية بصورة كروموسومات مؤلفة من DNA وبروتينات قاعدية عبارة عن هستونات Histons ، وتكون الكروموسومات مجتمعة في موقع معين من الخلية ومحاطة بغلاف يعرف بالغلاف أو الغشاء النووي ، كما أن حقيقية النواة تحتوي على عضيات اخرى محاطة

بالغشاء كبيوت تخليق الطاقة (الميتوكوندريا) والبلاستيدات الخضراء (عضيات البناء الضوئي في الخلايا النباتية والطحالب) ، ومثل هذه العضيات لا نجد لها أثراً في الخلايا بدائية النواة التي تكون مادتها الوراثية على شكل جزيئة واحدة من DNA دائرية حلقية مغلقة النهايتين تساهمياً وغير مرتبط بالهستونات وقد تسمى تجاوزاً ب الكروموسوم وتكون سائبة في الخلية متصلة بالغشاء السائتوبلازمي في نقطة محددة توفر لها نوعاً من الاستقرار داخل الخلية وغير محاط بالغشاء.



المادة النووية في بدائية النواة وحقيقية النواة

إكتشاف الأحياء المجهرية

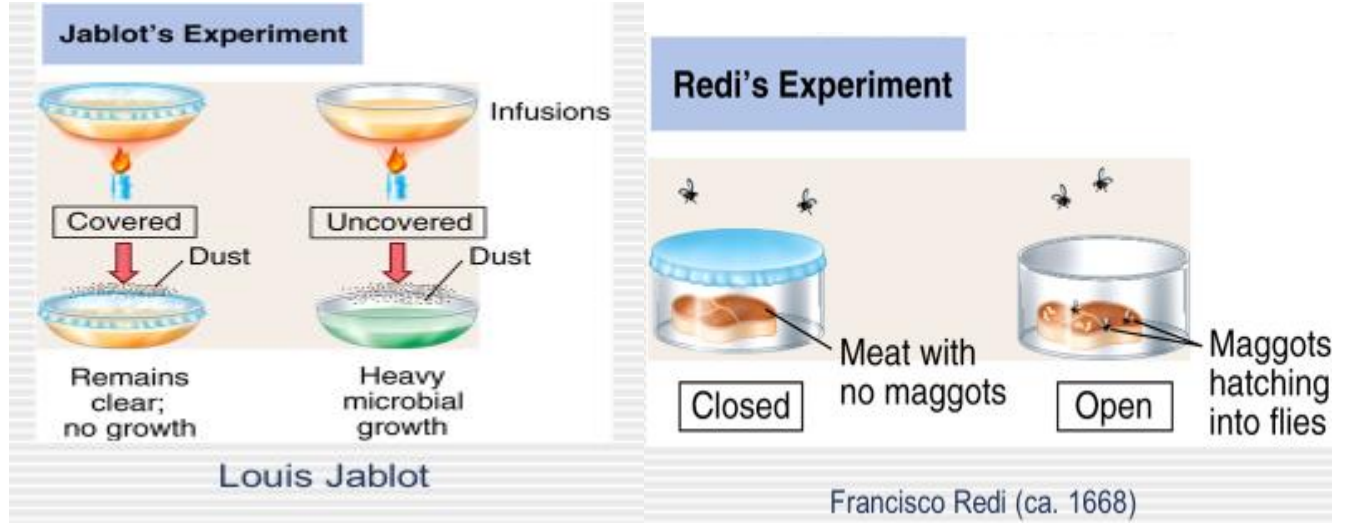
رغم وجود دلائل على وجود كائنات غير مرئية تعزى لها مشاكل الانسان الصحية في تاريخ البشرية قبل اكتشافها إلا ان احداً لم يتمكن من رؤيتها الا في القرن الخامس عشر، إذ استطاع التاجر الهولندي أنطوني فان ليفنهوك Antony van Leeuwenhoek عام 1674 الذي كان مولعاً بصناعة العدسات وفحص عينات مختلفة من اللعاب وماء المطر والبول وروث الابقار واوراق النباتات وغيرها ، فصنع 250 عدسة تتراوح قوة تكبيرها 100-300 مرة ، فلاحظ أحتواء هذه العينات لجسيمات دقيقة وصغيرة يتميز البعض منها بالحركة واختلاف الاشكال أسماها ليفنهوك بالحوينات أو الحيوانات المجهرية Animalcules لذلك ينسب له اكتشاف الاحياء المجهرية بعد التمكن من رؤيتها بواسطة المجاهر التي تصل قوة تكبيرها الى 1000 مرة في زمن باستور وكوخ.

أصل الحياة والنظريات الخاصة به

لقد بدأ الانسان منذ ان استتبت حياته على وجه البسيطة يفكر فيما حوله من الاشياء والمكونات التي تؤلف وحدات الطبيعة من الماء والهواء والتربة والنجوم والكواكب وغيرها وبمنفسه وبما يتواجد حوله من الكائنات الحية من أين جاءت وكيف نشأت؟؟؟؟؟

إذ بدأ بصياغة النظريات التي تفسر نشوء الكائنات الحية بناء على ما توفرت لديه من وسائل الفحص والاختبار واستناداً الى طريقة تفكيره فكان أن ظهرت في القرون الوسطى نظرية تفيد أن الكائنات الحية بغض النظر عن درجة تعقيدها أو رقيها نشأت من أصول غير حية سميت هذه بنظرية النشوء الذاتي أو التولد الذاتي Spontaneous Generation واستمرت هذه النظرية مدة من الزمن الى ان جاء الطبيب الايطالي فرانسيسكو ردي Francisco Redi (1626-1697) مع تراكم المعلومات عن الكائنات الحية بفكرة جريئة تلغي نظرية النشوء الذاتي عندما أوضح أن الديدان التي تظهر على اللحوم المتفسخة إنما تنشأ من بيوض ويرقات تكون هذه

الديدان (الذباب) قد وضعتها قبل التفسخ وان هذه الديدان لا تظهر إذا حُفظت اللحم بصورة صحيحة بعيداً عن هذه الديدان ورغم بساطة الاسلوب الاستدلالي لصحة النظرية إلا أن نظرية التولد الذاتي كانت تسيطر على العقول حتى العلمية منها، فكانت هذه اول نظرية تعرض نظرية النشوء الذاتي الى الضعف .

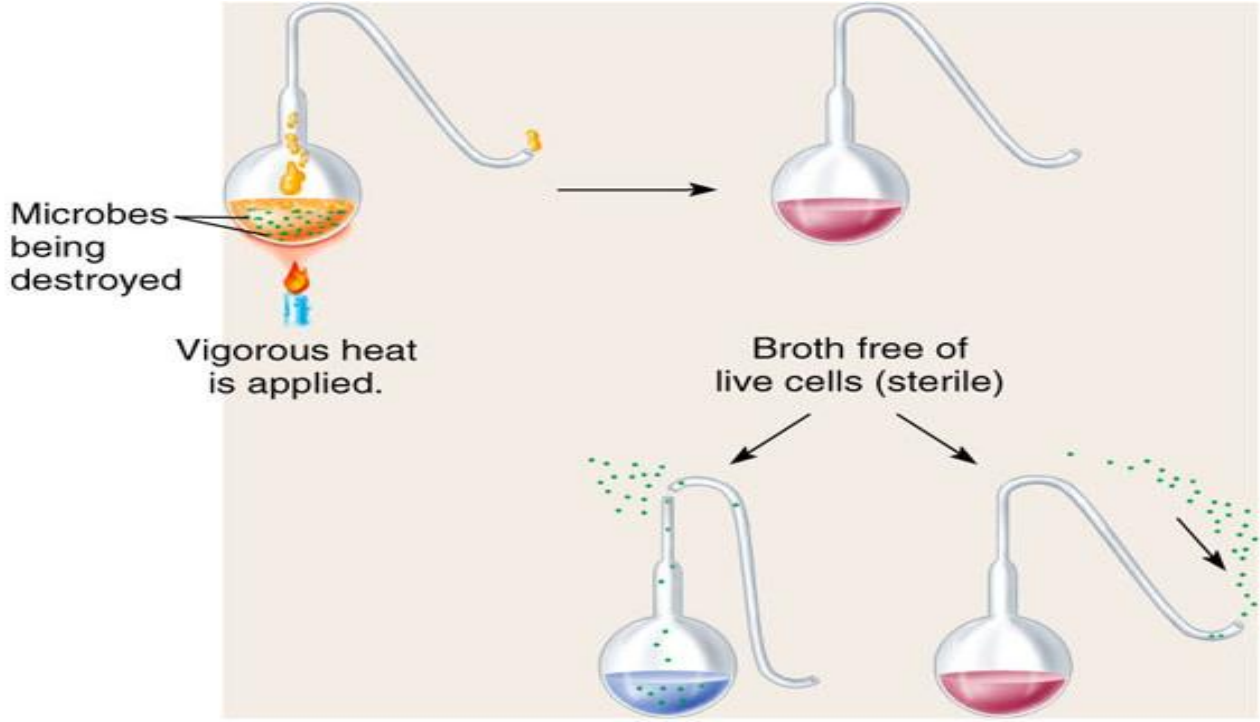


في عام 1710 لاحظ لويس جوبلوت Louis Jablot (1723-1645) أن منقوع الشعير يعطي اعداد هائلة من الاحياء أو الكائنات الدقيقة عند تركه في وعاء مفتوح لكنه يبقى خالياً منها عند تسخينه ووضعه في وعاء محكم الغلق فخرج باستنتاج مفاده إن منقوع الشعير وحده مثلاً لا يكفي أن يكون أصلاً من اصول غير حية لحياة الكائنات الحية. غير أن جون نيدهام John Needham (1781-1713) قد اعاد تجارب جوبلوت وحصل على نتائج مغايرة أنه بسبب عدم تسخين منقوع الشعير تسخيناً كافياً للقضاء على الاحياء المجهرية والكائنات التي يحتمل تواجدها ولاسيما ابواغ البكتريا Spores التي تمتاز بمقاومتها الشديدة للحرارة مما ساعد على بروز نظرية التولد الذاتي ثانية كما قيل ان التسخين العالي يسبب قتل القوة الذاتية القادرة على تحويل هذه المواد...منقوع الشعير أو اللحم...

استمر الجدل حول نظرية النشوء الذاتي حتى جاء العالم الفرنسي لويس باستور Louis Pasteur (1822-1895) والذي ساهم في العديد من مجالات العلم وخاصة فيما يتعلق بالاحياء المجهرية ودرس جانباً منها واصبح على بينة من وجودها في الهواء. دحض نظرية النشوء الذاتي بأعادة تجارب أسلافه في دوارق معقوفة الرقبة Swan Necked تعمل على حجب دخول الهواء الى هذه الدوارق وتمنع دخول الكائنات الحية السابحة في الهواء والملتصقة بذرات الغبار الى العينات في الدوارق وبذا تبقى العينات داخل الدوارق دونما تفسخ ولفترة طويلة وهكذا تمكن باستور من الاثبات بأن الحياة لا تنبعث إلا من الحياة وهذه النظرية تسمى بنظرية "التكوين الحيوي" Biogenesis والمؤمنون بهذه النظرية يختلفون في الحياة على سطح الكرة الارضية فمنهم من يقول ان الحياة تنشأ في مكان آخر ثم انتقلت الاحياء المتكونة الى الارض بينما يعتقد الآخرون ان الحياة والكائنات الحية نشأت في عوالم متعددة وبصورة مستقلة بما في ذلك الكرة الارضية.

النظرية الخلوية Cell Theory

في الوقت الذي كان ليفنهوك يراقب الاحياء المجهرية التي اسماها الحيوانات عبر المجاهر والعدسات التي وضعها ، كان العالم الالماني من بعده روبرت كوخ Robert Koch (1843-1910) يسجل ملاحظاته عن تركيب الفلين تحت المجهر واصفاً الفلين بأنه مؤلف من علب عديدة صغيرة جداً مفصولة عن بعضها بحواجز معينة. ان ما اسماها هوك بالعلب تُسمى اليوم بالخلايا ، وقد اتضح فيما بعد أن جميع الكائنات الحية مؤلفة من وحدات تركيبية ووظيفية هي الخلايا وسميت هذه النظرية بالنظرية الخلوية



الدوارق معقوفة الرقبة في دحض نظرية النشوء الذاتي التي أجرتها لويس باستور Louis Pasteur

لويس باستور (1822-1895) Louis Pasteur

علم فرنسي، كان كيميائياً، أهتم لأسباب وطنية بظاهرة التخمر والفساد الذي يظهر في صناعة الخمور في فرنسا واعتقد ان الفساد يعود لاسباب كيميائية، أما ابرز انجازاته:

- اكتشف التخمر Fermentation وان الخميرة مسؤولة عن تخمر البيرة
- اكتشف فساد الخمور وعزاها الى البكتريا التي تنتج حامض اللاكتيك
- اقترح طريقة لحفظ الخمور (الحليب فيما بعد) تسمى عملية البسترة Pasteurization وهي معاملة حرارية (63م/نصف ساعة أو 72م/15 ثانية) لخفض الحمل المايكروبي وقتل الاحياء المجهرية المرضية في هذه المنتجات ولإسيما صناعة الالبان
- دحض نظرية النشوء الذاتي
- درس مشكلة ديدان الحرير الطبيعي فتوصل الى السبب وهو نوع من الابدائيات

روبرت كوخ (1843-1910) Robert Koch

طبيب الماني درس امراض الانسان ومسبباته، أما ابرز انجازاته:

- ان الاحياء المجهرية هي المسؤولة عن معظم هذه الامراض وان منها ما يشترك بين الانسان والحيوان.
- اكتشف مسبب مرض السل *Mycobacterium tuberculosis*، مسبب مرض الكوليرا *Vibrio cholera*، مسبب مرض الجمره الخبيثة *Anthrax* وهو *Bacillus anthracis*
- أول من ابتكر طريقة لعزل الاحياء المجهرية بصورة نقيه
- استعمل الصبغات لتصبغ البكتريا
- استعمل الاكار لتصلب الاوساط الغذائية
- وضع المبادئ الاولى لعلم المناعة ومفاهيمها

Bacteria

البكتريا

وهي كائنات حية دقيقة بدائية النواة Procaryotes لا تحتوي 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 السايئوبلازم 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 ثبت 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 $10^6 \times 300$ خلية بكتيرية ، اما في الحليب فيصل عددها الى 50000 خلية بكتيرية/ ملتر حليب ، في حين يحتوي الماء الصالح للشرب على ما لا يزيد عن 100 خلية/ملتر 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.

لايخلو مكان من الاحياء المجهرية ولاسيما البكتريا إلا من هذه المذكورة:

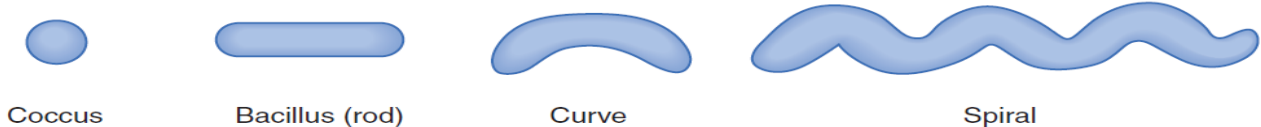
- دم الانسان والحيوان السليم
- الانسجة الداخلية للحيوان (باستثناء القناة الهضمية) والنبات
- فوهات البراكين
- السوائل والادوات الاواني المعقمة بأحدى طرق التعقيم

Size & Morphology

حجم وشكل الخلايا

تتراوح ابعاد البكتريا من 1-6 مايكروميتر طولاً ومن 1.5-5.2 مايكروميتر عرضاً وقد تصل بعض أنواع البكتريا الحلزونية الى مدى يقع ما بين 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 درج 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 رئيسية:



Spherical bacteria

1. البكتريا الكروية (مكورات)

وتسمى Coccoi ومفردها Coccus وتظهر بترتيبات مختلفة أعماداً على مستوى انقسام الخلية خلال التكاثر فإذا كان إنقسام الخلية البكتيرية الكروية على مستوى واحد كونت زوجاً من المكورات أو سلسلة من الخلايا سبحية الترتيب باستمرار عملية الانقسام ، أما إذا 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 إذا ما كان انقسام الخلايا البكتيرية الكروية على ثلاث مستويات.

ويوضح الجدول التالي أمثلة على هذه الانواع من البكتريا الكروية

نوع البكتريا	ترتيب الخلايا	ملاحظات عن البكتريا
<i>Streptococcus pneumonia</i>	زوج من الخلايا	تسبب ذات الرئة
<i>Streptococcus lactis</i>	سلسلة سبحية من الخلايا	تستعمل في صناعة اللبن
<i>Streptococcus pyogenes</i>	سلسلة سبحية من الخلايا	تصيب الجروح
<i>Staphylococcus aureus</i>	عناقيد	تسمم غذائي
<i>Micrococcus tetrades</i>	رباعية التجمع	تسمم غذائي
<i>Sarcina ureaes</i>	مجموعة مكعبة	تسمم غذائي

Rod shaped bacteria

2. البكتريا العصوية

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 منشعبة ، وفيما يلي أمثلة على البكتريا العصوية وبعض الملاحظات عن خصائصها المرفولوجية والشكلية

نوع البكتريا	ملاحظات مورفولوجية	الامراض التي تسببها
<i>Bacillus subtilis</i>	عصوية- g^+ - مكونة للسبورات - هوائية	تصيب البطاطا
<i>Bacillus anthracis</i>	عصوية- g^+ - مكونة للسبورات - هوائية	تسبب مرض الجمرة الخبيثة
<i>Clostridium botulinum</i>	عصوية- g^+ - مكونة للسبورات - لاهوائية	تفرز سموم تدعى Botulism
<i>Clostridium tetani</i>	عصوية- g^+ - مكونة للسبورات- لاهوائية	تسبب مرض الكزاز Tetani
<i>Shigella dysenteriae</i>	عصوية- g^- - تتحرك بالاسواط - لاهوائية	تسبب مرض الزحار البكتيري
<i>Corynebacterium diphtheria</i>	عصوية(هراوة)- g^+ - غير مكونة للاسواط	تسبب مرض الخناق
<i>Salmonella typhi</i>	عصوية- g^- - تتحرك بالاسواط - لاهوائية	تسبب مرض التيفويد

Spiral shaped bacteria

3- البكتريا الحلزونية

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 Spirillum وهي بكتريا اغلبها يعيش في الماء ، ومن الامثلة عليها *Treponema pallidum* (مسبب مرض السيلان) ، وان الاختلاف بين البكتريا (الواوية) ذي الانحناءة الواحدة وبين البريمية (ذات عدة انحناءات) هو امتلاك الاولى سوطاً قطبياً واحداً بينما تكون الاسواط في البريمية موزعة على قطبي الخلية.

4- البكتيريا مربعة الشكل Square bacteria

هي من الأشكال الغريبة في عالم الأحياء المجهرية أكتشفت عام 1981 على يد والسبي Walsby على سواحل البحر الأحمر ، وهي من الكائنات المحبة للملوحة Halophilic ، أطوال جوانبها من 2-4 مايكرومتر وسمكها يبلغ حوالي 0.25 مايكرومتر، ويعتقد أنها من أفراد مجموعة البكتيريا القديمة Archaeobacteria.

ظاهرة تعدد الأشكال

يكون شكل الخلايا البكتيرية الحقيقية النشطة مميزاً وثابتاً في البيئات المناسبة ولكن جراء تغير الظروف البيئية تتخذ البكتيريا ولاسيما العصوية منها أشكالاً واحجاماً مختلفة بسبب تغيرات تطراً على عمليات البناء الحيوي ونمو الجدار ، ومن الأشكال غير الطبيعية استطالة الخلية أو 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 فإنه عند وصف الخلية البكتيرية لتحديد شكلها الخارجي لا بد من ان تكون مأخوذة من مزرعة حديثة العمر (أقل من 24 ساعة) ومن وسط يلائم نمو تلك البكتيريا

الخلية البكتيرية والمستعمرة البكتيرية

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

المستعمرة Colony هي البقعة من النمو 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 بوع Spore واحد . وقد تنشأ من أكثر من خلية أو من بوع واحد . ويكوّن كل نوع Species من البكتيريا 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 البكتيريا مثلما يستفاد م شكل البكتيريا تحت المجهر للغرض نفسه .

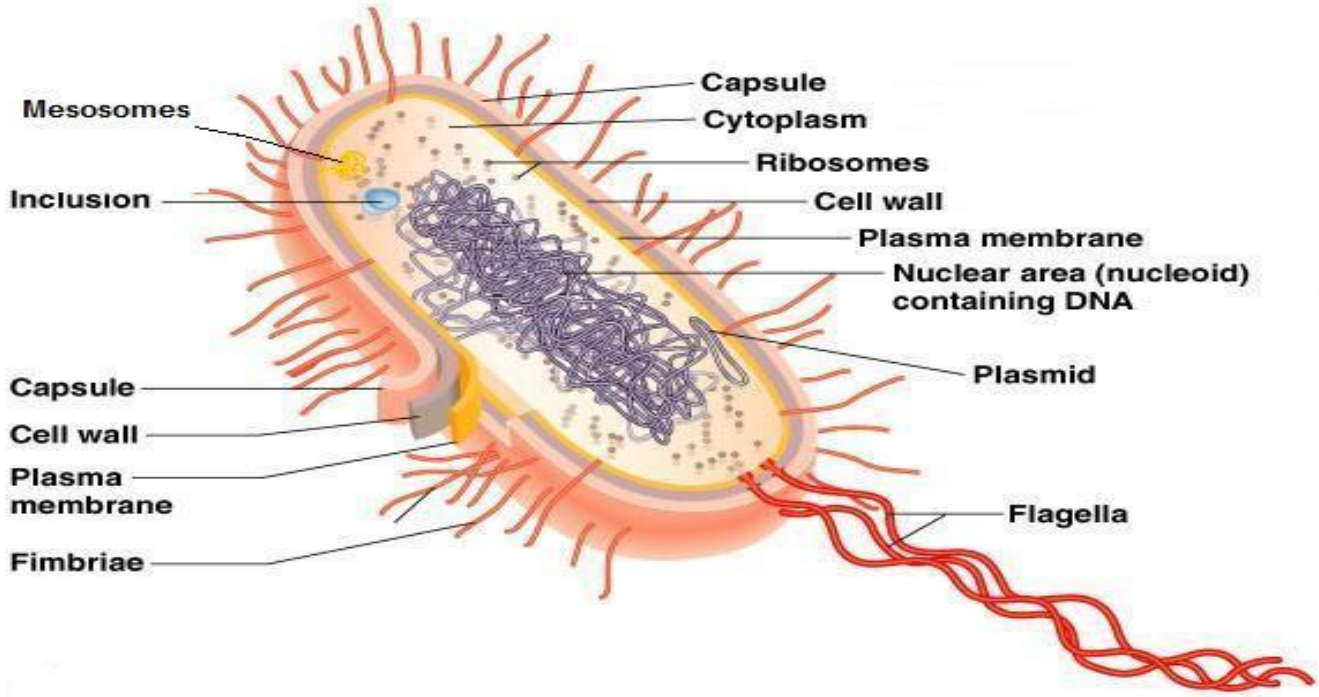
Functional Anatomy of Bacteria

التشريح الوظيفي للبكتيريا

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

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

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



تركيب البكتريا

Capsule**الكبسولة (المحفظة)**

تركيب هلامي رخو محيط ببعض أنواع البكتريا ولا يتكون 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* فإن الكبسولة التي تكونها بعض أنواع البكتريا عبارة عن سكريات متعددة Polysaccharides

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

تسمى الكبسولة Glycocalyx عندما تكون شبكة متخلخلة لها دور في التصاق البكتريا على سطوح النباتات والحيوانات وفي بقاء البكتريا المسببة للنخر (نخر الاسنان) بين الاسنان Dental cavies وتعد البكتريا المسماة *Streptococcus mutans* المسبب الرئيس للنخر حيث تتراكم بكتل كبيرة على سطوح الاسنان ويحتاج هذا التراكم الى الكبسولة التي تكونها البكتريا من سكر (السكروز) والتي تتألف (الكبسولة) من وحدات الكلوكان Glucan أو الفركتان Fructan والتي تساعد البكتريا على الالتصاق بالاسنان مسببة تلفها.

الجدار الخلوي

The Cell wall

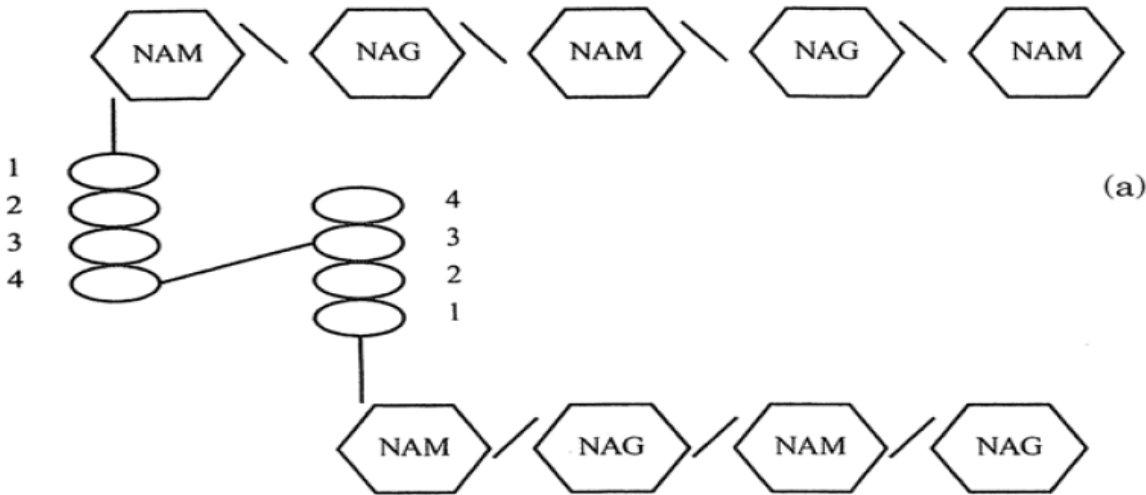
يعد من المكونات غير الأساسية للخلية البكتيرية ، للجدار الخلوي وظيفة أساسية مهمة تتلخص بأنه يحدد شكل البكتيريا ويحافظ عليه وعلى البكتيريا ، فالبكتيريا الكروية تمتلك جدار كروي ، والبكتيريا العصوية تمتلك جدار عصوي والاسطوانية وهكذا..... ومن الممكن تحطيم الجدار الخلوي للبكتيريا اما بطرق ميكانيكية او باستعمال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

أما أهمية دراسة الجدار الخلوي فتكمن للأسباب الآتية:

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

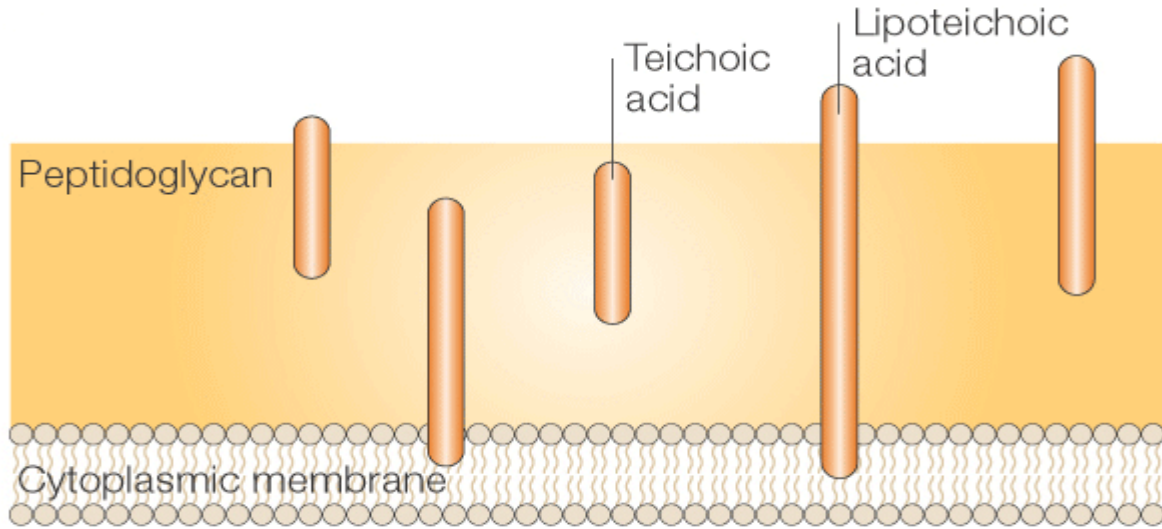
التركيب الكيميائي لجدار البكتيريا

يتكون الجدار الخلوي للبكتيريا من مكون أساسي يطلق عليه ببتيدوكلايكان Peptidoglycan وهو بوليمر ذو وزن جزيئي عالٍ ويتألف من وحدتين ثانويتين أساسيتين متبادلتين هما N-acetylglucosamine (NAG) و N-acetylmuramic acid (NAM) تتصلان بأصرة كلايكوسيدية من (β,1-4) ، وترتبط بالوحدة الثانوية N-acetylmuramic acid بسلسلة ببتيدية مؤلفة من أربعة أحماض أمينية . ترتبط سلاسل الببتيدوكلايكان بالتي قبلها والتي بعدها ارتباطاً عرضياً (مستعرضاً) بواسطة سلسلة من الأحماض الأمينية أيضاً مكونة شبكة ثلاثية الأبعاد تمنح الجدار القوة والصلابة التي يمتاز بها.



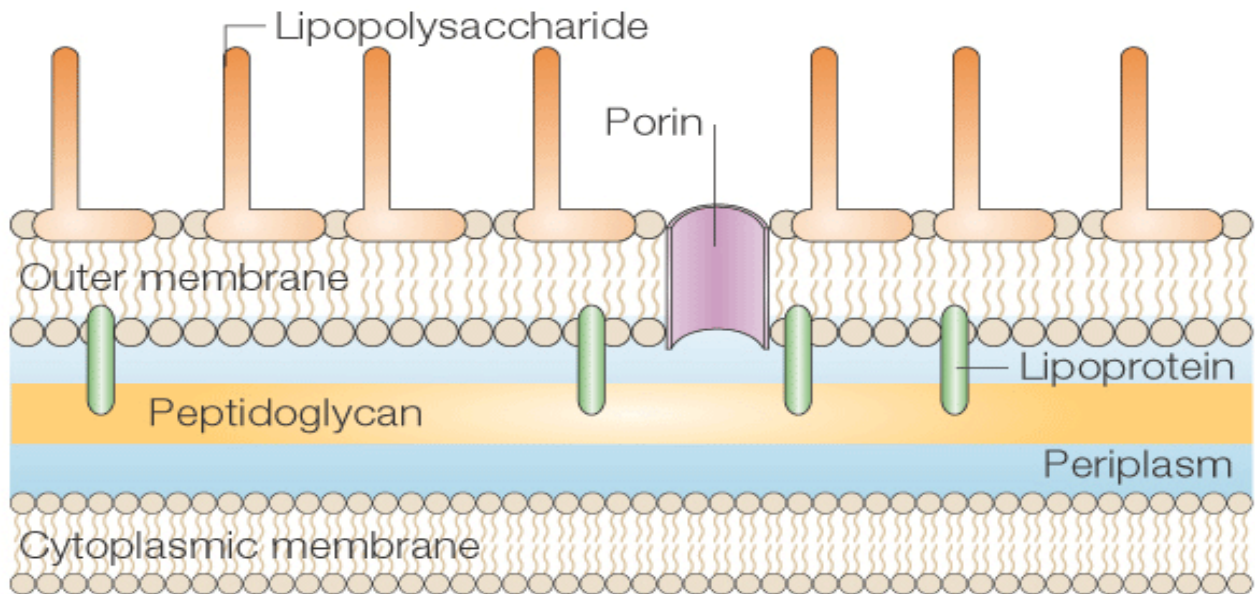
يوجد في جدار البكتيريا الموجبة لصبغة كرام 40 طبقة من الببتيدوكلايكان إذ تشكل حوالي 50% من الجدار في حين لايتجاوز عدد هذه الطبقات واحدة أو اثنتين من الببتيدوكلايكان في جدار البكتيريا السالبة لصبغة كرام والتي تشكل من 5-10% من الجدار الخلوي ، كما تحتوي جدران البكتيريا الموجبة لصبغة كرام على حامض التيكويك

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



جدار البكتيريا الموجبة لصبغة كرام

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



جدار البكتيريا السالبة لصبغة كرام

تتلخص وظيفة البروتينات الدهنية في موازنة الغلاف الخارجي وتثبيتته 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 الأخيرة (السكريات الدهنية المتعددة) 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 بالسّم الداخلي Endotoxin

الانزيمات المحللة للجدار الخلوي

يعد انزيم Lysozyme الموجود في افرازات الحيوانات (الدموع واللعاب والافرازات الايضية وفي الحليب) من اهم الانزيمات المحللة للجدار البكتيري اذ يهاجم الاصرة الكلايكوسيدية ($\beta,1-4$) التي تربط الوحدات الثانوية في معقد الببتيدوكلايكان ، وقد تفرز البكتيريا نفسها انزيمات محللة للجدار بعد موتها اذ تهاجم أجزاء من الجدار الخلوي وتحلله مثل انزيمات Peptidases و Glycosidases وهي انزيمات التحلل الذاتي ، ويذكر أن تأثير أنزيم Lysozyme في البكتيريا الموجبة لصبغة كرام أكبر وأسرع ويحلل جدارها بالكامل عند معاملتها بهذا الانزيم مقارنة بالبكتيريا السالبة لصبغة كرام إذ تبقى اجزاء من الجدار لكثرة الطبقات الموجودة في جدارها فضلاً عن طبقة الببتيدوكلايكان خاصتها.

تأثير البنسلين Penicillin في جدار البكتيريا

يعد البنسلين أحد أنواع المضادات الحيوية والذي يستعمل الى جانب مشتقاته من المعالجات الطبية للأمراض المتسببة عن البكتيريا ، ويتلخص تأثيره في قتل البكتيريا من خلال منع تخليق الجدار الخلوي وتحليل طبقة الببتيدوكلايكان ، ومع بعض الاستثناءات يعد البنسلين أكثر فعالية ضد البكتيريا الموجبة لصبغة كرام من السالبة لأن البنسلين يحتاج الى زمن اضافي أكثر لكي يصل لموقع تأثيره في طبقة الببتيدوكلايكان لوجود الطبقتين الاضافيتين في البكتيريا السالبة لصبغة كرام والمتمثلة بطبقة السكريات الدهنية المتعددة Lipopolysaccharides وطبقة البروتينات الدهنية Lipoproteins اللتان تحيطان بطبقة الببتيدوكلايكان واللذان يمنعان البنسلين من الوصول الى موقع تأثيره في طبقة الببتيدوكلايكان بسهولة وبسرعة.

Spheroplast و Protoplast

تعبيران يشيران الى الخلايا المنزوعة الجدار أما بمعاملة البكتيريا بأنزيم Lysozyme أو بمنع تكوين الجدار تحت تأثير المضادات مثل البنسلين ، وتسمى الكتريا المنزوعة الجدار بالكامل بالبروتوبلاست والتي تتخذ شكلاً كروياً عند توفير حماية أزموزية أو عند وضعها في محلول متعادل الضغط الأزموزي وتكون غير قادرة على الانقسام إلا تحت ظروف معينة وغير قادرة على تكوين جدار خلوي جديد ولا تتعرض للأصابة بالعائيات البكتيرية Bacteriophages . أما في حالة البكتيريا السالبة لصبغة كرام يبقى جزء من الجدار الخلوي ملتصق بالغشاء لعدم التحلل الكامل وتسمى هذه الحالة أو التركيب بالسفيروبلاست Spheroplast .

المايكوبلازما Mycoplasma

وهي مجموعة متفردة من البكتيريا لافتقارها الى الجدران الخلوية ، وتكون ذات أشكال مميزة، تحتوي أغشيتها السائتوبلازمية على الستيروولات Sterols التي تساعد في زيادة صلابة الغشاء السائتوبلازمي الذي يعد الحاجز

المباشر للبكتريا عند محيطها الخارجي لافتقارها الى الجدار وتساعد في حماية هذه البكتريا من الانحلال الازموزي Osmotic lysis . تحتاج معظم المايكوبلازما الى وسط يحتوي على المصل (20% من مكونات الوسط) وهو مصدر الستيروولات للبكتريا كما تحتاج الى العديد من الفيتامينات والاحماض الامينية والبيورينات والبريميديينات وغيرها، وتوجد بعض الانواع منه في التربة وفي مياه الصرف ، وتكوّن بعض الانواع منها أمراضاً للحيوانات والنباتات.

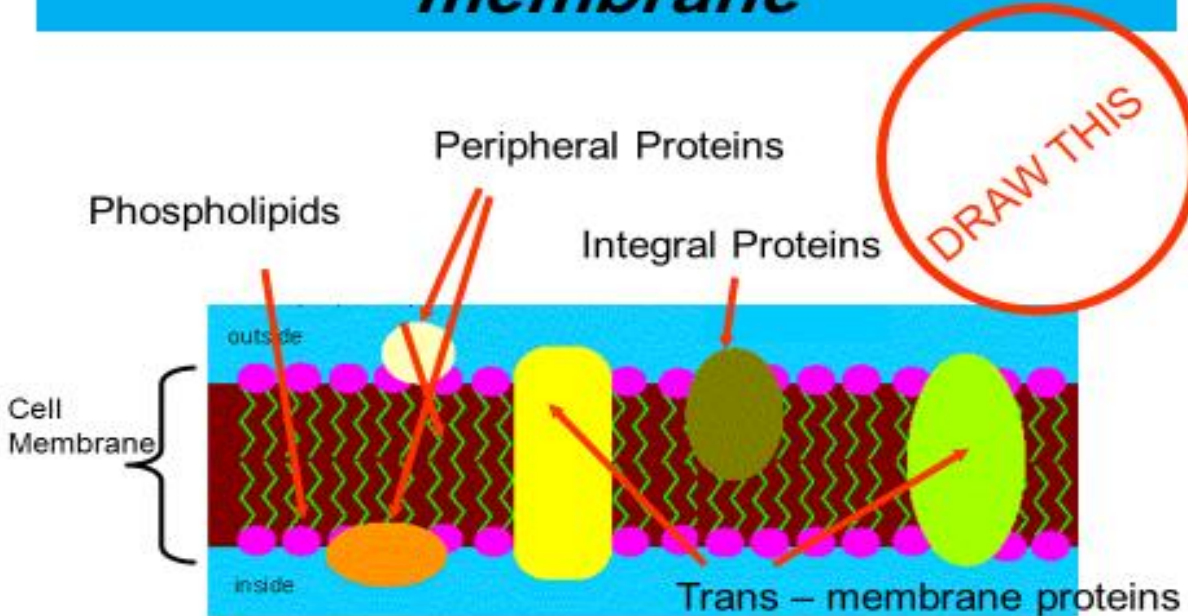
Cytoplasmic Membrane

الغشاء السايكوبلازمي

يمثل هذا الغشاء الغلاف الخارجي في الخلايا عديمة الجدار- كما مر -أما في البكتريا النموذجية طبقة تلي الجدار... وما بين الغشاء السايكوبلازمي والجدار منطقة تدعى التجوييف البلازمي المحيطي Priplasmic space ويسمى الغشاء السايكوبلازمي أحياناً بالغشاء الخلوي Cell membrane أو الغشاء البلازمي Plasmic membrane . إن مظهر الغشاء السايكوبلازمي سواء عزل من الخلايا بدائية النواة أو من حقيقية النواة (الفطريات وحتى الحيوانات الراقية) متماثلة فعلاً عند فحصه بالمجهر الإلكتروني إذ يبدو كحزمتين معتمتين مفصولتين بحزمة فاتحة ومن هنا جاءت تسمية الأغشية Unit membrane للأشارة الى تماثلها على المستوى الجزيئي في جميع أنواع الخلايا.

يتألف الغشاء السايكوبلازمي في البكتريا من دهون مفسفرة Phospholipids والتي تشكل 40% من الغشاء وبروتينات تشكل 60% منه ، والدهون المفسفرة خالية تماماً من الستيروول ماعدا الغشاء السايكوبلازمي في بكتريا المايكوبلازما.

Composition of the cell membrane



تركيب الغشاء السايكوبلازمي

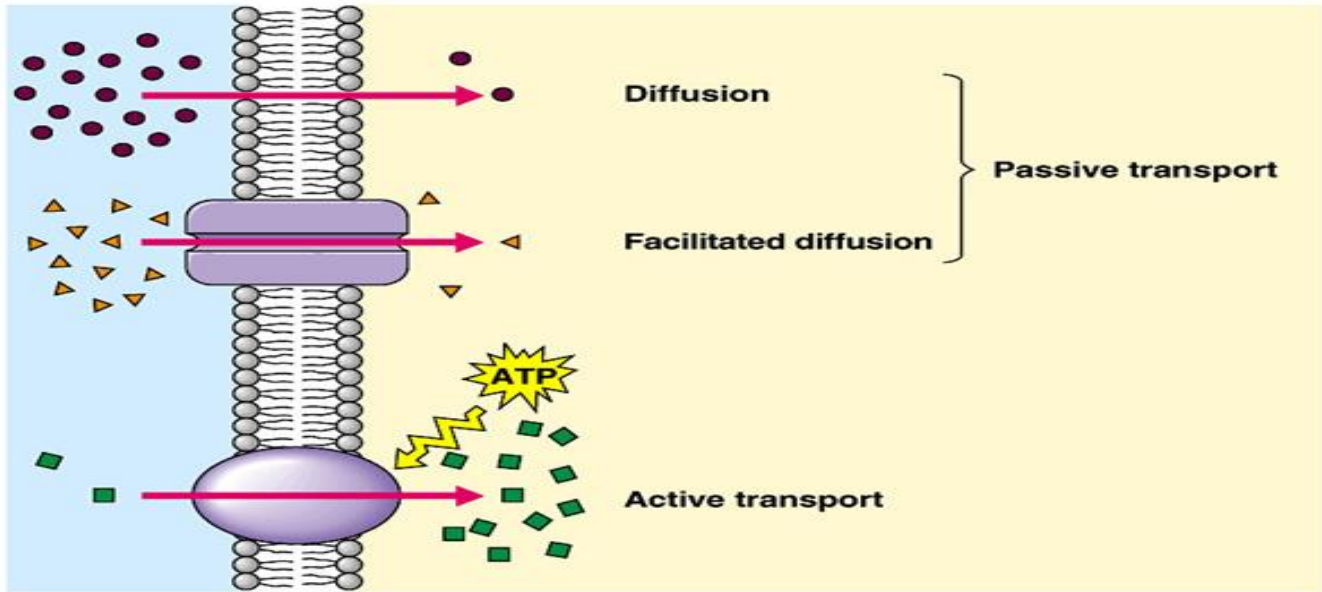
وظائف الغشاء الساييتوبلازمي

- تتميز الأغشية الساييتوبلازمية بخاصية فريدة من نوعها تلك هي خاصية النفاذية الانتقائية Selective permeable أو خاصية شبه نضوح Semipermeable وهي خاصية السيطرة على مرور المغذيات والمواد الكيماوية الذائبة من وإلى الخلية
- يحتوي الغشاء البلازمي (السايتوبلازمي) على مكونات السلسلة التنفسية وانتقال الألكترونات Electron Transport & Oxidative Phosphorylation في البكتريا الهوائية . وبهذا فان الغشاء الساييتوبلازمي يقوم في البكتريا مقام الماييتوكونديريا في حقيقة النواة في إنتاج الطاقة
- إفراز الانزيمات المحللة الى المحيط الخارجي للبكتريا مباشرة في البكتريا الموجبة لصبغة كرام والى الفسحة البيئية (التجويف البلازمي المحيطي) في البكتريا السالبة لصبغة كرام ، وتتمثل وظيفة هذه الانزيمات في تحليل وتجزئة وتكسير المركبات ذات الاوزان الجزيئية العالية ومن هذه الانزيمات
 - الانزيمات المحللة للبروتين Proteases
 - الانزيمات المحللة للسكريات المتعددة Amylases
 - الانزيمات المحللة للمواد السيللوزية Cellulases
- يحتوي الغشاء البلازمي على الانزيمات المسؤولة عن تخليق بوليمرات الجدار الخلوي ومكونات الغشاء نفسه ولاسيما الدهون المفسفرة Phosphlipids وبعض الانزيمات المسؤولة عن تضاعف DNA .
- تمتلك البكتريا القدرة على التركيب الضوئي صبغاً وانزيمات لتحويل طاقة الضوء الى طاقة كيماوية وهذه موجودة في الغشاء أيضاً.

النفاذية والانتقال Permeability & Transports

أن الغشاء الساييتوبلازمي يسمح بحركة وانتقال بعض المركبات من وإلى داخل الخلية بينما يحول دون انتقال المركبات والمواد الأخرى ، ومن هنا جاءت تسمية الخاصية الانتقائية . أن جميع المركبات والمغذيات والتي تمر عبر الأغشية لا بد وان تكون ذائبة في الماء وتتخلص آلية انتقال المواد عبر الأغشية الساييتوبلازمية بما يأتي

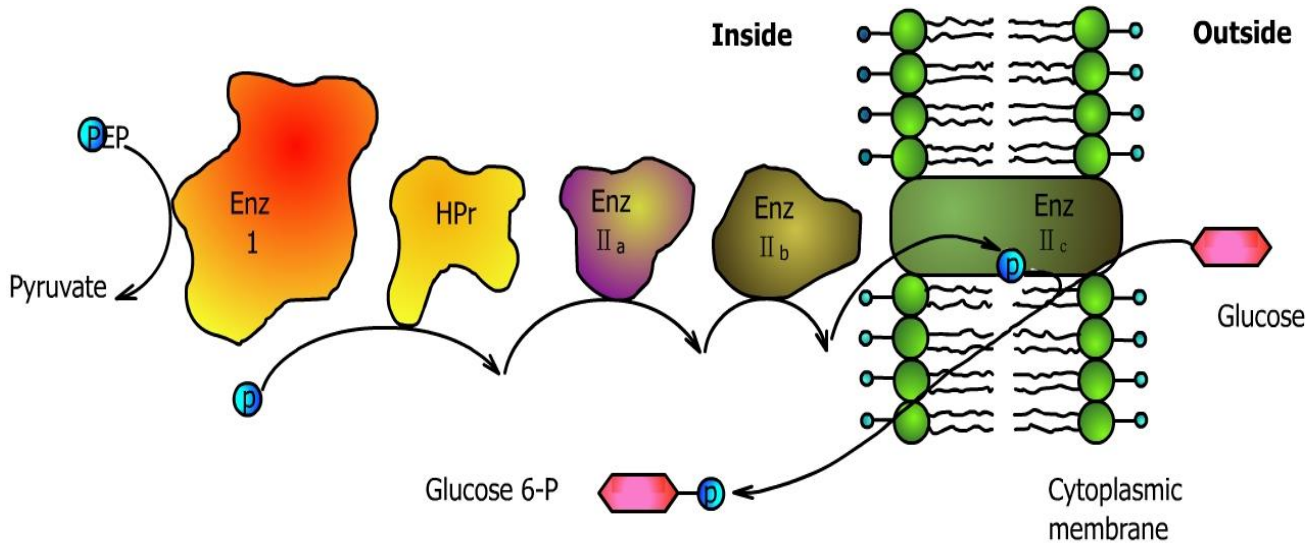
1. الانتشار المنفصل أو البسيط Passive or Simple Diffusion
يكون انتقال المواد من التركيز الأعلى الى التركيز الأوطأ حتى يتعادل التركيز على جهتي الغشاء دون انفاق طاقة.
2. النقل الفعال Active Transport
أسلوب مهم من أساليب نقل المواد الى داخل الخلية من الاوساط المخففة إذ تكون حركة المواد من الخارج (تركيز واطيء) الى داخل الخلية (تركيز عالٍ) وتحتاج العملية الى صرف طاقة .. ويتم النقل الفعال بارتباط المواد المراد نقلها الى داخل الخلية كالسكريات البسيطة مثل الكلوكوز والاحماض الامينية بيروتينات خاصة عند السطح الخارجي للغشاء الخلوي وتسمى هذه البروتينات بالحوامل Carriers والتي تمتاز (البروتينات الخاصة) بتخصصها العالي تجاه المواد التي تقوم بنقلها
3. الانتشار الميسر Facilitated Diffusion
يشبه الانتشار البسيط ، إذ تنتقل المواد من التركيز العالي الى التركيز الواطيء بواسطة بروتينات حاملة تسرع من عملية الانتقال دون الحاجة الى الطاقة



أساليب انتقال المغذيات الى الخلية البكتيرية

1. تغير موقع المجموعة Group Translocation

يحتاج هذا الاسلوب في النقل الى إحداث تحويل في المواد المنقولة مثل السكريات الى شكل سكريات مفسفرة وتتم العملية عبر مجموعة من الانزيمات والبروتينات الواقعة في الغشاء وتتطلب العملية صرف مقدار من الطاقة ويكون النقل من التركيز الاوطأ الى التركيز الأعلى.



الميزوسومات Mesosomes

يكون الغشاء السائتوبلازمي في البكتريا الموجبة لصبغة كرام طيات متمركزة في السائتوبلازم أو انبعاجات باتجاه داخل الخلية تدعى الميزوسومات وهذه التراكيب غير واضحة أو غير موجودة في البكتريا السالبة لصبغة كرام ويعتقد أن الميزوسومات لها دوراً في تكوين الجدار المستعرض عند انقسام الخلية خاصة وان DNA يقع بالقرب منها.

Nuclear material (Nucleoid)

المادة النووية

تتألف المادة النووية في بدائية النواة مثل البكتيريا من DNA التي تكون مزدوجة الشريط دائرية حلقية مربوطة تساهمياً. تمثل مادة DNA هذه كروموسوم البكتيريا وان عدد الكروموسومات في بدائية النواة هو كروموسوم واحد ويكون عادة خالية من الهستونات التي تترتبط مع DNA ، وتكون جزيئة DNA في البكتيريا كبيرة الحجم وتحشر نفسها داخل الخلية البكتيرية وتشغل مساحة معينة في منطقة تعرف بالمنطقة النووية Nuclear Region ، وتكون جزيئة DNA (الكروموسوم) في البكتيريا ملتصقة بالغشاء السايئوبلازمي وفي جزء منه غالباً في موقع على الميزوسوم ، والمادة الوراثية المتمثلة بجزيئة DNA في بدائية النواة (البكتيريا) وبعدد الكروموسومات في حقيقية النواة تحمل الصفات الوراثية كافة للكائنات الحية ومسؤولة عن إظهار أو تعبير هذه الصفات.

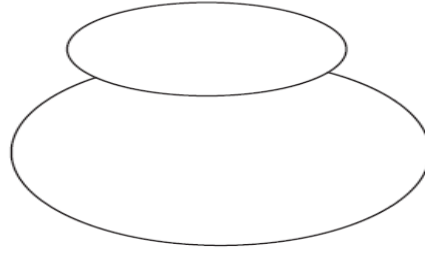
البلازميدات Plasmids

تحتوي البكتيريا أحياناً على جزيئة واحدة أو اكثر من جزيئات DNA دائرية حلقية أيضاً لكنها صغيرة الحجم (الوزن الجزيئي) ولا تبلغ إلا 1% من الوزن الجزيئي ل DNA الكروموسومي، وتحمل صفات وراثية إضافية أيضاً الى المعلومات الوراثية الموجودة على جزيئة DNA الكروموسومي . ومن أهم هذه المعلومات:-

- مقاومة المضادات الحيوية والادوية وتسمى هذه البلازميدات ببلازميدات المقاومة Resistance plasmids.
- انتاج البكتيريوسينات Bacteriocins وهي بروتينات تعمل على تحطيم البكتيريا الاخرى في السلالات البكتيرية القريبة منها.
- تحليل العديد من المركبات المعقدة من قبل بلازميدات الايض Metabolic plasmids كما تحمل جينات لتكوين وحث تكوين العقد الجذرية في البقوليات وتنشيت النتروجين.
- تحمل صفة انتاج السموم البكتيرية مثل السموم المعوية من قبل بكتيريا *E. coli* .
- تحمل صفة التزاوج بين البكتيريا إذ تحمل عدداً من الجينات المسؤولة عن اقتران Conjugation خلايا البكتيريا في معرض تبادل المعلومات الوراثية وتعرف هذه البلازميدات ببلازميدات الخصوبة Fertility plasmids ، والبلازميدات في الوقت الراهن تعد أحد الادوات المهمة في تجارب الاستنسال Cloning والهندسة الوراثية Genetic Engineering .

الرايبوسومات Ribosomes

يرجع المظهر الحبيبي للسايئوبلازم الى وجود تراكيب منتشرة فيها تعرف بالرايبوسومات وهي اماكن او مصاطب لتخليق البروتينات اذ ترتبط الاحماض الامينية وحسب تسلسل معين مع بعضها البعض بواسطة اواصر ببتيدية لتكوين الببتيدات أو البروتينات ، ويبلغ عدد الرايبوسومات في البكتيريا حوالي 1500 رايبوسوم ويزداد هذا العدد مع زيادة نشاط البكتيريا لتخليق البروتينات . تتألف وحدة الرايبوسوم من جزيئتين كبيرتين مختلفتين هما البروتين و RNA الرايبوسومي Ribosomal RNA (rRNA) ، ووحدة الرايبوسوم الواحدة تتألف من وحدتين ثانويتين ترتبطان مع بعضهما لتكوين الوحدة الرئيسية عند تخليق البروتينات والتعبير عن الصفات الوراثية. تمتاز الرايبوسومات بخواصها الترسيبية عند نبذها مركزياً في أجهزة النبذ المركزي فائق السرعة Ultracentrifugation فكلما كان حجم الرايبوسوم كبيراً فكلما كانت قابلية الترسيب عالية (أي يترسب بسرعة) ويعبر عن حجم الرايبوسومات بوحدة الترسيب أو وحدة Svedberg نسبة الى العالم الكيمياءوي الفيزياءوي السويدي سيودبرج مصمم أجهزة النبذ المركزي الفائق . ويرمز لها بوحدة (S) ، والرايبوسومات البكتيرية يبلغ حجمها 70 S بينما يبلغ حجم الرايبوسومات لخلايا الكائنات حقيقية النواة 80 S (أي أكبر حجماً).

70 S
Ribosome30S
Subunit

16S rRNA

21 proteins

50S
subunit

5S rRNA

23S rRNA

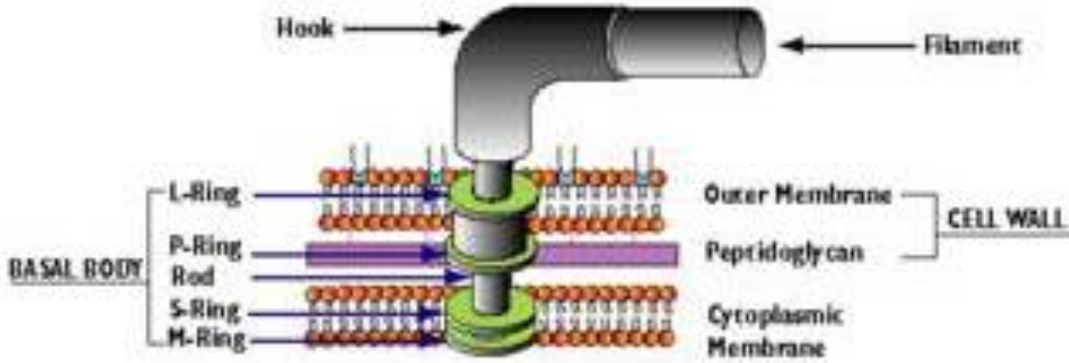
34 proteins

مكونات الرايبوسومات البكتيرية

الاسواط Flagella

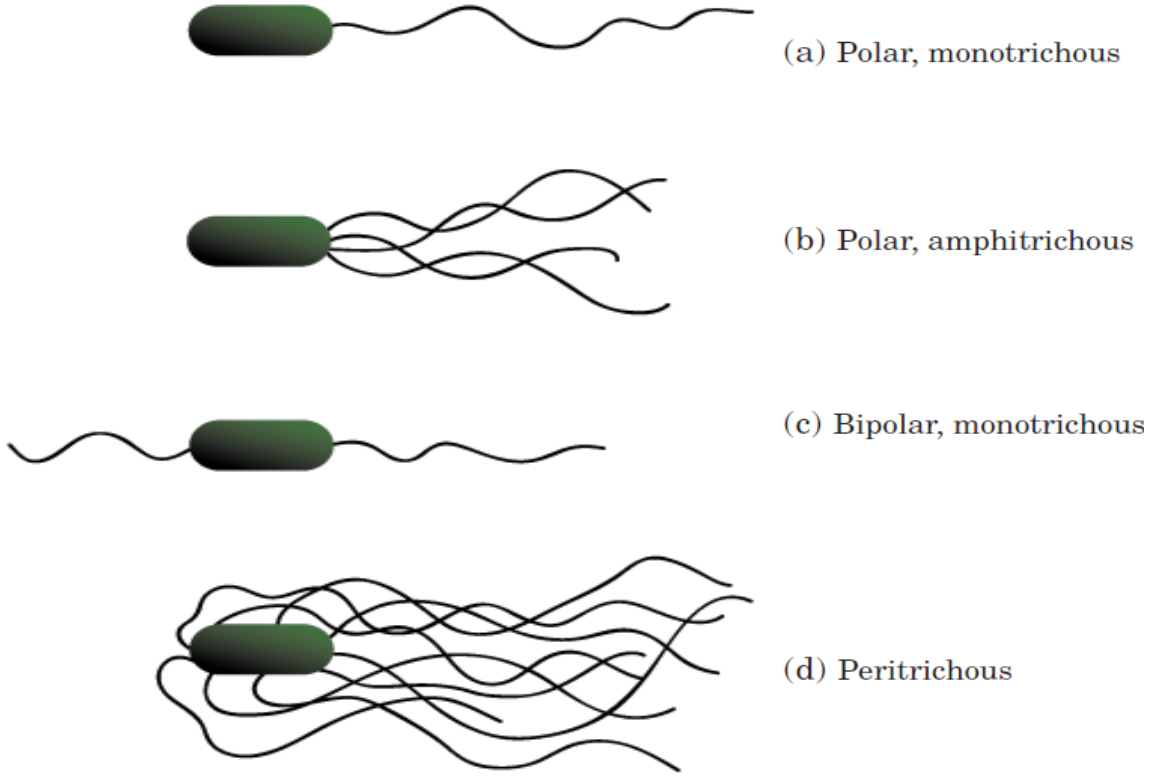
مفردها Flagellum وتعد من التراكيب الخارجية الظاهرية وهي خيوط بروتينية طويلة يكون طولها أكبر من طول البكتيريا نفسها ، وهي واسطة الحركة في البكتيريا التي تمتلكها ، يتألف السوط البكتيري من ثلاثة أجزاء:-

- الخيط Filament وهو الجزء الظاهري الممتد من الخلية خارجاً ويكون أسطوانياً مجوف ويتألف من ثلاثة خيوط رفيعة ملتفة مع بعضها البعض.
- الخطاف Hook الذي يربط الخيط بالجسم القاعدي
- الجسم القاعدي Basal body ويعمل على تثبيت السوط على الغشاء الساييتوبلازمي ماراً من الجدار ومكوناته المختلفة ، ويشتمل الجسم القاعدي على حلقتين يرتبطان بالغشاء الساييتوبلازمي في البكتيريا الموجبة لصبغة كرام ، أما بالنسبة للبكتيريا السالبة لصبغة كرام فهناك حلقات إضافية ترتبط بالغشاء الخارجي وفي منطقة الببتيدوكلايكان.



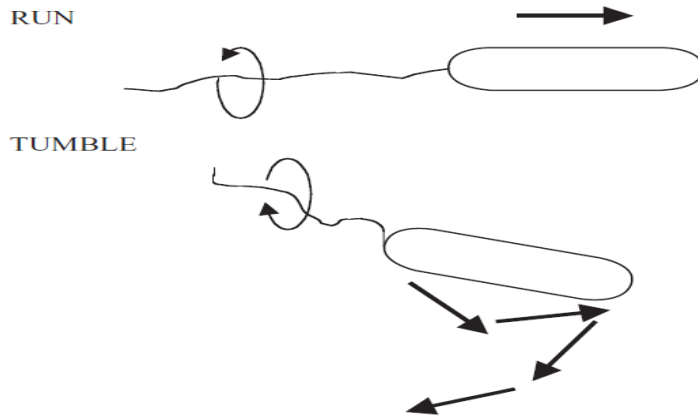
السوط البكتيري

إن عدد وتوزيع الاسواط في الخلية البكتيرية ثابت لكل نوع وتختلف عن الانواع الاخرى من خلال العدد والتوزيع ويعد من الصفات المميزة لذلك النوع.



أنماط توزيع الاسواط على الخلية البكتيرية

كما ذكرنا أن الاسواط هي اداة الحركة في البكتريا التي تمتلكها وتختلف الحركة باختلاف نمط وتوزيع الاسواط ، ويعتقد أن الحركة (السوط) تعتمد على الذبذبة الدائرية في حلقات الجسم القاعدي التي تولد طاقة لتحريك السوط ، فإذا كانت حركة السوط المفرد بعكس دوران عقرب الساعة فإنه يولد حركة الى الامام وبشكل مستقيم في حي تكون الحركة عشوائية وباتجاهات مختلفة عند الدوران مع اتجاه عقرب الساعة.



حركة البكتريا بواسطة السوط اعتماداً على دوران السوط مع أو عكس عقرب الساعة

هناك انواع من الحركة لاتتشارك فيها الاسواط منها الحركة الانزلاقية الناتجة عن ذبذبات وتموجات جسم الخلية البكتيرية وتحدث فوق الاسطح الصلبة وهناك نوع آخر من الحركة غير الحقيقية ناتجة عن تصادم جزيئات الوسط السائل بالاحياء المجهرية وتسبب حركة موضعية تسمى بالحركة البراونية Brownian movement نسبة الى مكتشف هذه الحركة.

الشعيرات Pili

تمتلك العديد من البكتريا السالبة لصبغة كرام المئات من اللواحق الشبيهة بالشعر تدعى الشعيرات التي تكون اقصر وارفع من الاسواط وتختلف عن الاسواط انها تخترق الغشاء الساييتوبلازمي وكذلك لاتتعلق بالحركة حال الاسواط ، وان وظيفة الشعيرات تتلخص بامكانية هذه الشعيرات من اختراق البكتريات الاخرى في سطوح ملائمة أي انها تمتلك صفة الامراضية لامتلاكها وحدات بروتينية تسهل التصاق البكتريا عن طريق هذه الشعيرات في سطوح متخصصة على انسجة المضيف ، أما الوظيفة الثانية لهذه الشعيرات فهي تتعلق باقتران أو التزاوج وتدعى هذه الشعيرات بالشعيرات الجنسية Sex Pili التي تفيد في اتصال خليتين أثناء الاقتران Conjugation لتبادل المعلومات الوراثية.

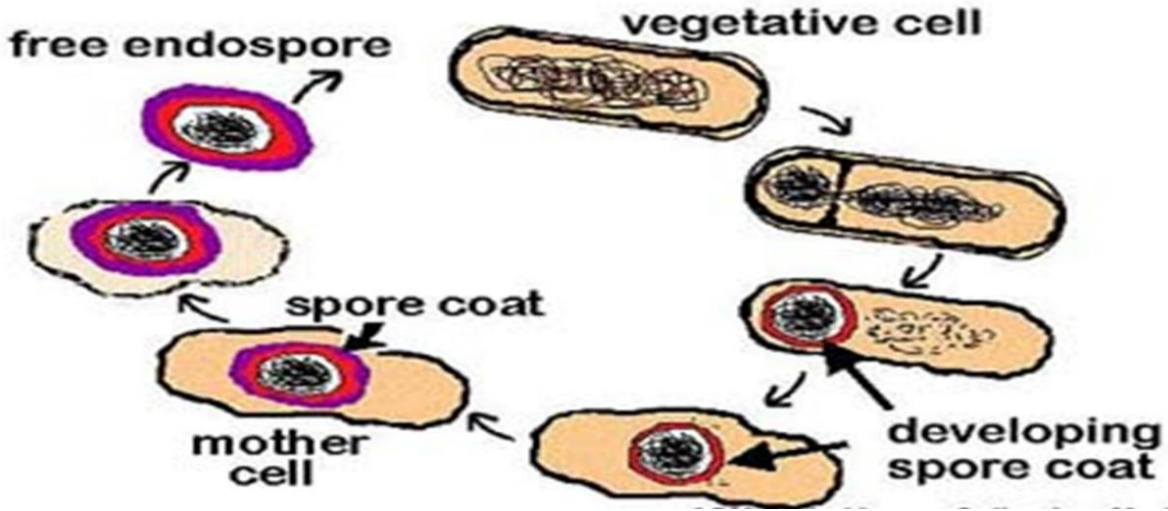
الأبواغ Spores

تركيب تقوم بتكوينه أنواع معينة من البكتريا الموجبة لصبغة كرام والعصوية في الغالب ، ويوصف هذا التركيب بانه نمط خلوي استثنائي يتكون داخل الخلية الخضرية عند نموها في ظروف دون الظروف المثلى ، وتتكون الابواغ البكتيرية داخل الخلية البكتيرية لذلك تسمى بالابواغ الداخلية Endospore بخلاف الابواغ التي تكونها العديد من الاحياء المجهرية الاخرى مثل الفطريات والتي تكون خارج الخلية الخضرية لذلك تسمى بالابواغ الخارجية Exospore ، ولاتعد الابواغ البكتيرية وسيلة للتكاثر لانها تتكون بواقع بوغ واحد لكل خلية خضرية وانما تعد وسيلة للمحافظة على النوع. تتميز الابواغ البكتيرية بمقاومتها العالية للعديد من المعاملات التي تؤثر في الخلايا الخضرية للبكتريا وللابواغ التكاثرية للكائنات الاخرى ، فالابواغ البكتيرية تتسم بمقاومتها العالية للحرارة والجفاف الشديد والاشعاع والكثير من المواد الكيماوية المستعملة في التطهير والتعقيم وتعزى هذه المقاومة الى عدم نفاذية غطاء البوغ Spore coat الحاوي على معقد (الكالسيوم- Peptidoglycan - Dipicolinic acid) . ان سمك وتماسك مكونات الغطاء البوغي تمنح صفة المقاومة فضلاً عن التركيب ثلاثي الأبعاد الأنف الذكر ، فقد وجد ان أبواغ بكتريا *Clostridium botulinum* المرضية تقاوم الغليان لعدة ساعات . رغم ان مقاومة الابواغ للحرارة تختلف باختلاف الانواع فان معظم الابواغ تقاوم حرارة 80م / 10 دقائق وهي كافية للقضاء على الخلايا الخضرية تماماً.

تحتوي الابواغ على نسبة واطنة جداً من الرطوبة لذلك فانها تتصف بعدم امتلاكها نشاط ايضي فعلي ، فهي تبقى ساكنة وتمثل على هذا الاساس طور السكون للبكتريا فبأماكنها ان تبقى ساكنة لسنوات عدة وبأماكنها ان تنبت Germination ثانياً الى خلايا خضرية وخلال فترة قصيرة ثم تعود الخلايا الخضرية فتكون الابواغ عند دخولها طور الثبوت العددي ، وتدعى عملية تكوين الابواغ Sporogenesis.

أما مراحل تكوين البوغ الداخلي فهي:

- تحول مادة DNA الى خيوط وحدث انبعاج في الغشاء الخلوي قرب أحد نهايتي الخلية وهذه التغيرات تؤدي الى تكوين مايعرف بالبوغ الاولي Fore spore .
- تكون طبقات تغطي البوغ الاولي تسمى قشرة البوغ Spore cortex تغطيها طبقات أخرى تسمى Spore coat ، وقد تحدث في بعض الانواع أن تضاف طبقة اخرى تعرف ب Exosporium .
- تحلل الخلية الام(الجزء الخضري) وانطلاق البوغ الحر Fore spore.



مراحل عملية تكوين البوغ في البكتيريا Sporogenesis

يختلف موضع البوغ داخل الخلية الخضرية باختلاف نوع البكتيريا فقد يكون البوغ مركزياً Central أو قريباً من أحد طرفي الخلية ويدعى عندئذ Subterminal أو يكون طرفياً ويسمى Terminal أو قد يكون حجم البوغ اكبر من حجم الخلية الخضرية ويسمى Sollow spore.



انماط توزيع الابواغ في الخلية البكتيرية

نظراً لمقاومة الابواغ البكتيرية للحرارة فإن لها اهمية استثنائية في مجال الصناعات الغذائية وفي صناعة الاغذية المعلبة ، فمعظم التلف في الاغذية المعلبة يعود الى البكتيريا اللاهوائية المكونة للابواغ وقد يسبب البعض منها امراض خطيرة لاحتوائها على السموم الخارجية كما في جنس *Clostridium botulinum* لذلك ينصح بمعاملة المنتجات أو الاوساط الزراعية عن طريق المؤصدة Autocleave للقضاء على سبوراتها المقاومة للغليان لساعات.

ومن الامثلة على البكتيريا المكونة للابواغ من البكتيريا العصوية (*Bacillus subtilis*، *B. stearothermophilus* ، *Clostridium* و *Sporolactobacillus*) من البكتيريا الكروية *Sporosarcina*.

الحبيبات المخزونة أو المدخرة Storage materials

تتواجد في سايتوبلازم البكتيريا الحقيقية تراكيب حبيبية تعرف بالاجسام الضمنية Inclusion bodies وهي تعمل كمخازن للغذاء والتي قد تكون مركبات عضوية مثل النشأ والكلايوجين أو الدهون فضلاً عن مركبات الكبريت والفوسفات المتعددة وتسمى الاخيرة أحياناً بالفوليوتين Volutin. (عادة لا تكون البكتيريا إلا واحد من هذه المركبات).

تمتلك بعض البكتيريا أجسام ضمنية خاصة تكون جديرة بالملاحظة مثل الماكنيتوسوم Magnitosomes والتي تكون على هيئة أكاسيد الحديد التي تساعد البكتيريا المحتوية عليها من توجيه فسها الى الظروف البيئية المناسبة للبكتيريا.

Nutrition

تغذية الأحياء المجهرية

تشارك جميع أشكال الحياة ابتداءً من الأحياء المجهرية وانتهاءً بالإنسان في حاجتها إلى متطلبات غذائية معينة لاجل نموها والقيام بوظائفها بصورة طبيعية وتتمثل هذه الاحتياجات بما يأتي:-

● مصدر الكربون والطاقة

تقسم الأحياء المجهرية من حيث مصدر الطاقة إلى مجموعتين هما:

1- أحياء ضوئية التغذية Phototrophs وهذه المجموعة تستنبط طاقتها من ضوء الشمس وتتمثل بالطحالب والبكتريا المسماة Cyanobacteria وتتميزان باحتوائهما على مادة الكلوروفيل وقيامهما بعملية البناء الضوئي

2- أحياء كيميائية التغذية Chemotroph وهذه المجموعة تستنبط طاقتها من تفاعلات كيميائية باكسدة المواد الكيميائية.

أما من حيث مصدر الكربون الذي تحتاجه كافة أشكال الحياة وبدون إستثناء من CO_2 وهو أبسط مصادر الكربون إلى المركبات العضوية المعقدة فأن الأحياء تقسم إلى مجموعتين أيضاً هما:

1- كائنات ذاتية التغذية Autotroph وهذه تعتمد على CO_2 كمصدر للكربون

2- كائنات عضوية التغذية (غير ذاتية التغذية) Heterotroph وتعتمد على المركبات العضوية المختلفة

وعند الجمع بين أسلوب الحصول على الطاقة ومصدر الكربون معاً وتصنيف الأحياء المجهرية على أساس هاتين الخاصيتين نجد هنالك أربعة مجاميع من الكائنات الحية كما موضح في الجدول الآتي:

الأمثلة	مصدر الكربون	مصدر الطاقة	نوع التغذية
1- ضوئية التغذية Phototrophs			
بكتريا بنفسجية كبريتية و Cyanobacteria ومعظم الطحالب	CO_2	الضوء	أ- ضوئية معدنية التغذية Photolithotrophs
بكتريا بنفسجية غير كبريتية وبعض أنواع الطحالب	مركبات عضوية	الضوء	ب- ضوئية عضوية التغذية Photoorganotrophs
2- كيميائية التغذية Chemotrophs			
Nitrosomonas, Nitrobacter, Thaioabacillus, Iron bacteria, Methanogenic bacteria	CO_2	أكسدة مركبات غير عضوية	أ- كيميائية معدنية التغذية Chemolithotrophs
جميع أنواع البكتريا ذات الأهمية الطبية، أحياء التربة، أحياء الالبان، الفطريات والبروتوزوا	مركبات عضوية	أكسدة المركبات العضوية	ب- كيميائية عضوية التغذية Chemoorganotrophs

• مصدر النتروجين

تحتاج جميع الكائنات الحية الى النتروجين ، فالنباتات تستهلك النتروجين على صورة نترات بينما تحتاج الحيوانات الى النتروجين على صورة مركبات عضوية مثل البروتينات والبيبتيدات والاحماض الامينية، أما الاحياء المجهرية فتختلف قدرتها على استهلاك مصادر عضوية غير عضوية من هذا العنصر ، فهناك ما تستهلك N_2 الجوي مثل البكتريا المثبتة للنتروجين ، وبكتريا تستهلك المصادر النتروجينية العضوية ، بينما هناك المصادر النتروجينية غير العضوية مثل الطحالب .

• مصادر العناصر الاخرى

الى جانب الكربون والنتروجين تحتاج الاحياء المجهرية الى عناصر مثل الهيدروجين والاكسجين وغالباً ما تستعمل الاحياء المجهرية هذه المصادر من الماء والهواء ولاسيما بالنسبة للاحياء الهوائية ومن مصادر عضوية ، كما تحتاج الى عناصر اخرى مثل الفسفور والكبريت وبكميات غير قليلة وتحتاج كذلك الى عناصر معدنية مختلفة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد، وكذلك تحتاج الى بعض العناصر النادرة مثل النحاس والكوبلت والخراسين والنيكل.

• عوامل النمو

هي مجموعة من المركبات لاتستطيع الكائنات الحية من تخليقها بنفسها لذلك ينبغي أن تتوفر في البيئة التي تتغذى فيها وتسمى مجموعة العوامل هذه بالفيتامينات بالنسبة للانسان ، غير ان العديد من البكتريا تمتلك المقدرة على تكوين هذه المركبات بنفسها ومما يثبت هذه الحقيقة أن الانواع من البكتريا بإمكانها أن تنمو في الاوساط الغذائية التركيبية المولفة من مركبات كيميائية (املاح معدنية) معروفة التركيب والخالية أساساً من الفيتامينات والمركبات العضوية الاخرى تماماً، ويذكر أن معظم الفطريات لاتحتاج الى الفيتامينات أو عوامل النمو الاخرى وهذا هو حال العديد من البكتريا وجميع أنواع الطحالب. غير أن بعض البكتريا تحتاج الى أنواع معينة من الفيتامينات والنيوكليوتيدات أو المركبات العضوية كالبورينات والبريميدينات والاحماض الامينية إذ لاتستطيع هذه الانواع من النمو ما لم تتوفر هذه المركبات في البيئة أو الوسط الزراعي المختبري لافتقارها الى الانزيمات الخاصة بتخليق هذه المواد أو المركبات ، وخير مثال على ذلك بكتريا حامض اللبنيك *Lactic acid bacteria* التي تتواجد في الحليب ومنتجاته والتي ينبغي أن تجهز بحوالي 95% من الوحدات الاساسية التي تؤلف مادتها الخلوية في الوسط الزراعي.

لابد من الاشارة الى أن هناك بعض أنواع البكتريا التي تدعى بالطفيليات المجرية داخل الخلوية *Obligate intracellular parasites* مثل الريكتسيا *Rickettsia* وكلاميديا *Chlamydia* لاتستطيع النمو خارج الانسجة التي تصيبها(خارج خلية حية أخرى) لافتقارها لبعض الانزيمات والتركييب الضرورية بما في ذلك انزيمات توليد الطاقة ، وعلى النقيض من هذه المجموعة هناك انواع من البكتريا (*Cyanobacteria*) تمتلك انزيمات تسمح لها بالتضاعف مع مواد مغذية بسيطة جداً كالملاح غير العضوية والطاقة الشمسية.

• الماء

لايمكن الاستغناء عن الماء لأي كائن حي ، فالماء يشكل 80-90% من وزن الاحياء المجهرية ولاتستطيع هذه الكائنات من النمو إلا في وسط يحتوي على نسبة من الماء يعد وسطاً لجميع التفاعلات الحيوية التي تجرى على الانظمة الحية.

Culture media

الايوساط الزرعية

تُحضّر الاوساط الزرعية المختلفة حسب المتطلبات الغذائية للاحياء المجهرية قيد التنمية ، غير أن بيئة النمو لاتعد العامل الوحيد المحدد لنمو الاحياء المجهرية رغم كونه من العوامل المهمة بل الى جانب هذا العامل هناك العديد من العوامل الاخرى التي تسمى بمجملها بالعوامل الفيزيائية ومن ابرز هذه العوامل المؤثرة في نمو الاحياء المجهرية:

Temperature

■ درجة الحرارة

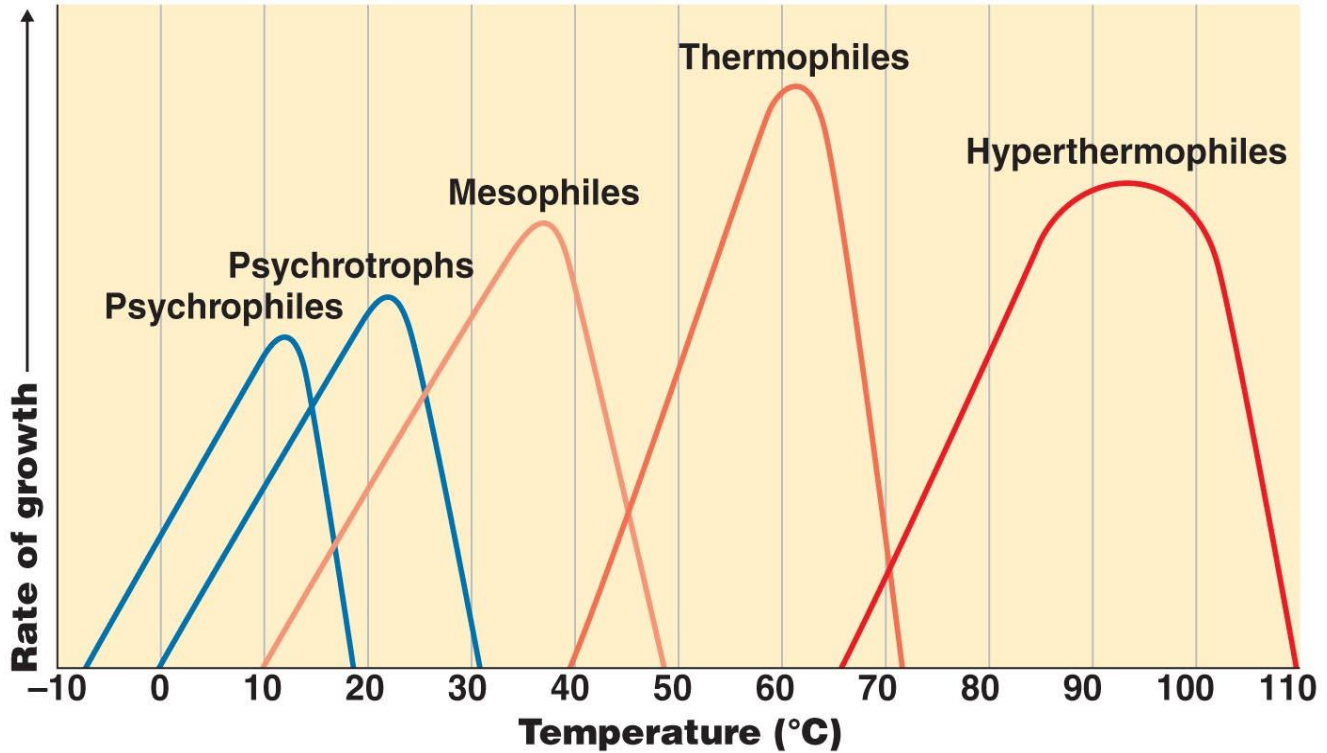
تعد عاملاً مهماً لكونها تؤثر في معظم الفعاليات الحيوية بفعل تأثيرها في فعاليات الانزيمات في الخلية وما النمو إلا حصيلة هذه الفعاليات مجتمعة ، وتقسّم الاحياء المجهرية حسب درجات الحرارة المثلى :

1- الألفة للبرودة Psychrophils

2- الألفة للحرارة المعتدلة Mesophils

3- الألفة للحرارة العالية Thermophils

يذكر أن لكل مجموعة من هذه المجاميع الثلاثة هناك ثلاث درجات حرارية مميزة وهي درجة الحرارة المثلى Optimum temperature وهي درجة الحرارة التي تبلغ عندها معدلات النمو حدودها القصوى بمعنى ان الزمن اللازم لانقسام الخلية الواحدة الواحدة الى خليتين عند هذه الدرجة يكون في حدوده الدنيا ، وان معدلات النمو سوف تنخفض بالابتعاد عن هذه الدرجة زيادة أو نقصاناً حتى تصل معدلات النمو الى الصفر أو ان تتوقف تماماً ، وتسمى درجة الحرارة التي يقف النمو عند زيادتها درجة حرارية واحدة بالحرارة العليا Maximum temperature ، وعند خفضها درجة حرارية واحدة تسمى بالحرارة الدنيا Minimum temperature وان درجة الحرارة المثلى لأي كائن حي تكون أقرب الى العليا منها الى الدنيا.



علاقة نمو الانواع البكتيرية مع درجات الحرارة الخاصة بها

■ الضغط الأزموزي

Osmotic pressure

وهو الضغط الذي يتولد من مكونات ومحتويات الساييتوبلازم على الغشاء الساييتوبلازمي بسبب اختلاف تركيز الساييتوبلازم عن تركيز المحيط ، وتتواجد معظم الاحياء المجهرية في محيط مخفف (أقل تركيز) مقارنة مع تركيز الساييتوبلازم ومع ذلك لا يحدث انجرار الخلية جراء تدفق الماء من خارج الخلية الى داخلها لامتلاك الخلايا الى جدران سميكة. غير أن هناك مجموعة من الاحياء المجهرية التي اعتادت على العيش في محيط ذات ضغط أزموزي عالٍ (تركيز الوسط أو المحيط أعلى من تركيز الساييتوبلازم) ويطلق على هذه الاحياء بالاحياء المجهرية الآلفة للضغط الأزموزي Osmophilic وهي نوعين

1- الآلفة للملحة العالية Halophilic :- وهذه الانواع لاتستطيع العيش إلا في الاوساط أو البيئات المالحة أو التي يضاف لها الملح ومن أمثلة هذه الاحياء الانواع التابعة لجنس *Halobacterium* وقد وجد ان مثل هذه الاحياء المعزولة من البحر الميت تحتوي خلاياها على تركيز ملحي عالٍ جداً.

2- الآلفة للتركيز السكرية العالية Saccharophilic وهذه تتمثل ببعض انواع الخمائر المحبة للتركيز العالية من السكر مثل *Saccharomyces roxii*. وهكذا تركيز عالٍ من السكر يتواجد في الجلي والمرببات.

■ تركيز ايونات الهيدروجين

ويعبر عنه بالاس (الرقم) الهيدروجيني وهو اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين الحرة ويرمز له pH أي أن :

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

يختلف مدى الرقم الهيدروجيني للأوساط الزرعية التي تعيش فيها الاحياء المجهرية باختلاف هذه الاحياء ويمكن تقسيم الاحياء المجهرية على أساس الارقام الهيدروجينية الى ثلاث مجاميع:

1- الآلفة للحموضة Acidophile : وهذه المجموعة تنمو بمعدلاتها القصوى في الارقام الهيدروجينية الحامضية فالرقم الهيدروجيني الأمثل pH Optimum لبكتريا *Thiobacillus thiooxidans* التي تقوم بتكوين حامض الكبريتيك في حدود 2.5 ويمكن نموها حتى في رقم هيدروجيني 1 وهناك ايضاً أحياء تنمو في ارقام هيدروجينية حامضية مثل بكتريا حامض الخليك *Acetobacter spp* (جميع الانواع التابعة للجنس) ومعظم الفطريات والخمائر التي تفضل الاوساط الحامضية.

2- الآلفة للارقام الهيدروجينية المعتدلة (المتعادلة) Neutrophile : تنمو هذه المجموعة بشكل أفضل في الاوساط المتعادلة في ارقامها الهيدروجينية التي تتراوح ما بين 6.5-7.5 وان معظم أنواع البكتريا تقع ضمن هذه المجموعة.

3- الآلفة للقاعدية Alakalophile : تنمو هذه المجموعة في الاوساط والبيئات القاعدية والتي يكون الرقم الهيدروجيني لها فوق 7 مثل أنواع جنس *Bacillus* ومعظم انواع الطحالب.

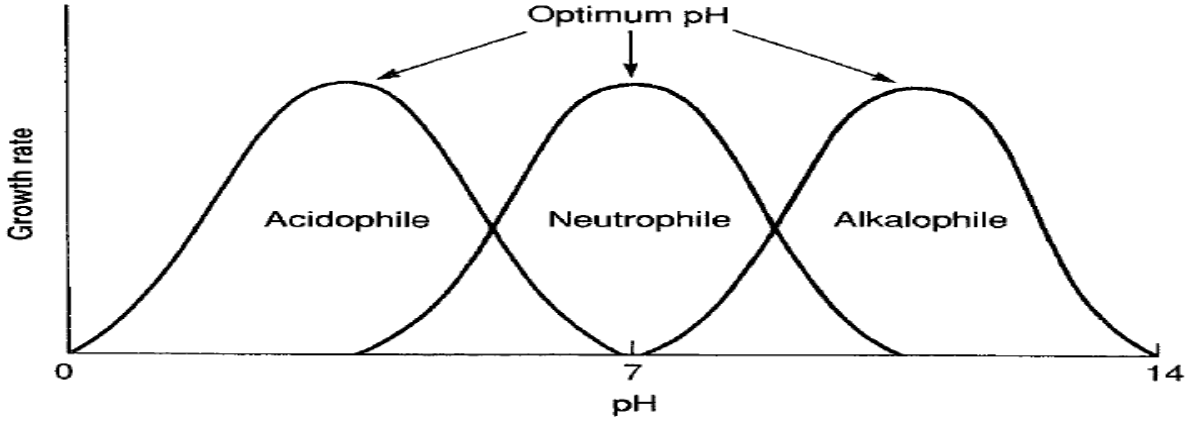
ولكل نوع من هذه الانواع الثلاثة من الاحياء المجهرية حدود من الارقام الهيدروجينية وهي

☒ الرقم الهيدروجيني الأمثل Optimum pH : وهو الرقم الهيدروجيني الذي تكون معدلات نمو الكائن المجهري عنده مثالية (معدلات نمو عالية ، أي ان الزمن اللازم لانقسام الخلية الواحدة الى خليتين يكون قصير جداً).

☒ الرقم الهيدروجيني الاعلى Maximum pH : ويمثل أعلى رقم هيدروجيني تنمو عنده الخلية فعند زيادته عند هذا الحد يتوقف النمو تماماً.

⊗ الرقم الهيدروجيني الأدنى Minimum pH : ويمثل أدنى رقم هيدروجيني يحصل عنده النمو وان كان بمعدلات واطئة.

ويعود تحمل بعض الأحياء المجهرية للحموضة أو القاعدية المفرطة إلى اختلاف تركيب جدارها الخلوي وأغشيتها الساييتوبلازمية عن تلك التي تنمو في الأوساط والبيئات المتعادلة أو معتدلة الحموضة أو القاعدية.



▪ الأوكسجين Oxygen

يعد أحد العوامل المهمة التي تحدد قدرة الأحياء المجهرية على المعيشة في بيئة ما ويمكن تقسيم الأحياء المجهرية حسب احتياجها للأوكسجين إلى المجموعات الآتية:

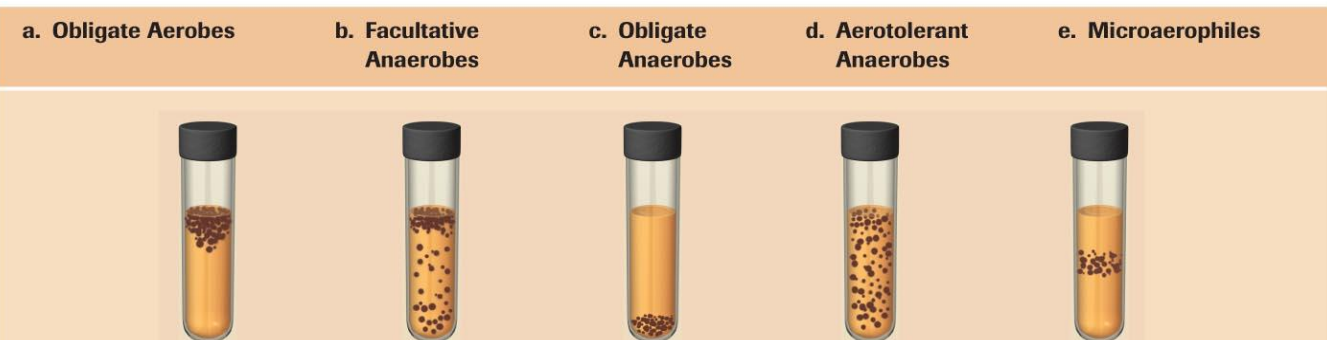
أ- أحياء هوائية مجبرة (صارمة) **Obligate (strict) aerobes**: تمتلك هذه المجموعة احتياجاً مطلقاً للأوكسجين وتنمو بشكل أفضل عند وجودها في الأوساط ذاتية التهوية الجيدة.

ب- أحياء لاهوائية مجبرة (صارمة) **Obligate (strict) anaerobes**: لا تستطيع هذه المجموعة النمو إلا بغياب كامل للأوكسجين في المحيط أو البيئة التي تتواجد فيها، إذ يعد الأوكسجين ساماً لها أو يحول دون نموها.

ج- أحياء لاهوائية اختيارية **Facultative anaerobes**: تستطيع هذه الأحياء استعمال الأوكسجين عند وجوده وتستطيع النمو بغيابه أيضاً بيد أنها تنمو بشكل أفضل وأسرع عند وجود الأوكسجين.

د- أحياء آلفة للهواء القليل **Microaerophilic organisms**: تمثل مجموعة محدودة ذات صفة مشتركة في احتياجها للأوكسجين وبتركيز أقل يبلغ (2-10%) فقط من تركيزه في الهواء.

هـ- أحياء لاهوائية مقاومة للأوكسجين **Aerotolerant anaerobes**: تمثل مجموعة محددة لا تستعمل الأوكسجين ولا يثبط نموها تواجد في الوسط أو البيئة الزرعية.



يمكن توفير الظروف اللاهوائية للاحياء اللاهوائية ولاسيما البكتريا بأساليب أو طرق مختلفة منها

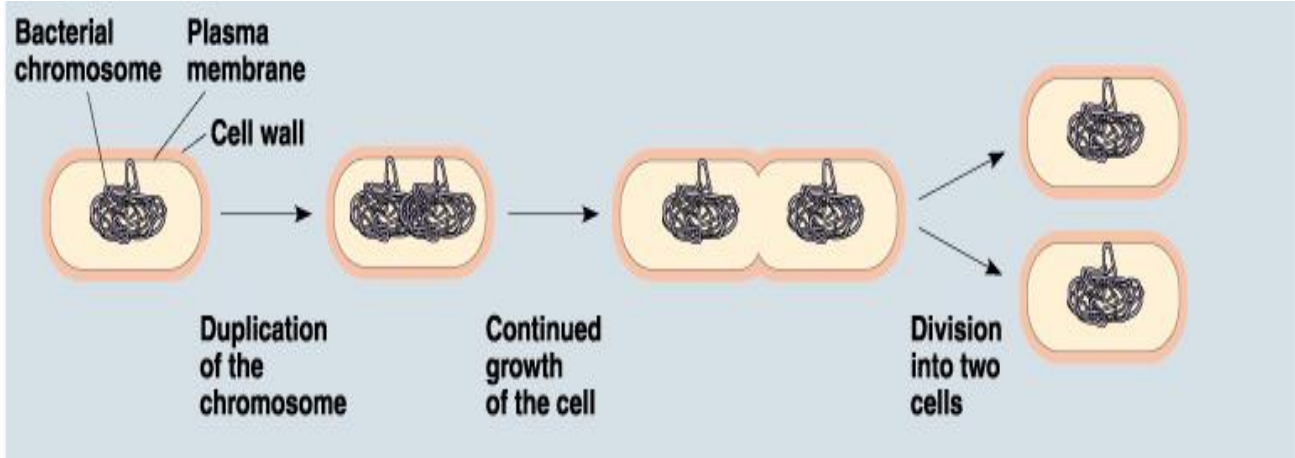
- حضن الاوساط المزروعة بالبكتريا في حاويات خاصة تدعى Anaerobic jar ويتم تفريغها من الهواء (باستعمال مضخات سحب الهواء).
- استعمال عدة الظروف اللاهوائية Anaerobic kits التي تتضمن مركبات مولدة للهيدروجين ، إذ يرتبط H_2 المتولد مع O_2 في جو هذه الحاويات عند درجة حرارة الغرفة.
- استعمال شمعة أو قطن أو كمية من الكحول داخل حاويات مغلقة لحين نفاد الهواء
- إضافة مواد مختزلة الى الاوساط الزرعية مباشرة أثناء تحضيرها ، إذ تعمل على اختزال مستوى الاوكسجين بارتباطها كيميائياً معه ومن هذه المواد حامض الاسكروبيك أو السيستئين . Ascorbic acid & Cysteine
- تضاف طبقة من الفازلين Vaseline المعقم أو الرافين Parafin بحيث تغطي سطح الوسط السائل المعد لتنمية الاحياء المجهرية لمنع وصول الاوكسجين الى الوسط .

Bacterial Growth & Reproduction

نمو البكتريا وتكاثرها

النمو Growth: حصول زيادة في المكونات الخلوية بشكل منتظم ومتناسق وبلوغ الخلية الحجم المحدد لهاورائياً ، وهذا على مستوى الخلية.

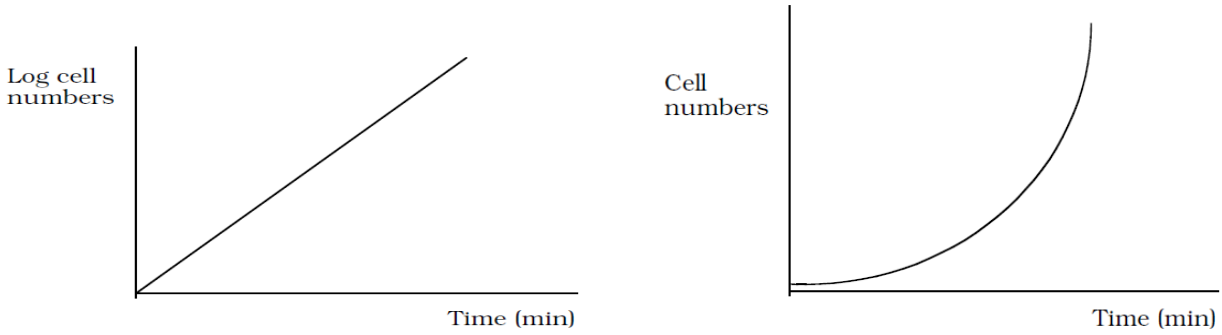
أما مفهوم النمو في الجماعة البكتيرية **Bacterial population:** فيقصد به الزيادة الحاصلة في عدد الخلايا البكتيرية الحية تحت الظروف التي تعيش فيها وهذه الزيادة هي ناتج عملية التكاثر Reproduction .



تتكاثر البكتريا بطريقة تعرف بالانشطار الثنائي البسيط Simple binary fission وفيه تنقسم الخلية الواحدة خليتين متماثلتين وهي من طرق التكاثر اللاجنسي Asexual وتبعاً لانشطار البسيط فأن أعداد البكتريا تزداد زيادة أسية (لوغارتمية منتظمة) عبر فترات زمنية منتظمة:

$$1 \text{ خلية} \longrightarrow 2 \longrightarrow 4 \longrightarrow 8 \longrightarrow 16 \longrightarrow \dots$$

$$1 \times 2^0 \quad 1 \times 2^1 \quad 1 \times 2^2 \quad 1 \times 2^3 \quad 1 \times 2^4 \quad 1 \times 2^n$$



النمو البكتيري (لوغاريتمياً)

النمو البكتيري (عددياً)

ويمكن حسب عدد البكتيريا النهائي من معرفة عدد مرات الانقسام الحاصل ، اذ ان

$n =$ عدد مرات الانقسام (التضاعف)، ومن معرفة العدد الابتدائي في زمن الصفر (بداية تلقح الوسط)

$Y =$ العدد النهائي

$$Y = X \times 2^n$$

$X =$ العدد الابتدائي

وعند أخذ لوغاريتم طرفي المعادلة

$$\text{Log}Y = \text{Log}X + n \text{Log}2$$

$$\text{Log}Y - \text{Log}X = n \text{Log}2$$

$$n = \frac{\text{Log}Y - \text{Log}X}{\text{Log}2} = \frac{\text{Log}Y - \text{Log}X}{0.301}$$

وعند معرفة قيمة (n) ومعرفة الزمن اللازم لحصول هذا العدد أو ذاك من الانقسامات الثنائية يمكن عندئذ استخراج ما يعرف بزمن التضاعف Generation time وهو الزمن اللازم لانشطار الخلية البكتيرية الى خليتين أو اللازم المحصور بين انقسامين

$$\text{Generation time (G.T.)} = \frac{\text{Time}}{n}$$

كما يمكن استخراج سرعة النمو Growth rate ويقصد به عدد مرات الزيادات الحاصلة في عدد البكتيريا خلال ساعة واحدة واحدة .

$$\text{Growth Rate (G.R.)} = \frac{n}{\text{Time (h)}}$$

ويذكر أن زمن الجيل لبكتيريا يتراوح من 15 دقيقة (كما هو الحال مع بكتيريا *E. coli* في وسط الحليب) الى 950 دقيقة (كما في بكتيريا التدرن الرئوي *Mycobacterium tuberculosis*) ، ولا يتحدد زمن الجيل بنوع البكتيريا فحسب وانما بالظروف والعوامل الفيزيائية والغذائية المحيطة بالبكتيريا

منحنى النمو البكتيري Bacterial Growth Curve

عند تلقح وسط غذائي سائل بعدد معين من البكتيريا ومن نوع معين وحضن الوسط في درجة الحرارة التي تمثل الحرارة المثلى لنموها فإن هذه المجموعة من الخلايا تمر بمراحل من النمو تعرف بأطوار النمو Growth phase.

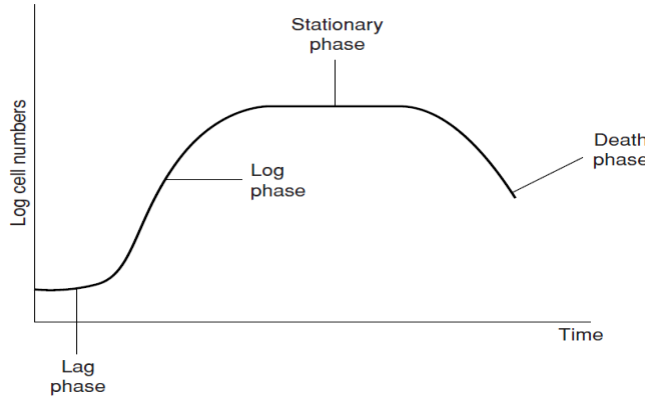
1. طور الركود أو الطور التمهيدي Lag phase

في هذا الطور لاتزداد أعداد البكتريا وانما تبقى ثابتة مؤقتاً ولكن تنمو كل منها فتزداد كتلتها وتتوسع بالحجم وتتضاعف مكوناتها من الاحماض النووية والرايبوسومات ومركبات الطاقة ATP، وان طول هذه المرحلة يتوقف على:

- نوع الخلية البكتيرية
- نوع الوسط الغذائي ومدى التشابه أو الاختلاف بين هذا الوسط والوسط الذي كانت فيه البكتريا
- مدى الاختلاف أو التشابه بين الظروف البيئية للوسطين والعوامل الفيزيائية
- الطور الذي كانت فيه البكتريا عند النقل، فالبكتريا التي تكون في طور النمو اللوغارتمي عند نقلها الى وسط جديد فأنها سرعان ما تتجاوز طور الركود خلال مدة زمنية قصيرة.

2. الطور اللوغارتمي Logarithmic phase

تنقسم خلايا البكتريا في هذا الطور بأقصى معدلاتها، والطريقة الملائمة للتعبير عن معدلات نمو البكتريا تكون بدلالة عدد الانقسامات أو عدد مرات التضاعف الحاصل خلال ساعة واحدة والتي أسميناها بسرعة النمو Growth phase والتي هي مقلوب زمن الجيل Generation time، فأذا كان زمن الجيل 30 دقيقة فأن معدل النمو هو 2 (خلية/ساعة)، وأن معدلات سرعة النمو وزمن الجيل لاتنطبق على جميع أطوار نمو البكتريا في بيئة أو وسط معين بقدر ما تنطبق على جميع أطوار النمو اللوغارتمي.



أطوار النمو البكتيري

3. طور الثبوت Stationary phase

تتباطئ معدلات نمو البكتريا في المرحلة الاخيرة من الطور اللوغارتمي ثم سرعان ما يكون النمو ثابتاً ولا يلاحظ زيادة أو نقصان في أعداد البكتريا الحية في الزمن الذي يلي الطور اللوغارتمي لذلك فان هذا الطور يسمى بطور الثبوت العددي. أن ثبوت أعداد البكتريا في هذا الطور يعود أما الى تساوي معدلات النمو مع معدلات الهلاك أو أن الخلايا تتوقف عن الانقسام مع عدم تعرض أي منها للهلاك جراء

- حصول مايسمى بالازدحام الفيزيائي
- محدودية المغذيات وعوامل النمو في الوسط
- تراكم النواتج السمية خلال النمو

4. طور الهلاك أو الموت Decline or Death phase

هو طور التدهور العام للوسط من حيث النفاذ الكامل للمغذيات وتأثير النواتج الثانوية للبكتريا نفسها وحدوث تغيير في بعض العوامل الفيزيائية مثل الرقم الهيدروجيني. أن جميع هذه العوامل تبدأ بالتأثير على البكتريا وتؤدي الى هلاكها وبصورة أسية الى حد كبير

Pathogenic microorganisms

الاحياء المجهرية الممرضة

تتسم الاحياء المجهرية الممرضة بأهمية استثنائية كبيرة لما لها علاقة بصحة الانسان ومجتمعه ، وقد تم كشف النقاب عن معظم مسببات المرضية المايكروبية ودرست هذه المسببات بشئ من التفصيل ووضعت حلول ناجحة للحد من انتشار هذه المسببات ، بيد ان هناك الكثير من التحديات التي تواجه الانسان من جراء بعض الامراض الناجمة عن المسببات المايكروبية التي تظهر هنا وهناك من العالم بين فينة واخرى أو أنه يتفاجئ بأمراض جديدة تفتك بالملايين من سكان الكرة الارضية يجد الانسان نفسه عاجزاً عن ايجاد وسيلة تكفل له الحماية والوقاية منها بسهولة

العلاقة بين الانسان والاحياء المجهرية

هناك مجموعة غير قليلة من الكائنات الحية تعيش أو تستوطن على سطح جسم الانسان أو اجزاء معينة من بعض اجهزته كالجهاز الهضمي مثلاً دون توليد أو احداث المرض وتدعى مثل هذه الاحياء المجهرية بالفلورا (المنبتات) الطبيعية Normal flora أو أنها تستوطن جسم الانسان لفترات متقطعة وتدعى عندئذ Transient flora ، ويقدر عدد الاحياء المجهرية من هذا النوع وفي أي مرحلة عمرية من مراحل حياة الانسان باكثر من خلايا جسم الانسان نفسه بعشرات المرات ، ومن الفلورا الطبيعية في جسم الانسان *Staphylococcus epidermidis* و *Propionibacterium sp.* الموجودة على الجلد و *Streptococcus viridans* الموجودة في الحنجرة والبكتريا المعوية *Enterobacteriaceae* الموجودة في الامعاء .

إن اختراق الكائنات المجهرية سطح جسم الانسان ووصولها الى انسجة الجسم الداخلية وتكاثرها هناك سيؤدي الى إحداث الخمج أو الإصابة Infection فيصبح الشخص عندئذ مصاباً Infected ، وان الكائنات المجهرية التي لها القدرة على توليد المرض هي الوحيدة التي تدعى بالمرضة Pathogen وان الممرض هو المسبب للمرض وان الامراضية Pathogenicity هي المقدرة على توليد المرض ، اما الكائن الانتهازية Opportunist فهو الذي يستطيع احداث المرض في العائل أو المضيف (host) عند ضعف آلياته الدفاعية والذي ينتج عن الجروح او تعاطي المضادات الحيوية Antibiotics بشكل مفرط ولفترة طويلة او جراء المعالجة بعقاقير تؤثر في الجهاز المناعي.

تتفاوت الكائنات المجهرية بدرجة امراضيتها باختلاف النوع species أو السلالة strain ضمن النوع نفسه ، وتوصف الاحياء المجهرية التي تمتلك قدرة عالية على الامراضية بالضرارية Virulence لما تمتلك من اسباب هذه الضراوة قياساً بالاحياء المجهرية المماثلة لها على مستوى النوع والتي لا تمتلك مثل هذه الاسباب وتسمى non-virulence ومن عوامل الضراوة :

- **المحفظة (الكبسولة) Capsule** : كما في بكتريا *Streptococcus pneumoniae* مسبب ذات الرئة ، فالسلالات من هذه البكتريا الحاوية على الكبسولة تتميز بضرورتها في احداث المرض اما السلالات التي تفتقر القدرة على تكوين الكبسولة فتكون غير ضرارية او ان قدرتها على احداث المرض ضعيفة.
- **السموم Toxins** : غالباً ما تنتج الاحياء المجهرية المرضية مواد تعرف بالسموم لها تأثيرات في المضيف او العائل ويمكن تقسيم السموم البكتيرية الى نوعين:

1- السموم الخارجية Exotoxins :

مركبات ذات طبيعة بروتينية تتولد في الساييتوبلازم من خلايا بكتريا موجبة لصبغة كرام والبعض من البكتريا السالبة لصبغة كرام وغالباً ما تكون حساسة للحرارة ، ومن الامثلة على البكتريا المنتجة لهذا النوع من السموم بكتريا *Staphylococcus aureus* التي تنتج ما يعرف بالسموم المعوية Enterotoxins المسببة للتسمم الغذائي وبكتريا *Clostridium botulinum* المسببة للتسمم المعروف Botulism وبكتريا *Clostridium tetani* مسبب الكزاز وبكتريا *Corynebacterium diphtheria* مسببة الخناق التي تصيب الجهاز التنفسي العلوي كالحنجرة واللوزتين والبلعوم والتي تنتقل من منطقة الاصابة الى مناطق التأثير كعضلات القلب والاعصاب والغدة الادرينالية وغيرها من الاعضاء فتسبب تلفها.

يذكر ان سموم tetani وسموم botulism من اقوى السموم الخارجية البكتيرية فتكاً بالانسان إذ ان 3 كيلو غرامات من سموم botulism كافية لابادة سكان الكرة الارضية ، وان القليل من السموم الخارجية المهمة مثل Enterotoxins المنتجة من قبل *Staphylococcus aureus* يقاوم الغليان (100م) ولمدة 30 دقيقة أو اكثر.

كما تقوم بعض البكتريا السالبة لصبغة كرام بافراز توكسينات او سموم خارجية ومنها بكتريا *Vibrio cholerae* التي تسبب الهبضة (الكوليرا) و *Bordetella pertussis* المسببة للسعال الديكي و *Shigella dysenteriae* التي تسبب الزحار dysentery و *Yersinia pestis* التي تسبب الطاعون plaque .

2- السموم الداخلية Endotoxins

تنتجها بعض انواع البكتريا السالبة لصبغة كرام وهي أحد مكونات جدار الخلية للبكتريا لا تتحرر خلال نموها بل تنطلق عند موت البكتريا وتحللها وهي معقدة التركيب تتكون من سكريات متعددة Polysaccharides والدهون الفوسفاتية والبروتين والمواد الدهنية، وغالباً ماتكون ثابتة تجاه الحرارة ، وان الجزء السام من هذا المعقد غالباً ما يؤثر في جهاز الدوران ويسبب ارتفاعاً في حرارة الجسم Fever وجميعها متشابهة التأثير في الانسان تقريباً ، ومن أهم انواع البكتريا المولدة لهذه السموم بكتريا *Salmonella sp.* و *Shigella* و *Escherichia coli* .

الخاصية	Exotoxins	Endotoxins
المصدر البكتيري	g- ,g+	g- فقط
الموقع	تُخلق في الساييتوبلازم وتفرز خارج الخلية	أحد مكونات الخلية
طبيعتها الكيماوية	بروتينات	سكريات متعددة تحتوي على lipid A
الثباتية	اقل ثباتاً للحرارة (60-100م)	اكثر ثباتاً للحرارة
التأثير	لكل نوع منها تأثير مميز	لجميع انواعها التأثير نفسه
		(حمى ووضرر في جهاز الدوران)

• قدرة الغزو Invasiveness

وهي من الخواص المهمة لضرارة الكائنات المجهرية الممرضة وتعتمد على تحرير عدد من العوامل التي تعزز من ضرارة المسببات المرضية ومنها:

1- انزيم Collagenase المحلل للكولاجين وهو بروتين موجود في معظم الانسجة الرابطة وابرز البكتريا التي تفرزه *Clostridium perfringens*.

2- انزيم Coagulase المخثر لبلازما الدم الذي يؤدي الى احاطة البكتريا بالفبرين Febrin مما يساعدها على مقاومة الوسائل الدفاعية للجسم ، ويفرز هذا الانزيم من قبل *Staphylococcus aureus*

3- Leucocidins وهو مركب يتحلل أو يثبط كريات الدم البيضاء وتفرزه بكتريا *Staphylococcus aureus* وهناك مركبات وانزيمات أخرى مثل Phosphlipase و Hemolysin (يحطم كريات الدم الحمراء) و Lipase و Deoxyribonuclease وغيرها.

فرضيات كوخ Koch's postulates

للاستدلال على ان كائناً من الكائنات المجهرية هو المسبب لمرض من الامراض ولاثبات ذلك بصورة قطعية لايد من تحقيق متطلبات معينة سميت بفرضيات كوخ الأربعة نسبة لوضعها العالم الالماني روبرت كوخ Robert Koch في نهاية القرن التاسع عشر وهي:

1- لايد من وجود الكائن المجهري في جميع حالات المرض(من النوع نفسه أو الاعراض نفسها) وغيابه عن الاشخاص الاصحاء

The microorganism must be present in every instance of the disease and absent from healthy individuals.

2- لايد من عزل وتنمية الكائن المجهري في مزرعة نقية

The microorganism must be capable of being isolated and grown in pure culture.

3- عند حقن الكائن المجهري في عائل سليم (حيوان مختبري أو متطوع) يجب ظهور الاعراض المرضية نفسها When the microorganism is inoculated into a healthy host, the same disease condition must result.

4- لايد من استرداد الكائن المجهري من العائل المختبري المصاب عمداً

The same microorganism must be re-isolated from the experimentally infected host.

العلاقة النوعية Specificity بين الميكروب والمضيف

هناك علاقة نوعية متخصصة بين الاحياء المجهرية والمضاييف التي تسبب لها الامراض ، فقد لوحظ ان عدداً كبيراً من البكتريا يسبب امراضاً للنباتات ولكن ليس له القدرة على اصابة الانسان او الحيوان ، كما ان العديد من البكتريا مثل مسبب التيفويد والزحار والخنق لاتصيب اي نوع من الكائنات في الطبيعة غير الانسان اي انها تتصف بالعلاقة الامراضية النوعية مع هذا المخلوق تحديداً ، ويرجع ذلك الى طبيعة الاختلافات الفسيولوجية وعوامل الضرارة التي تمتلكها هذه الاحياء المجهرية مقرونة بالاختلافات الفسيولوجية للمضيف إذ ان المرض هو ناتج التفاعل المشترك بين المسبب للمرض والمضيف .

ان هذه العلاقة النوعية لا تقتصر على البكتيريا فقد وجد ان الفايروسات هي الاخرى تتصف بالخاصية نفسها ، ففايروس الجدري Smallpox والحصبة Measles لاتصيب الا الانسان ، وهناك امراضاً مشتركة بين الانسان والحيوان مثل الحمى المالطية *Brucella melitensis* والجمرة الخبيثة *Bacillus anthracis* والسل *Mycobacterium tuberculosis* والطاعون *Yersinia pestis* وفايروس داء الكلب rabies (العائلة الكلبية والانسان) وفايروس الحمى الصفراء Yellow fever virus (بين القرود والانسان).

الريكتسيا *Rickettsia*

وهي من البكتيريا المتطفلة على الانسان والحيوان وهي ذات علاقة بالمفصليات اذ تعد المفصليات ناقلات أو مضايق للريكتسيا مثل القراد والقمل واليرغوث وهي : عصوية الشكل وصغيرة الحجم جداً ، سائلة لصبغة كرام وغير متحركة ، تتكاثر بالانشطار الثنائي البسيط في الساييتوبلازم ونواة خلايا العائل وكونها طفيلية مجبرة داخل خلوية *Obligately intracellular parasite* عليه لا يمكن تنميتها في الاوساط الزرعية الاعتيادية بل تنمو في البيوض المخصبة او في مزارع الانسجة الخلوية ، ومن اهم الامراض التي تسببها:

1- حمى جبال روكي Rocky mountain fever ويسببه *Rickettsia rickettsii*

2- جدري ريكتسيا Rickettsial pox ويسببه *Rickettsia akari*

الكلاميديا *Chlamydia*

وهي من البكتيريا المتطفلة ايضاً يمكن تنميتها في البيوض ومزارع الانسجة الخلوية فقط وتتميز بأنها كروية صغيرة جداً ، سائلة لصبغة كرام وغير متحركة ، تتكاثر بالانشطار الثنائي البسيط لكنها لاتنتج الطاقة ATP وعليه تعتمد على العائل اعتماداً كلياً في الحصول على الطاقة بخلاف الريكتسيا التي تعتمد جزئياً على العائل في نشاطها الايضى ومن ابرز انواعها *Chlamydia trachomatis* مسبب مرض التراخوما Trachoma أي إصابة ملتحمة العين وقد تصيب الرئة وتسبب ايضاً التهاباً للتحليل ، ويعد الانسان العائل أو المضيف الطبيعي لهذه المجموعة من البكتيريا ويعد الذباب ناقلاً لها.

يذكر ان كلاً من الريكتسيا والكلاميديا تصنفان من الفايروسات لصغر حجميهما وكونهما طفيليات مجبرة خلوية إلا أن خصائصهما المميزة التي تختلف عن الفايروسات جعلتهما اكثر انسجاماً مع البكتيريا ولاسيما في:

- انها تحتوي على DNA و RNA معاً
- تتكاثر بالانشطار الثنائي البسيط – داخل خلية حية
- تحتوي جداراً صلباً يكون Muramic acid جزءاً من تركيبه
- تحتوي على الرايبوسومات
- تمتلك نشاطاً ايضياً ولو ناقصاً أحياناً
- حساسة لمضادات وعقاقير مؤثرة على البكتيريا

كوكسيلا *Coxiella*

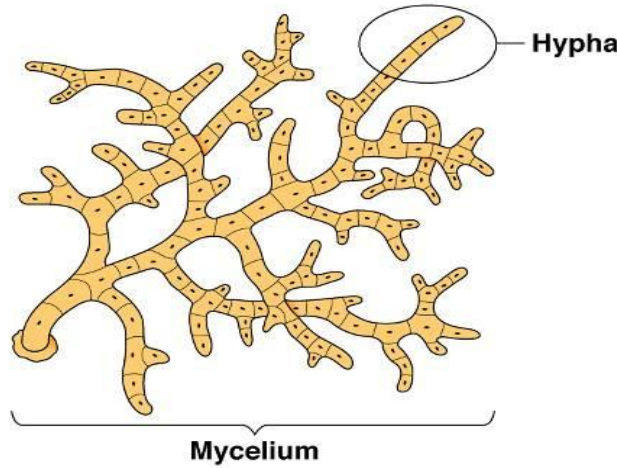
جنس ينتمي الى عائلة الريكتسيا. يتميز بانه ينمو في الاغشية المحيطة بالفجوات (وليس في الساييتوبلازم ونواة خلايا العائل كما هو الحال مع الريكتسيا) ويقاوم الجفاف والحرارة (63م / مدة نصف ساعة وهي ظروف البسترة البطيئة) وتنتقل عن طريق استنشاق الغبار المحمل بالبكتيريا والنوع لهذا الجنس *Coxiella burnetti* مسبب حمى (Q-Fever) وهو نوع من التهاب القصبات.

Fungi

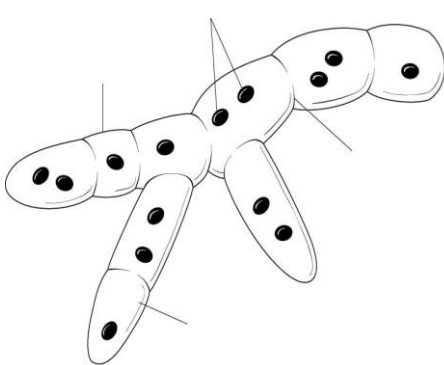
الفطريات

الفطريات كائنات حية حقيقية النواة لكنها تختلف عن المملكة النباتية في أنها لا تتكون أجنة أو بذور ولا تمتلك أجزاءً مميزة فسيولوجياً كالأوراق والسيقان والجذور والأهم في الخلاف بينهما يكمن في أن الفطريات غير ذاتية التغذية في الحصول على مصدر الكربون Heterotrophs بينما المملكة النباتية تكون Autotrophs والسبب المهم الآخر هو أن النباتات تستطيع أستعمال طاقة الشمس في حين لا تتمكن الفطريات من ذلك ، وكذلك تختلف الفطريات عن الخلايا الحيوانية بامتلاكها جدار سميك في حين تكون الخلايا الحيوانية بدون جدران.

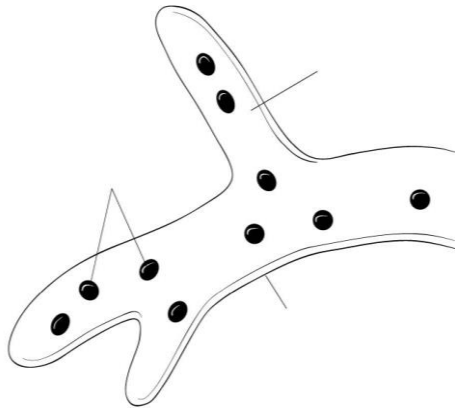
تقسم الفطريات عموماً الى مجموعتين هما **الأعفان Molds والخمائر Yeasts** والاختلاف بينهما يتألف من خلية مفردة واحدة في أحد أطوار حياتها على الأقل ، أما الاعفان فأنها تتألف من من تراكيب خيطية دقيقة أسطوانية تدعى الهياضات Hyphae ومجموعة الهياضات تسمى بالغزل الفطرية Mycelia (مفردتها Mycelium) ، والغزل الفطري أما أن يكون مقسم الى خلايا تتفصل الواحدة عن الاخرى بحواجز تدعى Septa أو يكون غير مقسم.



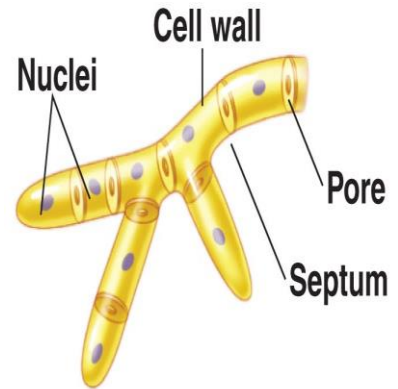
توجد في كل خلية نواة واحدة ، غير أن الحواجز تحتوي على ثقب صغير دقيقة تسمح بحركة السايكوبلازم من خلية الى أخرى مجاورة لها ، وفي بعض الاحيان لا يحتوي العفن على مثل هذه الحواجز فيبدو الغزل الفطري الواحد وكأنه عبارة عن انبوبة دقيقة أو مجموعة خلايا مندمجة غير مميزة تحتوي على أنوية متعددة ، وعليه فأن الهياضات الفطرية تقسم الى الانواع الآتية من حيث التركيب الى ثلاث مجاميع:



مقسمة متعددة الانوية
septated coenocytic



غير مقسمة
non-septated

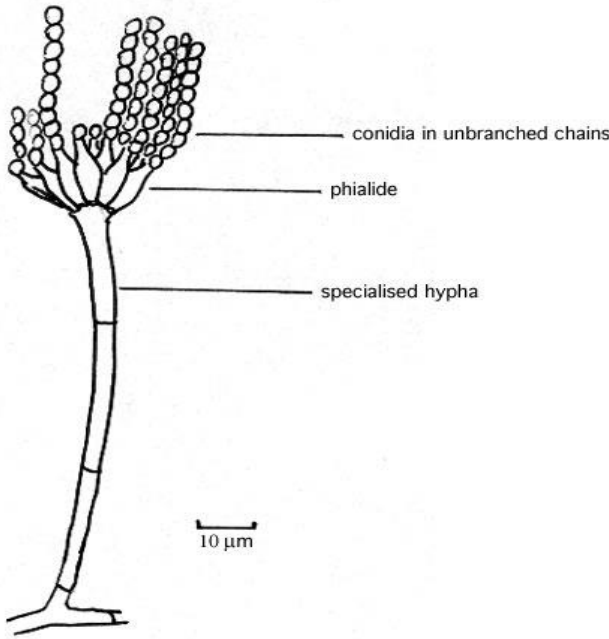


مقسمة أحادية النواة
septated mononucleus

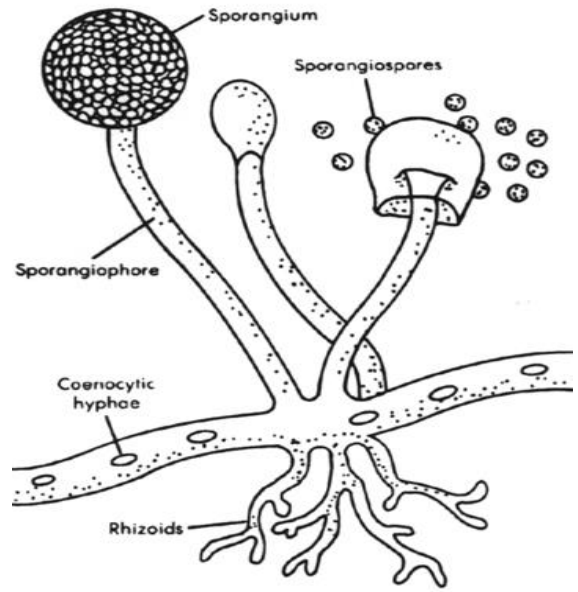
أما التقسيم من حيث الوظيفة فأن الهيايفات تقسم الى:

1- هيايفات خضرية Vegetative hypha

تتمثل بالهيايفات التي تمتد داخل الاوساط أو البيئات التي تنمو عليها الفطريات وتتولى مهمة امتصاص المغذيات من هذه الاوساط أو البيئات بعد تحليلها الى مكوناتها من المركبات البسيطة القابلة للامتصاص وهذه الهيايفات أما أن تكون على شكل أشباه الجذور Rhizoids في بعض الاعفان مثل الانواع التابعة لجنس *Mucor* و *Rhizopus* وتنشأ من تراكيب تسمى العقد Nods على الهيايفات أو تكون على شكل خلايا قاعدية Foot cells ويكون شكلها مستطيلاً ذات جدار ثخين وهذه الخلايا تعمل على تثبيت العفن في الوسط ومن الامثلة على الاعفان التي تكون الخلايا القاعدية بعض الانواع التابعة لجنس *Aspergillus* و *Penicillium* وهناك نوع متخصص من أشباه الجذور في الاعفان الطفيلية تخترق خلايا المضيف Host للحصول على الغذاء تسمى *Haustorium*.



Foot cells (*Penicillium*)



Rizoids(*Rhizopus*)

2- الهيايفات الخصبة أو الهوائية Fertile or aerial hypha

هذا النوع من الهيايفات تكون بارزة فوق الوسط الغذائي وتحمل التراكيب المسؤولة عن تكوين الابواغ الجنسية واللاجسية في التكاثر ، غير ان بعض الفطريات تكوّن خيوط ذكرية غير مميزة مندمجة مع بعضها البعض بصورة كتلة كمثرية متماثلة تدعى الاجسام اللحمية مثل العرّهون Mushroom وعش الغراب Puff ball وغيرها ، وهناك أعفان تعرف بالاعفان المخاطية Slime molds التي تكون خلاياها مندمجة غير مكونة للخيوط الفطرية تفرز مواد مخاطية لزجة تمنحها قواماً أو تركيباً هلامياً ، كما أن بعض الخمائر تكوّن غزول أو خيوط شبيهة بالغزول الفطرية تسمى *Pseudomycellium* والغزول الكاذبة في احد أطوار حياتها .

تكاثر الفطريات Fungi Reproduction

تتكاثر الفطريات تكاثراً جنسياً ولاجنسياً أو الأثنين معاً والتكاثر اللاجنسي أكثر ثباتاً للفطريات من الناحية الوراثية لأن الأجيال الناتجة كون حاملة للصفات الوراثية نفسها في الآباء ، اما التكاثر الجنسي فيؤدي أحياناً الى ظهور صفات وراثية جديدة بسبب ما قد يحدث من دمج الجينات واتحادات وراثية جديدة ، والتكاثر بنوعيه في الفطريات يتم عن طرق الابواغ Spores وهي تراكيب كروية أو بيضوية أو ما شابه ذلك تحمل الصفات الوراثية في داخلها وتنبت كل منها الى فطر من جديد عند انتقالها الى بيئة تتوفر فيها الظروف التي تساعد على الانبات. هذه الابواغ تعد تكاثرية بخلاف الابواغ البكتيرية التي تقتصر أهميتها أو مهمتها في المحافظة على النوع ، وتكون أعداد الابواغ الفطرية كبيرة وان الابواغ البكتيرية اكثر مقاومة للظروف البيئية المتطرفة .

نتطرق الى أهم الأنواع المختلفة من الأبواغ التي تكون عبر عمليتي التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي :

Asexual Reproduction

• التكاثر اللاجنسي

Conidiospores

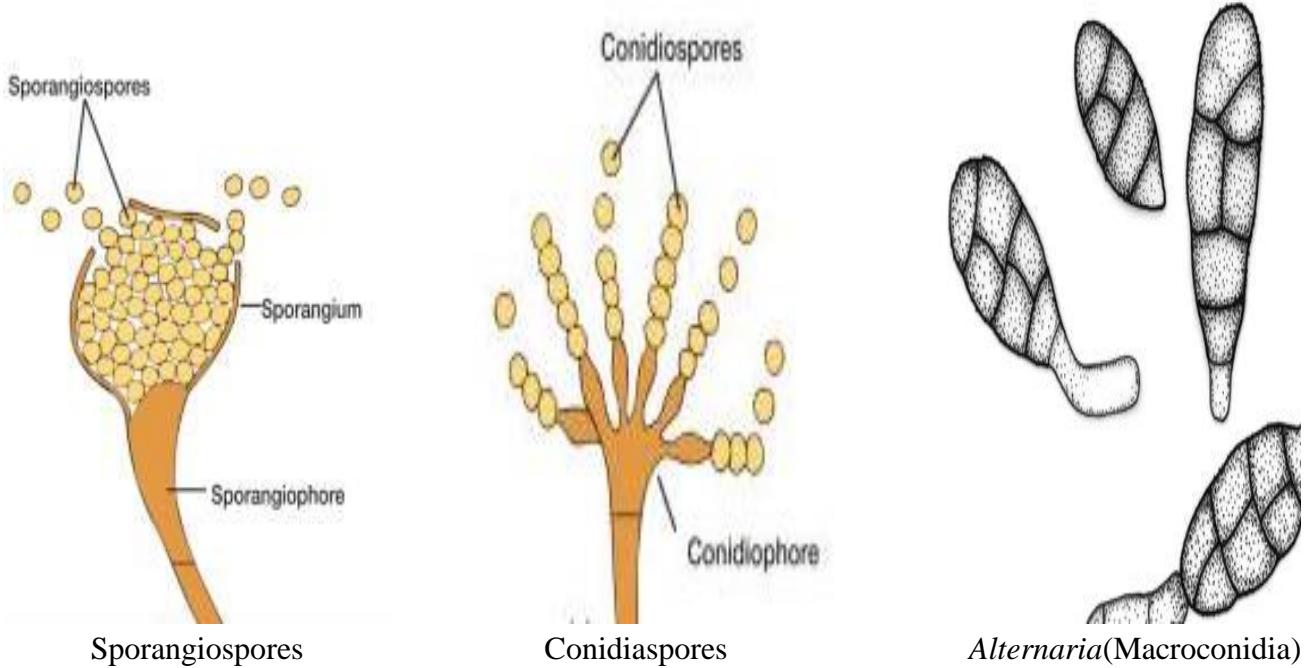
1. الابواغ الكونيدية

تتكون على شكل أبواغ مفردة أو سلسلة من الابواغ المتصلة الواحدة بالآخرى في نهاية هايفات خصبة تعرف بحامل الكونيديا Conidiophore كما في *Aspergillus* و *Penicillium* ، وهناك *Macroconidia* والأخيرة تكوّن كونيديات كبيرة الحجم كما في فطر *Alternaria* .

Sporangiospores

2. الأبواغ الحافظة

تتكون داخل كيس كبير نوعاً ما تدعى الحافظة البوغية Sporangium والتي تتكون في نهاية هايفات خصبة متخصصة تسمى بالحامل الحافظي Sporangiohore كما في حالة جنسي *Rhizopus* و *Mucor*

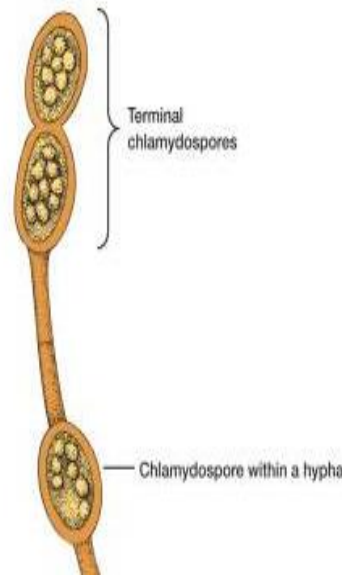


3. الابواغ الثالوثية **Thallospores**: وهذه المجموعة من الابواغ اللاجنسية تختلف عما ذكرت اعلاه من حيث التركيب وانها اجزاء تنبتق من الهيفات المقسمة ومن خلايا هذه الهيفات تحديداً ومنها:

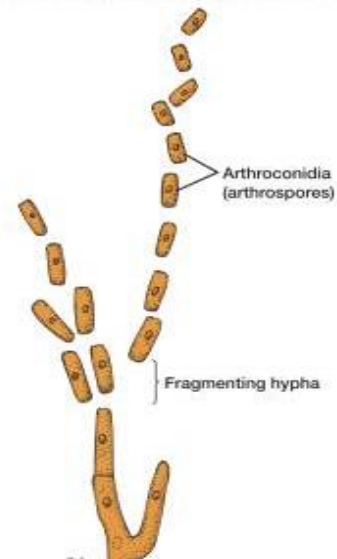
- ❖ الابواغ المفصليّة **Arthrospores**: ابواغ مفردة تتكون من انفصال خلايا الخيوط الفطرية .
- ❖ الابواغ الكلاميديّة **Chlamyospores**: خلايا مفردة سميكة الجدران تتميز بمقاومتها للظروف غير الملائمة ومن الامثلة عليها خميرة *Candida* التي تتميز بتكوينها غزولاً فطرية كاذبة.
- ❖ الابواغ البرعمية **Blastospores** (أو البراعم Buds): وهذه تكون على شكل نتوء صغير في موقع معين من خلايا الخميرة (وهي من طرق التكاثر اللاجنسي الخاصة بالخمائر دون الاعفان) وسرعان ما يكبر مع الزمن فتكون بينه وبين الخلية الام جدار فيغدو بحجم الخلية الام ثم ينفصل منها أو يبقى متصل بها كما في خميرة الخبز *Saccharomyces cerevisiae*.



Blastospores



Chlamyospores

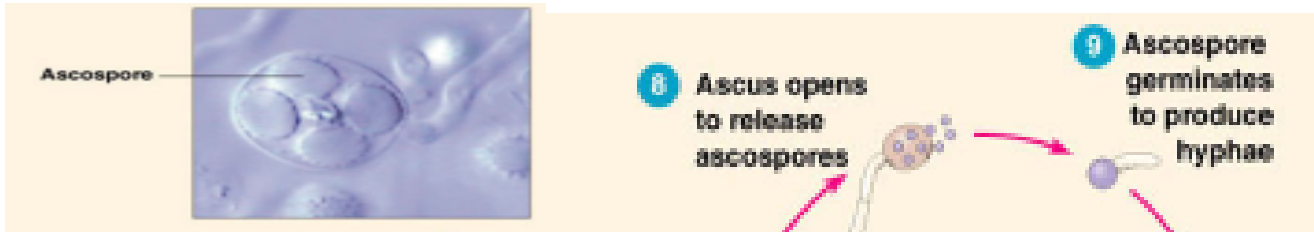


Arthrospores

• التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

1. الابواغ الكيسية Ascospores

خلايا تتكون داخل كيس بواقع (2- 16) خلية أو بوغاً للكيس الواحد وحسب النوع وهذا النوع من التكاثر يكون خاص بصنف الفطريات التي تعرف بالفطريات الكيسية *Ascomycetes* التي تضم الخمائر الحقيقية (وهي خمائر قادرة على التكاثر جنسياً).

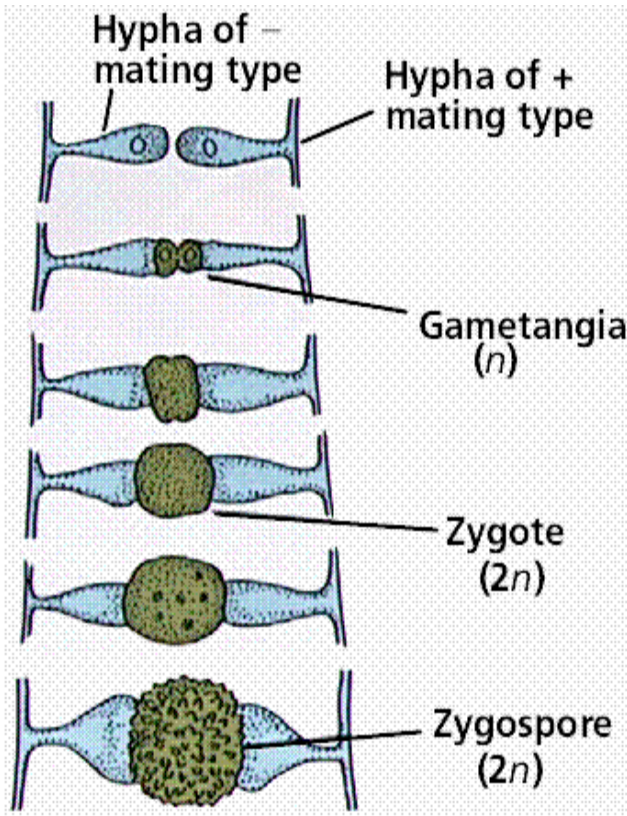


2. الابواغ البازيدية Basidiospores

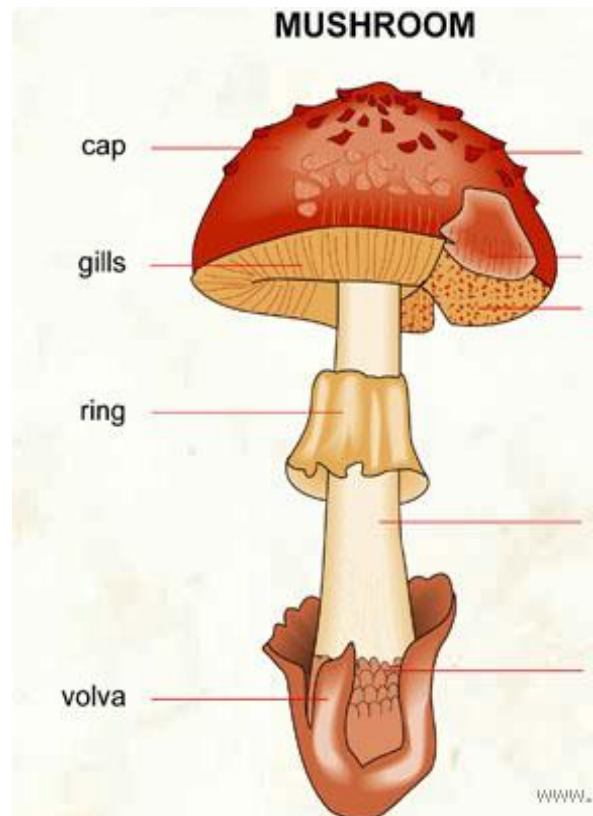
أبواغ عارية مفردة محمولة على تراكيب تعرف بالبازيديوم بعدد يصل الى أربعة أبواغ تكونها الافراد التابعة لـ صنف الفطريات البازيدية Basidiomycetes (التي تفتقر الى التكاثر اللاجنسي) مثل العرھون Mushroom (النوع الصالح للاكل يعرف علمياً *Agaricus compestris*) والكرات النافخة Puff ball وفطريات الصدأ Rusts والتفحم Smuts .

3. الابواغ اللاقحية Zygospores

تتكون نتيجة اتحاد أمشاج مشابهة المظهر، أذ يتقابل غزولان فطريان من نمطين مختلفين ويكون لكل غزل نتوءاً جانبياً يتلامسان ويندمجان ليكونا بوغاً كبيراً محاطاً بجدار سميك.



Zygospores



Basidiospores

تصنيف الفطريات

هناك العديد من الأسس المعقدة في تصنيف الفطريات كالمظهر الخارجي ونوع الهيافات (مقسمة ، غير مقسمة ، متفرعة) وطرق التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي وبعض الخواص الفسلجية.... وتقسم الفطريات الى شعبتين هما:

■ شعبة الفطريات المخاطية (Slime Molds (Myxomycota)

أفراد هذه الشعبة لا تكون خيوطاً فطرية مميزة وأطوارها الخضرية عديمة الجدار ، وتتغذى البعض منها على البكتيريا أو تتطفل على الطحالب البحرية أو النباتات الراقية أو تتغذى على النباتات الميتة والبعض منها تسبب الامراض النباتية وليس لها أهمية صناعية قيمة.

■ شعبة الفطريات الحقيقية Eumycota

1- الفطريات الطحلبية **Phycomycetes**: وهي الى مجموعتين ، الاولى المائية Aquatic والثانية الأرضية Terrestrial ، ومن مميزات الفطريات الطحلبية تكون هايفاتها غير مقسمة Non-septate وتتكاثر جنسياً بواسطة الابواغ اللاقحية Zygosporos ومن أمثلتها *Rhizopus stolonifer* و *Mucor miehei*.

2- الفطريات الكيسية **Ascomycetes**: تكون هايفات أفراد هذا الصنف مقسمة Septated ، تتكاثر جنسياً بواسطة Ascospores ومن أمثلتها خميرة الخبز *Saccharomyces cerevisiae* وبعض أنواع *Aspergillus* و *Penicillium* اللذان يتكاثران لاجنسياً بواسطة الابواغ الكونيدية Conidiospores .

3- الفطريات البازيدية **Basidiomycetes**: تضم معظم الفطريات اللحمية مثل العر هون ، تتكاثر جنسياً بواسطة Basidiospores وتكون هايفاتها مفصولة بحواجز ، ولا تكوّن أبواغ لاجنسية.

4- الفطريات الناقصة **Deuteromycetes**: تضم جميع الفطريات التي تتكاثر لاجنسياً فقط بواسطة الطرق المعروفة كتكوين الابواغ الحافظة والمفصلية وغيرها وتكون هايفاتها مفصولة بحواجز Septated وتشمل معظم الفطريات الممرضة للانسان مثل *Candida albicans* التي تسبب مرض جلدي ، وسمي هذا الصنف من الفطريات بالناقصة نظراً لعدم مقدرة أفرادها على التكاثر الجنسي.

تغذية الفطريات

تعد معظم الفطريات كائنات رمية التغذية Saprophytic تتغذى على مواد عضوية ميتة ، إذ أنها تمتلك العديد من الانزيمات المحللة للمركبات العضوية المعقدة ، لذا نجد أن الفطريات تنتشر حيث تتوفر المواد العضوية فهي موجودة في التربة كما تظهر على شكل نموات قطنية مميزة الالوان على الاغذية غير المحفوظة بصورة جيدة كالخبز والجبنة.. ولانستغرب وجودها في اماكن بعيدة الاحتمال كالجلود والفلين والشعر والشمع والحبر لقدرتها على تحليل المركبات العضوية المعقدة كما أشرنا ، غير أن هناك فطريات تعيش على الكائنات الحية الاخرى كالحوانات والنباتات لذلك تعد ذات معيشة طفيلية Parasitic فتسبب امراض متعددة ومتنوعة وخسارة اقتصادية لاسيما بعض المحاصيل الحقلية مثل مرض الصدأ Rusts والتفحم Smuts التي تتلف الحبوب ، كما أنها تسبب العديد من الامراض الجلدية للانسان والحيوان مثل خميرة *Candida albicans* التي تسبب امراض جلدية.

لاستطيع الفطريات القيام بعملية التركيب الضوئي وهذه السمة من السمات المميزة لها وباستثناء مصدر الكربون الذي تحتاجه جميع الفطريات بصورة عضوية (سكريات بسيطة ومعقدة) فإنه بالامكان مقدرة الفطريات من النمو في البيئات الحاوية على مصادر نيتروجينية وفسفورية وكبريتية بسيطة (غير عضوية) وهذا يعني ان معظم الفطريات تستطيع تخليق Synthesis متطلباتها واحتياجاتها من عوامل النمو بنفسها من هذه المركبات البسيطة.

العوامل الفيزيائية نمو الفطريات

● تعد الاعفان كائنات هوائية مجبرة بمعنى انها لا تستطيع النمو بغياب كامل عن الاوكسجين لذلك فان الامراض التي تسببها الانسان هي امراض جلدية ، أما الخمائر فهي كائنات لاهوائية اختيارية تمتلك المقدرة على اجراء عملية التخمر Fermentation (ومن هنا سميت بالخمائر) وهي عملية أكسدة غير تامة للمركبات العضوية.

● تنمو الفطريات عموماً في درجات الحرارة المعتدلة فهي من نوع Mesophile وتقدر درجة حرارتها 25-30م وتعيش في مدى واسع من الرقم الهيدروجيني pH يتراوح من 2-9 وان معظم الفطريات تفضل الارقام

الهيدروجينية الحامضية ، لذلك يضبط الوسط المخصص لنمو الفطريات بحدود 4-5 pH لغرض تنميتها وكبح نمو البكتريا التي تفضل pH المعتدل.

- تفضل الاعفان البيئات الرطبة التي تكون نسبة الرطوبة فيها 70% أو أكثر وكذلك تفضل الاوساط التي يزيد تركيز الملح فيها 2% ، ويعد الضوء غير ضروري لنمو الفطريات بل يقتل الخلايا الخضرية لذلك لا تنمى الفطريات الا في الاماكن المظلمة.

أهمية الفطريات

تشكل الفطريات مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة وهي عضوية التغذية وتتميز بعلاقات تعايشية خاصة مع بعض الكائنات الحية وفي ادناه بعض الاستعمالات الصناعية للفطريات:

1. للفطريات دور كبير في السلسلة الغذائية لقدرتها على تحليل المركبات العضوية الميتة واعداد العناصر الداخلة في تركيب هذه المركبات الى الطبيعة لكي تستفيد منه كائنات اخرى لاتملك انظمة لتحليل هذه المركبات.
2. تستعمل الفطريات في انتاج العديد المضادات الحيوية Antibiotics (وهي مركبات تكونها بعض الاحياء المجهرية وتثبط أو توقف نمو الاحياء المجهرية الاخرى ولاسيما المرضية) مثل انتاج البنسلين من العفن *Penicillium crysogenum*.
3. تستعمل الفطريات في انتاج العديد من الصناعية مثل الاميليزات والبروتيزات مثل البروتيزات المخثرة للحليب والتي تدعى بالمنفحة المايكروبية *Microbial rennet* التي تستعمل بديلاً عن منفحة العجول مثل المنفحة المنتجة بواسطة *Mucor miehei*.
4. تستعمل الفطريات في انتاج العديد من الحوامض العضوية مثل حامض الستريك Citric acid الذي ينتج تجارياً بواسطة *Aspergillus niger* وفي انتاج الحوامض الامينية وبعض الفيتامينات ومواد اخرى ذات استعمالات صناعية وطبية.
5. تستعمل الفطريات في انتاج ما يعرف ببروتين وحيد الخلية (SCP) Single Cell Protein وهذه تستعمل في إغناء الاعلاف بالبروتينات.
6. تستعمل خميرة *Saccharomyces cerevisiae* في صناعة الخبز وتعرف باسم خميرة الخبز(تباع على شكل مسحوق تحت تسميات تجارية مثل بكمايا والخميرة العراقية والخميرة الفرنسية والسنونو) وغيرها.
7. تنتج بعض انواع الفطريات سموماً Toxins (مركبات تنتجها احياء مجهرية تؤثر في الانسان وبآليات مختلفة تدعى Mycotoxins ومن ابرزها Aflatoxins والتي تنتجها *Aspergillus flavus* وتفرزها في الأغذية الغنية بالبروتينات والدهون مثل الفستق والبندق والجوز واللوز والحبوب كالحنطة ومنتجاتها المتعددة المخزونة تحت ظروف تشجع أو تحفز نمو الفطريات وانتاجها للسموم.
8. تعيش بعض الاعفان وجذور بعض النباتات في علاقة تعايشية تكافلية يطلق عليها بمايكورايزا Mycorrhiza (Myco = فطر ، rrhiza = جذور) إذ تعمل الاعفان على زيادة امتصاص العناصر الغذائية المهمة للنباتات عن طريق الجذور فضلاً عن بعض منشطات نمو النباتات التي تنتجها (الاعفان) نتيجة لاستغلالها لافرازات الجذور.
9. تقييم الاعفان علاقة تكافلية اخرى لكن مع الطحالب فتتمخض عن هذه العلاقة كائنات تعرف بالاشنات Lichens (تقرأ Likens) إذ أن الطحلب يجهز الفطر بالغذاء بعملية التركيب الضوئي مقابل قيام الفطر بتجهيز الطحلب بالرطوبة والعناصر المعدنية فضلاً عن توفير الحماية له ، ويعتمد الفطر على الطحلب في حصوله على مصادر الكربون العضوي وتعيش الأشنات على اليابسة حيث توجد الاشجار والصخور والتربة والقليل من الاشنات تكون مائية المعيشة.

Algae

الطحالب

كائنات وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا تعيش منفردة أو على شكل مستعمرات بأشكال مختلفة يتراوح طول الطحلب من 0.5 مايكرون الى عشرات الاقدام ، وتكون مستعمرات الطحلب خالية من الجذور أو السيقان أو أي أعضاء حقيقية لذلك تسمى Thalliform ، أما أهم مواصفات الطحالب الرئيسية:

• النواة :

تمتلك الطحالب نواة حقيقية وتنتمي الى مجموعة Eukaryotic ويختلف عدد الكروموسومات في النواة من 5-48 كروموسوم فأكثر أو حسب النوع.

• الكلوروفيل :

تحتوي خلايا الطحالب على تراكيب دقيقة تدعى البلاستيدات الخضراء Chloroplasts ذات أشكال مختلفة (صفحية ، قرصية ، شبكية..) تحتوي على كلوروفيلات مختلفة (Chlorophyll: a,b,c,d,e)، فضلاً عن الحبيبات الصبغية الأخرى مثل Xanthophyll (الصفراء) و Carotenoids و Diatomins ذات اللون الأصفر المخضر أو البني ، وحبيبات صبغية Chrysophyll البرتقالية وتسمى الحبيبات الصبغية للطحلب Chromatophore وهذه الحبيبات وما تحويها من صبغات وكذلك البلاستيدات الخضراء هي التي تضيء الوانها الأساس . كما ان لهذه الحبيبات دوراً في وجود الطحالب في أعماق متباينة في البيئة والمسطحات المائية بسبب اختلاف قابلية هذه الصبغات في امتصاص الضوء (حسب الطول الموجي) وفي التالي تحديد قابلية الطحلب في الاستفادة من ضوء الشمس في عملية البناء الضوئي . إذ أن القابلية العظمى من الطحالب ذاتية التغذية وان البلاستيدات والحبيبات الصبغية تعد مراكز لصنع الغذاء (البناء الضوئي) في الطحالب.

• طبيعة المواد المخزونة:

ان طبيعة المواد التي تقوم الطحالب ب تخزينها عبارة عم مركبات شبيهة بالنشأ كما تخزن بعض الانواع زيوتاً أو دهوناً والتي هي من الخواص التي تحدد على الأرجح قابلية معظم الطحالب التي تشكل الهائمات النباتية على الطفو فوق المسطحات المائية إذ يكون الضوء متيسراً لعملية البناء الضوئي.

• تغذية الطحالب:

تعد أغلب الطحالب من الكائنات ضوئية التغذية Phototrophs إذ تقوم بصنع غذائها بعملية البناء الضوئي (مصدر الطاقة هو ضوء الشمس ومصدر الكربون هو CO₂) والنتاج الرئيس من عملية البناء الضوئي هو سكر الكلوكوز الذي تستعمله الخلايا مصدراً للكربون والطاقة أو يخزن في الخلية اما على شكل نشأ أو زيوت او دهون كما أسلفنا الى حين تحليلها ثانية الى وحداتها الأساسية لتستهلك كمصدر للكربون والطاقة ، وهناك عدد من الطحالب تسمى خليط التغذية Mixotrophs إذ تقوم بانتاج الطاقة عبر عملية الاكسدة لبعض المركبات العضوية في حالة غياب الضوء ، وتقوم بعملية البناء الضوئي في حالة توفر الضوء ، وكما سبق فإن الطحالب تقيم علاقات تعايشية تكافلية Symbiosis مع بعض الفطريات للحصول على احتياجاتها الغذائية.

• الحركة:

تتحرك الطحالب بواسطة الاسواط كما هي الحال مع Chlamydomonas (تنتمي الى شعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta) و Euglena (تنتمي الى شعبة الطحالب اليوجلينيية Euglenophyta) كما تتحرك بعض

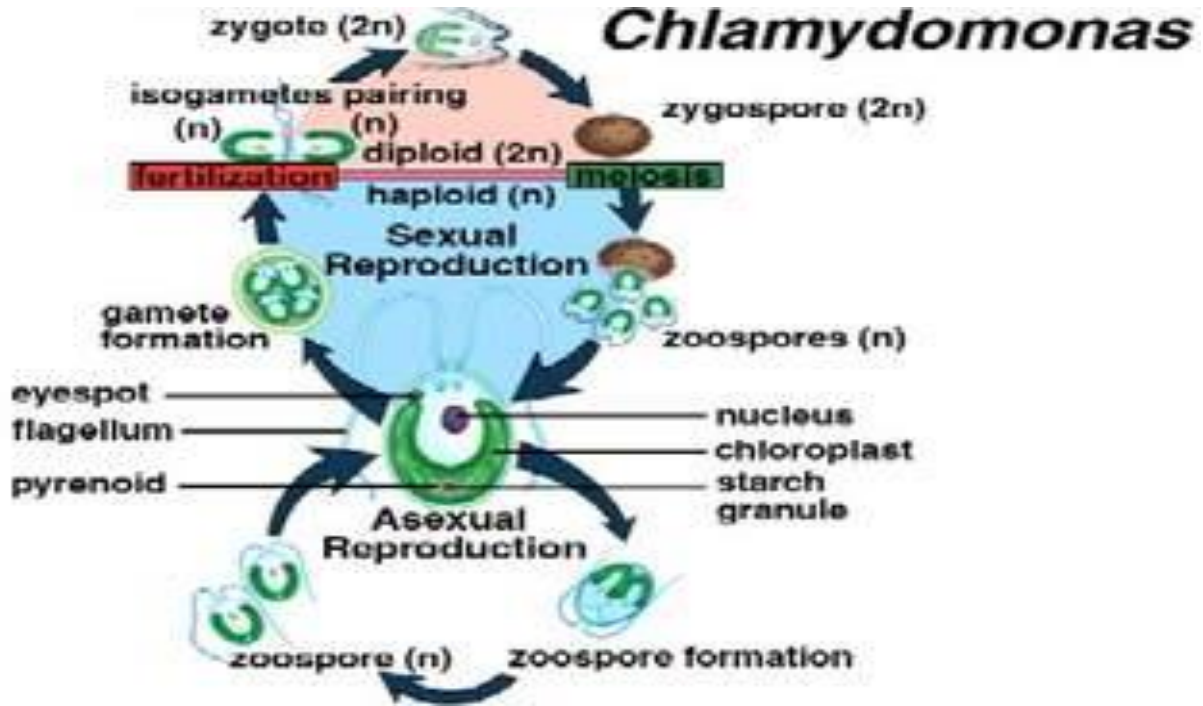
الطحالب حركة أميبية بواسطة الاقدام الكاذبة (Pseudopodia) (Pseudo تلفظ سيدو = كاذبة ، podia = قدم) مثل Chrysosmaeba (تنتمي الى شعبة الطحالب الذهبية Chrysochyta).

• التكاثر:

1- التكاثر الخضري **Vegetative Reproduction** : وهذه الطريقة شائعة في معظم انواع الصحالب وهي ناتجة عن انقسام الخلايا أو تجزئتها دون تكوّن تراكيب متخصصة وتحدث في الظروف المثلى للنمو.

2- التكاثر عن طريق الابواغ **Spores**: وهي من طرق التكاثر اللاجنسي إذ تتجمع البروتوبلاست الخلوي مبتعداً عن الجدار الخلوي وتكون ابواغاً عارية ذات أسواط تسمى Zoospores (بواقع بوغ واحد أو أكثر لكل خلية) وتحاط هذه التراكيب بغشاء سميك تنطلق فيما بعد من الخلية.

3- التكاثر الجنسي **Sexual Reproduction**: ويحدث هذا النوع من التكاثر في الطحالب التي تمثل مواقع متقدمة في سلم تطور الطحالب، إذ تتكون الخلايا الجنسية من خلايا خضرية متخصصة، والخلايا الجنسية (الامشاج أو الكميات) تكون نوعين ذكورية وانثوية تتحدان لاحقاً لتكوين بيضة مخصبة أو ملقحة Zygote تنمو لتكون طحلباً جديداً.



التكاثر الجنسي واللاجنسي في *Chlamydomonas*

وجود الطحالب

توجد غالبية الطحالب في البيئات المائية ويوجد قسم منها في التربة ، وتلعب العديد من العوامل دور مهم في وجود الطحالب في بيئة معينة منها الضوء ، درجة الحرارة ، الرطوبة ، الرقم الهيدروجيني ، الاملاح والغازات مثل ثاني اوكسيد الكربون والنترجين. كما ان للحبيبات الصبغية أثر في وجودها في البيئة المائية باعمق مختلفة باختلاف قدرة الحبيبات لامتناس الاشعة باطوال موجية محددة.

تصنيف الطحالب

يعتمد تصنيف الطحالب على العديد من الصفات نذكر منها:

- الحبيبات الصبغية ، أنواعها ، تركيبها ، نسبتها
- المواد الغذائية المخزونة
- جدار الخلية ، مكوناتها ، تركيبها الكيميائي ، خواصها
- الاسواط ، وجودها ، أعدادها ، شكلها ، تداخلها
- دورة الحياة وطرق التكاثر
- طبيعة الطحلب ، وحيدة الخلية ، متعددة الخلايا (شكل المستعمرات)

وتقسم الطحالب الى الشعب الآتية:

1- الطحالب الخضراء **Chlorophyta** مثل *Chlamydomonas* و *Volvox* .

2- الطحالب اليوغلينية **Euglenophyta** مثل *Euglena* واغلب الأجناس تحتوي على بقعة عينية Eye spot وظيفتها التحسس.

3- الطحالب السوطية الدوارة (البيرونية) **Pyrrhophyta** مثل جنس *Ceratium* .

4- الطحالب الذهبية **Chrysophyta** مثل Diatoms .

5- الطحالب البنية (القاتمة) **Phaeophyta** مثل *Neureocytic* .

6- الطحالب الحمراء **Rhodophyta** مثل *Gledium* .



الحمراء

القاتمة

الذهبية

البيرونية

اليوغلينية

الخضراء

أهمية الطحالب

1- تثبيت التربة عند توفر الرطوبة ودرجات الحرارة الملائمة وضوء الشمس وان سرعة النمو وكثافة الخلايا تؤدي الى تجمع دقائق التربة ، وسبب تجمع دقائق التربة هو تكون مواد هلامية في الجزء الخارجي من الطحالب وتحللها بواسطة البكتريا وتزيد خصوبة التربة.

2- جراء تنفس الطحالب وتكون CO_2 الذي يذوب في الماء فيكون حامض الكربونيك H_2CO_3 وهذا بدوره الى تفتيت الصخور التي تنمو عليها الطحالب. إذ تتكون ثقب وفتحات في الصخور حيث تنمو فيها الاعفان والبكتريا والتي بدورها تساهم في زيادة تفتيت الصخور.

3- للطحالب دوراً مهماً في التوازن الحياتي في الطبيعة من خلال:

- توفير CO_2 بعملية التنفس مع استهلاك الاوكسجين.
- التطفل على الكائنات الحية الأخرى كالأبتدائيات والمفصليات واليرقات وغيرها.
- استهلاك CO_2 بعملية التركيب الضوئي وتوفير الاوكسجين.
- انتاج مثبطات النمو لأحياء أخرى كالبكتريا؟
- انتاج مركبات سامة Toxins تسبب حالات التسمم التي تؤدي الى الموت ويحدث ذلك في حالة استعمال الطحالب كغذاء للأسماك ذات التغذية العشبية.

4- تستعمل الطحالب في انتاج مايعرف ببروتينات الطحالب مثل Chlorella التي تستعمل في تغذية الاسماك والحيوانات المائية.

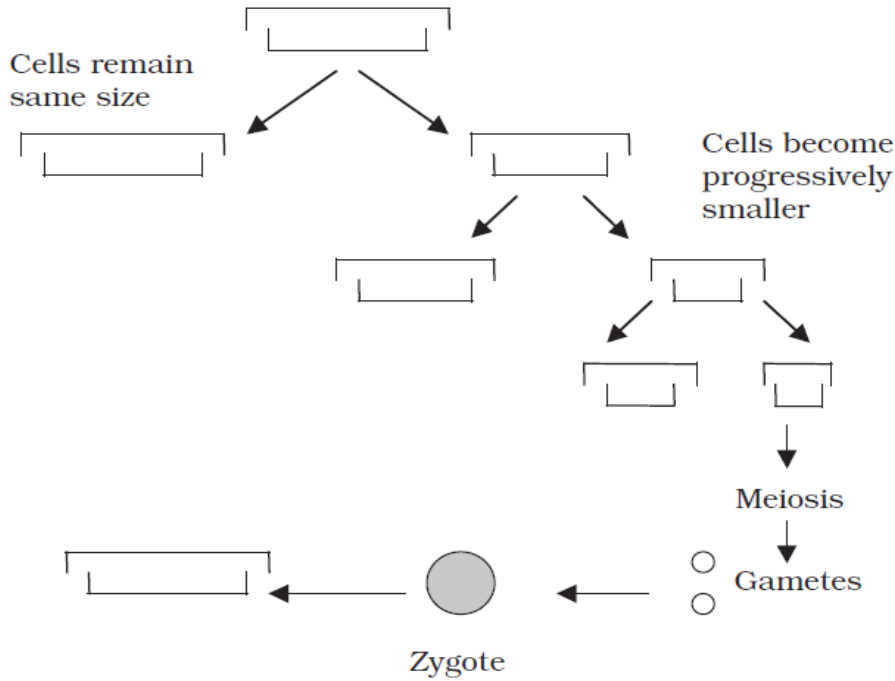
5- تستخرج من الطحالب العديد من المركبات ذات الاستعمالات الصناعية مثل:

- مادة الاكار والتي هي بالاساس أحد مكونات الجدار الخلوي للطحالب التي تعرف بالطحالب الحمراء Rhodophyta ومنها Gledium .
- مادة السليكا Silica : ويتم الحصول عليها من الارض الغنية بالدايتومات Diatoms ، والمادة الحاوية على السليكا تستعمل لأغراض متعددة كمادة قاشطة في صقل المعادن ومادة عازلة للحرارة وفي صناعة المرشحات Filters في تصفية المياه.
- المواد الهلامية ومواد الاستحلاب : وهذه المواد تتمثل بالكارجينينات Carrageenen والالجينات Alginates وتستعمل في عملية التهليم (جعل الشئ هلامي القوام) وعملية الاستحلاب Emulsification وعملية التثخين Thickening (هذه المواد هي مواد كاربوهدراتية أو مشتقات كاربوهدراتية تدخل في تركيب جدارخلايا بعض انواع الطحالب التي تزرع في أحواض خاصة لهذا الغرض.

6- تمتاز بعض انواع الطحالب بأنها غنية بفيتامين D و A (خاصة الدايتومات) اللذان لهما أهمية طبية وتجارية ويتم استخلاص هذه الفيتامينات من اكباد الاسماك التي يتم تغذيتها على الطحالب لتمرکز هذه الفيتامينات في اكباد الاسماك.

الدايتومات (الدايتومات) Diatoms

هي صنف من الطحالب تنتمي الى شعبة الطحالب الذهبية Chrysophyta تعيش في المياه المالحة والعذبة والترربة وتتميز الدايتومات بأنها تمتلك جداراً صلباً يتكون من البكتين الحاوي على الكالسيوم أو السيلكا وتتواجد على شكل طبقة رقيقة على الصخور والنباتات ، والجدار الصلب للدايتومات يعطيها مظهراً يشبه العلبة أو صحن بتري ، وعند انقسام الخلية فإن كل خلية جديدة تحتفظ بنصف علبة الخلية الام ومن ثم تكوّن النصف الاخر المماثل له، مع العلم أن هناك انخفاض في حجم أحد الطبقتين مع استمرار عمليات الانقسام.



التكاثر اللاجنسي في الدايتومات Diatoms

الأبتدائيات Protozoa

تعني كلمة الأبتدائيات الحيوان الأولي أو البدائي وهي عادة تطلق على كل الأحياء وحيدة الخلية التي تحمل الخصائص المتشابهة للحيوانات ، ولاختلاف مظهرها الخارجي ، وجد أن هناك أكثر من 50 ألف نوع وهي تطلق على الكائنات المعيشة المؤكدة Commensal lives والطفيليات التي ترافق الإنسان والحيوان ووضعت هذه الكائنات في شعبة منفصلة لأنها وحيدة الخلية وحقيقية النواة وتشارك في مجموعة من الصفات منها:

1- الحجم والشكل:

تختلف الأبتدائيات من حيث الشكل والحجم ، إذ أن أغلبها صغيرة جداً يتراوح طولها من 1- 2 مايكرون وبعض كبير يصل من 5- 6 سم ، أما من الشكل فإن بعض الأبتدائيات ليس لها شكل ثابت ونكون الخلية محاطة بغلاف مرن مثل الأميبيا والبعض الآخر ذات شكل مميز ذات غلاف خلوي يكسبها المرونة أثناء الحركة مثل بعض السوطيات والهدبيات، وان تعدد الأشكال واضحاً للنوع الواحد يميز مجاميع معينة مثل مسبب مرض الملاريا (جنس *Plasmodium*) ، وكذلك مسبب مرض النوم *Trypanosoma* ، ويتأثر شكل الكائن الحي في شعبة الأبتدائيات وطريقة حركته بطبيعة البيئة التي يوجد فيها:

- الطفو فوق سطح الماء Floating : إذ تكون الأبتدائيات الطافية على سطح الماء أما كروية والبعض منها أسطوانية الشكل وتوجد تراكيب في الأبتدائيات تساعد المساحة السطحية والحركة أيضاً مثل القضيبات والشويكات والاقدام الكاذبة الشعاعية، ونتيجة لتكون الفجوات في الجزء الخارجي للخلية Ectoplasm وتنظيم حجم هذه الفجوات يساعدان الكائن على التغلب على تأثير الجاذبية، إذ أن السائل المتواجد في الفجوات أقل كثافة من الماء المحيط
- السباحة Swimming : إن الشكل الأسطواني والخرطومي يسهل الحركة ويساعده عضيات خاصة مثل الاسواط والاهداب
- الزحف على السطح Creeping : وتكون مسطحة الشكل تمتلك أهداباً من الجهة الظهرية تستعمل للتحسس ، أما الجهة البطنية فإنها تتجمع مع بعضها لتكوين تراكيب تدعى Cirri تستعمل للزحف على سطوح الأجسام الصلبة أو كائنات حية أخرى، أو قد لا تمتلك بعض الأبتدائيات لهذه التراكيب وتكون حركتها بواسطة امتدادات سايتوبلازمية تدعى بالاقدام الكاذبة كما في الأميبيا.

2- التغذية

إن الخلية الأبتدائية تقوم بجميع الفعاليات الحيوية منها التغذية وهناك أنواع للتغذية منها:

- التغذية الحيوانية: وتتم عن طريق الالتهام الخلوي Phagocytosis للمواد الغذائية الصلبة وقد تكون كائنات حية دقيقة مثل البكتيريا وتتم عملية الالتهام بواسطة إحاطة الاقدام الكاذبة أو عن طريق تراكيب خاصة تدعى بالفم الخلوي أو التجاويف وهذا النوع شائع في اللحيمات والسوطيات والهدبيات.
- التغذية الرمية: تحصل بعض الأبتدائيات على غذائها من المواد العضوية المتفسخة بطريقة التشرب الخلوي Pinocytosis .
- التغذية المختلطة : بعض الأبتدائيات غير ذاتية التغذية ولكن يمكن أن تقوم بصنع غذائها عند تعرضها لضوء الشمس وقدرتها على تكوين البلاستيدات الخضراء وتصنف هذه المجموعة ضمن الطحالب.

3- الفجوات

تحتوي الابتدائيات على نوعين من الفجوات

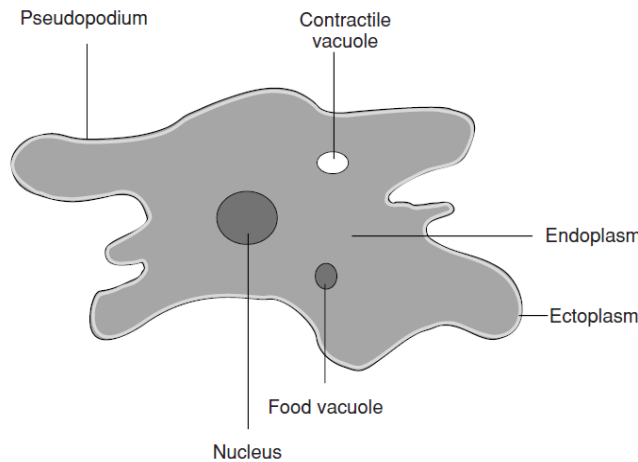
- ❖ الفجوات الغذائية Food Vacuoles : تحتوي على مواد غذائية ذائبة وغير ذائبة وتكون الفجوات محاطة بغشاء رقيق جداً يسمح بانتقال المواد الى الساييتوبلازم لغرض بناء المادة الحية و انتاج الطاقة.
- ❖ الفجوات المتقلصة Contractile Vacuoles : تتجمع نواتج الفعاليات الحيوية على شكل قطرات أو بلورات مع بعضها في تراكيب خاصة تدعى بالفجوات المتقلصة لأن هذه الفضلات يتم طرحها عن طريق تقلص هذه الفجوات الى خارج جسم الكائن الحي.

4- التكاثر

- ⊗ التكاثر الجنسي : يتم بواسطة الاقتران أو الاندماج الخلوي أو النووي ويكون عن طريق خلايا تكاثرية جنسية (أمشاج Gametes) إذ ينتج عن اقتران الامشاج تكوين البيضة المخصبة Zygot .
- ⊗ التكاثر اللاجنسي ك ويكون عن طريق الانقسام الخلوي ، أما أن يكون ثنائياً أو مضاعفاً ويحدث ذلك بانقسام النواة والساييتوبلازم الى قسمين متساويين تقريباً لتكوين كائنين جديدين كما في الاميبيا.

5- الإخلاف Regeneration

تمتلك الابتدائيات بصورة عامة المقدرة التعويض عن الاجزاء المفقودة وخاصة التي تمتلك النواة ، إذ نلاحظ ان عضيات الحركة (الاسواط والاهداب) التي تنتزع من جسم الكائن امكانية إعادة نموها مرة أخرى .



المكونات الخلوية في الاميبيا

تصنيف الابتدائيات

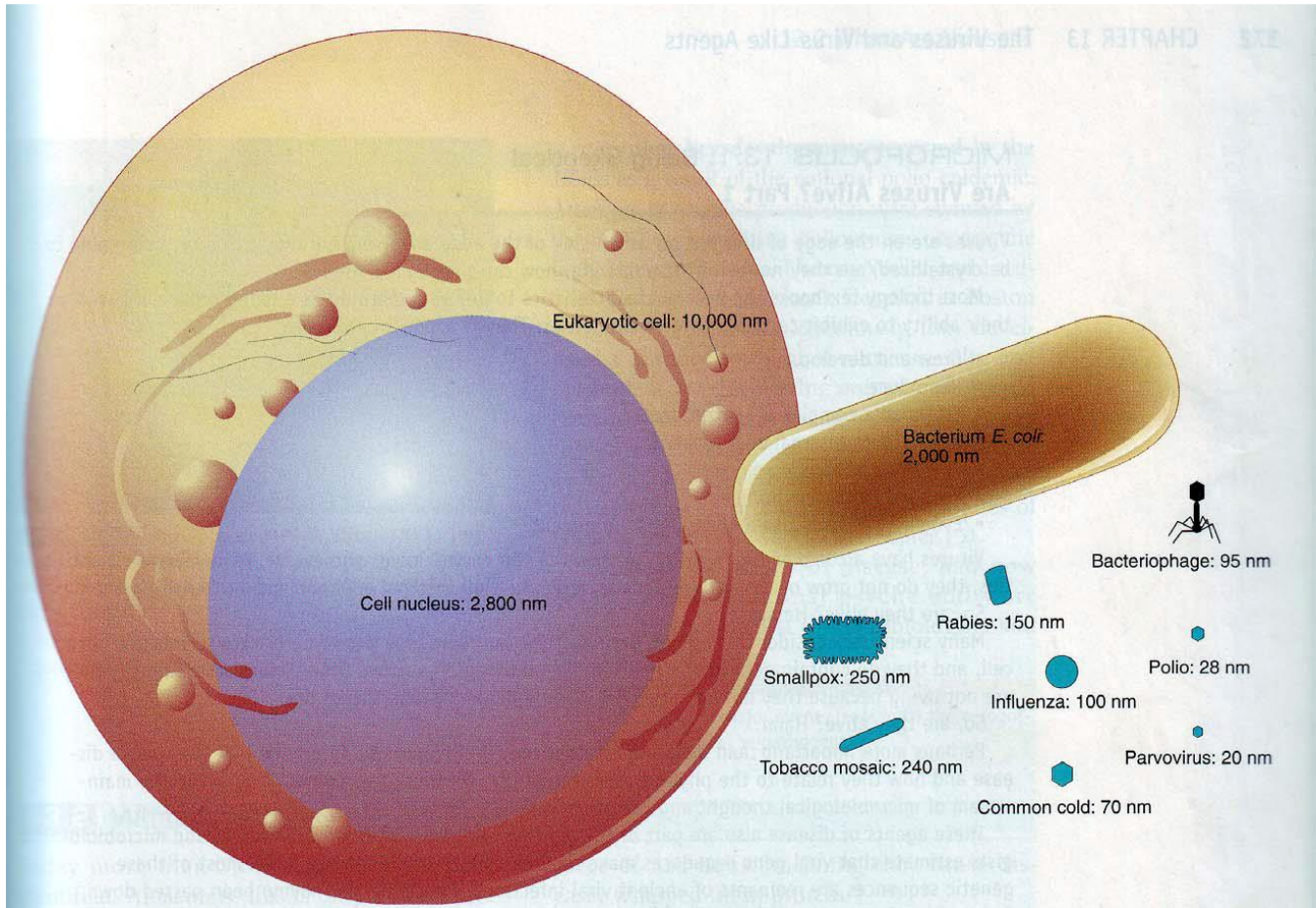
- 1- صنف السوطيات Flagellata : مثل مسبب مرض النوم Trypanosoma والذي يعيش في دم الانسان.
- 2- صنف اللحميات جذرية الاقدام Sarcodina (Rhizopoda) : مثل الاميبيا Amoeba الذي يسبب مرض التقرح الاميبي في الامعاء الدقيقة للانسان.
- 3- صنف البوغيات Sporozoa : مثل جنس Plasmodium الذي يسبب مرض الملاريا في الانسان.
- 4- صنف الهدبيات Ciliata : مثل جنس Paramecium وهو من الطفيليات التي تصيب الانسان وبعض الحيوانات.

Viruses

الفايروسات

مع نهاية القرن التاسع عشر توالى اكتشافات المسببات المرضية مرضاً بعد آخر في النباتات وكذلك الحيوانات وكانت بسبب البكتيريا ، وفي عام 1892 أكتشف العالم الروسي ديمتري ايوانوسكي Dimitri Iwanowsky أول مرض فايروسي هو موزايك التبغ ومسببه (TMV) Tobacco Mosaic Virus ، والفايروس كلمة تعني باللغة اليونانية (السم) استعملت بادئ الامر لجميع العوامل المعدية والتي تجتاز المرشحات التي تمنع مرور البكتيريا ، والفايروسات تعد طفيليات مجبرة داخل الخلية Obligate intracellular parasites وتستوطن الفايروسات بين عالم الاحياء الحية والعالم غير الحي وتمتلك الخصائص التي تكون بين العالمين ، والفايروسات تختلف عن أصغر الكائنات الحية وهي البكتيريا في عدة صفات:

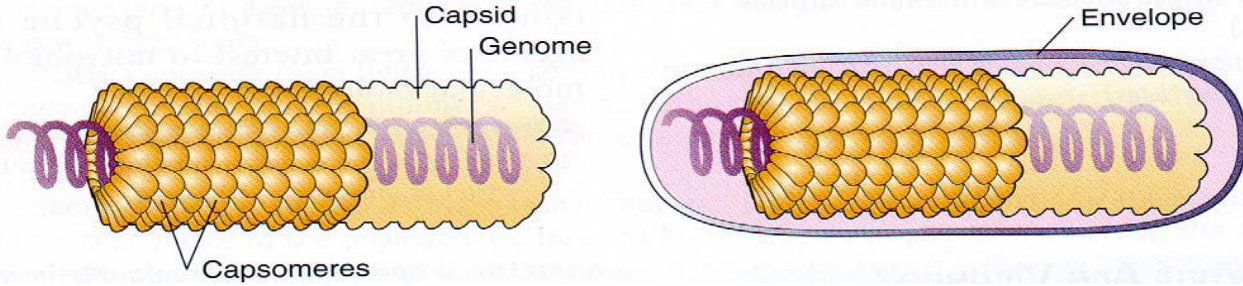
- أنها لا تُشاهد بالمجهر الضوئي وإنما يمكن مشاهدتها بالمجهر الإلكتروني.
- لا تمتلك الفايروسات تركيب خلوي داخلي عكس البكتيريا.
- قد تحتوي على إما DNA أو RNA وليس الاثنين معاً.
- لا تستطيع التكاثر خارج جسم العائل المضيف.
- لا تمتلك المقدرة على الأيض.
- لا تظهر زيادة حجمية على الفايروس بشكل منفرد.



حجوم بعض أنواع الفايروسات مقارنة مع حجوم خلايا حقيقية وبدائية النواة

تركيب الفايروس

تمتلك الفايروسات تركيباً بسيطاً جداً إذ تتألف الجسيمة الفايروسية أو الفايرونية Virion من نمط واحد من الاحماض النووية (DNA أو RNA) وليس الأثنين معاً ويكون محاط بغطاء بروتيني يدعى الكابسد Capsid الذي يتألف بدوره من وحدات صغيرة تسمى الكابسوميرات Capsomeres وهذا يتألف بدوره من عدد من الجزيئات البروتينية التي ترتبط مع بعضها بنظام في غاية الدقة والترتيب، وفائدة الكابسد هي المحافظة على المادة الوراثية للفايروس المتمثلة ب إما DNA أو RNA . يذكر الفايروسات أما ان تكون عارية Naked Viruses أو مغلفة بغشاء رقيق يتكون من عدة طبقات من الدهون والبروتينات وتسمى Enveloped Viruses وهذه الخاصية سمة تميز في الغالب الفايروسات التي تصيب الحيوانات.



Naked Form

Enveloped Form

توجد المادة الوراثية على شريط مفرد أو مزدوج وتحمل مجموعة من الجينات المسؤولة عن ثبات صفات الفايروس وتنظيم تضاعف (تكاثر) الفايروسات ، والفايروسات لاتستطيع القيام بأي نوع من أنواع الفعاليات الحيوية (التغذية والتنفس والحركة) لافتقارها للمكونات الخلوية والانزيمات الضرورية لمثل هذه الفعاليات باستثناء التضاعف (التكاثر) الذي لا يتم بالطرق التي مرت بنا في موضوع البكتريا والفطريات والطحالب والابتدائيات بل بطريقة استثنائية .

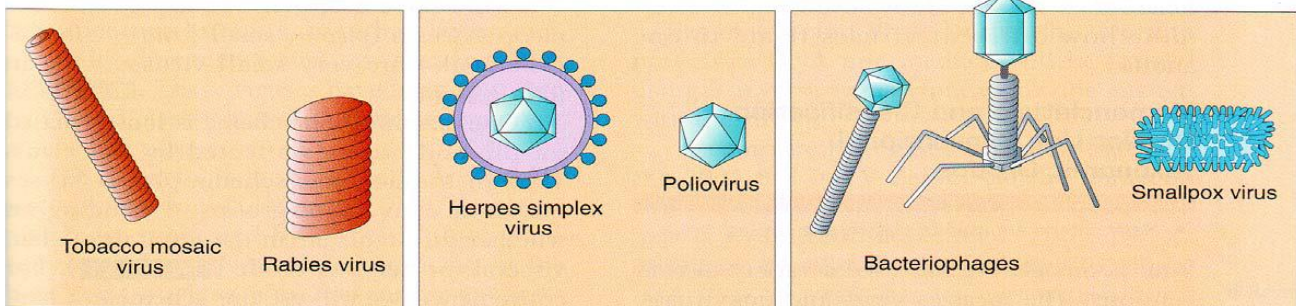
حجم وشكل الفايروسات

يبلغ قطر الفايروس 20 نانوميتر والمادة الوراثية لهذه الفايروسات تحتوي على جينات (مورثات) أو معلومات وراثية محدودة وهناك فايروسات بقطر 200-300 نانوميتر تتألف مادتها الوراثية من عدة آلاف من الجينات ، والجسيمة الفايروسية الواحدة Virus particle والذي يسمى بالفايرون Virion لها شكلاً ثابتاً ومحدوداً والفايروسات ثلاثة أشكال:

1- متعدد الاوجه Icosahedral مثل Polio virus (فايروس شلل الاطفال).

2- الحلزوني Helical مثل (فايروس موزايك التبغ) Tobacco Mosaic Virus (TMV).

3- المعقد Complex وهذا يجمع بين الشكلين السابقين مثل معظم الفايروسات التي تصيب البكتريا والتي تسمى بالعاتيات البكتيرية Bacteriophages واختصاراً Phages مثل T₂ phage الذي يصيب بكتريا E. coli .



(A) Helical viruses

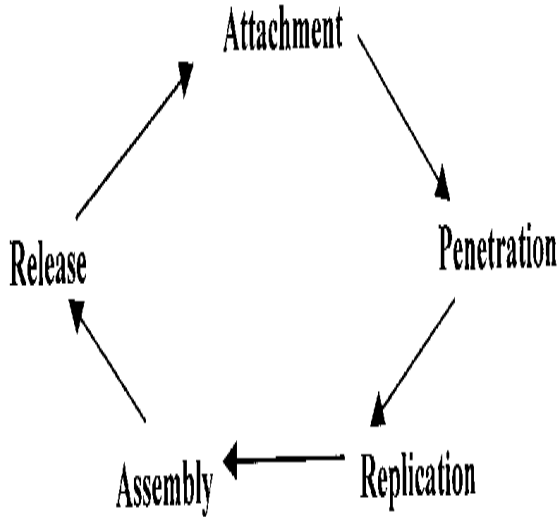
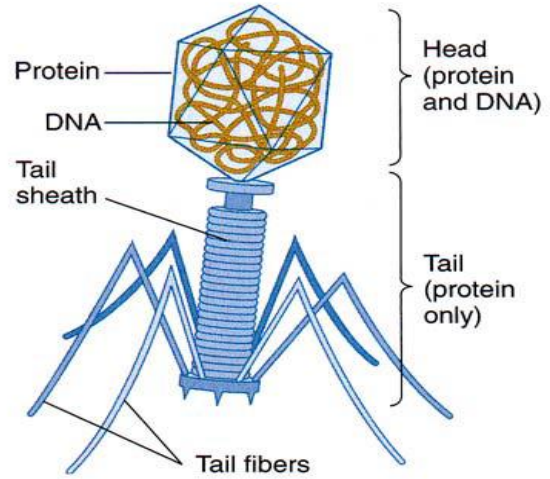
(B) Icosahedral viruses

(C) Complex viruses

Virus Replication

تضاعف الفيروس

لا يتم توليد الفيروسات الجديدة إلا داخل خلايا حية تصيبتها الفيروسات وحسب تخصص الفيروس ، ويمتاز تضاعف الفيروس بسلسلة من الخطوات تبدأ بدخول الحامض النووي الفيروسي داخل خلية المضيف يتبعه تضاعف الحامض النووي وتنتهي بتحرر الفيروسات الجديدة من خلية المضيف بعد تفجيرها ، وهناك دورة لحياة العائيات البكتيرية (الفاجات البكتيرية) والتي يطلق عليها T-even وتمثل بالعائيات التي يرمز لها T6, T4, T2 وجميعها تصيب بكتريا *E. coli* وتسمى هذه الدورة بالدورة التحليلية *Lytic cycle* وتتضمن الخطوات الآتية:

الخطوات الرئيسية في تضاعف العائي T4 في بكتريا *E. coli*

العائي البكتيري من نوع T4

Adsorption (Attachment)

1- الإدمصاص أو الالتصاق

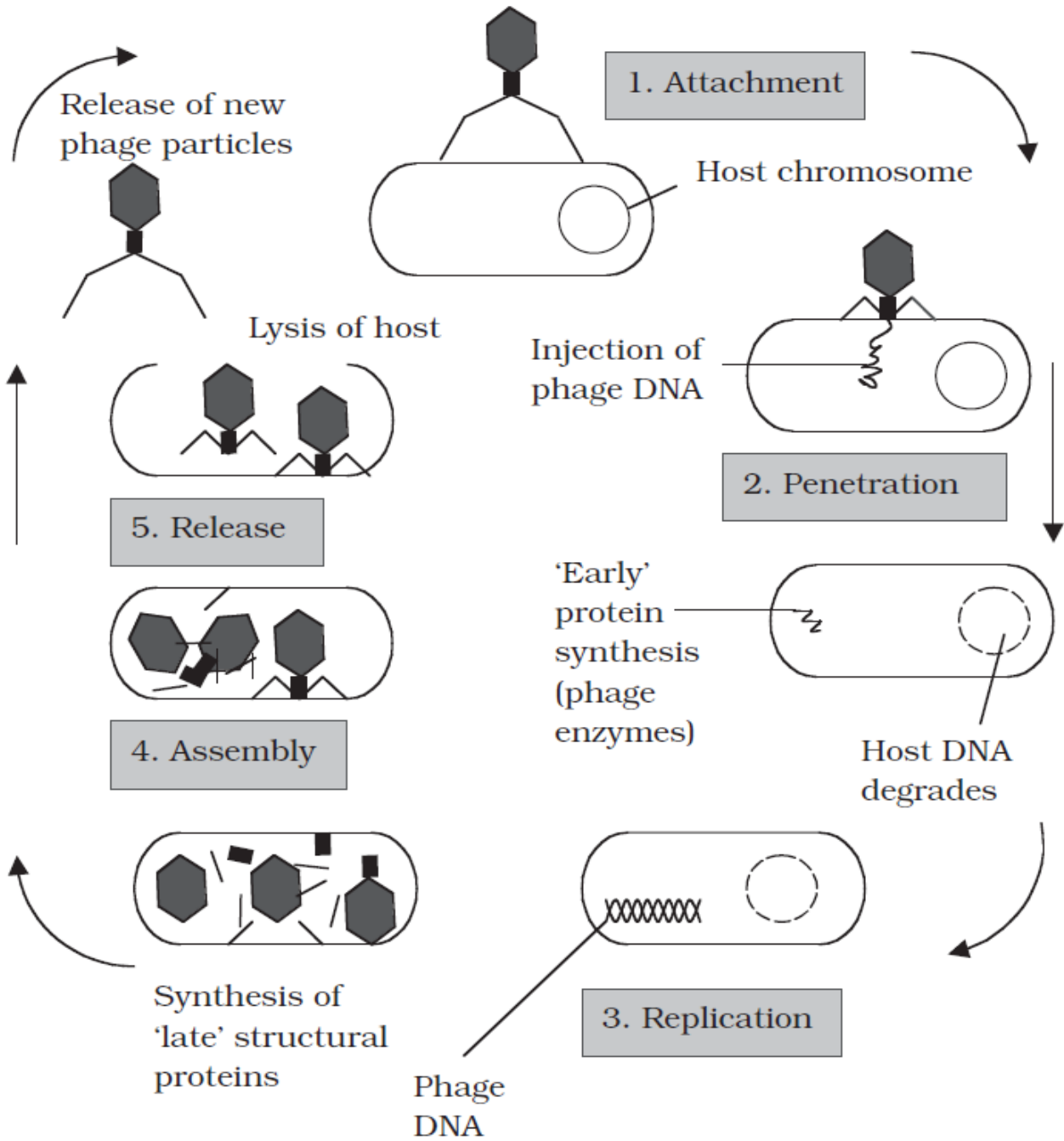
عند مزج دقائق العائي T4 مع البكتريا عندها تصطدم العائية مع البكتريا عن طريق بروتينات الياف الذيل المتخصصة للعائي مع مستقبلات مكملة في سطح خلية المضيف (البكتريا) وان هذه المستقبلات تعد من العوامل المهمة في تحديد تخصص الفيروس (العائي) على المضيف (العائل).

2- الأختراق Penetration

تقوم العائية المدمصة بالبكتريا بافراز انزيم اللايسوزايم Phage Lysozyme من منطقة الذيل فيحلل جزء من جدار الخلية البكتيرية من منطقة الالتصاق مؤدياً الى حدوث ثقب فيدخل غمد الذيل ويطلق DNA العائي الى داخل العائل (البكتريا) ويبقى الكابسد خارج الخلية.

3- التضاعف Replication

بعد دخول DNA العائية الخلية البكتيرية تتوقف عمليات الأستنساخ والترجمة داخل الخلية البكتيرية بل أن DNA الخلية يتحلل في غضون دقائق ، وتستحوذ DNA العائية على مكونات الخلية وأنظمتها الأنزيمية وتسخرها لصالحها فتضاعف DNA العائية الى عدة نسخ ومع تكون هذا العدد الكبير من النسخ يتم استنساخ وترجمة المعلومات الوراثية على جزيئات DNA العائي والتي تتمثل بمعلومات تكوين البروتينات والاجزاء المختلفة للعائي T4 من الرأس الى الذيل الى الالياف ولكن هذه الاجزاء تبقى في هذه المرحلة منفصلة عن بعضها البعض.



4- النضج Maturation or Assmby

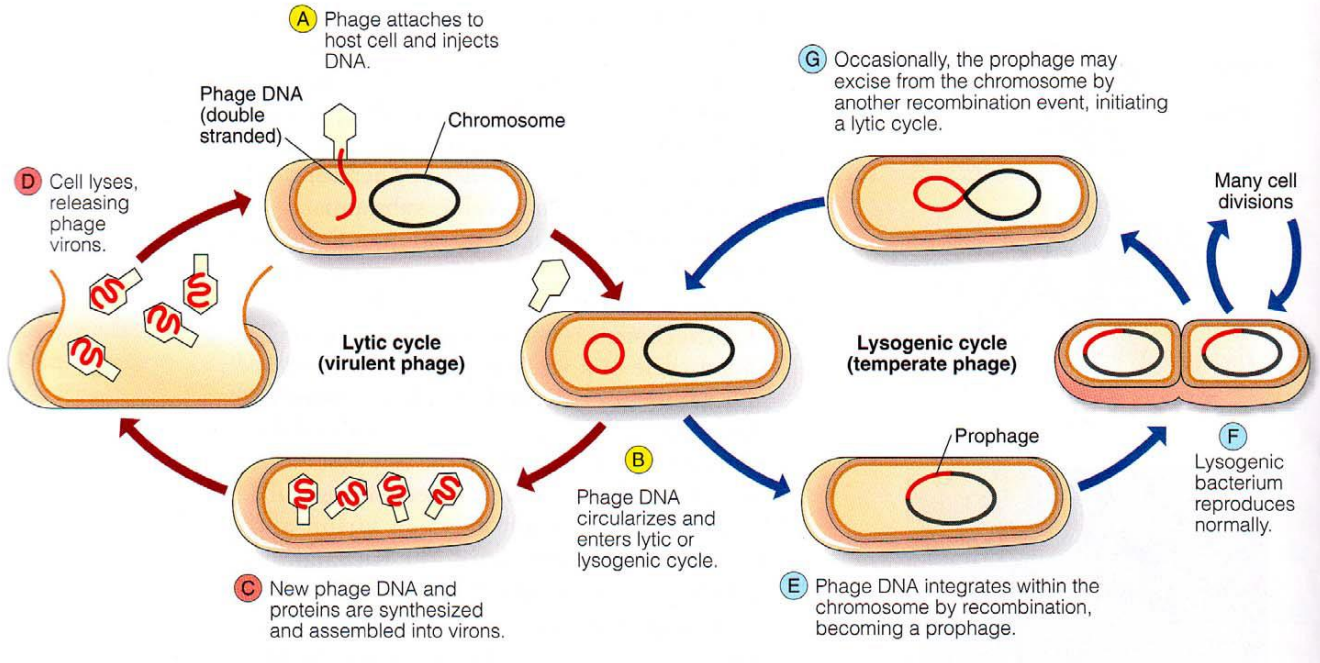
تتضمن نضج أو تخليق كميات كافية من الكابسد ومكونات DNA وتنضج بشكل تلقائي الى جسيمة الفايروس ثم يخلق الرأس ومنطقة الذيل بشكل منفصل ثم يعبأ DNA أو المادة الوراثية في الرأس ويرتبط بالذيل.

5- التحرر Release

في الادوار الاخيرة من التضاعف يشفر الى انزيم Lysozyme آخر (عائي آخر) ويبدأ بالتكون فيحلل جدار الخلية البكتيرية ويسبب انحلاله وانطلاق دقائق العائية الكاملة وتحرره وبأمكان هذه العائيات (أو الفايروسات) أن تصيب خلايا أخرى وتعيد دورة حياتها وبالاسلوب نفسه. أن الوقت المستغرق أو وقت الأستمرار من الالتصاق الى تحرر الفاجات يسمى أحيانا بوقت الانفجار Brust time وقد يستغرق T4 تحت الظروف المثالية بحدود 22 دقيقة.

علاقة الفيروسات بالمضيف Virus-Host Relationship

عند إصابة الفيروس خلية معينة فإن الفيروس إما يحلل الخلية التي أصابها في نهاية المطاف كما أسلفنا وتدعى هذه العلاقة بالعلاقة الانحلالية Lytic وتسمى العائية التي تحلل الخلايا التي تصيبها بعد أن تتضاعف فيها بالعائية الضارية Virulent bacteriophage أو أن العائية البكتيرية بعدما تفرز مادتها الوراثية المتمثلة بالحامض النووي DNA الى خلية المضيف (بكتريا *E.coli*) فإن DNA العائية ينغرز في DNA خلية المضيف دون أن يتضاعف، وان العائية من هذا النوع تدعى بالعائية المعتدلة Temperate phage لأنها لا تؤدي الى تحلل الخلية، وان العائية وهي منغرزة في DNA الخلية البكتيرية تسمى العائية الاولية Prophage أو الخلية التي تحتوي على DNA العائية منغرزاً في DNA الخلية تدعى Lysogenic cell، وأن علاقة من هذا النوع تسمى بالعلاقة التحلالية Lysogenic Relationship، وأن العائية الاولية Prophage تترك DNA الخلية البكتيرية وتبتدى بالتضاعف وتحرر جسيمات عائية كثيرة تحلل الخلية بعد تفجيرها وهذا ما يحدث بعد فترة وأخرى في الخلايا المتحللة.



العايير المعتمدة في تصنيف الفيروسات

- 1- نوع الحامض النووي (DNA أو RNA).
- 2- طبيعة الحامض النووي (شريط مفرد أو مزدوج).
- 3- تركيب الجسم الفيروسي (فايرون) حلزوني – متعدد الأوجة – مركب، أو شكل الكابسيد مغلف أو غير مغلف.
- 4- نوع الفيروس والمرض الذي يسببه – فايروس نباتي – حيواني – عائتي بكتيري.
- 5- موقع الإصابة (بالنسبة للفيروسات التي تصيب الانسان)، مثل
 - فايروسات تصيب الجلد (الجدري Small pox) – (الحصبة Measle) – (لطفة حمى Herpes simplex).
 - فايروسات تصيب الجهاز التنفسي Influenza virus.
 - فايروسات تصيب الجهاز العصبي (شلل الاطفال Polio virus) – (داء الكلب Rabies).
 - فايروسات أخرى متنوعة (تشمع الكبد Viral hepatitis) – (النكاف Mumps).

ويوضح الجدول الآتي خصائص بعض الفيروسات التي تصيب الإنسان

المرض	الغلاف	ابعاد الكابسد	شكل الكابسد	الفايروس(العائلة)	الحامض النووي
جدري Smallpox	مغلف	300-230	معقد	Poxvirus	DNA مزدوج
التهاب المعدة والأمعاء	عاري	26-18	متعدد الأوجه	Parvovirus	DNA مفرد
شلل الاطفال	عاري	30-24	متعدد الأوجه	Picornavirus	RNA مفرد
الانفلونزا	مغلف	120-80	حلزوني	Myxovirus	RNA مفرد

مرض الايدز AIDS

الأيديز أو AIDS مختصر Acquired Immune Deficiency Syndrome مترجمة نقص المناعة المكتسبة وهي مرض ناجم عن إصابة الإنسان بفيروس الأيدز المعروف بنقص المناعة في الإنسان ويرمز له اختصاراً (HIV) Human Immunodeficiency Virus وهو نمط فريد من الفيروسات يحتوي على RNA كمادة وراثية حاملة للصفات الوراثية للفايروس ويحتوي على أنزيم الاستنساخ العكسي Reverse transcriptase لاستنساخ RNA الى DNA (الذي يسمى بالفايروس الأولي Provirus) والذي بإمكانه ان ينغرز في DNA الخلايا التي يصيبها من جسم الانسان ويبقى كامناً في تلك الخلايا لفترة غير محدودة وعند تنشيط الفايروس الاولي يتحول ثانية الى RNA ومع بقية أجزاء الفايروس ليكون فايروسات كاملة تصيب خلايا أخرى.

يصيب فايروس HIV خلايا T-lymphocyte (خلايا T اللمفاوية) التي تحمل مستقبلات خاصة لهذه الفايروسات كما قد يصيب بعض منها خلايا الجهاز العصبي وبعض خلايا الدم. إن تدمير خلايا T اللمفاوية وانخفاض عددها يؤدي الى اخفاق النظام المناعي في انتاج الاجسام المضادة وعليه فان الجسم يكون في وضع خطير للغاية بسبب عدم قدرته لمواجهة المسببات المرضية بمختلف انواعها فيظهر على المريض بعد حدوث الاخفاقات في المناعة بسبب فايروس الأيدز إختلالات مرضية عديدة قد تنجم عن إصابته حتى بأقل المايكروبات إحدائاً للمرض ، والفايروس لا ينقل العدوى من المصاب به الى آخر بالملامسة التقليدية كالمصافحة مثلاً بقدر ما يُنقل من خلال الاتصال الجنسي أو نقل الدم وأبر التلقيح وسوائل الجسم الأخرى ، ويمثل الأيدز المرحلة المتأخرة من الإصابة بفايروس HIV (أي المرحلة التي يكون فيها الفايروس قد أتلف خلايا T اللمفاوية) وجعل المصاب يصارع المسببات المرضية دونما سلاح (المضادات الحيوية) ، لذلك فإن المصابين بالأيدز يحتاجون الى عناية خاصة يصعب توفيرها في كثير من الاحيان.

الفايرويدات Viroids البرايونات Prions

كائنات دقيقة أصغر حجماً من الفايروسات أكتشفت عام 1971 من قبل Theodor Diener ويبلغ حجمها 1/18 من حجم أصغر الفايروسات ، وهي تتضاعف ذاتياً ومقاومة للعديد من الظروف كالحرارة والمذيبات العضوية والأشعاعات فوق البنفسجية وتكون غير مغلفة Non-enveloped وخالية من البروتينات وتتألف من حامض نووي RNA صغير مفرد الشريط وتتضاعف داخل خلايا حساسة لها ، وتسبب أضراراً اقتصادية كبيرة للنبات (منها مرض الدرنة المغزلية للبطاطا Potato Spindle Tuber) ، وقد تصيب الحيوانات كالخراف أو تساهم في إحداث السرطان في الانسان. بعد الفايرويدات بعقد من الزمن أكتشفت البرايونات Prions وهي جسيمات مرضية بروتينية ومن مسببات الامراض العصبية للخراف ومرض جنون البقر والأعتلال الدماغية للإنسان، ويعتقد أن Prions تمتلك حوامض نووية لها المقدرة على ان تتضاعف ذاتياً وتغير من شكل البروتينات الطبيعية للحيوانات وتتلف نسيج الدماغ من خلال تكوين هيئة مطفرة من البروتينات.

Microbial Genetics

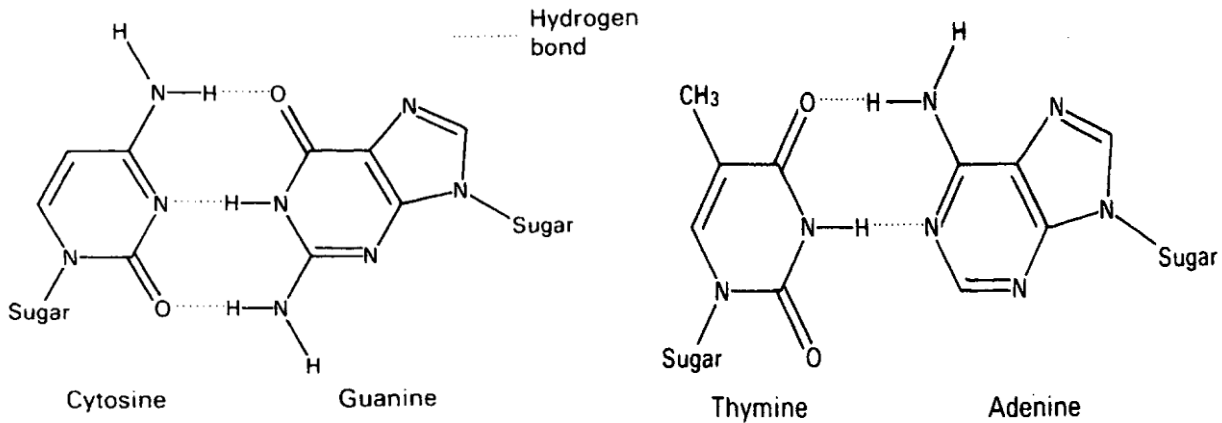
وراثة الاحياء المجهرية

علم الوراثة: هو العلم الذي يهتم بدراسة توارث Heredity الصفات والعناصر المميزة للكائنات الحية والتي تخص الاختلاف والتباين Variation في هذه الصفات، وف هذا المجال فأنها العلم الذي يعنى بدراسة وراثة الاحياء المجهرية ، وتعد البكتريا من الكائنات المميزة للدراسات الوراثية من بين الكائنات الحية المختلفة ، إذ انها صغيرة الحجم وتنمو في حيز صغير جداً وتتكاثر وتنمو عل نحو سريع بحيث يمكن انجاز العديد من التجارب في مدة زمنية قصيرة. إن التنوع الهائل في الاحياء والكائنات في الطبيعة يعود الى عاملين هما :

1. المعلومات الوراثية المميزة التي يمتلكها كل كائن والتي تختلف من كائن الى آخر على مستوى النوع Species ، وهذا يفسر عدم نشوء البكتريا إلا من البكتريا ، وعدم نشوء الفطر إلا من الفطر من النوع نفسه وهكذا....
2. تأثير العوامل البيئية على الكائنات التي تتواجد فيها ، فالكائنات التي تنتمي الى النوع نفسه يحتمل ان تُظهر سلوكاً مختلفاً عند تعرضها الى بيئات مختلفة.

تركيب الحامض النووي

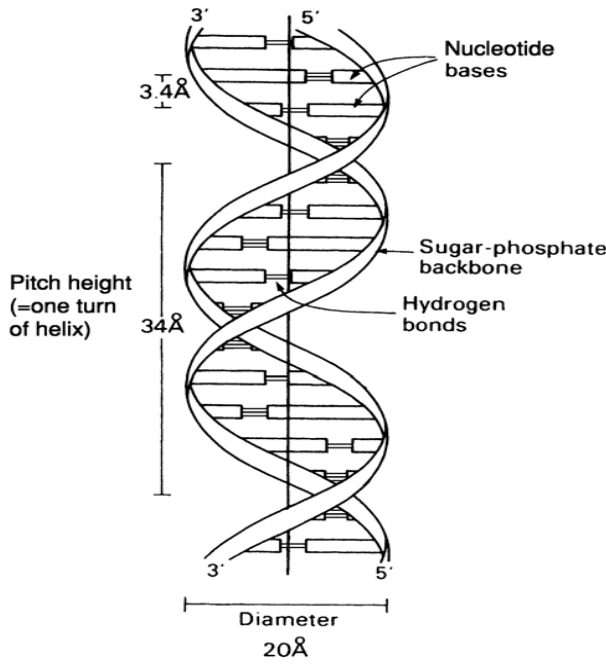
ان المادة الوراثية الاساسية في جميع الكائنات الحية(باستثناء بعض الفيروسات الحاوية على RNA) هي DNA (دنا باللغة العربية) Deoxyribonucleic acid الحامض النووي منقوص الاوكسجين ، وتتركب جزيئة الدنا الواحدة من سلسلتين طويلتين من النيوكليوتيدات ملتقتين حول بعضهما البعض على شكل ظفيرة أو حلزون يعرف بالحلزون المزدوج Double helix ، وكل جزيئة نيوكليوتيدية Nucleotides تتألف من ثلاث جزيئات مميزة هي: (قاعدة نتروجينية - سكر رايبوز منقوص الأوكسجين - مجموعة الفوسفات) وهناك اربعة أنواع من القواعد النتروجينية تدخل في تركيب النيوكليوتيدات الموجودة في الدنا هي القواعد البيورينية Purines وتشمل { الأدينين Adenine (A) والكوانين Guanine (G) } ، والقواعد البريميدينية Pyrimidines وتشمل { الساييتوسين Cytosine (C) والثايمين Thymine (T) } . إذ ان T من شريط يقابله A من الشريط الاخر المقابل له دائماً ، كما ان G يقابله C دائماً أيضاً



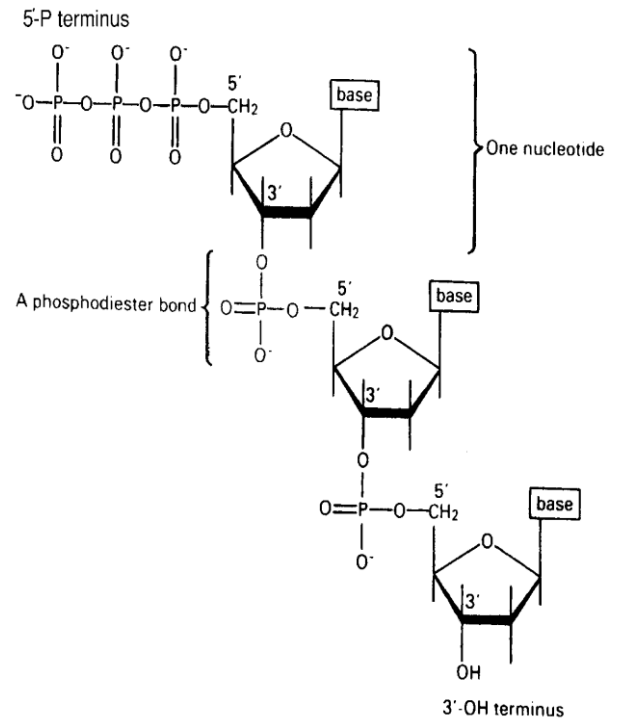
وهذا يعني ان النيوكليوتيدات الموجودة في تركيب الدنا على اربعة أنواع حسب القاعدة النتروجينية في النيوكليوتيد:

نيوكليوتيد = قاعدة نتروجينية + سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين + الفوسفات

Nucleotide = Nitrogen base + Deoxyribose + Phosphate



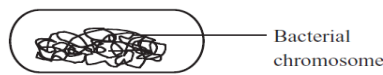
(Å = Angstrom unit = 10⁻¹⁰ metres)



جزية الدنا DNA ذو الشكل الحلزوني المزدوج

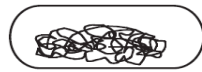
السلسلة النيوكليوتيدية

ان جميع الوحدات البنائية هذه ترتبط بعضها مع البعض الآخر بنظام دقيق وترتيب محسوب لتكوين شريط الحامض النووي الدنا ، وعادة ما يتقابل شريطا الدنا مع بعضهما بواسطة اواصر هيدروجينية تنشأ بين القواعد المتقابلة والمكملة Complementary لبعضها البعض كما أسلفنا ، ونلاحظ ان كمية A في اية جزية DNA تساوي كمية T ، وان كمية C تساوي كمية G على أن نسبة GC/AT تختلف باختلاف البكتريا على مستوى النوع Bacterial species ، ولذا فقد استغللت هذه الصفة في تصنيف البكتريا الى انواع لأن هذه النسبة ثابتة لكل نوع ، واثناء انقسام الخلية البكتيرية يفصل شريطا الدنا عن بعضهما البعض ويتكون على كل شريط شريط آخر جديد مُتخذاً من الشريط الاصيلي قالباً Template وهكذا ، إذ تنعزل الخلية جزئيتين من الدنا متشابهتين في تسلسل القواعد النتروجينية إذ تنعزل كل جزية الى خلية من الخليتين الناتجتين من الانقسام أو الأنشطة التثنائي البسيط.



DNA
 ATGACCCAGCGTAGTGCGGGC
 TACTGGGTTCGCATCACGCCCG

DNA replicates, making a second copy of the chromosome. Origins of replication migrate to ends of cell.



Cell lengthens and new cell wall is laid down Plasma membrane starts to grow inwards



Septum formation is complete and daughter cells separate



الانشطار البسيط في البكتريا

Transcription

mRNA AUGACCCAGCGUAGUGCGGGC

Translation

Protein met-thr-gln-arg-ser-ala-gly-

الاستساخ والترجمة لقالب الدنا DNA

تكن كل معلومة وراثية في جزء معين ومحدد من الدنا ذو تتابع خاص من القواعد النتروجينية ويسمى هذا الجزء بالجين (المورثة) Gene ويتم ترجمة كل ثلاث قواعد نتروجينية متتالية ومتتابعة الى حامض أميني معين وتسمى كل ثلاث قواعد نتروجينية تشفر لحامض أميني بالشفرة الوراثية Genetic Code أو بوحدة الشفرة Code Unit أو بالثلاثيات Triplate وهذا يعني ان كل جين يتألف من عدد من الشفرات ، أي ان الجين يستنسخ أولاً الى ما يعرف ب mRNA (m= messenger) وهو نسخة من أحد الجينات في أحد شريطي الدنا والذي يتم ترجمته الى البروتين أو الأنزيم المطلوب بمساهمة tRNA في الرايبوسومات الحاوية في تركيبها على rRNA. ويوضح الجدول الاتي الشفرات الوراثية للحوامض الامينية:

UUU	phe	UCU	ser	UAU	tyr	UGU	cys
UUC	phe	UCC	ser	UAC	tyr	UGC	cys
UUA	leu	UCA	ser	UAA	STOP	UGA	STOP
UUG	leu	UCG	ser	UAG	STOP	UGG	trp
CUU	leu	CCU	pro	CAU	his	CGU	arg
CUC	leu	CCC	pro	CAC	his	CGC	arg
CUA	leu	CCA	pro	CAA	gln	CGA	arg
CUG	leu	CCG	pro	CAG	gln	CGG	arg
AUU	ile	ACU	thr	AAU	asn	AGU	ser
AUC	ile	ACC	thr	AAC	asn	AGC	ser
AUA	ile	ACA	thr	AAA	lys	AGA	arg
AUG	met	ACG	thr	AAG	lys	AGG	arg
GUU	val	GCU	ala	GAU	asp	GGU	gly
GUC	val	GCC	ala	GAC	asp	GGC	gly
GUA	val	GCA	ala	GAA	glu	GGA	gly
GUG	val	GCG	ala	GAG	glu	GGG	gly

يختلف الحامض النووي RNA وبأنواعه الثلاث عن الدنا DNA في النقاط الآتية:

- ان RNA يحتوي على سكر الرايبوز Ribose بدلاً من سكر Deoxyribose في الدنا
- يحتوي RNA على القاعدة النتروجينية اليوراسيل (U) Uracil بدلاً من الثايمين Thymine في الدنا

أنواع RNA

1. mRNA (messenger RNA) ويمثل نسخة مستنسخة من احد الجينات التركيبية في الدنا.
2. rRNA (ribosomal RNA) وهو من الحوامض النووية التركيبية يدخل في تركيب الرايبوسومات (راجع موضوع الرايبوسومات) ويقوم بتنظيم الشفرات الوراثية مع ما يقابلها من الشفرات المضادة Anticodon ما بين mRNA و tRNA .
3. tRNA (transfer RNA) ويقوم بنقل الاحماض الامينية الحرة الى الرايبوسومات لربطها مع بعضها البعض حسب تسلسل يحدده تسلسل الشفرات على mRNA لتكوين جزيئة بروتينية ذو وظيفة معينة داخل الخلية.

الطفرات الوراثية Mutations

أن أي تغيير في تتابع القواعد النتروجينية في الدنا يمكن تسميتها بالطفرة بغض النظر عن انعكاس هذا التغيير على الخواص الظاهرية أو المظهرية Phenotype للكائن أو بقاءه كامناً فيما يطلق عليه بالنمط الوراثي للكائن Genotype من الخواص أو الصفات ، وتحدث الطفرات الوراثية أما بفعل العوامل الفيزيائية كالأشعاع مثلاً أو باستعمال عوامل كيميائية مثل Hydroxylatig agents و 5-bromouracil وحامض النتروز وغيرها.

ان الطفرات الناتجة عن العوامل الفيزيائية أو الكيماوية تدعى بالطفرات المستحثة Induced Mutations ، غير ان الطفرات قد تحدث بصورة ذاتية في جميع الكائنات الحية بما في ذلك الاحياء المجهرية وان كان ذلك بصورة واطئة وبمعدلات أو تردد بطئ للغاية ومثل هذه الطفرات ناجمة عن أخطاء تحدث أثناء تضاعف جزيئة الدنا عند انقسام الخلية والطفرات الذاتية تسمى Spontaneous Mutations وتؤدي الطفرات الوراثية الى:

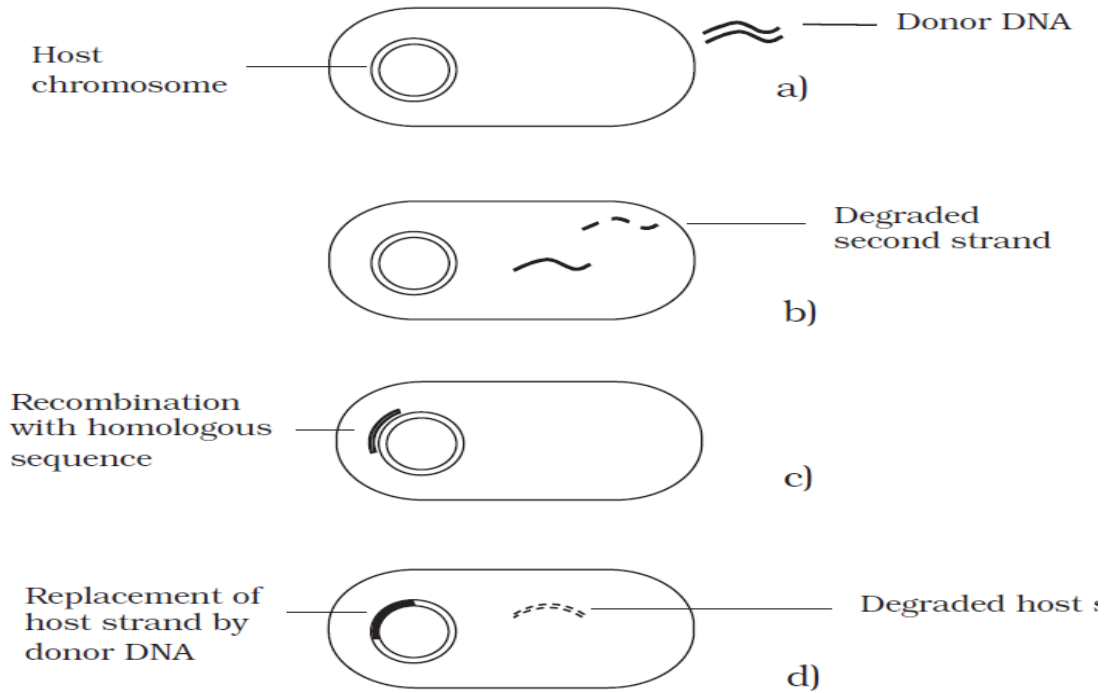
- ❖ مقاومة البكتريا للمضادات الحيوية والعناصر الثقيلة والمطهرات.
- ❖ فقدان البكتريا لقدرتها على تكوين المحفظة(الكبسولة) أو الأسواط أو الحساسية للعائيات.
- ❖ إضعاف احد عوامل الظراوة في البكتريا.

تبادل المعلومات الوراثية Genetic Exchange

تتبادل الكائنات الحية في الطبيعة المعلومات الوراثية فيما بينها ولاسيما الأحياء المجهرية ومنها البكتريا بأساليب وطرائق مختلفة وهي:

التحول Transformation

تتحلل الأحياء المجهرية بعد موتها ومن المكونات الخلوية المهمة التي تتعرض الى التحلل هي الحامض النووي DNA ، إذ يتجزأ الى قطع صغيرة وان هذه القطع الصغيرة يحتمل ان تنتقل الى خلية بكتيرية من النوع الذي تحللت منه ونشأت عنه هذه القطع الصغيرة من الدنا ، وحال دخول أي قطعة صغيرة من الدنا هذه الى داخل خلية بكتيرية تندمج مع دنا الخلية وتصبح جزءاً منها وبذلك تمنح الخلية صفة أو مجموعة من الصفات الوراثية المحمولة عليها مثلما يُعبر عن أي صفة أخرى محمولة على الدنا(الكروموسوم) الخلوي ، ويتراوح عدد الصفات الوراثية المحمولة على القطع التي تدخل الخلايا البكتيرية من 10-50 صفة أو جيناً ولوحظت هذه الظاهرة في عدد هائل من بكتريا *Bacillus* و *Niesseria* ، وان اكتساب صفة تكوين الكبسولة من قبل بعض بكتريا ذات الرئة *Streptococcus pneumonia* وتحولها الى البكتريا الضارية يتحقق بهذه الطريقة.

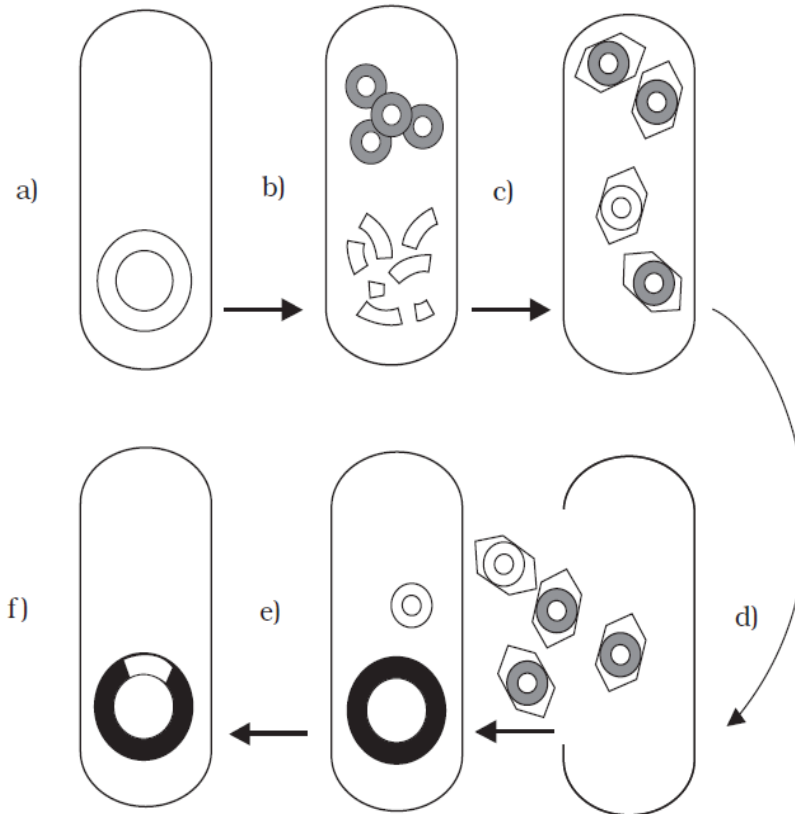


التحول Transformation

■ التنبيع Transduction

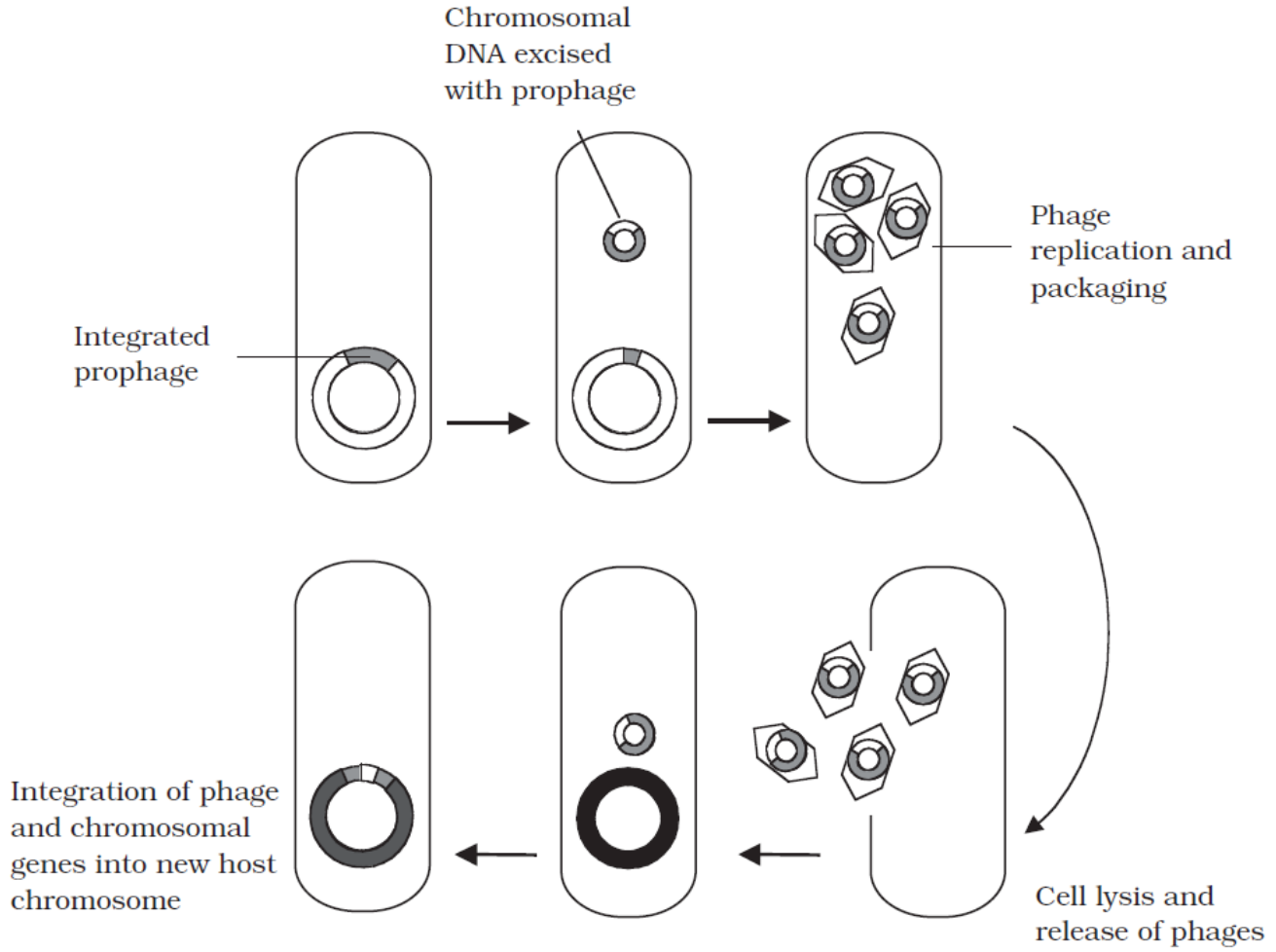
عبارة عن انتقال جزء من الدنا من بكتريا الى أخرى بوساطة العائية البكتيرية Bacteriophage، ففي مرحلة النضج Maturation عند دورة حياة الفاج أو تضاعف الفاج في البكتريا التي تصيبتها ، هناك احتمال ان يعبأ رأس العائى بقطعة من الدنا البكتيري (الذي يتحلل الى قطع صغيرة حال إصابة البكتريا بالفاج) بدلاً من الحامض النووي الخاص بالفاج ، وعند تحرر هذا الفاج فإنه يحمل معه هذه القطعة وفي عملية التضاعف اللاحق، إصابة خلية بكتريا جديدة بهذا الفاج ، فإن الفاج سوف ينقل الى البكتريا القطعة التي يحملها من الدنا وتندمج هذه القطعة مع الدنا البكتيري وتصبح جزءاً من DNA البكتيريا ، وبذا تكون البكتريا قد اكتسبت صفة أو مجموعة من الصفات الجديدة ، وليس بالضرورة ان تكون القطعة المنقولة من الدنا جزءاً من الدنا البكتريا فقد تكون جزءاً من البلازميد ولاسيما البلازميدات المقاومة للمضادات الحيوية Resistant Plasmids كما يحدث في بكتريا *Stahylococcus aureus* التي اكتسبت صفة المقاومة للبنسلين بهذه الطريقة وهناك نوعين من التنبيع:

1- التنبيع العام: ويحدث خلال الدورة الانحلالية للعائى حيث تعبئ قطعة عشوائية من DNA المضيف وعندما يصيب الفاج (العائى) خلية أخرى ترتبط القطعة المأخوذة في كروموسوم الخلية المضيفة الجديدة



التنبيع العام ويحدث خلال الدورة الانحلالية Lytic cycle

2- التنبيع الخاص: ويحدث خلال الدورة التحليلية Lysogenic cycle، إذ تعبأ قطعة من الكروموسوم البكتيري مع الفاج الاولي ويحدث تضاعف للفاج عند تحلل الخلية وتنطلق الفاجات وحينما تهاجم هذه الفاجات خلية أخرى فإنها تربط هذه القطعة مع الكروموسوم البكتيري للمضيف لتكون كروموسوم جديد.

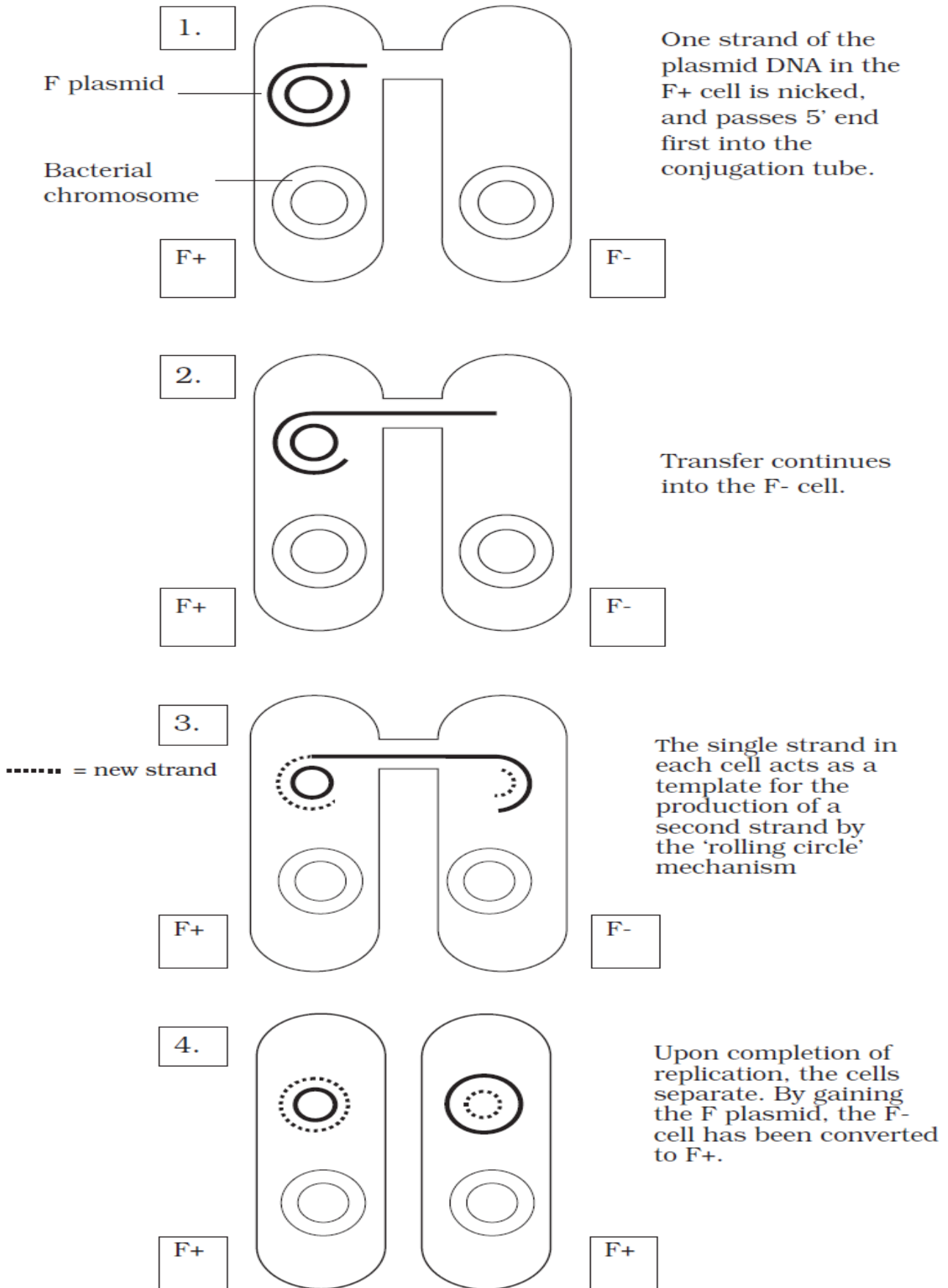


التنبيغ الخاص ويحدث خلال الدورة التحللية Lysogenic cycle

■ الاقتران Conjugation

وهي عملية اقتران خليتين من البكتيريا تسمى أحدهما الواهبة Donor لاحتوائها على عامل أو بلازميد الخصوبة Fertility (sex) factor or plasmid الذي يحمل صفة تكوين الشعيرة الجنسية Sex pili ويرمز لها (F⁺) ، أما الخلية البكتيرية الثانية والتي تساهم في الاقتران فتدعى بالخلية المستلمة Recipient وتكون خالية من بلازميد الخصوبة وترمز لها (F⁻) ، وعند انتقال البلازميد تصبح كلا الخليتين من نوع (F⁺) ، شوهدت هذه الظاهرة في بكتريا *E.coli* وبقية انواع *Enterobacteriaceae* وبكتريا *Pseudomonas* و *Vibrio* وغيرها.

يذكر ان مادة وراثية لأي كائن حي ترتبط مع قطعة من DNA لكائن حي آخر (من نفس النوع او من نوع آخر) بأحدى الآليات الثلاث أنفة الذكر (التحول والتنبيغ والاقتران) بشكل طبيعي أو عبر طرائق مختبرية مقصودة تسمى Recombinant DNA أي DNA نو توليفة جديدة (المعاد التكوين) والخلية الحاوية على مادة وراثية من هذا النوع تسمى Recombinant cell خلية ذات توليفة وراثية جديدة ، وان تكوين اتحادات أو توليفات وراثية جديدة من هذا النوع وما بين الكائنات الحية المتباعدة وراثياً يشكل أساس علم جديد هو علم الهندسة الوراثية.



الاقتران بين الخلية الواهبة (F⁺) والخلية المستلمة (F⁻)