نمو البكتريا Bacterial Growth

معظم أنواع البكتريا يمكن أن تنمى على أوساط غذائية صناعية يتم إعدادها من مستخلصات الأنسجة النباتية والحيوانية والتي توفر العناصر الغذائية والفيتامينات. وعلى كل حال فإن بعض أنواع البكتريا مثل *Mycobacterium leprae* و *Treponema pallidum* لا يمكن تنميتها على الأوساط الصناعية وهناك أنواع أخرى مثل *Clamydia spp* و *Rickettsia spp* لا يمكنها التضاعف إلا داخل الخلايا الحية للعائل لذلك يتم تنميتها على مزارع الأنسجة.

تحت الظروف الملائمة (المواد الغذائية Nutrients و والحرارة Temperature و الجو المحيط Atmosphere) فإن خلايا البكتريا تزداد بالحجم ثم تبدأ بالانقسام الثنائي لتكون خليتين وإذا ما توفر لهاتين الخليتين الظروف الملائمة فإنهما ستتضاعفان لتكونا أربعة خلايا جديدة وهكذا تتم العملية بمعدل نمو أُسي أو لوغارتمي Exponential or Logarithmic ويسمى الزمن اللازم لتضاعف العدد البكتيري في المزرعة بفترة الجيل Generation Time فمثلا للبكتريا *Escherichia coli* بـ 20 دقيقة تحت الظروف المثلى وبالمقابل فإن فترة الجيل للبكتريا *Mycobacterium tuberculosis* تبلغ 24 ساعة.

متطلبات نمو البكتريا Requirements for bacterial growth

معظم أنواع البكتريا تحتاج إلى الكاربون والنايتروجين والماء والأملاح الغير عضوية ومصدر معين للطاقة لغرض النمو. ولكل نوع متطلبات غازية وحرارية و pH وتستهلك مدى معين من مصادر الكربون والنتروجين كما تحتاج بعض أنواع البكتريا عوامل نمو خاصة مثل بعض الأحماض الأمينية والفيتامينات.

إن معرفة متطلبات النمو من الأمور المهمة في اختيار نوع الوسط الغذائي اللازم لتنمية البكتريا وتشخيصها.

مصادر الكاربون والنتروجين Carbon and Nitrogen sources

تنقسم البكتريا إلى نوعين أساسيين اعتمادا على مصادر الكاربون التي تستهلكها:

1. البكتريا ذاتية التغذية Autotrophous: تستطيع هذه البكتريا تصنيع غذائها بنفسها اعتمادا على الكاربون من CO_2 والنتروجين من الأمونيا أو النترات أو النتريت وهذا النوع من البكتريا ذو قيمة زراعية عالية حيث يلعب دورا مهما في السلسلة الغذائية كونه يوفر المادة

الغذائية الأساسية للعديد من الكائنات الحية بشكل مماثل للنباتات والطحالب بينما أهميته الطبية قليلة وهذه المجموعة من البكتريا تنقسم إلى قسمين رئيسيين هما :.

- بكتريا التركيب الضوئي Photosynthetic bacteria: تمتلك هذه البكتريا صبغات خاصة تسمى بالكلوروفيل البكتيري Bacterial chlorophyll وتقوم بتصنيع الكربوهيدرات عن طريق تثبيت CO2 من الجو والطاقة من الضوء بوجود مركبات الكبريت وهو على الأكثر كبريتيد الهيدروجين H2S بدل الماء في النباتات الراقية وحسب التفاعل التالي:.

$$CO_2 + H_2S \rightarrow (CH_2O)n + 2S + H_2O + energy$$

- بكتريا التركيب الكيمياوي Chemosynthtic bacteria: هذه البكتريا لا تمتلك صبغات ضوئية تمكنها من استغلال الطاقة الضوئية لتحويل ثاني أوكسيد الكربون إلى كاربوهيدرات وبدلا من ذلك فإنها تستخدم الطاقة الناتجة من أكسدة بعض العناصر كمركبات الكبريت والأمونيا و والنتريت والحديد والهدروجين وأول أوكسيد الكربون والميثان.

2. البكتريا مختلطة (غير ذاتية) التغذية Heterotrophic bacteria: وهذا النوع لا يستطيع تصنيع غذائه بنفسه وإنما يستهلك المواد الغذائية المصنعة من قبل كائنات أخرى من ضمنها البكتريا من النوع الأول حيث يعتمد هذا النوع على الإنزيمات التي يملكها في تحويل المواد العضوية المعقدة إلى مواد ذائبة يمكن امتصاصها وتنقسم البكتريا التابعة لهذا النوع إلى ثلاث مجاميع:.

- البكتريا الرمية Saprophytic bacteria: تعتمد هذه البكتريا في تغذيتها على تحلل الكائنات الميتة والمواد العضوية في الحصول على المواد الغذائية بمساعدة الإنزيمات الحالة التي تمتلكها التي تعمل على إذابة المواد العضوية ومن ثم امتصاصها. تقوم هذه الكائنات بتحليل البروتينات والكربوهيدرات على التوالي وهذه البكتريا قد تعيش بشكل مترممات اجبارية Obligate saprophytes (تعيش طول حياتها مترممة) أو متطفلات اختيارية Facultative parasite (تعيش معظم حياتها مترممة وقد تتطفل في جزء من دورة حياتها).
- البكتريا التعايشية Symbiotic bacteria: هذه البكتريا تنمو وتتطور ضمن علاقة تبادل منفعة (تعايش) Symbiosis مع كائن حي آخر وكمثال عليها بكتريا العقد الجذرية في البقوليات حيث تقوم هذه البكتريا بتثبيت النتروجين الجوي ليستفاد منه النبات وبالمقابل يقوم النبات بتوفير المأوى والمواد الغذائية لها.
- البكتريا المتطفلة Parasitic bacteria: تعتمد هذه البكتريا في تغذيتها على الأنسجة الحية لكائنات أخر تسمى العوائل Hosts بينما تسمى البكتريا هنا بالمتطفلات Parasites وهي تنتقل للعوائل بواسطة الهواء أو الماء أو الطعام. هذه البكتريا ربما تكون متطفلات إجبارية Obligate parasites (لا يمكنها العيش إلا على أنسجة

عائل حي) أو متطفلات اختيارية Facultative parasite (في حالة غياب العائل يمكن أن تعيش مترممة). هذه البكتريا تسبب الكثير من الأمراض الخطيرة للنبات والحيوان مثل مرض تقرح الحمضيات Citrus Canker و مرض التعفن الحلقي في البطاطا Ring rot of potato في النباتات ومرض الكزاز Tetanus ومرض التايفوئيد Typhoid والسل Tuberculosis والالتهاب الرئوي Pneumonia في الإنسان.

المتطلبات الغازية للبكتريا Atmospheric conditions

- ثاني أوكسيد الكربون Carbon dioxide: تحتاج البكتريا إلى ثاني أوكسيد الكربون للنمو وهذا المركب قد تحصل عليه البكتريا من الجو أو يصنع من قبل البكتريا نفسها وعلى أية حال فإن القليل من أنواع البكتريا تحتاج إلى كميات إضافية من CO_2 لنموها مثل البكتريا *Neisseria meningitides* والبكتريا *Campylobacter jejuni*.
- الأوكسجين Oxygen: تنقسم البكتريا من حيث احتياجها للأوكسجين إلى أربعة أنواع:

1. بكتريا هوائية اجبارية المعيشة Obligate aerobes: تنمو فقط بوجود الأوكسجين مثل بكتريا *Pseudomonas spp*.
2. بكتريا قليلة الاحتياج للأوكسجين Microaerophilic bacteria: تنمو بشكل جيد في تراكيز الأوكسجين الواطئة مثل *Camphylobacter jejuni*.
3. بكتريا لا هوائية إجبارية المعيشة Obligate anaerobes: تنمو فقط في غياب الأوكسجين مثل *Clostridium tetani*.
4. بكتريا لا هوائية اختيارية المعيشة Facultative anaerobs: تنمو بوجود أو عدم وجود الأوكسجين مثل *Escherichia coli*.

درجات الحرارة Temperature

معظم البكتريا المرضية للإنسان تنمو بشكل جيد على درجة حرارة 37°م وقد تكون درجة الحرارة المثلى لها أعلى من ذلك كما في البكتريا *Camphylobacter jejuni* حيث تكون 42°م كما تمتلك بعض أنواع البكتريا القدرة على النمو بدرجات حرارة (0-4°م) حيث تكون ذات أهمية كبيرة في مجال الأحياء الدقيقة الغذائية كالبكتريا *Listeria monocytogenes* المسبب للتسمم الغذائي حيث تنمو ببطئ على درجة 4°م وتتسبب في التسمم الغذائي للأغذية المطبوخة المبردة.

الدالة الحامضية pH

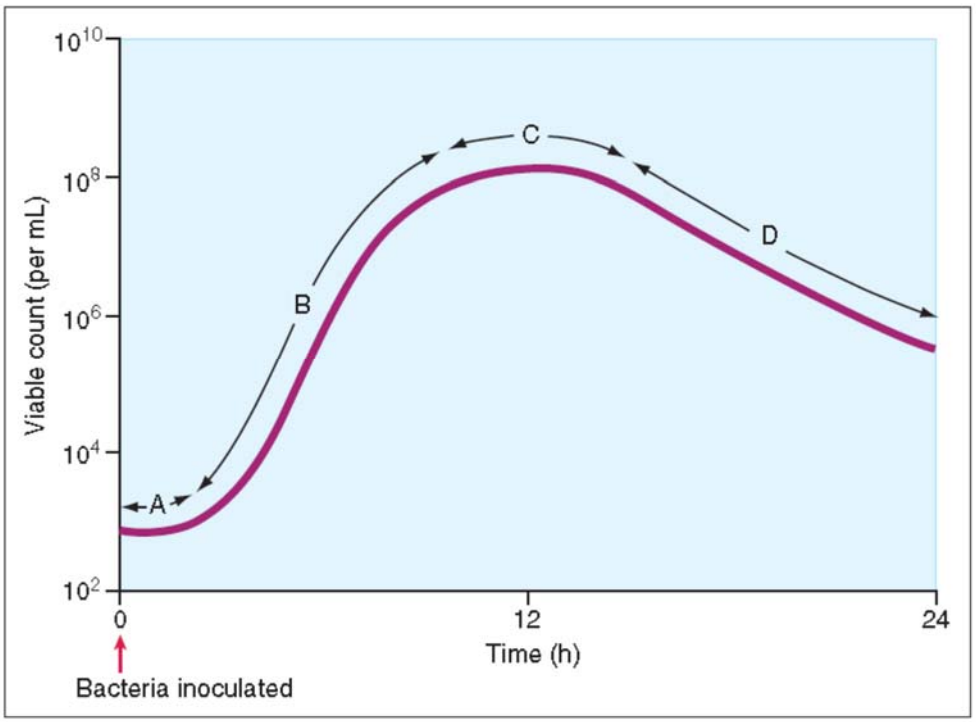
تعيش معظم البكتريا المرضية ضمن مدى pH متعادل يتراوح بين (7.2 -7.6) مع بعض الاستثناءات مثل البكتريا *Lactobacillus acidophilus* التي تفضل الـ pH الحامضي

(pH 4) و أنواع أخر تفضل الـ pH القاعدي كالبكتريا *Vibrio cholera* التي تعيش في pH 8.5.

نمو البكتريا في الأوساط الغذائية السائلة Growth in liquid media

عند تلقيح الوسط الغذائي السائل بالبكتريا فان عملية تضاعف تدريجي تحدث لأعداد البكتريا ضمن فترات زمنية مختلفة وان منحنى النمو الطبيعي يمكن تقسيمه إلى أربعة اطوار رئيسية وهي:

1. طور التلكؤ Lag phase (A): وهي الفترة المحصورة بين بداية تلقيح الوسط بالبكتريا إلى بداية النمو.
2. طور الشروع Log phase (B): وهي مرحلة التضاعف الأسي أو اللوغارتمي حيث يصبح الوسط الغذائي عكرا Turbid نتيجة تضاعف أعداد البكتريا لتصل إلى حوالي 1×10^6 خلية / مل.
3. طور الثبات Stationary phase (C): في هذا الطور يحدث بطئ للنمو نتيجة استهلاك المواد الغذائية وتراكم الفضلات في الوسط بحيث يصبح معدل الإنقسام مساوي لمعدل الموت مما يبقي معد الخلايا الحية ثابتا نسبيا.
4. طور التراجع أو الانخفاض Decline phase (D): حيث يصبح في معدل موت الخلايا أكبر من معدل الإنقسام مما يؤدي إلى انخفاض عدد الخلايا الحية تدريجيا.



نمو البكتريا في الأوساط الغذائية الصلبة Growth in solid media

الوسط الغذائي الصلب عبارة عن نفس الوسط الغذائي السائل ولكن تم جعله صلبا من خلال إضافة مادة الأكار Agar وهي عبارة عن سكريات متعددة Polysaccharides تستخلص من الأعشاب البحرية. عند تسخين الوسط (المضاف إليه الأكار) لأجل تعقيمه فإن الأكار يذوب ويبقى بحالة سائلة إلى أن تصل درجة الحرارة إلى 40° م حيث يبدأ بالتصلب إلى مادة جلاتينية شفافة. تصب الأوساط الصلبة قبل تصلبها في أطباق خاصة تسمى بأطباق بتري Petri dishes أو Agar plates يتم نشر اللقاح البكتيري على سطح الوسط المتصلب فتنمو البكتريا على شكل مستعمرات Colonies مرئية تحتوي كل واحدة على ملايين الوحدات البكتيرية التي نشأت من خلية واحدة Single cell أو مجموعة خلايا Cluster of cells ويساعد ظهور هذه المستعمرات البكتيرية (Colony morphology) في تشخيص البكتريا.

تنمية البكتريا مختبريا Growth on laboratory media

لتنمية البكتريا في المختبر *in vitro* أخذ علماء الأحياء الدقيقة في الحسبان المتطلبات الفسيولوجية لها حيث تم تطوير العديد من أنواع الأوساط الصلبة والسائلة لغرض التعرف على الأحياء الدقيقة في المختبر.

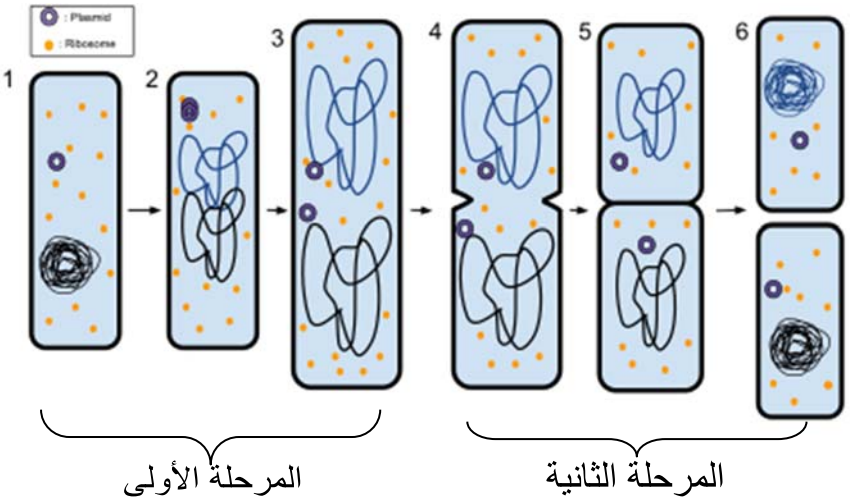
- الأوساط الغذائية البسيطة Simple media: العديد من أنواع البكتريا يمكن أن تنمو في أو على أوساط غذائية بسيطة مثل وسط المرق المغذي Nutrient broth أو Nutrient agar والذي يحتوي على الببتون Peptone (وهو عبارة عن ببتيدات متعددة وأحماض أمينية منتجة من التحلل الإنزيمي للحم) أو وسط مستخلص اللحم Meat extract (عبارة عن مكونات لحم ذائبة في الماء مضاف إليها بعض الأملاح والفيتامينات).
- الأوساط الغنية أو المشبعة Enriched media: هذه الأوساط تحتوي على مواد مغذية إضافية لعزل بعض أنواع البكتريا الصعبة العزل والتي تحتاج إلى ظروف نمو خاصة كوسط الأكار الحاوي على الدم Blood agar ووسط الأكار الحاوي على الدم المتحلل Chocolate agar.
- الأوساط الانتقائية Selective media: صممت هذه الأوساط لدعم نمو بعض أنواع البكتريا ومنع نمو أنواع أخرى مثل وسط Mannitol salt agar والذي يحتوي على تركيز عالي من كلوريد الصوديوم لتغطية احتياجات أنواع بكتريا *Staphylococci* ووسط MacConkey agar الذي يحتوي على أملاح الصفراء Bile salts حيث يسمح بنمو البكتريا التي تتحمل تلك الأملاح أو إضافة بعض المضادات الحيوية للأوساط الغذائية والتي تعمل على السماح لبعض أنواع البكتريا بالنمو وتمنع نمو أنواع أخرى.
- الأوساط الكشفية Indicator media: صممت هذه الأوساط للكشف والتعرف على بعض أنواع البكتريا الممرضة حيث تعتمد هذه الأوساط على تخمر السكريات وإنتاج الحوامض التي تؤدي إلى تغيير لون الوسط نتيجة تغير كاشف الـ pH (pH indicator) مثل وسط

MacConkey agar الذي يحتوي على سكر اللاكتوز وكاشف الـ pH (يكون لونه احمر اعتياديا) فعند تنمية بكتريا تستطيع تخمير اللاكتوز مثل *E. coli* فإنها سوف تنتج حامض ويؤدي إلى تلونها باللون الوردي بينما البكتريا التي لا تستطيع تخمير اللاكتوز مثل *Salmonella spp* وبالتالي لا تنتج حامض فيكون لون مستعمراتها اصفر باهت مما يساعد على التعرف على نوع البكتريا علما أن بعض الأوساط قد تحتوي على مواد كاشفة أخرى أو أملاح الصفراء مضادات معينة لمنع نمو بعض الأنواع والسماح لأخرى كما قد يضاف للوسط صبغة الكرستال البنفسجية Cristal violet لمنع نمو البكتريا الموجبة لتصبيغ كرام وكما لاحظنا فإن وسط MacConkey يعتبر وسط كاشف وانتقائي بنفس الوقت.

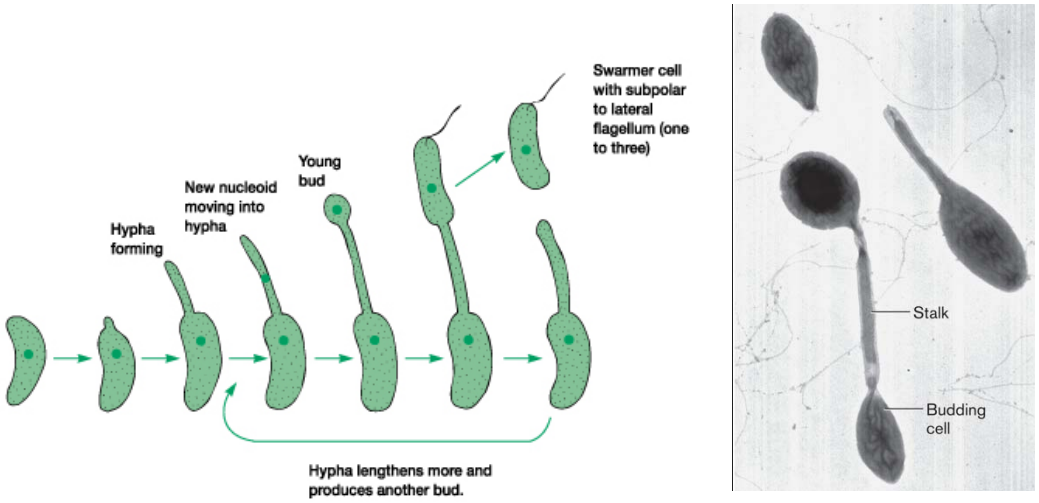
التكاثر في البكتريا Reproduction in bacteria

بصورة عامة فإن البكتريا تتكاثر خضريا vegetative أو لا جنسيا asexual. لم يسجل أي مظهر من مظاهر التكاثر الجنسي من قبل أي مختص بالأحياء الدقيقة ولكن بعض الدراسات باستخدام المجهر الإلكتروني سجلت عملية أعادة تكوين وراثي غير مباشرة بين أفراد بعض أنواع البكتريا. ويتضمن التكاثر الخضري في البكتريا الأنماط التالية:

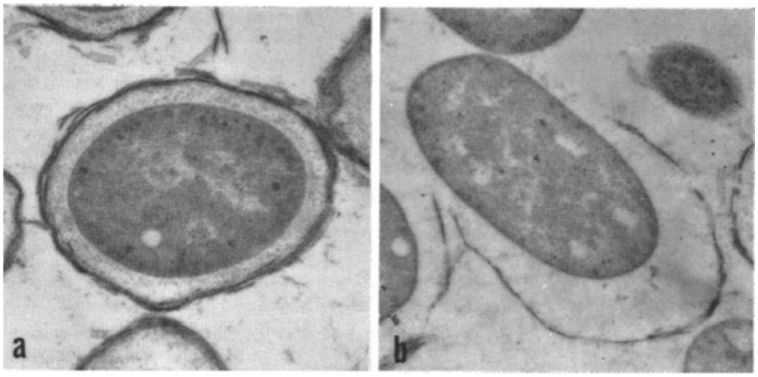
1. الانقسام الثنائي: وهو من أكثر أنواع التكاثر في البكتريا شيوعا ويحدث عند توفر الظروف الملائمة كالضوء والحرارة والرطوبة تتضمن العملية مرحلتين ، في الأولى يتم تضاعف المادة الوراثية وتنتهي بتكون حلقتي DNA ينتقلان إلى قطبين متعاكسين في الخلية بمساعدة الميزوسوم Mesosome أما المرحلة الثانية تسمى بالانقسام السايتوبلازمي Division of cytoplasm وتكوين الحاجز المستعرض و تبدأ بانبعاج جدار الخلية للداخل ويستمر بالتعمق باتجاه المركز لحين انقسام الخلية إلى خليتين جديدتين.



2. التبرعم Budding: في هذا النوع يحدث تثخن في جدار الخلية في أحد طرفيها ثم يتطور إلى نمو سايتوبلازمي أو نتوء محاط بغشاء رقيق مكونا تركيبا يسمى البرعم يتبع ذلك تضاعف المادة الوراثية وتذهب نسخة من الـ DNA إلى البرعم المتكون ثم ينفصل البرعم إلى خلية صغيرة الحجم (أصغر من الخلية الأم) ولكنها مشابهة لها في كل شيء آخر تنمو فيما بعد ليصبح حجمها طبيعيا كما في *Hyphomycrobium*.

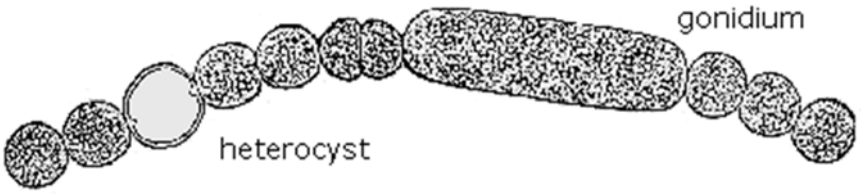


3. التكيس Cyst: التكيس في البكتريا نادر الحدوث والكيس عبارة عن خلية كروية الشكل تتكون في ظل الظروف الغير ملائمة حيث يتكور بروتوبلاست الخلية وتتقزم ويضيق قطرها ثم ينفصل البروتوبلاست عن جدار الخلية بعد ذلك يتكون جدار خليوي سميك حول التركيب الجديد ويسمى هذا التركيب بالكيس Cyst. عند تحسن الظروف فإن هذا التركيب ينبت ليكون خلية جديدة كما في البكتري *Azotobacter*.



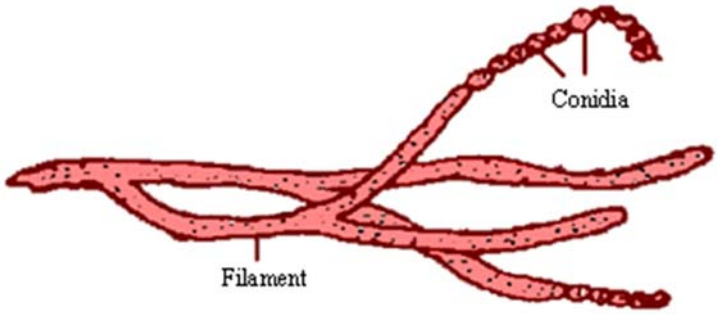
4. تكوين الكونيديا أو التقسيم Gonidia or segmentation: تحدث هذه العملية في الظروف الغير ملائمة حيث يتقسم البروتبلاست للخلية البكتيرية إلى عدة اقسام Fragments يسبقه تضاعف متكرر للـ DNA بحيث يحتوي كل قسم على نسخة من المادة الوراثية مكونة في النهاية أجسام دقيقة تدعى الكونيديا Gonidia (مفردها

Gonidium) وعند تحسن الظروف البيئية فإن كل كونيديوم تنبت لتكون خلية بكتيرية جديدة.

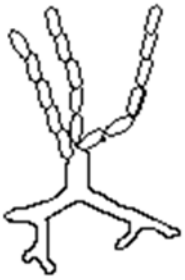


أما التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction فيشمل الأنماط التالية:.

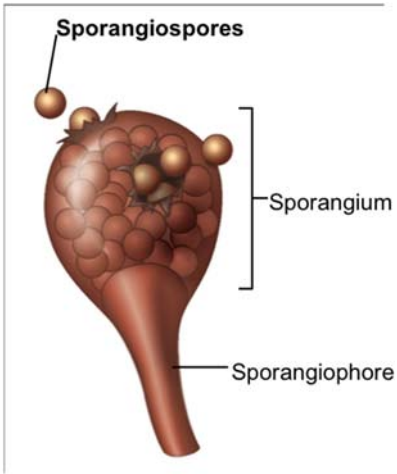
1. التكاثر بواسطة الكونيديا Conidia: يتكون في بعض أنواع البكتريا الخيطية مثل Streptomyces تراكيب دقيقة قرصية الشكل في رأس الخيط البكتيري تسمى الكونيديا Conidia تكون بشكل سلاسل بحيث تكون أكثرها نضجا عند القاعدة ويسمى الخيط الحامل لها بالحامل الكونيدي Conidiophore تنبت كل واحدة منها لتكون خلية بكتيرية خيطية واحدة.



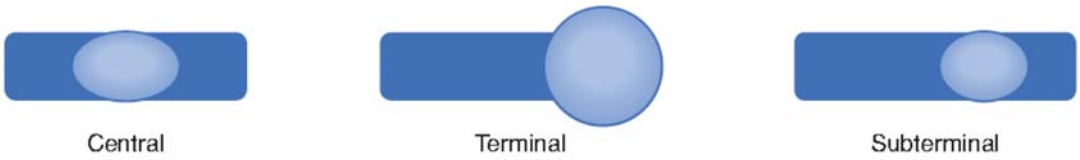
2. التكاثر بواسطة الأوديوسبور Oidiospore: يحدث هذا النوع في أنواع معينة من البكتريا الخيطية Actinomyces حيث يتقسم الخيط عند طرفه إلى أقسام يسمى كل قسم منها أوديوسبور Oidiospore ينمو كل واحد منها ليكون خيط بكتيري جديد.



3. التكاثر بواسطة السبورات السبورانجية Sporangiospores: يحدث في البكتريا الخيطية Filamentous bacteria حيث تنتفخ نهايات بعض الأفرع وتكون السبورانجيا Sporangia ينقسم السايتوبلازم داخله ليكون العديد من السبورات السبورانجية Sporangiospores والتي تنبت كل واحدة منها تحت الظروف الملائمة لتنتج وحدة بكتريا خيطية جديدة.



4. التكاثر بواسطة السبورات الداخلية Endospores: السبورات الداخلية (السبورات) عبارة عن خلايا بكتيرية ساكنة محاطة بغلاف سميك ثنائي الطبقة تتشكل داخل الخلية البكتيرية في بعض الأجناس مثل *Bacillus* و *Clostridium*.



تكون هذه التراكيب مقاومة جدا للظروف البيئية الغير ملائمة وقد تقاوم الجفاف Desiccation والمطهرات Disinfectants والغليان Boiling لعدة ساعات والتجميد Freezing وحتى الإشعاع Radiation. تتكون السبورات كاستجابة لنقص المواد الغذائية Nutrients وفق عملية معقد تسمى التبويغ (تكوين السبورات) Sporulation تتضمن على الأقل سبعة مراحل. عندما يكتمل تشكل السبور يظهر بشكل خلية بيضوية أو مستديرة داخل الخلية الأصلية. يختلف موقع السبور باختلاف نوع البكتريا لكنه ثابت ضمن النوع الواحد ويمكن للسبورات أن تبقى ساكنة لفترات طويلة ثم تعود لتصبح خلايا نشطة من جديد أي بمعنى تنبت من جديد Re-germinate عند توفر الظروف الملائمة كتوفر المواد الغذائية كالسكريات والأحماض الأمينية والأملاح. للسبورات دور مهم في وبائية بعض الأمراض البكتيرية كمرض الجمرة الخبيثة Anthrax والسل Tetanus والكنكرين Gas gangrene والأصبات التي تسببها *Closstridium difficile*. تعتبر عملية القضاء على السبورات (التعقيم) من العمليات المهمة في المستشفيات وفي صناعة الأدوية والصناعات الغذائية.

Bacterial families عوائل البكتريا

قبل الخوض في هذا الموضوع يجب معرفة السلم التصنيفي Classification rank للبكتريا والذي يحتوي على مجموعة من المستويات التصنيفية Taxa ومفردها Taxon ونعني بالأخير مجموعة من الكائنات من مجتمع معين أو عدة مجتمعات يرى المصنفون أنها تمثل وحدة تصنيفية. ومن الأمثلة على المستويات التصنيفية النوع Species والجنس Genus والعائلة Family والصف Class المملكة Kingdom..إلخ وهذه المراتب التصنيفية لا توضع اعتباطا وإنما ترتب تصاعديا أو تنازليا وفق ترتيب سُلَّمي يسمى بالسلم التصنيفي Classification rank وهو للبكتريا كما يلي:.

النطاق Domain ← القسم Division ← الصف Class ← تحت الصف Subclass ← الرتبة Order ← تحت الرتبة Suborder ← العائلة Family ← الجنس Genus ← النوع Species.

Domain	Bacteria
Phylum in zoology or Division in botany and bacteriology	Actinobacteria
Class	Actinobacteria
Subclass	Actinobacteridae
Order	Actinomycetales
Suborder	Actinomycineae
Family	Actinomycetaceae
Genus	*Actinomyces*
Species	*Actinomyces bovis*

Bergey's Manual of Systimatic Bacteriology 2nd ed, Part A, Vol. 2

إذا العائلة هي المرتبة التصنيفية التي قد تحتوي مجموعة من تحت العوائل أو مجموعة من الأجناس والأنواع أو كلاهما (حسب أنواع الكائنات). وفيما يلي وصف لبعض العوائل البكتيرية المهمة في أمراض النبات وموقعها التصنيفي :.

1. العوائل التابعة للـ(Division: Proteobacteria → Class: Gammaproteobacteria → Order: Enterobacteriales)

- **عائلة Enterobacteriaceae**: تعد من أكثر عائلات البكتريا التي تمت دراستها وهي موجبة لتصبيغ كرام ويقوم عدد من أفرادها بتخمير الكربوهيدرات ومن أهم صفاتها

المميزة هو التباين في قابليتها على تخمير اللاكتوز ويعيش بعض أجناسها في أمعاء الإنسان والحيوان وبعضها يسبب أمراضا للإنسان والحيوان والنبات ومن أهم أجناسها:

- ❖ ***Erwinia***: يسبب أمراض اللفحة النارية Fire blight على التفاح والكمثرى وذبول ستيوارت على الذرة Stewart's wilt كما تسبب العفن الطري للكثير من الخضروات اللحمية كالبطاطا.
- ❖ ***Pantoea***: يسبب ذبول الذرة الصفراء.
- ❖ ***Serratia***: من البكتريا التي تعيش في اللحاء وتسبب مرض اصفرار العروق في القرعيات.
- ❖ ***Sphyngomonas***: تسبب مرض التبقع البني على ثمار الشمام الاسباني.

Order: Pseudomonadales

- **عائلة Pseudomondaceae**: تكون أشكالها عصوية قصيرة أو متوسطة أو طويلة وهي سالبة لتصبيغ كرام وبعض أفرادها متحركة بواسطة أسواط متعددة أو سوط واحد وهي لا تنتج السبورات وتكون هوائية المعيشة وعضوية التغذية وتعيش في أماكن متعددة كالتربة والمياه ويسبب بعض أنواعها أمراضا للنبات وقد تستخدم بعض أنواعها في المقاومة الحيوية لبعض أمراض النبات. ومن أهم أجناسها:

- ❖ ***Acidovorax***: يسبب تبقع الأوراق للذرة الصفراء والأوركيد والرقي.
- ❖ ***Pseudomonas***: تسبب أمراض تبقع الأوراق Leaf spots و اللفحة Blight و الذبول الوعائي Vascular wilt والتعفن الطري Soft rot والأورام galls والتقرحات Cankers على النبات كما تستخدم بعض أنواعها في المقاومة الحيوية Biological control لبعض أمراض الجذور.
- ❖ ***Ralstonia***: تسبب بعض أمراض الذبول للعائلة الباذنجانية Solanaceous crops.
- ❖ ***Rhizobacter***: تسبب مرض التدرن البكتيري Bacterial gall على الجزر.
- ❖ ***Rhizomonas***: تسبب تعفن الجذور الفليني على الخس.
- ❖ ***Xanthomonas***: تسبب بعض أمراض تبقع الأوراق leaf spots وتبقع الثمار Fruits spot و بعض أمراض اللفحة لبعض النباتات الحولية والمعمرة كما يسبب مرض الذبول الوعائي Vascular wilt والتقرح Canker للحمضيات.
- ❖ ***Xylophilus***: تسبب مرض التنقر البكتيري Bacterial nicrosis والتقرح Canker على العنب.
- ❖ ***Acetobacter***: من الأجناس المهمة صناعيا حيث تستخدم في تحويل الكحول إلى خل.

Order: Rhizobiales

- **عائلة Rhizobiaceae:** بكتريا عصوية وقد تحتوي على أشكال أخرى وتقوم بتثبيت النتروجين الجوي عندما تنمو في عقد النباتات البقولية كما تحتوي على أجناس أخرى مرضية للنبات. وأهم أجناسها:.
  - ❖ ***Agrobacterium***: يسبب مرض التدرن التاجي Crown gall disease.
  - ❖ ***Rhizobium***: تثبت النتروجين الجوي في التربة عن طريق تكوين العقد الجذرية في البقوليات.

Order: Xanthomonadales

- **عائلة Xanthomonadaceae:** وهي بكتريا سالبة لتصبيغ كرام وتتضمن أجناسا ممرضة للنبات وتضم الأجناس التالية:
  - ❖ ***Xylella***: تتواجد هذه البكتريا في منطقة الخشب Xylem في النبات وتسبب العديد من الأمراض كتحرق الأوراق Leaf scorch وأمراض الموت الرجعي Dieback diseases على الأشجار والكروم.
  - ❖ ***Candidatus liberobacter***: تستوطن منطقة اللحاء وتسبب مرض اخضرار الحمضيات.
  - ❖ ***Xanthomonas***: تسبب مرض تقرح الحمضيات Citrus canker.

2. العوائل التابعة للـ(Division: Firmicutes → Class: Firmibacteria → Order: Bacillales)

- **عائلة Bacillaceae:** وهي عبارة عن عصيات هوائية أو لا هوائية، مكونة للسبورات، في بعض الأنواع يكون جدار الخلية الخضرية منتفخا نتيجة لوجود السبور علما أن موقع وحجم السبور يعدان من الصفات المميزة ، توجد عادة في التربة ومن أهم أجناسها:.
  - ❖ ***Bacillus***: تسبب تعفنات للدرنات ، البذور والبادرات كما تسبب مرض التخطط الأبيض White strip في الحنطة كما أن لبعض أجناسها دور مهم في المقاومة الحيوية للأمراض والحشرات.
  - ❖ ***Clustridium***: تسبب تعفنات الدرنات المخزونة والأوراق بالإضافة إلى تعفن أخشاب الحور Poplar والدردار Elm الرطبة.

Class: Actinobacteria → Subclass: Actinobacteridae → Order: (Actinomycetales → Suborder: Micrococcineae →

- **عائلة Micrococcaceae:** وهي بكتريا عصوية وقد تصبح كروية في بعض أطوار دورة حياتها موجبة لتصبيغ كرام تكون هوائية أو لا هوائية تتجمع بعدة أشكال ومن أهم أجناسها:
  - ❖ ***Arthrobacter:*** تسبب بعض أمراض اللفحة Blight والتدرنات Galls .

- **عائلة Microbacteraceae:** وهي من أحياء التربة الدقيقة الموجبة لتصبيغ كرام اشكالها متعددة فبعض أجناسها عصوية قصيرة غير منتظمة أو كروية أو متفرعة، وتنتشر في اليابسة والمياه ويسب بعضها أمراضا للنبات ومن أهم أجناسها:
  - ❖ ***Clavibacter*** : يسبب الذبول البكتيري للخس والبطاطا والطماطة.
  - ❖ ***Curtobacterium*** : تسبب الذبول في البقوليات وبعض النباتات الأخرى.
  - ❖ ***Liefsonia*** : تسبب مرض تقزم البراعم Ratoon stunting في قصب السكر Sugarcane.

Suborder: Corynebacterineae

- **عائلة Nocardiaceae:** أفراد هذه العائلة هوائية موجبة لتصبيغ كرام تتواجد عادة في التربة والمياه قد تكون عصيات كروية Coccibacilli أو خيطية Filamentous ونادرا ما تكون مقسمة Fragmented ومن أهم أجناسها:
  - ❖ ***Rhodococcus:*** يسبب مرض تشوه أزهار البزاليا الحلوة Sweet pea Faciation.

Suborder: Streptomycineae

- **عائلة Streptomycetaceae:** أفراد هذه العائلة تكون مايسيليوم حقيقي وهو لا يتجزأ إلى أجزاء عصوية أو كروية وبدلا من ذلك تنشأ الكونيدات Conidia في نهاية الهايفات وطريقة التكاثر هذه تشبه تلك التي في الأعفان ومن أهم أجناسها:
  - ❖ ***Streptomyces:*** يسبب مرض جرب البطاطا Potato scab كما تستخدم بعض أنواعه في تصنيع مضاد التتراسايكلين.

The Fungi الفطريات

تعد مملكة الفطريات The kingdom of fungi من الممالك الكبيرة حيث تضم عدد كبير من الأنواع المعرفة (المصنفة وغير المصنفة) يصل إلى أكثر من 300000 نوع وإن معظم هذه الأنواع تكون فطريات مجهرية (أعفان أو خمائر) والقليل من هذه الأنواع تكون أجزائها التكاثرية مرئية للعين المجردة تسمى بالفطريات اللحمية Mushrooms. عموما فإن العلم الذي يهتم بدراسة الفطريات يسمى بعلم الفطريات Mycology ويسمى الشخص المختص بالفطريات Mycologist.

الصفات العامة للفطريات

1. معظم الفطريات تكون حقيقية النواة Eukaryotes متعددة الخلايا Multi-cellular والبعض منها وحيدة الخلية Uni-cellular.
2. الفطريات كائنات غير متحركة.
3. لا تمتلك الكلوروفيل وهي غير قادرة على تصنيع غذائها بنفسها Heterotrophic وتعتمد في تغذيتها على المادة العضوية فهي قد تكون مترممة Saprophytes (تعتمد في تغذيتها على بقايا الأحياء الميتة) أو متطفلة Parasites (تعتمد في تغذيتها على عوائل Hosts حية).
4. معظم الفطريات محللة للمواد العضوية Decomposers حيث أن لديها القدرة على إنتاج الكثير من الإنزيمات الهاضمة (المحللة) التي تفرز في البيئة المحيطة بها لتفكيك (تحليل) المواد العضوية. هذه الإنزيمات هي المسؤولة عن إحداث الأضرار بالمواد الغذائية المخزونة والأخشاب.
5. في الطور الخضري Vegetative phase فإن جسم الفطر يسمى مايسيليوم Mycelium.
6. المايسيليوم هو المسؤول عن امتصاص الغذاء في جسم الفطر. والمايسيليوم عبارة شبكة من الخيوط Filaments تدعى الهايفات Hyphae.
7. هناك نوعين من الهايفات فالنوع الأول تكون فيه الهايفا مقسمة Septate حيث تقسم الخيط الفطري إلى أقسام متعاقبة Successive compartments بواسطة حواجز أو جدران تسمى Septa أما النوع الثاني فتكون الهايفات غير مقسمة Coenocytic or nonseptate حيث تكون الهايفا انبوبية بدون حواجز.
8. على العكس من النباتات فإن جدران الخلايا الفطرية تحتوي على الكايتين Chitin بدلا من السليلوز Cellulose.
9. يتم تخزين الطاقة في الفطريات على شكل كلايكوجين Glycogen كما في الحيوانات وليس كنشأ Starch كما في النباتات.

10. يتم التكاثر بواسطة سبورات متحركة Motile spores أو غير متحركة Non-motile spores والتي قد تنتج جنسيا sexually أو لا جنسيا Asexually.
11. هناك حوالي 200 نوع من الفطريات يمكن أكلها Edible fungi و 70 نوع تكون سامة Poisonous species.
12. تتواجد الفطريات في بيئات كثيرة جدا ومتنوعة ولكن على ما يبدو فإنها تميل للعيش في البيئات الرطبة والمظلمة.
13. تستخدم الفطريات أو منتجاتها في تصنيع المعجنات أو الأجبان أو الكحول.

تصنيف الفطريات

تصنف المملكة الفطرية كما يلي:

Kingdom: Fungi

Division: Myxomycophyta –Slime moldes الأعفان المخاطية

Division: Eumycophyta –True fungi الفطريات الحقيقية

Class: Phycomycetae –Algal fungi الفطريات المائية

Class: Ascomycetae –Sac fungi الفطريات الكيسية

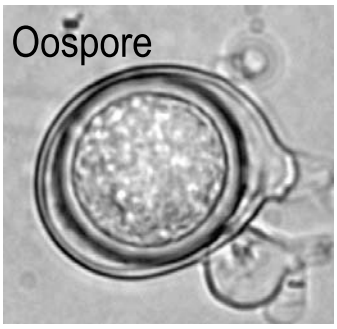
Class: Basidomycetae –Club fungi الفطريات البازيدية

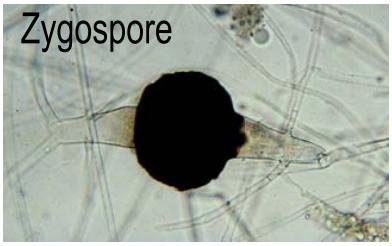
Class: Deuteromycetae –Imperfect fungi الفطريات الناقصة

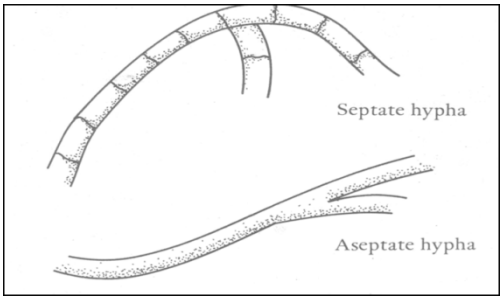
الأعفان المخاطية Division: Myxomycophyta : وهي مجموعة من الكائنات الحية الدقيقة التي تمتلك صفات مشتركة بين النباتات والحيوانات. في البداية صنفت ضمن الفطريات (Myxomycetes) وجزء منها مع البروتوزوا (Mycetozoa). الطور الخضري (اللاجنسي) للمجموعة الأكبر من هذه الكائنات (Myxomycetes) يتكون من كتلة بروتوبلازمية متعددة الأنوية تسمى البلازموديوم Plasmodium وتتحرك حركة أميبية Amoiboid وتبتلع الغذاء بطريقة مشابهة للأميبا (صفة حيوانية) وتتكاثر بتكوين السبورات التي تظهر في بعض الأجناس محاطة بجدار سليلوزي وتكون داخل سبورانجيا Sporangia (صفة نباتية). قد يحدث انقسام اختزالي Meiosis قبل عملية تكوين السبور. تنبت السبورات لتكون واحدة أو أكثر من Myxoamoiba أو سبور سابح ثنائي الأسواط biflagellate swarm cell والتي قد تسلك سلوك كميت Gamete (خلية جنسية) وتتحد بشكل أزواج أو أن تفقد اسواطها وتمر بسلسلة انقسامات ثم تتحد جنسيا لتكون السبور الزيجي الزايكوت Zygot. نمو الزايكوت ينتج عنه تكوين البلازموديوم. تكون البلازموديا Plasmodia (جمع Plasmodium) قد يتكون من التحام عدة

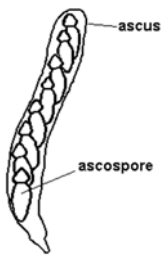
زايكوتات او عدد من البلازموديوم. هذه الكائنات واسعة الانتشار وتسبب تعفن للخضروات في الظروف الرطبة ومن أشهر انواعه *Fuligo septic* أو ما يعرف بأزهار حديقة تان Flower of tan حيث تظهر الأجسام الثمرية للكائن بشكل بلازموديوم أصفر اللون يشبه الأزهار يمتد بشكل بقعة يصل قطرها إلى 8 إنج ويستخدم في دباغة الجلود Tanning hides.

الفطريات المائية Phycomycets : وتشمل الأعفان المائية والأنواع الأخرى التي تعيش في البيئات الرطبة وتكون هايفات الأعفان التابعة لهذه المجموعة غير مقسمة بجدر عرضية ولهذا فإن محتويات الخلية تتحول من خلية إلى أخرى ضمن الهايفا الواحدة وتتكاثر أفراد هذه المجموعة بتكوين السبورات الزيجية Zygospores والسبورات البيضية Oospores ومن أهم الأجناس التابعة لها *Rhyzopus* و *Mucor*.



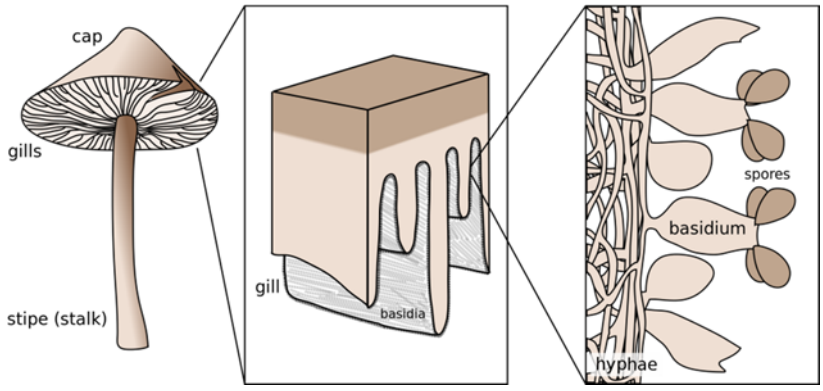






الفطريات الكيسية Ascomycetes: تكون الهايفات في هذه المجموعة مقسمة وتتكاثر جنسيا بتكوين السبورات الكيسية Ascospores وهي تتكون داخل كيس بيضوي الشكل يسمى Ascus. ومن الأمثلة عليها خميرة الخبز *Saccharomyces cervisiae*.

الفطريات البازيدية Basidiomycetes: تكون الهايفات مقسمة وتتكاثر جنسيا بتكوين السبورات البازيدية Basidiospores والتي تكون في داخل تركيب يشبه الهراوة يسمى البازيديوم Basidium. ومن الأنواع التابعة لهذه المجموعة فطر العرهون Mushroom (*Agaricus bisporus*).



الفطريات الناقصة Deuteromycetes (Fungi imperfecti): الهايفات في هذه المجموعة تكون مقسمة وطريقة التكاثر الجنسي في هذه الفطريات غير معروفة وفي حالة معرفتها لأحد الأنواع فإنه يكون غالبا ضمن الصفوف الثلاثة أعلاه.