

تنمية البكتيريا Arrangements of Bacteria

أولاً: طبيعية التغذية

تقسم البكتيريا الى مجموعتين رئيسيتين حسب مصدر الكربون الداخل في عملية البناء الي:
أ. بكتيريا ذاتية التغذية Autotrophic ب. بكتيريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic

أ) بكتيريا ذاتية التغذية : Autotrophic

وهذا النوع من البكتيريا بإمكانه توفير احتياجاته الكربونية من مصادر لاعضوية باستعمال ثاني أكسيد الكربون الجوي ومن هنا فهي تعيش مستقلة غير معتمدة على غيرها.

وتقسم بكتيريا ذاتية التغذية Autotrophic الي قسمين حسب مصدر الطاقة المستخدم الي:

1- بكتيريا ذاتية التغذية الضوئية Photoautotrophs

مثل البكتيريا الخضراء أو القرمزية التي تحتوي الكلورفيل البكتيري فهي قادرة على القيام بعملية البناء الضوئي باستخدام الطاقة الشمسية

2- البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemoautotrophs

هي نوع من البكتيريا التي تحصل على الطاقة اللازمة لاختزال ثاني أكسيد الكربون عن طريق اجراء بعض التفاعلات الكيميائية و في كل الحالات تنطلق طاقة نتيجة الأكسدة تستفيد منها البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية في تثبيت ثاني أكسيد الكربون في مركبات كربوهيدراتية.

أمثلة على البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية

بكتيريا الكبريت الكيميائية

بكتيريا الحديد الكيميائية

بكتيريا النتروجين الكيميائية

ومنها بكتيريا النيتروزوموناس تستفيد من أكسدة الأمونيا في تثبيت ثاني أكسيد الكربون وبكتيريا الأروتوبلاكت التي تحول النيتروجين الي مواد عضوية مفيدة

ب) البكتيريا غير ذاتية التغذية: Heterotrophic

تعد غالبية انواع البكتيريا غير ذاتية التغذية ، حيث تستمد الطاقة اللازمة لبناء مادتها البروتينية من تكسير مواد عضوية من الكائنات الحية الأخرى .



وتقسم الى أنواع:

البكتيريا التي تعيش رمية Saprophytic مثال - بكتيريا التطفل
البكتيريا التي تعيش متطفلة Parasitic مثال - جميع البكتيريا المسببة للأمراض.
البكتيريا التي تعيش معيشة تكافلية Symbiotic مع غيرها من الأحياء مثال - بكتيريا العقد الجذرية

ثانياً: الظروف البيئية**1- الأكسجين**

البكتيريا الهوائية Aerobic Bacteria : تعيش في وجود الأكسجين و لا تستطيع العيش بدونه مثال : بكتيريا الالتهاب الرئوي

(ب) بكتيريا لا هوائية Anaerobic Bacteria : تعيش في غياب الأكسجين الحر، بل أي كمية منه تعتبر قاتلة بالنسبة إليه . مثال بكتيريا التيتانوس و بكتيريا الكلوسترديوم

(ج) بكتيريا اختيائية Facultitative aerobes : تستطيع النمو في وجود الأكسجين الحر - أو غياب الأكسجين الحر مثال : بكتيريا التفوئيد و بكتيريا الكوليرا.

(د) بكتيريا لاهوائية بوجود الاوكسجين Aerotolerant anaerobes : بكتيريا لاهوائية تنمو بوجود الاوكسجين ولكن تتحسس اذا ارتفع مستواه اكثر من 2%.

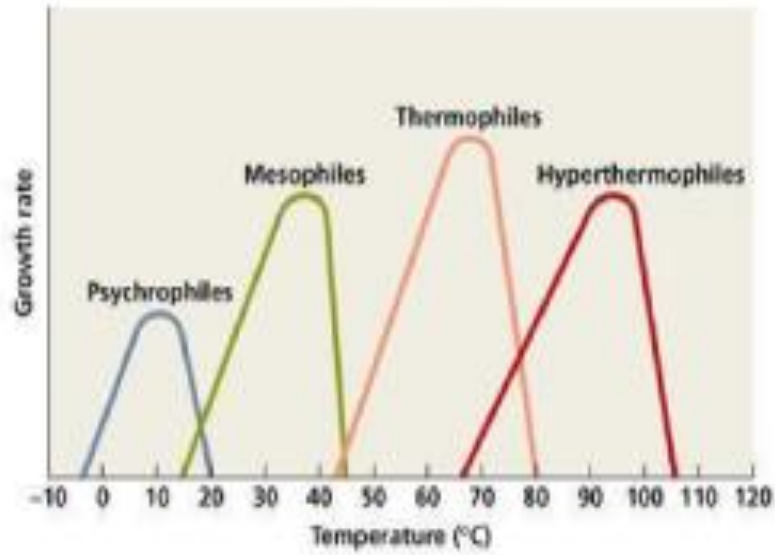
2- درجة الحرارة Temperature:

1- Psychrophilic: تنمو في درجات حرارة اقل من 10م° مثل *Flavobacterium spp* وبعض أنواعها يستطيع العيش تحت درجة حرارة -20 م°.

2- Mesophilic: تنمو ما بين 20-40 م°

3- Thermophilic: تنمو في درجات حرارة اعلى من 60 م°

4- Hyperthermophile: تعيش بين درجة حرارة 70 الى 125 م° مثل بكتيريا *Pyrococcus furiosus* التي تعيش تحت درجات حرارة 100 م°



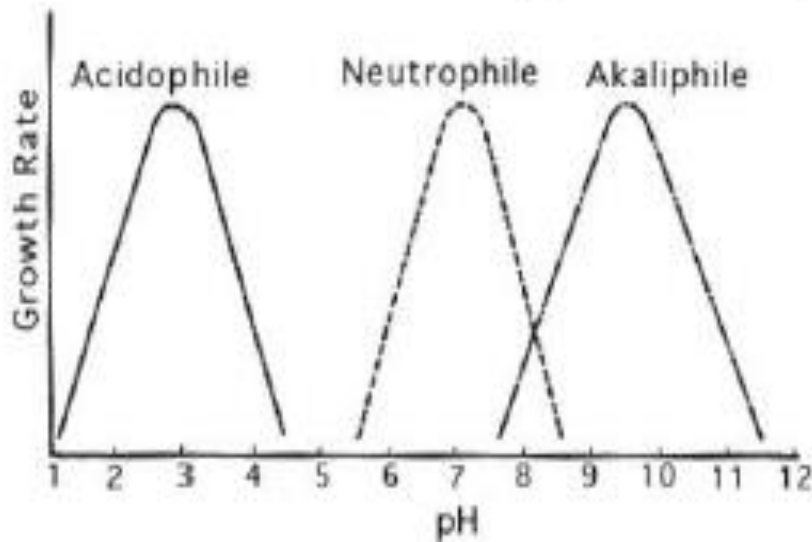
3- حموضة الوسط (pH):

تنمو البكتيريا في مدىات مختلفة من تركيز ايون الهيدروجين في الوسط الذي تعيش فيه وقسمت الى ثلاث مجاميع حسب الدرجة المتلى من الحموضة .

أولاً: البكتيريا المحبة او اليفة الوسط الحامضي **Acidophilic**
تركيز الوسط أقل من 5 مثل بكتيريا حامض اللاكتك

ثانياً: البكتيريا المحبة او اليفة الوسط المتعادل **Neutrophilic**
ويكون بين 6-8 ومعظم البكتيريا تنمو في هذا المستوى من التركيز مثل بكتيريا العقد الجذرية

ثالثاً: البكتيريا المحبة او اليفة الوسط القاعدي **Akaliphilic**
الـ pH بين 8.5 - 10.5 مثل *Vibrio spp*



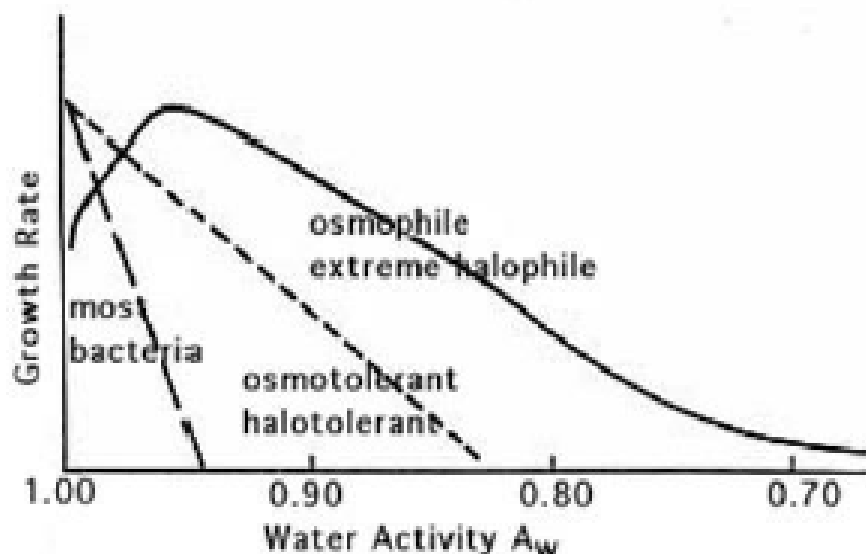
Organism	Minimum pH	Optimum pH	Maximum pH
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	0.5	2.0-2.8	4.0-6.0
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	1.0	2.0-3.0	5.0
<i>Bacillus acidocaldarius</i>	2.0	4.0	6.0
<i>Zymomonas lindneri</i>	3.5	5.5-6.0	7.5
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4.0-4.6	5.8-6.6	6.8
<i>Staphylococcus aureus</i>	4.2	7.0-7.5	9.3
<i>Escherichia coli</i>	4.4	6.0-7.0	9.0
<i>Clostridium sporogenes</i>	5.0-5.8	6.0-7.6	8.5-9.0
<i>Erwinia caratovora</i>	5.6	7.1	9.3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.6	6.6-7.0	8.0
<i>Thiobacillus novellus</i>	5.7	7.0	9.0
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	6.5	7.8	8.3
<i>Nitrobacter</i> sp	6.6	7.6-8.6	10.0

4- ازموزية الوسط او توفر الماء الحر:

1- المحبة للملوحة Halophiles: والتي تعيش في مدى من التركيز الملحي بين 10 -

20% مثل *Staphylococcus aureus*

2- Extreme halophiles: والتي تعيش في مدى من التركيز الملحي بين 15 - 30% .



ثالثاً: النمو والتكاثر Growth and Propagation of Bacteria

نمو وتكاثر البكتريا

عادة يشير النمو البكتيري إلى الزيادة في عدد الخلايا الكلي وليس الزيادة في حجم الخلية أو كتلتها. يتكاثر البكتريا بواسطة الانشطار الثنائي binary fission والذي فيه تنشط الخلية المفردة إلى خليتين متماثلتين وهو أسلوب تكاثر لاجنسي وتعد من أكثر طرق التكاثر شيوعاً في البكتريا كما وتتكاثر بعض أنواع البكتريا بطريقة التبرعم budding مثل بكتريا *Hyphomicrobium vulgare* وقليل من البكتريا تتكاثر بواسطة تكوين الكونيدات مثل بكتريا *Streptomyces spp.* وتتكاثر بعض أنواع البكتريا الخيطية بواسطة عملية التجزئة fragmentation مثل بكتريا *Nocardia spp.*

وهناك طريقة للتكاثر الجنسي يطلق عليه الاقتران

منحنى النمو الطبيعي

إذا لقيت خلية بكتيرية واحدة في وسط غذائي وحضنت بدرجة الحرارة المثالية للنمو فإن الخلية تبدي خواص منحنى النمو الذي يتكون من أربعة أطوار :-

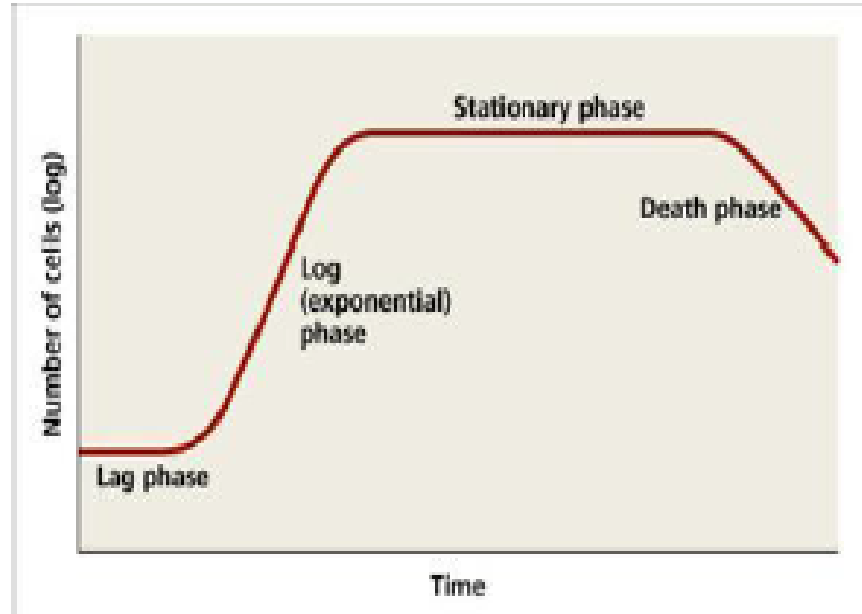
1- طور الركود: lag phase لا تزداد أعداد الخلايا في هذا الطور ولكن تبقى ثابتة مؤقتاً ولكنها ليست في حالة سبات لكونها في حالة من الاستعداد للنمو والعمل على تخليق الأحماض النووية والإنزيمات ومرافقات الإنزيم حيث لا يرافقه زيادة في عدد الخلايا

2- طور النمو: اللوغاريتمي exponential or logarithmic phase يزداد عدد الخلايا زيادة أسية وبمعدل عال تحت الظروف المثالية من درجة الحرارة وتوفر الغذاء وتكون الخلايا البكتيرية في هذا الطور متماثلة من حيث التركيب الكيميائي والفعالية الحيوية. لذا تستخدم في هذا الطور لأجراء الاختبارات المايكروبيولوجية

3- طور النمو الثابت Stationary phase يتباطأ معدل تكاثر الخلايا في هذا الطور الآن خط النمو يبقى مستقيماً وليس هناك زيادة في معدل النمو ويرجع ذلك إلى قرب نفاذ المادة الغذائية واحتمالية إنتاج مواد إضحية سامة نتيجة النمو فيتوقف الانقسام نتيجة لمسبق ويتساوى معدل الموت مع معدل النمو.

4- طور الموت Death phase :

في هذا الطور يكون معدل موت الخلايا اعلى من معدل انتاج خلايا جديدة وهذه الحالة تعود الى نفاذ المواد الغذائية الاساسية من الوسط وتراكم المواد السامة المثبطة للنمو وفي نهاية هذا الطور يقل معدل موت الخلايا وسبب ذلك يعود الى قلة اعداد الخلايا الحية المتبقية مما يجعل باقي المواد الغذائية في الوسط يكفي لاستمرار نشاطها وتصبح الخلايا الميتة في الوسط مصدرا غذائيا جديدا للخلايا الحية



الأهمية التطبيقية لمنحنى النمو:

يعتبر ذا أهمية قصوى في التعامل مع البكتيريا بالذات في مجالات مقاومة البكتيريا، الإصابات المرضية، فساد الأغذية الميكروبي... الخ، بصفة عامة فإن الخلايا عندما تكون في اوج نشاطها فإنها تكون اكثر عرضة للتأثر بالعوامل التي تؤدي الى تعطيل عمليات الأيض والتكاثر في الخلية ومن الناحية المرضية فإن الخلايا في الطور النشط تكون اكثر ضراوة وامراضية مقارنة بتلك في الاطوار المتأخرة ويفضل ان تتم عمليات التصنيع لدراسة الخلايا في مرحلة الطور النشط (باستثناء صيغ الجراثيم).

التكاثر: Reproduction:

يتم التكاثر في البكتيريا بعدة طرق :

أولاً: التكاثر اللاجنسي:

1- التكاثر بطريقة الانشطار الثنائي: Binary fission يحدث هذا النوع من الانقسام في الظروف الملائمة وفيه تستطيل الخلية البكتيرية وتتخصص عند وسطها ويستمر هذا التخصص حتى تنفصل الخلية الى خليتين ويتم هذا في فترة لا تتجاوز العشرين دقيقة في بعض أنواع من البكتيريا بينما قد تستغرق خمس أو ست ساعات في أنواع أخرى

2- **التكاثر بتكوين الجراثيم الكونيدية : Conidia** يحدث هذا النوع في فصائل خاصة من البكتيريا (Streptomycetaceae). ويتم التكاثر عن طريق سلسلة من الجراثيم الكونيدية التي تنشأ نتيجة لظهور جدر فاصلة في الأجزاء الطرفية للخيوط. وينتمي إلى هذه الفصيلة جنس Streptomyces التي تنتج بعض أنواع الاستربتومايسين والكلورومايسين وغيرها من المضادات الحيوية الميسينية Mycenic . antibiotics

ثانياً: التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

تم التعرف على هذا النوع من التكاثر في البكتيريا بواسطة المجهر الإلكتروني ، حيث تبين وجود جسر يصل ما بين بكتيريتين عضويتين وتنقل المادة الوراثية خلال هذا الجسر من بكتيريا إلى أخرى بل وجد أن بعض البكتيريا تدفع بملاتها الوراثية إلى بكتيريا أخرى من نفس النوع وتعرف البكتيريا التي تنتقل منها المادة الوراثية باسم البكتيريا الذكورية والبكتيريا التي تستقبل الصبغات باسم البكتيريا الانثوية.

رابعاً: ايض البكتيريا Metabolisms of bacteria

عمليات الايض في البكتيريا

تعرف التفاعلات الايضية للخلية بأنها مجمل ما يحدث من تفاعلات كيميائية في لخلية لغرض هدم وتحليل المواد الغذائية ومن ثم اعادة بناء مكونات الخلية وتضم عملية الايض التي نوعين من التفاعلات تفاعلات الهدم وتفاعلات البناء الانزيمات البكتيرية

ان الانواع البكتيرية التي تقوم بالحيد من التفاعلات الانزيمية تحتوي بالضرورة الى على نظام انزيمي يضم العديد من الانزيمات كل منها يتخصص في تفاعل معين ، فعندما تنمو الخلية البكتيرية في بيئة ما فإن النشاط الانزيمي الكيميائي يتمثل في تحليل المواد الغذائية المكونة للبيئة ومن ثم بناء مواد خلوية جديدة ولتحقيق مثل هذه العملية تفرز البكتيريا نوعين من الانزيمات

-انزيمات خارجية exoenzymes تقوم بتحليل مواد البيئة

-انزيمات داخلية endoenzymes تقوم بعملية بناء مواد الخلية الجديدة

وان اغلب الانزيمات تتكون من جزئين احدهما ذو طبيعة بروتينية ويعرف باسم apoenzyme والجزء الاخر غير بروتيني ويعرف بالمرافق الانزيمي coenzyme ولاجل سير التفاعل يلزم ان يكون الجزئين متحدين مكونين مايعرف بالتركيب الانزيمي الكامل haloenzyme

اقسام الانزيمات البكتيرية

تقسم الانزيمات البكتيرية تبعاً للتفاعلات التي تقوم بها كعوامل مساعدة فمثلاً الانزيمات التي تقوم بإزالة الهيدروجين تسمى dehydrogenase والتي تقوم بإزالة مجموعة هيدروكسيل تسمى decarboxylase وتملك الخلية البكتيرية عدد كبير من الانزيمات التي تقوم بالمساعدة في الحديد من التفاعلات مثل

1- تفاعلات الأكسدة والاختزال oxidation and reduction

كيميائياً يطلق على المادة تأكسدت إذا ما فقدت إلكترونات واختزلت إذا اكتسبت إلكترونات وعلى العموم إذا تأكسدت مادة معينة في المقابل هناك مادة تختزل لأن الإلكترونات التي تفقدها مادة تكتسبها مادة أخرى وهي عموماً تحصل بمساعدة الانزيمات المزالة للهيدروجين dehydrogenase enzymes وان عملية الأكسدة ليست مقصورة على اتحاد المواد بالأكسجين فأنواع أخرى من البكتيريا تنمو في غياب الأكسجين ولكنها قادرة على الحصول على طاقتها بعملية الأكسدة البيولوجية اللاهوائية التي لا تستعمل الأكسجين والتي تسمى بالتخمير fermentation اما الأكسدة البيولوجية الهوائية تسمى بالتنفس respiration

2- تفاعلات التحلل المائي hydrolysis

انزيمات التحلل المائي تعمل على تحليل البروتين الى أحماض أمينية والدهون الى أحماض شحمية وجلسرين والكربوهيدرات الى سكريات متعددة وسكريات أحادية

3- تفاعلات إزالة مجموعة الأمين deamination

وهي تتم على مرحلتين فطى سبيل المثال يقوم انزيم L-glutamic acid deaminase بإزالة الهيدروجين من الحامض الأميني ومن ثم يحدث تحلل مائي محرراً الأمونيا

4- إزالة مجموعة الكربوكسيل decarboxylation

حيث تتم إزالة مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأمينية بواسطة انزيمات carboxylase

حساسية البكتيريا للمضادات الحيوية Antibiotic Sensitivity

لنلاحظ ظاهرة تثبيط الاحياء المجهرية لنمو بعضها البعض من قبل باستور وقبله بقليل . واطلق الباحثون بعد ذلك كلمة التثبيط الحيوي (Antibiosis) على تلك الظاهرة وسموا المادة المثبطة بالمضاد الحيوي (Antibiotic) والمضادات الحيوية عبارة عن مركبات عضوية تتكون في الاحياء المجهرية خلال عمليات الأيض بصورة عرضية كمركبات ثانوية ، وهي ليست لها وظيفة محددة

داخل الخلية الجرثومية ولها تأثير مثبت لنمو كائن دقيق اخر او قتل له بتركيز واطئ ولكن منها مجموعة خاصة من الاحياء المجهرية التي تتاثر بها عند العلاج

لاحظ (Alexander Fleming) عام 1928 ظاهرة التثبيط الحيوي في بكتريا الـ *S. aureus* حول نمو الفطر *Penicillium* كما وجد ان الراشح المأخوذ من مزارع الفطر ذاته مشط لنمو العديد من المكورات الموجبة لصبغة غرام . وتم تنقية مادة البنسلين اثناء الحرب العالمية الثانية بدافع الحاجة لمادة للعلاج

تدعى الكيمياويات المضادة للجراثيم والمستعملة في المواد العلاجية او النواثية (Chemotherapeutic agents)

من اهم الجراثيم المنتجة للمضادات الحيوية هي الجراثيم العائنة الى الرتبة (Actinomycetales) والجنس *Streptomyces* هو الاكثر انتاجا للمضادات الحيوية والاكثر استعمالا في صناعتها .

من اهم الطرق المستخدمة في فحص الحساسية للمضادات الحيوية:

1- طريقة التخفيف (التراكيز المختلفة من المضاد في الوسط الزراعي السائل

2- طريقة الانتشار :

وتتضمن الثانية طريقتين شائعتي الاستخدام في مختبرات الاحياء المجهرية وهما

أ- طريقة الحفر في الاكار

ب- طريقة أقراص المضادات الحيوية كما في الشكل أدناه