www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

كلية التربية النوعية
شعبة الاقتصاد المنزلى

محاضرات في الميكروبيولوجيا وتلوث الغذاء

دكتور
طلعت محمد سحلول

www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة لعلم الميكروبيولوجي

كلمة ميكروبيولوجي Microbiology تعني Micro أي صغيرة ، bios أي الحياة ، logos أي العلم، أي أنه علم الأحياء الدقيقة .

وهذا العلم يتعلق بشكل الميكروبات وتركيبها وتكاثرها وفسيولوجيتها ونشاطها البنائي وعلاقتها ببعضها والكائنات الأخرى .

وعلم الميكروبيولوجي يشمل البكتريا bacteria والفطر Fungi والخميرة yeast وبعض الطحالب والبروتوزوا .

ومن اعجازات القرآن الكريم أنه جاء به بأن هناك أشياء لا نبصرها رغم معيشتها معنا " فلا أقسم بما تبصرون وما لا تبصرون" .

وقد اختص الله هذه الأحياء الدقيقة بقدرات كاملة للاستمرار في معيشتها وأداء وظائفها الحيوية تماما مثل الكائنات الحية المرئية وهذه القدرات تتمثل في : ـ

١ ـ هضمها وتمثيلها للغذاء واستخدامه للطاقة والنمو .

٢ ـ تكاثرها جيلا بعد جيل .

٣ ـ التطفر لمواءمة الظروف البيئية المختلفة .

٤ ـ تخلصها من النواتج الضارة والزائدة عن استخدامات الطاقة والنمو .

٥ ـ تغيير الوسط الذى تعيش فيه بطريق مباشر أو غير مباشر .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

أهمية دراسة علم الكائنات الدقيقة

ترجع أهمية دراسة هذا العلم للدور الكبير الذي تلعبه الميكروبات في حياة الانسان من فوائد وأضرار لاحصر لها ولكننا نذكر في ايجاز تلك التي تقوم بنشاط مفيد والتي تقوم بنشاط غير مفيد : ـ

أ ـ التي تقوم بنشاط مفيد : ـ

١ ـ دور البكتريا في تثبيت نتروجين الجو وخصوبة التربة الزراعية بواسطة بكتريا الأزوتوباكتر .

٢ ـ دور الميكروبات الترمية في تحليل الأجسام الميتة الى عناصرها الأولية .

٣ ـ استخدامها في الصناعات الغذائية المختلفة .

٤ ـ دورها في صناعات الألبان (ألبان متخمرة ـ جبن ...) .

٥ ـ انتاج البروتين والدهون من الأحياء الدقيقة .

٦ ـ انتاج الانزيمات الميكروبية .

٧ ـ انتاج المضادات الحيوية .

٨ ـ انتاج الفيتامينات والمركبات العضوية المختلفة .

ب ـ التي تقوم بنشاط غير مفيد : ـ

١ ـ زيادة أعدادها في بعض المنتجات الغذائية يجعلها غير مطابقة للمواصفات القياسية .

٢ ـ تسبب فساد الأغذية باحداث تغيرات غير مرغوبة بها .

دار الكتب www.dar-alkotob.com

٣ ــ نقل الأمراض المختلفة سواء للانسان والحيوان .

ولتوضيح أهمية الميكروبات في العصر الحديث لنضرب مثلا بتلك الميكروبات التي تقوم بانتاج البروتين حيث أن التفكير في انتاج البروتين من الكائنات الحية الدقيقة مع بداية هذا القرن نظرا لوجود فجوة بين معدل الزيادة في السكان والزيادة في الانتاج الغذائي وحيث أن مصادر البروتين في التغذية هي اما مصدر نباتي أو حيواني أو أسماك وهذه المصادر تحتاج لمساحات شاسعة وأراضي خصبة ومراقبة جيدة من الآفات والحشرات وطرق مختلفة للتخزين والحفظ ، لذلك اتجهت الأبحاث نحو انتاج البروتين من الكائنات الحية الدقيقة لما لها من مميزات أهمها : ــ

١ ــ تحتوي على نسبة عالية من البروتين تصل الى ٥٠ ٪ من وزن الخلية الحية بروتين .

٢ ــ سرعة معدل نموها حيث أن : ــ

١٠٠٠ كجم لحم حيواني ← ١ كيلو جرام بروتين في اليوم

١٠٠٠ كجم فول صويا ← ٨٠ كيلو جرام بروتين في اليوم

١٠٠٠ كجم ميكروبات ← ٥٠٠٠٠ كيلو جرام بروتين في اليوم

٣ ــ ارتفاع كفاءتها في الاستفادة من المادة الخام وتحويلها الى خلايا .

٤ ــ قدرتها على الاستفادة من مواد خام رخيصة ومتوفرة (منتجات ثانوية ، مخلفات الصناعة المختلفة) .

٥ ــ انتاجها لايعتمد على مساحات كبيرة ولا يتوقف على الظروف الجوية مثل المحاصيل النباتية .

دار الكتب www.dar-alkotob.com

٦ ـ قد يكون استخدامها في التغذية مباشرة أو غير مباشر بتغذية الحيوان عليها .

كما أنه بعد التقدم في الهندسة الوراثية للميكروبات أمكن استخدام طفرات من ميكروب E. coli لها القدرة على افراز هرمون الأنسولين في أمعاء الانسان كعلاج لمرضى البول السكري مما سيخلق ثورة في العلاج بالميكروبات دون التدخل بالعقاقير الكيماوية .

وترجع أهمية تدريس هذه المادة لطالبات الاقتصاد المنزلي باعتبار أنها المدخل الأساسي لحفظ الأغذية الذي يعتمد على كيفية التغلب على الميكروبات التي تسبب تلف وفساد الغذاء بصوره المختلفة وتجنيب الانسان الخسائر الناتجة عن ذلك وما قد تسببه من حالات تسمم غذائي . وكذلك استخدام الميكروبات النافعة في المواد الغذائية تحت الظروف التي تلائم نموها ونشاطها .

وقد شملت هذه المحاضرات معرفة مختصرة وشاملة عن هذه الميكروبات وخاصة البكتريا وتأثير العوامل الطبيعية والكيماوية على نموها ودورها في تحلل المواد الغذائية مع التركيز على ميكروبات الغذاء والألبان والمياه وبعض الصناعات الميكروبية هذا بالاضافة الى بعض أنواع الفساد والتسمم الغذائي الناتج عن الميكروبات والله أسأل أن يجعل هذا العلم نافعا لنا في دنيانا وأخرانا .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

نبذة تاريخية عن تطور علم الميكروبيولوجي

٣٠٠٠ ق . م	دلت الحفريات بالعراق على وجود عدسات صخرية .
٣٨٤ ـ ٣٢٢ ق . م	اعتقد أرسطو أن الروح توجد في الأرض والماء والهواء والنار بدرجات متفاوتة .
٦١٥ بعد الميلاد	حديث الرسول عليه الصلاة والسلام ينهى عن الشرب من الأوعية المطلية بالقار ونقير الأشجار .
١٥٨١ ـ ١٥٩٩	يانسون يخترع الميكروسكوب المركب .
١٦٦١ ـ ١٦٨٠	أنتوني فان ليفنهوك الهولندي يصف الكائنات الدقيقة بدقة بعد أن صنع أكثر من ٢٥٠ ميكروسكوب واستطاع أن يكبر الأشياء من ٢٠٠ ـ ٣٠٠ مرة .
١٨٤١ ـ ١٨٨٠ لويس باستير	حطم نظرية الخلق الذاتي وأكد أن الكائنات الموجودة بالسوائل هي المسئولة عن فسادها ووضع أساس البسترة .
١٩٠٠ ـ ١٩٢٠	تم اكتشاف البكتريوفاج .
١٩٢١ ـ ١٩٤٠	اكتشاف الميكروسكوب الإلكتروني وبدأ اكتشاف المضادات الحيوية .
١٩٦٠ ـ ١٩٨٥	اكتشاف مرض الايدز .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

الصفات العامة للكائنات الحية الدقيقة

	الأبعاد بالميكرون	الصفات المميزة	الأهمية التطبيقية
البكتريا	٠,٢ ـ ٤٠	وحيدة الخلية لا تحتوى على كلوروفيل ، أغلبها متحرك ، تنمو فى البيئات الصناعية ، وتتكاثر لاجنسيا بالانقسام الثنائى البسيط .	بعضها يسبب كثير من الأمراض ، والبعض الآخر مفيد فى الصناعة ، كما أن بعضها ينتج المضادات الحيوية والكثير منها عامل هام فى خصوبة التربة .
الفيروس	٠,٠١ ـ ٠,٢	يمر خلال المرشحات البكتيرية ، طفيلية حتما وتنمو فقط فى الأنسجة الحية ولم يتمكن حتى الآن من تنميتها فى البيئات الصناعية .	تسبب الكثير من الأمراض للانسان والحيوان والنبات ، كما تصيب البكتريا (البكتريوفاج) .
الريكتسيا	٠,٢ ـ ٠,٣	طفيليات اجبارية تنمو فقط فى الأنسجة الحية .	عادة ما تسبب أمراضا للانسان والحيوان .
الفطريات	٥ ـ ١٠	تنمو فى البيئات الصناعية ، وتتكاثر جنسيا أو لاجنسيا بالترعيم .	تستخدم فى انتاج الكحولات وبعض المركبات العضوية ، وقليل منها يسبب الأمراض .
الطحالب	أكثر من ٥ ميكرون	تنمو فى البيئات الصناعية ، عديدة الخلايا وتتكاثر جنسيا وفيها أشكالا ظاهرية كثيرة .	تستخدم أساسا فى التخمرات الصناعية ، وفى انتاج المواد الغذائية والمضادات الحيوية . بعضها يسبب تحلل المواد السليلوزية ، وزيادة خصوبة التربة ، كما أن بعضها يسبب أمراضا .
الطحالب	من ١ ميكرون الى عدة أقدام	تحتوى على كلوروفيل ، وحيدة أو عديدة الخلايا . تنمو فى الوسط المائى وتتكاثر جنسيا أو بطرق لاجنسية مختلفة .	مصدر غذائى للحيوانات المائية وكذلك للانسان وهى مصدر هام لبعض الفيتامينات والكيماويات وبعضها يقوم بتثبيت أزوت الهواء الجوى .
	٢ ـ ٢٠	وحيدة الخلية ، أغلبها متحرك بسوطين طرفيين داخليين ، جنسيا أو لاجنسيا .	غذاء للحيوانات المائية وبعضها يسبب أمراضا .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

البكتريا Bacteria

وهي من الأحياء الدقيقة التي تتبع المملكة النباتية حيث أن البكتريا تتبع صنف Class Schizomycetes التابع لقبيلة " قسم " Phylum protophyta .

وتعتبر البكتريا ضمن الأقسام النباتية للأسباب الآتية : ـ

١ ـ لها جدار صلب Rigid cell wall كما في حالة النباتات .

٢ ـ تتشابه في صفاتها المورفولوجية مع الطحالب الخضراء المزرقة وان كانت تخلو من التمثيل الضوئي .

٣ ـ تتغذى بالامتصاص وليس بالالتهام أو الهضم حيث تدخل المواد الغذائية الخلية ذائبة في محلول وبالخلية عدد من الانزيمات يمكنها من القيام بوظائفها الحيوية المختلفة وهذا المحتوى الانزيمي يختلف من نوع لآخر .

ـ ـ وضع البكتريا بين الأحياء الدقيقة : ـ

أ ـ الأحياء الدقيقة التابعة للمملكة النباتية وتشمل : ـ

الفطريات والخمائر والطحالب والفيروسات والريكتسيا والبكتريا .

ب ـ الأحياء الدقيقة التابعة للمملكة الحيوانية وتشمل : ـ

البروتوزوا فقط وهي عبارة عن الأحياء الدقيقة الحيوانية وحيدة الخلية .

ـ ـ كما أن البكتريا تتميز بالصفات الأربع الهامة التي تتميز بها الأحياء جميعا وهي : ـ

www.dar-alkotob.com دار الكتب

١ ــ النمو Growth حيث تزداد البكتريا في الحجم .

٢ ــ التكاثر Reproduction حيث تنقسم الى قسمين كل منهما كائن حي دقيق .

٣ ــ التنفس Respiration وهو عبارة عن جميع التفاعلات التي تتم داخل الخلية وتشطلها الطاقة .

٤ ــ التغذية Food assimilation بحيث تتمكن البكتريا من القيام بوظائفها الحيوية .

تسمية البكتريا

يتم تسمية البكتريا بنظام التسمية المزدوجة كما هو الحال في الحيوان والنبات وعليه يتكون اسم البكتريا من مقطعين : ــ

الأول : اسم الجنس Genus ويكتب أوله بحرف كبير Capital letter

الثاني : اسم النوع species ،، ،، ،، ،، صغير small latter

واما أن تكتب أسماء الميكروبات بحروف معوجة أو يوضع تحتها خطوط . ويدل اسم الجنس على صفة من صفات الميكروب أو اسم عالم أو مكتشف الميكروب ، كما قد يوضح اسم النوع احدى صفات الميكروب كما في Streptococcus lactis وتعني البكتريا الكروية السجية الموجودة باللبن كما أن جنس Neisseria مأخوذ تسميته من اسم العالم Albert Neisser مكتشف مرض السيلان .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

أماكن وجود البكتريا وانتشارها : ــ

ماسوى دم الانسان والحيوان وأنسجة الجسم الحية وفوهات البراكين المشتعلة والمواد القاتلة للبكتريا كالأحماض والقلويات وغيرها والأوانى والأدوات المعقمة فان البكتريا توجد فى كل مكان ، حيث توجد فى التربة الزراعية بأعداد تصل الى ١٠٠ مليون فى الجرام الواحد ، كما تزداد فى الطبقة السطحية من الأرض الخصبة الغزيرة وتقل مع زيادة العمق .. كما تحتوى مخلفات الانسان والحيوان على بلايين البكتريا .

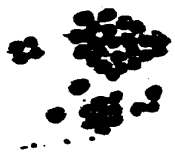
كما أن البكتريا توجد فى طبقات الجو العليا لارتفاع يصل الى ١٠ كيلو مترات ولحوالى ٥ كيلو مترات فى الطين تحت سطح البحر ويقل العدد مع الارتفاع فى الجو أو العمق فى البحر ، كما توجد فى المياه العذبة والينابيع الساخنة عند درجة ٧٥°م وفى الأقطاب المتجمدة .

شكل الخلايا البكتيرية : ــ

تتميز البكتريا بثلاث أشكال رئيسية : ــ

١ ــ الشكل الكروى Spheres

Example of spherical bacteria



Staphylococcus sp. / Micrococcus sp. / Streptococcus sp.

ومنها جنس Neisseria وجميع أفراده متطفلة أو ممرضة ومنها

www.dar-alkotob.com دار الكتب

مـا يسـبب الالتهـاب السـحائـى للمـخ مثـل N.meningitidis

ومنهـا مـا يسـبب السـيلان مثـل N.gonosrhea .

٢ ـ الشـكل العصـوى : Rod - shaped

واسـمه العلمـى Bacilli ومفـرده Bacillus

Example of rod bacteria (bacilli) :

Lactobacilli coliform Coccibacilli

٣ ـ الشـكل الحلـزونى Spiral

Example of spiral bacteria

Vibrio cholera Spirillum

وهـذه البكتريـا حلزونيـة أو بريميـة ومعظمهـا يعيـش فـى المياه .. علما بـأن الشـكل المميـز للبكـتريـا لايكـون الا فـى حـالـة البكتريـا الحـديثـة النشـطة وعنـد زرعهـا فـى بيئـات مناسـبة ومتمـاثلـة أمـا عنـد تغير الظـروف البيئيـة فـان شـكل البكـتريـا يتغيـر ويأخـذ أشـكالا غيـر منتظمـة مثـل الشـكـل الخيطـى أو حـدوث انتفـاخ أو اسـتطالـة .

أى عنـد وصـف خليـة بكتـيريـة يجـب أن يكـون عـمرها أقـل مـن ٢٤ سـاعـة .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

تجمع البكتريا : —

عند انقسام الخلية البكتيرية فان الخليتين الناتجتين اما أن ينفصلا عن بعضهما أو يظلا ملتصقتين فالخلايا التي لها طبقة هلامية أو غلاف تميل الى الالتصاق ببعضها أما الخلايا ذات الغلاف الرقيق فانها توجد عادة منفردة .

أشكال التجمعات المختلفة للخلايا الكروية : —

١ — خلايا زوجية Diplococcus ومن أمثلتها ميكروب Diplococcus penumoni المسبب لمرض الالتهاب الرئوي

٢ — خلايا على شكل السبحة وتسمى Streptococcus ومن أمثلتها Str. lactis المسبب لحموضة اللبن

٣ — مجموعة من أربع خلايا Tetracoccus

٤ — مجموعة من ثماني خلايا على شكل الرزمة ومن أمثلتها Sarcina

٥ — مجموعة على شكل عنقود العنب ويسمى Staphylococcus كما في حالة St. aureus المسبب للدمامل والتسممات.

أما في حالة الخلايا العصوية فانها توجد منفردة أو تنتظم في أزواج Diplococcus أو سلاسل Streptobacilli

حجم البكتريا : —

نظرا لصغر حجم البكتريا فانه يقاس بالميكرون ويرمز له بالرمز U ويساوى $\frac{1}{1000}$ من المليمتر ، والمليميكروب وهو $\frac{1}{1000}$

www.dar-alkotob.com دار الكتب

من الميكرون ويؤخذ القياسات بالاستعانة بالشريحة الميكروميترية ومن البكتريا ما هو صغير جدا ويصل الى ١٥و ـ ٣و U في الطول مثل Dialister pneumosintes ومنها كبير الحجم ويصل عرضها الى ١٫٥ ميكرون وطولها ١٠ ميكرون مثل Spirillum volutans كما أن الخلايا تختلف في الحجم حسب العمر فالخلايا الحديثة أكبر في الحجم من الخلايا القديمة فمثلا Bacillus subtilis التي عمرها ٤ ساعات تساوى ٥ مرات طول الخلايا التي عمرها ٢٤ ساعة ويرجع نقص حجم الخلية بازدياد السن الى زيادة الضغط الاسموزى في المزرعة المسنة وتجمع فضلات التمثيل الغذائى وما يصاحبها من تغيرات في البيئة .

كما تختلف في الحجم حسب أنواعها فالكروية قطرها من ٥و : ١ ميكرون والعصوية من ٥و ميكرون عرضى وطولها ١٫٥ ميكرون أما الحلزونية فهى أكثر من ذلك كما أن المتجرثمة تكون أكبر من غير المتجرثمة .

وزن البكتريا : ـ

تزن الخلية البكتيرية في المتوسط حوالى $١٠^{-١٢}$ جرام وتبعا لذلك فان ١ مليجرام من البكتيريا يحتوى على $١٠^{٩}$ خلية، ١ ميكرو جرام يحتوى على مليون خلية بكتيرية أى أن كل خلية بكتيرية وزنها $\frac{١}{\text{مليون}}$ ميكرو جرام وعندما يكون محتوى الرطوبة بالخلية من ٧٠ ـ ٨٥ ٪ ماء فهذا يعنى أن الخلية الجافة من البكتريا تزن

www.dar-alkotob.com دار الكتب

حوالى ١ ميكرو جرام =
١٠ مليون

المستعمرة البكتيرية :-

عند نمو خلية بكتيرية فى بيئة نصف صلبة أو على سطح بيئة صلبة تتكون مستعمرة بكتيرية وهى كتلة من الخلايا البكتيرية تصل الى ملايين الملايين من الخلايا وهى واضحة بالعين المجردة ... وهذه المستعمرات قد تكون سطحية وتسمى Surface colony أو مدفونة داخل الآجار وتسمى Subsurface of deep colonies وقد تنشأ المستعمرة من خلية واحدة أو جرثومة واحدة أو مجموعة من الخلايا وكل نوع من البكتريا يظهر شكلا مميزا لمستعمراته تحت الظروف البيئية المتشابهة مما يساعد فى تمييز أنواع البكتريا وبعض الأنواع عديدة الفلاجلات يمكنها أن تتجول فوق سطح البيئة الصلبة مثل B.circulans Bacillus rotans وبعض أنواع جنس Proteus وهذه الخلايا تتحرك حلزونيا تجاه حافة المستعمرة الى البيئة وتكون مستعمرة جديدة فى مكان آخر ، كما أن المستعمرات الصغيرة الحجم من B. alvei يمكنها أن تتحرك فى مجاميع على سطح الآجار تاركة آثار من خلايا تحدد مسارها .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

تصنيف البكتيريات Classification of Bacteria

يلخص التقسيم عادة بالوحدات التقسيمية الاتية :

مملكة	Kingdom
فرقة	Divi ion (or phylum)
قسم	Class
رتبة	Order
عائلة	Family
فصيلة	Tribe
جنس	Genus
نوع	Species
سلالة	Subspecies or Strains or Individual

وقد سبق دراسة هذه المسميات فى علم تقسيم النبات .

وتعترض المشتغل بالتقسيم الصعوبات التالية : ـ

(١) تعدد فروع علم الميكروبيولوجيا حيث أن لكل فرع أثره على طرق التسمية والتصنيف .

(٢) صعوبة جمع عينات البكتيريا والاحتفاظ بها بحالتها الطبيعية لمدة طويلة دون أن يطرأ عليها تغييرات حيث أن الكائنات الدقيقة عرضة للتغيرات Variations فى تركيبها الجينى نتيجة لسرعة التكاثر فيها ، فعلى سبيل المثال :ـ

www.dar-alkotob.com دار الكتب

المزرعة من marcescens Serratia والتي تنتج صبغة حمراء متألقة يمكن بتكرار تنميتها على الاطباق الحصول على مستعمرات بيضاء عديمة الصبغة وتتشابه تماما مع المجموعات Pigmented colonies المنتجة للصبغة (الأصلية) تختلف عنها في فقدان خاصية انتاج الصبغة Pigmentation وهذه السلالة الجديدة يمكن لبعض أفرادها بتكرار النوع أن يسترد خاصة انتاج الصبغة . وظاهرة فقدان صفة معينة مميزة لنوع تسمى تطفر Mutation وظاهرة رجوعها ثانية (أو استرداد الصفة المفقودة) تسمى تطفر عكسي revers mutation ويطلق على الفرد أو السلالة بأنها طفرة راجعة أو عكسية . وهذه التغيرات Variations تحدث في المجموع البكتيري بصفة تلقائية أو طبيعية Simultaneously ولو أنه يمكن احداث مثل هذا التغير عمدا أو بطريقة موجهة وذلك ما يحدث في نقل عوامل المقاومة R factors عوامل المقاومة للمضادات الحيوية وكذلك في انتاج سلالات منتجة للتوكسين Toxigenic strains من سلالات غير ضارة (ليست منتجة) لميكروب Corynebacterium diphtheriae وذلك عن طريق استعمال فاج كوسيط يحمل صفة الانتاج Tox^+ ويصيب السلالة الخاطئة nonvirulent حيث يحدث اندماج للجزأ من الـ DNA البكتيري في

www.dar-alkotob.com دار الكتب

السلالة النشطة Virulent مع الـ DNA
الفيروسي . وظاهرة نقل صفة معينة بواسطة الفاج من خلال
الـ DNA تسمى Transduction.

(٣) الافتقار الى تكنيك وطرق تحاليل ثابتة موحدة ودقيقة وبيئات زرع قياسية تصلح في جميع الأماكن من العالم وصعوبة تقدير التراكيب الجزئية للقواعد النتروجينية في كثير من البكتريات وتبعا للطبعة الثامنة (١٩٧٤) من كتيب تميز البكتريات
(Bergeys Manual of Determinative Bacteriology)
فلقد استخدمت أنماط التغذية ، الخصائص المورفولوجية ونوعية التمثيل الغذائي والخواص التمييزية الأخرى في تقسيم المملكة الى ١٩ مجموعة كل منها يسمى Part أو قسم .

تركيب الخلية البكتيرية
Bacterial Cell Structure

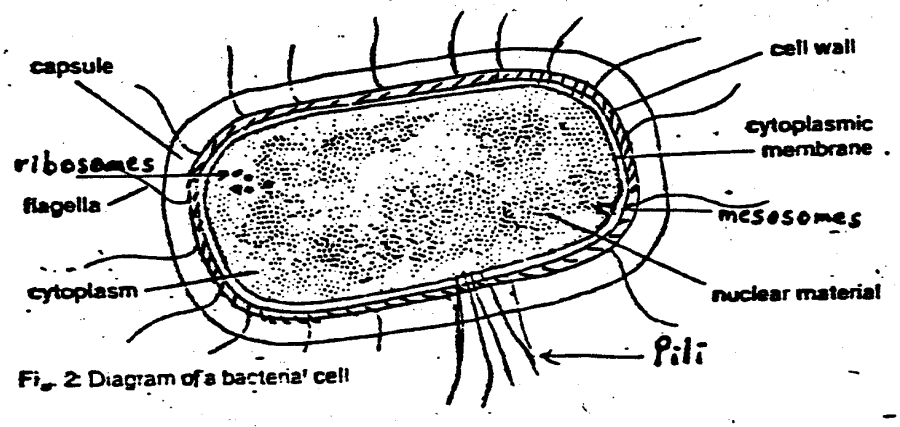


Fig. 2: Diagram of a bacterial cell

بالفحص الميكروسكوبي الحديث للخلايا البكتيرية اتضح أنها تتركب من سطح خلوي وتراكيب داخلية تقع تحت هذا السطح كما بالشكل السابق • ويتركب السطح الخلوي من منطقة الغلاف Capsular area والجدار الخلوي Cell wall والغشاء Cell membrane والذي يعتبر أيضا ضمن المحتويات الداخلية • وتوجد أيضا منطقة تسمى Periplasm بين الجدار الخلوي والغشاء السيتوبلازمي ، أما التركيبات التي توجد بداخل الخلية فهي تشمل السيتوبلازم ، والجهاز النووي والميزوسومات والريبوسومات والحبيبات • وتشمل التركيبات التي توجد خارج الجدار الخلوي للخلية البكتيرية الفلاجلا Flagella ، البيلي

أو الفمبريا Pili أو Fimbriae والغلاف أو الطبة Capsule .

١ ـ الفلاجلات Flagella

الفلاجلات أو الأسواط عبارة عن خيوط رفيعة جدا من البروتين تشبه السياط من بروتوبلازم الخلية خلال الجدار الخلوى ويصل طول السوط من ١٥ ـ ٢٠ ميكرون ولا يشاهد بالميكروسكوب الضوئى الا بطرق صبغ خاصة حيث سمكه من ١٠ ـ ٣٠ نانومتر (nm) ويفضل الميكروسكوب اليكترونى لتحديد عدد الأسواط وتوزيعها على الخلية والخلايا اما وحيدة السوط أو ذات خصلة من الأسواط الطرفية أو محيطية الأسواط أو ذات خصلتين من الأسواط الطرفية .

٢ ـ البيلى Pili أو الفمبريات Fimbriae

يوجد نوعا آخر من الزوائد (غير الأسواط) يشاهد على سطوح بعض البكتريا ويعرف باسم البيلى أو الفمبريا وهى أقل طولا من الأسواط وأدق سمكا وأكثر عددا وهى تظهر بالميكروسكوب الاليكترونى كما أنها موجودة بالبكتريا المتحركة والغير متحركة ولذلك فليس لها علاقة بالحركة ـ ومن المحتمل أن الـ Pili يكون ضرورى فقط فى تقارب الخليتين أثناء التزاوج ، ويعتقد أن أنواع أخرى من البيللى قد تكون أعضاء للالتصاق حيث أن سلالات Neisseria gonorrhoeae عندما يوجد بها البيللى فقط تكون قادرة على احداث مرض السيلان .

٣ ـ الغلاف أو العلبة Capsule

تحتوى كثير من البكتريا وخصوصا تلك التى تعطى نموات مخاطية Mucoid growth على علبة أو كبسولة وقد تختفى العلبة وانما يوجد أيضا على هيئة غلاف رقيق يعرف بالطبقة اللزجة Slime layer وهى طبقة هلامية صمغية تحيط بالخلية البكتيرية من الخارج وتتفاوت فى سمكها حسب نوع البكتريا الا أنها فى العادة أسمك من الخلية نفسها وفى معظم الحالات، تتكون العلبة من مواد كربوهيدراتية معقدة ومن أحماض اليورونيك Uronic acids وفى بعض الأحوال تتكون من مواد بروتينية .

وللعلبة علاوة على أنها تقوم بحماية الخلية من الظروف البيئية السيئة ولصق الخلايا ببعضها أهمية كبرى من الوجهة العملية . فوجود العلبة فى بعض البكتريا المرضية مثل بكتريا الالتهاب الرئوى Pneumococci يدل على أنها ضارية Virulent أو شديدة الاصابة أما السلالات العديمة العلبة فتكون أقل جدية فى احداث المرض .

وخاصية تكوين العلبة عادة ما تكون صفة ثابتة فى أنواع البكتريا المختلفة الا أنها قد تختفى تحت ظروف معينة ، ولكن سرعان ما تتكون ثانية اذا ما زرعت البكتريا فى بيئة خاصة وتحت ظروف ملائمة لتكوينها .

٤ ـ جدار الخلية The cell wall

وجد أن جدار الخلية البكتيرية يتميز بالآتى : ـ

١ ـ يحتوى على مكونات كيميائية لاتوجد فى أى مكان آخر فى الطبيعة .

٢ ـ يمكن لتحضيرات نقية من الجدر الخلوية لبعض الكائنات أن تنتج أعراضا مرضية .

٣ ـ كثير من الخصائص الحيوية يكون غرضها وكذا على بناء الجدار الخلوى .

٤ ـ الاختلاف فى التركيب الكيماوى الجدر الخلوية للخلايا الموجبة والسالبة لصبغة جرام .

والجدار الخلوى البكتيرى تركيب صلب يعطى الخلية شكلها المميز بالرغم من رقته حيث أنه لا يزيد عن ٢٥ نانومتر (10 - 15 nm) فى البكتريا السالبة لجرام بينما يتراوح من ١٥ : ٢٣ نانومتر (15 - 23 nm) فى البكتريا الموجبة لجرام . ويمثل الجدار الخلوى عموما ما يقرب من ٢٠٪ من الوزن الجاف للخلية بأكملها .

وقد يرجع الاختلاف بين البكتريا الموجبة والسالبة لجرام الى أن سطوح الخلايا الموجبة لجرام أو الجزء القريب من السطح يحتوى على ملح المغنسيوم لحمض RNA أى Ribonucleic acid بهذا يكون مع كل من البروتين الخلوى وصبغة الكريستال البنفسجى

واليود مركب معقد بنفسجي اللون يثبت في الخلية ولا يذوب في الكحول فتصبح الصبغة مقاومة للازالة عند الغسيل بالكحول ، أما البكتريا السالبة لجرام فان التركيب الكيماوى لسطح خلاياها لا يحتوى على الملح المغنسيومى لحمض RNA وبالتالى لا يتكون المركب المعقد المذكور فيسهل غسيل الصبغة منه بالكحول • ويلاحظ أن بعض المزارع الموجبة لجرام قد تفقد ايجابيتها وذلك لبعض الأسباب الآتية : —

١ — عندما تتقدم الخلايا فى العمر •

٢ — عند ارتفاع حموضة البيئة •

٣ — عند المعاملة باتريم Ribonuclease

٤ — اذا سحقت الخلايا الموجبة لجرام مع برادة الزجاج لتكسير جدرها فان بقايا الخلايا المهشمة تفقد ايجابيتها لجرام •

ومن المعروف أن البنسلين يؤثر على البكتريا عن طريق التدخل فى عمليات تخليق الجدار الخلوى وهو فعال ضد البكتريا الموجبة لجرام عن السالبة •

الغشاء البلازمى : —

يقع داخل جدار الخلية — وهو يحيط بالسيتوبلازم وسمكه ضئيل جدا وغالبا ما يكون أقل من حدود الفصل للميكروسكوب الضوئى حيث يبلغ فى السمك من ٥٠ — ١٣٠ أنجستروم يمثل حوالى ١٠ ٪ من الوزن الكلى الجاف للخلية البكتيرية •

والغشاء البلازمي مرن جدا شبه منفذ ـ اذ يسمح بمرور الماء والمواد الغذائية فيه بدرجات مختلفة ٠

ولما كان هذا الغشاء دقيق جدا لذا يصعب مشاهدته بالطرق العادية انما يمكن ذلك باستعمال طرق خاصة مثل استعمال صبغات خاصة انتقائية أو باستعمال طرق يمكن بواسطتها انكماشه داخل الخلية ٠ والاضرار بهذا الغشاء بطرق طبيعية أو كيماوية يؤدى الى موت الخلية وفى هذه الحالة لايمكن التحكم فى مرور المواد خلاله ونتيجة لهذا تخرج المواد الحيوية من الخلية ٠

فوائده : يلعب الغشاء البلازمي دورا هاما فى عمليات الانقسام حيث تنشأ نقطتى الانقسام فى الغشاء السيتوبلازمى وينموان فى اتجاه مركز الخلية ٠ كما يعتبر الغشاء السيتوبلازمى باحتوائه على الأحماض النووية كقاعدة لعمليات تكوين البروتين فى الخلية البكتيرية ٠

البروتوبلازم : Protoplasm

يشبه البروتوبلازم البكتيرى الى حد كبير بروتوبلازم خلايا الكائنات الحية الأخرى الا أنه يصعب مشاهدة نواة محددة مميزة فى بروتوبلازم الخلايا البكتيرية كما هو الحال فى خلايا الكائنات الحية الأخرى ٠ والبروتوبلازم البكتيرى مادة متجانسة تحتوى على نسبة عالية من الماء (٧٠ ـ ٨٥ ٪) ، وتتغير نسبة المواد المكونة له على حسب الظروف المحيطة به ٠ وبوجه عام فانه يتكون من مواد بروتينية ودهنية و Ribonucleic acid ويحتوى على :ـ

Nucleus : تدل أحدث البحوث على أن

البكتريا تحتوى على نواة Nucleus وهى اما أنها فى منتهى الصغر بحيث لايمكن رؤيتها بالميكروسكوب العادى أو أن البلازم النووى المكون لها ليس له تركيب محدود مماثل للنواة الموجودة فى معظم الخلايا الحية الأخرى . هذا وقد أمكن صبغ الحامض النووى Deoxy ribose nucleic acid المكون لمادة النواة ، ومشاهدتها فى الخلية البكتيرية . عموما تعرف النواة بأنها جسم موجود فى الخلية البكتيرية مميز عن السيتوبلازم ، يتكون من بروتينات نووية Nucleo-proteins قادر على التكاثر ويحمل الصفات الوراثية للخلية .

ب ـ والحبيبات Granules : تحتوى كثير من الخلايا البكتيرية على حبيبات مميزة قد تكون قابلة للصبغ حيث تبدو داكنة فى الخلية عند صبغها باحدي الصبغات مثل أزرق الميثلين . منها Volutin وهى مكونة من الفسفوبروتين أو الحامض النووى Ribose nucleic acid (RNA) وقد تكون هذه الحبيبات من الجليكوجين كما فى الخمائر أو من الدهون كما فى البكتريا العقدية حيث تعمل كمواد غذائية مخزنة أو من الكبريت كما فى بكتريا الكبريت .

تفسير دخول المواد الى الخلية باحدى طريقتين : ـ

أ ـ الانتشار السلبى Passive diffusion (osmosis)

وهذه النظرية لتفسير كيفية دخول المواد الى الخلية البكتيرية أو الى خارجها تعتمد على انتشار الجزئيات من والى الخلية يستمر

بحرية حسب تركيز هذه المواد خارج أو داخل الخلية دون أن تبذل الخلية طاقة في ذلك ويستمر الانتشار محكوما بالأسموزية حتى يحدث التوازن بين تركيز المواد أو الجزئيات في الداخل والخارج .

ب ـ النقل النشط active transport

وهذه النظرية تقوم على أساس أن الخلية تبذل طاقة معينة لنقل الجزئيات الى داخل أو الى خارج الخلية وعموما فان الخلية تنقل الجزئيات بدرجة أكبر الى الداخل عن ما يخرج منها الى الخارج وتكون النتيجة النهائية تراكم الجزئيات بداخل الخلية .

وفي حالة النقل النشط فان تركيز مادة غذائية معينة يزداد بدرجة كبيرة داخل الخلية عنه في خارج الخلية وذلك لأن الخلية تبذل طاقة للاحتفاظ بالتركيز المرتفع بداخلها . ويوجد نظام انزيمي وظيفته نقل المواد الغذائية الى داخل الخلية ويسمى نظام النفاذية في الأغشية السيتوبلازمية ويبدو أن هذا النظام يتكون من عدد من الانزيمات المصاحبة للمحتوى البروتيني في الغشاء وهذه الانزيمات تساعد في سلسلة من التفاعلات المتتالية التي يحتاج البعض منها الى الطاقة . وكل انزيم من انزيمات النفاذية متخصص لمادة معينة أو عديد من المركبات ذات التركيب الكيماوي المتشابه . وفي بعض الأحيان فان هذه الانزيمات توجد في الفراغ البيربيلازمي Periplasmic space .

الجراثيم البكتيرية
The Bacterial Endospores

تستطيع بعض أنواع البكتريا التابعة لجنس Bacillus و Clostridium من تكوين جراثيم داخل خلاياها. وتمتاز هذه الجراثيم بقدرتها على مقاومة الظروف الغير ملائمة مثل الحرارة العالية أو المنخفضة والجفاف والضغط وكذا الكيماويات الضارة وتستطيع هذه الجراثيم الاحتفاظ بحيويتها ضد الظروف السيئة فترة طويلة ، فقد عاشت جراثيم B. anthracis لمدة ٦٠ سنة .

واذا تجرثمت خلية بكتيرية فانها لاتكون أكثر من جرثومة واحدة في الخلية الواحدة وبذلك يعتبر التجرثم في البكتريا وسيلة من وسائل حفظ النوع وليست وسيلة للتكاثر بعكس الحال في الفطريات والخمائر حيث يعتبر التجرثم فيها وسيلة للتكاثر .

وتتكون الجراثيم عندما تصل الخلايا في المزرعة الى طور البلوغ وقد تفقد بعض البكتريا المتجرثمة قدرتها على تكوين الجراثيم تحت ظروف معينة غير مناسبة ولكنها سرعان ما تعود اليها عند نموها على بيئة مناسبة مرة أخرى .

والجراثيم الداخلية للبكتريا يمكنها أن تتحمل الغليان لعدة ساعات دون أن تموت بينما تهلك الخلايا الخضرية اذا عرضت لدرجة ٨٠°م لعدة دقائق .

والسبب في مقاومة الجراثيم البكتيرية للظروف السيئة ربما

يرجع الى سمك جدار الجرثومة الذى يفوق كثيرا سمك الجدار الخلوى للخلية الخضرية كذلك فان البروتوبلازم بداخل الجرثومة يختلف عن بروتوبلازم الخلية الخضرية فى أن نسبة الماء منخفضة فيه • كما تحتوى الجرثومية على جميع النظم الانزيمية الموجودة بداخل الخلية الخضرية وكذا جميع العوامل لنقل الصفات الوراثية ولكنها تبقى كامنة بداخل الجرثومة ـ كما أن كميتها تكون أقل منه فى الخلايا الخضرية •

تكوين الجرثومة Sporulation :

ان الظروف الملائمة لتكوين الجرثومة بالخلية هى نفسها الظروف الملائمة للنمو بالخلايا الخضرية • وعادة ما تبدأ عملية تكوين الجرثومة بعد فترة من النمو الخضرى السريع عند بلوغ الخلية أو نضجها • وعادة ما ترتبط هذه العملية (تكوين الجراثيم) بالتوقف عن النمو والتكاثر وذلك لوجود نواتج التمثيل الغذائى الى حد السمية أو الى نقص فى الامداد الغذائى •

ويتم تكوين الجرثومة فى الخلية البكتيرية كما يلى : ـ

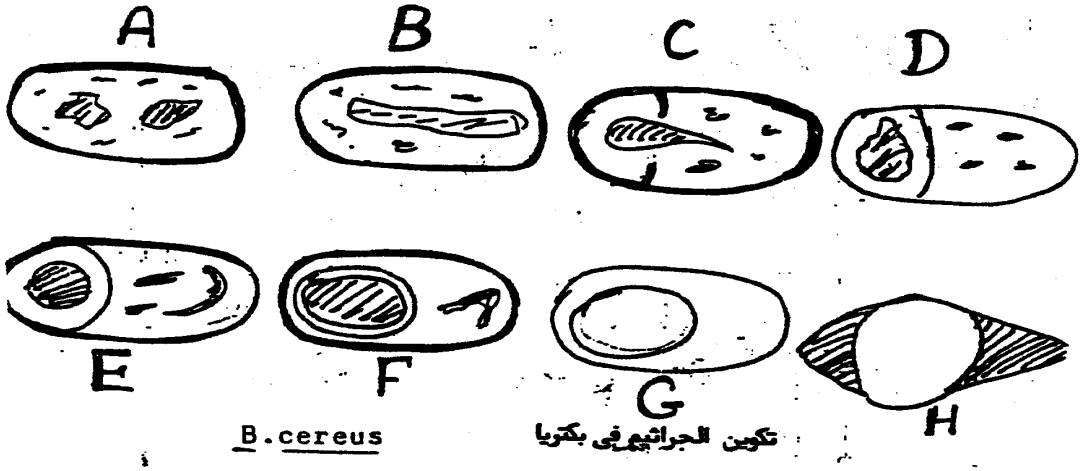
١ ـ يكون بروتوبلازم الخلية البكتيرية متجانسا خلال فترة النمو النشط ثم يبدأ فى التحبب عندما تصل الخلية الى طور النضج •

٢ ـ ثم يصبح بالتدريج أحد طرفى الخلية خاليا من الحبيبات اذ يحل محلها كتلة كثيفة من البروتوبلازم تعرف بالـ Primordium •

٣ ـ تحاط هذه الكتلة الكثيفة بغشاء رقيق ثم تزداد كثافتها باستمرار وسرعان ما يتكون بداخلها كتلة أصغر وأكثر كثافة تعرف بطور ما قبل الجرثومة (Prespore) .

٤ ـ تحيط الـ Prespore نفسها بغشاء سميك وتهاجر ببطء الى المكان الذى ستشغله نهائيا فى الخلية .

هذا وعندما تنضج الجراثيم البكتيرية تتلاشى الأجزاء المتبقية من الخلايا الخضرية وتنطلق الجراثيم حرة ، حيث تحتفظ بحيويتها مدة طويلة لأنها أكثر مقاومة للحرارة والجفاف .



تكوين الجراثيم فى بكتريا B.cereus

وتمتاز الجراثيم البكتيرية بأنها : ـ

١ ـ تحتوى على جميع الوحدات الوراثية اللازمة لاستمرار النوع .

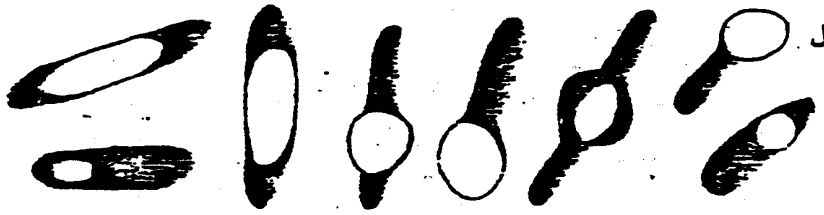
٢ ـ شديدة المقاومة للظروف غير الملائمة للخلايا الخضرية مثل الحرارة ، والجفاف والمواد المطهرة .

٣ ـ على هيئة أجسام لامعة لا تقبل الصبغ بالطرق العادية لصناعة غلافها واذا صبغت (باستخدام صبغة الملاكيت الساخن) يصعب ازالة الصبغة منها بعد ذلك .

شكل الجرثومة :

قد يكون شكل الجرثومة كروى Spherical أو اسطوانى أو بيضى . وقد يزيد قطر الجرثومة عن قطر الخلية مما يسبب انبعاج جدار الخلية وتأخذ الخلية شكل القارب .

وأحيانا يكون الانبعاج قرب الطرف حيث تأخذ الخلية شكل المغزل .



جراثيم بكتيرية فى أوضاع وأشكال مختلفة

انبات الجراثيم البكتيرية Spore Germination

عند نضج الجرثومة البكتيرية تتلاشى الأجزاء المتبقية من الخلية الخضرية وتنطلق الجرثومة منفردة وتسمى الخلية المحتوية على جرثومة الـ Sporangium وتستمر الجرثومة حية مدة طويلة اذ أنها أشدها مقاومة للظروف السيئة ـ ولكن عند توفر الظروف الملائمة لانبات الجراثيم فانها تنتفخ ويضح مظهرها أقل كثافة وفى بعض الأنواع يتمزق جدار الجرثومة حيث تظهر الخلية الخضرية من خلال الجدار الممزق ، وفى البعض الآخر

يمتص جدار الجرثومة أو يهضم أثناء انباتها ، وفي جميع الحالات لا يتكون سوى خلية خضرية واحدة من كل جرثومة ، وعلى ذلك يعتبر التجرثم في البكتريا وسيلة لحفظ النوع فقط وليس وسيلة للتكاثر .

الأسس العامة لتمييز البكتريا : —

١ — الصفات المورفولوجية .

٢ — الصفات المزرعية .

٣ — الصفات الأيضية .

٤ — التركيب الكيماوى المميز .

٥ — الصفات الأنتيجينية .

٦ — الصفات الوراثية .

أولا : الصفات المورفولوجية Morphological Characteristics

فيمكن رؤية المستعمرات البكتيرية بالعين المجردة والتعرف على صفات المستعمرات وهي صفات وراثية بالنسبة للميكروب تتأثر بالبيئة التي ينمو عليها ويمكن الحصول على شكل مميز للمستعمرة تحت الظروف المثلى فبعض المستعمرات كامل الحافة والبعض محدب السطح والبعض الآخر مستوى والسطح في بعض الأنواع ناعم وفي البعض خشن . أما الخلية الواحدة فلا يمكن رؤيتها الا تحت الميكروسكوب ويمكن ملاحظة جسم الخلية وطولها وقطرها وشكل الميكروب وكل هذه من الصفات المميزة للكائن . ويعبر عن المقياس الطولي والقطر للكائن بوحدة الميكرون ويمكن فحص التراكيب الداخلية للميكروب

بواسطة تحضيره للفحص بالميكروسكوب الاليكترونى بل ومن الممكن أيضا عمل قطاعات فى خلية البكتريا لدراسة التركيب الداخلى ٠

ثانيا : الصفات المزرعية : Çultural Properties

المواد التى تنمى عليها الميكروبات فى المعامل تسمى بيئات ميكروبية (مستنبتات) وهى تحتوى مواد غذائية مختلفة ، بعضها يحتوى على أملاح غير عضوية وأحيانا يضاف اليه مادة عضوية أو أكثر والبعض الآخر يحضر من مركبات عضوية معقدة التركيب لمستخلصات النباتات أو مهضومات الأنسجة وهناك ظروف خاصة تؤثر على نمو البكتريا على هذه المستنبتات مثل درجة الحرارة فبعض البكتريا لا يستطيع النمو على درجات حرارة أقل من ٣٩°م ولكنه ينمو على درجات حرارة أعلى من ذلك وقد تصل الى ٧٠°م ، والبعض الآخر لا يمكنه النمو على ٣٥°م فما فوق ذلك ويمكنها النمو على درجة صفر°م ويسمى ذلك بالاحتياجات الحرارية للكائنات أما بقية الخواص المزرعية فتمثل فى الاحتياجات الهوائية فبعض الكائنات يحتاج الى الأوكسيجين والبعض الآخر لايحتاج بحيث يستطيع المعيشة بدون الأوكسيجين والبعض يمكنه أن يعيش فى وجود أو غياب الأكسيجين أما بالنسبة لنوعية الغذاء المقدم فى المستنبت فيعرف ذلك بالاحتياجات الغذائية للكائن فبعض الكائنات ذاتى التغذية الكربونية أى يستطيع الحصول على الكربون اللازم له من مصادر غير عضوية مثل ك٢أ والبعض الآخر ذاتى التغذية النتروجينية فيستطيع الحصول على النتروجين اللازم له من النتروجين الجوى ٠ واذا توافرت للميكروب الظروف الملائمة للنمو فان الميكروب ينمو فى مثل هذه الظروف بمواصفات

شكلية خاصة يمكن التعرف عليها في المزرعة أو ميكروسكوبيا وتعرف هذه المواصفات الشكلية بالصفات المورفولوجية .

ثالثا : الصفات الأيضية : Metabolic Characteristics

يحتاج تمييز الأصناف المختلفة عادة الى معرفة مسبقة لبعض أنشطتها الكيموحيوية مثل تمثيل السكريات المختلفة أو الأحماض الأمينية المختلفة أو قدرتها على عمل تفاعلات كيموحيوية مميزة على بيئات خاصة بحيث يستدل من ناتج التفاعل المميز على نوع الميكروب .

رابعا : التركيب الكيماوى المميز Chemical Structure

يمكن بواسطة الطرق الحديثة تحطيم الخلية البكتيرية وفصل محتوياتها ومعرفة مكونات هذه المحتويات وبالتالى الفروق التركيبية بينها فيمكن فصل الجدار عن الستيوبلازم عن المكونات النووية ودراسة كل تركيب على حده ومعرفة الفروق في مكونات الجدار للأنواع المختلفة للبكتريا وكذلك معرفة الفروق بين نسب مكونات حمض DNA , RNA لهذه الأجناس بحيث يمكن استخدام هذه الفروق كأدلة على النوع .

خامسا : الصفات الأنتيجينية Antigenic Characteristics

يمكن بواسطة حقن البكتريا أو جزء من الخلية البكتيرية في حيوانات التجارب الحصول على سيرم به أجسام مضادة للبكتريا أو للأجزاء التى حقنت ويمكن الحصول على هذه الأجسام المضادة واجراء التفاعلات السيرولوجية بها وهذه التفاعلات على درجة

عالية من التخصص بحيث يمكن تميز الأنواع المختلفة للجنس الواحد بل وتمييز السلالات المختلفة للنوع الواحد .

سادسا : الصفات الوراثية Genetic characteristics

استخدمت في السنوات الأخيرة نسبة القواعد النووية لبعضها كوسيلة للتعرف على الأجناس المختلفة والى حد ما للتعرف على أنواع الجنس الواحد وفي الحالة الأخيرة تكون هذه الصفة مصاحبة لصفات أخرى .

نمو وتكاثر البكتريا
Growth and reproduction

تعنى كلمة نمو Growth فى المفهوم البيولوجى زيادة فى كل مكونات الكائن الحى وليس فقط فى بعض مكوناته ، أى الزيادة فى الكتلة الخلوية ؛ بينما فى الكائنات وحيدة الخلية فانه يؤدى الى زيادة فى عدد الأفراد أى أن لفظ نمو تساوى كلمة تكاثر فى مجال الميكروبيولوجى .

التكاثر اللاجنسى للبكتريا : Asexual reproduction

تتكاثر كل أنواع البكتريا الحقيقية بطريقة غير تزاوجية Asexual process تسمى بالانقسام الثنائى البسيط simple (Binary fission) وتحدث عملية الانقسام كالتالى : ـ

١ ـ تشاهد زيادة فى محتويات الخلية البروتوبلازمية .

٢ ـ يحدث استطالة فى الخلية البكتيرية .

٣ ـ يتكون بروزات جانبيا ثفى نقطتين متقابلتين تخرجان من السطح الداخلى للغشاء البرونوبلازمى وينموان متقابلين فى اتجاه مركز الخلية البكتيرية على طول المحور العرضى ، وبعد أن يلتحم هذان البروزان من الغشاء مع بعضهما تتكون خليتان جديدتان . يلى ذلك تكون جدار الخلية من الداخل للخارج ثم ينقسم جدار الخلية طوليا الى قسمين .

وبذلك تصبح الخلية خليتين ، والخليتان الناتجتان قد ينفصلان مباشرة أو يحدث الانفصال بعد فترة من الزمن أو قد يبقيان متصلتين ومن ذلك تتكون سلسلة من الخلايا والخلية الناتجة تحمل صفات الخلية الأصلية .

ويعتبر هذا النوع من التكاثر هو الشائع في البكتريا ولو أنه قد شوهدت أنواع أخرى من التكاثر اللاجنسي مثل التبرعم وتكوين الكونيديات في المزارع البالغة لبعض أنواع من البكتريا الراقية .

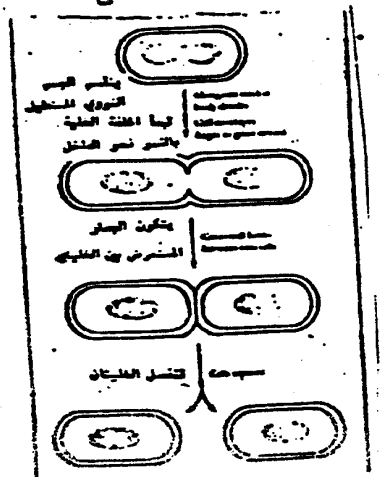
وتنقسم الخلية البكتيرية خلال طور النمو السريع في معظم الأحيان في مدة تتراوح ما بين ٢٠ ـ ٣٠ دقيقة ، وقد تصل هذه الفترة ٥ ـ ٦ ساعات في الأنواع البطيئة النمو حتى في طور النمو السريع log phase وهناك بعض أنواع بكتريا حمض اللاكتيك التي تنمو جيدا في اللبن تنقسم كل ٣٠ دقيقة اذا ما حفظت على درجة حرارة الغرفة ، ويستمر هذا النوع في التكاثر السريع حتى تبدأ فضلات البكتريا في التراكم أو حتى تستنفذ بعض الأغذية الضرورية .

التكاثر الجنسي Sexual reproductions

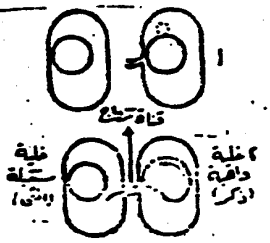
أمكن حديثا اثبات حدوث تكاثر جنسي في البكتريا وذلك عن طريق مشاهدة انتقال صفات الآباء الى الأجيال المتعاقبة وتكون الآباء في هذه الحالة مختلفة في واحدا أو أكثر من الصفات

الوراثيـة ، ويتـم ذلـك بواسـطة عمليـات Transformation, Conjugation and Transduction ولا يحـدث تـزاوج حقيقـى فـى أى من هـذه العمليـات أى لا يتـم التحـام نـووى معـيـن ، ولكـن بـدلا من ذلـك يحـدث انتقـال لجـزء من المـادة الـوراثيـة للمعطـى Doner الـى الخليـة المـستقبلـة recipient cell وعلـى ذلـك تصبـح الخليـة المـستقبلـة Diploid متضـاعفـة فقـط فـى جـزء من مـادتهـا الـوراثيـة ، ويتكـون زيجـوت جـزئى نتيجـة لانتقـال الجينـات ولاثبـات العمليـة السـابقـة اسـتعملـت طفـرات من بكتريـا E. Coli تختلـف فـى كفـاءتهـا البيوكيميـائية ، وعنـد زراعـة اثنيـن من هـذه الطفـرات المختلفـة فـى مزرعـة واحـدة أمكـن بعـد ذلـك بالطـرق المختلفـة عـزل بعـض الخـلايـا النـاتجـة عـن التكـاثـر الجنـسـى والتـى تجمـع بـين صفـات الأبـوين المـستعملين .

وعلـى ذلـك فـانـه يمكـن أن ينشـأ عـن طـريق التكـاثـر الجنـسـى هجـن جـديـدة امـا طبيعيـا أو نتيجـة تـزاوج متحكـم فيـه ممـا يعطـى أجيـالا لهـا خـواص ذات أهميـة اقتصـاديـة مثلهـا .



خطوات التحكم بالتزاوج لبكتيريا ذات كروموسوم حلقى



زاوج جنسى بين خليتين بكتيريتين ذات كروموسوم حلقى .

أطـوار النمـو فـى الكـائنـات الدقيقـة

أطـوار النمـو فـى الخليـة : ـ

عنـد تلقيـح بيئـة غـذائيـة كـاملـة العناصـر بميكـروب معـين وتهيئـة ظـروف منـاسـبة من الحـرارة والحموضـة والتهـويـة ، يبـدأ هـذا الكـائـن فـى النمـو ثـم التكـاثـر وتوجـد عـدة طـرق لقيـاس نمـو الميكروبـات وهـذه يمكـن تقسـيمهـا الـى قسـمـين : ـ

طـرق مبـاشـرة : ـ

١ ـ الشـرائح الميكروسـكوبية ذات الحجـرات المقسـمـة .

٢ ـ بالتخفيـف ثـم التلقيـح علـى بيئـات آجـار صلبـة .

٣ ـ الـوزن الجـاف Dry weight .

٤ ـ العـلاقـة بـين الازديـاد فـى العكـارة والـوزن الجـاف .

طـرق غيـر مبـاشـرة : ـ

ـ قيـاس بعـض الظواهـر التـى لهـا عـلاقـة بالنمـو كالحموضـة . ومـن الطـرق المبـاشـرة : ـ

١ ـ عـدد الخلايـا فـى حجـم معـين من المزرعـة بواسـطة الشرائـح الميكروسـكوبيـة ذات الحجـرات المقسـمة حيـث تعـد الميكروبـات المحصـورة فـى حيـز تلـك الحجـرات وهـذه الطـريقـة تسـتعمـل عمـومـا للبكتريـا والخمـائر وكـذلك بالنسـبة لجراثيـم الفطريات، ويوجـد أحجـام مختلفـة من تلـك الشـرائح حسـب نـوع الميكروبات . وهـذه الطـريقـة تعطـى فكـرة عـن عـدد الخلايـا الكلـى فـى المزرعـة

دون التمييز بين الخلايا الحية والميتة .

٢ ـ تقدير الخلايا الحية .. بطريقة التخفيف ثم التلقيح على بيئات آجار صلبة Plate count agar وفي هذه الطريقة تنمى الكائنات على بيئات آجار بعد تخفيفها بطرق معينة ثم التحضين لمدة معينة وعد المستعمرات النامية في كل تخفيف وضربها في مقلوب التخفيف .

٣ ـ طريقة الوزن الجاف للخلايا في حجم معين من المزرعة وذلك بأخذ كمية أو حجم معين من المزرعة وتجفيفه على درجة حرارة عالية لمدة معينة حتى يثبت الوزن ولا يتغير بزيادة مدة التجفيف . وعموما تدون النتيجة على أساس الوزن الجاف بالمليجرام .

٤ ـ طريقة العكارة Trubidity حيث تدل درجة عكارة البيئة على درجة النمو . ولكي تكون النتائج المتحصل عليها لها معنى معين توجد علاقة بين الازدياد في العكارة والوزن الجاف للمزرعة وهذه الطريقة يحدد استعمالها نوع البيئة المستعملة حيث قد تحتوى على مواد عضوية لا تسمح بقراءة العكارة بواسطة الأجهزة الخاصة بذلك مثل جهاز الاسبكتروفوتوميتر .

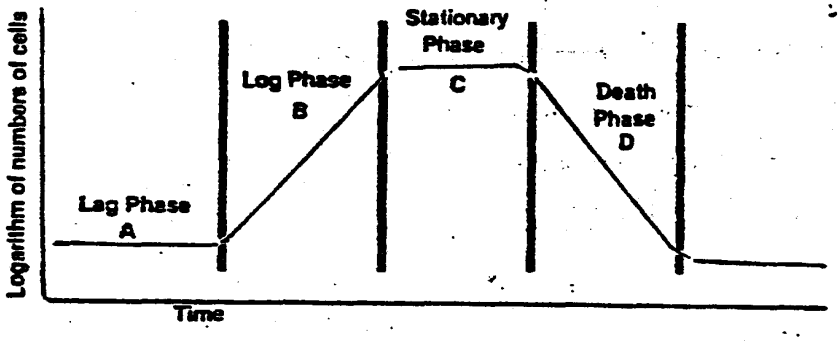
من الطرق الغير المباشرة : ـ

قياس بعض الظواهر التي لها علاقة بالنمو كما في حالة الزيادة في الحموضة في عمليات التخمير الخاصة بانتاج الأحماض

العضوية ولكن يفضل عموما الطرق المباشرة عن غير المباشرة

منحنى النمو Growth curve

عند قياس نمو ميكروب معين فى احدى المزارع نجد أن معدل النمو growth rate يتغير بتغير الوقت ، ويمكن تمييز الأطوار المختلفة التالية : ـ



Four phases in the growth of a culture

١ ـ الطور التحفيزى Lagphase

وفيه يكون التكاثر منعدما أو بطئ جدا ـ فعند تلقيح بيئة معينة بميكروب ما لا يحدث أى زيادة فى عدد الخلايا أو زيادة فى وزنها لفترة من الوقت تختلف باختلاف حجم المادة الملقحة Inoculum وباختلاف حالتها الفسيولوجية وكذلك بنوع سلالة الميكروب المستعمل وهذه الفترة تدخل فيها الخلايا فى مرحلة نشاط كيماوى من حيث البناء والتأقلم على الظروف الجديدة المحيطة بها . وذلك كله للاستعداد للمرحلة القادمة حيث يكون التكاثر فى أنشط حالة

وعند فحص الخلايا ميكروسكوبيا نجد أنها تزيد في الحجم فقط .

٢ ـ طور النمو اللوغاريتمي Logaritmic growth phase

وهذا الطور يتميز بتكاثر الخلايا النشط وأن معدل النمو يكون ثابت . وتختلف أصناف الكائنات الدقيقة في هذا المعدل لاختلاف تركيبها الوراثي واختلاف البيئة المناسبة لنمو كل منها ـ فالفترة ما بين تكوين الخلية وتكاثرها تعرف بمدة الجيل generation time فمثلا E. Coli تحت الظروف البيئية المناسبة قد يصل معدل نموها الثابت الى ٢٠ دقيقة في حين أن Mycobacteria قد يصل معدلها الى بضع ساعات ، وعادة يقل معدل التكاثر في نهاية الطور اللوغاريتمي حتى أن عدد الخلايا يصبح ثابتا تقريبا ويبدو أن نفاذ واحد أو أكثر من المواد الغذائية الاضافية أو تراكم نواتج عملية التحول الغذائي هو الذي يسبب توقف عمليات التكاثر السريعة . وهذا الطور قد تكون مدته قصيرة جدا في بعض البكتريا (٢٠ ـ ٣٠ دقيقة) وقد تصل الى بضعة أيام في بعض الكائنات البطيئة النمو وتختلف مدته باختلاف الظروف البيئية والمزرعية .

٣ ـ طور الثبوت Stationary phase

وبمرور الوقت في الطور اللوغاريتمي تستهلك الكائنات الدقيقة معظم المواد الغذائية وكذلك تتجمع أو تتراكم افرازات الخلايا

الناتجة من النمو والبناء الحيوى الى درجة أن البيئة تصبح غير صالحة لنمو تلك الكائنات ولذلك ففى نهاية الطور اللوغاريتمى نجد أن المزرعة تدخل الطور الثابت والذى يتميز بثبات عدد الخلايا فى المزرعة وذلك لأن عدد الخلايا الناتج من الانقسام يتساوى مع عدد الخلايا التى تموت ويتحكم فى مدة هذا الطور درجة حساسية الميكروب للتغيرات التى تحدث بالبيئة والناتجة من الافرازات الحيوية التى قد تكون فى بعض الأحيان مضرة بالخلايا مثل التغيير فى الحموضة والـ pH أو عدم صلاحية التهوية (الأكسيجين المتاح) .

٤ ـ طور النمو السلبى أو الموت Death or decline phase

عندما يصل النمو الى مرحلة بحيث يصبح معدل الموت أكبر من معدل النمو وبذلك تدخل المزرعة آخر أطوار نموها والذى يعرف بطور الموت أو النمو السلبى والذى يتميز بأن عدد الخلايا الحية يقل تدريجيا حتى تموت كل خلايا المزرعة لعدم توافر المواد الغذائية أو وجود مواد ناتجة من التخمر لها تأثير سام أو ضار على المزرعة . وعموما فى حالة الفطريات نجد أنها خلال هذا الطور تتحلل خلاياها ذاتيا autolysis ويمكن التغلب على الظروف السابقة التى تضر على المزارع والتى تؤدى فى النهاية الى موتها كما فى حالة التخمر المستمر continous fermentation بتزويد المزرعة باستمرار بالمواد الغذائية .

صبغ البكتريا Bacterial staining

من الصعب رؤية البكتريا في غير التحضيرات المصبوغة حيث أنها عديمة اللون . والصبغة هي مادة كيماوية عضوية ملونة لها القدرة على أن تتحد مع بعض المواد الأخرى وتكسبها لونا معينا والصبغات اما حامضية وهذه تتفاعل مع المواد القاعدية ومن أمثلتها الفوكسين الحامضي وصبغات قاعدية وهذه تتفاعل مع المواد الحامضية في الخلية ومن هذه الأصباغ الكريستال البنفسجي (الجنسيان) ، أزرق الميثلين ، أخضر الماكيت .

وعموما فان الصبغات حامضية كانت أو قاعدية تتفاعل مع بروتين الخلية ذو الخواص الأمفوترية ، ويتم الاتحاد بين الصبغة وبين مجموعة الأمين أو مجموعة الكربوكسيل المكونة للأحماض الأمينية حسب نوع الصبغة ، pH البيئة .

طرق الصبغ :

أ ـ صبغات بسيطة :

تستعمل لتميز البكتريا عن الوسط المحيط بها ولبيان شكلها وحجمها وفي هذه الطرق تستعمل صبغة واحدة ، ويأخذ الميكروب لون الصبغة وذلك مثل الصبغ بالصفرانين أو الفوكسين أو أزرق الميثلين .

ب ـ الصبغات التمييزية Differential stains

وفي هذه الطرق تستعمل أكثر من صبغة في عدة خطوات ـ متتالية أو خطوة واحدة وذلك لاظهار الفروق بين الأنواع "مكتيرية

المختلفة أو بين المكونات المختلفة للخلية ، ومنها :-

١ - الصبغ بطريقة جرام Gram stain

وهي أهم طريقة استعملت لدراسة البكتريا وفيها يعرض الغشاء والمثبت لصبغة الجنسيان ثم محلول اليود ثم كحول الايثانول لازالة اللون ثم الصفرانين أو الفوكسين المخفف وحسب نتيجة الصبغ تقسم البكتريا الى مجموعتين :

الأولى - موجبة لصبغة جرام Gram positive

وهي التي تحتفظ بصبغة الجنسيان بعد معاملتها بالمذيبات مثل الكحول وتظهر الخلايا بلون بنفسجي .

الثانية - سالبة لصبغة جرام Gram negative

وهي التي تفقد صبغة الجنسيان عقب معاملتها بالكحول وتكتسب لون الصبغة المضادة والمستعملة وهي الفوكسين أو الصفرانين ويصبح لون البكتريا أحمر أو قرمزي .

والبكتريا الموجبة تختلف عن السالبة في الصفات الآتية :-

م	البكتريا الموجبة لجرام	البكتريا السالبة لجرام
١	تحتوى على ريبو نيو كلويات المغنسيوم •	لا تحتوى •
٢	حساسة للبنسلين •	حساسة للاستريتوميسين •
٣	مقاومة للقلويات	غير مقاومة •
٤	لها Iso electric point من pH ٢ر٥ ــ ٤ •	من ٤ر٥ ــ ٥ر٥ •
٥	عادة كروية وتصوية متجرثمة •	عادة عصوية غير متجرثمة •
٦	قد تكون صامدة للأحماض •	غير صامدة للأحماض •
٧	تحتاج لمواد معقدة فى التغذية •	تحتاج الى مواد أبسط •

٢ ــ صبغ البكتريا الصامدة للأحماض Acid fast stain

حيث تعرض الأغشية المثبتة لكربول فوكسين ساخن لتمكين الصبغة أن تنفذ الى الخلايا وكحول ايثانول حامضى ثم أزرق ميثلين ، فتحتفظ الخلايا بلون صبغة كربول فوكسين وتظهر بلون أحمر وتسمى Acid fast ؛ أما الغير مقاومة للأحماض فان الكحول الحامض يزيل منها صبغة كربول الفوكسين وتأخذ لون الصبغة المضادة المستعطة وهى صبغة أزرق الميثلين •

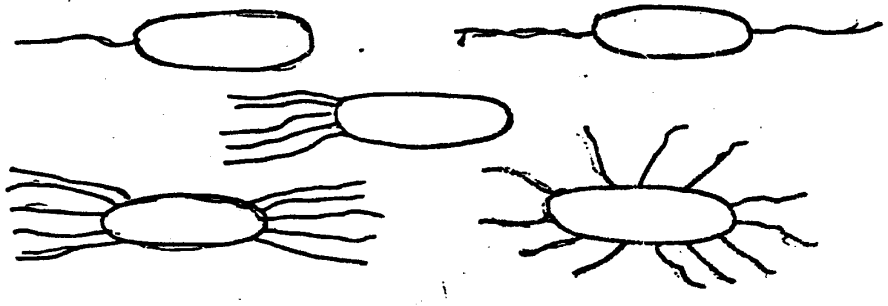
والخلايا المقاومة للأحماض تعود قدرتها على مقاومة الأحماض الى احتوائها على نسبة عالية من الليبيدات حوالى ٤٠ ٪ • وعموما فان الخلايا الصامدة للأحماض تكون موجبة لجرام غالبا •

حركة البكتريا

تنقسم البكتريا الى متحركة وغير متحركة ، والبكتريا المتحركة تتحرك باحدى طريقتين : ـ

١ ـ بواسطة الحركة البراونية أو بفعل التيارات التى تتولد فى البيئات التى تنمو فيها .

٢ ـ بواسطة أعضاء خاصة للحركة يطلق عليها اسم الأسواط أو الفلاجلات والأسواط عبارة عن نموات رفيعة جدا تشبه الخيوط وتخرج من بروتوبلازم الخلايا ، وعلاوة على ذلك فقد يختلف البروتين المكون لأسواط نوع ما من البكتريا عن بروتين أسواط الأنواع الأخرى وتقوم الأسواط بسلسلة متزنة من الانقباضات والامتدادات تسبب تحرك الخلايا البكتيرية ، وتحت الظروف المثالية قد تتحرك البكتريا بسرعة تزيد عن ٦٠ ميكرون /ث ومعنى ذلك أن بكتريا عصوية طولها ٢ ميكرون قد تتحرك نحو ٣٠ مرة مثل طولها فى ثانية واحدة وبنفس السرعة فان الرجل يستطيع أن يجرى ٤٥ متر/ث ، وتظهر الأسواط موزعة على الخلايا البكتيرية كما فى الأشكال التالية : ـ



بكتريا ذات فلاجلات فى أوضاع مختلفة

وتظهر الأسواط موزعة على الخلية البكتيرية فى أربعة أوضاع كما بالشكل وهى : —

١ — وحيدة السوط Monotrichous

وفيها يوجد سوط واحد فقط فى أحد أطراف الخلية ٠

٢ — سوطية الطرف Lophotrichous

وفيها تكون الأسواط حزمة فى أحد أطراف الخلية ٠

٣ — سوطية الطرفين Amphitrichous

وفيها تكون الأسواط على هيئة حزمة عند طرف الخلية ٠

٤ — محيطية الأسواط Peritrichous

وفيها تكون الأسواط موزعة على جميع سطح الخلية ٠

وبالرغم من أن عدد الأسواط وتوزيعها على الميكروب يختلف من ميكروب لآخر الا أنها عادة تكون ثابتة فى النوع الواحد من البكتريا ٠ ومعظم البكتريا الحلزونية ونسبة كبيرة من البكتريا العصوية لها أسواط، أما البكتريا الكروية فقليل جدا منها لها أسواط ٠

وقد تفقد البكتريا ذات الأسواط أسواطها بالرج الميكانيكى أو الطرد المركزى أو بفعل المنظفات ، كما قد تفقد مؤقتا قدرتها على تكوين الأسواط اذا ما نمت فى ظروف غير مناسبة ٠

التنفس فى البكتريا Respiration of Bacteria

يقصد بتنفس البكتريا جميع التفاعلات التى تحدث داخل الخلية منتجة للطاقة وتنحصر وظيفة التنفس فى وظيفتين رئيسيتين : ـ

١ ـ إمداد الخلية البكتيرية بالطاقة اللازمة لحياة ونمو البكتريا .

٢ ـ تحويل جزء من المركبات المعقدة الى مواد بسيطة تستخدم فى عمليات البناء البروتوبلازمى فى الخلية .

وانا تأكسدت مادة ما فلابد لمادة أخرى أن تختزل ـ والمادة المؤكسدة تفقد اليكتروناتها بينما تكتسبها المادة المختزلة ويمكن تمثيلها بالمثال الآتى : ـ

$$\text{نح}^{+} \cdot \text{ح}^{+++} \rightleftharpoons \text{نح}^{++} \cdot \text{ح}^{++}$$

مؤكسدة مختزل

أما فى حالة المادة العضوية كما هو الحال فى معظم أنواع التنفس البكتيرى فان ذلك يشمل انتقال ذرات ايدروجين بالاضافة الى انتقال اليكترونات . فنجد أن حامض البيروفيلك قد اختزل الى حامض اللاكتيك باستقبال ذرتين أيدروجين من حامض الماليك بينما يتأكسد حامض الماليك الى حامض الأكسالخليك بفقد ذرتين ايدروجين . ومعظم الأكسدة الحيوية يمكن تبسيطها على أنها نقل ايدروجين وبالتالى فقد اليكترونات كما فى المثال الآتى : ـ

$$\text{أ} - \text{يد}_2 \cdot \text{ب} \rightleftharpoons \text{أ} \cdot \text{ب} - \text{يد}_2$$

(H. acceptor) (H. donator)

وتتم الأكسدة والاختزال عن طريق انزيمات التنفس ، حيث في عملية الأكسدة تنطلق طاقة بينما في عملية الاختزال تستهلك طاقة • والنتيجة النهائية انطلاق طاقة أكثر من استهلاك طاقة ويستعمل الفرق في الطاقة في الاحتياجات الأخرى للخلية •

وينقسم التنفس في البكتريا الى قسمين : —

١ — التنفس الهوائي Aerobic respiration

وفيه يكون مستقبل الايدروجين النهائي هو الأكسيجين الجوى — ويتم ذلك بأكسدة المادة الغذائية عن طريق انتزاع الايدروجين بواسطة الانزيمات المؤكسدة • واما أن تكون الأكسدة كاملة حيث تحصل البكتريا الهوائية والاختيارية على أقصى كمية من الطاقة وذلك عن طريق أكسدة المادة الغذائية أكسدة كاملة أو تكون الأكسدة غير كاملة incomplete oxidition نتيجة لنقص كمية الأكسيجين وقصر زمن التفاعل ومثال ذلك بكتريا Lactobacillus والتي تقوم بأكسدة سكر الجلوكوز أكسدة غير كاملة لانتاج حامض اللاكتيك •

٢ — التنفس اللاهوائي Anaerobic respiration

ويتم هذا النوع من التنفس في غياب الأكسيجين الحر حيث تستطيع بعض الميكروبات عن طريق مجموعة من الانزيمات المؤكسدة والمختزلة على القيام بعملية الأكسدة والاختزال (التنفس) دون الحاجة للأكسيجين بنزع الايدروجين من المركبات القابلة للأكسدة ونقله للمركبات القابلة للاختزال ويتم هذا النوع بواسطة الميكروبات

بطـــريقتين : ـ

أ ـ حدوث أكسدة واختزال داخل الجزىء : ـ

وهو ما يعرف بالتخمر Fermentation وهو أكثر أنواع التنفس شيوعا ـ حيث تقوم الميكروبات الهيتروتروفية اللاهوائية أو الاختيارية بتكوين مستقبلات الايدروجين بنفسها من المواد الغذائية القابلة للأكسدة مثل الجلوكوز حيث يتعرض هذا السكر لعمليات أكسدة واختزال داخل الجزىء كما فى حالة تخمر الجلوكوز بواسطة الخميرة لانتاج الكحول . كما يلى : ـ

$$ك_٦ يد_{١٢} أ_٦ \xrightarrow{\text{خميرة}} ٢ ك_٣ يد_٥ أ يد + ٢ ك أ_٣ + طاقة$$

ب ـ أكسدة واختزال بين الجزئيات :

حيث تقوم الميكروبات الهيتروتروفية بأكسدة المواد العضوية بواسطة الأكسجين الموجود فى بعض المركبات غير العضوية للحصول على الطاقة اللازمة لها كما يلى :

$$ك_٦ يد_{١٢} أ_٦ + ١٢ يون أ_٢ \longrightarrow ١٢ يون أ_٢ + ٦ يد_٢ أ + ٦ ك أ_٢ + طاقة$$

تغذية البكتريا Nutration of Bacteria

تحصل البكتريا على طاقتها وعلى العناصر اللازمة لنموها عن طريقة غذائها ، وقد تحتم الضرورة اضافة الفيتامينات لغذاء بعض الكائنات الدقيقة شأنها فى ذلك شأن الحيوانات الراقية • وتنحصر أهمية التغذية للميكروبات فى ثلاث وظائف رئيسية • الامداد بالمواد اللازمة لبناء البروتوبلازم ـ الامداد بالطاقة الضرورية لنمو الخلايا والتفاعلات الحيوية ، وأخيرا تستعمل كمستقبل للاليكترونات المتحصل عليها من التفاعلات المنتجة للطاقة •

وتحتاج معظم الكائنات الدقيقة تقريبا لنفس العناصر اللازمة للكائنات الحية الأخرى فالكربون والايدروجين والأكسيجين والنتروجين والكبريت هى العناصر الأساسية المكونة للبروتين وبالتالى فهى ضرورية ـ كما تحتاج هذه الكائنات الى كميات أقل من الفوسفور والحديد والمغنسيوم والبوتاسيوم وربما الكالسيوم ـ وكذا فان بعض الكائنات الدقيقة تحتاج الى كميات بسيطة من واحد أو أكثر من العناصر النادرة الآتية : الزنك والمولبدنيم والكوبالت •

١ ـ مصدر الكربون Carbon source

يعتبر الكربون من المكونات الرئيسية للمواد العضوية فى الخلية كما يعتبر مصدر هام للطاقة اللازمة لعمليات التمثيل البنائى فى داخل الخلية البكتيرية وتختلف أنواع البكتريا اختلافا كبيرا بالنسبة لمصدر الكربون المستعمل وتقسم البكتريا من هذه الناحية الى قسمين

مختلفيـــن : ـ

٢ ـ البكتريـا ذاتيـة التغـذية Autotrophic bacteria

وفيهـا تحصـل البكتريـا علـى الكربـون الـلازم لهـا من ثـانـى أكســـيد الكربـون وتحصـل علـى المركبـات الأخـرى التـى تحتـاج اليهـا من المركبـــات غـر العضـويـة فمثـلا الازوت الـلازم لهـا تحصـل عليـه من الأمونيـــــا أو النتـرات وهـى فـى هـذه النـاحيـة تشـبه النبـاتـات حيـث لاتحتـاج الـى مركبـات عضـويـة فـى نموهـا وهـى تنقسـم الـى : ـ

أ ـ البكتريـا ذاتية التغذية المثلـة للضـوء

Photosynthetis bacteria

وهـذه البكتريـا تـستطيع القيـام بعمليـة البنـاء الضـوئـى مـستغلـة فـى ذلـك الطـاقـة الشمسـية وهـى فـى ذلـك تـسلك مـسلك النبـاتـات والطحالـب فـى اسـتغلالهـا للطـاقـة الضـوئيـة لبنـاء غـذائهـا العضـوى .

ب ـ البكتريـا ذاتيـة التغـذية المحللـة للمـواد الكيمـاويـة

Chemosynthstic bacteria

وهـى تضـم البكتريـا التـى لا تـستطيع القيـام بعمليـة التمثيـل الضـوئى وتـستطيع النمـو فـى غيـاب الضـوء وتـستمـد الطـاقـة الـلازمـة لهـا من نفـس الغـذاء الـذى تـستهلكـه أى من تحليـل المـواد الكيمـاويـة عـن طريق أكسـدة العناصـر أو المركبـات غيـر العضـويـة البسـيطة .

ممـا سـبق يتضـح أن البكتريـا الأوتوتروفيـة (ذاتيـة التغـذية) تحتـاج فـى تغـذيتهـا الـى مـواد بسـيطة التركيـب لتصنـع منهـا فـى النهـايـــــة

أعقد المواد المعروفة وهو البروتوبلازم الحى ، ولاشك أنها تحتوى على نظام متكامل من الانزيمات التى تمكنها من بناء هذه المواد المعقدة من المواد بسيطة التركيب ٠

٢ ٢ ـ البكتريا غير ذاتية التغذية

Heterotrophic bacteria

وهى البكتريا غير القادرة على استعمال ثانى أكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون ـ وتحتاج هذه البكتريا الى مواد عضوية أكثر تعقيدا من ثانى أكسيد الكربون كمصدر للكربون اللازم لها وتحصل على طاقتها من أكسدة هذه المواد العضوية ٠ ومن المواد العضوية التى تصلح لتنمية البكتريا الكربوهيدرات ومنها السكريات والنشا والسليلوز ويلى ذلك فى الأهمية الأحماض العضوية والكحولات وغيرها ٠

ويمكن لهذه البكتريا أن تستخدم غذاء واحد ويفى بأكثر من غرض مثل الامداد بالطاقة وبناء البروتوبلازم فمثلا يستعمل بكتريا E. Coli الجلوكوز لكمصدر للطاقة ومصدر للكربون فى بناء البروتوبلازم ـ كما تستعمل الميكروبات المتجرثمة اللاهوائية الأحماض الأمينية كمصدر للطاقة وكذا مصدر الكربون والنيتروجين فى بناء بروتوبلازمه ٠

٣ ٢ ـ البكتريا الذاتية وغير الذاتية

Autotrophic heterotrophic bacteria

وهى تضم الميكروبات التى تستطيع استعمال ثانى أكسيد الكربون كمصدر وحيد للكربون فى غياب كمية كبيرة من المواد العضوية المعقدة

بينما يمكنها استعمال كربون ونيتروجين عضوى للنمو والحصول على الطاقة فى وجود المواد العضوية فى بيئتها ـ ومن أمثلة هذه الميكروبات بعض البكتريا الممثلة للضوء والتى تستطيع النمو كميكروبات أو توتروفية فى وجود الضوء بينما فى غيابه تنمو كميكروبات هيترونزوفية ٠

٢ ـ الأوكسيجين والايدروجين :

تحصل البكتريا على الأوكسيجين والأيدروجين اللازمين لها من الماء الموجود فى البيئة لذا فوجود الماء فى البيئة ضرورى لنمو البكتريا ـ وتحصل البكتريا الهوائية على الأوكسيجين من الجو أيضا وتقسم البكتريا بالنسبة لحاجتها الى الأوكسيجين الى أربعة أقسام :ـ

أ ـ بكتريا هوائية Aerobic bacteria

وهى البكتريا التى لايمكنها أن تعيش الا فى وجود الأكسيجين الجوى حيث تستخدم الأكسيجين كمستقبل للاليكترونات الناتجة من التفاعلات المنتجة للطاقة أثناء عمليات التحول الغذائى ومن أمثلة البكتريا الهوائية حتما بكتريا الأزوتوباكتر والتأزت ٠

ب ـ بكتريا اختيارية Facultative bacteria

وهذا النوع من البكتريا يمكنها أن تعيش فى وجود الأكسيجين الجوى أو غيابه مثل بكتريا القولون وكذا ميكروب الخميرة yeast يمكنه أن يحول عمليات التحويل الغذائى له من هوائى الى لاهوائى وتعتمد فى هذا على الظروف البيئية النامية فيها ٠

جـ ـ البكتريا غير الهوائية

وهذه البكتريا لايمكنها أن تعيش فى وجود الأكسيجين الجوى

وليس معنى هذا أن البكتريا غير الهوائية لاتحتاج الى الأكسيجين فى نموها اذ لابد أن تأخذ هذه البكتريا الأكسيجين اللازم لها من المواد الكيميائية التى يحتوى على الأكسيجين وتحصل على الطاقة اللازمة لها بتحويل المواد ذات الطاقة العالية الى مواد ذات طاقة أقل ومن أمثلتها جنس Clostridium

د ـ البكتريا ذات الاحتياج الهوائى القليل :

Microaerophilic bacteria

وهى تحتاج الأكسيجين بقدر ضئيل وبعضها ليس محتاج لقدر ضئيل من الأكسيجين ولكن تحتاج لكمية عالية من ثانى أكسيد الكربون ومن أمثلتها بعض الأجناس التابعة لـ Lactobacillus ، Neisseria

٣ ـ مصدر النتروجين Nitrogen Source

يلعب النتروجين دور هام فى بناء بروتوبلازم الخلية البكتيرية وفى تخليق الأحماض النووية والانزيمات ومرافقاتها .وتحصل معظم أنواع الميكروبات على مصدر النتروجين اللازم لها من أملاح الأمونيوم التى تضاف لها فى البيئة كمصدر رئيسى للنتروجين ، وبهذا تتحول الأمونيا الى نتروجين عضوى فى هذه الميكروبات . وهناك عدد محدود من الميكروبات والطحالب الخضراء المزرقة يمكنها تمثيل النتروجين الجوى حيث تختزله الى أمونيا وتعرف هذه العملية بتثبيت النيتروجين Nitrogen fixation وتقوم به ميكروبات الأزوتوباكتر Azotobacter

٤ ـ المواد المعدنية : Mineral salts

تدخل المواد المعدنية في تركيب محتويات الخلية كالبروتوبلازم والانزيمات ، كما تعمل على حفظ الضغط الاسموزى وتوازن الأيونات. فالفوسفور والكبريت يدخلا في تركيب الأحماض الأمينية كما تحتاج الى المغنسيوم والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والزنك والمولبدنيم والكوبالت والنحاس والمنجنيز.

٥ ـ عوامل النمو والفيتامينات :

Growth factors and vitamins

وعوامل النمو Growth factors هى المواد العضوية التى يحتاجها الميكروب إلى جانب المصادر الرئيسية للكربون والطاقة.

وتعتبر الأحماض الأمينية من عوامل النمو المستخدمة لكثير من الميكروبات حيث أنها لازمة لبناء الأحماض النووية . وتعمل أيضا الفيتامينات كعوامل نمو ولذا يجب أن تضاف للبيئة الغذائية ليمكن للميكروب أن ينمو ومن أهم وظائفها أنها تعمل كمرافقات انزيمية .

٦ ـ غاز ثانى أكسيد الكربون Carbon dioxide

وضح سابقا أن البكتريا ذاتية التغذية والممثلة للضوء والتى تحصل على طاقتها من أكسدة المركبات المعدنية تستطيع أن تستعمل ك أ ٢ ، كمصدر وحيد للكربون فى تغذيتها .

ويرجع صعوبة الكشف عن مدى احتياج الميكروبات غير ذاتية التغذية الى غاز ك أ ٢ كمادة غذائية لانتاج كميات كبيرة من ك أ ٢ بواسطة هذه الميكروبات أثناء عمليات التحول الغذائى لها . وهناك

أمثلة كثيرة في حالة الميكروبات غير ذاتية التغذية والتي تبين أنه بازالة ثاني أكسيد الكربون من البيئة حدث تأخر في نموها. هذه الميكروبات وقد وجد أن بعض الميكروبات تحتاج هذا الغاز بنسبة عالية تصل الى ١٠ ٪ ك أ٢، مثل ميكروب Brucella abortus

تأثير العوامل الطبيعية على نمو وتكاثر البكتريا

١ ـ الحرارة : Temperature

يختلف النطاق الحرارى اختلافا كبيرا اذ يتسع هذا النطاق ليقع بين صفر ـ ٨٥°م ولكل نوع أو سلالة بكتيرية نطاق حرارى يقع فى حدود الدرجة الدنيا Minimum والدرجة القصوى Maximum وبينهما درجة حرارة مثلى Optimum

ـ درجة الحرارة الدنيا Minimum Temperature

هى درجة الحرارة التى لو نبت الميكروبات على درجة من الحرارة أقل منها فانها لا تنمو .

ـ درجة الحرارة القصوى Maximum Temperature

هى درجة الحرارة التى لو نميت الميكروبات على درجة من الحرارة أعلى منها فانها لا تنمو .

ـ درجة الحرارة المثلى Optimum Temperature

هى درجة الحرارة التى تسمح بحدوث أسرع نمو خلال فترة حضانة قصيرة نسبيا بين ١٢ ـ ٢٤ ساعة .

وتختلف درجة الحرارة المثلى حسب البكتريا فمثلا بكتريا التربة الحرارة المثلى لها من ٢٢ ـ ٢٨°م أما البكتريا المرضية فتقترب من درجة حرارة الجسم فميكروب السل الدرجة المثلى له ٣٧°م وبكتريا القولون E. Coli ٣٧°م أيضا وقد أمكن تقسيم البكتريا على أساس الحرارة الى ما يأتى :

مجاميع البكتريا	Min	Opt	Max.	مصادرها
١ـ بكتريا محبة للحرارة المنخفضة Psychrophilic bacteria	صفر ـ ٥°م	١٥ ـ ٢٠°م	٣٠°م	المياه والغذاء المحمد١ه
٢ـ بكتريا محبة للحرارة المتوسطة Mesophili bacteria	١٠ ـ ٢٥°م	٣٠ ـ ٤٠°م	٣٥ ـ ٥٠°م	البكتريا المرضية وغير المرضية .
٣ـ بكتريا محبة للحرارة المرتفعة Thermophilic bacteria	٢٥ ـ ٤٥°م	٥٠ ـ ٥٥°م	٧٠ ـ ٩٠°م	بكتريا متجرثمة أو غير متجرثمة

واذا ارتفعت درجة الحرارة عن درجة الحرارة القصوى فاننا نصل الى درجة الحرارة القاتلة Thermal death point وتعرف بأنها أوطى درجة حرارة تقتل عندها الميكروبات اذا تعرضت لها لمدة ١٠ دقائق على شرط أن يكون الميكروب نامى فى مزرعة عمرها ٢٤ ساعة.

تأثير درجات الحرارة المنخفضة :

عند انخفاض درجة الحرارة فان الخلايا البكتيرية تستمر فى عملية البناء والهدم ولكن بمعدل بطىء وذلك لأن انزيماتها يمكنها العمل على هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة وعادة لاتحدث هذه الحرارة المنخفضة دنتره لبروتين الخلية وعموما فان البكتريا أقل تأثيرا بالبرودة عن الحرارة المرتفعة فعملية التجميد فى حفظ الأغذية ليست عيامة لا مؤثرا فى القضاء على الميكروبات مع أن العدد الكلى لها يقل بمقدار محسوس ، فمجموعة الميكروبات المحبة للبرودة حرارتها المثلى من ١٥ ـ ٢٠°م وهذه المجموعة من الميكروبات ليس لها تأثير جوهرى على الناحية الصحية للانسان اذا لم تكن الميكروبات المرضية موجودة أصلا بالغذاء ولكنها تغير من صفات الأغذية الطبيعية والكيماوية ويتسبب عنها تغيرات غير مرغوبة من ناحية الرائحة والطعم خاصة فى اللبن ومنتجاته . وعموما فان حفظ المزارع البكتيرية على درجات

حـ... ن الصفر لا يقتلها كلية ولكن عددها يقل ويتضح ذلك فى ... الحساسة مثل Salmonella typhosa التى أمكن ... ما من الأغذية التى حفظت لمدة عام على درجة ـ ٢٠°م ومن ذلك نستنتج أن الأغذية المجمدة والثلج يمكنها أن تحمل ميكروبات ممرضة بالرغم من درجة حرارتها المنخفضة .

ومن المعروف أن درجات الحرارة المنخفضة يكون تأثيرها على الحالة الغروية لبروتوبلازم الخلية مما ينتج عنه سحق ميكانيكى للخلية وبالتالى يمكنها أن تقضى على الخلية .

لذلك فان حفظ المزارع البكتيرية لفترات طويلة بالتجميد دون التأثير على الحالة الغروية للبروتوبلازم يكون عن طريق تكون بلورات ثلجية صغيرة الحجم عديمة التأثير على الخلية ويتم ذلك بعملية التجفيف والتجميد تحت تفريغ ويطلق عليها

تأثير درجة الحرارة المرتفعة :

تزداد سرعة عمليات الهدم والبناء للخلايا البكتيرية بازدياد درجة الحرارة حيث أن الزيادة فى النشاط الحيوى على الدرجات المرتفعة من الحرارة يصحبه فساد فى البروتين الانزيمى بنسبة مرتفعة ، ومقاومة الخلايا البكتيرية لدرجات الحرارة المرتفعة يعنى أن الفساد الذى قد يحدث للبروتين الخلوى لم يشمل البروتين الانزيمى الخاص بعملية التعويض والاصلاح بحيث لو أعيدت الخلايا الى الدرجات الملائمة يمكنها استئناف النمو .

٢ ـ الرطوبة : (الماء)

يعتبر الماء ضروريا لنمو جميع الخلايا الحية ، وهذه الخلايا الحية تحتوى على نسبة عالية من الماء لكى يمكنها أن تعيش وتنمو ، وفى عمليات حفظ الأغذية بواسطة التجفيف أو التجميد فان الماء يزال أو يكون فى صورة صلبة وبالتالى فيكون بعيدا عن متناول الكائنات الحية الدقيقة لكى تقوم بنشاطها الحيوى المعتاد .

والماء فى معظم الحالات يقوم بنقل المواد الذائبة الى داخل الخلية وهو يعمل أيضا على ازالة نواتج التفاعل من داخل الخلية الى خارجها كما أن الماء فى الخلية يساعد على بقاء الشكل الطبيعى وانتفاخ الخلية ، والصورة التى يوجد عليها الماء من الأهمية بمكان من الناحية الميكروبيولوجية فهناك نوعين من الماء ماء مرتبط Bound water وماء حر Free water فالماء المرتبط يوجد فى الخلايا نفسها أو يدخل فى تركيب المركبات الموجودة بالخلية مثل البروتينات والكربوهيدرات ويكون الماء جزء من النسيج الحى ويكون ضروريا لكل العمليات الفسيولوجية ذات العلاقة بالخلية نفسها ، أما الماء الحر فيوجد بداخل وحول الخلية أو النسيج ويمكن ازالته دون التأثير على العمليات الحيوية بالخلية وهو مهم لمقاومة الميكروبات للظروف غير الطبيعية .

وتحتاج الخمائر لكمية من الماء أقل من البكتريا بينما يحتاج الفطر الى ماء أقل من الخميرة .

٣ ـ الضغط الأسموزى :

يوجد ثلاث أنواع من المحاليل وهى : ـ

أ ـ Isotonic

يكون فى هذه الحالة ضغط المحلول خارج الخلية البكتيرية مساويا للضغط الاسموزى داخل الخلية وهو من المحاليل المفضلة لحياة الكائنات فالمحلول الفسيولوجى Salin ٨٥و٠٪ كلوريد صوديوم يعتبر من المحاليل المتعادلة .

ب ـ Hypertonic solution

اذا كانت كثافة أو تركيز المحلول خارج الخلية البكتيرية أعلى من سائل الخلية نفسه وبالتالى يحدث خروج للمياه من الخلية البكتيرية الى المحلول خارجها وتتقلص أو تتكرمش الخلية البكتيرية ويحدث لها بلزمة Plasmolysis وهذه تمنع نمو الخلية وقد تموت ولذلك فان عمليات التمليح والتكبير فى الصناعات الغذائية لحفظ الغذاء من الفساد الميكروبى مبنى على هذا الأساس .

جـ ـ Hypotonic solution

اذا قل الضغط الاسموزى فى البيئة عنه فى داخل الخلية يدخل الماء للخلية وينتج عن ذلك انتفاخ الخلية ثم انفجارها وليس لهذا المحلول أى قيمة عملية فى حفظ الأغذية .

وتنمو الميكروبات المحبة للملوحة halophilic على تركيزات تصل الى ٢٥ ٪ خاصة على الجلود وهناك عدة تغيرات لمقاومة هذه البكتريا للتركيزات المرتفعة من ملح الطعام منها : ـ

أ ـ البروتين الانزيمي في هذه الخلايا يكون مقاوما للتثبيط بالتركيزات المرتفعة من الأملاح .

ب ـ أن الخلايا المحبة للملوحة تكون محاطة بمادة دهنية تمنع دخول الأملاح اليها .

جـ ـ أن درجة انتشار الأملاح داخل الخلية يتوقف على كمية الطاقة التي تستهلك في منطقة الغشاء السيتوبلازمي .

أما البكتريا التي تتحمل تركيزات مرتفعة من السكر فيعبر عنها باسم Saccharolytic . وعموما فان جميع الميكروبات سواء المقاومة لتركيزات الملح أو السكر المرتفعة فتسمى

Osmophilic organisms

٤ ـ التجفيف : Desiccation

حيث تفقد كل خلية حية حيويتها أو يقف نشاطها اذا قلت نسبة الماء بها عن حد معين وتختلف الأنواع البكتيرية على مدى تحملها لدرجات الجفاف فلقد وجد أن ميكروب السل Microbacterium tuberculosis يتحمل الجفاف لدرجة كبيرة بعكس ميكروب الكوليرا الحساس جدا للجفاف وعموما فان البكتريا المكونة للجراثيم البكتيرية تكون أكثر مقاومة من الخلايا الخضرية ولعل أوضح مثال لمدى تحمل هذه الجراثيم للجفاف لمدد طويلة ميكروب مرض الحمرة الخبيثة B. anthracis اذ يظل هذا الميكروب قابل للعدوى بعد عدة سنوات من حفظه على حالة جافة ولقد استخدمت عمليات حفظ الأغذية بالتجفيف منذ قديم الزمان مثل عمليات التجفيف للحوم والتمور والبصل والأسماك .

٥ ـ pH.

وجد أن معظم أنواع البكتريا تفضل النمو فى بيئات قريبة من التعادل أى ذات pH = 7 وبعض البكتريا يمكنها تحمل الحموضة ومنها البكتريا المنتجة للخل Acetobactor اذ تتحمل أقل من pH = 4 وهناك بعض البكتريا تفضل الجانب القلوى مثل بكتريا العقد الجذرية وبعضها يقتل بانخفاض درجة pH البيئة كما هو الحال فى معظم الميكروبات الممرضة .

أما الخمائر فتنمو على pH من ٢ر٥ ـ ٤ر٥ والفطريات عموما تنمو على pH من ٣ : ٨ .. وعن طريق التحكم فى pH البيئة أمكن حفظ الأغذية بعيدا عن تلوث الميكروبات الغير مرغوبة وذلك بزيادة تركيز أيون الأيدروجين مثل صناعة اللبن الزبادى أو صناعة الخل .

٦ ـ الضغط Pressure

تنمو وتتكاثر البكتريا تحت ظروف الضغط العادى (١٤ر٧ رطل / بوصة المربعة) الا أن بعض البكتريا التى تعيش فى أعماق البحار تعيش تحت درجات ضغط جوى تصل الى ٥٤٥ ض.ج ولكنها تظهر على شكل خيوط رفيعة تشبه الميسليوم عند نموها بالبحار ولكن عندما تنقل للجو العادى ، فان الخيوط الرفيعة تتجزأ وتعطى فى النهاية الشكل العصوى المميز لهذه الأنواع البكتيرية مثل B. subtilis . ولقد عزلت بعض أنواع البكتريا من أعماق البحار ولكن ثبت عدم قدرتها على النمو تحت ظروف الضغط العادى .

٧ ـ الكهرباء Electricity

استخدام التيار الكهربى أمكن تطبيقه فى بسترة الألبان وقتل الميكروبات فى مياه الشرب والمجارى ولكنها طريقة غير عملية وغير شائعة ، ويرجع التأثير القاتل للكهرباء للآتى : ـ

١ ـ لرفع درجة حرارة السائل نتيجة مرور التيار به فتموت الميكروبات متأثرة بارتفاع الحرارة .

٢ ـ احداث تغيرات كيماوية بسبب مرور التيار الكهربائى مثل توليد كل من الكلوريد والأوزون بكميات ضئيلة جدا فى الماء .

٨ ـ القوة الطاردة المركزية The centrifugal force

باستخدام أجهزة طرد مركزى ذات سرعات طرد عالية جدا ولأوقات كافية يمكن ازالة بعض الميكروبات ولقد جربت هذه الطريقة فى صناعة الألبان . ولا تعتبر هذه الطريقة من طرق التعقيم .

٩ ـ المرشحات البكتيرية Bacterial filters

تستخدم المرشحات فى تعقيم السوائل التى تتلف باستعمال الحرارة فمثلا سيرم الدم يتجبن بالحرارة والانزيمات يقف نشاطها والمضادات الحيوية تتلف أيضا بالحرارة وكذا سكر اللاكتوز . ويجب أن نعرف أن المرشحات المستخدمة لا يرجع الترشيح فيها الى سعة الثقوب فقط ولكن هناك عوامل أخرى مثل الشحن الكهربائية التى يحملها المرشح والشحن الكهربية التى يحملها الميكروب نفسه وطبيعة السائل المراد ترشيحه .

١٠ ـ الموجات الصوتية Sonic and ultrasonic waves

الذبذبات الصوتية التى تسمعها أذن الانسان لها درجة ذبذبة ٨٩٠٠ سيكل /ثانية ولقد وجد أن هذا القدر من الذبذبات غير كاف لتقليل البكتريا أما الموجات supersonic فهى موجات صوتية مقدار ذبذبتها من ٩٠٠٠ الى ٢٠٠٠٠٠ سيكل /ثانية وموجات Ultrasonic من ٢٠٠٠٠٠ الى طيون سيكل /ثانية، وبتعريض الخلايا البكتيرية لموجات Ultrasonic or supersonic لوقت كاف سوف يتم تحطيمها اذ يحدث تجزأة أو انفجار للجدار الخلوى وتخرج محتويات الخلية خارجها • ولا تستخدم فى الحياة العطية وتستخدم فقط فنى معامل الأبحاث لمعرفة تركيب الجدار الخلوى ومكونات الخلية •

١١ ـ الاشعاع : Radiations

تعتبر الاضاة اشعاع اذا كان يمكن رؤيته والحرارة اشعاع اذا ـ شعرنا بها ويختلف الاشعاع المرئى عن غير المرئى حسب طول الموجة •

والموجات المرئية يختلف طولها من ٣٨٥٠ الى ٧٦٠٠

والموجات أقل أو أكثر من ذلك لايمكن رؤيتها بالعين المجردة ولكن يمكن معرفتها بالمواد الكيماوية أو التصوير الفوتوغرافى •

الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet light

وهى التى يتراوح طول موجتها بين ١٥٠٠ : ٣٨٠٠ وهى أشعة غير متأينة ويكون لها تأثير فعال عندما يبلغ طول موجتها

٢٦٠٠ Å وتستخدم لعبات الأشعة فوق البنفسجية على نطاق واسع حيث يمكنها تقليل العدد الكلى للميكروبات وتستخدم فى المعامل البكتريولوجية وتعبئة الأدوية وحجرات العمليات وفى الصناعات الغذائية واللبنية • ويرجع تأثير الأشعة فوق البنفسجية فى أنها تمتص بشراهة بواسطة البروتينات والأحماض النووية وبالتالى تسبب انهيار أو تهدم الخلية يصحبه تغير فى الأحماض النووية وقد تسبب طفرة فى الخلية أو أموتها أو تثبط الانزيمات •

أشعة اكس X rays (Rontgen rays)

يتراوح طول موجتها من ١ : ١٠٠ Å وهى أشعة متأينة وذات تأثير مميت للميكروبات وهى ذات قوة تخلل عالية ولكنها باهظة التكاليف ومن الصعب التحكم فيها حيث تخرج فى كل الاتجاهات وان كانت تستخدم فى احداث طفرات فى البكتريا •

أشعة جاما Gama rays

يبلغ طول موجتها من ١٠و : ١ Å . ونحصل عليها من النظائر المشعة مثل الكوبلت ٦٠ وهى ذات قدرة اختراق أكبر من ألفا وذات تأثير مميت أكبر أيضا وتستخدم فى التعقيم ويرجع تأثيرها المميت لاحتمالين : أولهما أنها تمتص بشراهة بواسطة البروتينات والأحماض النووية ولذلك فانه يعتقد أن لها تأثير مباشر بمناطق حساسة من الخلايا وبالتالى يتغير تركيبها الجزيئى والاحتمال الثانى فى أنها تحدث ثانيا لما تحتويه الخلايا من الماء ومن جزيئات الاوكسيجين •

تأثير المواد الكيماوية على نمو وتكاثر البكتريا
Effect of Chemical Agents

يتوقف تأثير الخلايا البكتيرية بالمادة الكيماوية على عدة عوامل أهمها :

نوع الميكروب ـ عدد الميكروبات ـ عمر الميكروبات وتاريخ حياتها السابقة والمادة التى تعيش فيها الميكروبات .

ومن أهم المواد الكيماوية المستخدمة : ـ

أ ـ الفينول ومركباته :

يستخدم الفينول كمقياس ثابت (مبيد قياسى) يمكن به مقارنة المواد المبيدة الأخرى من حيث كفاءتها فى القضاء على الميكروبات ويطلق على هذا المعامل Phenol coefficient وهى القوة القاتلة لمبيد ما ضد ميكروب مختبر بمقارنتها بالفينول تحت نفس الظروف . ومركبات الفينول قد تكون مواد موقفة للنمو وذلك حسب التركيز المستخدم ، وتركيز ٢ : ٥ ٪ يمكن استخدامه فى التخلص من الميكروبات الملوثة للأدوات المعدنية وفى تنظيف أسطح بنشات المعامل وحجرات التلقيح والجراثيم والفيروسات مقاومة لفعل الفينول .

٢ ـ الكحولات : Alcohols

يستخدم كحول الايثايل كمطهر سطحى للجلد وكلما زاد التركيز من ٦٠ : ٩٥ فان معدل قتل الميكروبات يرتفع أما عن تأثيره على الجراثيم فقد أمكن حفظ جراثيم B.anthracis فى الكحول

لمدة ٢٠ سنة وجراثيم B. subtilis في الكحول لمدة ٩ سنوات ومن المعروف أن الكحولات تحدث تجبن أو تجمع للبروتينات وربما يكون ذلك هو تأثيرها الضار على الميكروبات .

٣ ـ اليود : Iodine

يستخدم محلول اليود في الكحول أو في محلول مائى من يوديد البوتاسيوم لعلاج التلوثات السطحية الناتجة من الجروح أو الخدوش في جسم الانسان أو الحيوان ، كما يستخدم كمبيد للمياه ٥ : ١٠ جزء في المليون وقد يرجع الفعل الابادى لارتباط اليود ببعض البروتينات بالخلية مما يؤدى الى تخريب في المواد الحية بالخلية .

٤ ـ الكلور ومركباته : Chlorine

الكلور الموجود على صورة غازية يعتبر من أهم المطهرات الكيماوية ويستعمل الغاز المضغوط في تعقيم المياه . كما تستخدم مركبات الكلور مثل هيبو كلوريت الكالسيوم (الجير الحى المعامل بالكلور) ويستعمل في التطهيرات المنزلية وتعقيم الأجهزة والأدوات المختلفة في الصناعة . كما يستعمل كمحلول لازالة الألوان .

٥ ـ المعادن الثقيلة ومركباتها :
Heavy metals and their compounds

معظم المعادن الثقيلة أو مركباتها تكون ذات تأثير سام على الكائنات الحية الدقيقة وأكثرها تأثيرا هى الزئبق والفضة والنحاس ويرجع فعل المعادن لايقاف النمو الى ارتباط هذه الأيونات

البروتينات الخلوية وبذلك أمكن استخدام المعادن في أغراض التعقيم والتطهير المختلفة وتجهيز الأربطة والدهانات .

٦ ـ الصبغات : Dyes

يوقف الكريستال البنفسجي نمو معظم البكتريا الموجبة لجرام وفي نفس الوقت لاتتأثر البكتريا السالبة . أما صبغة الأخضر الزاهي Brilliant green وأخضر الملاكيت Malachite green فهي مواد مبيدة متخصصة تمنع نمو الموجبة دون السالبة .

وهذه الصبغات تستخدم في علاج الاصابات الجلدية الناتجة عن البكتريا الموجبة لجرام . وتأثير هذه الصبغات لارتباطها مع المجاميع الفعالة للبروتين الخلوي .

٧ ـ الصابون والمركبات الخافضة للتوتر السطحي :

وهي مطهرات ذات قوة متوسطة وذات قدرة اختيارية مثل الصبغات في التأثير على البكتريا فمثلا Streptococci تعتبر أكثر حساسية لفعل الصابون عن Staphylococci وأهمية الصابون تقع في : ١ ـ الازالة الميكانيكية للميكروبات عن السطوح التي تغسل بها مثل الأيدي والملابس والأدوات وغيرها .

٢ ـ كما أنها تقلل من التوتر السطحي للماء وبالتالي يكون ذات قدرة تخلخل أو تغلغل في الأشياء المغسولة .

٣ ـ قدرة الصابون على استحلاب وانتشار الزيوت والمواد الملوثة الأخرى .

٤ ـ اضافة الفينول للصابون عند الصناعة تزيد قدرته التعقيمية .

٨ ـ مركبات الأمونيوم الرباعية :

والتأثير المبيد لمركبات الأمونيوم الرباعية يكون ذات تأثير مبيد على البكتريا الموجبة لصبغة جرام والتأثير المبيد لهذه المركبات يتدرج من تركيزات تتراوح من ١ جزء فى الألف الى جزء فى الـ ١٠٠ ألف • ومركبات الأمونيوم الرباعية مبيدة للفطريات ، ولكن الفيروس لايزال مقاوما عن كل من البكتريا والفطر لهذه المركبات وتمتاز هذه المركبات بسميتها البسيطة وقابليتها للذوبان وثباتها الكيماوى • وتستخدم بكثرة كمطهر للجلد وكمادة تعقيمية للأجهزة والمعدات فى المصانع •

والفعل المبيد لهذه المركبات يرجع الى اتحادها مع البروتين الخلوى مؤدية الى ايقاف النشاط الانزيمى للخلية ونتيجة لذلك فهى تفسد الغشاء السيتوبلازمى مؤدية الى خروج محتويات الخلية •

٩ ـ فوق أكسيد الأيدروجين - Hydrogen peroxide

حيث يتحلل الى ماء وأكسيجين ذرى نشط قادر على ايقاف نمو البكتريا وهناك محاولات لاستخدامه كبديل للبسترة فى اللبن الخام • ولقد ثبت تأثيره على بكتريا الحمى الفحمية (جراثيمها) وابادتها خلال ساعة واحدة •

١٠ الفورمالدهيد : Formaldehyde

يباع الفورمالدهيد فى الأسواق على هيئة محلول مائى تحت اسم الفورمالين والذى يحتوى على ٣٧ : ٤٠ ٪ فورمالدهيد ولدرجة

الرطوبة والحرارة تأثير كبير على تأثير الميكروبات بالفورمالدهيد فيجب أن تكون درجة الحرارة ٢٢°م والرطوبة النسبية بين ٦٠ : ٨٠ ٪ وعيب الفورمالهيد أن ليس لأبخرته القدرة على التغلغل داخل الأسطح المغطاة • واستعمال الفورمالين سام وذات رائحة نفاذة وله تأثير كبير على قتل الفطريات خاصة وكذلك البكتريا والفيروسات •

١١ ـ المضادات الحيوية Antibiotics

المضادات الحيوية عبارة عن مواد كيماوية عضوية تنتج من تفاعلات أيضية لبعض الأحياء الدقيقة والتى تكون مبيدة أو موقفة للنمو والنشاط للميكروب المنتج لها أو غيرها من الكائنات الحية الدقيقة •

ومراكز تأثير المضاد الحيوى على أجزاء الخلية يختلف باختلاف نوع المضاد الحيوى المستخدم ، فمنها ما هو ذات تأثير على الجدار الخلوى والآخر على الغشاء السيتوبلازمى ومنها ما يؤثر على سيتوبلازم الخلية ومنها ما يؤثر على الأحماض النووية ••• الخ •

ويمكن تقسيم المضادات الحيوية الى ثلاثة أقسام تبعا لافرازها بواسطة الميكروبات المختلفة :

أ ـ مضادات حيوية تفرز بواسطة البكتريا :

١ ـ Polymyxin يفرزها Bacillus polymyxa

٢ ـ Subtilin يفرزها Bacillus subtilis

فالأولى مبيدة للبكتريا السالبة والموجبة مقاومة لها والثانية

تؤثر على الموجبة لجرام والمقاومة للأحماض .

ب ـ مضادات حيوية تنتج بواسطة الأكتينوماليتات :

١ ـ Streptomycin ويفرزه Streptomyces griseus

وتؤثر على عمليات التنفس بالخلية وتأثيرها على الموجبة والسالبة .

٢ ـ Chloramphenicol وتفرزه Streptomyces venzuelae

ويؤثر على مراكز بناء البروتين .

جـ ـ مضادات حيوية تنتج بواسطة الفطريات :

ـ Penicillium ويفرزه فطر Penicillium notatum

ويؤثر على تركيب الجدار البكتيرى فى الموجبة لجرام .

التضـــاد
Antagonism

تتنافس الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا والفطر وغيرها) فيما بينها على الغذاء نظرا لخلوها من مادة الكلوروفيل وعدم قدرتها على تجهيز الغذاء لنفسها . ولذلك يحاول كل منها أن يستأثر بالغذاء لنفسه أما بأن يغير ظروف البيئة بحيث لاتناسب نمو غيره من هذه الكائنات ، مثلا بأن يغير درجة الحموضة أو بأن يفرز مواد مضادة لهذه توقف نموها أو تقتلها وتسمي هذه الافرازات المضادات الحيوية Antibiotics .

وعندما يوقف كائن حي دقيق نمو كائن حي آخر تسمى هذه الحالة بظاهرة التضاد Antagonism وليس معنى ذلك أن مثل هذه الكائن الحي الدقيق مضاد لكل الكائنات الأخرى ولكنه يكون مضاد لهذا الكائن المعين فقط .

وكثيرا ما تلاحظ ظاهرة التضاد هذه عند انماء البكتريا والفطر في أطباق بترى . وعند انماء كائنين دقيقين مختلفين في النوع في أحد أطباق بترى فاننا نلاحظ واحدمن الحالات الاتية :

(١) أن ينمو كل كائن منهما نموا عاديا حتى تتقابل حواف النمو فيقف نموها عند منطقة التقابل ولكن يظل النمو في الأماكن البعيدة عنه .

(٢) قد يطغى نمو أحدهما على نمو الكائن الآخر ويملأ الطبق بسرعة مغطيا نمو الكائن الآخر .

(٣) يقف نمو كل منهما قبل أن تتصل حواف النمو وتظهر منطقة خالية من النمو فى الوسط بينهما .

(٤) يبقى أحدهما ناميا ويتلاشى الكائن الآخر .

والحالتين الأخيرتين تظهران بوضوح ظاهرة التضاد .

وقد تحدث ظاهرة التضاد هذه بين الأنواع المختلفة من البكتريا أو بين البكتريا والفطر أو بينهما وبين الاكتينوميسيتس . وتقسم المواد التى تفرز فى البيئة لوقف نمو الكائنات الحية الى :

(أ) مواد تفرزها البكتريا : ومثال ذلك مادة Subtilin التى يفرزها ميكروبيد B. subtilis .

(ب) مواد تفرزها الفطريات : ومن أمثلتها البنسلين من افراز الفطر Penicillium notatum وقد اكتشفه العلامة الكسندر فلمنج وأمكن انتاجه تجاريا أثناء الحرب العالمية الثانية . وهو يقتل الميكروبات الموجبة لصبغة جرام ولا يؤثر فى ميكروب السل أو التيفود . وقد أدى اكتشافه الى توجيه الأنظار الى تحضير المضادات الحيوية مما عاد بالخير العظيم على الانسانية .

(ج) مواد تفرزها الاكتينوميسيتس : ومن أمثلتها الستربتوميسين ويفرزه Streptomyces griseus والترامسيين وغيرها . وهى تقتل الميكروبات المختلفة السالبة أو الموجبة لصبغة جرام ولو أن كل منهما تظهر تخصصا فى تأثيرها ضد أنواع معينة من الميكروبات . كما أن بعضها قاتل لأنواع الفيروس

وميكروب السل والزهرى وغيرهما .

ومن الأمثلة الظاهرة لتضاد أنواع البكتريا مع بعضها تضاد ميكروب Ps.aeruginosa ضد ميكروب Streptomyces griseus

هذا وليس من الضرورى أن يحدث تضاد عند نمو كائنين معا بل قد يتكامل عمل الكائنين معا (synergism) ومن أمثلة ذلك أن الميكروب Bacillus denitrificans وميكروب Escherichia coli بنموهما معا ينتجان النتروجين من أزوتات الصوديوم حيث أن أحدهما لايمكنه القيام بهذا العمل وحدة فيختزل الميكروب الأول الأزوتات الى أزوتيت والميكروب الثانى يختزلها الى أزوت مطلق علما بأنه لايمكنه اختزال الأزوتات .

أزوتات ← B. denitrificans ← أزوتيت
أزوتيت ← E. coli ← أزوت

وفى أحوال أخرى قد ينتج أحد الميكروبين مواد تشجع نمو الميكروب الآخر مثل بعض الفيتامينات وغيرها .

الفصل الثامن

قتل الأحياء الدقيقة ووقف نموها ونشاطها

عند دراسة العوامل التى تستخدم لقتل الكائنات الدقيقة أو لوقف نشاطها ، يجب أن نميز أولا بين عمليات التطهير Antisepsis والابادة Disinfection والتعقيم Sterilization

وبوجه عام يطلق لفظ المطهر على العامل الذى يوقف نمو الكائنات الدقيقة ويحد من نشاطها دون أن يقتلها ، مثل درجات الحرارة المنخفضة وبعض الكيماويات . أما العامل الذى يسبب قتل هذه الكائنات فيعرف بالمبيد الميكروبى ، ومثال ذلك درجات الحرارة المرتفعة أو بعض المواد الكيماوية المعينة مثل كلوريد الزئبق . أما التعقيم فيؤدى الى القضاء على الحياة فى أى مادة ، ويتم ذلك باستعمال الوسائل الطبيعية أو باستخدام المواد الكيماوية .

هذا ويجب أن تتوفر الخواص التالية فى المواد المبيدية :

١ ــ أن تكون ذات قوة قاتلة كبيرة .

٢ ــ أن تكون ثابتة التركيب .

٣ ــ أن تكون متجانسة .

٤ ــ أن تكون قابلة للذوبان عادة بالنسب المطلوبة .

٥ ــ أن تكون ذات مقدرة على اختراق الأنسجة الحية .

٦ ــ أن تكون غير سامة للحيوان .

٧ ــ أن يكون سعرها مناسب .

وعند استخدام عمليات التطهير أو التعقيم أو الابادة ، يجب الاهتمام بدراسة العوامل العديدة التى قد تؤثر فى النتائج المتحصل عليها ، وتتلخص هذه العوامل فى الآتى :

١ ـ شدة العامل أو درجة تركيزه :

تحتاج عمليات التعقيم أو الابادة عادة الى وقت طويل اذا كانت شدة العامل المستخدم أو درجة تركيزه منخفضة ، بينما تتم العملية فى وقت قصير بزيادة شدة العامل أو ارتفاع درجة تركيزه • هذا وقد يصبح العامل المستخدم مطهرا فقط ، أو يصبح عديم الأثر تماما اذا انخفضت درجة تركيزه كثيرا • بل وقد يظهر للتركيزات المنخفضة جدا من الكيماويات المطهرة أو المبيدة تأثير منشط على نمو الميكروبات •

٢ ـ عدد الكائنات الدقيقة :

يحتاج وقف نشاط الأعداد الكبيرة من الكائنات الدقيقة أو قتلها ، الى زيادة شدة العامل المستخدم أو زيادة درجة تركيزه ، وذلك حتى لاتزداد الفرصة لظهور أنواع جديدة مقاومة •

٣ ـ أنواع الكائنات الدقيقة :

تموت بعض الكائنات الدقيقة أو يقف نشاطها بسهولة ، بينما يقاوم البعض الآخر مقاومة نسبية • وبوجه عام فان الجراثيم البكتيرية والأنواع المتجرثمة • تكون أكثر مقاومة من الخلايا الخضرية والأنواع غير المتجرثمة •

٤ ـ عمر الكائنات الدقيقة :

عادة ما يسهل ابادة الخلايا الحديثة النشطة عن قتل مثيلاتها البالغة تامة النمو ، وهذه أيضا تكون أكثر مقاومة من الخلايا الضعيفة المتقدمة فى السن ؛ أما الجراثيم البكتيرية فهى أكثر الكائنات الدقيقة مقاومة لوسائل الابادة .

٥ ـ ظروف نمو الكائنات الدقيقة :

تكتسب الكائنات الدقيقة أقصى درجات المقاومة للعوامل المميتة أو المانعة للنمو ، وذلك عند تنميتها تحت الظروف المثلى لنموها . وقد يؤدى تغيير تلك الظروف الى زيادة أو انقاص مقاومتها لأنواع معينة من المبيدات أو المطهرات . والرطوبة عامل هام فى زيادة تأثير العوامل التى تفتك الميكروبات أو تحد من نشاطها . ومثال ذلك أن قتل الميكروبات بالحرارة يكون أسهل فى وجود الرطوبة عنه فى غيابها .

الأحياء الدقيقة بخلاف البكتيريا

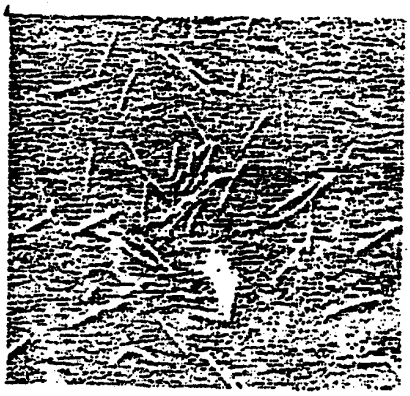
الفيروس
Vrius

تعريف الفيروس :

الفيروسات طفيليات اجبارية متخصصة ، تتكاثر أو تزداد فى التركيز فى أنسجة حية • معينة فقط ، ولم يتوصل حتى الآن الى زراعتها أو زيادة تركيزها على المنابت الصناعية •

وصف الفيروس :

معظم الفيروسات كروى أو عصوى الشكل ، ولبعض الأشكال الكروية ذيول غريبة • كما أن بعضها يظهر فى أشكال متبلورة • وأغلب الأنواع المعروفة من الفيروس فوق ميكروسكوبية يتراوح قطرها ما بين ٠ر٠١ ــ ٠ر٣ ميكرون (شكل رقم ٣) •



(شكل رقم ٣)

صورة بالميكروسكوب الالكترونى لفيروس موزيك الدخان

تركيب الفيروس :

يوجد في الوقت الحاضر اختلافا كبيرا حول تركيب الفيروس ، الا أنه توجد نظريتين أساسيتين لتوضيح ذلك :

النظرية الأولى : وتظهر أن الفيروسات عبارة عن خلايا حية متطفلة اجبارا ، وأنها أصغر بكثير من البكتيريا . وتعتمد هذه النظرية على أن الفيروسات تستجيب مثل الخلايا الحية لكثير من العوامل الطبيعية والكيماوية المضادة لها . فمثلا تقتل الفيروسات أو يوقف نشاطها بتأثير الحرارة والاشعة فوق البنفسجية والكثير من المطهرات.

وعلاوة على ذلك فان الفيروسات تتكاثر وهذا من خصائص الكائنات الحية . فمثلا اذا لقح حيوان سليم مثل الخنزير بمليمتر واحد من السيرم المحتوى على فيروس كوليرا الخنزير ، فان دم الخنزير يزداد فيه تركيز الفيروس عند بلوغ المرئ ذروته . كما أن الصور المأخوذة بالميكروسكوب الالكتروني أظهرت أن كثيرا من الفيروسات تشبه الى حد كبير البكتيريا الصغيرة .

النظرية الثانية : وتقوم على أساس أن الفيروسات بروتينات نووية تسبب عند ملامستها خلايا سليمة مرض هذه الخلايا . كما ينتج عنها أيضا زيادة في البروتين النووى مماثل لبروتين الفيروس الأصلي . وقد أمكن الحصول على بروتين نقي ذو وزن جزئيي عال يتراوح ما بين ٠٠٠ر٠٠٠ر١٧ ، ٠٠٠ر٠٠٠ر٥٠٠ من العصير للترشح الناتج من أوراق التبغ المصابة بمرض الموزيك وقد أدى اذابة هذا البروتين النقي في ماء معقم ثم ترشيح المحلول ورشه على أوراق نبات الدخان السليمة

القابلة للاصابة الى مرضها بموزيك الدخان • كما أمكن الحصول على بلورات نقية من نفس البروتين من المترشح المأخوذ من الأوراق المصابة • أى أن الفيروسات تنمو ظاهريا وتتكاثر بالرغم من أنها مادة الحياة ليس لها تركيب خلوى •

وتحتوى جزئيات الفيروس اما على DNA أو RNA ولكن لا يتواجد النوعان من الأحماض النووية فى جزىء الفيروس الواحد كما هو الحال فى خلايا الكائنات الحية الأخرى • وعادة ما يتواجد RNA فى الفيروسات النباتية و DNA فى الفيروسات البكتيرية • أما الفيروسات الحيوانية فقد تحتوى على RNA أو DNA •

اثبات وجود الفيروس :

من الممكن اثبات وجود هذه الكائنات فوق الميكروسكوبية والتى يمكنها المرور بسهولة خلال المرشحات البكتيرية • فمثلا يمكن اثبات وجود الفيروس شلل الأطفال فى مجرى الدم ، وذلك بأخذ كمية قليلة من دم الحيوان تحت الظروف المعقمة ثم ترك الدم ليتخلط ثم تمرير السائل المنفصل (السيرم) خلال مرشح معقم (لفصل البكتريا) ، ثم حقن كمية قليلة من السائل المعقم فى دم حيوان سليم • واصابة الحيوان بمرض الكوليرا يدل دلالة قاطعة على وجود سبب غير بكتيرى هو فيروس الكوليرا ، خاصة وأن اختبار هذا السائل بطريقة أو أكثر يدل على خلوه من البكتيريا •

فيروس البكتيريا Bacteriophage :

فيروس البكتيريا (البكتريوفاج أو لاقمات البكتيريا) نفس المميزات

العامة للفيروسات الأخرى • ولكنها بدلا من أن تسبب المرض فى الانسان والحيوان والنبات تصيب البكتيريا وتؤدى الى تحلل الخلايا الحديثة النشطة النمو •

وينتشر البكتريوفاج فى المنابت البكتيرية القديمة وفى مياه المجارى والبراز وفى الأماكن التى تنمو فيها البكتيريا أو حيث كانت تنمو من قبل • وقد يسبب البكتريوفاج متاعب كثيرة فى الصناعات التى تعتمد على مزارع نقية من البكتيريا مثل صناعة الألبان وصناعة التخمير وخلافه •

هذا ويمكن اثبات وجود البكتريوفاج باستخدام المزارع البكتيرية السائلة أو نصف الصلبة •

وفى الطريقة الأولى : يضاف مثلا قليل من مياه المجارى غير المعاملة الى مزرعة بويون تحتوى على بكتيريا E. cloi ، ثم ترشح المزرعة ـ بعد تحضينها لمدة ١٢ ساعة ـ فى أحد المرشحات البكتيرية المعقمة لحجز البكتيريا ، ثم يضاف قليل من الراشح الى مزرعة بويون تحتوى على بكتيريا E. cloi فتصبح بعد فترة من الزمن رائقة يسبب نمو البكتريوفاج وتحليله للخلايا الميكروبية •

وفى الطريقة الثانية : يخلط الراشح الخالى من البكتيريا ببيئة الآجار المغذى ، ثم تصب البيئة فى أطباق بترى معقمة وتحضن • تلاحظ تكوين المستعمرات البكتيرية فى حالة عدم وجود البكتريوفاج ، وتكوين ثقوب أو مساحات رائعة Plaques فى حالة وجود البكتريوفاج نتيجة لنموه ومهاجمته البكتيريا ومنع تكوين المستعمرات•

الفطريـــات
Fungi

الفطـريـات هـى كائنـات حيـة عـديدة الخلايـا تحتـاج الى الأوكـسـيجـيـن لنموهـا وتكـون كتلـة من النمـوات الخيطيـة المتفـرعـة والتـى تـسمى هيفـات والتـى تتداخـل مـع بعضهـا مكـونـة الميـسـليوم وفـى كثيـر من الحالات يقـسم الميـسـليوم الـى جزئيـن وهـى الهيفـات الخضـرية وهـى تكـون غالبـا مدفونـة ولـو جزئيـا فـى المـادة الغـذائيـة التـى ينمـو عـليها الفطـر حيـث أن عملهـا هـو الحصـول علـى الغـذاء ، أمـا الهيفـات الأخـرى فهـى هيفـات تكـاثـر وعـادة تكـون منتصبـة فـى الهـواء ٠

انتشـار الفطـريـات :

الفطـريـات سـريعـة وسـهلـة الانتشـار حيـث أن الكثيـر منهـا ينتـج عـددا ضخمـا من الجراثيـم خفيفـة الـوزن ممـا يـسهل حملهـا من مكـان الـى آخـر بواسـطة تيـار الهـواء ٠ والفطـريات أهـم العـوامل التـى تـسبب أمـراض النبـاتـات والكثيـر من أمـراض الانسـان والحيـوان وهـى كـذلك مـسئولة عـن تلـف وفسـاد الكثيـر من المـواد الغـذائيـة ٠ وبالرغـم من ذلـك فهـى قـد تكـون ذات فـائـدة عظيمـة فـى تحلـل الكثيـر من المـواد العضـوية المقـاومـة لفعـل البكتريـا كمـا تـستخـدم فـى صنـاعـة المضـادات الحيوية (البنسليـن) وفـى الكثيـر من المنتجـات الغذائيـة (الجـبن الركفـورت والكامبـرت) ٠

تركيـب الفطـريـات :

يتركـب الفطـر من عـديد من الخيـوط المتفرعـة تعـرف بالميسليـوم Mycelium وتنقـسم الهيفـات الـى : ـ

أ ـ هيفات مقسمة Septate :

وفيها تقسم الهيفات بواسطة حوائط عرضية الى سلسلة من الخلايا المنفصلة تحتوى كل منها على نواة واحدة وأحيانا نواتين .

ب ـ هيفات غير مقسمة Non septate :

وفيها تكون الهيفات عبارة عن أنابيب متصلة تحتوى على عديد من النويات ليس بينها فواصل .

كما تتميز الهيفات الى هيفات خضرية Vegetative وأخرى خصبة Fertile والاولى ليس لها صلة مباشرة بعمليات التكاثر وتحصل بواسطتها الفطريات على الغذاء كما تساعد في تثبيتها على الأسطح المختلفة . أما الثانية فهى مسئولة عن انتاج الجراثيم بأنواعها . والهيفات الخصبة عادة ما تكون هوائية بينما تكون الهيفات الخضرية مغروسة أو ممتدة فوق الأسطح التى ينمو عليها الميسليوم .

والميسليوم قد لا يرى بالعين المجردة وقد يزداد فى الحجم بانقسام الخلايا عند نهاية الهيفات ويصبح مرئيا . وعادة يكون الميسليوم غير ملون ، أما الجراثيم والأجزاء الثمرية فعادة ما تكون ملونة ويغلب فيها اللون الأسود والأخضر وأحيانا الأحمر والبنى .

وتشبه خلية الفطر خلايا النباتات الراقية ، فتحتوى على نواة صغيرة الحجم يصعب ملاحظتها ، وسيتوبلازم به عديد من المحتويات ومحاط بغشاء سيتوبلازمى .

ويكون السيتوبلازم متجانسا في الخلايا الصغيرة ، وعند نضج الخلايا يظهر فيها المواد الكربوهيدراتية على صورة جليكوجين ، وتظهر فيها كرات من الدهون وحبيبات الفوليوتين .

تغذية الفطريات :

لاتستطيع الفطريات كما هو الحال في الطحالب أن تبني غذاءها بنفسها لغياب المادة الخضراء المعروفة بالكلوروفيل — بل تعتمد في غذائها غالبا على المواد العضوية أو الحيوانية سواء كانت حية أو ميتة . والغالبية العظمى من الفطريات كائنات رمية Saprophytic تستعمل في تغذيتها المواد العضوية غير الحية الا أنه توجد أنواع من الفطريات طفيلية Parasitic تسبب بعض الأمراض المعدية للانسان والحيوان والنبات .

وتتميز الفطريات الرمية بقدرتها على انتاج انزيمات مختلفة تمكنها من هضم وامتصاص الكثير من الأغذية العضوية المعقدة التركيب . كما أن لكثير من الفطريات القدرة ، عند تنميتها تحت ظروف غذائية مناسبة على انتاج مواد مضادة لغيرها من الكائنات الحية الدقيقة خصوصا البكتيريا ومثال ذلك البنسلين الذى ينتج بواسطة فطر Penicillium notatum

تكاثر الفطريات :

تتكاثر الفطريات بواسطة تكوين الجراثيم Spore formation وتنقسم الجراثيم التي تكونها الفطريات الى :

(أ) جراثيم لاجنسية أو غير تزاوجية Asexual spores

(ب) جراثيم جنسية أو تزاوجية Sexual spores

وتنتج فطريات الـ Basidomycetes والـ Ascomycetes والـ Phycomycetes جراثيم جنسية أما الفطريات الناقصة Fungi imperfecti فانها تنتج فقط جراثيم لاجنسية فقط • هذا وتستخدم طريقة تكوين وتركيب الجراثيم الجنسية كوسيلة لتعريف وتقييم الفطريات الى بازيدية أو طحلبية أو زقية (أسكيْة) •

هذا وتوجد أربعة أنواع من الجراثيم اللاجنسية تتكاثر بها الفطريات :

(١) الجراثيم الكلاميدية Chlamydospores :

حيث تملأ خلية أو أكثر من خلايا الميسليوم بالمواد الغذائية المختزنة وتحاط بجدار كثيف نسبيا ، وتبقى لفترات طويلة تقاوم فيها نسبيا الجفاف والظروف غير الملائمة • وتنبت مكونة ميسليوم تحت الظروف المناسبة •

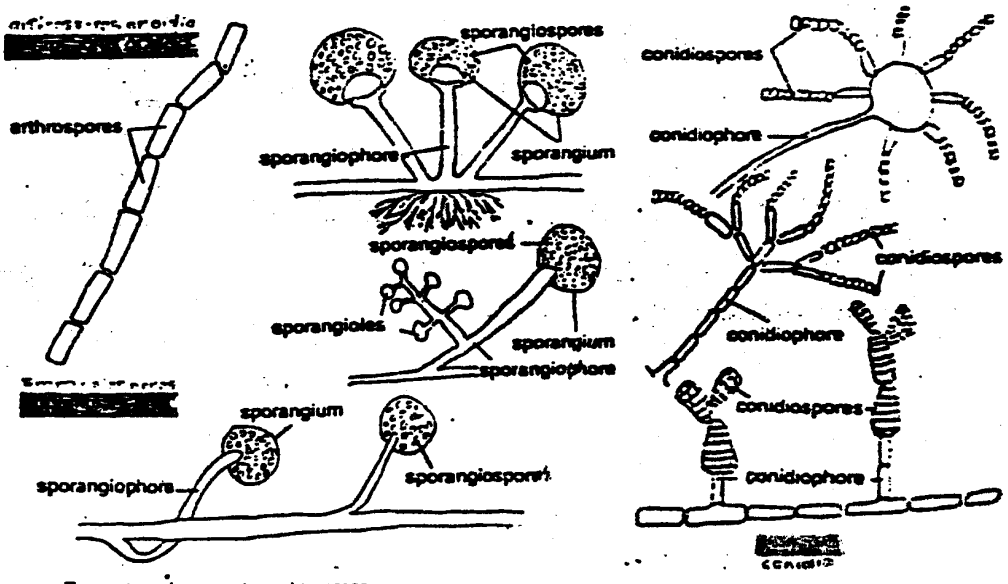
(٢) الجراثيم الأسبورنجية Sporangiospores :

وتكونها فطريات الـ Phycomycetes وهى فطريات طحلبية Algae-Like لها حوامل أسبورنجية تكون عندما ينمو الميسليوم على بيئة صلبة نسبيا هيفات هوائية تحمل فى أطرافها خلايا خاصة تتكاثر مكونة عددا كبيرا من الجراثيم الأسبورنجية التى تبقى داخل الأكياس الجرثومية • وأخيرا تتمزق وتتحرر الجراثيم نهائيا • والجراثيم الأسبورنجية عبارة عن خلايا ميكروسكوبية مقاومة للجفاف وهى عادة ملونة ولها جدار جاف خشن ويمكنها البقاء كامنة لعدد طويلة، ويعتبر فطر العفن الأسود (Rhizopus nigricans)

من أهم الفطريات التى تتكاثر بواسطة الجراثيم الأسبورنجية .

(٢) الكونيديات Conidia :

تتكون الكونيديات وهى عبارة عن جراثيم لاجنسية معراة فى طرف هيفات خصبة هوائية يطلق عليها الحوامل الكونيدية Conidispores وتتكون الكونيديات بأن تبرز خلية فى نهاية الحامل الكونيدى يتبعها بروز خلية أخرى تدفع الخلية الأولى أمامها وبتكرار هذه العملية تتكون سلسلة من الكونيديات أصغرها عند القاعدة . وقد تتبرعم الخلية الطرفية للحامل الكونيدى ومن هذا البرعم يتكون برعما آخر وهكذا حتى تتكون سلسلة من الكونيديات تبقى متصلة بالحامل الكونيدى حتى تبلغ ويزداد سمك جدارها الخرشومى . والكونيديات أجسام صغيرة جدا مقاومة للجفاف وتبقى كامنة لفترات طويلة بعدها تنبت مكونة ميسليوم جديد تحت الظروف المناسبة



Examples of asexual mould spores

(٤) الجراثيم المفصلية أو الأويديا Arthospores أو Oidia :

وتتكون بتجزئة أى جزء من الميسليوم حتى الهيفات الخضرية وعادة تتكون فى الفطريات مقسمة الهيفات • وتتميز الجراثيم المفصلية بخلاياها القصيرة وجدرها السميكة عن الخلايا الخضرية النشيطة •

أما الجراثيم الجنسية فتتضمن الأنواع الثلاثة التالية :

(١) الجراثيم البيضية Oospores :

تتكون نتيجة اتحاد جاميطة مذكرة صغيرة مع جاميطة مؤنثة كبيرة • ولها جدر سميكة مقاومة جدا للجفاف ويمكنها البقاء فى حالة كمون مددا طويلة •

(٢) الجراثيم الزيجية Zygospores :

وتتكون باتحاد خليتين متشابهتين تقريبا اما من نفس الميسليوم أو من نوعين مختلفين من الميسليوم ، وهى مثل الجراثيم البيضية محاطة بجدار خشن يقاوم الجفاف كما يمكنها أن تبقى كامنة فترات طويلة من الزمن • وكلا النوعين من الجراثيم يتكون فى الفطريات الطحلبية Phycomycetes

(٣) الجراثيم الأسكية Ascospores أو الزقية :

تتكون فى فطريات الـ Ascomycetes وذلك باتحاد خليتين متشابهتين أو مختلفتين من الميسليوم حيث تندمج النواتين مباشرة أو بعد قليل من الوقت ، ثم تنقسم النواة الناتجة الى ١٦ نواة تحاط كل منها بطبقة كثيفة من السيتوبلازم وتغطى بجدار جرثومى ثم تحفظ الجراثيم بداخل كيس أوزق • وتحفظ مجموعة الأكياس أو الإزقاق داخل غلاف يسمى perithecium ويتحلل تنطلق الجراثيم الزقية المقاومة للجفاف وبانباتها تكون ميسليوما

الأهمية الاقتصادية للفطريات

تقوم الفطريات بدور هام فى احداث التغييرات البطيئة والمستمرة التى تحدث حولنا بسبب دوام وجودها وضخامة أعدادها المثيرة للدهشة ولم يعد الاهتمام بالفطريات الآن مقصورا على المشتغلين بعلم الفطريات دون غيرهم ، بل وجد المشتغلون بعلوم الخلية والوراثة والكيمياء الحيوية فى الفطريات أدوات بحث هامة تمكنهم من دراسة العمليات الحيوية الرئيسية وبصفة عامة يمكن تلخيص أهمية الفطريات فى النقاط التالية :

١ ـ يستخدم البعض منها فى تغذية الانسان ويقوم الطهاة بعمل شرائح سميكة عصيرية فائحة الأريج من الأجسام الثمرية لفطر أجاريكس كامبستريس بايسبورس Agaricus campestris bisporus أو عيش الغراب ويمثل هذه الأنواع تتبع رتبة : Agaricales ويطلق عليها " الفطريات ذوات الخياشيم " Gill Fungi ويجب ملاحظة أنه ليست جميع أنواع عيش الغراب صالحة للأكل حيث أن البعض منها سام جدا ويمكن القول بأنه ليس من السهل التفرقة بين النوع الذي يؤكل والنوع السام اذ يتطلب الأمر العرض على خبير بالتصنيف . وتباع تقاوى عيش الغراب الذى يستخدم فى الأكل على هيئة سماد عضوى يحتوى على ميسيليوم وحوامل جرثومية لحمية . وقد يباع عيش الغراب بقصد التغذية على صورة طازجة أو جافة أو محفوظة فى علب .

٢ ـ البعض منها يستخدم فى انتاج بعض العقاقير مثل المضادات الحيوية Antibiotics لاسيما البنسلين وما شابهه من المضادات الحيوية ٠

٣ ـ يستعمل البعض منها فى انتاج الكثير من الأحماض العضوية والانزيمات وبعض الفيتامينات على النطاق التجارى ٠

٤ ـ تعتبر الأساس الذى تعتمد عليه عدة عمليات صناعية متضمنة للتخمرات ، كما فى صناعة الخبز والأنبذة والجعة وتخمير بذور الكاكاو وكذلك تحضير بعض أنواع الجبن مثل الجبن الركفورت والكاممبرت ٠

٥ ـ هناك بعض الفطريات مثل فطر عفن الخبز Neurospora والتى تستخدم كأداة تجريبية فى دراسات علوم الوراثة والخلية والكيمياء الحيوية ، وذلك نظرا لما تتسم به بعض الفطريات من سرعة يتم بها نموها وتناسلها حيث يمكن الحصول منها على أجيال عديدة فى وقت قصير (فى بضعة أيام) وكذلك سهولة الحصول على طفرات بواسطة تعريض الفطر للأشعة البنفسجية مثلا كما أن الفطريات تحتاج الى فراغ أقل والى امكانيات أقل كلفة مما تحتاج اليه غالبية النباتات والحيوانات الراقية لاستطاعتها النمو فى أنابيب الاختبار وبذلك يمكن دراستها وتتبع سلوكها الوراثى بدقة وسرعة وسهولة مما يسهم فى ارتقاء المعرفة ورفاهية الانسان ٠

٦ — تلعب الفطريات دورا هاما في تحليل بقايا النباتات والحيوانات في التربة رغم قلة أعدادها عن أعداد البكتريا بالتربة وعليه فانها تقوم بتحويل المخلفات العضوية من هيئتها المعقدة الى عناصر بسيطة تستطيع جذور النباتات امتصاصها وتصنيعها من جديد ولما كانت النباتات الخضراء تحتاج الى غاز ك أ٢ أثناء عملية التخليق الضوئى ، فان الغاز يتجدد في الجو بوسائل مختلفة أهمها انحلال المخلفات العضوية النباتية والحيوانية بواسطة هذه الكائنات الحية الدقيقة ، وبذلك تثبت نسبة ك أ٢ في الجو مع تعويض النقص فيه . ولولا وجود هذه الكائنات الحية الدقيقة بالتربة ، لتوقفت عجلة الحياة على الأرض وذلك أن كل شيء يموت لابد له أن يتحلل حتى لا تتكدس الأرض ببقايا الأحياء ، وحتى لا تتوقف جذور النباتات عن امتصاص عناصرها ، وقد تساعد الفطريات على تماسك حبيبات التربة بأن تعمل شبكة الميسيليوم كروابط حول حبيباتها هذا علاوة على أنها تشارك في حفظ التوازن الميكروبي بالتربة .

٧ — الكثير من الفطريات ضار بالنباتات اذ تسبب خسائر كثيرة للمحصولات بما تحدثه للنباتات من أمراض وما يعقب ذلك من رفع تكاليف الانتاج الزراعي بسبب عمليات الرش التعفير بالمطهرات الفطرية لوقاية وعلاج النباتات ، ومن أمثلة الأمراض الفطرية الخطيرة أمراض الاصداء التي تصيب محاصيل

الحبوب ومرض الندوة المتأخرة . Late blight الذى يصيب البطاطس وأمراض التفحم فى الغلال والذرة ، وأمراض الذبول التى تصيب البطيخ والطماطم ، وأمراض البياض فى العنب والمانجو وكذلك أمراض العفن التى تصيب المحاصيل فى المخزن أو الحقل أو أثناء عمليات الشحن وأيضا أمراض البصل والخضر والفاكهة .

٨ ـ كثير من الفطريات يعدى الحيوانات والانسان وتسبب لها أمراضا يطلق عليها فى مجموعها اسم الأمراض الفطرية Mycosis ومن أمثلة هذه الأمراض الـ Ring Worm أو مرض التنيا والذى يتسبب عن الفطر Microsporium audouinl الذى يصيب فروة الرأس ويسبب سقوط الشعر فى بقع صغيرة وأمراض الـ Aspergillosis وعموما فان معظم ما يسببه الفطر هو كثير من الأمراض الجلدية الخطيرة علاوة على أن هناك بعض الفطريات تسبب أمراضا أخرى هامة جدا كما هو الحال فى Blastomyces dermatidis الذى يصيب الجهاز التنفسى ويسبب أول الأمر أعراضا شبه أعراض البرد أو الانفلونزا ثم ينتهى الأمر الى تدهور حالة المريض فيحدث له سعال شديد وآلام فى الصدر وصداع وقد يحدث الفطر فجوات صغيرة فى الرئتين وهناك أيضا فطريات تصيب الغشاء المبطن للمخ بالالتهابات كما هو الحال فى الجنس ..... Rhodotorula والأمراض الفطرية أكثر انتشارا فى المناطق الحارة .

الخمـــائـــر
Yeasts

تعـريـف الخمـائـر :

الخمائـر عبـارة عـن فطـريـات ميكروسـكوبيـة وحيـدة الخليـة ، توجـد كخلايـا مفـردة ولا تكـون النسـيج الدائـم عـديد الخلايـا المتفـرع المعـروف بالميـسـليوم • ويتبـع معظـم الخمائـر فطـريات الـ Ascomycetes وقليـل منهـا يتبـع فطريـات Basidomycetes .

انتشـار الخمـائـر :

الخمـائـر واسـعة الإنتشـار فـى الطبيعـة ولكـن بدرجـة أقـل مـن انتشـار البكتريـا وتفضـل النمـو فـى الأغـذية الحامضيـة المحتويـة على سـكر وفـى منتجـات الألبـان خصـوصـا القشـدة والألبـان المتخمـرة ، كـذلـك توجـد الخمائـر علـى سـطوح الفواكـه وتعيـش فـى عصيرهـا ، وأيضـا توجـد فـى القنـوات الهضميـة لبعـض الحشـرات •

تركـيب الخمـائـر :

الخمائـر عبـارة عـن مجموعـة كبيـرة غيـر متجانسـة من الكائنـات الحيـة الدقيقـة ، بحيـث يصعـب وصـف الشـكل الظاهـرى لخليـة خميـرة نمـوذجيـة • وبوجـه تـام فـانهـا قـد تكـون كرويـة الشـكل أو تشـبه الليمونـة أو السـجق أو قـد تكـون أسـطوانيـة ، وهـى فـى العـادة أطـول من خليـة البكتريـا بحوالـى ٤ ـ ٢٠ مـرة ، والشـكل الظاهـرى لخليـة النـوع الواحـد ثابـت تقريبـا لدرجـة أنـه يسـتخدم فـى تعريفهـا والتمييـز

بين الأنواع المختلفة .

ولخلية الخميرة جدار خلوى يحيط بالخلية بانتظام ويكون رقيقا ومرنا نوعا ما عندما تكون الخلية صغيرة ولكنه يصبح أكثر صلابة وسمكا عندما تصل الخلية طور البلوغ ، ويتركب هذا الجدار الخلوى من مادة الكيتين Chitin أو من السليلوز Celluolose أو من مادة شبيهة بالسليلوز ، ولا يحاط بغلاف أو مواد مخاطية . ويحيط البروتوبلازم الموجود داخل الجدار الخلوى غشاء سيتوبلازمى تتفاوت نفاذيته للمواد Differentially permeable

وسيتوبلازم الخلية ذو مظهر حبيبى خصوصا فى الخلايا البالغة . وتتكون الحبيبات من مواد مخزونة تشمل الفليوتين والدهن والجليكوجين وكذلك تظهر فى السيتوبلازم أجسام صغيرة غير معروف أهميتها تسمى بالميتوكندريا Mitochonderia التى تعطيه المظهر الحبيبى ويوجد داخل السيتوبلازم فجوة كبيرة يوجد عند أحد طرفيها جسم صغير يعتقد أنه النواة الا أن الكثير من الباحثين يؤكدأن الفجوة الموجودة هى فجوة النواة وأنها تحتوى على الكروموسومات التى تحمل الوحدات الوراثية أو الجينات genes وأن الجسم الكثيف الموجود عند أحد الأطراف ما هو الا جزء من النواة . وسواء كان أى الرأيين أصح فمن المؤكد أن خلية الخميرة تحتوى على نواة .

نمو الخمائر :

تكون الخمائر على المنابت الصلبة مستعمرات تشبه الى حد

كبير مستعمرات البكتريا ، أما فى البيئات السائلة فتتميز الخمائر الى :

أ ـ خمائر غشائية : Film Forming yeast :

وهى تنمو على سطح السائل مكونة غشاء يبقى عادة حتى تكبر وتغوص فى السائل عندما يثقل وزنه • وتقوم هذه الخمائر بأكسدة الأحماض العضوية والكحولات والسكريات •

ب ـ خمائر القمة : Top yeast :

وهى تتجمع فى كتل تطفو فوق سطح السائل بواسطة الغاز المتكون المحصور فيها •

جـ ـ خمائر قاعية : Bottum yeast :

وهى التى تبقى خلايا منفصلة تماما عن بعضها ثم ترسب وتستقر فى قاع السائل المتخمر • وتقوم خمائر القمة والخمائر القاعية بتخمير المواد السكرية منتجة ثانى أكسيد الكربون والكحول •

تكاثر الخمائر

تتكاثر الخمائر خضريا أو لاجنسيا بالتبرعم ، ولكن قليل منها يتكاثر بالانقسام الثنائى البسيط • وهناك مجموعة من الخمائر تتبع الفطريات الزقية Ascomycetes تتكاثر جنسيا بتكوين الجراثيم الجنسية •

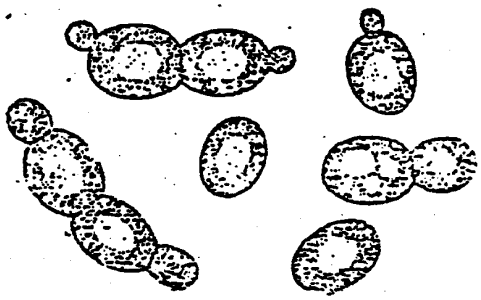
التكاثر الخضرى :

(١) التبرعم : وهو الطريقة الأكثر شيوعا لتكاثر الخمائر خضريا ، وفيه يتكون نتوء فى الخلية يتدفق فيه جزء من البروتوبلازم • ثم لا يلبث أن ينمو البرعم المتكون ويصبح مماثلا للخلية الأصلية فى شكلها وحجمها • كما تنقسم النواة وتهاجر احدى النويات ومعها بعض البروتوبلازم الى البرعم •

وعادة ما ينفصل البرعم من خلية الأم Mother Cell عندما يصل طور البلوغ • كما قد تتبرعم الخلايا النشطة فى أماكن مختلفة كما أن ذريتها من البراعم تبدأ بدورها فى التبرعم قبل أن تنفصل من أمهاتها فتبدو الخلايا لفترة بسيطة قبل أن تنفصل ذات تركيب ميسليومى بسيط •

(٢) الانقسام الثنائى البسيط : يحدث فى أفراد قليلة من الخمائر وتشبه عملية الانقسام فى أوجه كثيرة ما يحدث فى البكتريا حيث تستطيل خلية الخميرة ، ثم تنقسم النواة الى نواتين يذهب كل منهما الى طرف الخلية ، ثم يتكون جدار عرضى يقسم الخلية

الى خليتين بكل منهما نواة وسيتوبلازم وتكون محاطة بجدار خلوى .



تكاثر خلايا الخميرة بالتبرعم

(٣) التجرثم : ويحدث فى المزارع القديمة لبعض الخمائر ، وفيه تمتلىء خلية الخميرة بالمواد الحبيبية . ويسمك جدارها ثم تذهب فى طور من الكون الظاهرى مكونة ما يسمى بالجراثيم الكلاميدية . وهى أكثر مقاومة للجفاف من الخلايا الخضرية ، وتنبت تحت الظروف البيئية المناسبة مكونة خلايا خضرية جديدة ، وتعتبر هذه العملية وسيلة لحفظ النوع (توالد بدون تكاثر) حيث ينتج كل جرثومة خلية خضرية واحدة .

التكاثر الجنسى :

وذلك بواسطة تكوين الجراثيم الزقية وتنقسم الخمائر المكونة للجراثيم الزقية الى :

(١) خمائر خلاياها الخضرية أحادية الكروموسومات Haploid

(٢) خمائر خلاياها الخضرية ثنائية الكروموسومات Diploid

وتحتوى الخلايا الخضرية أحادية الكروموسومات على نصف عدد الكروموسومات التى توجد فى الجراثيم الجنسية Sexual spores وتتكون الأخيرة (جراثيم ثنائية الكروموسومات) عقب تزاوج خليتيان خضريتين ، وتبقى داخل كيس أو زق Ascus ، حيث تنقسم عند الانبات لتكون خلايا خضرية أحادية الكروموسومات • ومثل هذا النوع من التكاثر الجنسى يحدث فى خمائر Schizosaccharomyces , Zygosaccharomyces .

أما خلايا الخميرة ثنائية الكروموسومات فينشأ بها نتيجة الانقسام النووى نويات يحمل كل منها نصف عدد الكروموسومات الأصلية حيث تبقى محاطة بجدار (مكونة جراثيم) داخل خلية الأم (الزق) • ثم تتزاوج هذه الجراثيم اما داخل الزق أو عند ما ينفجر الزق وتخرج مكونة خلايا خضرية ثنائية الكروموسومات كما هو الحال فى خمائر Saccharomyces .

وعلى ذلك يعتبر تكوين الجراثيم الجنسية فى الخمائر وسيلة من وسائل التكاثر بعكس تكوين الجراثيم اللاجنسية الذى يعتبر وسيلة لبقاء النوع •

الفصل السادس

التحول الغذائي في الأحياء الدقيقة

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة لنموها ومعيشتها الى مصادر مناسبة من كل من الكربون والأزوت والمواد المعدنية ، والى الطاقة • من هذه المصادر تبنى أجسامها وتعرف هذه العملية بعملية البناء Anabolism تميزا لها من عملية الهدم Katabolism التي يحصل بها الكائن الدقيق على المجهود أو الطاقة اللازمة له ، وذلك عن طريق أكسدة المواد الغذائية •

هذا وتستطيع بعض أنواع البكتيريا القيام بعملية التمثيل الضوئي ، وتشبه في ذلك النباتات الراقية والطحالب ، حيث تقوم ببناء المركبات العضوية مستغلة في ذلك الطاقة التي تحصل عليها من ضوء الشمس كمصدر للطاقة ، وتحصل عليها عن طريق غذائها •

ويعتبر الكربون والايدروجين والأكسوجين والنتروجين والكبريت من العناصر الأساسية المكونة للبروتين والتي لا يتم النمو الا في وجودها ، كما يعتبر الفوسفور والحديد والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم من العناصر التي تحتاج اليها الأحياء الدقيقة بكميات قليلة ، وذلك بالاضافة الى كميات بسيطة جدا من الزنك والموليبديم والنحاس والمنجنيز حيث أن وجودها ضروري لنشاط بعض الانزيمات •

وعلاوة على ذلك تحتاج الأحياء الدقيقة الى كميات متناهية

الصغر من مواد اضافية معينة تعرف بالفيتامينات • وهذه المواد أساسية وضرورية لجميع الكائنات لأثرها على عمل الانزيمات ومرافقاتها • وتتميز الكائنات بسيطة التغذية بقدرتها على بناء المواد اللازمة لنموها ، بينما لا تستطيع تلك التي تعيش على الغذاء المعقد القيام ببنائها ، ولذلك يجب اضافتها الى بيئة تلك الميكروبات • ومن أمثلة المواد الاضافية •

Riboflavin, Thiamine, Biotine, Vit. B12, Folic acid, Nicolonic acid, Pantothenic acid.

ويمكن تقسيم البكتيريا تبعا لطريقة تغذيتها الى الثلاث أقسام التالية :

(١) أنواع اجبارية الترمم Obligate saprophyes

وتحصل على غذائها من المواد الميتة فقط •

(٢) أنواع اختيارية الترمم Facultative saprophytes

وتستمد غذائها من الأجسام الحية وهى قادرة أيضا على الحصول عليه من الأجسام الميتة تحت ظروف خاصة •

(٣) أنواع اختيارية التطفل Facultative parasites

وتستمد غذائها من الأجسام الميتة عادة ولكن يمكن أن تحصل عليه من الأجسام الحية تحت ظروف خاصة •

الأنزيمات

Enzymes

لا تستطيع الكائنات الدقيقة ـ كما هو الحال فى الأحياء الأولية أن تبتلع الطعام كما هو ، ولكن يلزم اجراء تغيرات معينة على المواد الغذائية قبل الاستفادة منها تقوم بها مجموعة من المواد العضوية تعرف بالأنزيمات •

تعريف الأنزيمات :

تعرف الأنزيمات بأنها مواد بروتينية معقدة تنتجها الخلايا الحية وتقوم بمهمة العامل المساعد فى تنشيط تفاعلات كيماوية خاصة وذلك بدون أن تستهلك مثلها فى ذلك مثل العوامل المساعدة •

وتسمى الأنزيمات باضافة المقطع ase فى نهاية اسم المادة الأصلية التى يؤثر عليها الأنزيم ، فمثلا الأنزيم الذى يحلل السكروز Sucrose يسمى Sucrase والذى يحلل النشا Amylum يسمى Amylase والذى يحلل الدهون Lipids يسمى Lipase ... الخ •

تختلف الأنزيمات عن العوامل المساعدة غير العضوية ، بتخصصها فى اسراع تفاعلات معينة ، بمعنى أن كل أنزيم يساعد أنواعا معينة من التفاعلات بالاضافة الى أنه يؤثر فى نوع واحد فقط من المواد • ومثال ذلك أن أنزيم Maltase يؤثر فقط فى سكر المولت وأنزيم Sucrase يحلل فقط السكروز •

تركيب الانزيمات :

الانزيمات عبارة عن مواد بروتينية لها ما للبروتينات من خواص كيماوية وطبيعية وتحتوى كثير من الانزيمات بخلاف البروتين على بعض المركبات الخاصة تعرف بالمرافقات الانزيمية Prosthetic group or Coenzymes وهى تنتمى غالبا الى مجموعة فيتامين ب مثل حامض النيكوتينيك والريبوفلافين .

الانزيم الكامل Haloenzyme يتكون من جزء بروتينى Apoenzyme + جزء غير بروتينى Coenzyme

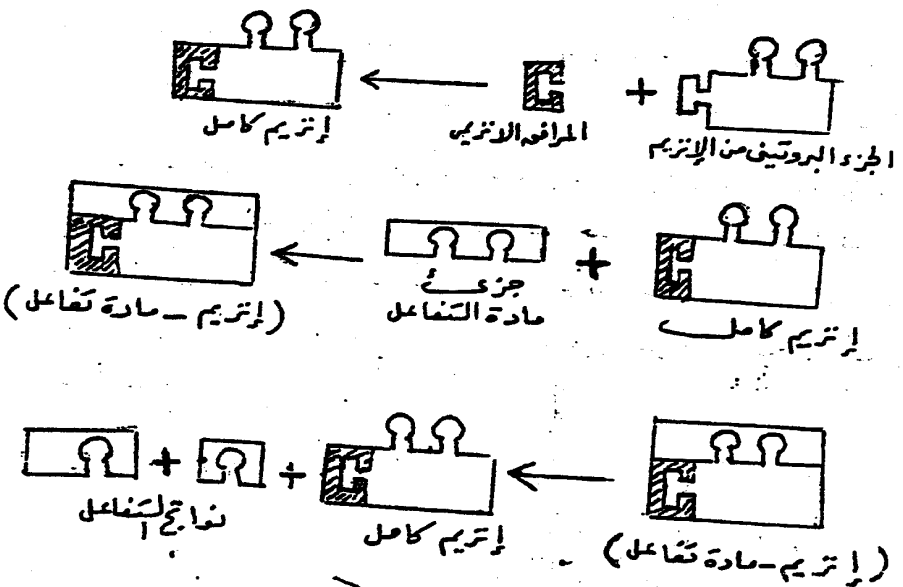
والمرافقات الانزيمية حجمها صغير بالنسبة لحجم الانزيم ، وهى أقل تعرضا لتأثير الحرارة كما أنها تنتشر خلال الأغشية التى لا تسمح بمرور البروتين . وعلاوة على ذلك فهى غير متخصصة ، فيمكنها العمل مع الأجزاء البروتينية لانزيمات مختلفة والاشتراك فى عدد مختلف من التفاعلات .

طريقة عمل الانزيمات :

من خصائص الانزيمات أنها تنشط وتسرع التفاعلات بدون أن تستهلك أو تتغير فى تركيبها ، ويمكن لكمية صغيرة من الانزيم أن تحول كمية كبيرة من المادة الأصلية Substrate الى المادة الناتجة ، فمثلا جزىء واحد من أنزيم Maltase قادر على تحويل آلاف الأجزاء من سكر المولت .

ـ تتميز بعدد الطريقة التى يعمل بها الانزيم فى تفاعل معين

والرأى الغالب أن هناك اتحاد مؤقت بين الأنزيم والمادة الكيماوية التى تدخل فى التفاعل ، لاتزيد مدته عادة على جزىء من الثانية ، وفى أثنائه يتم التفاعل الكيماوى ويتكون مركب جديد تكون بينه وبين الأنزيم قوة جذب بسيطة نسبيا وسرعان ما يتحرر الأنزيم ليتحد بجزىء آخر من المادة التى تتفق مع تخصصه



طريقة عمل الانزيمات

مادة التفاعل + الأنزيم ⟵ معقد أنزيم مادة التفاعل

معقد أنزيم مادة التفاعل ⟵ نواتج التفاعل + الأنزيم

العوامل المؤثرة فى نشاط الأنزيمات :

١ ـ درجة الحرارة :

يتأثر نشاط الأنزيمات (مواد بروتينية) الى درجة كبيرة بالحرارة ولكل أنزيم درجة حرارة مثلى Optimum temperature يكون عندها الانزيم فى أقصى نشاطه ، فى حين يقل نشاطه فى درجات الحرارة المنخفضة . أما فى درجات الحرارة التى تزيد عن الدرجة المثلى فان نشاط الأنزيم يقل بسرعة كبيرة بحيث يصبح نشاطه عند الدرجة القصوى Maximum temperature أقل كثيرا من مثيله عند الدرجة المثلى . كما أن الأنزيمات تفقد وتفقد نشاطها بسرعة كبيرة اذا ما سخنت عند درجات حرارة أعلى من الدرجة القصوى .

٢ ـ الحموضة :

لكل أنزيم من الأنزيمات مدى معين من الرقم الأيدروجينى يستطيع أن يمارس فيه نشاطه . ويكون بعض الأنزيمات أكثر نشاطا فى الوسط المتعادل ، فى حين يكون البعض الآخر نشطا فى الوسط الحامضى ، وتكون المجموعة الثالثة فى أوج نشاطها فى الوسط القلوى . ومثال ذلك أنزيم Pepsine الذى يفرز فى المعدة رقمه الأيدروجينى الأمثل ٢ ، بينما الرقم الأيدروجينى الأمثل لأنزيم Trypsine الذى يفرز فى الأمعاء ٧ ـ ٨ . هذا ويقل نشاط الأنزيمات بزيادة الحموضة أو القلوية عن الدرجة المثلى الى حد يقف معها نشاطها .

٣ ـ مدة التفاعل :

يعتبر زمن أو مدة التفاعل من العوامل الهامة عند تقدير نشاط الأنزيمات وتحديد الظروف المثلى لها ـ ومثال ذلك أن درجة الحرارة المرتفعة نسبيا قد تكون هى الدرجة المثلى لنشاط أنزيم ما وذلك اذا ما سمح للتفاعل أن يستمر فترة قصيرة من الزمن ، ولكن تصبح درجة الحرارة المثلى لنفس الأنزيم أقل كثيرا عما سبق اذا تراك التفاعل مستمرا لفترة طويلة • حيث أن درجة الحرارة العالية قد تفسد أو تتلف الأنزيم بينما استمراره فى العمل بمعدل بطئ يؤدى الى نشاطه لمدة أطول مما يتيح له التأثير على كميات أكبر من المواد •

٤ ـ وجود المعادن :

يتأثر نشاط الأنزيمات بوجود أيونات بعض المعادن مثل الفوسفات الحديد ، المغنسيوم ، الكالسيوم ، الزنك أو الموليبديم • وتؤدى التركيزات المثلى من هذه الايونات الى تنشيط عمل بعض الأنزيمات وقد تكون ضرورية لنشاط البعض الآخر ، حيث تدخل فى تركيب الـ Prothetic group فمثلا يوجد الحديد فى الجزء العضوى المعروف بالهيم Heme ويكون الـ Prothetic group للأنزيمات التنفسية المعروفة بالسيتوكروم Cytochrome الموجودة فى البكتريا الهوائية • هذا وتفقد الأنزيمات نشاطها اذا تعرضت لأملاح المعادن الثقيلة مثل كلوريد الزئبق وكبريتات النحاس •

أنـواع الأنزيمـات

تقسم الأنزيمات حسب تكوينها وموضع عملها الى قسمين

(أ) أنزيمات داخلية Endoenzymes

وهى تلك التى تعمل داخل الخلايا البكتيرية Intracellular enzymes ولا تفرز خارجها وعلى ذلك لا يمكن الحصول عليها فى محاليل نمو الكائنات الدقيقة . ويمكن الحصول عليها بهرس الخلايا الميكروبية الحية أو الميتة مع رمل ناعم ثم ترشيح العصير الناتج خلال المرشحات البكتيرية . وغالبا ما تختفى هذه الأنزيمات بعمليات التنفس .

(ب) أنزيمات خارجية Exoenzymes

وهى تفرز خارج الخلايا الميكروبية وتنتشر فى البيئة ، وتختفى جميعها بعمليات التحليل المائى ، فتقوم بتحويل المواد العضوية المعقدة التركيب الى مواد بسيطة ذائبة يسهل تخللها أغشية الخلايا الميكروبية . ويمكن الحصول على مثل هذه الأنزيمات بسهولة ، كما يمكن مشاهدة عملها عن طريق تنمية الميكروب فى البيئات المحتوية على مواد عضوية مثل الجلاتين والسليلوز والدهون .

كذلك تقسم الأنزيمات من حيث وجودها أو عدم وجودها فى الخلية الى : —

(أ) أنزيمات مكيفة Adaptive

وهى التى تنتج فى وجود المادة الأصلية التى تؤثر عليها . أى انها تتكون عند الحاجة اليها .

(ب) أنزيمات أصلية Constitutive

وهى التى تنتج دائما فى الخلية سواء فى وجود المادة الأصلية أو فى عدم وجودها .

كما تقسم الانزيمات من حيث طبيعة عملها الى قسمين رئيسيين :

أولا : أنزيمات التحليل المائى Hydrolytic enzymes

ومعظم تلك الانزيمات خارجية ، وتفرزها الكائنات الدقيقة فى الوسط الذى تعيش فيه لتحويل المواد العضوية المعقدة التركيب الى مركبات بسيطة ذائبة تستطيع الانتشار عبر أغشية الخلايا الى داخلها . وعليه فان الكائنات الدقيقة متباينة التغذية تستطيع الانتفاع بالغذاء العضوى المعقد التركيب ـ والذى لايمكن انتشاره داخل الخلايا ـ اذا استطاعت تكوين أنزيم خارجى تكون مهمته تحليل هذا الغذاء الى مواد أكثر بساطة فى صورة ذائبة لها القدرة على الانتقال داخل الخلايا بواسطة خاصية الانتشار Diffusion وبوجه عام اذا نمت أنواع مختلفة من الكائنات الدقيقة معا فى بيئة واحدة ، واستطاع نوع أو أكثر منها افراز الانزيمات المحللة للأغذية المعقدة ، فقد تتمكن الكائنات الأخرى التى تعيش معها من امتصاص الأغذية المحللة بنفس السرعة التى تمتص بها الخلايا المنتجة لتلك الانزيمات .

وتنقسم أنزيمات التحليل المائى الى المجموعات التالية :

١ ـ Carbohydrases

وهى أنزيمات شائعة الوجود فى معظم الكائنات الدقيقة ، وتقوم

بتحليل المواد الكربوايدراتية إلى سكريات أحادية وأهمها :

أنزيم Cellulase ويقوم بتحليل السليلوز الى سلوبيوز ٠

وأنزيم Cellobiase ويحلل السلوبيوز الى جلوكوز ٠

وأنزيم Cytase الذى يحلل الهميسليلوز الى سكريات بسيطة ٠

وأنزيم Pectinase ويحلل البكتين الى سكريات بسيطة وحامض اليورونيك ٠

وأنزيم Invertase (sucrase) الذى يحلل السكروز الى جلوكوز وفركتوز ٠

وأنزيم Maltase الذى يحلل المالتوز الى جلوكوز ٠

٢ ـ Proteinases

وهى التى تحلل المواد البروتينية تحليلا مائيا ومنها :

Proteinases التى تقوم بتحليل البروتينات الى بيتيدات ٠

Peptidases وتحلل ببتيدات الى أحماض أمينية ٠

Deaminases وتحلل الأحماض الأمينية الى نوشادر وأحماض عضوية ٠

٣ ـ Lipases

وتقوم بتحليل المواد الدهنية تحليلا مائيا الى أحماض دهنية وجلسرين ٠

ثانيا : أنزيمات التنفس Respiratory Enzymes

تستغل الكائنات الدقيقة التي لا تقوم بعملية التمثيل الضوئى الجزء الأكبر من غذائها فى عملية التنفس للحصول على الطاقة E n e r g y بينما تستعمل جزء بسيط جدا فى بناء أجسامها ٠

وتتطلب الكائنات الدقيقة الطاقة للعمليات الآتية :

١ ــ التكاثر والنمو ٢ ــ تجديد الخلايا ٣ ــ الحركة .
٤ ــ مقاومة التغيرات التى قد تحدث فى البيئة .

وأهم الأنزيمات التى تقوم بأكسدة المواد البسيطة لتمكن الخلايا الميكروبية من الحصول على الطاقة هى :

١ ــ Dehydrogenases

وهى أنزيمات تقوم بنقل الأيدروجين من مادة الى مادة أخرى قابلة للاختزال . والأيدروجين الخارج من المادة يمكن أن يحمل على عدة عوامل وسيطة وذلك قبل أن تستقبله المادة المستقبلة . وتعرف المادة المأخوذ منها الأيدروجين (المؤكسدة) بمانحة الأيدروجين Hydrogen donator بينما تعرف المادة المختزلة بمستقبله الأيدروجين Hydrogen acceptor . وتعمل هذه الأنزيمات فى غياب أو وجود الأكسوجين .

٢ ــ Oxidases

وهى أنزيمات لابد لها من وجود الأكسوجين الذى تنشطه فيتفاعل مع المادة الأصلية وينتج كا أ٢ . ومثال ذلك الأنزيم الذى يفرزه ميكروب Acitobacter لأكسدة الكحول الى حامض خليك .

كا يد٣ . كا يد٢ أ يد . أ٢ ← كا يد٣ . كا أ١ يد . يد٢ أ . طاقة .

٣ ــ Catalase

وهو أنزيم تفرزه جميع البكتريا الهوائية ولا تفرزه البكتريا اللاهوائية ويقوم بتحليل فوق أوكسيد الأيدروجين السام الناتج من عمليات الأكسدة

الحيوية الى ماء وأكسجين .

$$2\,يد_2أ_2 \longrightarrow 2\,يد_2أ + أ_2$$

٤ـ Peroxidases

وهى أنزيمات واسعة الإنتشار فى الأنسجة النباتية ، وكذلك تفرزها البكتريا المرضية ، وتقوم بأكسدة المواد فى وجود $يد_2أ_2$ ، حيث لايمكن أن يحل الأكسجين محل فوق أوكسيد الأيدروجين .

الطـــاقـــة
E N E R G Y

تعـرف الطـاقـة Energy بأنهـا القـدرة علـى انتـاج العمـــل أو القـدرة علـى احـداث تغيـر فـى المـادة ، وهـى لازمـة لجميـع الكائنـات الحيـة من أجـل البقـاء ، وتظهـر الطـاقـة فـى صـور مختلفـة منها الحراريـة والاشـعاعيـة والكيمـاويـة والميكـانيكيـة ، وهـى لاتفنـى ولا تستحدث لكـن يمكـن تحـويل أى صـورة منهـا الـى الصـور الأخـرى ، والطـاقـة عنصـر ضـرورى لازم فـى النشـاط البنـائـى والحركـة كمـا أن جـزء منهـا يسـتغل فى حفـظ الخلايـا حيـة فـى صـورة طبيعيـة .

تقسـيم الأحيـاء الدقيقـة علـى أسـاس مصـدر الطـاقـة

تقسـم الكـائنـات الحيـة الدقيقـة علـى أسـاس احتياجهـا الـى مصـدر الطـاقـة الـى :

أولا : الكـائنـات ذاتيـة التغـذية Autotrophic

وهـى تلـك التـى تسـتغـل ثـانى أوكسـيد الكربـون كمصـدر وحيد الكربون وهـذه تنقسـم الـى :

(١) كائنـات تقوم بعمليات التمثيل الضوئى Photosynthetic

وهـذه الكائنـات تحتـوى علـى مـادة الكلـوروفيـل أو الصبغـات الشـبيهة حيث تسـتغل الطـاقـة الشمسـية فـى تمثيـل ثـانى أوكسـيد الكربـون الجوى الى المواد العضـوية المعقـدة التركيـب ومثـال ذلـك بكتريـا الكبريـت الخضـراء التـى تؤكسـد كبريتـور الأيـدروجـين الـى كبريـت وتختـزل فى نفـس

الوقت ثانى أوكسيد الكربون الى مركبات عضوية .

ك أ$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ كب $\xrightarrow{\text{الضوء}}$ (ك يد$_{٢}$ أ) + يد$_{٢}$ أ + ٢ كب (يترسب خارج الخلية) .

وكذلك بكتيريا الكبريت الأرجوانية فتؤكسد كبريتور الأيدروجين الى حامض كبريتيك وتختزل ثانى أوكسيد الكربون .

٢ ك أ$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ أ $\xrightarrow{\text{الضوء}}$ ٢ (ك يد$_{٢}$ أ) + ٢ يد$_{٢}$ كب أ$_{٤}$.

(ب) كائنات تقوم بعملية التمثيل الكيماوى Chemosynthetic

وهذه الكائنات لا تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئى ، وتحصل على طاقتها من نفس الغذاء الذى تستهلكه وذلك بأكسدة العناصر أو المركبات غير العضوية البسيطة مثل أكسدة الكبريت الى كبريتات وأكسدة أملاح النوشادر الى نيتريتات ثم الى نيترات وتحصل هذه المجموعة من الكائنات الدقيقة على الكربون اللازم لها من ثانى أوكسيد الكربون بينما تحصل على العناصر الأخرى التى تحتاج اليها من المركبات الغير عضوية ، ومثال ذلك أكسدة النوشادر الى أزوتيت بواسطة بكتيريا النيتروزوموناس .

(ن يد$_{٤}$) ٢ ك أ$_{٣}$ + ٣ أ$_{٢}$ ← ٢ يد ن أ$_{٢}$ + ك أ$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$ أ

وأكسدة كبريتور الأيدروجين الى كبريت ثم الى حامض كبريتيك بواسطة بكتيريا الكبريت الهوائية Beggiotoa, Thiobacillus

٢ يد$_{٢}$ كب + أ$_{٢}$ ← ٣ كب + ٢ يد$_{٢}$ أ

٢ كب + ٢ يد$_{٢}$ أ + ٣ أ$_{٢}$ ← ٢ يد$_{٢}$ كب أ$_{٤}$.

ثانيا : الكائنات متباينة التغذية Heterotrophic organisms

وهى تلك تحصل على الكربون من الأغذية العضوية ، ولا تستطيع استعمال ثانى أوكسيد الكربون أو الكربونات كمصدر وحيد للطاقة، وبعض هذه الكائنات يستطيع مثل الكائنات ذاتية التغذية استعمال الغاز البسيط ، فيما عدا مصدر الكربون الذى يتحتم أن يكون عضويا .

وتنقسم الكائنات الدقيقة متباينة التغذية الى :

أ ـ كائنات رمية Saprophytes

وهذه تستعمل المواد العضوية الميتة فى تغذيتها مثل ميكروب الأزوتوباكتر الذى ينمو فى التربة ويقوم بتثبيت أزوت الهواء الجوى .

ب ـ كائنات طفيلية Parasites

وهذه تحصل على غذائها من الأنسجة الحية للحيوانات أو النبات ، فهى ميكروبات مرضية وذلك مثل الفيروسات والركتسيا وميكروب Treponema pallidum المسبب لمرض الزهرى .

تحليل المواد الغذائية بواسطة الأحياء الدقيقة

أولا : تحليل المواد الكربوهيدراتية :

تعتبر المواد الكربوهيدراتية مخازن غنية بالطاقة . وبتحليلها تحصل الميكروبات على الطاقة اللازمة لها بالإضافة الى مواد البناء .

وبوجه عام فان أول خطوات استعمال السكريات المركبة Polysaccharides هو تحليلها مائيا بفعل استعمال مجموعة خاصة من الانزيمات الى سكريات آحادية Monosaccharides حيث لا يصحب ذلك الا قليلا من الطاقة ، ثم يعقب ذلك تحليل السكريات الأحادية لاطلاق الطاقة اللازمة لها .

ويختلف نواتج تحليل السكريات حسب نوع الميكروب وظروف التحليل فتختلف النواتج تحت الظروف الهوائية عنها فى عدم وجود الأكسوجين ومثال ذلك ميكروب الخميرة الذى يخمر سكر الجلوكنوز تحت الظروف اللاهوائية الى كحول وثانى أكسيد الكربون بينما تكون النواتج تحت الظروف الهوائية ثانى أكسيد كربون وماء

$$\text{ك}_6\text{ يد}_{12}\text{ أ}_6 \xrightarrow{\text{ظروف لاهوائية}} \text{ك}_3\text{ يد}_5\text{ أ يد} + 2\text{ ك أ}_2$$

$$\text{ك}_6\text{ يد}_{12}\text{ أ}_6 \xrightarrow{\text{ظروف هوائية}} 6\text{ يد}_2\text{ أ} + 6\text{ ك أ}_2$$

وتقوم بعض الفطريات بتحليل السكريات البسيطة مع تكوين أحماض الأكساليك والستريك .

$$\text{ك}_6\text{ يد}_{12}\text{ أ}_6 + \frac{1}{2}\text{ أ}_2 \longrightarrow 3\text{ (ك أ يد)}_2 + \text{يد}_2\text{ أ}$$

وتحت الظروف الهوائية تقوم البكتريا بتحليل السكريات الى حامض بيروفيك أو حامض لاكتيك أو اسيتالدهيد . وهذه سرعان ما تتحلل الى ثاني أكسيد كربون وماء .

$ك_٦ يد_{١٢} أ_٦$ ← $ك يد_٣ . ك أ . ك أ أ يد$ ← $ك يد_٣ ك آ يد + يد ك أ أ يد$

حامض بيروفيك — حامض خليك — أسيتالدهيد

$ك يد_٣ . ك أ . ك أ أ يد + يد_٢$ ← $ك يد_٣ ك يد أ يد . ك أ أ يد$

حامض بيروفيك — حامض لاكتيك

$يد ك أ أ يد + \frac{١}{٢} أ_٢$ ← $ك أ_٢ + يد_٢ أ$

أما تحت الظروف اللاهوائية فتحليل البكتريا السكريات الى أحماض عضوية كحامض الخليك واللاكتيك والبيوتريك والجليسرول والأيتون والايثانول وثاني أكسيد الكربون ومثال ذلك تخمير سكر الجلوكوز الى حامض لاكتيك بفعل بكتريا Lactobacilli .

$ك_٦ يد_{١٢} أ_٦$ ← $٢ ك يد_٣ . ك يد أ يد . ك أ أ يد$

ثانيا : تحليل المواد البروتينية :

يتركب البروتين من سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية باتحاد مجموعة الأمين (ـ ن $يد_٢$) مع مجموعة الكربوكسيل (. ك أ أ يد) وانفصال جزء من الماء . وينتج من اتحاد حامضين أمينيين معا مع انفصال جزء من الماء مركب الببتيد Peptide الذى يحتوى على مجموعة أمينية (قاعدية) ومجموعة كربوكسيلية (حامضية) ، كما أنه يفقد جزء آخر

من الماء تتحد الببتيدات وتكون مركبات أخرى أكثر تعقيدا تعرف بعديد الببتيدات Polypeptide . وهذه تتحد مع بعضها لتكون الببتونات Peptones ، التى تكون باتحادها البروتيوزات Proteins التى تكون بدورها المركبات البروتينية Proteoses

وتحلل الأحياء الدقيقة المواد البروتينية تحليلا مائيا بفعل الانزيمات الخارجية فى الخطوات التالية :

بروتين ← (Proteinase) عديد الببتيدات ← (Polypeptidase)

ببتيدات ← (Peptidase) أحماض أمينية .

وتتحلل الأحماض الأمينية بطريقتين

أ — Decarboxylation

وفيها يتم انتزاع $ك أ_٢$ من مجموعة الكربوكسيل

$$ر \cdot ك يد < \begin{matrix} ن يد_٢ \\ ك أ أ يد \end{matrix} \longrightarrow ر \cdot ك يد_٢ \cdot ن يد_٢ + ك أ_٢$$

ب — Deamination

وفيها تنفصل مجموعة الأمين وتتحول الى نوشادر

$$ر \cdot ك يد_٢ < \begin{matrix} ن يد_٢ \\ ك أ أ يد \end{matrix} + ا \longrightarrow ر \cdot ك ا \cdot ك أ أ يد + ن يد_٣$$

ويتم تحليل البروتينات تحت الظروف الهوائية وأيضا تحت الظروف اللاهوائية وتكون نواتج التحليل فى الحالة الأولى نواتج نهائية

ثابتة ليس لها روائح كريهة أما الحالة الثانية تحت الظروف اللاهوائية يحدث تعفن putrifaction تتكون مواد عضوية آزوتية كريهة الرائحة مثل يدم كب والاندول والفينول والنشادر والميثان ... الخ .

والميكروبات التى تحلل البروتينات Proteolytic هى :

(أ) الميكروبات الهوائية : E.coli ، Proteus vulgaris ، Pseudomonas fluorescens ، Micrococcus Flavus

هذا بالاضافة الى بعض الأكتينوميسيتس والفطريات .

(ب) الميكروبات اللاهوائية مثل : Clostridium sporogenes

هذا ويستدل على مقدرة الميكروب فى تحليل البروتين بتلقيحه فى بيئة الجيلاتين المغذى فاذا أذابها Gelatin liquifaction دل ذلك على أنه من الميكروبات المحللة للبروتين . كذلك بتلقيحه فى بيئة لبن عباد شمس ، فاذا ذابت الخثرة المتكونة وتحول لون عباد الشمس الى اللون الأزرق (لتراكم النوشادر) دل ذلك أيضا على قدرة الميكروب على تحليل البروتين .

ثالثا : تحليل المواد الدهنية :

الدهون عبارة عن استرات لبعض الأحماض الدهنية مع الجليسرول ، أى جليريدات الأحماض العضوية . وأكثر الأحماض الدهنية انتشارا حامض البالمتيك والأوليك .

وتتحلل الدهون بواسطة أنزيم اللايبيز Lipase الى أحماض دهنية وجليسرول وتقوم بعض الميكروبات تحت ظروف خاصة بتحليل الجليسرول واستعماله

الجماميع البكتيرية الهامة

١ – بكتريا حامض اللاكتيك :

وتشمل عائلة Lactobacillaceae وهي تحتاج لمواد غذائية معقدة التركيب لتغذيتها بجانب عدد من الفيتامينات وأحماض أمينية وكربوهيدرات ويكون التخمر متجانس Homofermentative أو غير متجانس Heterofermentative

٢ – بكتريا حمض الخليك :

ومنها أجناس Acetomonas, Acetobacter وتتميز هذه البكتريا بأنها : –

- تؤكسد الكحول الى حامض الخليك .
- تنتج حامض الأسكوربيك من السربوز .
- تسبب انسداد أبراج الخل حيث تكون أغلفة لزجة Acetobacter Xylinum

٣ – بكتريا حمض البيوتريك :

كما في جنس Clostridium حيث ينتج عن تحلل المواد الكربوهيدراتية حامض بيوتريك ذو الرائحة النفاذة وثاني أكسيد الكربون والأيدروجين ، مما يسبب فساد الأطعمة .

٤ – بكتريا حمض البروبيونيك :

كما في جنس Propionibacterium وهو الميكروب المسئول

عن التسوية في الجبن السويسري حيث ينتج حمض البروبيونيك والخليك وثاني أكسيد الكربون وتظهر بالجبن العيون الواسعة واللامعة المميزة لهذا الصنف .

٥ ـ البكتريا المحللة للبروتين :

وهي تنتج انزيمات محللة للبروتين وتفرزها خارج الخلية extracellular وتعرف بانزيمات البروتينيز والتي تفرزها هي ميكروبات Cl.Sporogenes B.cereus ومنها Acid proteolytic والتي تنتج حامض بجانب تحليلها للبروتين مثل

Str. faecalis var. liqufacienc

Mic. caseolyticus

٦ ـ البكتريا الليبوليتية :

وهي التي تقوم بتحليل الدهون بواسطة انزيم اللايبيز منتجة أحماض دهنية وجليسرين ومنها Achromobacter Pseudomonas Micrococcus Serratia Pseudomonas Fleuorescens

٧ ـ البكتريا المحللة للسكريات :

وهي التي تقوم بتحليل النشا والسكريات العديدة والثنائية الى بسيطة ومنها B.subtilis, Clostridium

٨ ـ البكتريا البكتوليتية :

وهي تسبب ليونة الأنسجة النباتية بافرازها انزيم البكتيز .

٩ ـ بكتريا القولون :

وتشمل E. Coli Enterobacter aerogenes

١٠ ـ البكتريا السيكوفيلية : Psychrophilic bacteria

ومنها Achromobacter, Bacillus Pseudomonas

١١ ـ البكتريا الثرموفيلية : Thermophilic

ومنها Microbacterium Bacillus Clostridium

١٢ ـ البكتريا المحبة للملح : Halophilic

وهي تتحمل نسبة من الملح تصل الى ٢٠ ـ ٢٥ ٪ مثل

Staphylococcus Micrococcus Brevibacterium Linenes

١٣ ـ البكتريا التي تتحمل الضغوط الاسموزية العالية : Osmophilic

مثل Leuconostoc وهو ينتج دكسترات في التركيزات العالية من السكر .

١٤ ـ بكتريا التسمم الغذائي والأمراض الغذائية .

Food poisoning and infection bacteria

مثل Cl.botilinum Salmonella Staphylococcus

١٥ ـ البكتريا الملونة : Pigmented bacteria

مثل Serratia (اللون الأحمر)

Flavobacterium (اللون الأصفر)

١٦ ـ البكتريا المكونة للزوجة : Slimes

وهي تنتج مواد هلامية ذات ملمس لزج على سطح الغذاء مثل Alcaligenes Leuconostoc

١٧ ـ البكتريا المكونة للغاز :

حيث تسبب ضغط داخل العبوات كما تسبب انتفاخ ميكروبي متأخر في الجبن مثل ميكروبات القولون والكلوستريديا والباسيلاي .

ـ ميكروبيولوجيا المياه والمجارى وحماية البيئة :

مياه الشرب لابد أن تكون خالية من المواد العالقة صافية عديمة اللون والرائحة والطعم ، خالية من الكيماويات الضارة ومن الكائنات الحية الدقيقة المعرضة وبذلك تعرف بالمياه النقية .

ويحدث التلوث فى الماء بمجرد أن تلامس الأمطار الأرض وتأخذ طريقها الى البحيرات والأنهار ، ويزداد التلوث كلما تعرضت البحيرات والأنهار لغزو المخلفات ويعتبر التلوث خطرا اذا كان مصدرا لكائنات حية دقيقة معرضة للانسان والحيوان .

وتصل الى الماء ميكروبات من مصادر مختلفة مثل الهواء والتربة ومياه المجارى ومن الحيوانات والنباتات الميتة - وجدير بالذكر أن قليلا من هذه الميكروبات ما يمكنه أن يتلائم مع هذا الوسط الجديد ، وهذه الأنواع القليلة هى التى تكون مجموعة بكتيريا الماء .

ونظرا لأن مياه المجارى عادة ما تحتوى على ميكروبات ضارة فانه لابد من اجراء عمليات تنقية لهذه المياه قبل عودتها الى الأنهار واختبار كفاءة عملية التنقية ميكروبيولوجيا على فترات زمنية قصيرة حتى يتأكد من سلامة العملية للمحافظة على الصحة العامة .

وأن صلاحية الماء للاستهلاك الآدمى من ناحية طعمه وخلوه من العوامل التى تسبب الأمراض تتوقف الى حد كبير على الأحياء الدقيقة التى يحتويها ولاختبار صلاحية الماء للشرب والاستعمال الشخصى أو ـ

التصنيع تؤخذ عينات من هذه المياه لاجراء الاختبارات التالية عليها :ـ

أولا ـ الاختبارات الفيزيائية :

اختبار الطعم ، اللون ، الرائحة ، اللزوجة .

ثانيا ـ الاختبارات الكيميائية :

تحليل المياه كيميائيا لمعرفة تركيزات العناصر والأيونات المختلفة وكذلك المعادن الثقيلة والتى تكون سامة غالبا .

ثالثا ـ الاختبارات الميكروبيولوجية :

وهذه الاختبارات تشمل :

(١) تقدير العدد الكلى للميكروبات فى ١ سم^{٣} من الماء حيث أنه من المتفق عليه أن الماء الجيد يجب أن لا يحتوى على أكثر من ١٠٠ خلية ميكروبية/١ سم^{٣} والا اعتبر هذا الماء غير نقى من الوجهة الميكروبيولوجية أو أن عمليات تنقية ماء الشرب بها عيوب وظهور عدد أكثر من ١٠٠ خلية/١ سم^{٣} فى مياه الآبار يدل على وصول تلوث الى هذه المياه .

(٢) **اختبار تلوث المياه بالمجارى :**

ويجب الاعتناء تماما فى أخذ عينة الماء المراد تحليلها ميكروبيولوجيا وبصفة خاصة أن تكون ممثلة للمصدر المائى المطلوب اختباره وأن يتم أخذها تحت شروط معقمة وتحليلها مباشرة عقب أخذها وبصفة عامة يعتبر الماء صالحا للشرب

اذا كان خاليا من ميكروبات القولون بشرط أن يكون خاليا من المواد السامة ، ومجموعة القولون سبق وضعها فى باب تقسيم البكتيريات ، وهى توجد عادة فى أمعاء الانسان والحيوان من ذوات الدم الحار وعلى ذلك فوجودها فى الماء يدل على تلوثه ببراز مثل هذه الحيوانات - ونظرا لأن الكشف عن الميكروبات الممرضة من الصعوبة بمكان وتحتاج الى وقت طويل ففى العادة تختبر المياه لوجود مجموعة القولون من عدمه - فاذا وجدت هذه المجموعة فى المياه فان ذلك يدل على تلوثها بمياه المجارى واحتمال وجود ميكروبات مرضية وتكون المياه غير صالحة للشرب • واختيار المياه لهذه البكتريا يتضمن ثلاث اختيارات متسلسلة كما يلى :

(أ) الاختبار الاحتمالى :

حيث يجرى تلقيح الماء فى بيئة ماكونكى السائلة ويكشف بعد التحضين عن وجود حمض وغاز كواتج لتحليل سكر اللاكتوز فاذا تكون الغاز فى ظرف الـ ٢٤ ساعة الأولى كانت نتيجة الاختبار الاحتمالى موجبة واذا ظهر الغاز فى خلال الـ ٢٤ ساعة التالية كانت نتيجة الاختبار الاحتمالى مشكوك فيه وعلى ذلك تعمل الاختبارات الأخرى • أما عدم وجود الغاز بعد ٤٨ ساعة (أى نتيجة للاختبار الاحتمالى سالبة فيؤخذ ذلك دليلا على أن الماء غير ملوث وصالح للشرب ولاداعى لاجراء اختبارات أخرى •

(ب) الاختبار التحقيقي :

اذا ما كان الاختبار الاحتمالي السابق مشكوك فيه أو موجب يجرى الاختبار التحقيقي ويستعمل لذلك عادة بيئتين صلبتين هما بيئة آجار الأيوسين والميثلين الأزرق وهذه تظهر عليها مستعمرات colonies ميكروب E.coli متميزة بمركزها الأسودلمعان معدني مخضر (كوبي) بينما تظهر مجموعات E. aerogenes بنية المركز وخالية من اللمعان المعدني .

(جـ) الاختبار التكميلي : Completed test

يجرى هذا الاختبار عادة للتأكد من أن المجاميع التي ظهرت على الأطباق في الاختبار التحقيقي هي نفسها بالاختبار الاحتمالي الموجب وأن صفاته تنطبق على صفات ميكروبات القولون وفي تلك الحالة يستلزم الأمر عمل اختبارات التفرقة بين أفراد القولون وهذه الأخيرة مثل اختبار انتاج الأندول اختبار أحمر الميثيل اختبار فوجزبروسكاور اختبار ايكمان وكذلك كمية الغاز الناتج والنسبة بين ك أ٢ ، يد٢ .

Voges Proskauer test.

الميكروبيولوجيا الصناعية

تستخدم الميكروبات الآن فى العديد من الصناعات المهمة لانتاج مواد مرغوبة ومن أهم هذه المواد :

(١) الكيماويات الدوائية : Pharmaceuticals وتشمل : —

أ — المضادات الحيوية واللقحات والستيرويدات والفيتامينات •

(٢) الأحماض العضوية :

مثل حمض الستريك — اللاكتيك — جلوكونيك — جبريلك •

(٣) الأحماض الأمينية : Amino acids

مثل التربتوفان والليسين والثريونين •

(٤) الانزيمات : Enzymes

مثل الاميليز والبروتنيز — لاكتيز وليبيز وسليوليز •

(٥) المذيبات العضوية : Organic solvents

مثل الأسيتون والبيوتانول •

(٦) الوقود : Synthetic fuels

مثل كحول الايثانول وغاز الميثان •

والعديد من هذه المنتجات تنتج ميكروبيا أو بواسطة التخليق الكيماوى ويتوقف طريقة التصنيع على التكاليف الصناعية • ويستخدم اصطلاح تخمر Fermentation للدلالة على الانتاج بطريقة ميكروبية •

دور الميكروبات الصناعية :

من الوجهة الصناعية تعتبر المواد كمادة خام والميكروبات كمصانع كيماوية لتحويل المادة الخام الى منتجات جديدة .

المادة + الميكروبات ← مواد جديدة (تخليق أو هدم المادة الخام) .

وبصفة عامة يمكن تقسيم هذه الصناعات المختلفة الى : ـ

(١) صناعات تنتج فيها الميكروبات مركبات نهائية أو مركبات وسيطه :
مثل صناعة الكحولات ، الأحماض العضوية ، الانزيمات ، الأحماض الأمينية ، فيتامينات والمضادات الحيوية .

(٢) صناعات تعتمد على نشاط البكتريا في احداث تغييرات كيماوية وطبيعية مثل صناعة الألبان المتخمرة وصناعة السيلاج والأسمدة العضوية وتعطين الكتان ، الخبز .

(٣) صناعات تكون الميكروبات فيها كناتج نهائي :
مثل انتاج بكتيريا العقد الجذرية ، انتاج الخميرة ، انتاج اللقحات
صناعة انتاج البروتين الميكروبي SCP Single cell protein
بعض المنتجات الصناعية المنتجة بواسطة البكتريا :

المنتج	الميكروب	الاستخدامات
أسيتون ، بيوتانول	Cl. acetobutylicum	مذيبات، الصناعات الكيماوية
٢ ـ ٣ بيوتانديول	B. polymyxa Ent. aerogenes	مذيبات، كيماويات وسيطة.
حمض كيتوجليكونيك	Gluconobacter suboxydans	مادة وسطية لانتاج حمض الطرطريك .
حمض اللاكتيك	Lactobacillus sp.	منتجات غذائية وصناعية الكيماويات .
انزيم الاميليز البكتيرى	B.subtilis	النشويات المحولة ، الورق المنسوجات .
انزيم البروتينز	B. subtilis	تسوية اللحوم والمنظفات .
الدكسترإن	Luconostoc mesenteroids	بلازما الدم ، الصناعات الغذائية .
الليسين	Micrococcus glutamicus	العلائق الحيوانية .
البنسلين	Penicillium chrysogenium	مضاد حيوى .
خميرة الخباز	Saccharomyces cervisae	صناعة الخبز .
انتاج البروتين الميكروبى	Methylomonas sp.	أعلاف دواجن وحيوانات.
حمض التريتوفان	Hansenula anemola	صناعة الأدوية علائق حيوانية .
فيتامين المركب	Candida utilis	كيماويات دوائية .

لو أن هناك فرصة لنمو هذه الميكروبات فان تغييرات تحدث في المظهر أو الطعم أو الرائحة وفي نوعية الغذاء هذا التحلل يحدث كالآتي :

الأغذية البروتينية ← ميكروبات محللة للبروتين ← أحماض أمينية ← أمينات ← أيونيا ← كبريتد أيدروجين .

ميكروبات مخمرة للكربوهيدرات ← الكربوأيدرات ← أحماض ← كحولات ← غازات

أغذية دهنية ← ميكروبات محلل للدهون ← أحماض دهنية ← جلسرول .

كذلك تحدث هذه الميكروبات تلوث للغذاء بالمواد الناتجة من عمليات الأيض ـ البكتيري ، فمثلا بعض مواد الغذاء تتلون بلون الصبغات البكتيرية النامية على المواد الغذائية كذلك قد تتكون المواد اللازجة نتيجة لنشاط الميكروبات .

العوامل التي تحدد استخدام نوع معين من الميكروبات في الصناعة :

(١) السلالة :

وتنتقى السلالات ذات الكفاءة العالية .

(٢) توفير الظروف المثلى للنمو :

يجب أن نوفر كل الظروف للنمو والاحتياجات الغذائية لكل سلالة وهذه العوامل :

أ ـ كمية العناصر الغذائية ونوعها . ب ـ درجة الحرارة .

جـ ـ العوامل المشجعة للنمو . د ـ درجة الحموضة .

علاقة الميكروبيولوجيا والأغذية

غذاء معظم الناس الآن محفوظ بطرق عديدة ويتم اعداده بطرق اعداد مختلفة ، بعض المواد الغذائية تكون مجمدة ، معلبة أو مجففة وقد تكون معبأة أو مطبوخة طبخا أوليا أو مجهزة للتسخين والأكل أثناء اعداد الأغذية قد تتعرض للتلوث بالميكروبات اذ لم تتخذ الاحتياطات اللازمة لمنع نمو وتكاثر هذه الميكروبات لأنها قد تؤدى فى النهاية الى فسادها .

المواد الغذائية تحتوى على بروتين كربوهيدرات ودهون وهذه المواد تشجع نمو العديد من الكائنات الدقيقة . ويستخدم طرق عديدة لحفظ الغذاء بطرق كيميائية أو طبيعية وبعض الميكروبات مفيدة فى تجهيز الأغذية وذلك مثل الأغذية المخمرة المخللات ، الزيتون والبعض الآخر من الميكروبات مصدر مهم للبروتين . ويستخدم كعلف للحيوان .

الظروا الميكروبية للأغذية الطازجة :

الأنسجة الداخلية للنبات والحيوان السليم خالية من الميكروبات بينما سطح الخضروات واللحوم ملوث بعدد كبير من الكائنات الدقيقة وهذا التلوث يرجع الى الوسط المأخوذ منه الطعام وحالة المادة الخام المجهز منها الغذاء ، طرق التداول ، ظروف التخزين .

من المرغوب فيه المحافظة على أقل عدد ممكن من مستوى التلوث للمواد الغذائية .

اللحـــوم :

أثنـــاء الذبـــح والســـلخ يحـــدث فـــى العـــادة تلـــوث كبيـــر لســـطح الذبيحـــة بينمـــا تظـــل الأنســـجـــة الداخليـــة خاليـــة من الميكروبـــات لكـــن أثنـــاء التقطيـــع ينتقـــل التلـــوث من الســـطح الخارجـــى الى الأنســـجـــة الداخليـــة •

أكثـــر الميكـــروبـــات انتشـــار فـــى اللحـــم الطـــازج أنواع Staphylococci ومجموعـــة القولـــون درجـــة Pseudomonas and enterococci الحـــرارة المنخفضـــة التـــى يحفـــظ عليهـــا اللحـــم تســـمح بنمـــو الميكروبات المحبـــة للحـــرارة المنخفضـــة •

الـــدواجـــن : Polutry

تحتـــوى الـــدواجـــن المذبوحـــة حـــديثا علـــى مجموعـــات بكتيريـــة كبيـــرة علـــى ســـطحهـــا وذلـــك يرجـــع الـــى الوســـط الـــذى نمـــت فيـــه الطـــيور وأمـــاكن ذبـــح واعـــداد الدواجـــن للاســـتهلاك تحـــت شـــروط الذبـــح الجيـــدة يحتـــوى ســـطـــح الدجـــاج علـــى ١٠٠ ـ ١٠٠٠٠ /سم^{٢} (خليـــة بكتيريـــة) علـــى الســـطح الخارجـــى لجلـــد الدجـــاج • والأنـــواع الأكثـــر انتشـــارا هـــى من جنس pseudomonas

البيـــض : Eggs

البيـــض الطـــازج الســـليم والنظيـــف غالبـــا مـــا يكـــون خاليـــا من الميكروبـــات ظـــروف حفـــظ وتخـــزين البيـــض قـــد تســـاعـــد علـــى زيـــادة محتواهـــا الميكـــروبـــى وانتشـــارهـــا الـــى الداخـــل مثـــل الحـــرارة ـ الرطـــوبـــة •

الميكـــروبـــات وعلـــى الأخـــص البكـــتريـــا والفطـــر قـــد تدخـــل الـــى داخـــل

بيضة خلال تشققات فى قشرة البيضة أو تخلل هيفات الفطر لقشرة البيضة ـ أنواع الميكروبات الموجودة على البيض هى الموجودة فى الوسط ومكان انتاج البيض ويعتبر زلال البيض مانع لنمو البكتيريا لشدة قلويته بعكس صفار البيض المشجع للنمو ـ وينتشر على البيض بكتيريا Pseudomonas fluorescenes والتى تسبب فساد البيض ٠

الفاكهة والخضروات :

الفاكهة والخضر عرضة للاصابة بالبكتريا والفطر ـ والفيروس اصابة الأنسجة النباتية بالأحياء الدقيقة يحدث خلال المراحل المختلفة لنمو الخضر والفاكهة ـ كذلك أثناء التداول واعدادها للتسويق الخدوش والجروح التى تحدث للخضر والفاكهة أثناء النقل يسهل اصابتها بالميكروبات ـ والفاكهة فى الغالب حمضية لا تشجع نمو البكتريا عليها بينما لا يعوق ذلك نمو الفطر (٢ر٣ pH فى الليمون) ٠

بينما فى الخضر تكون الحموضة ما بين pH 5-7 وهذا يشجع نمو البكتريا ٠

السمك والأغذية البحرية :

تعكس الفلورا الميكروبية على الأسماك والمنتجات البحرية الفلورا الميكروبية للمياه المستخرج منها هذه الأغذية ٠ فاذا كان الماء المصاد منه هذه الأسماك ملوث بمخلفات المجارى مثلا فان الاحتمال الكبير أن تكون هذه الأسماك ملوثة بميكروبات مرضية ٠

بكتريا Vibrio parahaemolyticus مسئول عن

الاصابة ببعض أمراض .

فساد الأغذية الميكروبى :

نظرا للتنوع الكبير فى المواد الغذائية وطرق اعدادها وتجهيزها وتداولها فان معظم الميكروبات قد تتواجد بها نتيجة لعمليات التلوث .

نوع الغذاء وطرق اعداده كذلك طريقة حفظه قد تشجع على تلوثه بالعديد من مجموعات الأحياء الدقيقة معظم المواد الغذائية تعتبر بيئات غذائية لندو الكثير من مجموعات البكتريا .

أنواع الفساد للأغذية الغير معلبة بالميكروبات

الغذاء	نوع الفساد	الميكروبات المسببة للفساد
الخبز	تعفن	Rhizopus nigricans A. niger, penicillium
الخضر والفاكهة الطازجة	العفن الطرى	Rhizopus sp., Erwina
	العفن الرمادى	Botrytis
	الفطرى	A. niger
	العفن الأسود	Rhodotourla
	الفطر	
المخللات	خميرة غشائية والخميرة الحمراء	Alcaligenes, clostridium.
اللحم الطازج	التعفن	Proteus vulgaris, sp. fluorescens.
الأسماك	تغيير فى اللون	Pseudomonas
	تعفن	Alcaligenes flavobacterium
البيض	عفن أخضر	Ps. fluorescens
	عفن شفاف	Ps., Alcaligenes
	عفن أسود	Proteus

الفساد البكتيرى للأغذية المعلبة

نوع الفساد	pH	نوع الغذاء
بكتريا محبة للحرارة المرتفعة	٣ر٥ أو أعلى	ذرة ـ بسلة
فساد حامضى	٤ر٨ أو أعلى	السبانخ ـ والذرة
بكتريا غير هوائية	٣ر٥ أو أعلى	ذرة ـ بسلة
فساد كبريتى		
محبة للحرارة المتوسطة	٢	ذرة ـ أسبرجس
عفن لاهوائى	٤ر٨ أو أعلى	طماطم ـ وكشرى
عفن بيوتريكى	٤ أو أعلى	عصير طماطم
فساد حمضى	٤ر٢ أو أعلى	فواكه
	٣ر٧ ـ ٥ر٠	فواكه
خمائر	٣ر٧ أو أقل	فواكه
فطريات	٣ر٧ أو أقل	فواكه

حفظ الأغذية :

عرفت طرق حفظ الأغذية منذ قدماء المصريين مثل الحفظ بالتمليح والتجفيف والتدخين كذلك عرف منذ القدم حفظ الأغذية فى الكهوف الباردة ـ ويمكن تلخيص طرق الحفظ المختلفة كالآتى :

(١) الحرارة المرتفعة •

أ ـ الغليان •

ب ـ بخار تحت ضغط تعقيم •

جـ ـ بسترة •

(٢) الحرارة المنخفضة

أ ـ تبريد •

ب ـ تجميد •

(٣) تجفيف :

(٤) ضغط اسموزى •

أ ـ تركيز سكر مرتفع •

ب ـ محلول ملحى •

(٥) كيماويات :

أ ـ أحماض عضوية •

ب ـ مواد تتكون أثناء المعالجة كما فى التدخين •

جـ ـ مواد تتكون بفعل نشاط الميكروبات (أحمابى) •

(٦) الاشعاع :

أ ـ أشعة فوق بنفسجية •

ب ـ أشعة تأينية •

ويلاحظ أن كل من طرق الحفظ تعتمد عامل أو أكثر من العوامل الآتية :ـ

١ ـ منع أو ازالة التلوث •

٢ ـ تثبيط نمو الميكروبات ونشاطها الأيضى •

٣ ـ قتل الميكروبات •

ميكروبيولوجيا الألبان

Dairy Microbiology

أهمية البكتريا في الصناعات اللبنية :

١ - البكتريا المرغوبة التي تقوم بنشاط مفيد Desirable activity وذلك في صناعات مثل :

١ - الجبن Cheese

والبكتريا المسئولة أغلبها بكتريا حمض اللاكتيك لانتاج الخثرة ذات الصفات الخاصة كما أن فعله مثبط لنمو كثير من الميكروبات غير المرغوب فيها مثل الميكروبات المرضية والغازية والمحللة للبروتين ، كذلك فان الحمض المتكون قد يتحكم في نمو كثير من الميكروبات الأخرى التي تكون بمثابة عامل فساد ، وبعض الميكروبات الأخرى المفيدة تعطي أطعمه خاصة لبعض أنواع الجبن أو تعطي تركيب وقوام خاصين للبعض الآخر كما في تكوين العيون والقوام المطاط في الجبن السويسري .

٢ - الزبد Butter

والبكتيريا المسئولة أغلبها تنتمي الى مجموعتين أحدهما لبكتيريا حمض اللاكتيك المكونة للحموضة والأخرى للبكتريا المخمرة لحمض الستريك والمكونة للطعم والرائحة وينتج عن نموها ونشاطها في القشرة زبدا ذات صفات خاصة .

٣ - الألبان المتخمرة Fermented milks

مثل اللبن الزبادي والقشدة والمخمرة واللبن الفرز المخمر ويتم ذلك بعمل أنواع خاصة أغلبها من البكتريا المكونة للحموضة وأحيانا تستعمل

معهـا الأنـواع الأخـرى المنتجـة للنكهـة ذات التخمـر السـتريكى أو الكحـولـى .

٤ ـ منتجـات صنـاعية ثانـوية

ومن أهـم المنتجـات الثـانويـة فـى مصـانع الألبـان هـو الشـرش الـذى يحتـوى علـى نسـبة كبيـرة من الكربوهيـدرات (الـلاكتـوز) وبكميـات كـافيـة لنمـو الخمـائـر التـى يمكـن الاعتمـاد عليهـا كمـا ظهـرت من البحـوث الحـديثـة لتكـون مصـدرا هـامـا لغـذاء الحيـوان غنـى فـى البروتـين ، كمـا يمكـن الحصـول كـذلك بفعـل تخمـرات أخـرى مختلفـة علـى نـواتج هـامـة مثـل الكحـول والفيتـامينـات .

والخليـة البكتيريـة عـبارة عـن كيـس بـه انزيمـات تفـرز بعضهـا للخـارج للقيـام بالأعـمال الحيـويـة المختلفـة .

تقييـم اللبـن كبيئـة بكتيـريـة :

١ ـ المـاء : يوجـد بقـدر كبيـر كـاف لنشـاط البكـتريا الحيـوى .

٢ ـ مصدر الكربون : الكربوهيدرات الأساسية فى اللبن هى اللاكتوز ، بعـض البكتريـا لاتـستطيع اسـتعمـاله كمصـدر للكربـون ، كذلك يوجـد البروتينـات ، الأحمـاض الأمينيـة ، الدهـن ، حـامض السـتريك يمكـن لبعـض البكـتريـا اسـتعمـالها كمصـدر للكربـون .

٣ ـ مصدر النتروجين : رغـم احتـواء اللبـن علـى كـازين ربمـا يعتبـر غيـر غنـى فـى النتروجـين ، حيـث أن الكـازين وهـو البروتـين الأسـاسـى لايـستعمـل الا بالبكـتريا المحللـة للبروتـين مثـل Str. liquifaciens ، وبروتينـات الشرش ربمـا تسـهم ببعـض

النمو كما أن وجود كمية البروتيوزات والببتونات تساعد كمصدر للنتروجين • كما أن ترسيب البروتين بالحامض أو بالحرارة يزيد من قدرة البكتريا على استعمالها كمصدر للنتروجين •

٤ ـ المعادن : متوفرة لنشاط البكتريا الحيوى •

٥ ـ الفيتامينات : متوفرة لنشاط البكتريا الحيوى •

٦ ـ pH : قريب من التعادل بعد الحلاب مباشرة ٦ر٦ ـ ٦ر٨ وهذا يعطى نمو جيد •

٧ ـ القدرة المنظمة للبن buffer capacity : يتحمل اللبن نموات بكتيرية كبيرة دون أن يتأثر الـ pH تأثيرا بليغا •

٨ ـ المواد المثبطة للنمو Inhibitory substances : منها ما يوجد طبيعيا فى اللبن مثل اللاكتينين ويستمر مفعوله المثبط فى اللبن لمدة ساعتين بعد الحلاب أو يفقد نشاطه بالتسخين على ٨٠°م لمدة ١٠ دقائق •

التغيرات التى تحدث فى اللبن Changes produced in milk

عند نمو البكتريا يحدث تغييرات كيميائية وطبيعية فى اللبن ، وناتج النشاط يعتمد على نوع البكتريا والمادة المتخمرة • ويعتبر أهم هذه التغييرات على انتاج الحموضة نتيجة تخمر سكر اللاكتوز وتغيرات نتيجة تحليل بروتين اللبن وتغيرات نتيجة تحلل الدهون والستريك واللاكتات •

وتقسم تخمرات اللبن الى :

١ ـ تخمرات حامض اللاكتيك Acid fermentation

٢ ـ تخمرات لانتاج الغاز Gassy fermentation

٣ ـ تخمرات لانتاج الخثرة الحلوة Sweet curdling

٤ ـ تخمرات تحليل البروتين Proteolysis

٥ ـ تخمرات تحليل الدهن Lipolysis

٦ ـ تخمرات لانتاج مواد مخاطية Ropy fermentation

٧ ـ تخمرات لانتاج الطعم واللون Flavors and colors

وسوف نتكلم عن كل منها باختصار مع ذكر أهم أنواع الميكروبات المسببة : ـ

١ ـ تخمرات حامض اللاكتيك

يعتبر حامض اللاكتيك الحامض الأساسي في كثير من الصناعات اللبنية وهو ينتج من تأثير الميكروبات على سكر اللبن وهو سكر اللاكتوز ومن أهم أنواع هذه الميكروبات ما يلي : ـ

أ ـ Streptococci

وأهمها ميكروب Str. lactis وهي ميكروبات كروية موجبة لصبغة جرام توجد عادة على هيئة أزواج أو في سلاسل قصيرة ويمكن الحصول عليها من أوانى الحلابة وبعض النباتات وتعمل هذه الميكروبات على تخمير سكر اللاكتوز باللبن وتحويله الى النواتج النهائية وهو حامض اللاكتيك بنسبة تصل الى ٩٠٪ ويطلق عليها تخمر Homofermentative ومنها ميكروبات Str. lactis و Str. cremoris أما في حالة بكتريا Leuconostoc citrovorum فان ناتج التفاعل النهائي من تخمير سكر اللاكتوز يكون عبارة عن

خليط من حامض اللاكتيك وحامض الخليك وكحول الايثايل وثاني أكسيد الكربون ويطلق على هذا النوع من التخمرات Heterofermentative

ب ـ Lactobacilli

وهي مجموعة من الميكروبات العصوية عادة طويلة وتشبه الاسطوانة وأحيانا يتغير شكلها مع زيادة النمو أي متعددة الأشكال وهي موجبة لصبغة جرام ، غير متحركة وغير متجرثمة وهي تخمر سكر اللاكتوز مع تكوين حمض اللاكتيك ويتبعها بعض الميكروبات الهامة مثل Lactobacillus bulgaricus ، L. helveticus

جـ ـ Microbacteria

وهي بكتريا صغيرة الحجم عصوية موجبة لصبغة جرام تخمر سكر اللاكتوز غالبا الى حامض اللاكتيك ، ومن أهم مميزات هذه البكتريا أنها من الميكروبات الغير متجرثمة والمقاومة للحرارة اذ أنها تستطيع أن تقاوم درجات الحرارة ما بين ٨٠ ـ ٨٥°م لمدة ١٠ دقائق ومن أهمها Microbacterium lacticum

د ـ Micrococci

وهي كروية موجبة لجرام مثل جنس Micrococcus

هـ ـ Coliform bacteria

توجد هذه المجموعة في مصادر مختلفة مثل مخلفات الانسان والحيوان والمياه الملوثة والتربة والنباتات وهي ميكروبات نشيطة جدا ، فهي تخمر سكر اللاكتوز الى حمض اللاكتوز وحمض الخليك

وكميات صغيرة من الأحماض الأخرى ، ك أ٢ ، يد٢ وهي قادرة على تجبن كيزين اللبن وهي بكتريا عصوية قصيرة مفردة سالبة لصبغة جرام غير متجرثمة ومن أهمها

Escherichia coli Enterobacter aerogenes

٢ ـ انتاج الغاز Gas production

عديد من الميكروبات تخمر سكر اللاكتوز مكونة حامض وغاز فمثلا نجد أن مجموعة بكتريا القولون تكون كمية كبيرة من ك أ٢ ، يد٢ وكذلك نجد أن البكتريا التابعة لجنس CClostridium ومنها Cl. butyricum تنتج كمية كبيرة من هذه الغازات والخمائر التابعة لأجناس Torulopsis Candida لها نفس القدرة على انتاج هذه الغازات ويظهر سطح اللبن كأنه منفوخ أما في الجبن فتظهر على هيئة ثقوب غازية .

٣ ـ تخمرات انتاج الخثرة الحلوة Sweet curdling

ويقصد بذلك التجبن الحلو الذى يسببه بعض الميكروبات بتخثيرها للبن بما تفرزه من انزيمات الرنين أو المشابه للرنين ، ويحدث هذا التجبن عادة في اللبن المبستر كما يحدث في اللبن الخام المحفوظ على درجة حرارة منخفضة وهناك كثير من الميكروبات التي تسبب هذا العيب منها : ـ Bacillus subtilis and B.cereus var mycoides وجراثيم هذه البكتريا تقاوم الحرارة والجفاف وتخثر اللبن قبل تكوين أى حموضة به ومن الأجناس الأخرى Proteus pseudomonas التي توجد في المياه الملوثة وبعض المواد العضوية .

٤ ـ تحلل البروتين Proteolysis

يتكون البروتين من تجمعات الأحماض الأمينية وعند تحلل البروتين يتجزأ الى أجزاء تختلف فى وزنها الجزيئى . فالبروتين هو الأعلى (أكثر من ١٠٠٠٠) والبروتيوزات (حوالى ٥٠٠٠) والببتونات (حوالى ٢٠٠٠) والببتيدات (حوالى ٥٠٠ ـ ١٠٠٠) والببتيدات الثنائية (حوالى ٢٠٠) والأحماض الأمينية (حوالى ١٠٠) .

وتستخدم البكتريا عادة المواد الكربوهيدراتية كمصدر للطاقة وتستعمل البروتين للبناء ولكن تستخدمه البكتريا المحللة للبروتين كمصدر للطاقة ان لم يوجد فى البيئة بعض الكربوهيدرات حيث يلزم وجود كمية منها فى البداية حتى تستطيع البكتريا تكوين وافراز الانزيمات الخاصة المحللة للبروتين ، وتحلل هذه البكتريا الأحماض الأمينية الى مركبات أخرى صغيرة لها رائحة كريهة وتسمى هذه الظاهرة بالتعفن Putrefaction وأهم الأجناس المسئولة عن ذلك هو الجنس المتجرثم اللاهوائى Clostridia ويحتوى اللبن على البروتين (الكازين) والكربوهيدرات (اللاكتوز) وتظهر منه ظاهرة تعرف باد Protein-Sparing-action أى الانحراف أو الامتناع عن التفاعل مع البروتين حيث أنه حتى البكتريا المحللة للبروتين وتنتج عن ذلك حفظ البروتين دون أن يتحلل الا القليل منه . وفى حالة معادلة الحموضة وبفعل التأثير المنظم للوسط (وجود أملاح تقاوم تغيير الحموضة) فان تحلل البروتين يتم وتصبح ظاهرة Protein-sparing باطلة .

يقضى ايضا : الكربوهيدرات عن البروتين كمصدر للطاقة والبكتريا سريعة التحمل

أما البكتريا البطيئة التخمر للاكتوز مثل Bacillus subtilis فانها سالبة لهذه الظاهرة ويتم تحلل البروتين بها طبيعيا ، كذلك البكتريا الغير مخمرة للكربوهيدرات مثل Aerobacter cloaceae تحلل البروتين بسرعة ويكون عادة ناتج التخمر قلويا والحموضة الناتجة من التخمرات ترسب الكازين وتتكون الخثرة ، كما أن الانزيمات المحللة للبروتين بالاضافة الى تحللها له قد ترسبه أيضا بكثرة - وأفراد جنس Pseudomonas تحلل كازين اللبن والقشدة المخزنين على درجات حرارة منخفضة مسببة روائح كريهة جدا -

٥ ـ تحلل الدهن Lipolysis

توجد الانزيمات المحللة للدهون Lipases اما طبيعيا في اللبن أو تفرز فيه من مجاميع خاصة من البكتريا المحللة للدهون Lipolytic bacteria وهذه الانزيمات تحلل الدهن منتجة أحماض دهنية مشبعة مثل حمض البيوتريك ذو الرائحة النفاذة والمسبب للعيب المعرف بالتزنخ ، وعند تكسير حبيبات الدهن بعملية التجنيس تزداد المساحة السطحية لحبيبة الدهن ويزداد تبعا لذلك نشاط الانزيمات وذلك يساعد على سرعة ظهور التزنخ وعملية البسترة تبيد هذه الانزيمات -

وفي بعض الحالات توجد ميكروبات أخرى مثل بعض أنواع الفطريات من نوع Penicillium requeforti الذى يفرز انزيم الليبيز ويعمل على تحلل الدهن تحت ظروف خاصة وبذا يدخل ضمن العوامل المسئولة عن اظهار الطعم والنكهة الخاصة في

الجبن الركفور وفى هذه الحالة يعتبر نشاط مرغوب فيه • وتشابه البكتريا المحللة للدهون البكتريا المحللة للبروتين فى خاصية عدم ميلها للوسط الحمضى اذ أن الحموضة تعتبر من العوامل المثبطة لنموها ونشاطها • والميكروبات المسئولة عن التزنخ تعيش أساسا فى التربة وفى الآلات والأدوات الغير معتنى بنظافتها وأهم المنتجات التى تصاب بالتزنخ هى القشدة والزبد • ووجد أن بعض الأحماض الدهنية قد يكون لها أثر سام على الكائنات الأخرى وقد تكون هذه الأحماض الطيارة مصدرا للطاقة لنمو الميكروبات ، وأهم الميكروبات المحللة للدهن تتبع الأجناس Achromobacter - Micrococcus ـ Pseudomonas بجانب الفطريات من جنس

Candida ـ Geotrichum - Penicillium

٦ ـ تخمرات لانتاج مواد مخاطية Ropy fermentation

تحدث فى اللبن أو القشدة تغييرات غير عادية بظهور لزوجة أو مواد مخاطية تنشأ عن نمو وتكاثر ميكروبات معينة تفرز مواد لزجة بكميات كثيرة وهى عبارة عن خيوط على الأسطح مما يجعل اللبن أو القشدة ذات قوام خيطى لزج ويصل طول الخيط فى بعض الأحيان الى متر ، واذا تكونت حموضة فى المنتجات اللبنية الطازجة فان الحالة الخيطية تزول ويرجع أهمية هذا العيب الى ما يسببه من مشاكل فى تجارة اللبن السائل خصوصا عند حفظه على درجة حرارة منخفضة وأهم الأجناس المسئولة عن هذا العيب

Enterobacter Alcaligenes

٧ ــ تخمرات لانتاج اللون والطعم :

بعض الميكروبات اذا ما نمت على بيئات قياسية تسبب بعض النكهات والألوان . وأكثر العيوب الخاصة باللون انتشارا هي : ــ

أ ــ الأصفر يسببه بعض أجناس Microbacterium ، Pseudomonas

ب ــ الأزرق ويسببه نمو بعض الأجناس Pseudomonas

جـ ــ الأحمر Serratia marcescens

د ــ الأسود Ps. nigrifaciens.

أما النكهات والأطعمة التى تظهر فى اللبن نتيجة للنشاط الفسيولوجى لبعض الميكروبات فيه فمنها : ــ

١ ــ نكهة السكر أو الطعم المتكرمل ويسببه ميكروب Str. lactis var. maltigenes

٢ ــ نكهة السمك ويسببه B. subtilis B.ichthosmius Ps. fluoresenes

٣ ــ نكهة كحول الأمايل ويسببه Micrococcus casiolyticus

٤ ــ نكهة البطاطس ويسببه Ps. graveolans

٥ ــ طعم الخميرة ويسببه الأجناس Saccharomyces ، Candida ، Torulopsis.

التسمم الغذائي
Food poisoning

يشير التسمم الغذائي عادة الى التأثير الناتج من استعمال أغذية ملوثة بالميكروبات الضارة أو بالإفرازات البكتيرية المعروفة بالتوكسينات Toxins

التوكسينات Toxins

التوكسينات عبارة عن مواد سامة تنتجها أنواع معينة من البكتريا • وهي تنقسم الى :

(أ) توكسينات خارجية Exotoxins

وهي تلك التي تفرز وتنتشر بسرعة خارج البكتيرية الى البيئة التي تنمو فيها ، وقليل من البكتريا له القدرة على انتاج مثل هذه التوكسينات ، ولهذه التوكسينات القدرة على احداث الأمراض التي تسببها البكتريا التي تنتجها ، وذلك عند حقنها في أجسام الانسان والحيوان •

(ب) توكسينات داخلية Endotoxins

وهي تلك التي تبقى داخل الخلايا ولا تفرز خارجها • ومثل هذه التوكسينات تنتشر في البيئة فقط عند تمزق الخلايا أو تحللها •

وتولد جميع التوكسينات الخارجية عند حقنها أجساما خاصة تعرف بمضادات التوكسينات Antitoxins • وتتلف التوكسينات الخارجية بالحرارة حيث تتحلل جزئيا بالتسخين على درجة ٥٨ ـ ٨٠°م لمدة عشر دقائق • كذلك فانها تتلف بتقدم العمر •

أما التوكسينات الداخلية فتمتاز بمقاومتها للحرارة Thermostable ومثال ذلك توكسين الكوليرا الذى يحتاج لكى يفسد الى تسخينه لمدة ساعة على درجة ٨٠ ـ ١٠٠°م .

وبوجه عام يمكن تقسيم التسمم الغذائى المسبب عن بكتيريا قادرة على النمو جيدا فى الأغذية الى نوعين :

(أ) تسمم حقيقى مسبب عن التوكسينات الخارجية للبكتيريا ، ومن أمثلته التسمم البوتشولينى والتسمم الستافيلوكوكى .

(ب) ويطلق عليه عدوى الغذاء وهو التسمم المسبب عن نمو بكتيريا Salmonella

التسمم البوتشولينى

التسمم البوتشولينى Botulism هو تسمم غذائى حقيقى، يسببه توكسين تنتجه بكتريا :
Clostridium parabotulinum
Clostridium botulimum
وذلك أثناء نموها فى الأغذية المحفوظة فى علب غير محكمة القفل أو فى السجق .

وكلا الميكروبين لاهوائى حتما متجرثم ، ويمتاز الأول بكونه غير محلل للبروتين . أما الثانى فيستطيع تحليل البروتين .

تنتج هذه البكتريا خمسة طرز مختلفة من التوكسينات أ،ب،ج،د،هـ وتؤثر الثلاثة طرز الأولى على الانسان ، أما الطرزان د،هـ فتؤثران فقط على الحيوانات . وتمتاز هذه التوكسينات بكونها أكثر السميات المعروفة

قوة ، فقد يؤدى مجرد تذوق الطعام المحتوى على مثل هذه التوكسينات الى الوفاة •

وعادة تظهر أعراض التسمم البوتشولينى فى مدى ١٢ ــ ٣٦ ساعة من استعمال الطعام الملوث ، وتختلف الأعراض باختلاف الحالات • غير أن المصاب يشعر عادة بتعب شديد ، ودوار مع صداع فى الرأس بجانب الامساك ، ويعقب ذلك شلل لعضلات العيون والحلق ، ثم ينتشر الشلل الى الجهاز التنفسى والقلب مما ينتج عنه الوفاة فى مدى يوم الى ثمانية أيام •

هذا ، وتساعد الظروف التالية على انتشار التسمم البوتشولينى :

١ ــ وجود جراثيم الكلوستريديا فى الغذاء المعلب •

٢ ــ الغذاء المناسب لنمو تلك الميكروبات •

٣ ــ بقاء جراثيم الكلوستريديا حية بسبب عدم كفاءة التعقيم ، ويتبع ذلك انبات تلك الجراثيم ونمو الخلايا الحضرية مسببة الفساد والتسمم •

وتوجد بكتيريا الكلوستريديا فى الأراضى وتنفذ منها الى الأطعمة حيث تنمو فيها وتسبب فسادها •

وتستطيع تلك الميكروبات النمو فى الأغذية الحامضية أو المتوسطة أو المنخفضة الحموضة (pH من ٥ر٤ ــ ٧) ، مثل اللحوم • والسبانخ • والبنجر • والذرة • والفول •

وتنتج أغلب حالات التسمم البوتشولينى عادة نتيجة لتناول الأغذية

المعلبة في المنزل حيث لايحكم قفل العلب أو تكون الحرارة غير كافية لقتل جراثيم الميكروبات المسببة لهذا النوع من التسمم •

أما الأغذية المعلبة تجاريا فنادرا ما تحدث مثل النوع من التسمم حيث تتخذ عادة جميع الاحتياطات الصحية •

وتتلخص طرق منع التسمم البوتشولينى فى الآتى :

١ ـ رفض تناول أغذية معلبة مجهولة المصدر •

٢ ـ غلى الأغذية المعلبة المشكوك فيها لمدة ١٠ ـ ١٥ دقيقة وذلك لاتلاف التوكسين الذى يتأثر بالحرارة •

التسمم الستافيلوكوكى

يسبب هذا النوع من التسمم بكتيريا من جنس Staphylococcus ومنها : Staph aureus

تنتج هذه الميكروبات توكسينا يعرف بالتوكسين المعوى Enterotosin. لأنه ينتج أعراضا معوية معدية وتظهر تلك الأعراض عادة بعد حوالى ثلاثة ساعات من تناول الطعام الفاسد• وهذه الأعراض عبارة عن سيلان فى اللعاب ، ومغص وقىء آلام فى البطن ، اسهال ، وتعود الحالة الطبيعية للمريض بعد ١ ـ ٣ يوم •

ويعتبر هذا النوع من التسمم أكثر أنواع التسمم الغذائى شيوعا• وبعكس التسمم البوتشولينى ، فنادرا ما يسبب التسمم الستافيلوكوكى احداث أى وفاة • ومما يساعد على ذلك أن الأفراد تختلف اختلافا كبيرا فيما بينها فى مدى قابليتها للتأثر بتوكسين التسمم الستافيلوكوكى •

هـذا ولابـد من توفـر الشـروط التاليـة لانتشـار التسـمم السـتافيلوكوكى :

١ ـ ضـرورة تلـوث المـواد الغـذائيـة بميكـروب Micrococcus وأن يكـون منتـج لتوكسـين معـوى معـدى ٠

٢ ـ كذلـك لابـد أن يكـون الطعـام محفوظـا عنـد درجـة حـرارة منـاسـبة لنمـو هـذا الميكـروب ٠

ومثـل هـذه الميكـروبـات شـائعة الانتشـار فـى الطبيعـة ، وخصوصـا الأنـف أو الحلـق أو علـى جلـد الانسـان ، ولاسـيما فـى الدمـامل أو الجمرات٠ كـذلـك قـد يـؤدى ضـرع مـاشـية الحليـب المصـابـة الـى تلـوث اللبـن بميكـروبـات Micrococcus

وغالبـا مـا يظهـر مثـل :هـذا النـوع من التسـمم فـى كثيـر من الأغـذيـة مثـل الكعـك والفطـائر المحشـوة بالقشـدة والصلصـة واللحـوم والسـجق واللبن والزبـدة والقشـدة والخضـروات المثلجـة ٠٠٠ وغيـر ذلـك من الأغـذيـة التـى يهمـل تـداولهـا ٠

هـذا ويمكـن الحيلـولـة دون حـدوث التسـمم السـتافيلوكوكى بتنفيذ ما يلى :

١ ـ منـع تلـوث الغـذاء بميكـروبـات الميكـروكوكـس ٠

٢ ـ التبريـد المناسـب للمـواد الغـذائيـة فـى جميـع الأوقـات ٠

٣ ـ تسـخن المـواد الغـذائيـة أثنـاء تحضيرهـا لقتـل ميكـروبـات الميكـروكـوكـس ٠

التسـمم بالسـالمونيـللا

الأغـذيـة الملوثـة بميكـروبات تتبع جنس Salmonella

أعراضا للانسان تشبه الى درجة ما أعراض التسمم الغذائى السابق ذكره وأكثر هذه الميكروبات شيوعا نوعان يتطفلان على الانسان والحيوان هما S. typhimurium S. enteridid ؛ وتسبب مثل هذه الميكروبات المرض عن طريق نموها بأعداد هائلة ، وليس عن طريق انتاجها للتوكينات الخارجية ، وفى هذه الحالة يتبع المرض الاصابة .

وتظهر الأعراض غالبا خلال ١٢ أو ٢٤ ساعة من تناول الغذاء الملوث ، ويلاحظ أن مدة الحضانة (من وقت دخول الميكروب فى الجسم الى وقت ظهور الأعراض المرضية) فى هذا النوع من التسمم تكون أطول من مثيلتها فى أنواع التسمم السابق ذكرها .

وتظهر أعراض الاصابة بالسالمونيلا فى صورة ارتفاع فى درجة الحرارة مع صداع وهبوط مع قشعريرة ، يتبع ذلك غثيان وقيء وألم فى البطن واسهال وحمى . ويظل المرض من يومين الى عدة أسابيع أو شهور تبعا لحدة المرض .

ويكون مصدر التلوث بميكروبات السالمونيللا :

(١) اللحوم والألبان من حيوانات مصابة بالسالمونيللا .

(٢) الحاملون من الانسان والحيوان لميكروبات السالمونيللا .

والأطعمة التى قد تنتشر فيها ميكروبات السالمونيللا هى اللحوم والألبان والأسماك والسجق والجبن ، أما الحبوب والخضروات فتكون أقل احتمالا للتلوث بمثل هذه الميكروبات .

هـذا ويجـب اتبـاع الشـروط الآتيـة لمنـع الاصـابـة بالسـالمونيـلا :

١ ـ الاشـراف الطبـي علـى الحيـوانـات واعـدام اللحـوم المصـابـة .

٢ ـ الطهـي الجيـد للحـوم والمنتجـات الحيـوانيـة .

٣ ـ التبريـد المتقـن للأطعمـة .

٤ ـ النظـافة والعنـايـة فـي تـداول الأغـذية المختلفـة .

المراجـــع

حمـزة محمـد الـنخـال : علـم الأحيـاء الدقيقـة •

سـعد الـدين محمـود : ميكـروبـات اللبـن ومنتجـاتـه •

سـعد علـى محمـاود : الميكروبيولوجيـا التطبيقيـة •

صـلاح الـدين طـه : محاضرات فى الميكروبيولوجيـا العـامـة •

محمـد أبـو الفضـل محمد : الميكـروبـات فى خدمـة الانسـان •

مصطفى كمـال أبو الدهـب : البكـتريـا •

يوسـف عبد الملك وآخرون : مذكـرات فـى البكتريولوجيـا الزراعيـة •

Foster, J. W. (1949) : Chemical Activities of Fungi. Academic Press, New York.

Oginsky, E. L. and Umbreit, W. W. (1954) : An Introduction to Bacterial Physiology. W. H. Freeman and Co. San Fransisco.

Pelezar, M. J. and Reid, R. D. (1958): Microbiology : Mc Graw-Hill Book Co.

Thiman, K. V. (1961) : The life of Bacteria. Co. New York.