عوامل النمو العضوية Organic growth factors

هي تلك المواد التي لا تستطيع الخلية أو الكائن الحي أن ينمو بدونها، وهي لا تمنح الطاقة للخلية، وبنفس الوقت فان الخلايا لا تستطيع تخليقها، فهي بذلك يجب أن تضاف الى الوسط الغذائي لتنمية الكائن المجهري، وتحتاج الخلايا هذه المواد بتراكيز ضئيلة جدا، لذلك تسمى بالمغذيات الدقيقة Micronutrients .

عوامل النمو هي مواد كيمياوية قد تكون عضوية أو غير عضوية، فعوامل النمو غير العضوية Inorganic growth factors مثل بعض العناصر الثقيلة التي تتضمن الكوبلت والموليبيديوم والنحاس والمنغنيز والخارصين. أما عوامل النمو العضوية Organic growth factors فهي أي مركب عضوي يحتاجه الكائن الحي كمادة مكونة لأحد المواد الخلوية وبنفس الوقت فان الخلية لا تستطيع تخليق هذا العامل من مصادر كاربونية أكثر بساطة، فهي بذلك يجب أن تقدم للكائن الحي جاهزة ضمن احتياجاته الغذائية، وتقسم عوامل النمو العضوية الى ثلاثة أنواع اعتمادا على تركيبها الكيميائي ووظائفها الأيضية وهي:-

1- الاحماض الأمينية: ويحتاجها الكائن الحي في بناء البروتينات والقواعد النيتروجينية المتمثلة في البيورينات والبريميدينات.
2- القواعد النيتروجينية: ويحتاجها الكائن الحي في بناء الحوامض النووية.
3- الفيتامينات: وهي مجموعة متباينة من المركبات العضوية التي تشكل الجزء المتمم لبعض الأنزيمات، وان احتياج الخلية للفيتامينات أقل بكثير من احتياجها للأحماض الأمينية والحوامض النووية اذ أن تخليق الأنزيمات المساعدة Coenzymes يعتمد على الفيتامينات التي تكون بمثابة عوامل مساعدة وان حاجة الخلية لهذه الأنزيمات المساعدة يقع ضمن بضعة أجزاء من المليون للخلية.

ان عمليات التخليق الحيوي للأحماض الأمينية والقواعد النتروجينية والفيتامينات تتضمن عموما سلسلة معقدة من التفاعلات، وان عجز الكائن الحي من أن يؤدي أيا" من هذه التفاعلات تجعل من هذا الكائن معتمدا" على البيئة في تزويده بالمنتج النهائي لهذه التفاعلات على شكل عامل نمو، فهناك بعض الأحماض الأمينية تشكل عامل نمو مهم لبعض الأحياء المجهرية، في حين يستطيع البعض من الكائنات الحية تصنيع أحماض أمينية أخرى فيصبح بذلك غير ضروري لهذه الأحياء؛ فالتربتوفان مثلا يعد عامل نمو لا تستطيع بعض الأحياء النمو من دونه مثل بكتريا التيفوئيد *Salmonella typhi* وبكتريا الكزاز *Clostridium tetani* وبكتريا الخناق *Corynebacterium diphtheriae* وانواع أخرى من البكتريا، لكن عند اضافة هذا الحامض بكميات ضئيلة جدا نجد أن هذه الانواع من البكتريا تبدأ بالنمو.

ان الكائن المجهري الذي يمتلك القدرة على تصنيع الفيتامينات وعوامل النمو التي يحتاجها يسمى Prototrophic ، أما الكائن الذي لا يمتلك هذه القدرة فيسمى Auxotrophic ، وعلى أي حال فان عامل النمو قد يكون غير ضروري أحيانا"؛ فعندما تتوقف التفاعلات التخليقية عند الخطوات الأولى من سلسلة تفاعلات التخليق تقوم المادة التي تتوقف عندها التفاعلات مقام عامل النمو المطلوب اذا ما أضيفت بدلا منه فانها تسد حاجة الكائن الحي اليه، ان هذه الأحياء تختلف فيما بينها بالنسبة للشكل أو الأشكال الكيمياوية لعامل النمو المعني، فمثلا" مادة الثايمين (فيتامين B1) هي أحد عوامل النمو التي تحتاجها الكثير من الأحياء المجهرية والتي تتكون من جزيئتي الثايازول والبريميدين، فبعض الأحياء المجهرية تحتاج فقط الى جزيئة الثايازول، فتقوم الخلية بتصنيع جزيئة البريميدين وتدمجهما مع بعضهما، او قد نلاحظ العكس فقد تحصل الخلية على جزيئة البريميدين وتقوم بتصنيع جزيئة الثايازول.

اما حامض البنتوثينيك Pantothenic acid فهو عامل نمو مهم جدا" كونه يدخل في عملية تخليق Coenzyme A المسؤول عن اختزال حامض البايروفيك الى مركب Acetyl CoA الذي يتداخل في التفاعلات الأيضية المنتجة للطاقة. وان الحاجة لهذا الحامض تعتمد على قابلية الكائن الحي على تخليق هذا الحامض، ويتكون عامل النمو هذا من جزيئتين ملتحمتين مع بعضهما هما: جزيئة حامض البنتويك Pantoic acid وجزيئة حامض بيتا الانين B–alanine وبهذا يتحتم على الخلية القادرة على

التخليق الكامل لعامل النمو هذا أن تقوم بتخليق كلتا الجزيئتين المكونتين له، تبدأ الخلية بعملية التخليق للجزيئتين ومن ثم تقوم بربطهما معا بتفاعل يتوسطه أنزيم معين ينتج من خلاله حامض البنتوثينيك.

تحتاج بعض الكائنات المجهرية للعديد من الفيتامينات مثل بكتريا *Enterococcus faecalis* التي تحتاج الى ثمانية أنواع مختلفة من الفيتامينات وبكتريا *Haemophilus influenzae* التي تحتاج الى الحديد (الهيم) والذي تحصل عليه الخلية من السايتوكروم او الهيموكلوبين، بينما بكتريا Mycoplasma تحتاج الى الكوليستيرول بشكل أساسي في الوسط الزرعي لأجل نموها.

العوامل المؤثرة على النمو البكتيري:

1- الاوكسجين:

ان اهمية الأوكسجين في نمو الكائنات الحية يأتي من ارتباطه بجميع العمليات الحيوية التي تستهلك الاوكسجين للحفاظ على الطاقة، حيث يدخل الأوكسجين في تركيب جزيئة الماء والكثير من المركبات العضوية؛ فهو بذلك يتواجد ضمن جميع المكونات الخلوية، ويجهز الاوكسجين للخلية بكميات كبيرة ضمن الوجبات الغذائية، الا انه وعلى الرغم من هذا التواجد الدائم والوفير للأوكسجين في الخلايا الا أننا نجد أن هناك أنواعا كثيرة من الأحياء تحتاج الأوكسجين على شكل جزيئات حرة (O_2). اضافة الى ذلك فاننا نجد أن هناك أنواعا" أخرى من الكائنات المجهرية التي تموت عند تعرضها للأوكسجين حتى وان كان بكميات ضئيلة جدا". وما بين هذين النوعين من الكائنات نجد أنواعا كثيرة من الأحياء التي تتباين في مدى احتياجها لهذا العنصر. ولكي يسهل علينا فهم هذا الموضوع فقد تم تقسيم الأحياء الى مجاميع حسب احتياجها لهذا العنصر بشكله الجزيئي وهي:-

أ- الأحياء الهوائية الاجبارية Obligate aerobes

هي تلك الأحياء التي يجب أن تحصل على الأوكسجين الجزيئي O_2 لكي تشبع احتياجاتها للطاقة؛ حيث يقوم الأوكسجين هنا بعملية الأكسدة النهائية ضمن التفاعلات الأيضية محررا" بذلك الطاقة. وتمتاز هذه المجموعة من الأحياء باحتوائها على أنزيم الكتاليز Catalase المسؤول عن تحلل بيروكسيد الهيدروجين السام H_2O_2 الى H_2O و O_2 ، كما تمتاز بأن جميع مساراتها الأيضية تعمل في ظروف مؤكسدة.

ب- الأحياء اللاهوائية الاجبارية Obligate anaerobes

هي تلك الأحياء المجهرية التي تحصل على الطاقة عن طريق تفاعلات معينة لا يدخل فيها الأوكسجين الجزيئي كعامل مؤكسد؛ ولهذا لا يدخل هذا العنصر ضمن المتطلبات الغذائية لهذا النوع من الأحياء. وفي الواقع فان نمو هذه الأحياء قد يتوقف أو تقتل اذا ما تعرضت لهذا العنصر. تحتوي الأحياء من هذا النوع على انزيمات يجب أن تبقى في حالة اختزال لكي تعمل بحالة طبيعية، وبذلك فان وجود الاوكسجين سيعطل هذه الأنزيمات وبالتالي يتوقف النمو. ان معظم الأحياء اللاهوائية الاجبارية لا تمتلك أنزيم الكتاليز الذي يحلل بيروكسيد الهيدروجين الى ماء و أوكسجين، وقد أشارت الدراسات الى أن موت هذه الأحياء بوجود الأوكسجين يعود الى تكوين بيروكسيد الاوكسجين وتجمعه فيما بين الخلايا.

ج- الأحياء اللاهوائية الاختيارية Facultative anaerobes

تسمى أحيانا بالأحياء الهوائية الاختيارية Facultative aerobes ، وهي أحياء تستطيع أن تنمو بوجود أو بغياب الأوكسجين علما" أنها لا تحتاج الى الأوكسجين في نموها ولكنها تنمو بشكل أفضل في حال الأوكسجين حيث تستخدم الأوكسجين كمستقبل نهائي للألكترونات، ومن الناحية الفسلجية يمكن تمييز مجموعتين من هذا النوع من الأحياء: فالمجموعة الأولى تعتمد على عمليات التخمر في الظروف اللاهوائية للحصول على الطاقة الضرورية للنمو الا انها لا تتأثر بوجود الأوكسجين. أما المجموعة الثانية فتضم العديد من الخمائر وبكتريا القولون وهي تستطيع ان تقوم بفعالياتها الأيضية باستخدام الاوكسجين – في حالة وجوده- ليقوم بتفاعلات الأكسدة وتحرير الطاقة.

د- الأحياء الهوائية الدقيقة Microaerophilic organisms

هي الأحياء التي يتوقف نموها أو قد تقتل بوجود الأوكسجين بتركيزه الموجود في الهواء (20%)، الا انها تنمو بشكل جيد ان توافر لها الأوكسجين بتركيز ضئيل قد يبلغ أقل من (2-10%) . ويعتقد أن سبب ذلك هو وجود أنزيمات حساسة لوجود عامل مؤكسد قوي، ولكنها تعمل

بصورة اعتيادية بوجود ضغط جزئي للأوكسجين، وينتمي الى هذه المجموعة العديد من البكتريا التي تحصل على طاقتها عن طريق أكسدة الهيدروجين، ومن المعروف ان استغلال الهيدروجين في هذا المجال يتطلب تدخل أنزيم Hydrogenase الذي يتعطل بوجود الأوكسجين.

هـ- الأحياء اللاهوائية المتحملة للأوكسجين Aerotolerant anaerobes

هي الأحياء التي تنمو بشكل متساو عند وجود الأوكسجين أو بغيابه، وهي تستطيع تحمل وجود الأوكسجين لكنها لا تستخدمه وغالبية أنواعها تقوم بعملية التخمر ضمن المسارات الأيضية وتحرر الطاقة، والجدير بالذكر أن قدرتها على النمو بوجود الأوكسجين أو عدم وجوده في البيئات المختلفة يعطي لهذه الكائنات المرونة وبعض التميز للتغيرات البيئية.

2- درجة الحرارة Temperature

جميع الأحياء المجهرية تكون حساسة لدرجة الحرارة الخارجية لكونها غير قادرة على تنظيم حرارتها الداخلية، وتعتبر الأنزيمات هي الأكثر تأثرا" بالتغيرات في درجات الحرارة لأن كل أنزيم له درجة حرارة مثلى لعمله حيث ان الانخفاض في درجة الحرارة تحت درجة الحرارة المثلى لعمل الانزيم يسبب توقف لعمل الانزيم وكذلك الحال عند ارتفاع درجة الحرارة فان ذلك يؤدي الى مسخ البروتين Denaturation ، وتقسم الكائنات المجهرية حسب ألفتها لدرجة الحرارة الى المجاميع التالية:-

أ- الكائنات المتحملة للبرودة Psychrotolerant or Psychrotrophs

هي الكائنات التي تتحمل درجة حرارة صفر درجة مئوية أو أكثر ويكون نموها مثالي بدرجة حرارة 35 درجة مئوية.

ب-الكائنات المحبة للبرودة Psycchrophiles

هي الكائنات المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة التي تتراوح من (0-20) درجة مئوية، ويكون نموها المثالي بدرجة حرارة 15 درجة مئوية، وهي كائنات شائعة في مناطق القطب الشمالي والجنوبي، تمتلك هذه المجموعة من الكائنات تكيفات خاصة بها للعيش في درجات الحرارة المنخفضة أهمها:

1- أن الأنزيمات وأنظمة النقل واليات بناء البروتين تعمل بشكل جيد في درجات الحرارة المنخفضة.

2- يمتاز غشاءها البلازمي بزيادة عدد الأحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated fatty acids مما يبقي الغشاء بشكل شبه صلب Semisolid عند انخفاض درجات الحرارة مما يحافظ على عملية نقل المواد عبر الغشاء البلازمي.

3- يحتوي العديد من كائنات هذه المجموعة على بروتينات مانعة للانجماد Anti-freeze proteins ومحاليل ملائمة Compatible solutions والتي تعمل على خفض نقطة الانصهار Melting point للسايتوسول، اذ أن غالبية الكائنات المحبة للبرودة تبدأ مكوناتها الخلوية بالتسرب عند ارتفاع درجة حرارتها فوق 20 درجة مئوية نتيجة تمزق الغشاء البلازمي.

ومما تجدر الاشارة اليه أن البكتريا والفطريات المحبة للبرودة هي السبب الرئيسي لفساد الأغذية المجمدة.

ج- الكائنات المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة Mesophiles

وهي الكائنات المجهرية التي تنمو في درجات الحرارة المتوسطة والتي يكون نموها الأمثل ضمن المدى الحراري (20-45) درجة مئوية وأحيانا" ينمو بعض أنواعها في درجات حرارة تتراوح بين (15-20) درجة مئوية. تضم هذه المجموعة البكتريا الممرضة للانسان التي تنمو بدرجة حرارة الجسم وهي 37 درجة مئوية.

د- الكائنات المحبة للحرارة العالية Thermophiles

وهي الكائنات المجهرية التي تنمو بشكل جيد في درجات الحرارة العالية اذ تنمو ضمن مدى حراري يتراوح بين (45-85) درجة مئوية ودرجة حرارة نموها المثلى تتراوح بين (55-65) درجة مئوية، أما الكائنات التي تنمو في درجات حرارية تتراوح بين (85-113) درجة مئوية فتسمى بالكائنات المحبة لدرجات الحرارة الشديدة Hyperthemophiles ومن الأمثلة عليها هو النوع *Pyrococcus abyssi* .

تمتلك الكائنات المحبة للحرارة والكائنات المحبة للحرارة الشديدة العديد من التكيفات لمقاومة الحرارة العالية في البيئات التي تتواجد فيها ومنها:

1- زيادة عدد الأحماض الدهنية المشبعة والكثيرة التفرعات الداخلة في تركيب الغشاء البلازمي.
2- ارتفاع نقطة انصهار دهون الغشاء.
3- امتلاكها للبروتينات المستقرة حراريا Heat-stable proteins .
4- زيادة عدد الأواصر الهيدروجينية والأواصر غير التساهمية والتي تساهم في استقرار البروتينات.
5- امتلاكها للبروتينات المرتبطة بالنواة Nucleoid- associated proteins التي تساعد في استقرار المادة النووية DNA .
6- امتلاكها لأنزيم Reverse DNA gyrase الذي يساعد على تغيير تركيب DNA ويحسن قدرته على الاستقرار بالحرارة العالية.

3-الأس الهيدروجيني:

هو درجة الحموضة النسبية للمحاليل، وكل نوع من الكائنات المجهرية يمتلك مدى محدد من الأس الهيدروجيني للنمو، لذا تقسم الكائنات اعتمادا على الأس الهيدروجيني الى ثلاث مجاميع هي:

أ- الكائنات المحبة للحموضة Acidophiles

هي الكائنات التي يكون نموها المثالي عند أس هيدروجيني يتراوح بين (0-5.5) ومن الأمثلة على هذه المجموعة من الكائنات هي غالبية أنواع الفطريات والبدائيات التي تقوم بعملية البناء الضوئي وأغلب أنواع الأركيا.

ب-الكائنات المحبة لدرجة الحموضة المتعادلة

هي الكائنات التي تنمو في اس هيدروجيني يتراوح بين (5.5-8) وتضم هذه المجموعة غالبية أنواع البكتريا والبدائيات.

ج- الكائنات المحبة للقاعدية

هي الكائنات التي تنمو في اس هيدروجيني يتراوح بين (8-11.5) وتشمل بعض انواع البكتريا التي تعود الى الأجناس التالية: Bacillus, Micrococcus, Pseudomonas, Streptomyces .

4-الكائنات المحبة للملوحة: Halophiles

هي الكائنات التي تحتاج الى مستويات عالية من NaCl (اكثر من 0.2 مولاري) لكي تنمو ومن أمثلتها Halobacterium .

5-الكائنات المتحملة للضغط الازموزي Osmotolerant

هي الكائنات التي تستطيع النمو عند مستويات عالية من الضغط الازموزي ومن الأمثلة عليها *Staph. aureus* والخميرة *Saccharomyces rouxii* .

6-الكائنات المحبة للفعالية المنخفضة للماء Xerophiles

هي الكائنات التي تستطيع النمو بشكل أفضل في المستويات المنخفضة لفعالية الماء وبشكل مثالي تحت 0.85 أو أقل مثل النوع *Xeromyces bisporus* .

7-الكائنات المحبة للضغط Piezophiles or Barophiles

هي الكائنات التي تنمو بشكل أسرع وبأقصى المعدلات عند الضغط العالي (الضغط الذي تتعرض له هذه الكائنات في المناطق العميقة تحت سطح الأرض) مثل أعماق المحيطات، ويصل هذا الضغط الى 1 اتموسفير، وتمتاز هذه الكائنات ببعض التغيرات في تركيبها حيث يتغير تركيب غشاؤها البلازمي بازدياد الأحماض الدهنية غير المشبعة، ومن الأمثلة عليها *Photobacterium profundum, Shewanella benthica* .