المحاضرة السابعة

تغذية الاحياء المجهرية Nutrition of Microorganisms

تحتاج البكتريا من اجل النمو والتكاثر الى متطلبات واحتياجات اساسية منها :

١-توفر المغذيات Nutrients وتختلف باختلاف الانواع ٢-توفر الرطوبة ٣-الحاجة للضوء جزئيا او عدم الحاجة له ٤-الحاجة الى الاوكسجين ايضا تختلف باختلاف انواع البكتريا .٥-الدرجة الحرارية المثلى للنمو وبما يناسب النوع البكتيري ٦-توفر الدرجة المثلى من الحامضية والقاعدية ٧-التخلص من مخلفات النمو ومنع تجمعها بكميات كبيرة .

وبسبب الاختلافات الواسعة في الخصائص الفسلجية وبالتالي الاحتياجات الغذائية للاحياء المجهرية ، فقد صممت الاف الانواع من الاوساط الغذائية والتي تختلف فيما بينها الى حد كبير فيما يخص المحتويات الكيمياوية .

<u>عناصر التغذية</u>

يعتبر الماء المادة الغذائية الرئيسة من الناحية الكمية حيث يشكل من ٨٠-٩٠%من مجموع وزن الخلايا . وتحتوي المواد الصلبة الخلوية على الكاربون والنايتروجين والفسفور والكبريت اضافة الى الاوكسجين والهيدروجين اللذين يشتقان ايضا من الماء . وتشكل هذه العناصر حوالي ٩٥% من الوزن الخلوي الجاف اما الوزن المئوي الباقي فيقع ما بقي من العناصر الاخرى مثل عناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم والزنك والكالسيوم والحديد والمنغنيز والكوبلت والنحاس تحتاجها جميع الكائنات الحية . وتقوم هذه العناصر بوظائف مختلفة . وتحتاج الاحياء المجهرية عناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والحديد بكميات كبيرة تضاف الى الاوساط الغذائية على شكل املاح .اما العناصر الاخرى مثل المنغنيز والكوبلت والنحاس والخارصين فان الاحياء المجهرية تحتاجها بكميات ضئيلة جدا ووجود هذه العناصر بشكل ملوثات كيمياوية لمعظم مكونات الوسط الغذائي يكفي لسد احتياج الخلايا لها وهي غالبا ما تدعى بالمغذيات الدقيقة Micronutrients وهناك بعض الكائنات التي لها احتياجات خاصة مثلا Diatoms وبعض انواع الطحالب الاخرى تحتاج الى Silica لانها تدخل في تخليق الجدار الخلوي وبعض البكتريا البحرية والطحالب الخضراء المزرقة Cyanobacteria والبكتريا الضوئية Photosynthetic bacteria تحتاج Na بكميات كبيرة ولا يمكن استبداله بعناصر اخرى .

<u>النايتروجين :-</u>

تحتوي معظم المواد الخلوية خاصة البروتينات على النايتروجين والكبريت. وفي البكتريا يشكل البروتين بحدود عشر وزنها الجاف وان شكل النايتروجين الذي يحتاجه الكائن الحي يعتمد على القابلية الاختزالية الانزيمية التي يمتلكها الكائن الحي (R- NH ٢) فان البكتريا مثلا تقوم باستغلاله عن طريق ازالة مجموعة الامين (NH ٢-) على شكل (NH ٣) بعملية تدعى بنزع الامين (Deamination) ، ثم يستغل بعدها النايتروجين الموجود في الامونيا المتكونة. وقد تقوم البكتريا بنقل مجموعة(NH ٢-) هذه من المصدر المذكور الى مستلم خلوي مناسب

وبصورة مباشرة خلال عملية نقل الامينات Transamination وقد تقوم البكتريا بكلتا العمليتين المذكورتين

O O O Trans - O O

R-CH-C-OH + R1-C-C-OH ----------→ R-C- C- OH + R_1- CH-C-OH

amination O NH_2

NH_2

المستلم بعد احلال النايتروجين مستلم خلوي مصدر النايتروجين

هناك العديد من الاحياء المجهرية تستطيع ان تعتمد على هذا المركب مصدر وحيد للنايتروجين وهذه الانواع من الاحياء المجهرية تمتلك القدرة على ادخال الامونيا في المركبات العضوية الخلوية من خلال تفاعل يتوسطه انزيم Glutamic dehydrogenase واذا ما ادخل المصدر النايتروجيني في حامض الكلوتاميك متسلما خلويا ، تقوم الخلية بعدها بتوزيع هذا المصدر الى مختلف المواد الخلوية التي تحتاجها خلال تفاعل حذف جذر الامين .

O O O O +NH_3 O O O

HO-C-C-CH_2-CH_2-C-C-OH ----------→HO-C-C-CH_2-CH_2-CH-C-OH

NADPH وبوجود الهيدروجين من NH_2

حامض الكلوتاميك

وهناك انواع اخرى من الاحياء المجهرية مثل بعض الفطريات ومعظم الطحالب الخضراء المزرقة وبعض الطحالب الخضراء المزرقة وبعض الاجناس البكتيرية تستطيع ان تختزل النايتروجين الجوي بواسطة انزيم Nitrogenase لكي تستغله في تخليق المواد النايتروجينية العضوية الخلوية وتدعى هذه العملية بالتثبيت الحيوي للنايتروجين Biological Nitrogen Fixation وهناك انواع اخرى من الاحياء الدقيقة تستطيع استغلال النترات(NO_3^-) والنتريتات(- NO_2) مصدر للنايتروجين حيث تقوم باختزال هذين المصدرين الى مستوى (NH_3) لكي تستفيد منهما

<u>الكبريت :-</u>

يوجد الكبريت في المركبات الخلوية وهو مختزل على شكل مجموعة SH– وتستطيع معظم الاحياء المجهرية استتغلال الكبريت من مصادره وهو مؤكسد وضمن مركبات الكبريت غير العضوية =SO_4 وبهذا يتوجب على هذه الاحياء ان تختزله اولا ، نجد هناك بعض الاحياء المجهرية لا تستطيع اختزال هذا العنصر فتحصل عليه وهو مختزل على شكل كبريتيد -S مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S او على شكل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة SH- مثل حامض

الاميني Cysteine او مركبات اخرى اكثر تعقيدا مثل البروتينات حيث تقوم هذه المركبات بتزويد الخلية بعنصر الكبريت والنايتروجين والكاربون اضافة الى الطاقة .

مصدر الكاربون The source of Carbon

نستطيع ان نميز نوعين من الاحياء اعتمادا على مصدر الكاربون الذي تعتمد عليه هذه الاحياء

١-الاحياء التي تقوم بعملية التخليق الضوئي وتحصل على الطاقة من اشعة الشمس او اكسدة المواد غير العضوية وتعرف بالاحياء ذاتية التغذية Autotrophs .

٢ – الاحياء التي تحصل على طاقتها من خلال اكسدة المواد العضوية وتشمل بقية الكائنات الحية وتدعى بالاحياء المتباينة التغذية Heterotrophs اعتمادا على مصدر الكاربون الذي يسد حاجتها مثل المركبات العضوية الكلوكوز والحوامض الامينية .

ان مصدر الكاربون المتمثل في هذه المركبات العضوية يتشابه مع المركبات العضوية الخلوية من حيث مستوى الطاقة وبهذا فانه لا يتحتم على الخلية ان تقوم بعمليات اختزال لهذه المركبات قبل استغلالها مصدرا كاربونيا . هذا فضلا عن ان المركبات العضوية عليها ان تزود الخلية بما تحتاجه من الطاقة . وبهذا فان معظم الكاربون الموجود في المواد المغذية العضوية يدخل في التفاعلات الايضية المنتجة للطاقة ، ويطرح مرة ثانية من الخلية على شكل ثنائي اوكسيد الكاربون . هناك العديد من الاحياء المجهرية تستطيع ان تكتفي بمادة عضوية واحدة لسد احتياجها للكاربون وللطاقة في ان واحد . الا ان هناك احياء مجهرية اخرى لا تستطيع النمو بوجود مركب عضوي واحد في وسطها الغذائي بل يتعدى احتياجها الى عدد معين من المواد العضوية لكي تستطيع ان تنمو ، وعند فحص طبيعة مصدر الكاربون العضوي الضروري لنوع معين من الاحياء المجهرية نجده متباينا ومتغيرا فمثلا بعض انواع بكتريا Pseudomonas نجد ان هناك اكثر من ٩٠ نوعا من مصادر الكاربون العضوي تستطيع هذه البكتريا ان تعتمد على اي من هذه المصادر ليزودها بالكاربون والطاقة . اما اذا اخذنا نوع اخر مثلا البكتريا المؤكسدة للكاربون التي تستطيع استغلال مصدرين فقط للكاربون العضوي وهما الميثان والكحول المثيلي . كما ان البكتريا المحللة للسيليلوز لا تستطيع الاعتماد على غير السيليلوز مصدرا للكاربون .

مصدر للطاقة:-

قسمت الاحياء حسب مصدر الكاربون:

١- احياء ذاتية التغذية Autotrophs مثل النباتات حيث تستطيع الاعتماد كليا على المغذيات غير العضوية

٢ - احياء متباينة التغذية Heterotrophs مثل الحيوانات حيث تحتاج في غذائها الى مواد عضوية بمثابة مغذيات.

واما الان وبعد ظهور حقائق اكثر حول الحياة والكائنات الحية من خلال البحوث والدراسات فان احسن نظام تصنيفي بسيط هو ذلك الذي ياخذ بنظر الاعتبار عاملين مهمين ، الا وهما طبيعة مصدر الطاقة ، وطبيعة مصدر الكاربون .

فالاحياء التي تستخدم الضوء مصدرا للطاقة تدعى الاحياء الضوئية التغذية Phototrophs
اما الاحياء التي تستخدم مصادر الطاقة الكيمياوية فتدعى الاحياء الكيمياوية التغذية Chemotrophs هذا الى جانب الاحياء الذاتية التغذية والاحياء المتباينة التغذية باعتبار طبيعة مصدر الكاربون وعند مزج هذين النوعين من انظمة التصنيف يصبح كالاتي :-

١- الاحياء الضوئية الذاتية التغذية (Photoautotrophic organisms) التي تعتمد على الضوء مصدرا للطاقة وتستغل ثنائي اوكسيد الكاربون مصدرا وحيدا للكاربون ويشمل هذا النوع من الاحياء النباتات الراقية والطحالب الحقيقية النواة والطحالب الخضراء المزرقة وبعض البكتريا التي تقوم بعملية التخليق الضوئي مثل بكتريا الكبريت الخضراء والبنفسجية sulfur Purpule & green bacteria

٢-الاحياء الضوئية المتباينة التغذية (Photoheterotrophic organisms) التي تعتمد على الضوء مصدرا للطاقة وتستغل المركبات العضوية مصدرا رئيسا للكاربون ويشمل هذا النوع مجموعة البكتريا التي تقوم بعملية التخليق الضوئي التي تدعى Purpule Nonsulfur bacteria وهي بكتريا تستوطن البحار وبعض الطحالب الحقيقية النواة .

٣-الاحياء الكيمياوية الذاتية التغذية (Chemoautotrophic organisms) التي تعتمد على مصادر الطاقة الكيمياوية وتستغل ثنائي اوكسيد الكاربون مصدرا وحيدا للكاربون ان استخدام الاحياء الكيمياوية التغذية CO_2 مصدرا وحيدا للكاربون يقترن دائما بقابلية هذه الاحياء على استخدام المركبات غير العضوية وهي في حالة اختزال بمثابة مصادر للطاقة

وتقتصر هذه القابلية على البكتريا وبالذات لانواع التي تستطيع استخدام مركبات النايتروجين المختزلة مثل الامونيا ٣ NH والنتريتات ٢- NO او ايون الحديدوز Fe^{+2} او مركبات الكبريت المختزلة مثل H_2S , S , $S_2O_3^{-2}$ او ٢ H كمواد قابلة الاكسدة وبذلك تعمل مصادر للطاقة ، كما هو واضح في المعادلات الاتية :

$2H + \frac{1}{2} O$ ----------→→ H_2O + Energy (٥٦ كيلو سعرة)

$NaNO_2 + \frac{1}{2} O_2$ ----------→→ $NaNO_3$ + Energy (17 كيلو سعرة)

$H_2S + 2O_2$----------→→H_2SO_4 + Energy

$CO + \frac{1}{2} O_2$ ----------→→ CO_2 + Energy(74كيلو سعرة)

٤ - الاحياء الكيمياوية المتباينة التغذية Chemoheterotrophic organisms

التي تعتمد على مصادر الطاقة الكيمياوية وتستغل المركبات العضوية مصدرا رئيسا للكاربون .
ويتميز هذا النمط من الاحياء باعتماده على المركب العضوي في سد حاجته لعنصر الكاربون

وللطاقة في ان واحد مثل الحيوانات الراقية والابتدائيات والفطريات والاغلبية الساحقة من البكتريا . تحتاج الكائنات الحية لعوامل النمو العضوية كذلك ان الاحياء المجهرية متغيرة ومتقلبة دائما في احتياجاتها الغذائية بحيث يمكن لنوع معين من هذه الاحياء ان يغير نمطه الغذائي فمثلا هناك العديد من الطحالب المصنفة على انها ضوئية ذاتية التغذية تستطيع ان تنمو في الظلام ايضا ، فهي بذلك تكون كيمياوية متباينة التغذية . وينطبق هذا الحال على بعض انواع البكتريا البنفسجية الضوئية الذاتية التغذية ، والبكتريا المؤكسدة للهيدروجين وهي كيمياوية ذاتية التغذية وتستطيعان ان يتغيرا الى احياء كيمياوية متباينة التغذية .

ان الاحياء الكيمياوية المتباينة التغذية تشكل فئة غاية في التعقيد ويمكن تقسيم هذا النمط من الاحياء الى اقسام ثانوية اعتمادا على الخصائص الغذائية ايضا فمثلا نستطيع ان نعتمد الحالة الفيزياوية للمغذيات العضوية التي تدخل الخلية اساسا لهذا التقسيم الثانوي . فاذا ما دخلت هذه المواد الخلية وهي مذابة في الماء نقول ان هذا الكائن الحي تنافذي التغذية Osmotrophic organisms والخلايا النباتية والحيوانية والبكتيرية والفطرية في حين ان هذه المواد اذا ما ابتلعتها الخلايا فنقول ان هذه الخلايا او الاحياء بلعمية التغذية Phagotrophic organisms والابتدائيات خير مثال على هذا النوع اضافة الى الخلايا البلعمية phagocytes الموجودة ضمن خلايا دم الانسان البيضاء .

عوامل النمو العضوية Organic Growth Factors

ان عوامل النمو هي تلك المواد التي لا تستطيع الخلية او الكائن الحي ان ينمو بدونها. وهي لا تمنح الطاقة للخلية وبنفس الوقت فان الخلايا لا تستطيع تخليقها يجب ان تضاف او تكون في الوسط الغذائي المخصص لتنمية هذه الخلايا وان الخلايا تحتاج هذه المواد بتراكيز ضيئلة جدا حتى انها تدعى احيانا بالمغذيات الدقيقة Micronutrient وعوامل النمو هذه هي عادة مواد كيمياوية قد تكون

١-غير عضوية مثل بعض العناصر الثقيلة التي تتضمن الكوبلت والموليبديوم والنحاس والمنغنيز والخارصين .

٢-عوامل النمو العضوية فهي اي مركب عضوي يحتاجه الكائن الحي بمثابة مادة مانحة لاحد المواد الخلوية ونفس الوقت فان الخلية لا تستطيع تخليق هذا العامل من مصادر كربونية اكثر بساطة فهي بذلك يجب ان تقدم للكائن الحي جاهزة ضمن احتياجاته الغذائية

وتقسم عوامل النمو العضوية الى ثلاثة انواع اعتمادا على تركيبها الكيمياوي ووظائفها الايضية :-

اولا-الحوامض الامينية هذه الانواع يحتاجها الكائن الحي في بناء البروتينات فهناك بعض الحوامض الامينية تشكل عامل نمو مهما بالنسبة لبعض الاحياء المجهرية في حين يستطيع البعض الاخر من ان يصنعه فيصبح بذلك غير ضروري لهذا الاحياء فالتربتوفان مثلا يعد عامل نمو بدونه لا تستطيع ان تنمو بعض الاحياء مثل بكتريا التايفوئيد *Salmonella typhi* وبكتريا الكزاز *Clostridium tetani* وبكتريا الخناق *Corynebacterium diphtheria* وانواع اخرى اما اذا اضيف هذا الحامض وبكميات ضئيلة جدا نجد ان هذه الاحياء تبدا بالنمو

ثانيا-القواعد النايتروجينية المتمثلة في البيورينات والبريمدينات هذه الانواع يحتاجها الكائن الحي في بناء الحوامض النووية

ثالثا –الفيتامينات وهي مجموعة متباينة من المركبات العضوية التي تشكل الجزء المتمم لبعض الانزيمات والاحتياجات الكمية لها فهي اصغر بكثير مما في الحوامض الامينية والقواعد النايتروجينية وتختلف الاحياء فيما بينها بالنسبة للشكل او الاشكال الكيمياوية لعامل النمو المعني فمثلا الثايمين وهو فيتامين B١ احد عوامل النمو الذي يحتاجه الكثير من الاحياء المجهرية يتكون هذا الفيتامين من جزئين البريميدين وجزيئة الثايازول وهناك احياء تحتاج عامل النمو هذا بشكله الجزيئي المتكامل في حين نجد هناك البعض الاخر من الاحياء المجهرية تستطيع الاستفادة من شطري جزيئة الثايمين بصورة جاهزة وتصنع الجزء الاخر

مثال اخر حامض البنتاثنيك Pantothenic acid عامل نمو نجده مهما جدا بكونه يدخل في تخليق Coenzyme .A الذي يتداخل في التفاعلات الايضية المنتجة للطاقة وان الحاجة لهذا الحامض تعتمد على قابلية الكائن الحي على تخليق هذا الحامض حيث يتكون عامل النمو هذا من جزيئتين ملتحمتين بعضهما مع البعض الاخر وهما جزيئة حامض البنتويك Pantoic acid وجزيئة حامض البيتا الانين B-alanine وبهذا يتحتم على الخلية القادرة على التخليق الكامل لعامل النمو هذا ان تقوم بتخليق كلتا الجزيئتين المذكورتين المكونتين له . وتبدا الخلية بالامونيا والجذر العضوي المناسب لتخلق حامض الالانين ضمن سلسلة تفاعلات ايضية معقدة . ثم تقوم ايضا بتخليق حامض البنتويك وعليها بعد ذلك ان تربط هذين الحامضين بتفاعل يتوسطه انزيم معين ينتج من خلاله حامض Pantothenic وهناك احياء معينة تعجز عن ان تصنع احد مكونات هذا العامل او جميع مكوناته مثل الانسان والكثير من الاحياء المجهرية فيتحتم على هذه الاحياء ان تاخذ هذا العامل جاهزا من بيئتها او تاخذ الجزء الذي تعجز عن ان تصنعه والى جانب هذا نجد احياء كثيرة مثل النباتات والكثير من الاحياء المجهرية تستطيع ان تصنع جزيئة هذا العامل كاملة داخل خلاياها فنقول ان هذه الاحياء لا تحتاج الى هذا العامل وكلا النوعين يحتاج الى عامل النمو لاتمام عملية النمو

<u>الاوكسجين</u> :- يدخل الاوكسجين في تركيب جزيئة الماء والكثير من المركبات العضوية فهو بذلك يعد موجود دائما ضمن المكونات الخلوية وهو دائما يجهز للخلية بكميات الغذائية وهناك انواعا كثيرة من الاحياء تحتاج الاوكسجين على شكل جزيئات حرة O_2 وهناك احياء يقتلها الاوكسجين O_2 اذا ما وجد ولو بكميات ضئيلة جدا وهناك احياء تتباين في مدى احتياجها لهذا العنصر وتقسم الاحياء الى مجاميع حسب احتياجها لهذا العنصر بشكله الجزيئي

١-الاحياء الهوائية الاجبارية Obligate aerobes وهي تلك الاحياء التي يجب ان تحصل على الاوكسجين الجزيئي O_2 لكي تشبع احتياجها للطاقة حيث يقوم الاوكسجين هنا بعملية الاكسدة النهائية ضمن التفاعلات الايضية محرر بذلك الطاقة .

٢-الاحياء غير الهوائية الاجبارية Obligate anaerobes وهي تلك الاحياء المجهرية التي تحصل على الطاقة عن طريق تفاعلات معينة لا يدخل فيها الاوكسجين الجزئي عاملا مؤكسدا ولهذا لا دخل هذا العنصر ضمن المتطلبات الغذائية لهذا النوع من الاحياء ويتوقف نموها او تقتل

اذا ما تعرضت لهذا العنصر وان سمية O_2 لهذه الاحياء تعد معقدة وغير مفهومة بشكل واضح فبعضها تحتوي على انزيمات يجب ان تبقى في حالة اختزال لكي تعمل بحالة طبيعية وبذلك فان وجود الاوكسجين سيعطل هذه الانزيمات وبالتالي يتوقف النمو هذا وان معظم الاحياء غير الهوائية الاجبارية لا تمتلك انزيم الكاتاليز Catalase الذي يغلق بيروكسيد الهيدروجين اللى ماء واوكسجين الا انها ايضا لا تمتلك الانزيمات التي تستطيع ان تحول الاوكسجين الجزيئي الى بيروكسيد الهيدروجين وقد اقترح العلماء ان موت هذه الاحياء بوجود الاوكسجين يعود الى تكوين بيروكسيد الهيدروجين وتجمعه فيما بين الخلايا وانه يعتبر مادة سامة جدا

٣-الاحياء اللاهوائية الاختيارية Facultatively anaerobes وتدعى احيانا بالاحياء الهوائية الاختياريةFacultatively aerobes وهي احياء تستطيع ان تنمو بوجود او غياب الاوكسجين ومن الناحية الفسلجية نستطيع ان نميز مجموعتين من هذا النوع من الاحياء ،

-المجموعة الاولى تعتمد على عمليات التخمر في الحصول على الطاقة الضرورية للنمو الا انها لا تتاثر بوجود الاوكسجين

-المجموعة الثانية ان هذه الاحياء تستخدم الاوكسجين ان وجد ليقوم بتفاعلات الاكسدة وتحرير الطاقة وهي تحصل على الطاقة عن طريق تفاعلات التخمر ان لم تجد الاوكسجين التي تضم العديد من الخمائر وبكتريا القولون تستطيع ان تغير فعالياتها الايضية من التخمر الى التنفس .

٤-الاحياء الهوائية الدقيقة.Microaerophilic organisms :وهي الاحياء التي يتوقف نموها او قد تقتل بوجود الاوكسجين بتركيزه الموجود في الهواء الا انها تنمو بشكل جيد ان توافر لها الاوكسجين بتركيز قد يبلغ اقل من 0.2 من الضغط الجوي وقد تعود هذه الحالة الى وجود انزيمات حساسة لوجود عامل مؤكسد قوي ، ولكنها تعمل بصورة اعتيادية بوجود ضغط جزئي للاوكسجين وينتمي لهذا النوع من الاحياء العديد من البكتريا التي تحصل على طاقتها عن طريق اكسدة الهيدروجين . ان استغلال الهيدروجين يتطلب تدخل انزيم Hydrogen ase الذي يتعطل بوجود الاوكسجين .