تغذية الأحياء المجهرية (Nutrition of Microorganisms)

تحتاج البكتريا من اجل النمو والتكاثر (growth & multiply) الى متطلبات واحتياجات أساسية منها :

١. توفر المغذيات Nutrients وتختلف باختلاف الأنواع . ٢. توفر الرطوبة Moisture . ٣. الحاجة للضوء جزئيا او عدم الحاجة له . ٤. الحاجة الى الاوكسجين أيضا تختلف باختلاف أنواع البكتريا . ٥. الدرجة الحرارية المثلى للنمو وبما يناسب النوع البكتيري . ٦. توفر الدرجة المثلى من الحامضية والقاعدية .

٧. التخلص من مخلفات النمو by– Products ومنع تجمعها بكميات كبيرة .

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

عناصر التغذية : يعتبر الماء دائما المادة الغذائية الرئيسية من الناحية الكمية حيث يشكل من ٨٠–٩٠ % من مجموع وزن الخلايا وتشكل البروتينات ٥٠٪ من الوزن الجاف للخلية ويشكل النايتروجين ١٠٪ وتختلف نسبة تواجد الكاربوهيدرات باختلاف الأنواع البكتيرية والمركبات التي تحويها وتحتوي المواد الصلبة الخلوية على الكاربون ٥٠٪ والنايتروجين ١٤٪ والفوسفور ٣٪ والكبريت ١٪ اضافة الى الاوكسجين ٢٠% والهيدروجين ٨% وتشكل هذه العناصر حوالي ٩٥٪ من الوزن الخلوي الجاف .اما الوزن المنوي الباقي يقع فيه مابقي من العناصر الأخرى مثل (عناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم ،الزنك ، الكاليسيوم ، الحديد ، المنقيز ، الكوبلت ، النحاس وبنسب متفاوته) .وتقوم هذه العناصر بوظائف مختلفة كما هو موضح في الجدول التالي :

العنصر	الوظيفة الفلسلجية
الهيدروجين	احد عناصر الماء الخلوي والمواد الخلوية العضوية
الاوكسجين	احد عناصر الماء الخلوي والمواد الخلوية العضوية وهو على شكل O_2ويعمل مستلما للالكترونات في عملية تنفس الاحياء الهوائية .
الكاربون	احد العناصر في المواد العضوية الخلوية
النايتروجين	احد عناصر البروتينات والحوامض النووية والانزيمات المساعدة (Coenzymes)
الكبريت	احد عناصر البروتينات مثل الحامض الأميني السيستين والميثونين إضافة الى انه يدخل في تركيب المساعد للانزيمات Coenzemes مثل Co carboxylase
الفسفور	يدخل في تركيب الحوامض النووية والدهونات الفسفورية والـ Coenzemes .
البوتاسيوم	ايون غير عضوي مهم في الخلية وعامل مساعد لبعض الانزيمات
الحديد	من مكونات السايتوكروم وبقية البروتينات وعامل مساعد لبعض الانزيمات
الكالسيوم	ايون موجب مهم في الخلية وعامل مساعد لبعض الانزيمات مثل protease

وتحتاج الكائنات الحية المجهرية عناصر Fe, Ca, Mg,K بكميات كبيرة وتضاف الى الأوساط الغذائية بشكل أملاح . اما العناصر الأخرى مثل Zn, Cu, co,Mn فان الأحياء المجهرية تحتاجها بكميات ضئيلة جدا ووجود هذه العناصر بشكل ملوثات كيمياوية في معظم مكونات الوسط الغذائي وهي غالبا ماتدعي Micronutrients وهناك بعض الكائنات التي لها احتياجات خاصة مثلا Diatoms وبعض أنواع الطحالب الأخرى تحتاج الى silica لانها تدخل في تخليق الجدار الخلوي . وبعض البكتريا البحرية والطحالب الخضراء المزرقة Cyanobacteria والبكتريا الضوئية Photosynthetic bactria تحتاج Na بكميات كبيرة ولايمكن استبادله بعناصر أخرى

الماء water:

يشكل الماء نسبة تتراوح بين ٩٠%-٨٠ من وزن الكائن المجهري تحتاج جميع التفاعلات الكيمياوية التي تحدث في الكائنات الحية الى بيئة مائية ولكي يتمكن الكائن الحي من النمو والتكاثر يجب أن يكون الماء في حالته السائلة ويقتصر هذا على درجات حرارية تقع بين -٢ م الى حوالي ١٠٠م ويسمى هذا المدى مدى الحركة الحيوية Biokinetic zone لوحظ احتياجات الكائنات المجهرية الى الماء من اجل القيام بفعالياتها الحيوية منذ قرون وكان هذا يمثل الأساس الذي اعتمدت عليه طريقة التجفيف dessication التي استعملت في ذلك الوقت لغرض منع الأطعمة من التلف . يمكن التعبير عن حاجة الكائنات المجهرية الى الماء بصورة كمية بما يسمى بفعالية الماء water activity للبيئة او للمواد ويرمز لها wa .

$$Wa = \frac{\text{ضغط بخار المحلول P}}{\text{ضغط بخار الماء Po}}$$

وقيمة wa للماء مساوية ل1 وتقل هذه القيمة عندما يكون هنالك املاح مذابة في الماء . تتمكن الكائنات المجهرية من النمو في بيئة تكون قيمة waواقعة بين ٠.٦٣ و ٠.٩٩, ويبدو أن قيم wa ثابتة بالنسبة للنوع الواحد ولا تعتمد على طبيعة المواد المذابة وتحتاج البكتريا الى قيم لفعالية الماء اكثر من القيم التي تحتاجها الخمائر والفطريات حيث تقع بين ٠.٩٣ و ٠.٩٩ هذا المدى تملك ال Micrococci و staphylococi القيم الأقل لفاعلية الماء المثلى لنموها .

النايتروجين :

تحتوي معظم المواد الخلوية وخاصة البروتينات على SN ويشكل البروتين بحدود عشر وزنها الجاف وان شكل N الذي يحتاجه الكائن الحي يعتمد على القابلية الاختزالية الانزيمية التي يمتلكها الحي فعندما يكون مصدر النايتروجين على شكل٢ R-NH فان البكتريا مثلا تقوم باستغلاله عن طريق إزالة مجموع الأمين (NH2-) على شكل امونيا (NH9) بعملية تدعي بنزع الأمين Deamination ثم يستغل بعدها N الموجودة في الأمونيا المتكونة وقد تقوم البكتريا بنقل (NH2-)هذه من المصدر المذكور الى متسلم خلوي مناسب وبصورة مباشرة خلال عملية نقل الأمينات Transamination وقد تقوم البكتريا بكلتا العمليتين المذكورتين وهنالك العديد من الأحياء المجهرية تستطيع أن تعتمد على الأمونيا كمصدر وحيد للنايتروجين وهي تمتلك القدرة على ادخال الأمونيا في المركبات العضوية الخلوية من خلال تفاعل يتوسطه انزيم Glutamic dehydrogenaseواذا ما ادخل المصدر النايتروجيني في حامض الكلوتاميك تقوم الخلية بعدها بتوزيع هذا المصدر الى مختلف المواد الخلوية التي تحتاجها خلال تفاعل حذف جذر الأمين . وهناك أنواع من الكائنات الحية المجهرية تستطيع أن

تستغل النايتروجين من مصدر نايتروجيني اخر مثلا النايتروجين الجوي فتستطيع أن تختزل النايتروجين الجوي بواسطة انزيم لكي تستغله في تخليق المواد النايتروجينية العضوية الخلوية وتدعى هذه العملية بالتثبيت الحيوي للنايتروجين Nitrogen Fixation وهناك أنواع أخرى من الأحياء الدقيقة تستطيع استغلال النترات ,NO والنتريتات ":No مصدران للنايتروجين حيث تقوم باختزال هذه المصدرين الى مستوى الأمونيا (NHG) لكي تستفيد منها .

الكبريت: (s)

يوجد s في المركبات الخلوية وهو مختزل على شكل مجموعة SH– وتستطيع معظم الأحياء المجهرية استغلال ٥ من مصادره وهو مؤكسد وضمن مركبات sos غير العضوية وبهذا يتوجب على هذه الأحياء أن تختزله أولا وهناك بعض الأحياء المجهرية لاتستطيع اختزال هذا العنصر فيتحتم عليها أن تحصل عليه وهو مختزل على شكل كبريتيد كمثل كبريتيد الهيدروجين H2S او على شكل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة SH– مثل الحامض الأمينيcysteine او مركبات أخرى اكثر تعقيدا مثل البروتينات حيث تقوم هذه المركبات بتزويد الخلية بعنصر C, N,S إضافة الى الطاقة

الكاربون :

مصدر الكاربون The source of Carbon حيث نستطيع أن نميز نوعين من الأحياء اعتمادا على مصدر الكاربون الذي تعتمد عليه هذه الأحياء :

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 عموما بالاحياء المتباينة التغذية Heterotrophs اعتمادا على مصدر الكاربون الذي يسد حاجتها مثل المركبات العضوية الكلوكوز والحوامض الأمينية . ان مصدر الكاربون المتمثل في هذه المركبات العضوية يتشابه مع المركبات العضوية الخلوية من حيث مستوى الطاقة . وبهذا لا يتحتم على الخلية أن تقوم بعملية الاختزال لهذه المركبات قبل استغلالها كمصدر كاربوني كذلك تزود الخلية بما تحتاجه من الطاقة وبهذا يدخل معظم الكاربون الموجود في المواد المغذية العضوية في التفاعلات الأيضية المنتجة للطاقة . ويطرح مرة ثانية على شكل CO; . هناك العديد من الأحياء المجهرية تستطيع ان تكتفي بمادة عضوية واحدة لسد احتياجاتها للكاربون وللطاقة في آن واحد الا ان هناك احياء مجهرية أخرى لا تستطيع النمو بوجود مركب عضوي واحد في وسطها الغذائي بل يتعدى احتياجها الى عدد معين من المواد العضوية لكي تستطيع أن تنمو وعند فحص طبيعة مصدر الكاربون العضوي الضروري لنوع معين من الأحياء المجهرية نجده متباينا ومتغيرا فمثلا بعض أنواع بكتريا Pseudomonas تستطيع أن تستغل اكثر من ٩٠ نوعا من مصادر الكاربون العضوي ليزودها بالكاربون والطاقة . اما اذا اخذنا نوع اخر مثلا البكتريا المؤكسدة للكاربون التي تستطيع استغلال مصدرين فقط للكاربون العضوي وهما الميثان والكحول المثيلي كما أن البكتريا المحللة للسيليلوز لا تستطيع الاعتماد على غير السيليلوز مصدرا للكاربون .

مصدر الطاقة :

قسمت الأحياء حسب مصدر الكاربون :

١:–. احياء ذاتية التغذية Autotrophs مثل النباتات حيث تستطيع الاعتماد كليا على المغذيات غير العضوية

٢:– احياء متباينة التغذية Heterotrophs وتعد الحيوانات من هذه الأحياء 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 الذي يأخذ بنظر الاعتبار عاملين مهمين طبيعة مصدر الطاقة وطبيعة مصدر الكاربون . فالاحياء التي تستخدم الضوء مصدرا

للطاقة تدعى الأحياء الضوئية التغذية Phototrophs أما الأحياء التي تستخدم مصادر الطاقة الكيمياوية فتدعى الأحياء الكيمياوية التغذية chemotrophs هذا الى جانب الأحياء الذاتية التغذية والأحياء المتباينة التغذية باعتبار طبيعة مصدر الكاربون وعند مزج هذين النوعين من أنظمة التصنيف يصبح كالاتي :

١. الأحياء الضوئية الذاتية التغذية Photoautotrophs organism: التي تعتمد على الضوء مصدرا للطاقة

وتستغل ,co مصدرا وحيدا للكاربون مثل النباتات الراقية والطحالب الحقيقية الخضراء المزرقة وبعض البكتريا التي تقوم بعملية التخليق الضوئي مثل بكتريا الكبريت الخضراء والبنفسجية Purpule & green sulfar bacteria

٢:-. الاحياء الضوئية المتباينة التغذية Photoheterotrophic organism

التي تعتمد على الضوء مصدرا للطاقة وتستغل المركبات العضوية مصدرا رئيسا للكاربون ويشمل هذا النوع

البكتريا التي تقوم بعملية التخليق الضوئي التي تدعي Purpule nonsulfur bacteria وهي بكتريا

تستوطن البحار وبعض الطحالب الحقيقية النواة .

٣- الاحياء الكيمياوية ذاتية التغذية .Chemoautotrophic org

التي تعتمد على مصادر الطاقة الكيمياوية وتستغل CO2 مصدرا وحيدا للكاربون . أن استخدام الاحياء الكيمياوية

التغذية ل co2 مصدرا وحيدا للكاربون يقترن دائما بقابلية هذه الاحياء على استخدام المركبات غير العضوية وهي في حالة اختزال بمثابة مصادر الطاقة وتقتصر هذه القابلية على البكتريا وبالذات الأنواع التي تستطيع استخدام مركبات النايتروجين المختزلة مثل الأمونيا ,NH3 والنتريتات ,No2 او ايون الحديدوز Fe+٢ او مركبات الكبريت المختزلة مثل S،H2S S02 او H لمواد قابلة الأكسدة وبذلك تعمل مصادر الطاقة كما هو في المعادلات التالية :

$$2H + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O + Energy(E)$$

$$NaN O_2 + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow NaNO_3 + E$$

$$H_2S + 2O_2 \longrightarrow H_2SO_4 + E$$

$$CO + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow CO_2 + E$$

٤- الاحياء ---

٤-الاحياء الكيميائية المتباينة التغذية

التي تعتمد على مصادر الطاقة الكيمياوية وتستغل المركبات العضوية مصدرا رئيسا للكاربون ويتميز هذا النمط من الأحياء باعتماده على المركب العضوي في سد حاجته لعنصر الكاربون وللطاقة في آن واحد مثل الحيوانات الراقية والابتدائيات والفطريات والاغلبية الساحقة من البكتريا . وجميع هذه الأحياء تحتاج إلى عوامل النمو العضوية كذلك فان هذه الأحياء المجهرية متغيرة ومتقلبة دائما في احتياجاتها الغذائية بحيث يمكن لنوع معين من هذه الأحياء أن يغير نمطه فمثلا هناك العديد من الطحالب المصنفة على أنها ضوئية ذاتية التغذية تستطيع أن تنمو في الظلام أيضا فهي بذلك تكون كيمياوية متباينة التغذية والبكتريا المؤكسدة للنايتروجين فهي

كيمياوية ذاتية التغذية وتستطيع ان تتغير الى احياء كيمياوية متباينة التغذية .ان الأحياء الكيمياوية المتباينة التغذية تشكل فئة غاية في التعقيد ، ويمكن تقسيم هذا النمط من الأحياء الى اقسام ثانوية اعتمادا على الخصائص الغذائية فمثلا : نستطيع أن نعتمد الحالة الفيزياوية للمغذيات العضوية التي تدخل الخلية أساسا لهذا التقسيم الثانوي فاذا ما دخلت هذه المواد الخلية وهي مذابة في الماء نقول أن هذا الكائن الحي تنافذي Osmotrophic organisms مثل الخلية النباتية والحيوانية والبكتريا والفطرية في حين أن هذه المواد انا ما ابتلعتها الخلايا نقول ان هذه الخلايا او الأحياء بلعمية التغذية Phagotrophic مثل الابتدائيات إضافة الى الخلايا البلعمية phagocytes الموجودة ضمن خلايا دم الانسان البيضاء.

عوامل النمو Growth Factors

ان عوامل النمو هي تلك المواد التي لا تستطيع الخلية او الكائن الحي أن ينمو بدونها وهي لا تمنح الطاقة للخلية وبنفس الوقت فان الخلايا لاتستطيع تخليقها فهي بذلك يجب أن تضاف او تكون في الوسط الغذائي المخصص لتنمية هذه الخلايا وان الخلايا تحتاج هذه المواد بتراكيز ضئيلة جدا ، حتى انها تدعى أحيانا المغذيات الدقيقة Micronutrient وعوامل النمو هذه هي عادة مواد كيمياوية قد تكون :

١.غير عضوية Inorganic .وتتضمن Co, Mb, Cu, Mn,ZN فهي أي مركب عضوي يحتاجه الكائن الحي بمثابة مادة مانحة لاحد المواد الخلوية وبنفس الوقت فان الخلية لاتستطيع تخليق هذا العامل من مصادر كاربونية اكثر بساطه فهي بذلك يجب ان تقدم للكائن الحي جاهزة ضمن احتياجاته الغذائية .

٢. عوامل نمو عضوية Organic Growth Factors .

وتقسم عوامل النمو العضوية اعتمادا على تركيبها الكيمياوي ووظائفها الأيضية الى :

أ. الحوامض الأمينية

يحتاجها الكائن الحي في بناء بروتينات وهناك بعض الأحماض الأمينية تشكل عامل نمو مهما بالنسبة لبعض الأحياء المجهرية في حين يستطيع البعض الاخر من أن يصنعه فيصبح بذلك غير ضروري لهذه الأحياء فمثلا ال Tryptophaneبعد عامل نمو بدونه لا تستطيع أن تنمو بعض الاحياء مثل Salmonella typhi وبكتريا الكزاز Clostridium tetani وبكتريا الخناق Corynebacterium diphtheria وأنواع أخرى .وحيث يوجد ما يقارب من ٢٠ حامضا امينيا يدخل في تركيب البروتينات وبذلك فان الحاجة لاي حامض اميني معين لا

تستطيع الخلية تصنيعه تكون ضئيلة جدا وينطبق هذا على القواعد النتروجينية (البيورين – والبريميدين) .

ب. الفيتامينات : وهي مجموعة متباينة من المركبات العضوية التي تشكل الجزء المتمم لبعض الأنزيمات والاحتياجات الكمية لها اصغر بكثير من الحوامض الأمينية والقواعد النيتروجينية . وتختلف الأحياء فيما بينها بالنسبة للشكل او الاشكال الكيمياوية لعامل النمو المعين فمثلا الثايمين وهو فيتامين B احد عوامل النمو الذي يحتاجه الكثير من الأحياء المجهرية يتكون هذا الفيتامين من جزئين : البايرميدين والثايزول فهناك احياء تحتاج عامل النمو هذا بشكله الجزيئي المتكامل في حين نجد هناك البعض الاخر من الأحياء المجهرية تستطيع الاستفادة من احد شطري جزئية الثايمين بصورة جاهزة وتصنع الجزء الاخر .

مثال اخر حامض البنتاتنيك Pantothenic acid عامل نمو مهم جدا يدخل في تخليق coenz.A الذي يتداخل في التفاعلات الأيضية المنتجة للطاقة وان الحاجة لهذا الحامض تعتمد على قابلية الكائن الحي على تخليق هذا الحامض . يتكون هذا الحامض من جزيئتين ملتحمتين بعضهما مع البعض الاخر وهما جزينة حامض Pantoic وجزينة B– alanine والخلية القادرة على تخليق هذا العامل تقوم بتخليق كلتا الجزيئتين ثم تربط هذين الحامضين بتفاعل يتوسطه انزيم معين ينتج من خلاله حامض Pantothenic .وهناك احياء معينة تعجز عن أن تصنع احد مكونات هذا العامل او جميع مكوناته مثل الانسان والكثير من الأحياء المجهرية فيتحتم على هذه الأحياء أن تأخذ هذا العامل جاهزا من بيئتها او تأخذ الجزء الذي تعجز عن تصنيعه والى جانب هذا نجد احياء كثيرة مثل النباتات والكثير من الأحياء المجهرية تستطيع أن تصنع جزينة هذا العامل كاملة داخل خلاياها فنقول أن هذه الأحياء لا تحتاج الى هذا العامل وكلا النوعين يحتاج الى عامل النمو لاتمام عملية النمو

الأوكسجين :

يدخل اليه في تركيب جزيئة الماء والكثير من المركبات العضوية فهو بذلك يعد موجودا دائما ضمن المكونات الخلوية وهو دائما يجهز للخلية بكميات كبيرة ضمن الوجبات الغذائية وهناك أنواع كثيرة من الأحياء تحتاج ال ,٠ على شكل جزيئات حرة O2 وهناك احياء يقتلها ال O2 اذا ماوجد ولو بكميات ضئيلة جدا وهناك احياء تتباين في مدى احتياجاتها لهذا القصر وتقسم الأحياء الى المجاميع التالية حسب احتياجها لهذا العنصر :

١. الأحياء الهوائية الاجبارية Obligate aerobes

وهي تلك الأحياء التي يجب أن تحصل على ال الجزيئي لكي تشبع احتياجها للطاقة حيث يقوم ال ,٠ هنا بعملية الأكسدة النهائية ضمن التفاعلات الأيضية محررا بذلك الطاقة .

٢. الاحياء غير الهوائية الاجبارية Obligate anaerobes :

وهي تلك الأحياء المجهرية التي تحصل على الطاقة عن طريق تفاعلات معينة لايدخل فيها الجزيئي عاملا مؤكسدا ولهذا الايدخل هذا العنصر ضمن المتطلبات الغذائية لهذا النوع من الأحياء ويتوقف نمو هذه الاحياء او تقتل اذا ما تعرضت لهذا العنصر وان سمية ,ولهذه الأحياء تعد معقدة او غير مفهومة حيث بعضها يحتوي على انزيمات يجب أن تبقى في حالة اختزال لكي تعمل بحالة طبيعية وبذلك فان وجود ;٠ سيطل هذه الأنزيمات ويتوقف نموها .

عند نمو البكتريا في ظروف تحتوي على الأوكسجين تنتج مادتين سامتين وهي :

أ- Superoxide ion O_2^- ب. Hydrogen peroxide H_2O_2

وعند وجود انزيم Superoxide dismutase يعمل على إزالة Superoxide ion مما يساعد على تكوين زيادة من مادة بيروكسيد الهيدروجين ,H2O2 السامة للخلية ويعمل انزيم اخر يسمى Catalase بإزالة سمية H2O2

H2O2 يسبب تلفا او ضررة في شريط ال DNA في rec gene .

عدا الى lactic acid bacteria وهي من نوع aerotolerant anaerobes حيث لاتحتوي على انزيم ال Catalase ولكن انزيم اخر يسمى ال Peroxidases الذي يعمل على اختزال H20 بوجود مواد عضوية مؤكسدة . ومعظم الأحياء اللاهوائية الاجبارية لاتمتلك انزيم Catalase الذي يغلق جزينة ١٢٠ الى ٠وماء الا انها أيضا لاتمتلك الانزيمات التي تستطيع أن تحول والى H20 وقد اقترح العلماء أن موت الأحياء بوجود ويعود الى تكوين H20 وتجمعه فيما بين الخلايا ويعتبر مادة سامة جدا .

٣ .الأحياء اللاهوائية الاختيارية: Facultative anaerobes

وتدعى أحيانا بالاحياء الهوائية الاختيارية F.aerobes وهي احياء تستطيع أن تنمو بوجود او غياب ,٠ومن الناحية الفسلجية نستطيع أن نميز مجموعتين من الأحياء:

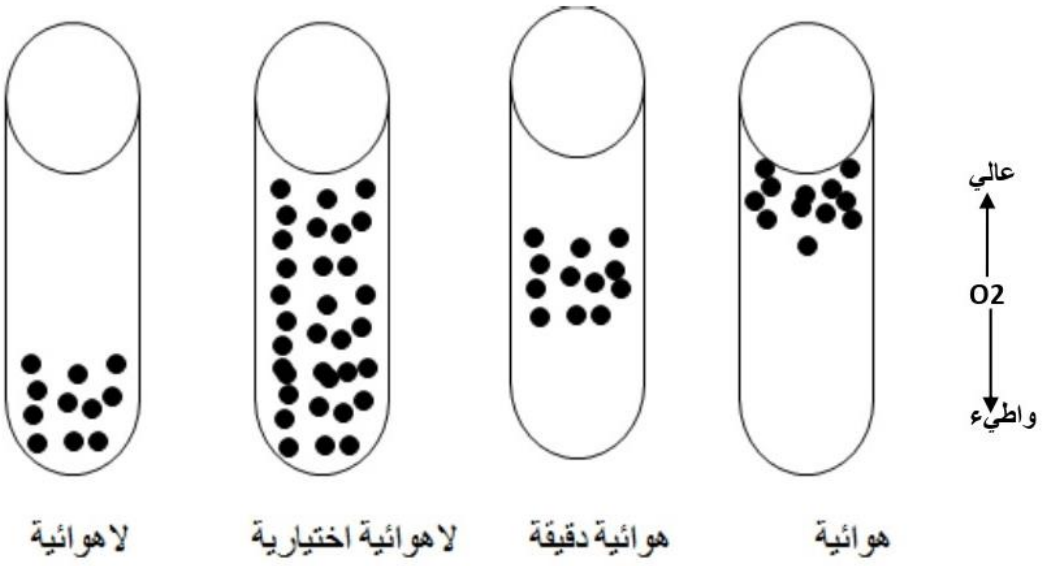
أ. مجموعة تعتمد على عمليات التخمر في الحصول على الطاقة الضرورية للنمو الا انها لا تتاثر بوجود ال O2 وتضم هذه المجموعة العديد من الخمائر وبكتريا القولون تستطيع أن تغير فعالياتها الأيضية من التخمر الى التنفس

ب. ان هذه الأحياء تستخدم ان وجد ليقوم بتفاعلات الأكسدة وتحرير الطاقة وهي تحصل على الطاقة عن طريق تفاعلات التخمر ان لم تجد الأوكسجين

.4الأحياء الهوائية الدقيقة: Microaerophilic organisms

وهي الأحياء التي يتوقف نموها او قد تقتل بوجود ٠٧ بتركيزه الموجود في الهواء الا انها تنمو بشكل جيد أن توافر لها بتركيز ضئيل قد يبلغ اقل من ٠,٢ من الضغط الجوي وقد تعود هذه الحالة الى وجود انزيمات حساسة لوجود عامل مؤكسد قوي ولكنها تعمل بصورة اعتيادية بوجود ضغط جزئي لل ٠ مثل البكتريا التي تحصل على طاقتها عن طريق اكسدة الهيدروجين واستغلال الهيدروجين يتطلب تدخل انزيم Hydrogenase الذي يتعطل بوجود .O2

استجابة نمو الأحياء الدقيقة المختلفة الله في مزرعة شبه صلبة أن أعلى تركيز لليه يوجد في اعلى الأنبوب في حين ينخفض التركيز الى أوطأ مستوى في قعر الانبوب.



المصادر :-

كتاب علم الاحياء المجهرية البيطرية, الدكتور فاروق خالد حسن والدكتور خليفة احمد خليفة والدكتور حامد حسن طنطاوي والدكتور جاسم محمد العبد الله ١٩٨٢ ,جامعة بغداد

كتاب مبادئ الاحياء المجهرية ,الدكتور غازي موسى الخطيب والدكتور وهاب امين حسن ١٩٩٠ ,جامعة بغداد

كتاب علم الاحياء المجهرية البيطرية,الدكتور جاسب جاسم حداد ١٩٩١ ,جامعة الموصل