اساسيات
فى علم البكتيريا

دكتور محمد حلمى عبد العزيز
أستاذ الميكروبيولوحى - قسم النبات
كلية العلوم - جامعة قناة السويس

الطبعة الأولى
١٩٩٤

دار المعارف

الناشر : دار المعارف ١١١٩ شارع كورنيش النيل ج. م. ع.

الإهـــداء

إلى زوجتى صفـــــاء

وأولادى . . .

تامر ومنى ومروة

شكرًا وتقديرًا

فهرس الكتاب

الصفحة

مقدمة ١٣

الباب الأول

الفصل الأول :

معنى وتطور علم الميكروبيولوجى ١٥

نشأة علم الميكروبيولجى ١٨

الفصل الثانى :

البكتيريا فى عالم الكائنات الحية ومحاولات تصنيفها وتقسيمها وتسميتها . . ٢٥

البكتيريا فى عالم الكائنات الحية ٢٥

تصنيف البكتيريا ٣٥

التسمية ٣٦

الباب الثانى

مملكة بدائيات النواة ٣٩

أولاً قسم البكتيريا الضوء تخليقية ٣٩

طائفة ١ – البكتيريا الخضراء المزرقة ٣٩

الصفات العامة للبكتيريا الخضراء المزرقة ٣٩

التكاثر ٤٢

الأهمية لاقتصادية ٤٥

الباب الثالث

طائفة ٢ – البكتيريا الحمراء ٤٧

٣ – البكتيريا الخضراء ٤٧

ثانيا قسم البكتيريا التى لا تبالى بوجود الضوء ٤٧

طائفة ١ – البكتيريا ٤٧

الصفحة
مقدمة ٤٧
الصفات العامة للبكتيريا ٤٨

الفصل الأول :
الشكل الخارجى للخلية للبكتيريا ٤٩
شكل وترتيب الخلايا البكتيرية ٥٢
أولاً : البكتيريا المستديرة أو الكروية ٥٢
ثانيًا : البكتيريا العصوية (الأسطوانية) ٥٦
ثالثًا : البكتيريا ذات الأشكال الخيطية ٥٧
رابعًا : ظاهرة تعدد الأشكال ٥٧

الفصل الثانى :
تركيب الخلية البكتيرية ٥٩
أولاً : التراكيب السطحية (الخارجية) للخلية البكتيرية ٥٩
١ – جدار الخلية البكتيرية ٥٩
٢ – العلبة ٦٦
٣ – الأهداب البكتيرية ٧٠
٤ – الزوائد ٧٤
ثانيًا : التراكيب الداخلية للخلية لبكتيرية ٧٦
١ – الغشاء الستيوبلازمى ٧٦
٢ – الستيوبلازم ومحتوياته ٨٠
(ا) **العضيات الستيوبلازمية** ٨١
١ – الريبوسوم ٨١
٢ – الميزوزوم ٨٣
٣ – الأصباغ التمثيلية ٨٤

الصفحة
(ب) المحتويات غير الحية بالستيوبلازم ٨٥
١ – المواد المخزنة ٨٥
٢ – الفجوات ٨٦
٣ – الجهاز النووى (المادة النووية) ٨٧
أولاً : النواة ٨٧
وظائف الأحماض النووية بالخلايا الحية ٨٨
ثانيًا : الإيبوسومات ٩٢
ثالثًا : البلازميدات ٩٢
٤ – الجرائيم الداخلية ٩٤
الفصل الثالث :
الاحتياجات الغذائية والتغذية فى البكتيريا ١٠١
أولا : الاحتياجات الغذائية ١٠١
المواد الغذائية والطاقة ١٠٣
المواد الغذائية وبناء الخلية ١٠٤
الاحتياجات المعدنية للخلية البكتيرية ١٠٥
ثانيًا : التغذية فى البكتيريا ١٠٦
(ا) ابكتيريا ذاتية التغذية ١٠٧
١ – بكتيريا ذاتية التغذية الضوئية ١٠٧
٢ – بكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية ١٠٨
(ب) ابكتيريا غير ذاتية التغذية ١٠٩
١ – بكتيريا غير ذاتية التغذية الضوئية ١٠٩
٢ – بكتيريا غير ذاتية التغذية الكيمائية ١٠٩
التداخل الغذائى ١١١
التبادل الغذائى (التبادلية الغذائية) ١١١

الصفحة

الفصل الرابع :

التنفس ١١٣

تقسيم البكتيريا بالنسبة لاحتياجاتها الهوائية (الأكسوجين) ١١٣

مستقبلات الهيدروجين ١١٥

أولاً : الأكسجين الغازى كمستقبل للأيدروجين ١١٥

ثانيًا : الأكسجين الغيرغازى كمستقبل للايدروجين ١١٨

١ – بكتيريا تستخدم الأكسجين المرتبط فقط كمستقبل للأيدروجين . . ١١٩

٢ – بكتيريا تستخدم الأكسجين الغازى والمرتبط كمستقبل للأيدروجين ١١٩

٣ – بكتيريا تستخدم الأكسجين المرتبط وتضار بالأكسجين الغازى . . ١٢٠

القدرة التأكسدية الاختزالية ١٢١

الفصل الخامس :

نمو وتكاثر البكتيريا ١٢٣

مقدمة ١٢٣

أولاً : طرق تقدير النمو ١٢٤

١ – تقدير عدد الخلايا ١٢٤

٢ – تقدير الكتلة الخلوية ١٢٥

٣ – قياس النشاط الخلوى ١٢٧

منحنى النمو فى البكتيريا ١٢٨

ثانيًا : التكاثر ١٣٢

١ – الانقسام الثنائى البسيط ١٣٢

٢ – التفتيت ١٣٣

٣ – التبرعم ١٣٣

٤ – الجراثيم الكونيدية ١٣٤

٥ – التكاثر الجنسى ١٣٤

الصفحة

الفصل السادس :

الوراثة والتطفر فى البكتيريا ١٤١

أولاً : وراثة البكتيريا ١٤٢

١ – لنقل المباشر ١٤٤

٢ – لتزاوج ١٤٧

٣ – لنقل بالحمل الفاجى ١٤٩

ثانيًا : التطفر فى البكتيريا ١٥٧

تقسيم الطفرات ١٥٧

أسباب حدوث الطفرة ١٥٩

أنواع الطفرات ١٦٠

أولاً : الطفرات البيوكيميائية ١٦٠

ثانيًا : الطفرات المقاومة لتأثير بعض العوامل ١٦٢

ثالثًا : الطفرات مختلفة الشكل الظاهرى ١٦٥

عوامل أحداث التطفر ١٦٦

أولاً : العوامل الفيزيائية ١٦٦

ثانيًا : العوامل الكيميائية ١٦٦

طريقة عمل الإشعاعات ١٦٧

طريقة عمل المواد الكيمائية ١٦٧

طريقة عمل الضوء ١٦٨

الأدلة على حدوث التطفر ١٦٩

الباب الرابع

ثانيًا : قسم أوليات النواة التى لا تبالى بوجود الضوء ١٧١

طائفة ٢ – الطفيليات الإجبارية الداخلية (داخل الخلية) ١٧١

رتبة الركتسيا ١٧١

الصفحة
الصفات العامة لرتبة الركتسيا ١٧١

الباب الخامس

ثانيًا : قسم أوليات النواة التى لا تبالى بوجود الضوء ١٧٥
طائفة ٣ – أوليات النواة غير المبالية بوجود الضوء وعديمة الجدار الخلوى ١٧٥
رتبة : الميكوبلازماتالات ١٧٥
الصفات العامة لرتبة الميكوبلازماتالات ١٧٥

الباب السادس

العوامل المؤثرة على البكتيريا ١٧٩
أولاً : العوامل الطبيعية ١٧٩
١ – الحرارة ١٧٩
٢ – تركيز آيون الأيدروجين ١٨٣
٣ – الأكسجين ١٨٤
٤ – الرطوبة والنشاط المائى للوسط ١٨٥
٥ – الجفاف ١٨٦
٦ – الضغط الأسموزى ١٨٧
٧ – الضغط الجوى ١٨٨
٨ – الضوء الشمس والإشعاعات ١٨٩
ثانيًا : العوامل الكيميائية ١٩٣
أولاً : أمثلة لبعض المواد الكيمائية والمعروفة بتأثيرها على البكتيريا
من خلال الاستخدام السطحى ١٩٤
١ – الفينول ومركبات ١٩٥
٢ – الالدهيدات ١٩٥
٣ – الكحولات ١٩٥
٤ – الصابون والمنظفات الأخرى ١٩٦

الصفحة
٥ – الهالوجينات ١٩٧
٦ – أملاح المعادن الثقيلة ١٩٩
٧ – البيرواكسيدات ٢٠٠
ثانيًا : أمثلة لبعض المواد الكيميائية التى تستعمل داخليا بهدف القضاء
على البكتيريا وعلاج الأمراض البكتيرية ٢٠٠
(أ) مركبات السلفا ٢٠١
(ب) المضادات الحيوية ٢٠١
الشروط الواجب توافرها فى المضاد الحيوى ٢٠٢
الطرق المختلفة لتقدير تأثير المواد الكيميائية ٢٠٣
أولاً : التقدير باستخدام البيئات الغذائية الصلبة ٢٠٣
ثانيًا : التقدير باستخدام البيئات الغذائية السائلة ٢٠٤

الباب السابع

بعض الصفات التقسيمية للبكتيريا
(الصفات المورفولوجية والتركيبية والفسيولوجية) ٢٠٦
الفصل الأول :
البكتيريا الملونة ٢٠٧
الفصل الثانى :
البكتريا لزاحفة ٢١١
الفصل الثالث :
البكتيريا الخيطية ٢١٥
الفصل الرابع :
البكتيريا المتبرعمة وذوات الزوائد (البكتيريات ذات الزوائد) ٢١٧
الفصل الخامس :
الإسبيروكيتات ٢١٩

الصفحة

الفصل السادس :

البكتيريا المنحنية والحلزونية ٢٢١

الفصل السابع :

البكتيريا العصوية والكروية الهوائية والسالبة لصبغة جرام ٢٢٥

الفصل الثامن :

عصويات غير هوائية اختيارية وسالبة لصبغة جرام ٢٤١

الفصل التاسع :

البكتيريا السالبة لصبغة جرام غير الهوائية ٢٦١

الفصل العاشر :

بكتيريا كروية أو كرويات عصوية وسالبة لصبغة جرام ٢٦٥

الفصل الحادى عشر :

كرويات سالبة لصبغة جرام غير الهوائية ٢٦٩

الفصل الثانى عشر :

البكتيريا ذاتية التغذية والممثلة كيماويًا والسالبة لصبغة جرام ٢٧١

الفصل الثالث عشر :

البكتيريا المنتجة للميثان ٢٧٧

الفصل الرابع عشر :

الكرويات الموجبة لصبغة جرام ٢٧٩

الفصل الخامس عشر :

العصويات والكرويات المكونة للجراثيم الداخلية ٢٨٣

الفصل السادس عشر :

البكتيريا العصوية غير المتجرثمة والموجبة لصبغة جرام ٢٨٩

الفصل السابع عشر :

الاكتينوميستات والكائنات القريبة منها ٢٩٣

المراجع العربية ٣١٣

المراجع الأجنبية ٣١٤

مقدّمة

إن علم البكتيريا من العلوم التى ارتبط تطورها بتطور صناعة الميكروسكوبات . فالميكروسكوب البسيط ساعد العلماء على وضعها كأحد أقسام المملكة النباتية ، أما الميكروسكوب الإلكترونى قد ساعد العلماء على اعتبارها مملكة مستقلة سميت بمملكة أوليات النواة نظرا للتفاصيل الحديثة فى الصفات التركيبية والوظيفية .

ونتيجة لكل من دقة حجوم البكتيريا ونشاطها السطحى بالنسبة لأوزانها أدى ذلك إلى انتشارها فى جميع البيئات وفى جميع الظروف مما يجعلها تقوم بإسهامات عديدة فى ميادين الطب والزراعة وكذلك دورات العناصر فى الطبيعة (الدورات البيوكيموجيولوجية) .

ولقد حرصت فى إعداد هذا الكتاب (أساسيات فى علم البكتيريا) أن يكون تدريسيا بقدر الإمكان أى إعطاء أساسيات مباشرة فى تركيب ووظائف وتقسيم البكتيريا بطريقة تراعى التطور المنطقى والسيكلوجى لبناء المنهج فتساعد القارئ على التحصيل .

وتتضمن محتويات هذا الكتاب فكرة عامة عن معنى ونشأة وتطور علم الميكروبيولوجى مع ذكر وضع البكتيريا فى عالم الكائنات الحية وطرق التسمية ثم تناول أقسام مملكة أوليات النواة من حيث التواجد – التركيب – التغذية – التنفس – النمو – التكاثر – والوراثة نتيجة لما استحدثت من نظريات فى مجال البيولوجيا الجزيئية وكذلك أفردت جزءا خاصا عن تقسيم البكتيريا يضم الصفات العامة التقسيمية المختلفة (الرتبة – العائلة – الجنس – النوع) .

وأننى أقدم العمل المتواضع للمكتبة العربية بصفة عامة ولجميع المهتمين بعلم البكتيريا بصفة خاصة متمنيا أن يجدوا ما ينفعهم وأننى لا أدعى الكمال ، فالكمال لله وحده وأسأل الله أن يوفقنى فى تقديم أعمالى فى صورة أفضل باستمرار .

دكتور/ محمد حلمى عبد العزيز

الباب الاول
الفصل الأول
معنى وتطور علم الميكروبيولوجى

مقدمـة

يعد الغلاف الحيـوى Biosphereللكرة الأرضية مسرحًا للعمليات الحيوية العديدة التى تقوم بها الكائنات الحية النباتية والحيوانية سواء كانت تعيش فى التربة أم عليها أم الهواء ، ويرجع إلى العديد من هذه الكائنات (خاصة الدقيقة منها) حدوث تفاعلات عديدة تؤدى إلى استمرارية الحياة لأن بعض هذه التفاعلات يتصل اتصالا وثيقـا بثبـات نسبة بعض الغازات الهامة فى الجو (غاز ثانى أكسيد الكربون - Co2غاز النيتروجين N2) والبعض الأخر يؤدى إلى تكامل السلسلة الغذائية فى النظام البيئى Ecosystem والبعض الآخر يساهم فى خصوبة التربة من خلال عملية المعدنة Mineralization والبعض الآخر يساهم فى إحداث تغييرات مرغوبة فى كثير من المواد ، أو يؤدى إلى إنتاج مواد جديدة لم تكن موجودة أصلا (مثل إنتاج المضادات الحيوية) ، إذ أن هناك بعض الكائنات الضارة بالإنسان والحيوان والنبـات مما يسبب أمراضًا أو أوبئة تؤدى إلى أضرار اقتصادية جسيمة للإنسان ، الثروة النباتية والحيوانية .

وينبغى أن نلقى الضوء على تعريف الكائن الحى ، الكائن الحى الدقيق :

الكائن الحى Organism

عبارة عن مكون خلوى يقوم بجميع مظاهر الحياة قد يكون وحيد الخلية Uni-cellular أو متعدد الخلايا Multicellular وهناك الكائنات الحية النباتية ، الكائنات الحية الحيوانية ولكل منهما مميزات خاصة تميزه عن الآخر .

أهم الفروق بين الكائنات الحية النباتية ، الكائنات الحية الحيوانية :

١ – نمط التغذية Mode of nutrition

يعتمد النبات فى تغذيته على المواد بسيطة التركيب جزء منها يمتص من التربة مثل الأملاح والجزء الآخر من الهواء الجوى مثل ثانى أكسيد الكربون ومن هذه المواد البسيطة

التركيب وبواسطة الطاقة الضوئية يستطيع النبات أن يبنى مواد عضوية يستخدمها فى غذائه (نمط التغذية النباتى Halophytic) أى أن النبات منتج أول فى السلاسل الغذائية أما الحيوان فيعتمد أساسا على مواد معقدة التركيب أى أن الحيوان مستهلك أول أو مستهلك ثانى ويتطلب جهاز بلع (نمط التغذية الحيوانى Halozoic) .

٢ – الجدار الخلوى Cell Wall

الخلية النباتية تحتوى على جدار سليولوزى من أهم خصائصه أنه شبه منفذ يتيح للمواد الأولية الدخول إلى الخلية . هذا أساس نمط التغذية النباتى أما الخلية الحيوانية فهى عارية أى لا تحتوى على جدار ، لكنها تحتوى على غشاء فقط لذلك يحتاج الحيوان إلى جهاز بلع ، هذا هو نمط التغذية الحيوانى .

٣ – النمو Growth

النبات يستمر فى النمو (نموه غير محدود) لوجود القمة النامية فى كل من الجذر ، الساق اللتين تستمرين فى النمو والنشاط .

أما الحيوان فنموه محدود أى يستمر حتى فترة البلوغ ثم يتوقف بعد ذلك .

٤ – التفرع Branching

النبات يتفرع مجموعه الخضرى فى الهواء لتعريض أوراقه للضوء حتى تتم عملية البناء الضوئى وإتاحة الفرصة لتنقيح الأزهار ، إنتشار البذور ، الثمار ، ويتفرع مجموعه الجذرى أيضًا فى التربة للحصول على الماء والأملاح .

أما الحيوان فجسمه محدود غير متفرع ، حتى إذا وجدت أنواع متفرعة مثل الهيدرا فإن نموها محدود .

٥ – الحركة الملموسة Movement

الحركة الملموسة من أهم صفات الحيوان نظرًا لوجود جهازه العضلى أما حركة النبات فهى أقل وضوحًا من الحيوان .

٦ – الكلوروفيل Chlorophyll

النباتات ذاتية التغذية تتميز بوجود الكلوروفيل لأنها المنتج للغذاء أما الحيوان فلا يحتوى اليحصور وهو المستهلك الأول أوالثانى فى السلاسل الغذائية .

(ب) الكائن الحى الدقيق Microorganism

عبارة عن مكون خلوى صغير (دقيق الحجم) ويقوم بجميع مظاهر الحياة كاملة ، ولا يمكن رؤيته بالعين المجردة ، ويعرف باسم ميكروب Microbe

- **علم الأحياء الدقيقة Microbiology**

يختص بدراسة الأحياء الدقيقة ، وقد اشتقت هذه التسمية من ثلاث مقاطع لكلمات من اللغة اليونانية القديمة وهى : كلمة ميكروس Micros وتعنى دقيق الحجم (صغير جدا) – وكلمة بيس Bios وتعنى الحياة وكلمة لوج Logos وتعنى علم . فيكون المعنى العام هو علم الأحياء الدقيقة Microbiology هو العلم الذى يختص بدراسة الأحياء الدقيقة فى خطين مكملين لبعضهما .

- **الخط الأول** : دراسة الكائنات الحية الدقيقة من حيث أنواعها وأشكالها وتركيبها ، ووظائفها وفروعه هى :

١ – علم البكتيريا Bacteriology يختص بدراسة البكتيريا.

٢ – علم الفطريات Mycology يختص بدراسة الفطريات .

٣ – علم الطحالب Phycology يختص بدراسة الطحالب .

٤ – علم الفيروسات Virology يختص بدراسة الفيروسات .

- **الخط الثانى** :دراسة نشاط الكائنات الدقيقة فى بيئاتها ودورها فى التغييرات التى تحدث فى الطبيعة وكذلك إنتاج مواد عديدة ومفيدة فى الصناعة ويشمل :

١ – ميكروبيولوجى التربة Soil Microbiology : يختص بدراسة التربة ومكوناتها المختلفة ومحتواها من الكائنات الدقيقة ودورها فى خصوبة التربة من خلال عملية تحليل البقايا العضوية النباتية والحيوانية بالتربة وكذلك دورها فى عملية تثبيت النيتروجين الجوى .

٢ – ميكروبيولوجى الهواء Air Microbiology : يختص بدراسة الهواء ومكوناته ومحتواه ميكروبى ودور هذه الميكروبات فى رفاهية الجنس البشرى وكذلك دورها فى أمراض الحساسية المختلفة وكذلك أمراض النبات وكيفية تنقية الهواء من الميكروبات الضارة والمحمولة بالهواء .

٣ – ميكروبيولوجى الغذاء Food Microbiology: يختص بدراسة الأنواع المختلفة من الغذاء وتأثير الكائنات الدقيقة على الأنواع القابلة للفساد من حيث الفساد الميكروبى

– وما تحدثه الكائنات من آثار تؤدى إلى تسمم متناولى هذا الغذاء وكذلك الطرق المختلفة لحفظ الأطعمة المختلفة من الفساد الميكروبى .

٤ – **الميكروبيولوجى الصناعية** Industrial Micribiology : يختص بدراسة دور الكائنات الدقيقة فى إحداث تغييرات مرغوبة فى الوسط مثل إنتاج الخل من الكحول الإيثيلى أو إنتاج مواد جديدة بالوسط مثل إنتاج المضادات الحيوية والأحماض العضوية من مواد لم تكن موجودة أصلا ودراسة ظروف إنتاج هذه المواد للوصول إلى أحسن إنتاجية .

٥ – **مكروبيولوجى** المياه Water Microbiology: يختص بدراسةاسة أنواع الكائنات الدقيقة الحية الموجودة فى مصادر المياه المختلفة ودورها فى تغيير صفات المياه و دورها فى توفير عناصر غذائية للكائنات البحرية وكذلك دراسة مصادر تلوث مياه الشرب وطرق تنقية المياه للاستهلاك الآدمى .

ومما هو جدير بالذكر أن دور الكائنات الحية الدقيقة فى العصر الحديث قد تشعب ليشمل جميع أوجه نشاط الحياه من حرب وسلام وأصبحت الكائنات الدقيقة تستخدم كأدوات عالية القيمة لعديد من الصناعات والنشاطات الهامة وأهمها :

(أ) استخدام الكائنات الدقيقة فى التنقية الميكروبية للفضلات الموجودة فى مياه المجارى حيث تقوم بعض الكائنات الدقيقة بأكسدة المواد العضوية إلى مكونات لا تضر بالنظام البيئى أو القضاء على الكائنات الممرضة وتحليل المنظفات الصناعية حتى يمكن استخدام مياه المجارى فى عمليات الزراعة .

(ب) المقاومة البيولوحية للحشرات وذلك باستخدام الميكروبات فى القضاء على الحشرات الضارة والتى تسبب أضرارا فادحة للثروة البشرية والنباتية والحيوانية .

(جـ) الحرب الميكروبية (الحرب البيولوجية) حيث تستخدم كائنات حية دقيقة ممرضة لها قدرة على الانتشار السريع فتسبب أوبئة سواء للأفراد أو للنباتات تحدث آثارًا مدمرة فى النظام البيئى وكان اليابانيون أول من استخدم الميكروبات فى الحرب البيولوجية .

نشأة علم الميكروبيولوجى :

هذا العلم لم يكن له وجود قبل صناعة العدسات ، وقد رأى كثير من العلماء فى القرن الثالث عشر أن الأمراض التى تصيب الإنسان هى نتيجة عدوى بكائنات حية غير مرئية ، وظلت هذه الآراء مجرد ملاحظات نظرية ينقصها الدليل المادى . وظل هذا العلم فترة طويلة مجرد فرضيات نظرية حتى تم صناعة العدسات ثم تطورت إلى صناعة الميكروسكوبات فى بداية القرن السابع عشر ويعتبر العالم الهولندى انتونى فان ليفنهوك

(١٦٣٢-١٧٢٣م) من الرواد فى هذا العلم حيث تمكن من صناعة ميكروسكوب بدائى واستطاع أن يرى به كائنات صغيرة جدا أطلق عليها اسم حيوانات ولكنها فى الحقيقة كانت حيوانات أولية وفطريات وخميرة وبكتيريا وذلك من واقع الوصف الدقيق والرسم الواضح لهذه الكائنات . ثم جاء العالم الفرنسى لويس باستير وأسس علم الميكروبيولوجى ، ثم استعمل العالم الانجليزى هوك ميكروسكوبا مركبا ووصف فطرة الميوكر Mucer بكل دقة ووصف العالم الدنماركى موللر عددا من البكتيريا والفطريات .

تطور علم الميكروبيولوجى :

« طريقتى لرؤية أدق الحيوانات الصغيرة . وتعابين الماء الدقيقة لن أفشيها للغير ، ولا كيف أرى كثيرا جدا من الحيوانات الصغيرة فى وقت واحد هذا ما احتفظ به لنفسى وحدى ... . »

انتونى فان ليفنهوك
٩ أكتوبر ١٦٧٩

تعتبر هذه الوثيقة هى أول ما كتب عن الكائنات الدقيقة فى العالم وهى جزء من أول رسالة بعث بها العالم الهولندى آنتونى فان ليفنهوك إلى الجمعية الملكية للعلوم بلندن ، ثم تبعها بإرسال حوالى ٤٠٠ رسالة تتضمن الكثير عن الكائنات الدقيقة وصفًا وشرحًا ورسمًا دقيقًا . فمن هو آنتونى فان ليفنهوك ؟

أنتونى فان ليفنهوك (١٦٣٢ - ١٧٢٣)

ولد فى مدينة ديلفت بهولندا فى ١٦٣٢/١٠/٢٤ وتوفى عام ١٧٢٣م وفى السادسة عشرة التحق بمحل لبيع الأقمشة بامستردام ليتعلم تجارة الأقمشة حيث كانت تستخدم العدسات المكبرة لفحص خيوط الأقمشة ، وأصبح أكثر إلماما ومعرفة بالعدسات المكبرة واستخداماتها المختلفة ، حيث قام باستخدام تلك العدسات فى البحث والتنقيب عن أسرار عالم غريب لم يسمع به من قبل ، ثم عاد إلى موطنه الأصلى ديلفت وافتتح محلا للملابس ، ثم استهوته دراسة الرياضيات فقام بدراسة برنامج مختصر فى الرياضة وأنهاه وعمل مساحًا بمدينته ، وقد ساعدته معلوماته فى العلوم لكى يختار مأمورًا لعيارات النبيذ لمدينة ديلفت ، ثم عين أمينًا للمالية لعمدة مدينة ديلفت ، وقد ساعده دخله المرتفع من هذه الوظائف على الاستغناء عن تجارته ، ووفرت له كل من الوقت والمال لتنمية هوايته الأساسية وهى صقل العدسات وصناعة الميكروسكوب البسيط .

ميكروسكوب ليفنهوك :

عبارة عن عدسة مفردة محدبة الوجهين مصقولة ومركبة بين فتحتين صغيرتين فى ماسك معدنى من قطعتين ، وكان يعبىء السوائل عند فحصها فى أنبوبة شعرية زجاجها رقيق وعندما يقرب هذه الآلة للعين فيمكن مشاهدة الأشياء الدقيقة الموجودة فى السوائل ، ولم تتجاوز قوة تكبير تلك العدسات عن ٣٠٠ مرة .

وقد وصف دكتور بارنت كوهين Dr. Barnett Cohen طريقتين من طرق ليفنهوك فى الفحص بهذا الميكروسكوب .

١ – وضع السائل المراد اختياره (فحصه) فى مستودع كروى زجاجى قطره يتراوح بين ١ – ٣ مم عند نهاية الأنبوبة الشعرية .

٢ – وضع قطرة السائل مباشرة على العدسة حيث يستفاد من تقوس العدسة المحدبة فى الحصول على مزيد من التكبير .

وقد أعطيت كل من الطريقتين السابقتين نتائج باهرة حينما قام د . بارنت كوهين بتطبيقهما، مما أكد استطاعة ليفنهوك على رؤية الكائنات الدقيقة بهذا الميكروسكوب البسيط. وكلتا الطريقتين تهيئان عدسة شيئية من الزجاج أو السائل فتعطى مزيدًا من التكبير .

أعمال ليفنهوك :

قام ليفنهوك بتركيب حوالى ٤٠٠ ميكروسكوب بسيط وفحص جميع الأشياء المتيسرة له ، ودون جميع مشاهداته من الأحياء الدقيقة والتى رآها فى مياه المطر ، الخل ، النبيذ ، منقوع الفلفل ، كشط أسنان ووصف تلك الكائنات بإسهاب ورسمها بعناية فائقة وأرسل للجمعية الملكية للعلوم بلندن حوالى ٤٠٠ رسالة تتضمن وصف وشرح ورسم دقيق لكل ما شاهده من حيوانات منوية ، كرات الدم – حيوانات أولية وأنواع عديدة من البكتريا .

وقد ساعدت أعمال ليفنهوك العديد من العلماء على دراسة كائنات الحياة الميكروسكوبية وكانت جميع الدراسات ذات طابع وصفى ، واستعمل علماء الميكروبيولوجى ميكروسكوبات مركبة مختلفة فى دراسة الأحياء الدقيقة التى اكتشفها ليفنهوك بواسطة ميكروسكوباته البسيطة ، وكان ذلك بداية لنشأة علم الميكروبيولوجى .

لويس باستير (١٨٢٢ – ١٨٩٥)

يعتبر العالم الفرنسى لويس باستير (١٨٢٢ – ١٨٩٥) مؤسس علم الميكروبيولوجيا ، ولقد تدرب باستير ليصبح كيمائيا وعالما بالفيزياء ولكنه اهتم بنشاط الكائنات الدقيقة أثناء دراسته التفصيلية لحمض الطرطريك .

أعمال باستير :

١ – مابين عامى ١٨٥٥ – ١٨٦٠ م أكد باستير الاعتقاد السائد بأن الأحياء الدقيقة هى المسئولة عن التخمر وأكد أيضًا أن النوع الواحد من الكائنات الدقيقة يحدث نوعًا واحدًا من التخمر والأنواع الأخرى تحدث تخمرات مختلفة ، فعلى سبيل المثال أثبت باستير أن البكتريا تقوم بتخمرات حمض اللاكتيك والاسيتيك والبروبيونيك أما الخمائر تقوم بعملية التخمر الكحولى .

٢ – استخدم باستير الاتوكلاف فى التعقيم (طريقة البخار تحت الضغط) بالرغم من أن الاتوكلاف كان معروفا ومستعملا من قبل فى تعقيم الأغذية ولكن باستير أول من استخدمه فى البحث الميكروبيولوجى .

٣ – ابتكاره لطريقة التعقيم بالحرارة الجافة فى الأفران وذلك لتعقيم الأدوات الزجاجية .

٤ – ابتكاره (اختراعه) لطريقة البسترة والتى تتضمن تسخين السائل إلى درجة حرارة أقل من الغليان لفترة من الزمن تكفى لقتل أنواع الأحياء الدقيقة غير المرغوب فيها بدون تعقيم كامل والذى قد يؤدى إلى حدوث أضرار كاملة بالمادة الغذائية .

٥ – من خلال دراساته وأبحاثه على الكائنات الدقيقة وجد الآتى :

(أ) أن بعض الكائنات تفضل البيئة الحامضية وبعضًا آخرًا يفضل البيئة القاعدية وبعضًا ثالثًا يفضل البيئة المتعادلة .

(ب) تحديده لعلاقة الكائنات ونشاطها بالنسبة للأكسجين الجوى فقام بتحديد مجموعة تفضل النمو والمعيشة فى جو خالى من الأكسجين وأطلق عليها أسم اللاهوائية ، وأخرى تنشط فى وجود الأكسجين المنفرد وأطلق عليها اسم الهوائية ومجموعة ثالثة تنشط فى وجود الأكسجين المنفرد أو بدونه وأطلق عليها اسم اختيارية .

٦ – فى عام ١٨٦٥ أثناء دراسته لمرض Pebrine الذى أصاب ديدان القز بصورة وبائية أثبت باستير أن انتقال المرض ناتج عن انتقال الكائنات الدقيقة الموجودة بالديدان

المريضة عن طريق البيض ، وأوضح كذلك أنه يمكن تجنب العدوى والمرض إذا استبعدنا الديدان المريضة واستخدمنا ديدان خالية من المرض وتنميتها تحت ظروف تمنع العدوى .

٧ – وفى عام ١٨٨٠ أثناء دراسته لمرض كوليرا الدجاج وجد أن المزارع الموهنة للبكتيريا المسببة للمرض قد فقدت قدرتها على إصابة الدجاج السليم عند حقنه بها ، وهكذا أثبت باستير إمكانية اكتساب المناعة بالتلقيح الوقائى بالعامل الموهن المسبب للمرض . « فى حين أن جينر قبل ذلك بمائة عام ١٧٨٠ شاهد أن تلقيح الإنسان بالكائنات المسببة لجدرى الحيوان قد منع إصابته بالمرض نفسه وكان ذلك مجرد مشاهدات فقط افتقرت إلى التأكيد » . ثم جاء باستير ومن خلال تجاربه أثبت بالدليل القاطع إمكانية ذلك المبدأ .

٨ – قام باستير بدراسة مرض الكلب (الهيدروفوبيا) ونجح فى كشف نظام تحصينى ضده واستخدم فكرة توهين العامل المسبب ، ونظرًا لأن العامل المسبب فيروسًا فقد ابتكر طريقة جديدة لتوهينه وذلك بتنمية الفيروس الذى حصل عليه من كلب مسعور فى النخاع الشوكى للأرانب ، وعقب موت الأرانب أزال النخاع الشوكى وحقنه تحت ظروف معقمة تمنع التلوث ونظرًا لأن أعراض المرض لا تظهر إلا بعد شهرين فوجد باستير أن الإسراع بإعطاء مجموعة من الحقن المحتوية على النخاع المجفف بعد عضة الكلب المسعور مباشرة يتم بناء نظام مناعة بسرعة تكفى لمنع هذا المرض القاتل .

. وكان باستير شديد الاهتمام بالمشاكل العلمية التى تعترض طريق النهوض بالزراعة والصناعة ، ويعزى إليه اكتشاف حقائق أساسية وطرق جديدة لحل كثير من المشاكل التى كانت تقابله ، وأن أعمال باستير السابقة هى اليوم حقائق أساسية لعلم الميكروبيولوجى وانطلق بهذا العلم إلى آفاق جديدة وهو أعظم المحسنين إلى البشرية وقد مات باستير عام ١٨٩٥ وسيظل معروفًا بأنه المؤسس الحقيقى لهذا العلم .

روبرت كوخ Robert Koch (١٨٤٣ – ١٩١٠)

قام بتعزيز التقدم فى النواحى الفنية والبحثية لعلم الميكروبيولوجيا ومن أهم أعماله مايلى :

١ – فى عام ١٨٧٦ نشر وصفا كاملا للبكتيريا العصوية المسببة لمرض الجمرة الخبيثة (Bacillus anthracis) مدعما بالأدلة القاطعة أن هذا الكائن هو المسبب لمرض الجمرة الخبيثة .

٢ – فى عام ١٨٧٧ نشر طريقة فى تجهيز وتثبيت وصبغ التحضيرات الغشائية للبكتريا .

٣ – فى عام ١٨٨١ نشر طريقة تحضير واستعمال منابت الجيلاتين القابل للسيولة مما سهل تنمية مزارع بكتيرية نقية .

٤ – فى عامى ١٨٨٢ – ١٨٨٤ نشر كوخ أبحاثه ومعلوماته عن ميكروب السل مدعمة بالأدلة على أنه المسبب لهذا المرض .

٥ – فى عام ١٨٨٣ اكتشف البكتريا الواوية المسببة لمرض الكوليرا .

٦ – اخترع طريقة القطرة المعلقة لفحص الأحياء الدقيقة فى السوائل .

٧ – ابتكر اختبارات للمطهرات .

وإذا كان باستير هو المؤسس لعلم الميكروبيولوجى فإن كوخ ومساعدوه ساهموا بقدر كبير فى التطور المبكر لهذا العلم من الناحية الفنية .

أعمال مساعدى كوخ :

١ – السيدة/ هيس – أحد تلامذة كوخ وقد اقترحت استعمال مادة الآجار آجار من الجيلاتين ولازال الآجار مستعمل حتى اليوم .

٢ – بترىPetri – أدخل طبق المزرعة والذى يحمل اسمه حتى الآن بدلا من الأطباق الزجاجية المسطحة والتى عمل عليها كوخ مزارعه الطبقية مستعملا المنابت الصلبة القابلة للإسالة .

ومن الأعمال البارزة فى مجال تطور هذا العلم أيضًا استخدام المرشحات مثل : مرشح باستير – كمبرلاند – المصنوع من الفخار غير المصقول .

استخدم نوردتماير Nordtmeyer – لمرشح بيركفيلد والمصنوع من مادة الكيسلجوهر ، لقد أدى استخدام المرشحات إلى :

(أ) الحصول على التوكسينات الخارجية للميكروبات المسببة الدفتريا – التيتانوس – التسمم البوتشلينى .

(ب) اكتشاف الفيروسات والبكتيريوفاجات .

وفى الفترة من عام ١٨٨٨ حتى عام ١٩١٨ تم ابتكار حوالى ٣٠٠ نموذج لأجهزة زراعة البكتيريا اللاهوئية مما سهل دراسة هذه المجموعة من الكائنات ومن أبرز العلماء فى هذا المجال أيضا :

– جوزيف ليستر Joseph Lister (١٨٦٠) – وهو جراح إنجليزى استعمل المطهرات الكيماوية Disinfectants وابتكر طريقة لتنقية الجروح وذلك بإبعاد البكتيريا عن هذه الجروح .

– بينجرنيك Beijernick – فى ١٨٨٨ قام بعزل بكتريا العقد الجذرية Rhizobium من جذور بعض النباتات البقولية وفى سنة ١٩٠١ قام بعزل بكتيريا الأزوتوباكتير Azotobacter والتى لها دور كبير فى تثبيت النيتروجين الجوى .

– وينوجرادسكى Winogradsky (١٨٩٠ – ١٩٦١) أوضح أن بكتيريا با التأزت هى بكتيريا ذاتية التغذية (نيتروموموناس – النيتروباكتر) وفى سنة ١٨٩٥ عزل بكتيريا الكلورستيرديم باستيرانيم Clostridium pasteuranum وأوضح دورها فى تثبيت النيتروجين الجوى .

– أدامت Adametz فى سنة ١٨٨٩ استخدم البادئات فى صناعة الجبن .

– باربر Barber (١٩٠٨) تمكن من الحصول على خلايا مفردة من البكتيريا فى صورة نقية كان ذلك بداية للحصول على مزارع كاملة ونقية تماما .

– إميل هانسن Emil C . Hansen فى بداية القرن العشرين أوضح دور الكائنات فى عمليات التخمر ، استخدم مزارع نقية من الخميرة والبكتيريا فى صناعة الخل .

– الكسندر فلمنج Alexander Fleming فى سنة ١٩٢٩ اكتشف دور البنسلين فى إيقاف وتعطيل نمو البكتيريا ثم تطورت صناعة المضادات الحيوية واستخدمت فى العلاج الكيميائى ابتداء من سنة ١٩٤٠ .

– جريفت Grifith فى سنة ١٩٢٨ أوضح ظاهرة التحول الوراثى Transformation حيث تستطيع سلالة بكتيرية معينة اكتساب صفة من سلالة أخرى .

– تاتم ، لدربرج Tatum and Lederberge (١٩٤٧) أكد دور ظاهرة إعادة التشكيل الوراثى Recombination فى التكاثر الجنسى فى البكتيريا .

يعد هذا عرضًا موجزًا لنشأة وتطور علم الميكروبيولوجى والذى يعتبر من أهم علوم القرن العشرين والذى شهد إضافات عديدة لهذا العلم واكتسبت تطور صناعة الميكروسكوبات وخاصة الميكروسكوب الإلكترونى الذى أثرى معلوماتنا فى هذا المجال .

الفصل الثانى
البكتيريا فى عالم الكائنات الحية
محاولات تصنيفها وتقسيمها وتسميتها

البكتيريا فى عالم الكائنات الحية Bacteria in living world

تعد البكتيريا كائنات حية دقيقة لما تتصف به من مظاهر الحياة المعروفة ، إلا أنها تختلف عن سائر الكائنات الحية الأخرى فى غياب الغشاء النووى المثقب Perforated nuclear membrane والذى يحيط بالمادة النووية Nuclear material لهذه الصفة وصفات أخرى كثيرة . اقترح كل من ستينر Stanier وفان نيل Van Niel سنة ١٩٤١ ضم الكائنات الدقيقة (عديمة النواة المتعضية والبلاستيدات والتكاثر الجنسى) فى مملكة واحدة إلا أنه بعد اكتشاف ظواهر جديدة تشبه التكاثر الجنسى لهذه المجموعة من الكائنات ، أمكن فصل البكتيريا عن الكائنات الدقيقة الأخرى ، وبذلك أصبحت المملكة التى دعى إليها ستينر ، وفان نيل تضم القسمين التاليين :

القسم الأول :

ويحتوى على الطحالب الخضر المزرقة Blue green algae وتسمى بالأعشاب المخاطية Myxophyta أو الأعشاب الخضراء المزرقة Cyanophyta.

القسم الثانى :

ويحتوى على الطحالب المنشطرة Schizomycetes ويضم هذا القسم مجموعة البكتيريا بطوائفها التالية

١ – طائفة البكتيريا الحقيقية Class Eubacteriae

وتشمل الرتب Rhodobacteriales ورتبة البكتيريا الحقيقية Eubacteriales ورتبة الأكتينوميسيتالات Actinomycetales.

٢ – طائفة البكتيريا المخاطية Class Myxobacteriae

وتشمل رتبة البكتيريا اللزجة Myxobacteriales.

٣ – طائفة سبيروكيتى Class Spriochaetae

وتشمل رتبة سبيروكيتالات Spirochaetales :

ورغم هذا توجد بعض الكائنات لم توضع فى الطوائف السابقة ذلك لأن علاقتها بمثل هذه الطوائف لم تتأكد بعد ، كما أن مجموعة الفيروسات مازالت خارج هذا النظام التقسيمى .

ومن بين النظم الطبيعية المستحدثة ، ذلك النظام المبنى على أساس سلم تطورى ، وعلاقة التراكيب بالوظيفة ، كالنظام المأخوذ به فى نشرة برجى Bergey's سنة ١٩٥٧ ، وفيه قسم عالم النبات إلى الأقسام التالية :

١ – قسم النباتات الأولية Divison :Protophyta

ويشمل هذا القسم النباتات البدائية primitive plants ويتضمن الطوائف التالية :

(أ) طائفة الطحالب المنشطرة Class :Schizophyceae

وتشمل هذه الطائفة الطحالب الخضر المزرقة .

(ب) طائفة الفطريات المنشطرة Class :Schizomycetes

وتشمل هذه الطائفة مجموعة البكتيريا (كانت تسمى قديما فطريات منشطرة نظرا لتكاثرها بطريقة الانشطار الثنائى البسيط) .

(جـ) طائفة الكائنات الدقيقة Class :Micrototabiotes

وتشمل هذه الطائفة على :

– رتبة ريكتسيالات Order :Ricketts:ales – رتبة فيرالات Oeder Virales

٢ – قسم النباتات الثالوسية Division :Thallophyta

ويشمل هذا القسم بقية مجموعة الطحالب (نباتات ثالوسية تحتوى على يخضور Chlorophyllous) ، ومجموعة الفطريات (نباتات ثالوسية عديمة اليخضور Achlorophyllous) ومجموعة الأشنيات Lichens.

٣ – قسم النباتات الحزازية Division :Bryophyta

ويشمل مجموعة من النباتات اللاوعائية والتى لا تحتوى على بذور ، بعضها تعيش منبطحة على سطح الأرض Hepaticae بينما البعض الآخر يكون قائما Mosses

٤ – قسم النباتات التريدية Division Peteriodophyta

ويشمل مجموعة النباتات الوعائية (التراكيب الوعائية غير مكتملة التكوين) والتى لا تكون بذور .Seedless plants

٥ – قسم النباتات البذرية Division Spermatophyta

ويشمل النباتات الوعائية البذرية ، بعضها معراة البذور (لا تحاط البذرة إحاطة كاملة بالورقة الجرثومية « الكربلة ») Gymnosperms والبعض الآخر كاسيات البذور (تحاط البذرة إحاطة كاملة بالورقة الجرثومية « الكربلة ») Angiospersm. فى ضوء ما سبق تعد الطحالب الخضراء المزرقة كائنات أكثر بدائية ذلك لعدم احتوائها على نواة متعضية Organized nucleus ومن ثم فهى تشبه البكتيريا فى هذا الشأن ، حيث المادة النووية توجد منتشرة فى السيتوبلازم ولا يفصلها عن السيتوبلازم غشاء نووى مثقب كما هو الحال فى النباتات الراقية ، هذا ومع أن رتبتى الريكتسيالات Rickettsiales والفيرالات Virales تحتويان على صور من الحياة بسيطة التركيب إلا أنهما ليس لديهم المقدرة على المعيشة خارج الخية الحية للعائل ، ومن ثم جاء وضعهما التقسيمى فى مرتبة تطورية متقدمة بعد مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة ، ومجموعة البكتيريا ، ذلك لأن نظام تغذيتهما المعقد وكذلك نمط معيشتهما Mode of living هو الذى يعكس وضعهما التقسيمى وليس بساطة التركيب فالفيروسات تتطفل تطفلا خاصا داخل خلايا عوائلها وهى ذات تخصص طفيلى ويعتبر تطفلها تطفلا جينيا أما الركتسيا فتتطلب عائل مفصلى تقضى فيه جزء من دورة تطفلها ، وهذا النمط معقد عن نمط معيشة كل من البكتيريا التى قد تتطلب عائلاً حيًا أو تعيش مترممة ، والطحالب الخضراء المزرقة التى لا تتطلب سوى توفر الضوء فى بيئتها حيث تحتوى على الأصباغ التمثيلية ويتواجد فى بيئتها الماء وثانى أكسيد الكربون وبذلك يمكنها أن تقوم بعملية البناء الضوئى بسهولة ، شأنها فى هذا شأن النباتات الراقية .

هذا ونتيجة لاكتشاف الميكروسكوب الالكترونى وما استحدث من معرفة جديدة عن التراكيب الدقيقة لهذه الكائنات كان لابد من مراجعة نظم التقسيم هذه ؛ مما دعا موراى Murray سنة ١٩٦٨م ، لاقتراح نظام تقسيمى جديد ذا وحدات تقسيمية حديدة ، تضمنت الوحدة الأولى مجموعة الكائنات ذات النواة غير المتعضية Procaryotes وأطلق عليها مملكة الكائنات ذات النواة البدائية (مملكة الميكروبات) ، بينما الوحدة الثانية

تضمنت مجموعة الكائنات ذات النواة المتعضية Eucaryotes وأطلق عليها مملكة الكائنات ذات النواة الحقيقية والتى فيها تحاط المادة النووية (ممثلة فى الشبكة الكروماتينية والنووية) بغشاء نووى يفصلها عن سيتوبلازم الخلية ومن أمثلة ذلك الثالوثيات Thallophyta والنباتات الحزازية Prophytes والنباتات التريدية Peteridophytes والنباتات البذرية Spermatophytes .

لذلك تم تقسيم الكائنات الحية النباتية إلى مجموعتين (مملكتين) كما هو وارد فى برجى ١٩٧٤ Bergey's 1974 وهما :

أولا: مملكة الكائنات ذات النواة البدائية (البروكاريوتات) Kingdom Procaqryotes .

وتضم :

(أ) البكتيريا التى تبالى بوجود الضوء – البكتيريا الضوء تخليقية :

A Phototrophic procaryotes (Photobacteria).

ويضم الطوائف التالية :

١ – البكتريا الضوء تخليقية الخضراء المزرقة 1- Bluegreenphotobacteria

٢ – البكتريا الضوء تخليقية حمراء اللون 2- Redphotobacteria

٣ – البكتريا الضوء تخليقية خضراء اللون 3- Greenphotobacteria

(ب) قسم البكتيريا التى لا تبالى بوجود الضوء :

B Procaryotes indifferent to light (Scotobacteria).

وهذا القسم يضم البكتريا التى لا تبالى بوجود الضوء ، وذلك لأنها لا تستغل الضوء كمصدر للطاقة بل هى تعيش عادة مترممة أو متطفلة ، ويضم هذا القسم الطوائف التالية .

١ - طائفة البكتيريا 1- Bacteria

٢ – طائفة الركتسيا 2- Rickettsia

(وهى طفيليات إجبارية داحل خلية العائل Obligate intracellular Parasites

٣ – طائفة الميكوبلازما (المولكيوتس) 3- Mycoplasma(Mollicutes)

ثانيا . مملكة الكائنات ذات النواة الحقيقية (أيوكاريوتات) Eucaryotes

ويضم الأقسام التالية .

١ – قسم الثالوسيات : Thallophyte

ويتضمن كائنات متباينة الأشكال .

(أ) الطحالب (بها كلورفيل وذاتية التغذية) A -Algae

(ب) الفطريات (ليس بها كلورفيل مترممة أو متطفلة). B-Fungi

(جـ) الاشنيات (فطر مع طحلب فى معيشة تكافلية) . C-Lichens

٢ – قسم الحزازيات : Bryophyta

وهى مجموعة من النباتات اللاوعائية واللابذرية وتضم :

الحزازيات المنبطحة Hepaticea

الحزازيات القائمة Mosses

٣ – قسم التريديات : Ptredophyta

وهى نباتات تعرف بالنباتات الوعائية نظرا لوجود بعض الأوعية الأولية غير جيدة التكوين تتميز أيضا بأنها لا تكون بذورا .

جدول يمثل أهم الصفات لخلايا مملكة الكائنات

ذات النواة البدائية التركيب Procaryotic cells

وخلايا مملكة الكائنات الراقية

ذات النواة الحقيقية المكتملة التكوين Eucaryotic cells

وجه المقارنة	خلية ذات نواة بدائية Procaryotic	خلية ذات نواة حقيقية Eucaryotic
(أ) الجدار الخلوى Cell wall		
١ – حمض الميوراميك Muramic acid	يوجد	لا يوجد
حمض داى أمينوبيميلك Diaminopimelic acid	يوجد أو لا يوجد	لا يوجد
(ب) الأهداب Flagella إذ وجدت	بسيطة	معقدة

(جـ) السيتوبلازم Cytoplasm ويشمل :		
١ – الميتوكوندريا Mitochondira	لا توجد	توجد
٢ – البلاستيدات الخضراءChrloroplasts	لا توجد	توجد
٣ – أجسام جولجيDictyosome	لا توجد	توجد
٤ – ريبوزومات سيتوبلازمية Cytopla smic ribosomes	ذات معامل ترسيب S70	ذات معامل ترسيب S80
٥ – ريبوزومات متعضيةOrganelle ribosomes	لا توجد	توجد
٦ – الليسوزومات Lysosomes	لا توجد	توجد
٧ – الفجوات العصارية المحاطة بأغشية Membrane enclosed vacuoles	لا توجد	توجد
٨ – الكلوروفيل البكتيرى	يوجد فى الأنواع ذاتية التغذية	لايوجد
(د) النواة Nucleus		
١ – الغشاء النووى Nuclear membrane	لا توجد	توجد
٢– الانقسام الميتوزى Mitotic division	لا توجد	توجد
٣ – عدد الكروموسومات Chromosome number	١	أكثر من واحد

٤ – قسم البذريات : Spermatophyta

وتشمل النباتات الوعائية البذرية وهى :

(أ) نباتات معراة البذور A-Gymnosperms

وهى نباتات لا تحاط بذرتها إحاطة كاملة بالورقة الجرثومية (الكربلة) .

(ب) نباتات مغطاة البذور B-Angiosperms

وتحاط بذرتها إحاطة كاملة بالورقة الجرثومية (الكربلة) وتضم :

– نباتات ذات الفلقة الواحدة Monocotyledons

– نباتات ذات الفلقتين Dicotyledons

ملاحظات يجدر الإشارة إليها :

١ - التشابه التركيبى والوظيفى بين الطحالب الخضراء المزرقة والبكتيريا :

(أ) تشابه الحامل الجينى Genophore لكل من الطحالب الخضراء المزرقة والبكتيريا .

(ب) غياب الغشاء النووى .

(جـ) صغر الريبوزومات Ribosomes.

(د) وجود حمض الميوراميك Muramic Acid فى جدرها .

(هـ) وجود الفجوات الغازية فى الخلايا (فجوات كاذبة Pseudo-vacuole) .

(و) قدرة بعض الأجناس على تثبيت النيروجين الجوى وتكوين مواد تراكمية متشابهة نذكر منها Poly-B-hydroxybutyrate.

(ز) عدم مقدرة الغشاء الخلوى للسماح للجزيئات الكبيرة من عبوره داخل الخلية .

(ح) الخلايا عرضه للإصابة بفيروس Cyanophage يشبه ذلك الذى يلتقم الخلية البكتيرية Bacteriophage. لذلك تم اعتبار الطحالب الخضراء المزرقة – بكتيريا خضراء مزرقة (برجى ١٩٧٤ Bergey's 1974) .

٢ – التشابه الكبير بين التراكيب التشريحية لخلية من الطحالب الخضراء المزرقة والخلية البكتيريا ، لذلك ساعد موراى Murray على وضع مجموعة الطحالب الخضر المزرقة كمجموعة كبيرة من البكتيريا ، ولقد ضمها لمجموعة البكتيريا الضوئية Photobacteria وذلك لمقدرتها على استغلال الضوء كمصدر للطاقة ، إلا أنه ميزها عن غيرها من البكتيريا الضوء تخليقية Phototrophic bacteria بمقدرتها على القيام بعملية البناء الضوئى فى وجود الأكسجين ، كما ينطلق الأخير كناتج من نواتج هذه العملية مثلما يحدث للنباتات الراقية . بينما بقية مجموعة البكتيريا الضوء تخليقية لا يمكنها استغلال الضوء كمصدر للطاقة إلا فى غيبة من الأكسجين ، وعلى ذلك فالأولى ضوء تخليقية هوائية Aerobic photosynthetic بينما الثانية ضوء تخليقية لا هوائية Anaerobic photosynthetic.

٣ – الريكتسيا Rickettsia والميكوبلازما Mycoplasma تمثلت فى جزء ضمن البكتيريا التى لا تبالى بغياب الضوء .

٤ – الفيروسات (لم يتضمنها هذا النظام) وأصبحت تمثل مجموعة مستقلة يتمثل فيها نمط الحياة اللاخلوية Acellular life.

الجدول الآتى يوضح الصفات الأساسية للمجاميع السابقة وهى : البكتيريا ، الميكوبلازما ، الركتسيا ، الفيروسات

جدول يوضح الصفات الرئيسية لكل من البكتيريا والريكتسيا والميكوبلازما والريكتسيا والفيروسات
(لاحظ اشتراك الميكوبلازما والريكتسيا مع كل من البكتيريا والفيروسات فى بعض الصفات)

	الكائنات (أو الموجودات)	الصفات الشكلية	الحجم بالميكرون	التطفل	التغاذية من المرشحات البكتيرية	العضى		المميزات الرئيسية
كائنات	البكتيريا	عصوية كروية حازونية خيطية	(٥,٠ – ٥٠)	اختيارى	لا تنفذ	خلوية	غالبيتها متحركة ووحيدة الخلية – تنمو على المنابت الصناعية تتكاثر بالانشطار الثنائى	البعض منها يسبب أمراض – لها أهمية صناعية تنتج مضادات حيوية تساعد فى زيادة خصوبة التربة
	الريكتسيا	عضوية- كروية كروية ثنائية سبحية	(٠,١ – ٦,)	اجبارى	بعضها ينفذ والبعض لاينفذ	خلوية	كائنات إجبارية التطفل تنقلها المفصليات إلى الإنسان – تنمو على الأنسجة الحية فقط.	تسبب أمراض للإنسان وتقضى فترة من دورة حياتها داخل ناقل عائلى مفصلى
	الميكوبلازما	كتلة بروتوبلازمية متعددة الاشكال	(١,٠ –١٥,)	اختيارى	تنفذ	خلوية	أشكالها المورفولوجية غير ثابتة، طرق تكاثرها شاذة، تنمو على البيئات الطبيعية.	بعضها تسبب أمراض والبعض الآخر مترم غشائها يتكون من ٣ طبقات – مقاومة للبنسلين.
موجودات	الفيروسات	بللورات نيوكليوروتينية متباينة الاشكال	(٠١,٠ –٣,)	اجبارى	تنفذ	غير خلوية	لاتنمو إلا على الخلايا الحية – طفيليات إجبارية تعيش داخل خلايا عوائلها.	تسبب أمراض لكل من النبات – الحيوان والانسان – البكتيريا – الفطريات الشعاعية

٥ – أهم الصفات والفروق الأساسية التى تميز الكائنات البروكاريوتية (بدائية النواة) عن الأيوكاريوتية (حقيقية النواة) .

(أ) الجدار الخلوى فى البروكاريوتات يحتوى على حمض الميوراميك Muramic acid أو مشتقاته مثل الميورين Murein وهذا الحمض غير موجود بجدار الخلية الأيوكاريوتية

(ب) أهداب الخلية البروكاريوتية أبسط فى الشكل والتركيب عن تلك الموجودة فى الخلية الأيوكاريوتية .

(جـ) فى الخلية البروكاروتية لا يوجد غشاء محدد للمحتويات (التراكيب) السيتوبلازمية وإن وجدت هذه التراكيب (المحتويات) فإن غشائها عبارة عن امتدادات من الغشاء البلازمى والمبطن لجدار الخلية ، ولذلك توجد الصبغات التمثيلية بداخل تركيب حوصلى عبارة عن امتداد للغشاء البلازمى أما البلاستيدات الخضراء فى الخلية الأيوكاريوتية فمحدودة التركيب ومحاطة بغشاء واضح .

(د) إنزيمات التنفس فى الخلية البروكاريوتية توجد على الغشاء البلازمى أو داخل محتويات سيتوبلازمية دقيقة تشبه الميتوكوندريا وظيفيا فقط ، ولكنها بسيطة جدا فى التركيب . أما فى الخلية الأيوكاريوتية فإن إنزيمات التنفس توجد فى الميتوكوندريا المعقدة التركيب والتى ترى بوضوح كأحد المكونات الحية بالسيتوبلازم .

(هـ) المادة النووية فى الخلية البروكاريوتية تتكون من تركيب دائرى من حمض دى أوكسى ريبو نيوكليك (د . ن . ا) DNA(acid Deoxyribonucleic) لا ينفصل عن سيتوبلازم الخلية لدرجة أن البعض يطلق عليها اسم البلازما النووية Nucleoplasma وتمثل محتوياته الجينية وحدة عبورية مفردة أما فى الخلية الأيوكاريوتية فنجد أن النواة عبارة عن تركيب محدد (شبكة كروماتينية ونووية وسائل نووى داخل غشاء النواة) وتوجد داخل السيتوبلازم وترى بوضوح وأنها تتكاثر أوتتكرر عن طريق الانقسام المباشر .

(و) ريبوسومات الخلية البروكاريوتية صغيرة الحجم موزعة غالبا فى السيتوبلازم ولها ثابت ترسيب ٧٠ (Sedmentation constant 70) أما ريبوسومات الخلية الأيوكاريوتية فأكثر حجما وموزعة بانتظام على الشبكة الأندوبلازمية ولها ثابت ترسيب ٨٠ (S 80) .

٦ – أهم الفروق بين الخلية البكتيرية وخلايا كائنات المملكة الحيوانية :

١ – تخلق البكتيريا المواد العضوية من مواد بسيطة التركيب (ماء وأملاح) شأنها فى ذلك شأن النبات الراقى . وبذلك تختلف عن الكائنات الحيوانية والتى تحتاج لمواد

غذائية معقدة التركيب ، والتى قد يرجع مصدرها إلى مصدر حيوانى أو نباتى ، كما أن الكائنات المترممة أو المتطفلة منها ذات نظام إنزيمى يمكنها من تحليل المادة العضوية التى تتغذى عليها إلى مواد بسيطة التركيب يسهل على الخلية البكتيرية امتصاصها ، بينما الكائن الحيوانى يتغذى بابتلاع مواد معقدة التركيب ، وهذه الأخيرة تهضم داخليا ثم تمتص وهى فى أبسط صورها ، وعلى ذلك يتم امتصاص المواد الغذائية وهى فى صورة بسيطة التركيب سواء تم ذلك بالخلية البكتيرية أو الكائنات النباتية والحيوانية إلا أن نظام تغذية البكتيريا يعد نظاما نباتيا Holophytic وليس نظاما حيوانيا Holozoic.

٢ – يتم انتقال المواد الغذائية من الوسط المحيط بالخلية البكتيرية إلى داخل جسم الخلية عن طريق الانتشار وكذلك بقوة الضغط الأزموزى وبذلك تشبه الخلية البكتيرية فى نمط تغذيتها وطريقة حصولها على المواد الغذائية ذلك المتبع مع النبات الراقى حيث يضطلع جذر النبات بامتصاص الماء ، الأملاح من التربة على هيئة عصارة نيئة عن طريق الانتشار أو بفضل قوة الضغط الأزموزى ، إلا أن هذا النمط يختلف عن ذلك المتبع مع الكائنات الحيوانية حيث تتغذى الأخيرة ببلع المواد الغذائية المعقدة التركيب .

٣ – للخلية البكتيرية جدار صلب يحدد معالمها شأنها فى ذلك شأن الخلية النباتية وبذلك تختلف عن الخلية الحيوانية حيث للأخيرة غشاء بلازمى .

راجع الفروق بين الكائنات الحية الحيوانية والكائنات النباتية ص ١٣ .

تصنيف وتسمية البكتيريا

Classification and Nomenclature of Bacteria

التصنيف Classification

هى عملية الهدف منها وضع الكائن فى مرتبة تقسيمية معينة تبين القرابة بينه وبين أفراد المرتبة نفسها وكذلك الاختلاف بينه وبين المراتب الأخرى .

ويتم تقسيم (تصنيف) الكائنات الحية وترتيبها فى مراتب مختلفة بناء على ما بينها من علاقات قرابة مبتدئين بأعلى مرتبة تقسيمية (تصنيفية) وهى المملكة Kingdom حتى نصل إلى أقل وحدة تقسيمية وهى النوع Species أو السلالة Variety وذلك كما يلى :

المملكة	Kingdom	أعلى مرتبة تقسيمية .
القسم	Division	أعلى مرتبة تقسيمية داخل المملكة ويضم مجموعة من الطوائف .
الطائفة	Class	أعلى مرتبة تقسيمية داخل القسم ويضم مجموعة من الرتب المتشابهة .
الرتبة	Order	أعلى مرتبة تقسيمية داخل الطائفة وتضم الرتبة مجموعة من العائلات المتشابهة أو المتقاربة وغالبا يشتق اسم الرتبة من اسم العائلة المثالية بها Typical family وينتهى اسم الرتبة بالمقطع .ales مثال : Actinomycetales.
العائلة	Family	أعلى مرتبة تقسيمية داخل الرتبة وتضم العائلة مجموعة من الأجناس المتشابهة والمتقاربة . ويشتق اسم العائلة عادة من اسم الجنس المثالى Typical genus وينتهى اسمها بالمقطع .aceae مثال : حيث أن الجنس المثالى هو اكتينوميسيس .Actionmycetaceae
الجنس	Genus	هو مجموعة من الأنواع التى تتميز بصفات ثابتة غير متغيرة ، وتوجد علاقة بين هذه الصفات ويوجد عدة أنواع تحت جنس واحد بناء على التشابه فى الصفات الطبيعية الثابتة والناتجة عن تطابق التركيب الوراثى لهذه الأنواع ، أى يحتوى الجنس فى هذه الحالة على عدة أنواع multitype (multispecies) – وأحيانا يحتوى الجنس على نوع واحد Monotype (Monospecies) مثل عائلة Family Achromatiaceae تضع جنس واحد فقط هو Genus . Achromatium.

النوع	Species	هو وحدة تقسيمية تضم مجموعة من كل البكتيريا المتشابهة فى كل صفاتها وهذه الصفات ثابتة غير متغيرة نهائيا وتعرف بالصفة النوعية ويسميها البعض بالاسم النوعى – ويعتبر النوع من أصغر الوحدات المستعملة فى التصنيف ما لم يشمل بهذه إسما للسلالة .
السلالة	Variety (Strains)	أحيانا يقسم النوع إلى أصناف أو سلالات Varities (Strains) ويحدث هذا عند وجود اختلافات ضئيلة جدا بين أفراد النوع الواحد لا تكفى لوضعها فى نوع مستقل وتسبق بكلمة Var.

التسمية Nomenclautre

التسمية هى عملية اختيار نظام تسمية مناسب للكائن فى ضوء قواعد متفق عليها ، والنظام المتبع فى تسمية البكتيريا كسائر الكائنات الحية هو نظام التسمية المزدوجة Binomial system of nomenclature وبناء على ذلك فإن اسم البكتيريا يتكون من كلمتين ذات أصل يونانى أو لاتينى وإذا لم تكونا كذلك فيجب أن تعاملا معاملة لاتينية ويوضع تحت كل منهما خط .

الكلمة الأولى : يدل على اسم الجنس Genus ويكتب أولا ويبدأ بحرف كبير Capital letter ويدل اسم الجنس على لآتى :

(أ) صفة من صفات الكائن مثل :

عصوى Bacillus

عصوى فى اللبن Lactobacillus.

(ب) تكريم لعالم جليل تقديرا لخدماته العلمية .

تكريم للعالم الفرنسى (لويس باستير Louis Pasterur) Pasteruella.

الكلمة الثانية: تدل على اسم النوع Speciesوتكتب ثانيا (تالية للكلمة الأولى) وتبدأ دائما بحرف صغير Small letterويدل سم النوع على صفة محددة من صفات الكائن مثل .

١ – العنقودية البيضاء *Staphylococcus albus*

وتفسيرها كالآتى :

اسم الجنس يدل على أنها بكتيريا عنقودية Staphylococcus

اسم النوع يدل على أنها بيضاء albus

والاسم بالكامل معناه بكتيريا عنقودية بيضاء اللون .

٢ - السبحية الموجودة باللبن *Streptoccus lactis*

وتفسيرها كالآتى :

اسم الجنس يدل على أنها سبحية Streptococcus

اسم النوع يدل على أنها موجودة باللبن Lactis

والاسم بالكامل معناه البكتيريا السبحية الموجودة باللبن .

ولابد من وضع خط كامل تحت الكلمتين كل على حدة كما هو موضح أعلاه أو يتم كتابتها بحروف تختلف عن الحروف العادية إما مائلة أو كبيرة أو صغيرة .

الباب الثانى

مملكة الكائنات بدائية النواة Kingdom Procaryotae

أولا : قسم البكتيريا الضوء تخليقية Division : Photobacteria

طائفة البكتيريا الخضراء المزرقة Class : Cyanobacteria

هذه المجموعة سبق دراستها باسم الطحالب الخضراء المزرقة وما زالت فى بعض التقسيمات تحتفظ بذلك الوضع .

الصفات العامة للبكتيريا الخضراء المزرقة :

١ - بعضها كائنات مياه عزبة والآخر يعيش فى الماء المالح .

٢ - كائنات ذاتية التغذية الضوئية .

٣ - معظم أفرادها تتكاثر بالانشطار الثنائى البسيط .

٤ - كائنات متباينة الأشكال أى أنها تضم .

(أ) كائنات وحيدة الخلية Unicellularorganisms مثل كروكوكس Chroococcus.

(ب) كائنات عديدة الخلايا Multicellular organisms مثل نوستك Nostoc آنابينا Anabaena اوسيللاتوريا Oscillatoria.

٥ – لا تحتوى على نواة متعضية أو عضيات (الميتوكوندريا – أجسام جولجى) تراكيب هدبية .

٦ – تحتوى على أصباغ تمثيلية مختلفة تتجمع فى جسيمات صغيرة منتشرة فى السيتوبلازم المحيطى ولها القدرة على القيام بعملية البناء الضوئى ، وهذه الأصباغ هى :

(أ) فيكوسيانين Phycocyanine وهى زرقاء اللون .

(ب) فيكوارثيرين Phycoerythrine وهى حمراء اللون .

(جـ) اليخضور (الكلوروفيل) Chlorophyll وهى خضراء اللون .

(د) الكاروتين Carotene وهى برتقالية اللون .

أى أنها لا تحتوى على البلاستيدات الخضراء المعروفة بالنباتات الراقية .

٧ – يغلف خلاياها غشاء جيلاتينى gelatinous sheath يكسبها ملمس لزج .

٨ – يتميز سيتوبلازم هذه الخلايا إلى منطقتين :

الأولى : خارجية وتسمى البلازما المحيطية وهى تبطن الغشاء اللازمى مباشرة وتحتوى على الأصباغ سابقة الذكر وتسمى أيضا بالبلازما الملونة Chromoplasm

الثانية : داخلية وهى عديمة اللون وتوجد المادة النووية منتشرة بمركز الطقة الداخلية .

التركيب الداخلى لخلية البكتيريا الخضراء المزرقة :

يوجد فى خارج الجدار الخلوى طبقة مخاطية تحيط إحاطة تامة بالجدار الخلوى على هيئة غلاف مخاطى Slime Sheathله مظهر متجانس – ثم الجدار الخلوى داخل الغمد ويحتوى على مادة الميوكوبيبتيد Mucopeptideوبداخل الجدار يوجد السيتوبلازم ولا يحتوى على فجوة عصارية مما يعطى الخلية مقاومة للضغوط الأسموزية العالية وكذلك مقاومة للتغيرات فى الضغوط الأسموزية ويتميز السيتوبلازم إلى طبقتين الأولى – خارجية وتحتوى على الأصباغ التمثيلية وتكون ما يسمى بالبلازما الملونة – والثانية داخلية ينتشر بمركزها المادة النووية بصورة يصعب فصلها عن السيتوبلازم ولذلك تسمى البلازما النووية ويوجد أيضا مواد مخزنة .

بعض الأمثلة لأجناس البكتيريا الخضراء المزرقة :

١ – جنس كروؤكوكس Chroococcus

أفراد هذا الجنس وحيدة الخلية أو فى مجاميع صغيرة وشكل الخلية كروى أو نصف كروى .

٢ – جنس نوستك Nostoc

أفراد هذا الجنس خيطية الشكل ذات مظهر محبب Beaded shapedوفى بعض الأحيان يلتف الخيط مكون شكل كروى وخلايا هذا الجنس تميل إلى أن تكون كروية أو برميلية متشابهة ولكن يوجد على مسافات متقاربة خلايا أكبر حجما كل منها كبيرة الحجم تسمى حويصلة مغايرة Heterocystsوالمسافة بين كل حويصلتين مغايرتين تسمى هورموجونة Hormogonium.

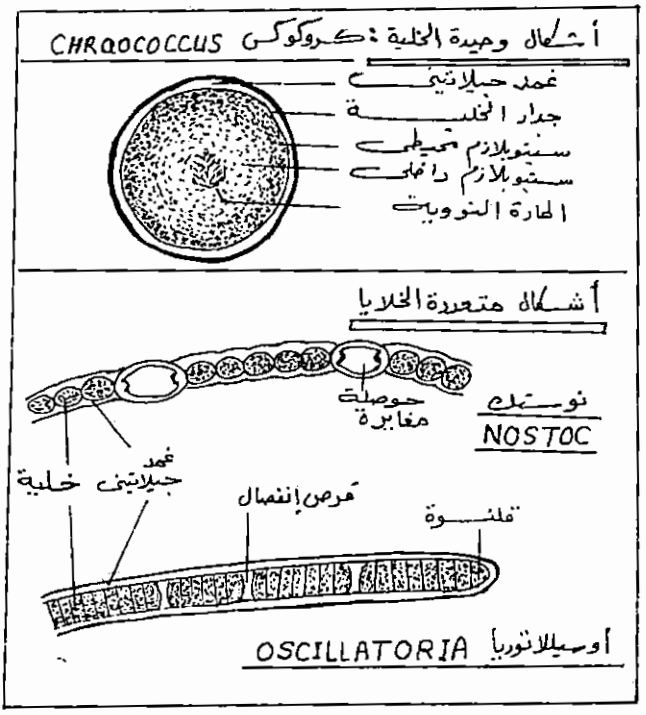
ووظيفة الحويصلة المغايرة غير معروفة تماما ، ويعتقد أنها تساعد على تكسير وتفتيت الخيط أثناء عملية التكاثر الخضرى بطريقة التفتيت

٣ – جنس أوسيلاتوريا Oscillatoria

أفراد هذا الجنس تحتوى على هورموجونات Hormogoniumولكنها لا تحتوى على حويصلات مغايرة والكائن خيطى الشكل مدبب الطرف Pointed ومغلف بقلنسوة Calyptraويلاحظ أن خلايا الخيط ذات عرض أطول من طولها بكثير والخيط كله محاط بغمد جيلاتينى .

المواد المخزنة Sotrage materials

خلايا أفراد هذه المجموعة تقوم بتخزين نوعا من النشا يشبه النشا الحيوانى Glycogen يماثل النشا النباتى ، وتقوم أيضا بتخزين مادة جليوكوبروتين وقطرات زيتية صغيرة (قطيرات) وكذلك دهون كبريتية Sulpholipid .



التكاثر فى البكتريا الخضراء المزرقة

أولا : التكاثر الخضرى I. Vegetation reproduction

ويتم بالطرق الآتية :

(أ) الانشطار Fission

يحدث نمو حلقى يمتد للداخل فيقسم الخلية إلى خليتين حيث تنقسم المادة النووية إلى قسمين تقريبا ويعرف هذا بالانشطار الثنائى العرضى ومن أمثلة البكتيريا التى يسود فيها هذه الطريقة .

سينكوسيستس Synechocystis كروؤكوكس .Chroococcus

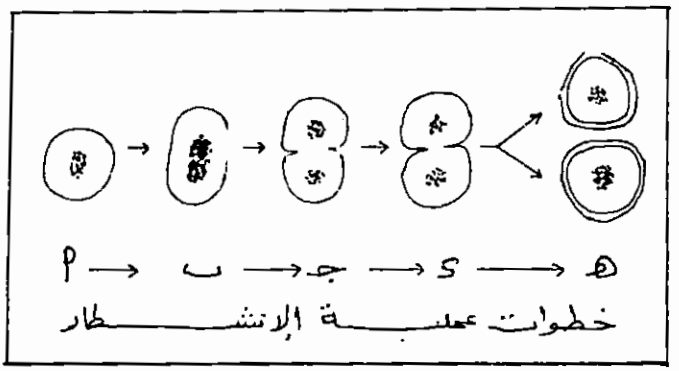
(ب) التفتيت Fragmentation

وفى هذه الطريقة يحدث تجزئ (تفتيت) للكائن البكتيرى ويقوم الجزء المنفصل بتكوين كائن جديد وقد يحدث التفتيت إما بتكوين الهرموجونات أو بعد تكوين الهرموجونات .

التفتيت فى عدم وجود هرموجرنات :

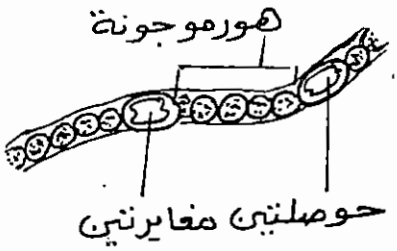
ويتم بانفصال جزء من الخلية وتقوم الأجزاء المنفصلة بتكوين كائنات جديدة ويحدث فى مرزموبيديا Merismopedia

أيوكابسس Eucapsis سويلوسفريم Ceolosphaerium.



التفتيت بتكوين الهرموجونات Hormogones formation

الهورموجونة :. مجموعة من الخلايا المتماثلة تنحصر بين زوجين من الحويصلات المغايرة Heterocystsمثل النوستك Nostocأو زوج من الأقراص الجيلاتينية المحدبة الأوجه تسمى أقراص الانفصال Bi- concave separationمثل الأوسيللاتوريا .Oscillatoria



وفي هذه الطريقة ينكسر الخيط عند مواضع محددة (عند الحويصلة المغايرة أو قرص الانفصال) فتنفصل الهرموجونة عن الخيط وتنمو وتكون خيطا جديدا .

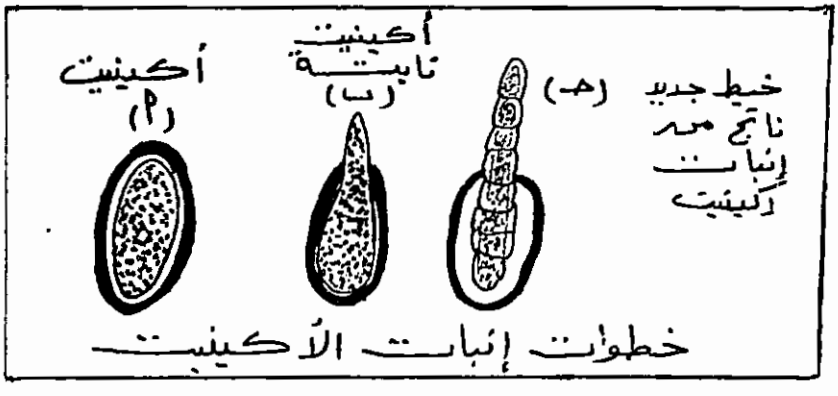
التكاثر اللاجنسى Asexual reproduction

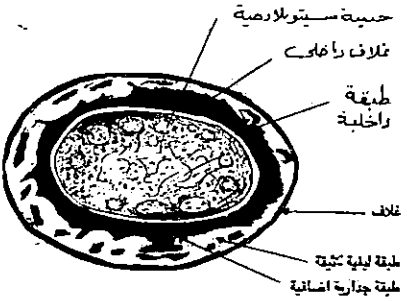
١ – الجراثيم الساكنة – الاكينيتات Akinetes

وهى جراثيم غير متحركة تتكون فى الظروف غير الملائمة ، خاصة عند زيادة معدل الجفاف وتتكون هذه الجراثيم (الأكينيتات) بأن تنتفخ الخلية الأصلية (الأم) نتيجة لتجمع الغذاء المخزون بها ويزداد جدارها فى السمك ، يصبح ذو طبقتين ، وتنتشر هذه الأكينيتات فى أماكن مختلفة بطول الخيط البكتيرى ، حينما تتحسن الظروف تنبت كل جرثومة لتعطى خيطا جديدا ناتج من أكينيت نابتة . ومن أمثلة الأنواع التى تتكاثر بهذه الطريقة :

الأنابينا Anabaena الكالوثركس Calothrix

الأنابينوبسس Anabaenopsisسيلندروسبرم Cylindropsermaum





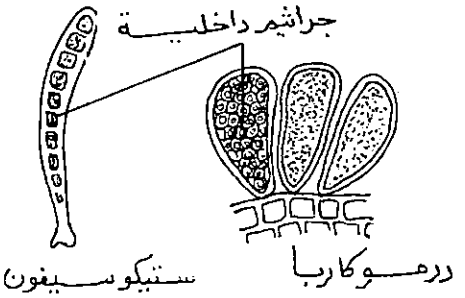
تركيب الاكينيت (الجرثومة الساكنة)

٢ – الجراثيم الداخلية Endospores

وتحدث نتيجة انقسام بروتوبلاست بعض الخلايا فيتكون جراثيم داخلية يطلق عليها اسم جونيديا Gonidia أو كونيديا Conidia وحينما يذوب جدار الخلية الأصلية (الأم) تتحرر هذه الجراثيم وتنبت مباشرة دون الدخول فى طور سكون وتكون كائن جديد وتحدث فى كل من :

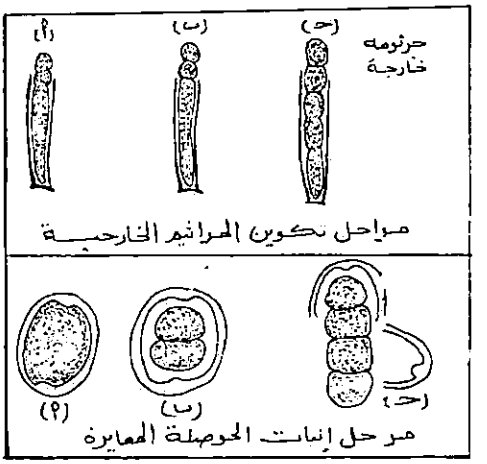
درموكاربا Dermocarpa

ستيكوسيفون Stichosiphon



٣ – الجراثيم الخارجية Exospores

ويحدث بأن يتجزأ البروتوبلاست الطرفى للكائن إلى جراثيم متتابعة وحينما تنبت هذه الجراثيم يتكون كائن جديد كما فى الكامسيفون Chamasiphon



ثالثًا : التكاثر بالحويصلات المغايرة Heterocsts

الحويصلة المغايرة توجد فى بعض أنواع البكتيريا الخضراء المزرقة وتنشأ من خلية خضرية حديثة التكوين (طرفية أو وسطية) يتغير جدارها الخلوى ويصبح مزدوج ذو طبقتين ثم تتحول محتوياتها البروتوبلازمية إلى مادة شفافة لزجة متجانسة .

ويعتبر بعض العلماء أن هذه الحويصلات المغايرة وحدات تكاثرية أثرية ومنهم من يعتبرها جراثيم حيث أنهم لاحظوا أنها تستطيع الإنبات لتعطى خيطا جديدا كما فى النوستك .

رابعًا : لتكاثر الجنسى Sexual reproduction

التكاثر الجنسى لم يشاهد – إلا أن هناك ما يدل على تغييرات وراثية تحدث لمثل هذه الكائنات وترجع هذه التغيرات إلى ظاهرة العبور Crossing over أو التحول الانتقالى Transduction للتراكيب الوراثية . فلقد ثبت وجود سلالتين من الكائن Anacystis nidulans إحداهما حساسة للبنسلين {P(-)} ومقاومة للمضاد الحيوى سبتربتوميسين ({S(+)}) والثانية مقاومة للمضاد الحيوى البنسلين ({P(+}) وحساسة للمضاد الحيوى ستربتوميسين ({S(-}) وعندما زرعت السلالتين معا فى منبت واحد نتج عنها أفراد جديدة تختلف فى الصفات الأساسية السابقة بعضهم حساس لكل من البنسلين وستربتوميسين ({S(-}P{-}) والآخر مقاوم لكل من البنسلين وسبتربتومسين ({P(+}S{+}) مما يدل على أن هناك مادة وراثية يحتمل أن تكون قد انتقلت من خلية لأخرى أو حدث تحول انتقالى للمادة الوراثية نتيجة تواجد المضادات الحيوية فى منبتها . وبصفة عامة لم يثبت بصورة قاطعة وجود تكاثر جنسى راق فى البكتيريا الخضراء المزرقة كالذى يحدث فى النباتات الراقية .

الأهمية الاقتصادية للبكتيريا الخضراء المزرقة :

١ – تستغل هذه المجموعة من البكتيريا الخضراء المزرقة كمواد غذائية لكثير من الكائنات المائية كالأسماك .

٢ – الأفراد التى تحتوى على حويصلات مغايرة تقوم بتثبيت النتروجين الجوى فيزيد المحتوى النيتروجينى فى التربة مما يزيد العائد الاقتصادى ؛ لذلك تعتبر ذات دور هام فى خصوبة التربة وإصلاح خواصها .

٣ – تستغل حاليا فى اليابان فى صناعة الخبز وإنتاج وجبات غذائية تحتوى على نسبة عالية من البروتين

الباب الثالث

قسم البكتيريا التى تبالى بوجود الضوء

طائفة « ٢ » البكتيريا الحمراء

طائفة « ٣ » البكتيريا الخضراء

قسم البكتيريا التى لاتبالى بوجود الضوء

طائفة « ١ » البكتيريا

مقدمة :

سنتناول فى هذا الباب مناقشة الثلاث طوائف التالية :

١ – طائفة البكتيريا الضوء تخليقية الحمراء Class:Red Photobacteria

٢ – طائفة البكتيريا لضوء تخليقية الخضراء Class:Greenphotobacteria

وهما تتبعان القسم الأول من مملكة بدائيات النواة والمعروف بالبكتيريا الضوء تخليقية والتى تبالى بوجود الضوء photbacteriaوهى بكتيريا ذاتية التغذية الضوئية لا تستخدم الماء كمانح للهيدروجين فى عملية البناء الضوئى ولكنها تستخدم H2S كبريتيد الهيدروجين كمانح لهيدروجين لذلك نمط تغذية هاتين المجموعتين ذاتية التغذية الضوئية غير هوائية بعكس الطائفة الأولى وهى البكتيريا الذاتية التغذية الضوئية الخضراء المزرقة Bluegreen photobacteriaالتى تستخدم الماء H2O كمانح للهيدروجين ونمط تغذيتهما ذاتية التغذية الضوئية وهوائية .

أما الطائفة الثالثة وهى :

٣ - طائفة البكتيريا Class the bacteria :

وتتبع القسم الثانى من مملكة بدائيات النواة المعروف بالبكتيريا التى لا تبالى بوجود الضوء Procaryotes indifferent to light وتشمل هذه الطائفة كائنات ذات أنماط تغذية مختلفة فمنها :

ذاتية التغذية الكيمائية Chemosynthetic autotrophic

غير ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic heterotrophic

غير ذاتية التغذية الكيميائية Chemosyntheticheterotrophic

وسنتكلم بالتفصيل عن أنماط التغذية المختلفة فى موضوع التغذية فى البكتيريا ، ويلاحظ أن نمو البكتيريا بهذه الأنماط المختلفة من التغذية قد ساعد على انتشارها فى جميع البيئات ووفرتها ونشاطها المتزايد .

اشتقت تسمية البكتيريا من الكلمة اللاتينية Bakterionومعناها عصا قصيرة ، وذلك للاعتقاد السائد قديما بأن كل البكتيريا عصوية الشكل ، وبالرغم من عدم صحة هذا الاعتقاد فى وقتنا الحاضر حيث تتخذ البكتيريا أشكالا عديدة ، إلا أن التسمية مازالت مستعملة حتى يومنا هذا .

الصفات العامة للبكتيريا :

١ – تحتوى الخلية البكتيرية على حمض ريبونيوكليك Ribnonucleic acid. (R.N.A.) وحمض دى اوكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid. (D.N.A) .

٢ – تحتوى الخلية البكتيرية على نواة بدائية Procaryotesغير محاطة بغشاء نووى Nuclear membrane. أى مادة نووية منتشرة بسيتوبلازم الخلية .

٣ – يتم انشطار المادة النووية بالتخثر العرضى لتعطى وحدتين توزعان على الخليتين الجديدتين . أى أن الانقسام الميتوزى غير موجود بالخلية البكتيرية .

٤ – تتكون المادة النووية من وحدات وراثية متشابهة وتوجد فى أزواج وتسمى Replica وتسمى بالكروموسوم البكتيرى ويحدث اتصال بينها وبين الغشاء البكتيرى عند مكان محدد ، ويعتقد البعض أن الإنزيمات المفرزة بالغشاء البكتيرى له علاقة مباشرة فى وظيفة مضاعفة المادة الوراثية .

٥ – لا يحتوى سيتوبلازم الخلية البكتيرية على عضيات سيتوبلازمية Cytoplasmic Organellesويقوم الغشاء السيتوبلازمى بوظيفة الميتوكوندريا لذلك نجده منبعج للداخل فى سيتوبلازم الخلية مكونا ما يسمى الميزوزوم Mesosome – أى أنه زيادة فى سطح الغشاء المفرز للإنزيمات ، ويمتد الغشاء السيتوبلازمى كذلك فى البكتيريا الضوء تخليقية مكونا تراكيب تحتوى على الأصباغ التمثيلية

٦ – الأهداب البكتيرية : تتميز الأهداب البكتيرية بصغر قطرها وتتكون من ليفة واحدة مادتها الأساسية بروتين الهدبين (الفلاجللين – Flagellin) وسمكه يتراوح ما بين ١٠ – ٢٠ ملليميكرون ولهدب حبيبة قاعدية Basal granule ثم يخترق الهدب جدار الخلية البكتيرية والغشاء السيتوبلازمى .

الفصل الأول
الشكل الخارجى للخلية البكتيرية
Morphology of bacterial cell

تعد دراسة الشكل الخارجى للخلية البكتيرية المفتاح الأول فى تعريف وتصنيف البكتريا ،وتتضمن دراسة حجم ووزن الخلية البكتيرية وعلاقة سطح الخلية البكتيرية بنشاطها وكذلك دراسة الأشكال المختلفة للخلية البكتيرية .

حجم الخلية البكتيرية : Size of bacterial cell

نظرا لدقة حجوم الخلايا البكتيرية فإن وحدة قياسها هى الميكرون[1] ويختلف حجم الخلايا البكتيرية من جنس لأخر ويختلف أيضا داخل الجنس الواحد .

فتكون حجوم الخلايا الكروية متقاربة لأن أقطارها متقاربة حيث تتراوح أقطار الخلايا الكروية من ٠,٥ إلى ١,٠ ميكرون .

أما أبعاد الخلايا العصوية فيوجد بها فروق واضحة بين طول الخلية وعرضها والذى هو أساس الشكل العصوى حيث يكون طول الخلية أكبر من العرض وبما أن الخلية العصوية يعتبر كعصاة أنبوبية فيستعاض عن كلمة عرض الخلية بكلمة قطر الخلية . ومعظم خلايا البكتيريا العصوية تتراوح الطول ما بين ٢,٠ إلى ٥,٠ ميكرون والعرض ما بين ٠,٥ إلى ١,٠ ميكرون .

كثافة الخلايا البكتيرية : Gravity of the bacterial cell

تعتمد كثافة الخلية البكتيرية على كمية المواد الداخلة فى تركيب الخلية والتى تزيد كثافة أغلبها عن كثافة الماء الذى يمثل أكبر نسبة من مكونات الخلية البكتيرية .

كثافة الماء هى ١,٠ جم/سم^3

كثافة البروتين هى ١,٤ جم/سم^3

---

(١) ١ متر = ١٠٠ سم ، ١ سم = ١٠ ملليمتر ، ١ ملليمتر = ١٠٠٠ ميكرون ، ١ ميكرون = ١٠٠٠ نانومتر

كثافة الدهون هى ٠,٩ جم/سم^{٣}
كثافة الأملاح المعدنية هى ٢,٥ جم/سم^{٣}
كثافة المواد الكربوهيدراتية هى ١,٤ – ١,٦ جم/سم^{٣}
كثافة الأحماض النووية هى ١,٧ – ١,٨ جم/سم^{٣}

ونجد أن نسبة الأملاح المعدنية والأحماض النووية ذات الكثافة العالية أقل تواجدا فى مكونات الخلية ، وعلى ذلك تشترك جميع القيم السابقة فى تكوين الكثافة النسبية للخلايا البكتيرية مما يجعل كثافة الخلية البكتيرية أكبر قليلا من كثافة الماء (< ١) وذلك نتيجة لاختزال قيم الكثافات السابقة وفى الغالب يكون متوسط الكثافة النسبية للخلايا البكتيرية ١,١٦ + ٠,٠٩ جم/سم^{٣} تقريبا .

سطح الخلية البكتيرية : Surface of bacterial cell

تتبع الخلايا البكتيرية نظام التغذية النباتى Holophytic لذلك يعد سطح الخلية البكتيرية ذا أهمية خاصة فيما يتعلق بطريقة التغذية حيث أنه مفرز للإنزيمات ويقوم بامتصاص الغذاء .

١ - فمن خلال السطح تفرز الإنزيمات الخارجية الخلوية Extracellular enzymes لتقوم بتكسير وتحليل المواد المعقدة فى الوسط الخارجى إلى صورها البسيطة والذائبة .

٢ - فمن خلال السطح تقوم الخلية البكتيرية بامتصاص الصور البسيطة والذائبة للمادة الغذائية .

لذلك يعد السطح هو طريق الخلية البكتيرية للحصول على الطاقة اللازمة لانشطتها الحيوية المختلفة .

علاقة السطح الكلى للخلية البكتيرية بكل من الوزن والحجم :

نفترض أن لدينا مكعبا من النمو البكتيرى طول ضلعه ١ سم فيكون :

١ - مساحة السطح الكلى = مساحة السطح الواحد × عدد السطوح

= ١ × ١ × ٦ = ٦ سم^{٢}

٢ – الحجم = الطول × العرض × الارتفاع

= ١ × ١ × ١ = ١ سم^{٣}

٣ – الكتلة = الكثافة × الحجم

= ١,١٦ × ١ = ١,١٦ جم

وعلى ذلك تكون

نسبة السطح الكلى إلى الحجم = ٦ × ١ = ٦,٠ جم

نسبة السطح الكلى إلى الكتلة = ٦ × ١,١٦ = ٥,٢ سم^{٢}مجم .

ونظرا لدقة الخلايا البكتيرية التى تقاس أبعادها بالميكرون تجد أن نسبة السطح إلى كل من الحجم والوزن تكون كبيرة جدا فتبلغ عشرات الألوف ، ويتضح ذلك من المثال الرقمى لتالى . وفيه نفترض أن المكعب السابق من النمو البكتيرى ثم تجزئته إلى مكعبات صغيرة تصل إلى أبعاد الخلية البكتيرية ثم نرى الزيادة فى مساحة السطوح وكذلك نسبة السطح إلى الوزن والحجم .

طول ضلع المكعب	عدد المكعبات	مساحة السطح الكلى	حجم المكعب	كتلة المكعب	نسبة السطح الكلى / الحجم	نسبة السطح الكلى / الحجم
١,٠ سم	١	٦	١سم٣	١,١٦جم	٦	٥,١٧
٠,١ سم	$١٠^{٣}$	١٠×٦	١	١,١٦جم	١٠×٦	$١٠\times$ ٥,١٧
٠,٠١ سم	$١٠^{٦}$	١٠×٦^{٢}	١	١,١٦جم	١٠٢×٦	$١٠٢\times٥,١٧$
٠,٠٠١ سم	$١٠^{٩}$	١٠×٦^{٣}	١	١,١٦جم	١٠×٦^{٣}	$١٠\times٥,١٧^{٣}$
٠,٠٠٠١سم	$١٠^{١٢}$	١٠×٦^{٤}	١	١,١٦جم	١٠×٦^{٤}	$١٠\times٥,١٧^{٤}$

ويلاحظ أن المكعبات التى يصل طول ضلعها إلى ٠,٠٠٠١ سم أى ما يعادل ميكرون أى تعادل أبعاد الخلية البكتيرية نلاحظ زيادة كبيرة جدا فى مساحة السطوح ومع ثبات الوزن والحجم فتكون النسبة بين مساحة السطوح وكل من الحجم والوزن هى ١٠×٦^{٤} ، $١٠\times٥,١٧^{٤}$ على الترتيب . هذه الزيادة تفسر النشاط الكبير للتفاعلات الأيضية للخلية وذلك لأن زيادة السطح تؤدى إلى إفراز الخلية البكتيرية للإنزيمات Extracellular enzymes حيث تقوم هذه الإنزيمات بتحليل المادة الغذائية المعقدة التركيب والموجودة فى الوسط الخارجى ، وكذلك تؤدى زيادة السطح إلى زيادة معدل امتصاص الخلية لجزئيات الغذاء البسيطة والذائبة والتى تم تحليلها بفعل الإنزيمات المفرزة .

يعرف علماء الميكانيكا – الشغل – هو كمية الطاقة اللازمة لتحريك كتلة ما إلى مسافة معينة – وهذا معناه أن هناك ارتباطا بين كمية الطاقة والكتلة المتطلب لها طاقة . وفى الخلية البكتيرية نجد أن السطح هو المسئول عن التفاعلات الأيضية المختلفة التى

من شأنها توفير الطاقة للحجم الخلوى وكذلك للكتلة الخلوية وكلما كانت نسبة السطح إلى كل من الوزن والحجم كبيرة فإن النشاط البكتيرى يكون هائلا ، فقد وجد بعض العلماء أن الخلية البكتيرية الواحدة تستطيع أن تخمر كمية من سكر اللاكتوز تتراوح بين ألف وعشرة آلاف قدر كتلتها فى ساعة زمنية واحدة أما الإنسان البالغ فلكى يستطيع أن يستهلك كمية من سكر اللاكترز قدر وزنه ١٠٠٠ مرة فقط فإنه يحتاج تقريبا إلى ٢٥٠,٠٠٠ ساعة أى حوالى ٢٨ سنة ، ٦ أشهر ، ١٦ يوم ، ١٦ ساعة أى ما يعادل نصف عمره تقريبا .

شكل وترتيب الخلايا البكتيريا Shape and arrangement of bacterial cells :

الخلية البكتيرية المفردة إما أن تكون مستديرة Spherical أو ، تتخذ شكل العصا المستقيمة أو الاسطوانة Cylindrical or rod like (وسنتناول بالتفصيل هذين الشكلين) أوبكتيريا ذات أشكال خيطية .

أولا : البكتيريا المستديرة أو الكروية Spherical or Cocci

يعتبر اسم الكروية Cocci أكثر شيوعا ، ومفردها Coccusقد يتكون الفرد من كرة واحدة أو فى تجمعات تبدأ من اثنين أو أكثر متخذة أشكالا مختلفة .

١ – الكرويات المفردة Monococcus

يتكون الفرد من خلية مفردة كروية ومن أمثلتها جنس ميكروكوكس Micrococcus بعضها موجب لصبغة جرام معظمها رمية تعيش على المواد العضوية وغير العضوية الموجودة فى التربة . والبعض الآخر سالب لصبغة جرام غالبا تكون معدية ومتطفلة وتسبب بعض الأمراض ومن أمثلتها *Meningococcus* ،*Gonococcus*

٢ – الكرويات الثنائية Diploccus

تنقسم الخلية الكروية المفردة انقساما واحدا فى اتجاه واحد وتظل الخليتين الحديدتين متصلتين وفى بعض الأحيان يتكرر الانقسام مرة ثانية وتتكون ٤ خلايا جديدة ثم تنفصل كل اثنتين منهما معا وبذلك تتجمع الكرويات فى ثنائيات تعرف باسم كرويات ثنائية Diplococcusومن أمثلتها *Diplococcus pneumoias* والذى يسمى أحيانا Pneumococci والتى تصيب مرض الالتهاب الرئوى .

٣ – السبحيات الكروية Streptococci

تنقسم الخلية المفردة انقسامات متتالية فى اتجاه واحد وتظل متصلة مع بعضها ويتخذ التركيب الناتج عنها شكل سلسلة أو سبحة ويعرف باسم Streptococcus (والمشتق من كلمة streptos اليونانية والتى تعنى سبحة) وقد تكون سلاسل طويلة أو قصيرة ومن أمثلتها *Streptococcus lactis* التى تعيش فى اللبن . *Streptococcus pyogenes* متطفل ومعدى .

ومما هو جدير بالذكر أن هذه الأشكال تشبه البكتيريا الخضراء المزرقة مثل نوستك Nostoc وأنابينا Anabena.

٤ – الكرويات الرباعية Tetrads

تنقسم الخلية البكتيرية المفردة انقسامين متتاليين فى مستويين أو اتجاهيين متعامدين فيتكون سطح رباعى كروى Tetracoccus ومن أمثلتها *Micrococcus tetragenia*.

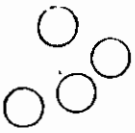
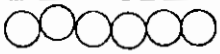
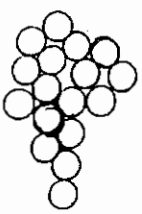
٥ – كرويات ثمانية أو مكعبات Packets of eights or cubic

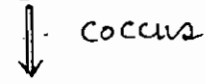
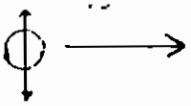
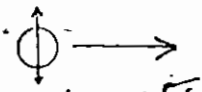
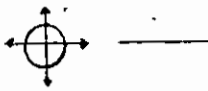
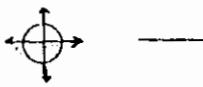
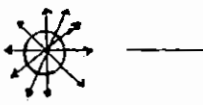
تنقسم الخلية البكتيرية المفردة ثلاثة انقسامات متعامدة على بعضها فيتكون شكل مكعبى تعرف بالسارسينا Sarcina (المشتق من الكلمة اللاتينية Sarcinaوالتى تعنى مكعب) ومن أمثلتها *Sporosarcina & Sarcina lutae*

٦ – الكرويات العنقودية Staphylococcus

تنقسم الخلية البكتيرية المفردة عدة مرات فى محاور غير منتظمة فيتكون مجموعة من الخلايا الكروية التى تتصل ببعضها فى صورة غير منتظمة فى شكل عنقودى كروى Staphylococcus (والمشتق من الكلمة اللاتينية Staphylosوالتى تعنى عنقود عنب) ومن أمثلتها *Staphylococcus aureus* والتى تصيب جلد الإنسان (ويشبه هذا التجمع العنقودى البكتيريا الخضراء المزرقة المعرفة باسم Merismopodia.

ولأهمية الشكل من الناحية التقسيمية للبكتيريا يجب الإشارة إلى طريقة تجمع الخلايا أو تجمع معظم الخلايا التى تشاهد فى الحقل الميكروسكوبى لأنه نادرا ما تكون كل الخلايا فى نوع معين مرتبة فى نظام نموذجى نظرى ولكن ينسب الكائن إلى نوع الترتيب أو التجمع السائد حيث يمثل هو الصفة المميزة للكائن .

كروى (مفرد) Coccus ميكروكوكس Micrococcus	
كرويات ثنائية Diplococcus.	
سبحية (سلسلة) Streptococcus	
رباعيات (مسطحة) Tetrads	
مكعب (ثمانيات) سارسينا cubic (eights)	
العنقودية (غير منتظم) Staphylococcus	

كروى (Sphere) coccus	
إنقسام واحد	
أكثر من إنقسام فى نفس المستوى	
إنقسامين متعامدين	
ينكرر الإنقسام المتعامد مرة واحدة	
تنكرر الإنقسامات فى مستويات عديدة	

التجمعات الكروية

الأشكال العصوية

ا- العصويات المستقيمة straight rods

Long rods

طرف مستدير — طرف مستوى — قصير Small rods

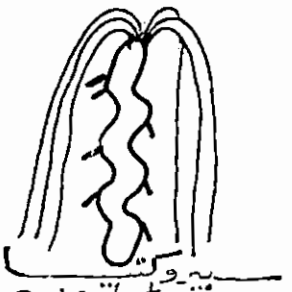
مغزلية
Fusobacteria

أشكال دفتيرية
Diphtheroid
Corynebacterium diphtheriae

ب- العصويات المنحنية Curved rods

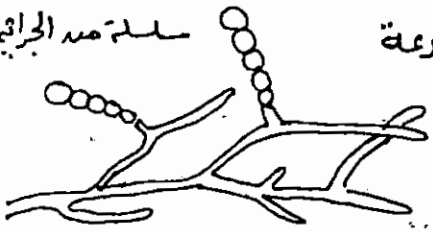
حلزونية
Spirillum

ضمية واوية
Vibrio
Comma



سبيروكيتة
Spirochete
منحنى مرن

منحنى صلب



سلسلة من الجراثيم الكويرية

الأشكال الخيطية المتفرعة
الاكتينوميسيتات

ثانيا : البكتيريا العصوية (الاسطوانية) Rod likes

(أ) العصويات المستقيمة Straight rods

الخلية البكتيرية المفردة تشبه العصا Rodlikes أو اسطوانية Clynderical وتعرف باسم Bacillui ومفردها Bacillus ، إلا أن هذه التسمية مضللة ، ذلك لأن Bacillus تشمل فقط البكتيريا العصوية المستقيمة التى تمتلك جرائيم داخلية وتتنفس هوائيا ويوجد كذلك بكتيريا الكلوستريديم Clostridium وهى عصوية تعيش بمعزل عن الأكسجين بعضها مترم والآخر وبائى وتمتلك جرائيم داخلية ذات قطر أكبر من قطر الخلية . من هنا كانت تسمية هذه المجموعة باسم Bacillus تسمية مضللة .

وتختلف أبعاد الخلية العصوية تبعا لنوع البكتيريا فبعضها خلاياه طويلة والآخر خلاياه قصيرة يزيد طول خلاياه قليلا عن عرضها وغالبا توجد الخلايا العصوية المفردة مثل :

١ – عصويات ذات نهايات مسطحة (مستقيمة) مثل باسيلوس انتراكس Bactillus anthracisوهى بكتيريا وبائية .

٢ – عصويات ذات نهايات مستديرة مثل *Escherichia coli* وهى من مجموعة بكتيريا القولون Fecal coli form.

٣ – عصويات معزلية Fusiformمثل Fusobacterium وهى بكتيريا تشبه المغزل فى شكلها .

إلا أنه فى حالات قليلة يشاهد تجمع خليتين عصويتين أو أكثر وذلك مثل :

١ – تجمع خليتين عصويتين يعرف باسم عصويات ثنائية Diplobacilli.

٢ – تجمع أكثر من خليتين يكون سلسلة تعرف باسم عصويات سبحية Streptobacilli.

ولا يعد هذان التجمعان نماذج مورفولوجية ثابتة ولكن يعزى إلى مرحلة من مراحل النمو أو إلى الظروف البيئية السائدة .

وفى بعض الحالات ترتب الخلايا العصوية بجوار بعضها فيما يعرف بالترتيب العمادى Palisade arrangement(تعرف بمجموعة الكورينى بكتيريا (Corynebacteria) والنوع المثالى منها يعرف باسم *Corynebacterium diphtheriae* والتى تسبب مرض الدفتيريا ولكن يضع بعض العلماء مجموعة الكوريبى بكتيريا Corynebacterium كمجموعة مستقلة

ضمن مجموعة كبيرة باسم تعدد الأشكال Polymorphism لانه قد تكون تجمعا لعصويات مستقيمة أو منحنية .

(ب) العصويات المنحنية Curved rods

توجد على هيئة خلايا مفردة نادرا لا تتجمع خلاياها ، هناك نوعان معروفان من البكتيريا العصوية المنحنية هما :

١ – البكتيريا الضمية (أو الواوية) Vibrio

وفيها تثنى الخلية العصوية إلى أقل من لفة واحدة أى عبارة عن حلزون غير كامل ومن أمثلتها البكتيريا المسببة للكوليرا وهى *Vibrio comma*

٢ – البكتيريا الحلزونية Sprilla

وفيها تنثنى الخلية البكتيرية أكثر من لفة وتبدو لولبية أو حلزونية (ومفردها Spirillum) ومن أمثلتها جنس Sprillum.

وكل من البكتيريا الضمية والحلزونية سالب لصبغة جرام ويصعب أحيانا اتخاذ صبغة جرام فى التفريق بينهما . ويعد وضع الأهداب على الخلية البكتيرية صفة يعتمد عليها للتفريق حيث أن البكتيريا الضمية تتميز بوجود الأهداب عند قطب واحد للخلية أما البكتيريا الحلزونية فتوجد الأهداب على طرفى الخلية .

ثالثا : البكتيريا ذات الأشكال الخيطية Filamentous forms

هى مجموعة من الكائنات تعرف بالاكتينوميستات Actinomycetes وهى تشبه الفطريات الطحلبية Phycomycetes فى تكوين ميسلبوم خيطى متفرع مكون من هيفات رفيعة طويلة غير مقسمة بجدر عرضية أى عبارة عن مدمج خلوى وتتفرع الهيفات تفرعات عديدة ويبلغ قطر ميسلبوم الاكتينوميستات ١,٥ ميكرون تقريبا فى حين أن هيفات الفطريات الطحلبية يبلغ قطرها ٥,٠ ميكرون . ومن أمثلة هذه البكتيريا جنس Actionmyces وجنس Streptomyces وتتميز أفراد هذه المجموعة بتكوين جراثيم خارجية فى سلاسل محمولة على ميسلبوم هوائى تعرف بالجراثيم الكونيدية وتعد وسيلة من وسائل التكاثر بهذه المجموعة .

ظاهرة تعدد الأشكال Polymorphism

بعض أجناس من البكتيريا تتميز بوجود خلايا ذات أشكال متباينة (مختلفة) فى نفس المزرعة وهذا ما يعرف بظاهرة تعدد الأشكال أو تباين الأشكال ومن أمثلتها :

(أ) جنس الرايزوبيم Rhizobium

وهى المعروفة ببكتيريا العقد الجذرية أو البكتيريا العقدية قد تتخذ أشكال مختلفة الشكل على هيئة حروف V,X,Y,T أى تميل للتفرع وتسمى بكتيرويدات Bacteroides.

(ب) جنس الكورينى بكتيريا Corynebacterium

تتخذ الخلايا شكل عصوى مستقيم (سبق الإشارة إليه) وأحيانا تبدو لتنفاخات بالخلية فتظهر وكأنها صولجانية الشكل ويلاحظ أحيانا خلايا عصوية مثنية .

(جـ) الميكوبكتيريا Mycobacteria

خلايا هذا الجنس عصويات مستقيمة وأحيانا عصويات منحنية قليلا وتميل إلى التفرع الكاذب فيتكون شكل خيطى سرعان ما يتكسر إلى وحدات عصوية مختلفة لأطوال ويرجع ذلك إلى الاختلاف فى التشكل نتيجة مرونة جدار الخلية لقلة حمض الميوراميك فى تركيبه وهى موجبة بالنسبة لصبغ الصمود للأحماض Acid fast stain ومن أمثلتها البكتيريا المسببة لمرض السى *Mycobacterium tuberculosis*.

(د) البكتيريا الهلامية Myxobacteria

تتميز أفراد هذه المجموعة بقدرتها على التجمع وتتكون كتل هلامية تتحرك حركة جماعية فى اتجاه واحد تعرف بالجاميع المنزلقة حيث أن الحركة الانزلاقية هى إحدى صفات الخلية الفردية . وللخلية المفردة تركيبين نوويين مميزين وباستمرار نمو الخلية فى الكتلة الهلامية يتغير شكل الخلية المفردية ثم تحيط نفسها بجدار خارجى سميك وتعرف الخلية حينئذ بالحويصلة m crocyst وتتجمع الحويصلات بعضها ببعض بواسطة طبقة هلامية سميكة فيتكون ما يسمى بالجسم الثمرى Fruit body والتى قد تكون جالسة أو معنقة وقد يكون لونها أصفر أو برتقالى أو أحمر ومن أمثلتها *Chondromyces crocatus*.

الفصل الثانى
تركيب الخلية البكتيرية

Structure of bacterial cell

لقد أسهم الميكروسكوب الإلكترونى فى معرفة التركيب الداخلى للخلايا البكتيرية . ونستطيع أن نقسم تركيب الخلية البكتيرية قسمين :

(أ) تراكيب سطحية (خارجية) Superficial Structures

وتشمل الجدار الخلوى Cellwall- العلبة (الغلاف) Capsule– الأهداب (الأسواط) Flagella والزوائد الشعرية Pili يلاحظ أن الأهداب وإن كانت ذات حبيبة قاعدية متصلة بالغشاء انستوبلازمى للخلية ويرى البعض اعتبار الهدب من التراكيب الخارجية حيث يوجد الهدب خارج الخلية (الهدب يتكون من ٣ مناطق حبيبة قاعدية متصلة بالغشاء السيتوبلازمى * خطاف * خيط ويوجد خارج الخلية وهو الجزء المؤثر فى إحداث التموجات الحركية) .

(ب) التراكيب الداخلية Internal Structures

وتشمل كل ما يوجد داخل الجدار الخلوى وخاصة البروتوبلازم Protoplasm ويحدده من الخارج الغشاء البلابلازمى plasmic membrane ويفصل بينه وبين الجدار الخلوى فراغ يعرف باسم الفراغ قبل بلازمى Periplasm وتشمل أيضًا السيتوبلازم وما يحتويه من عضيات سيتوبلازمية ومحتويات غير حية وكذلك الجهاز النووى والجراثيم الداخلية .

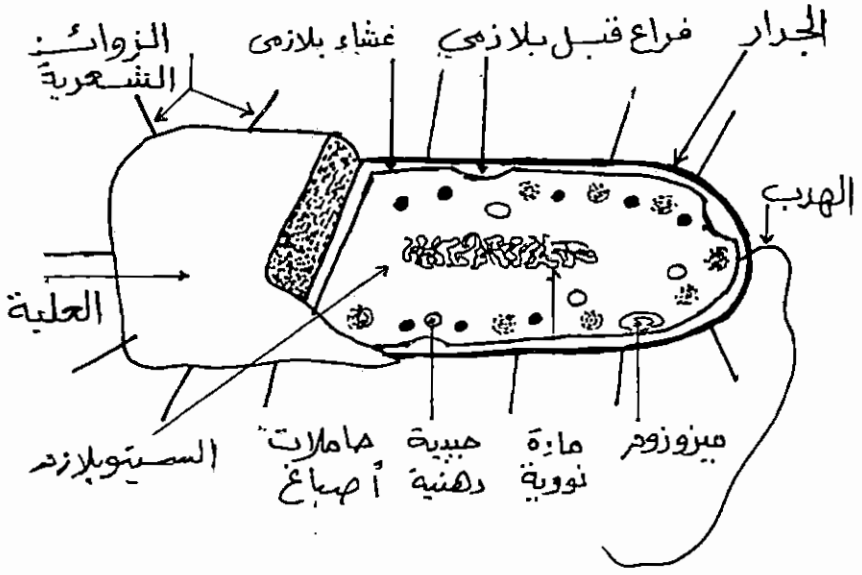
أولاً : التراكيب السطحية (الخارجية) للخلية البكتيرية

Superficial Structures of bacterial cell

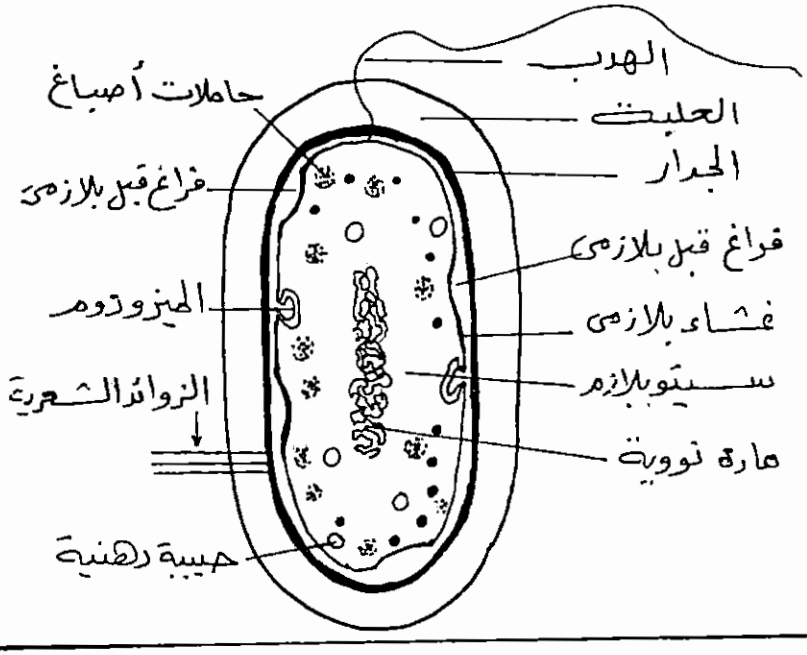
١ – جدار الخلية البكتيرية Bacterial cell wall

الجدار هو الطبقة الخارجية للخلية البكتيرية وهو ذو طبيعة صلبة حيث يحدد معالم الخلية ويجعل شكلها ثابت ومحدد ، كما أنه يقوم بحماية الخلية من المؤثرات الخارجية .

التركيب الداخلى لخلية البكتيرية



Structure of bacterial Cell



وله خاصية النفاذية الاختيارية ويختلف سمكه باختلاف نوع البكتيريا ١٠ – ٨٠ nm[1] نانومتر Nanometerويبلغ الوزن الجاف للجدار ٢٠٪ من الوزن الجاف للخلية البكتيرية ويفضل صلابة الجدار تتحمل الخلية البكتيرية ضغوط أسموزية تبلغ ٣٠ ض.جـ ، وقد أمكن تمييز وجود الجدار بطرق هديدة ، بل أمكن فصله عن بقية محتويات الخلية بواسطة الإنزيمات المحللة Lysozymes أو بواسطة طرق ميكانيكية ثم بعد ذلك نستطيع تحليل الجدار لدراسة مكوناته المختلفة . وللجدار البكتيرى أهمية تقسيمية تصنيفية وطبية .

فمن الناحية التقسيمية التصنيفية نجد أن الجدار يحتوى على مكونات لا توجد فى أى مكان بالطبيعة وكذلك الاختلاف فى التركيب الكيميائى للجدار يتم على أساسه تقسيم البكتيريا إلى موجبة وسالبة لصبغة جرام . ومن الناحية الطبية نجد أن التحضيرات النقية لجدار بعض أنواع من البكتيريا تنتج أعراضًا مرضية ويظهر تأثير المضادات الحيوية على الخلية البكتيرية من خلال تأثيرها على بناء الجدار الخلوى .

التركيب الكيماوى لجدار الخلية البكتيرية :

جدار الخلية البكتيرية يتكون من وحدات تركيبية تختلف باختلاف نوع الخلايا وجدار الخلية السالبة لصبغة جرام يختلف تركيبه عن جدار البكتيريا الموجبة لصبغة جرام ويتركب جدار الخلية بصفة عامة سالبة أو موجبة لصبغة جرام من الآتى :

١ – ببتيدات : Peptides

وتتكون من ٣ – ٨ أحماض أمينية من بينها د ، ل – ألانين – D and L Alanine د – جلوتامك D-glutamicجليسين Glycineوواحد فقط من الحمضيين الآتيين : (داى امينوبيميك Diaminopimelicأو ليسين L- lysine) .

٢ – سكريات أمينية : Amino Sugar

ن – أستيل جلكوزامين N-Acetylglucosamin

ن – أستيل حمض الميورامك N-Acetyl- muramic acid

ويتحمل مع بعضهما بالتبادل ليكونا معا بوليمر يسمى بيتيدوجليكان Peptidoglycan (أو الميورين Murein) وهو الهيكل الأساسي للجدار الخلوى البكتيرى وهو المسئول

( ) نانومتر (nm) = 10^{-9} Nanometer من المتر .

عن صلابة الجدار وهو عبارة عن ليفات قوية يتكون منها تركيب مثقب له ثلاثة ابعاد تشبه الشبكة المثقبة – وأن هذا التركيب يسمح بمرور الماء والمواد الغذائية من خارج الخلية لداخلها كما يسمح بخروج فضلات الخلية من الداخل للخارج ويتصل بحمض الميورامك والمشترك فى تركيب لميورين رابطة ببتيدية عرضية قصيرة تتكون من ٣ أحماض أمينية على الأقل وهى سبب صلابة الببتيد وجليكان وتوجد هذه الروابط الببتيدية العرضية بكثرة يجدار البكتيريا الموجبة لصبغة جرام مما يساعد على ارتباط كل طبقة من طبقات الببتيد وجليكان مع الطبقة التى تليها فيبدو الجدار أكثر تجانسًا فى تركيبه أما جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام فيبدو أقل تجانسًا لأنه يحتوى على طبقة وحدة من الببتيدوجليكان لذلك تبدو أقل سمكًا .

٣ – حمض التيكويك Teichoic acid :

وهو تجمع لوحدات (جليسرول ترتبط مع د – ألانين والفوسفات) أو تجمع لوحدات (البربيتول ترتبط مع د – ألاتين والجلكوز) ويوجد فقط فى جدر البكتيريا الموجبة لصبغة جرام ، ولا يؤدى وجوده إلى صلابة الجدار الخلوى حيث أنه لا يوجد فى طبقة منفصلة بل يوجد داخل فى تركيب طبقات الميورين نتيجة أرتباطه بها عن طريق الروابط التعاونية Covalent bonds.

٤ – الدهون والدهون الفوسفورية Lipids & pospholipids:

إن وجدت الأولى فى جدار الخلايا الموجبة لجوام تكون بنسبة ضئيلة جدًا أما الثانية فتوجد فى جدار الخلايا السالبة لصبغة جرام .

٥ – عديدات السكاكر الدهنية Lipopolysaccharides :

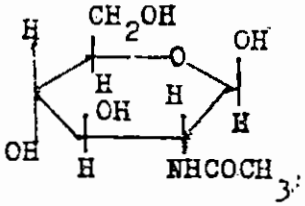
توجد فقط فى جدار الخلايا السالبة لصبغة جرام ويكون لها أحيانًا درجة عالية من السمية فتزيد من قدرة الخلايا على أحداث أمراض للنبات والحيوان .

٦ – البروتينات الدهنية Lipoproteins:

توجد فى جدار الخلايا السالبة لصبغة جرام مرتبطة بطبقة الميورسين بواسطة روابط هيدروجينية ضعيفة .

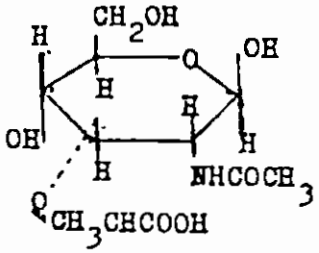
ونظرًا لأهمية الجدار من الناحية التصنيفية فيما يختص بتفاعله مع صبغة جرام فسنتكلم بإيجاز عن تركيب جدار كل من الخلايا الموجبة والسالبة لصبغة جرام .

N-acetylglucos amine

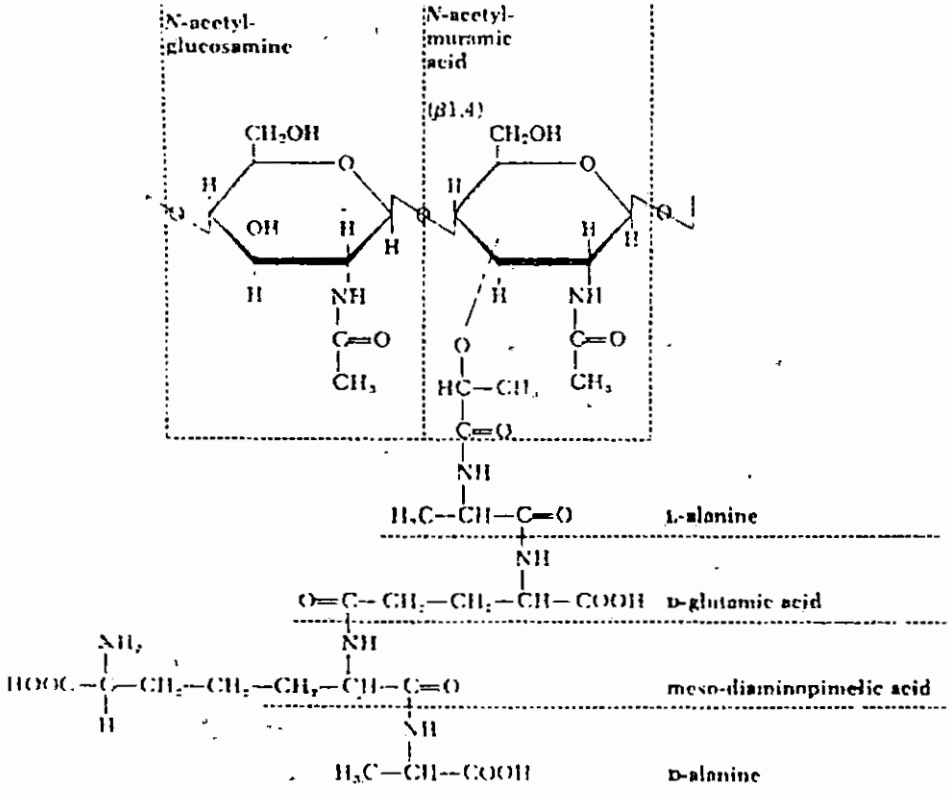


ن – استيل جلكوز آمين

N-acetylmuramic acid

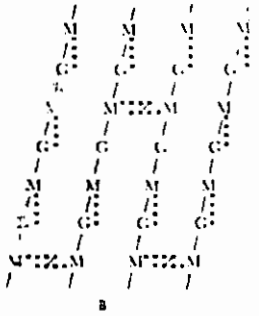


ن – استيل حمض الميورامیك

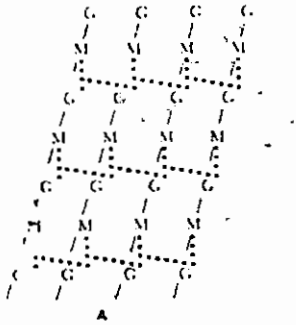


شكل لتوضيح ارتباط ن – استيل حمض الميورامیك مع ن – استيل جلكوز امين بين درتى الكربون رقم١، ٤ فى الوضع بيتا وهذا التركيب يمثل الهيكل التركيبى لجدار الخلية ويتصل بحمض ميور ميك رابطة ببتيدية قصيرة محتوية على الأحماض ل – ألانين، د–جلوتاميك، ميزو داى امينو بميليك، د–الآنين.

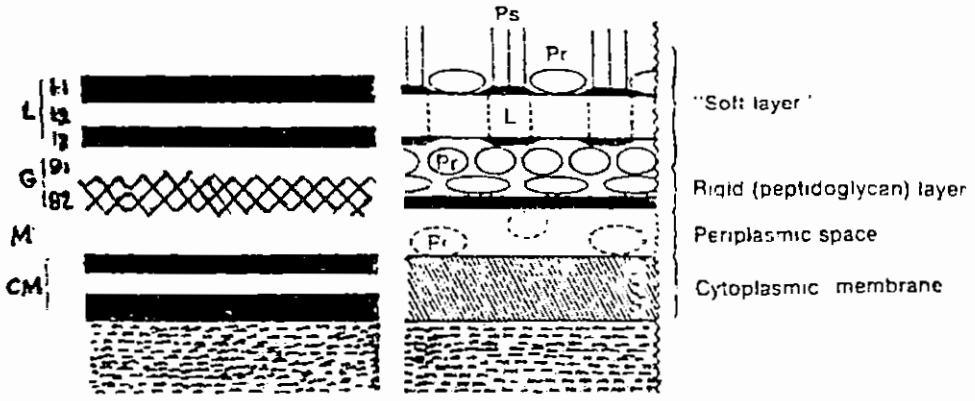
جدار بكتيريا سالبة لصبغة جرام



جدار بكتيريا موجبة لصبغة جرام



شكل تخطيطى لتوضيح الروابط العرضية بين وحدات الببتيد وجليكان و لنى توضح التبادل بين جزيئات ن – استيل جلكوز أمين G ، ن – استيل حمض الميورميك M وتوجد الروابط الببتيدية الرأسية والممثلة بأربعة نقاط ويلاحظ ان جدار البكتيريا الموجبة لصبغة جرام أكثر ترابطا من السالبة لصبغة جرام، وذلك لكثرة الروابط الببتيدية الرأسية والعرضية.



شكل لتوضيح ترتيب الطبقات المكونة لجدار خلية بكتيرية سالبة لصبغة جرام

١–طبقة خارجية لينة وتضم صبقة خارجية I1 من البروتين Pr وعديدات السكاكر Ps ثم طبقة دهون I2ثم يليها طبقة من دهنيات عديدة السكاكر I3

٢–طبقة داخلية صلبة من الببتيد وجليكان وتضم طبقة من البروتينg1 وطبقة من الببتيد وجليكان 92

يليهم فراغ قبل بلازمى M ثم الغشاء السيتوبلازمى CM

١ – البكتيريا الموجبة لصبغة جرام :

يحتوى الجدار على طبقات من الميورمين وتتصل هذه الطبقات عرضيًا بروابط ببتيدية فتعطى للجدار تجانس وتماسك وصلابة ويوجد كذلك حمض التيكويك داخل طبقة المبورمين بواسطة الروابط التعاونية وهذا الحمض لا يعطى صلابة للجدار ولا يحتوى على البروتينات الدهنية وعديدات السكاكر الدهنية والدهون الفوسفورية ويبلغ سمك الجدار ٢٠ – ٨٠ nm وتمثل طبقة الميورمين حوالى ٥٠٪ من الوزن الجاف للجدار ، وهذا الجدار قابل للتحلل بفضل إنزيم ليسوزيم Lysozymeوالذى يقوم بتحليل الرابطة بيتا ١–٤ والتى تربط بين مكونيه .

٢ – البكتيريا السالبة لصبغة جرام :

يحتوى الجدار على طبقة واحدة من المبورمين لذلك يسهل تحطيم الجدار ميكانيكيا عن جدار الخلايا الموجبة لصبغة جرام ، يمثل الميورمين ١٠٪ من الوزن الجاف للجدار ، لا يحتوى الجدار على حمض التيكويك ما عدا نوع واحد فقط من جنس **E.Col** ويحتوى الجدار على طبقة الدهون الفوسفورية والتى تحيط بطبقة الميورمين ثم طبقة عديدات السكاكر الدهنية والتى تعطى طبقة الميورمين بالكامل ويتطلب ذلك وجود أيونات الكالسيوم كا++ وتتميز طبقة عديدة السكاكد الدهنية بقدرتها السمية التى تؤثر على خلايا العائل سواء كان نباتًا أو حيوانًا ، ووجد أن كثيرًا من البكتيريا السالبة لصبغة الجرام تنتج موادا عديدة التسكر الدهنية تعتبر سامة لجسم العائل ويمكنها إحداث مرض وقد أمكن أيضًا الحصول على تحضيرات نقية لعديدات التسكر الدهنية معزولة من بكتيريا سالبة لصبغة جرام لها نفس القدرة على إحداث مرض مثل الخلية الأصلية ، يعد الجزء الدهنى من عديدات التسكر الدهنية هو الحامل للسمية ويعتبر من السموم الداخلة Endo:oxinsثم طبقة البروتين الدهنى Lipoproteinsوتوجد فى جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام ولا تعطى صلابة للجدر الخلوية لأنها عبارة عن مجموعة أنابيب صغيرة توجد منتشرة خلال طبقة عديدات التسكر الدهنية وأن هده الطبقة ترتبط بطبقة الميورين بواسطة روابط هيدروجينية ضعيفة ، لذلك يسهل إزالتها بسهولة من الخلية ويبين الجدول الآتى أهم الفروق الأساسية بين جدار الخلايا الموجبة لصبغة جرام والخلايا السالبة لصبغة جرام

والجدول التالى تلخيصًا لأهم الفروق بين مكونات الجدار الخلوية فى البكتيريا السالبة والموجبة لصبغة جرام .

الصفة	الموجبة الجرام	السالبة الجرام
السكريات الأمينية	١٠ - ٢٢٪	٢ - ٨٪
عدد طبقات الميورين ونسبته	طبقة (٥٠ - ٨٠٪)	طبقة واحدة (١ - ٥٪)
سمك الجدار	٢٠ - ٨٠ nm	١٠ nm
الدهون والدهون الفوسفورية	صفر - ٣ ٪	١١ - ٢٢
البروتينات الدهنية	-	+
حمض التيكويك	+	-
عديدات السكاكر الدهنية	-	+

٢ - العلبة Capsule:

هى منطقة هلامية Slime لزجة Viscous توجد خارج الجدار الخلوى فى عديد من الأنواع البكتيرية وتسمى أحيانًا بالعلاف أو الصماد ويتراوح سمك هذه الطبقة بين الأغشية الرقيقة إلى طبقات كثيفة يبلغ سمكها أكبر من قطر الخلية البكتيرية نفسها ويتوقف اختلاف السمك وسرعة تكون العلبة على عدة عوامل مثل نوع الكائن ونوعيته والبيئة التى يعيش فيها الكائن واختلاف المنبت حيث تقوم الخلية البكتيرية بتكوين العلبة من مكونات المنبت .

وفى بعض أنواع من البكتيريا لا يوجد غلاف وتسمى بكتيريا غير مغلفة وفى أنواع أخرى تفقد غلافها بتطور نموها . ويعتقد البعض أن تماسك العلبة حول الجدار الخلوى يعزى إلى بروز بعض المواد المكونة للجدار إلى الخارج لترتبط مع مكونات الغلاف نتيجة تكون روابط كيميائية تعاونية Covalent bonds.

بعض العوامل التى تؤثر على تكوين الغلاف .

١ - نوع البكتيريا :

(أ) جنس ستربتوكوكس Streptococcus أفراد هذا الجنس تقوم بتكوين العلبة أثناء المراحل الأولى للنمو

(ب) جنس Penumococcus أفراد هذا الجنس تقوم بتكوين العلبة عندما يقل معدل النمو والتكاثر .

(جـ) جنس ايروباكتر Aerobacter أفراد هذا الجنس تقوم بتكوين العلبة عقب فترة النمو .

٢ – نوع المنبت :

بعض أنواع بكتيريا من جنس Bacillus anthracis تقوم بتكوين العلبة فى وجود ثانى أكسيد الكربون فى حين أن بعض الأنواع تتطلب زيادة الكربوهيدرات وقلة النيتروجين والفسفور فى المنبت .

٣ – البيئة :

الخلية البكتيرية ذات العلبة السميكة (أو الغلاف السميك) إذا وضعت فى ظروف بيئية غير ملائمة تؤدى إلى تكوين علبة ذات غلاف رقيق جدًا أو تؤدى إلى عدم تكوين العلبة :

مكونات العلبة :

تتكون علبة الخلية البكتيرية من مواد مختلفة منها : عديدات التسكر Polysaccharides وعديد الببتيد Polypeptideودهن مفسفر phospholipids وتتكون العلبة من أحد هذا المواد أو نتيجة حدوث اتحاد بين مادتين ولوحظ فى حالات خاصة وجود مادة حمض ديزوكسى ريبونيوكليك D .N .A .بجانب مكونات وجود الجدار التالية توضح اختلاف تركيب العلبة فى بعض أجناس البكتيريا .

١ – جنس ستربتوكوكس Streptococcus غلاف هذا الجنس يتكون من حمض الهياليورنيك Hyaluronicacidوالذى يتكون نتيجة اتحاد استيل جليكوز امين Nacetylglucos amine وحمض الجلوكيورونك .Glucuronic acid

٢ – جنس شيجيلا Shigella يتكون غلاف هذا الجنس من اتحاد عديد التسكر Polysaccharides مع الدهن المفسفر .Phospholipids

٣ – جنس بينموكوكس Pneumococcus يحتوى على الجلوكوز Glucose ومرتبط بمواد نيتروجينية (NH2) ويسمى جليكوزامين Glucosamine.

٤ – جنس Leuconostoc mesenteriordes يتكون الغلاف من بوليمر سكر الجلوكوز فقط يتم ارتباط جزئياته عند الرابطة ١ ، ٦ فى الوضع ألفا .

٥ – جنس اسيتوباكتر زيليتم Acetobacter Xylinum يتكون الغلاف من بوليمر لسكر الجلوكوز فقط ولكن يتم ارتباط جزئياته عند الرابطة ١ ، ٤ فى الوضع بيتا وهو نفس ارتباط الموجود فى مادة السليولوز .

٦ – جنس يرسينيا بستس Yersinia Pestis يتكون الغلاف من ارتباط مواد عديدة التسكر مع مواد بروتينية .

علاقة العلبة (الغلاف بالمظهر الخارجى للنمو البكتيرى) :

(أ) النمو على البيئات الصلبة :

البكتيريا التى تحتوى على علبة يكون مظهر مستعمراتها أملس ناعمًا لزج وتعرف مزارعها الناعمة Smooth=S-forms وهذا الملمس الناعم اللامع يرجع إلى إفراز كمية كبيرة من المواد الداخلة فى تركيب العلبة والتى تملأ المسافات الموجودة بين الخلايا مؤدية بذلك إلى نعومة ولزوجة شكل المستعمرات .

والبكتيريا التى لا تحتوى على علبة وتعرف بالبكتيريا غير المغلفة تكون خشنة المظهر مجعدة وتعرف مزارعها Rough=R-forms.

(ب) النمو على البيئات السائلة :

البكتيريا ذات الأغلفة ناعمة المظهر يتميز نموها فى البيئات السائلة بتكوين نمو بكتيرى ثابت متجانس (معلق ثبت) غير قابل للترسب أو الطفو أما البكتيريا غير المغلفة خشنة المظهر فيتميز نموها فى البيئات السائلة بعدم الثبات والتجانس لذلك يحدث له ترسيب إلى أسفل أو يطفو إلى أعلى فيكون غشاء سطحيًا للمزرعة .

علاقة الغلاف بالقدرة المرضية للكائن :

البكتيريا التى تكون علبة (غلاف) لها القدرة على أحداث أمراض للإنسان لأن العلبة تكسب الخلية مقدرة على الحماية من التأثير الالتقامى وهجوم الحرات الدموية البيضاء أما البكتيريا الغيرالمغلقة التى ليس لها علبة فيسهل القضاء عليها والتقامها بواسطة الكرات الدموية البيضاء .

ولوحظ أنه عند حقن الخلايا البكتيرية الممرضة أو مستخلصاتها (وهى عبارة عن مواد بروتينية) فى دم حيوان يتم تكوين مركبات جديدة فى دم الحيوان تسمى « أجسامًا مضادة » Antibodies تماثل تركيب المواد المحقونة وتتفاعل معها ويحدث أحد المظاهر التالية :

(أ) ترسيب Preceptationنتيجة اتحادهما فتزداد الكثافة فيتم الترسيب .

(ب) ملزنة Agglutination.

(جـ) إذابة وتحلل Lysis.

(د) أبسنة Opsonization.

وتعرف المواد المحقونة باسم مولد المضاد أنتيجن Antigenوعلى ذلك فإن :

المولد المضاد (أنتيجن) Antigen

هو أى مادة سواء كان بروتينيا أم كائنا دقيقا ينتج عند حقنة داخل جسم الحيوان تكوين أجسام مضادة .

الأجسام المضادة Antibodies

هى بروتينات تتكون فى الدم وتعرف البروتينات المصلية Serum protein يقوم جسم الحيوان بتكوينها عندما تهاجمه (تحقن فيه) بروتينات دخيلة تعرف بالمولد المضاد .

أما لخلايا غير المغلفة فتحتوى على مولد مضاد Antigenيتمثل فى بروتين الخلية فقط ، أى أنه ليس مولدًا مضادًا متخصصًا ، وعلى ذلك فالأجسام المضادة التى تتكون يمكنها أن تتفاعل مع أى نوع من الخلايا البكتيرية غير المغلقة ولكنها تستطيع التفاعل مع الخلايا المحتوية على علبة (غلاف) لأن مادة العلبة والتى تحيط بالخلية تكون طبقة عازلة فتمنع تلامس الأجسام المضادة للبروتين الخلوى .

علاقة البكتيريا المغلفة بعملية تسوس الأسنان :

نجد أن بكتيريا Streptococcus التى تسبب تسوس الأسنان لها غلاف سميك ، ويعتبر الغلاف عامل هام لقدرتها المرضية فى إحداث تسوس الأسنان ، ويساعد هذا الغلاف السميك اللزج على التصاقهما ببقايا الغذاء فى الفم لتكوين طبقة Plaques على سطح الأسنان وهذا الالتصاق يتيح للبكتيريا الفرصة لتحليل مادة الأسنان . وتعرى قدرة الكائن على الالتصاق نتيجة تكون الغلاف من مادة الجلوكان Glucansوالفروكتان Fructanواللتين يتم تكونهما بصورة أساسية من السكروز الموجود بالطعام

علاقة العلبة بقدرة البكتيريا على إحداث أمراض للنبات :

بكتيريا Pseudomonas solancearum والتى تسبب مرض العفن البنى فى البطاطس ، وكذلك الأنواع البكتيرية التى تسبب أمراض الذبول فى عديد من النباتات ، ثبت أن

لهذه الأنواع غلافًا مكونا من مواد عديدة التسكر وله دور هام فى القدرة المرضية للبكتيريا حيث أن تركيب هذا الغلاف يزيد لزوجة السوائل داخل الوعاء الخشبى فسبب أعراض الذبول وكذلك فإن إفراز مادة الغلاف بأنسجة النبات لها تأثير سام على النبات نفسه .

علاقة العلبة وتحسين خواص التربة (زيادة المحتوى المائى) :

تساعد العلبة على التصاق الخلايا البكتيرية وبالتالى يتكون كتلة خلوية بها كمية كبيرة من المادة المخاطية وتكون محتوية على كمية كبيرة ايضًا من الماء فإذا توفرت هذه البكتيريا حول جذور النباتات فإنها تساعد النباتات على مقاومة عوامل الجفاف الموجودة فى بيئتها (خصوصا نباتات المناطق الصحراوية) لأن البكتيريا تجعل المنطقة الجذر محيطة رطبة دائمًا لطبيعة المادة الهلامية المحبة للماء Lyphobic.

٣ – أهداب الخلية البكتيرية (أسواط) The bacterial flagella

هى عبارة عن زوائد رفيعة وطويلة جدا تسمى الأسواط Flagella (مفردها – Flagellum) وتعرف بأنها أعضاء للحركة وليست أعضاء الحركة حيث أن البكتيريا التى لا تحتوى على أهداب تتحرك حركة بطيئة تسمى الحركة الانزلاقية Gilding movement والبعض يتحرك حركة دودية Flexion movement والبعض الآخر يتحرك حركة دائرية سريعة حول محور الخلية وبطريقة طولية إلا أن البكتيريا التى تمتلك أهدابا اتفق العلماء على تسميتها بالبكتيريا المتحركة Motile.

والأسواط خيوط دقيقة جدا تخرج من السيتوبلازم من منابت خاصة متصلة بالغشاء السيتوبلازمى على هيئة حبيبات تسمى حبيبات قاعدية وتمر الأهداب من خلال منطقتى الجدار الخلوى والعلبة ويتراوح سمك السوط من ١٠ إلى ٣٠ نانوميتو (mm) ولا يشاهد بالمكيروسكوب الضوئى (العادى) إلا بعد معاملات خاصة تتلخص فى ترسيب طبقة سميكة لمادة قابلة للصبغ فوق سطح الخلية وسطح لأسواط أيضا ثم تستعمل بعد ذلك صبغة مناسبة فيتم اصطباغ السوط ويبدو كخيط مصبوغ يمثل السوط نفسه ويبلغ طول السوط من ١٥ إلى ٢٠ ميكروميتر (mm) أى يبلغ أضعاف طول الخلية ويلاحظ أن سمك الأسواط وطولها وعددها وترتيبها ودرجة تموجها تختلف باختلاف الأنواع البكتيرية إلا أن طول الموجة يكون ثابت للسلالة البكتيرية

تركيب الأسواط البكتيرية :

تنشأ الأسواط البكتيرية من خلال الغشاء السيتوبلازمى ويتكون السوط من ٣ أجزاء هم الخيط Filament والخطاف Hook والجسم القاعدى (الحبيبة القاعدية) .Basal body

١ – الجسم القاعدى Basal body

عبارة عن حلقات تربط الخطاف بالغشاء السيتوبلازمى ويختلف عددها فى البكتيريا الموجبة لصبغة جرام ففى البكتيريا السالبة لصبغة جرام يتكون الجسم القاعدى من زوجين من الحلقات يتصلان من مركزيهما بقضيب والذى يستمر امتداده داخل الخطاف للتدعيم والزوج لداخلى يرتبط بالغشاء السيتوبلازمى أما الزوج الخارجى فالداخلية منه قد تتصل بطبقة البيتيدوجليكان الموجودة بجدار الخلية والخارجية منه يتصل بطبقة عديدة السكاكر الدهنية أما فى البكتيريا الموجبة لصبغة جرام فإن الجسم القاعدى يتكون من زوج من الحلقات الداخلية منه تتصل بالغشاء السيتوبلازمى ولا يوجد اتصال محدد بالجدار الخلوى وفى بعض أجناس البكتيريا الحلزونية يوجد داخل الغشاء السيتوبلازمى صفيحة قطبية Polar plateيتصل بها مباشرة الجسم القاعدى .

٢ – الخطاف Hook

هو تركيب منحنى الشكل طرفه القريب من الخلية يتصل بالجسم القاعدى بواسطة القضيب والطرف البعيد يتصل بالخيط والتركيب الكيماوى له غير معلوم على وجه الدقة وإن كان من المحتمل أن يتكون من ألياف بروتينية .

٣ – الخيط Filament

هو الجزء الذى يظهر خارج الخلية البكتيرية وغالبا يكون متموجا حلزونى الشكل ذا قناة مفتوحة بطول الخيط ويتكون من ألياف من بروتين الفلاجللين وعددها يتراوح ما بين ٣ إلى ٦ ألياف بروتينية تلتوى أو تلتف معا مثل الضفيرة الجوفاء ويختلف التركيب الكيميائى لبروتين الفلاجللين باختلاف نوع البكتيريا ولكن هناك حد أدنى لوجود بعض الصفات الثابتة مثل غياب الحمض الأمينى سيستاين Cysteine واحتوائه على كميات قليلة من الأحماض الأمينية الحلقية وكميات قليلة من حمض الجلوتامك والاسبارتك .

وتزداد الأسواط فى الطول عن طريق الإضافة وذلك أن وحدات البروتين التى يتكون منها السوط تخلق فى السيتوبلام بجوار الحبيبات القاعدية التى عندما يتم

تخليقها تمر خارج الخلية إلى تجويف السوط ثم تضاف كوحدة بنائية جديدة فى الخيط النامى ، ونظرا لأن طول السوط ثابت فى النوع البكتيرى الواحد فإنه عندما يصل السوط إلى هذا الطول المميز للنوع البكتيرى يقف بناء وحدات جديدة .

توزيع الأهداب على سطح الخلية البكتيرية :

يوجد نظامان رئيسيان لتوزيع الأهداب على سطح الخلية البكتيرية :

(أ) أهداب طرفية (قطبية) Polar flagella

وفى هذا النوع قد تحتوى الخلية البكتيرية على :

١ – هدب واحد يوجد على طرف واحد من أطراف الخلية البكتيرية ويسمى Monotrichous أحادى السوط مثل البكتيريا الواوية Vibrio وجنس النيتروزوموناس Nitrosomonase.

٢ – هدبين كل واحد منهما يوجد على قطب الخلية ويسمى Amphtrichous مزدوجة الأسواط مثل بكتيريا سيدوموناس Pseudomonas.

٣ – مجموعة من الأهداب (خصلة) توجد على أحد أقطاب الخلية وتسمى Cephalotrichous رأسية الأسواط مثل البكتيريا الحلزونية Spirllum

٤ – مجموعتين من الأهداب (خصلتين) كل واحدة منها عند قطب من قطبى الخلية وتسمى Lophotrichous مثل بكتيريا Treponem pallidum.

(ب) أهداب محيطية (جانبية)(Peripheral) lateral flagella

وفى هذا النوع نجد أن الأهداب تتوزع على طول امتداد الجدار الخلوى البكتيرى مثل بكتيريا الأزوتوباكتر Azobacter. (محيطية الأهداب) Peritrichous.

إلا أن هناك أنواعا أخرى من البكتيريا تشذ عن هذا التوزيع السابق وتسمى مختلطة التسوط Mixed حيث يوجد سوطان أو أكثر فى عدة مناطق مختلفة على سطح الخلية . وهناك بعض الأصناف تابعة لجنس vibrio يكون السوط مغلف وهذا الغلاف عبارة عن امتداد الطبقة الخارجية من جدار الخلية .

الحركة فى البكتيريا ذات الأسواط :

الأسواط هى وسيلة للحركة فى الخلية البكتيرية وتقوم الأسواط بدفع الخلية البكتيرية فى السائل نتيجة قيام الأسواط بسلسلة من الحركات النموذجية

المنتظمة (انقباض وانبساط متتاليان) مثل المجداف والدفة فى حركة السفينة .

وهناك تفسير آخر لميكانيكية الحركة فى البكتيريا وهذا التفسير يعتمد على حركة الجسم القاعدى حركة دائرية وتنتقل هذه الحركة عن طريق الخطاف إلى الخيط حيث ينشأ مخروط من الحركة الدائرية رأسه الجسم القاعدى (الصفيحة القاعدية) فتدفع الخلية للأمام .

وتستطيع بكتيريا Bacillus megaterium على سبيل المثال التحرك بسرعة كبيرة جدا حوالى ٢٧ ميكروميتر فى الثانية ولتوضيح سرعة البكتيريا الفائقة تستطيع الخلية البكتيرية أن تقطع مسافة قدر طولها ٥٠ مرة فى الثانية الواحدة بينما يتطلب الإنسان ٧٥ ثانية لكى يسبح مسافة قدر طوله ٥٠ مرة (إنسان طوله ٢ ياردة × ٥٠ = ١٠٠ ياردة) .

وتتميز الأسواط البكتيرية كذلك بقوتها على الاستجابة لكثير من المؤثرات مثل (المواد الكيميائية – المواد الغذائية – الضوء – الأكسجين) ومن صور هذه الاستجابة الموجبة Prositive response إن تبتعد عن المؤثر فتعرف بالاستجابة السالبة Negative response وتعزى هذه الاستجابة إلى مقدرة الخلية فى اكتشاف وجود المؤثر عن طريق أماكن استقبال ذات طبيعة بروتينية موجودة فى الغشاء السيتوبلازمى مصاحبة لنشاط إنزيمات النفاذية emreases.

حركة البكتيريا الغير محتوية للأسواط :

(أ) الحركة الانزلاقية Gliding movement

هى حركة تحدث نتيجة لانقباضات نموذجية لطبقة البروتوبلازم الرقيقة والموجودة تحت الجدار الخلوى أو تحدث نتيجة لقدرة الخلايا على إفراز كمية من المواد الهلامية إلا أن هذا الاحتمال ضعيف لأن الخلايا تتحرك وهى داخل الغلاف الهلامى نفسه أو تحدث نتيجة وجود أعضاء الحركة موجودة داخل الخلية تسمى لويفات fibrils لها اتصال بقط طرفية وتمتد هذه اللويفات على امتداد الخلية .

وتوجد هذه الحركة فى أفراد البكتيريا الهلامية Myxobacteria وأفراد جنس Beggiatoa وتحدث هذه الحركة حينما تكون الخلية البكتيرية أو الخيط البكتيرى متصلا بالوسط الصلب ولا تحدث فى الوسط السائل إلا أنها قد تحدث على سطوح الأوساط السائلة المعرضة للهواء وتعرف هذه الحركة أيضا بالحركة الزحفية .

(ب) حركة الاسبيروكيتات (بكتيريا ذات الزوائد) Spriochaetes

الاسبيروكيتات مجموعة من البكتيريا – تمتلك زوائد صغيرة على سطح الخلية وجدار هذه الخلايا مرن ، وتتميز الخلية بوجود اسطوانة بروتوبلازمية (تعتبر ضفيرة أساسية) تلتف حلزونيا مع ضفيرة (ليفة) محورية أو أكثر من اللويفات المحورية axial fibrils هذه اللويفات المحورية تنشأ من أقراص تحت طرفية توجد عند طرفى الاسطوانة البروتوبلازمية بين جدار الخلية وغلاف خارج الخلية يغطى اللويفة واللويفات المحورية تشابه الأسواط فى تركيبها والطرف الحر للويفة المحورية والغير متصل بالاسطوانة البروتوبلازمية – يمتد خارج الاسطوانة فيعطى مظهر الأسواط الكاذبة الطرفية ، وهذه اللويفات المحورية تعتبر أعضاء الحركة فى البكتيريا ذات الزوائد وتحدث الحركة على ثلاث صور وهى حركة دائرية سريعة عن طول محور الخلية ، وحركة دودية انثنائية وحركة حول نفسها تشبه البريمة .

٤ – الزوائد الشعرية (زوائد البيلى) Pili–

مفردها (بيلوس – Pilus) وتعرف باسم الفمبريا Fimbriae

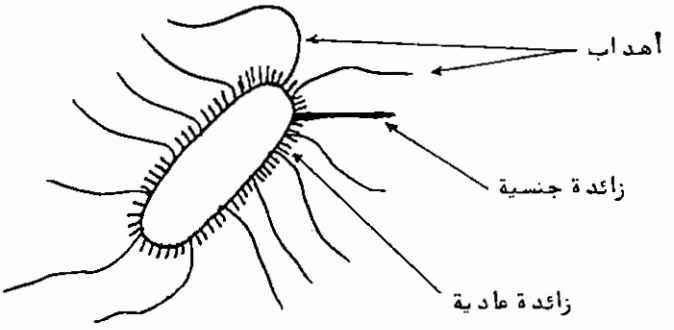
وهى زوائد خيطية قصيرة العدد (٢٥٠–٣٠٠) تغطى جدار الخلية وهى غير متموجة وتوجد فى كثير من أفراد البكتيريا السالبة لصبغة جرام وليس لها علاقة بالحركة لوجودها فى البكتيريا المتحركة ، وهى أسمك من الأسواط وهى تتكون من بروتين البيلين Pilin تلتف حول تجويف محورى ويمكن أن تزال من على سطح الخلية دون أن يؤثر ذلك على حيوية الخلايا وهناك عدة أنواع للبيللى بناء على وظيفتها .

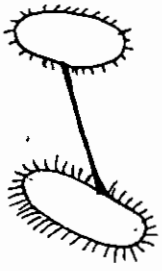
١ – زوائد البيلى الجنسية Sex pili أو F-pili

وتوجد فى بكتيريا الاشيرشيكولاى ويتراوح عددها من ١ إلى ٢ فى الخلية الواحدة فتساعد الخلية فى إعطاء مادتها الوراثية أثناء التكاثر الجنسى ، وتختص هذه الصبغة بزوال العامل Fوتعود للظهور بوجوده مرة أخرى ، أى أن الايسوم episome الذى يتحكم فى الخصوبة الوراثية يتحكم فى إنتاج هذه الزوائد حيث يعتمد عليها نقل الكروموسوم من الخلية الواهبة إلى الخلية المستقبلة ويعتقد البعض أن البيلى قد يساعد فى تقارب الخليتين أثناء عملية لتزاوج .

٢ – زوائد البيلى الالتصاقية :

وجود هذه الزوائد فى بعض أنواع البكتيريا يكسبها صفة الالتصاق بالخلايا النباتية أو الحيوانية أو السطوح الخاملة وتؤدى إلى تثبيت الخلية البكتيرية فى الأنسجة الحيوانية حيث تمكنها من الحصول على الغذاء ، توجد علاقة بين قدرة البكتيريا المسببة لمرض السيلان ووجود البيلى ، ويمكن أن تلتصق خلايا السلالات بواسطة البيلى بسهولة بالكثير من الخلايا ذات النواة الحقيقية وهذا الالتصاق ضرورى لتكشف (ظهور) المرض حيث أن السلالات التى لا تملك البيلى تفشل فى إحداث المرض .





صورة بالمجهر الالكترونى تبين التزاوج بين الخلايا البكتيرية ويشاهد الزائدة الجنسية .

صورة بالمجهر الالكترونى لتزاوج خلية مذكرة وخلية مؤنثة عبر زائدة جنسية .

ثانيا : التراكيب الداخلية للخلية البكتيرية

The Internal structures of bacterial cell

وتشمل جميع التراكيب التى توجد داخل جدر الخلية البكتيرية وهى البروتوبلازم Protoplasmأو (البروتوبلاست Protoplast) وهو عبارة عن مادة الحياة فى جميع خلايا الكائنات الحية ، ويوجد بداخل الجدار الخلوى ، أى أن كل ما يوجد بداخل الجدار الخلوى يسمى البروتوبلازم أو البروتوبلاست ويشمل :

١ – الغشاء السيتوبلازمى (البلازمى – البروتوبلازمى) Cytoplasmic membrane

٢ – السيتوبلازم ومحتوياته Cytoplasm and its content

٣ – المادة النووية (الجهز النووى) Nuclear material (system)

٤ – الجراثيم الداخلية Endospores (Internal spores)

١ – الغشاء السيتوبلازمى Cytoplasmic membrane

ويعرف أيضا باسم الغشاء البلازمى Plasma membrane أو الغشاء البروتوبلازمى Protoplasmic membraneوهو الطبقة التى تقع أسفل الجدار الخلوى مباشرة . وهو محدد تماما ، وله تركيب منفصل عن جدار الخلية ، ويوجد أحيانا منطقة فراغ بين الغشاء البلازمى والجدار الخلوى تعرف باسم الفراغ قبل بلازمى « بريبلازم » Periplasm ويبلغ سمك الغشاء حوالى ١٠ nm وبواسطة الفحص الميكروسكوبى الدقيق وجد أن الغشاء يتكون من ٣ طبقات محددة وسمك كل من الطبقتين الخارجيتين يبلغ حوالى ٢,٥ nm وسمك الطبقة الثالثة ٥ nm حيث تتكون من طبقتين من الفوسفوليبيدات (دهون) الخارجية محبة للماء بينما الثانية توجد للداخل وهى كارهة للماء ونتيجة لهذا التركيب (التركيب الموزايكى) تقوم الأغشية بوظائف فسيولوجية مختلفة وهذا التركيب الموزايكى ناتج عن اختلافات تحدث فى طبقة (جزيئات) البروتين التى توجد مطمورة فى طبقتى الفوسفوليبيدات (الدهون) وفى بعض أنواع البكتيريا التى تقوم بعملية البناء الضوئى تظهر طبقات متعددة بالغشاء السيتوبلازمى وهذه الطبقات تزيد من السطح النشط للغشاء وبالتالى تحدث زيادة كبيرة فى النشاط الإنزيمى .

التركيب الكيماوى للغشاء البلازمى :

يحترى الغشاء البلازمى على حوالى ٦٠٪ بروتين ، ٣٠٪ دهون ، ١٠٪ كربوهيدرات والبروتين الموجود إما أن يكون بروتينيا إنزيميا أو ذا وظيفة إنزيمية ، ويبلغ وزنه الجاف حوالى ١٠٪ من الوزن الجاف للخلية البكتيرية . وقد يحتوى الغشاء على حمض الميكوليك Mycolic acidويوجد مرتبطا المواد الأخرى وهو المسئول عن الصبغ المقاوم للأحماض .

خصائص الغشاء البلازمى :

تعتبر خاصية النفاذية الاختيارية Selective Permiability أهم خصائص الغشاء وذلك راجع لطبيعة تركيبه الموزايكى أى أنه غشاء شبه منفذ Semipermeable ويمكن تفسير القدرة النفاذية الاختيارية للغشاء بما يلى :

١ – نظرية الانتشار السلبى (البسيط) Passive diffusion (Simple diffusion)

وتنص هذه النظرية على أن انتشار الجزئيات من الخلية وإليها يتم بحرية حسب تركيزها خارج أو داخل الخلية فقط ، ويستمر الانتشار حتى يحدث توازن بين تركيز المادة المنتشرة بداخل وخارج الخلية وفى هذه العملية لا تبذل الخلية طاقة .

٢ – نظرية الامتصاص النشط Active transport

وتنص هذه النظرية على أن الجزئيات تستطيع المرور من خلال الغشاء السيتوبلازمى بواسطة طاقة معينة تتولد نتيجة سلسلة من التفاعلات الإنزيمية الحيوية التى تستعمل فى جذب جزئيات المواد المطلوب دخولها للخلية ، وتنتقل الجزئيات إلى داخل الخلية بدرجة أكبر من انتقالها للخارج ، ويلاحظ أن النتيجة النهائية تراكم الجزئيات داخل الخلية عن خارجها وذلك لأن الخلية تبذل طاقة للاحتفاظ بالتركيز داخلها . ويعرف هذا النظام الإنزيمى والمختص بنقل المواد الغذائية إلى داخل الخلية بنظام النفاذية Permease ويتكون هذا النظام من مجموعة من الإنزيمات المصاحبة لبروتين الغشاء البلازمى وهذه الإنزيمات تؤدى إلى سلسلة التفاعلات الانزيمية الحيوية التى يتطلب الكثير منها طاقة ؛ وتوجد كذلك إنزيمات نفاذية متخصصة لكل مادة غذائية فهناك إنزيمات نفادية خاصة لنقل الجلوكوز وأخرى لنقل اللاكتوز وكلاهما مختلف عن الآخر ، وأحيانا يستطيع إنزيم نفاذية خاص بمادة ما أن ينقل مواد أخرى ذات تركيب كيميائى مشابه .

٣ -نظرية الامتصاص المعقد :

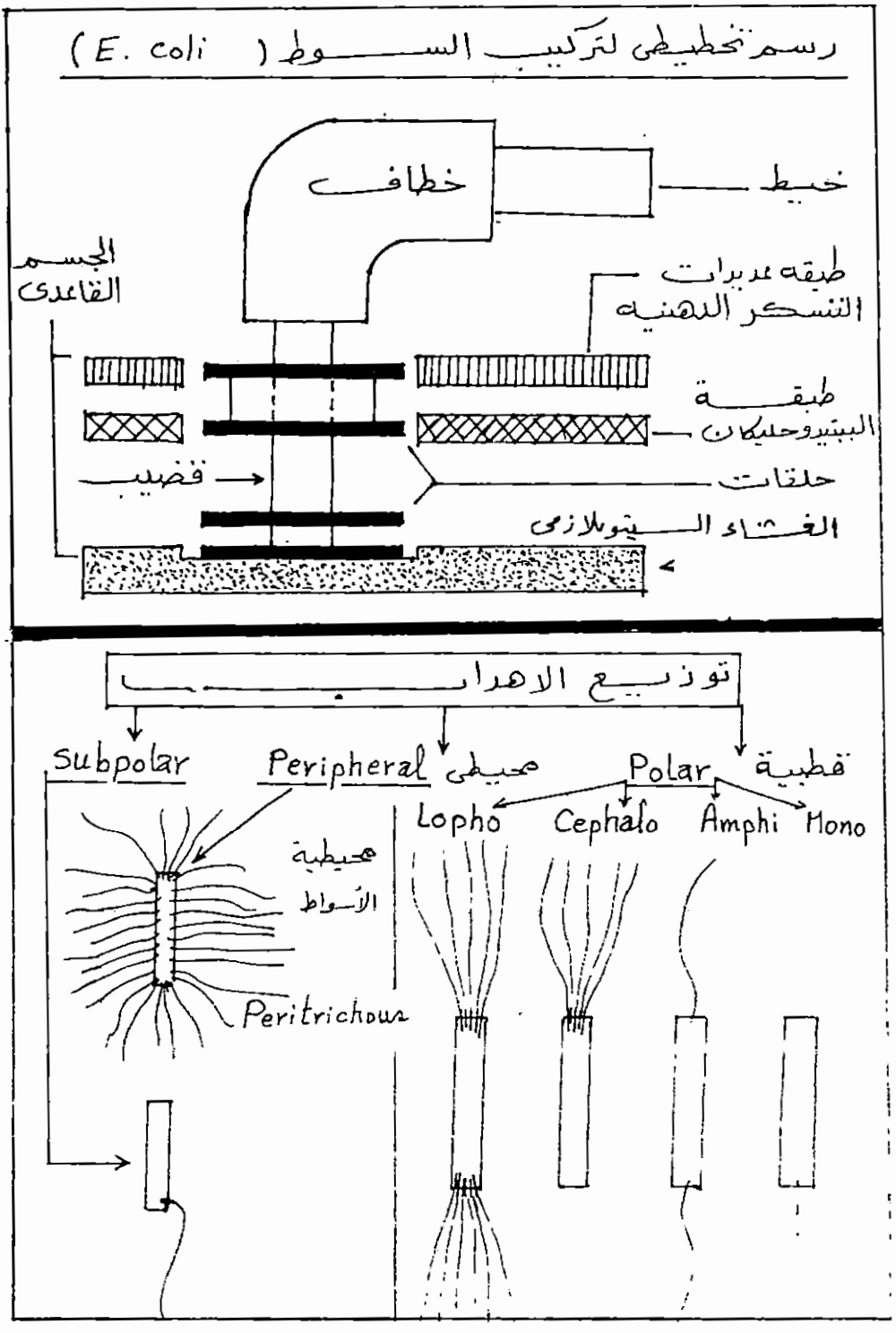
وتنص هذه النظرية على أن جزئيات المواد المطلوب دخولها لا يمكنها أن تمر من خلال الغشاء البلازمى إلا إذا تحولت لمادة أخرى تختلف فى تركيبها الجزئيى عن المادة الأصلية ، ويحدث ذلك خارج الغشاء البلازمى حيث تتحد المادة المراد دخولها للخلية بجزئيات مادة أخرى فيتكون مركب جديد يستطيع المرور خلال الغشاء البلازمى إلى داخل الخلية ثم يتحلل إلى مكوناته الأصلية .

مثال : حمض الجلوتامك لا يستطيع المرور خلال الغشاء البلازمى للخلايا الموجبة لصبغة جرام فيتم اتحاد بالأمونيا خارج الخلية فيتحول إلى الجلوتامين الذى يستطيع المرور خلال الغشاء السيتوبلازمى إلى داخل الخلية ، ثم يتحلل ليعطى حمض جلوتامك وأمونيا .

إن النظريات الثلاثة السابقة تناقش فرضيات إنفاذ الغشاء البلازمى للمركبات ذات الوزن الجزئيى الصغير والتى تنفذ من خلال الغشاء نظرا لطبيعة تركيبه ولكن السؤال الآن كيف تنفذ المركبات ذات الوزن الجزئي الكبير ؟ ؟

إن المركبات ذات الوزن الجزئيى الكبيرة والموجودة خارج الوسط الذى تعيش فيه الخلية البكتيرية التى قد لا تستطيع المرور عبر كل من الجدار الخلوى والغشاء البلازمى ، لذلك تفرز البكتيريا إنزيمات إلى خارج الخلية لها القدرة على تحليل وهدم الجزئيات الكبيرة إلى وحداتها الصغيرة البسيطة مثل المواد البروتينية التى تتحلل بفعل الإنزيمات المحللة للبروتين إلى الأحماض الأمينية وكذلك المواد الكربوهيدراتية التى تتحلل إلى سكريات أحادية فتستطيع هذه الجزئيات المتحللة الجديدة أن تنتقل إلى داخل الخلية بفعل بعض أنواع معينة من إنزيمات النفاذية وكثير من هذه الإنزيمات تفرز أيضا خارج الخلية ضمن مجموعة من الإنزيمات الخارجية .

وأحيانا يوجد جزئيات كبيرة تستطيع المرور من خلال ثقوب الجدار الخلوى ولا تستطيع الانتقال خلال الغشاء البلازمى فتبقى بين الجدار والغشاء فى المنطقة المعروفة باسم الفراغ قبل البلازمى (Periplasm) وتكون فى هذه الحالة ملامسة للإنزيمات الموجودة فى الفراغ قبل بلازمى حيث تقوم بتحليل هذه المواد ذات الوزن الجزئيى الكبير إلى جزئيات صغيرة فتستطيع الانتقال بسهولة خلال الغشاء إلى داخل الخلية .


رسم تخطيطى لتركيب السوط (E. coli)
خطاف
خيط
الجسم القاعدى
طبقة مديرات التسكر الدهنيه
طبقة البيتيدوجليكان
حلقات
فضيب
الغشاء السيتوبلازمى
توزيع الاهداب
Subpolar
Peripheral
محيطى
Polar
قطبية
Lopho
Cephalo
Amphi
Mono
محيطية الأسواط
Peritrichous

وظائف الغشاء البلازمى :

١ - يتحكم الغشاء البلازمى فى مرور المواد الغذائية إلى داخل الخلية وكذلك نواتج النمو إلى خارج الخلية ، وعلى ذلك فأى ضرر للغشاء قد يؤدى إلى موت الخلية نتيجة فقد الغشاء لقدرته على عملية التحكم فى دخول وخروج المواد وبالتالى تتأثر الوظائف الفسيولوجية للخلية نتيجة فقد كثير من المواد المهمة من داخل الخلية أو دخول بعض المواد السامة إلى الخلية .

٢ - الغشاء مركز لتفاعلات الأكسدة البيولوجية بالخلية مثل نظام السيتوكروم Cytochrome oxidase system وإنزيمات الايدروجين Dehydrogenases .

٣ – الغشاء مركز لإنزيمات تحليل المواد الغذائية Hydrolysis enzymes وكذلك إنفاذ المواد الغذائية .

٤ - تخليق الجدار الخلوى لاحتوائه على كل الإنزيمات المسئولة عن تخليق بروتين الجدار ويوجد بالغشاء كذلك مراكز معينة لها دور هام فى عملية الانقسام الخلوى ومما يؤكد ذلك أن بعض الطفرات البكتيرية التى تفقد أغشيتها البلازمية القدرة على تخليق بروتين معين (يعتقد أنه بروتين الجدار) لا تستطيع إتمام عملية الانقسام .

٢ – السيتوبلازم Cytoplasm

هذه الكلمة مشتقة من الكلمتين اللاتينيتين وهما Kytos ومعناها خلية Cell وكلمة plasma ومعناها مادة Substance أى أن المعنى العام لهذين المقطعين معا هى مادة الخلية أى المادة التى تشغل معظم حيز الخلية ويحد السيتوبلازم من الخارج الغشاء البلازمى ويشبه السيتوبلازم البكتيرى سيتوبلازم الكائنات الأخرى من حيث طبيعته وتركيبه الكيميائى . وأهم ما يميز السيتوبلازم أنه ذو طبيعة غروية ، ونسبة الماء به حوالى (٧٠–٨٥٪) ويحتوى على مواد كربوهيدارتية وبروتينية ودهنية وأملاح معدنية ونسبة عالية من الأحماض النووية وخاصة حمض الريبونيكليك Ribonucleicacid موزع فى جميع أنحاء السيتوبلازم وهذا يفسر قابلية اصطباغ الخلية البكتيرية بالأصباغ القاعدية (أزرق المثيلين – الفوكسين القاعدى – الكريستال البنفسجى) ويحتوى السيتوبلازم أيضا على الفوسفور – الكبريت – الصوديوم – البوتاسيوم – الكالسيوم – المغنسيوم – الحديد – الموليبدنم – الفانديم – النحاس – الزنك – البورن – ومركبات الكلور وترجع أهمية هذه المواد إلى أنها أصل المواد اللازمة لتكوين الخلية الجديدة وأنها مصدر الطاقة وبعض هذه المواد يلعب دورا هاما فى حياة الخلية البكتيرية ويعدوجود بعض هذه المواد من

خصائص بعض الأنواع البكتيرية . فمثلا حبيبات الكبريت يمكن ملاحظتها بكثرة فى بكتيريا الكبريت . وكذلك وجود تراكيب تعرف بحوامل الأصباغ بسيتوبلازم خلايا بكتيريا الكبريت القرمزية – والمظهر العام للسيتوبلازم يعتمد إلى حد كبير على عمر المزرعة وحالة نموها فهو متجانس إلى حد كبير فى الأطوار المبكرة فى حياة الخلية البكتيرية ويحتوى السيتوبلازم على :

أولا : العضيات السيتوبلازمية Cytoplasmic Organelles

وهى الريبوسومات Ribosomes الميزوزومات Mesosomes الأصباغ التمثيلية Photosynthetic pigments.

ثانيا : المحتويات غير الحية للسيتوبلازم II . Inart cytoplasmic inclusions (Non-Living)

وهى عبارة عن مواد غذائية نتيجة للنشاط الأيضى للخلية البكتيرية ، وتخزن هذه المواد على صورة حبيبات أو كرات صغيرة وهذه الكرات الصغيرة تخزن فى سيتوبلازم الخلية ، وتعد هذه الحبيبات مخزنا للمواد الغذائية لحين حاجة البكتيريا إليها . ومن هذه الحبيبات : حبيبات الجليكوجين Glycogen granules حبيبات الدهون Lipid granules الحبيبات الفوليوتينية Volutin granulesوفى بعض أنواع البكتيريا توجد بعض حبيبات الكبريت Sulfer droplets.

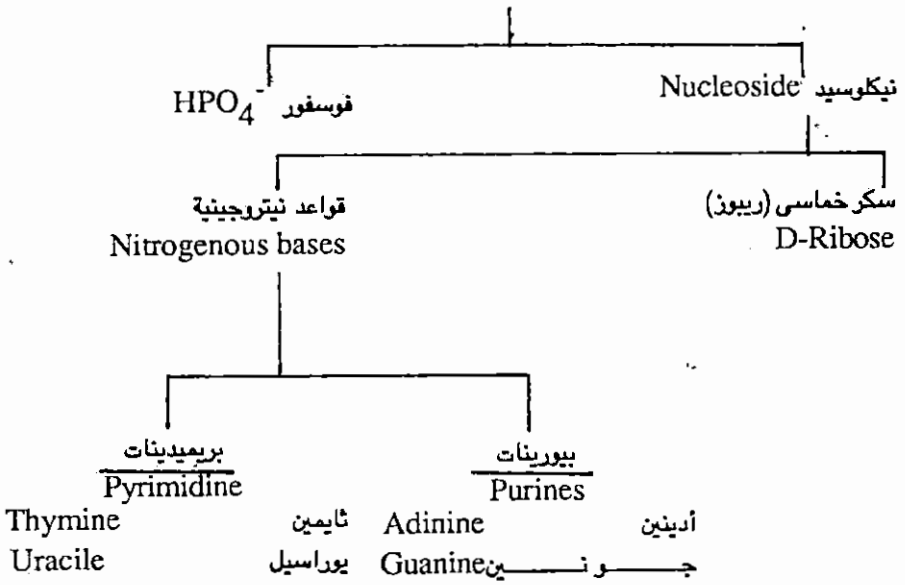
أولا : العضيات السيتوبلازمية Cytoplasmic organelles

١ – الريبوسومات Ribosomes

وهى حبيبات صغيرة ومنتشرة فى سيتوبلازم الخلية البكتيرية ، وتختلف هذه الحبيبات فيما بينها من حيث الشكل والحجم والكثافة ، وتتراوح أقطار هذه الحبيبات ما بين ١٠ – ٢٠ nm وتتكون هذه الحبيبات من البروتين وحمض ريبونيوكليك .

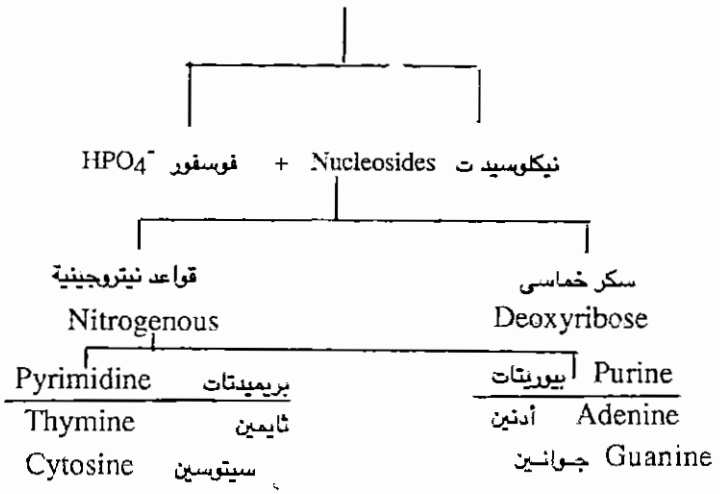
تركيب الحمض النووى RNA

عديد النيكلوتيد Nucleotides



تركيب الحمض النووى DNA

عديد النيكلوتيد Nucleotides



وتسمى Riponucleoprotein وتبلغ كمية حمض الريبونيوكليك بالريبوسومات حوالى ٩٠٪ من كميته بالخلية البكتيرية ، والريبوسومات يبلغ وزنها حوالى ٤٠٪ من وزن الخلية الجاف ويتم بناء البروتين بالريبوسومات ، وتحتوى الخلية السريعة النمو والموجودة فى وسط غذائى جيد حوالى ١٥٠٠٠ حبيبة ريبوسومية ، أما الخلية الموجودة فى وسط غذائى فقير وذات النمو البطىء فإنها تحتوى على عدة مئات فقط من الحبيبات الريبوسومية. وتختلف الريبوسومات فى معامل ترسيبها S ففى الخلايا البكتيرية يكون معامل ترسيبها ٧٠ أما ريبوسومات خلايا الكائنات الراقية ٨٠ . وتتكون الريبوسومات البكتيرية من تحت وحدات صغيرة ذات معامل ترسيب صغير ٥٠ S 30S يتحدان معا عند بناء البروتين فيتم تكوين رسومات كبيرة ٧٠ S يتم ارتباطها بواسطة حمض الريبونيوكليك الرسول Messenger Ribonucleic acid(m-RNA) فتتكون سلاسل من البوليسومات polysomes (أو عديدات الريبوسومات poly ribosomes) أى أنه عند تكوين البروتين يوجد نوع من الارتبط بين البوليوسومات والغشاء البلازمى . عملية البناء للبروتين ص ٨٠ .

٢ – الميزوسومات Mesosomes

اشتقت هذه التسمية من الكلمة الإغريقية Mesos وتساوى Middle أو وسط أو داخلى وكلمة Soma وتساوى body تعرف بالأجسام الداخلية وتعرف بالكوندريودات Chondrioides وهى تراكيب غشائية داخل خلوية – Intracellular membranous structure وهذه التراكيب أكثر شيوعا فى البكتيريا أكثر شيوعا فى البكتيريا الموجبة لصبغة جرام عن السالبة لصبغة جرام ، وهى عبارة عن انبعاجات كثيرة الالتفاف للغشاء السيتوبلازمى تتخذ أشكالا مختلفة ، وأكثرها شيوعا هو الشكل الخيطى السورای Lamellar whorl form الموجود ببكتيريا لاكتوباسيلوس بلانتاريم Lactobacellus plantarum والشكل الحوصلى Vesicular form الموجود ببكتيريا الباسيلوس ستلس Bacellus subtilis ويوجد اتصال بين الميزوسوم والغشاء البلازمى للخلية البكتيرية ، والميزوسوم متماثل من حيث تركيبه للغشاء البلازمى .

وظائف الميزوسوم :

١ – له دور هام فى انقسام الخلية .

٢ – له دور هام فى تكوين الجدر العرضية .

٣ – يكون وصلة Link بين الغشاء السيتوبلازمى والنواة .

٤ – له دور هام فى انقسام المادة النووية وتوزيعها على الخليتين الجديدتين حيث أن انفصال المادة النووية وتوزيعها يتم فى وجود ميزومين كل منهما عند أحد أقطاب الخلية ، أحد هذين الميزوسومين يكون مصدره الخلية الأمية والآخر يخلق بالقرب أو عند القطب الآخر . والميزوسوم الأصلى للخلية يظل على اتصال بالكروسومات والميزوسوم المخلق الجديد يقوم هو الآخر بالاتصال بالكروسوم أيضا ثم يساهم فى وظيفة تضاعف المادة النووية ، وعندما تصل الخلية إلى حجم معين فإن الميزوسومين ينفصلان عن المادة النووية وبذلك تنقسم الخلية .

٥ – لد دور هام كموضع (مكان) للتنفس وإنتاج الطاقة بالخلية أى أنه يقوم بدور الميتوكوندريا فى الخلايا الراقية ووجد أن له نفس خصائص الميتوكوندريا الموجودة فى النباتات الراقية من حيث احتوائها على إنزيمات التنفس المختلفة ، مقدرتها على اختزال أصباغ التترازول Tetrazole مقدرتها على التفاعل مع أخضر جانس Janus green ومقدرتها على التفاعل مع الذهن المفسفرة وهى نفس الصفات التى تميز ميتوكوندريا النباتات الراقية بالرغم من عدم رقيها التركيبى .

إلا أنه فى بعض الأجناس البكتيرية مثل جنس ميكوباكتريم Mycobacterium وجنس سيتربتوميسيس Streptomyces ثبت احتواء سيتوبلازميهما على بعض الأجسام الدقيقة التى تتكون من طبقات متراصة يحتمل أن تكون ميتوكوندريا متطورة تركيبيا

وهناك بعض أنواع البكتيريا بالرغم من احتوائها على هذه التركيبات المتطورة (ميتوكوندريا) إلا أنها تفتقد نظام الأكسدة السيتوكرومية Cytochrome Oxidases System التى تعتبر من خصائص الميتوكوندريا ، وثبت وجود هذه النظام فى الغشاء البلازمى .

ويفترض البعض أن الخلية البكتيرية عموما تعد ميتوكوندريا وأن الغشاء السيتوبلازمى يمثل الحدود النشطة التى تحيط بها ، لأن حجم الميتوكوندريا فى خلايا الكائنات الراقية يماثل حجم خلايا أنواع بكتيرية .

٣ – الأصباغ التمثيلية Photosynthetic pigments

فى بعض أنواع البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية مثل بكتيريا الكبريت الخضراء وبكتيريا الكبريت القرمزية وغير القرمزية يتواجد سيتوبلازمها تراكيب غشائية خاصة تعرف بحوامل الأصباغ Chromatophores تحتوى على كلورفيل بكتيرى Bacterial chlorphyll وهو من أهم المكونات الدائمة فى هذه الأنواع البكتيرية ولا تتأثر بالحالة الفسيولوجية للخلية

وتحتوى أيضا على صبغات تمثيلية أخرى وإنزيمات متخصصة لتحويل الطاقة الضوئية إلى كيميائية ، وهذه التراكيب الغشائية عبارة عن امتدادات للغشاء السيتوبلازمى متخذة أشكالا حوصلية أو أشكالا أنبوبية ، وتوجد فى بكتيريا الكبريت القرمزية Purble sulpher bacteria وغير القرمزية Non purble sulpher bacteria وفى بكتيريا الكبريت الخضراء Chlorobiaceae وجد الأصباغ التمثيلية فى أكياس صغيرة منفصلة عن الغشاء السيتوبلازمى وليس امتدادات له أى ليس لها غشاء فلذلك تحاط من الخارج بطبقة من الأصباغ التمثيلية تقوم بعمل الغشاء الخارجى .

المحتويات غير الحية بالسيتوبلازم Inart Cytoplasmic inclusions (Non-Living)

أولا : (المواد المخزنة Storage substances)

البكتيريا كغيرها من سائر الكائنات تقوم بتخزين كثير من النواتج الأيضية داخل السيتوبلازم على هيئة حبيبات صغيرة granules أى أن هذه الحبيبات تعمل كمخزن للمواد الغذائية ، ويختلف حجم هذه الحبيبات فبعضها يمكن أن يرى بالميكروسكوب الضوئى والآخر لابد من معاملته بأصباغ خاصة حتى يسهل رؤيته ومن أهم هذه المواد مايلى:

١ – حبيبات الجليكوجن Glycogen granules

وهى من المواد الكربوهيدراتية عديدة التسكر توجد على هيئة حبيبات مستديرة شفافة بدون غشاء وتمثل حوالى ٢٥ إلى ٥٠٪ من الوزن الجاف للخلية البكتيرية ويمكن أن ترى بسهولة بعد عملية صبغ الخلايا بمحلول اليود المخفف حيث تظهر هذه الحبيبات بلون أحمر أو قرمزى ويعد عاملا C/N ratio من العوامل المؤثرة على تكوين هذه المادة ، وفى بكتيريا الاشيرشيا كولاى تتراكم هذه الحبيبات فى حال نقص النيتروجين (N2) وعندما توضع أملاح النيتروجين فى الوسط فإن هذا الجليكوجن المتراكم يستقل كمصدر للكربون وبالتالى تقل كميته

٢ – حبيبات الدهون Fat droplets

عبرة عن حبيبات تتركب من حمض بيتاهيدروكسى بيوتيرك poly-B Hydroxybutyric acid ويعتمد تكوين هذه الحبيبات على وجود الخلات acetate والبيوتيرات butyrate وهذه الحبيبات قابلة للذوبان فى مذيبات الدهون مثل الاثير والاسيتون – وتصطبغ بسهولة بكل من صبغة Naphtol blue حيث تأخذ الحبيبات الدهنية اللون الأزرق - وصبغة

السودان الأسود Sudan black وتأخذ هذه الحبيبات اللون الأسود فيسهل رؤيتها ، ويلاحظ أن عدم ذوبانية المواد الدهنية فى الماء لا يؤثر على الضغط الأسموزى للخلايا – وتختلف كمية هذه الحبيبات المخزنة فى الأنواع المختلفة للبكتيريا .

٣ – الحبيبات الفوليوتينية Volatine granules

لوحظت هذه الحبيبات لأول مرة فى سيتوبلازم بكتيرة سبيريللم فوليتاتس Spirillum volutans ثم لوحظت بعد ذلك فى سلالات عديدة من البكتيريا وأيضا فى بعض خلايا ذات النواة المتعضية . وتتكون هذه الحبيبات من عديد الفوسفات Polymetaphosphate وهو عبارة عن سلسلة من ٥٠٠ وحدة من الفوسفات غير قابل للذوبان فى الماء وبالتالى لا يؤثر على الضغط الأسموزى داخل الخلية . وتتكون هذه الحبيبات فى نهاية دورة نمو الخلية وتختفى من سيتوبلازم لخلية فور نقلها إلى الوسط الجديد ، ونظرا لطبيعتها الحمضية فإنها قابلة للاصطباغ بالصبغات القاعدية مكتسبة لونا يخالف لون الصبغة الأصلى لذلك تسمى بالحبيبات متعددة الألوان Metachromatic granules فعند معاملتها بصبغة التولودين Toluidine أو صبغة أزرق الميثين فإنها تتخذ لونا يخالف لون الصبغة الأصلى ، وتعد هذه الحبيبات مصدرا للفوسفات بالخلية حيث يستفاد منها فى تكوين الأحماض النووية والدهون الفوسفورية (الفوفسفوليبيات) .

٤ – قطرات الكبريت Sulfer droplets

تستطيع بعض أنواع من البكتيريا – بكتيريا الكبريت القرمزية من استخدام يد٢ كب كمانح للأيدروجين فى عملية التمثيل الضوئى فيتم ترسيب الكبريت دخل خلاياها – وكذلك بكتيريا البيجوتيا Beggiatoa تحصل على الطاقة من خلال أكسدة الكبريتيد وأن الكبريت الناتج يتراكم أيضا داخل الخلايا . (مماثلة روديسبيريللات ص٢١٣) .

ثانيا · الفجوات Vacuoles

معظم الخلايا البكتيرية تحتوى على فجوات ، وهذه الفجوات ليست من المحتويات الدائمة بالخلية حيث أنها تتأثر بالظروف البيئية المتواجدة فيها الخلية والحالة الفسيولوجية للخلية ، فهى تتلاشى أو تنكمش إذا وضعت الخلية فى محلول ملحى زائد التركيز وهذا يؤكد وجود أغشية شبه منفذة حول هذه الفجوات لها نفس خصائص الغشاء السيتوبلازمى ، وهناك الأنواع التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى تحتوى على فجوات غازية gas vacules

تعمل كوسيلة لتنظيم العمق المناسب لنمو هذه الأنواع ونظرا لأن هذه الأنواع غير متحركة فإن هذه الفجوات تكون وسيلة لتحريك الكائن ليعلو أو يهبط ليصل إلى منطقة ذات إضاءة كافية ، وهناك أنواع من البكتيريا مثل Thiobacillus thioxidans توجد بها فجوة بصفة مستمرة فى أحد قطبى الخلية وتحتوى على الكبريت حيث أنها تستخدم مركبات كبريتية فى معيشتها .

٣ – الجهاز النووى Nuclear System

(المادة النووية Nuclear material)

أولا – النواة Nucleus

عبرة عن مادة كروماتينية يصعب رؤيتها بدون صبغها بصبغات خاصة وباستخدام الميكروسكوبات البالغة الدقة ، وتبدو منطقة شفافة قليلة الكثافة ذات شكل غير منتظم داخل سيتوبلازم الخلية البكتيرية ، وقد تحتوى الخلية فى مرحلة النمو على واحد أو أكثر من هذه التجمعات للمادة النووية يختلف عددها باختلاف الأجناس البكتيرية واصطلح على تسمية هذه التجمعات بالنواة البكتيرية وهى نواة بدائية ، وهى المسئولة عن جميع العمليات الحيوية بالخلية ولكن أهم وظائفها – هو نقل المادة الوراثية من جيل إلى جيل نظرا لما تحويه من جينات ، وتتركب النواة أساسا من خيط واحد مزدوج من الحمض النووى دى أوكسى ريبوز (DNA) الذى يتكون من سكر خماسى وهو دى اوكسى ريبوز Deoxyribose ومجموعة فوسفات تتصل بذرة الكربون الخامسة لسكر الريبوز والقواعد النيتروجينية البريميدنية والبيورنية فى صورة متكاملة كما يأتى :

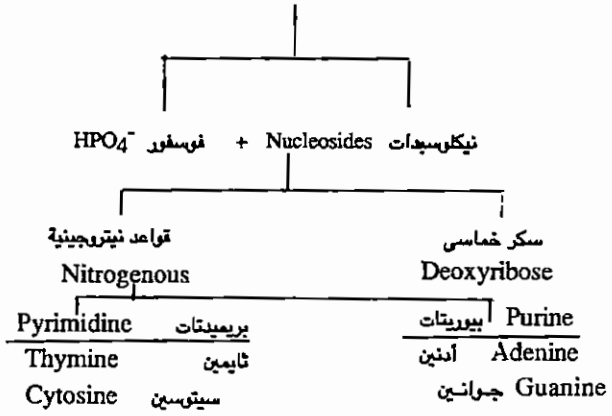
قاعدة بيورينية جوانين G Guamine – Cytosine C سيتوسين قاعدة بريميدنية

قاعدة بيورينية أدنين A Adenine – T. Thymine ثايمين قاعدة بريميدنية

أى أن قاعدةدالإدنين ترتبط بقاعدة الثايمين بروابط هيدروجينية A = T ترتبط قاعدة السيتوسين أيضا بروابط هيدروجينية G = C .

تركيب الحمض النووى DNA

عديد النيوكليوتيد Nucleotides



ويعد المحتوى الجينى للحمض النووى دى أوكسى ريبوز وحدة عبورية مفردة أى أنه يمثل كروموسوم واحد فقط وأنه أثناء عملية التكاثر بالانشطار الثنائى ينقسم الكروموسوم بطريقة خاصة دون المرور بمراحل الانقسام المعروفة فى كل من الانقسام الميتوزى (غير المباشر) والانقسام الميتوزى (الاختزالى) أى أنه مختلف فى ذلك عن الكروموسوم الموجود فى الكائنات الراقية ، وتتناسب كمية المعلومات الوراثية (الجينات) المحمولة على الكروسوم مع طوله : فعلى سبيل المثال ، كروموسوم بكتيرة الاشيرشيا كولاى . E Coliوالذى يبلغ طوله ١١٠٠ ميكرون يحمل كمية من المعلومات الوراثية تفوق حجم ما يحمله كروموسوم الميكوبلازما Mycoplasma والبالغ طوله ٢٥٦ ميكرون فقط ، فى بعض الأحيان يلتف الكروموسوم حول نفسه ليكون حلقة مستقلة تعرف بالكروموسوم الدائرى Circular Chromosome.

وظائف الأحماض النووية بالخلايا الحية :

١ – يحتوى الكروموسوم البكتيرى على المعلومات اللازمة لبناء البروتين وتوجد هذه المعلومات مرتبة خاصا على نيوكليوتيدات الحمض النووى DNA الذى يوجد معظمه فى

الكروموسوم البكتيرى وأحيانا توجد نسبة بسيطة منه فى جزيئات أصغر وهى البلازميدات (أو الخيط الصبغى الصغير – كما سبق توضيحه ضمن المادة النووية الثانوية) بواسطة هذه المعلومات الوراثية تستطيع الخلية البكتيرية بناء بروتينات الخلية حيث تقوم ببناء عدة آلاف من أنواع مختلفة من البروتينات الخلوية ، كل نوع يحتوى على ٢٠٠ حمض أمينى مرتبة ترتيبا خاصا ينتج عنه النشاط الحيوى للبروتين وأى خلل فى هذا الترتيب يؤدى إلى فقد النشاط الحيوى للبروتين .

٢ – إمداد الخليتين البنويتين بنسخة طبق الأصل من الكروموسوم من خلال عملية التضاعف Replication وذلك بانفصال سلسلتى الحمض وتكوين السلسلة المكملة لكل منهما على النسخة الأصلية القديمة (نظرية النصف المحافظ Semi conservative theory) .

عملية تكوين البروتين :

المعلومات الخاصة بتكوين البروتين والموجودة فى ترتيب القواعد النيتروجينية للحمض النووى DNA تعرف بالشفرة (المعلومات الشفرية) وأن عملية نقلها لتكوين البروتينات تتم فوق عمليتين هما عملية النسخ Transcription وعملية الترجمة Translation

١ – عملية النسخ Transcription

يرتبط الإنزيم الخاص بتكوين الحمض ر .ن .أ ويسمى RNA polymerase بالحمض DNA المكونة للجين ثم يتحرك على امتداده ويتكون شريط مفرد من RNA ويكون مكمل لشريط مفرد من DNA – ويعرف الحمض RNA فى هذه الحالة بالحمض الرسول Messenger RNA (mRNA) أى أنه الحمض الذى نسخ الشفرة الوراثية الخاصة من الحمض DNA فى تتابعها ترتيبها لذلك يسمى الرسول .

٢ – عملية الترجمة Translation

ويتم فيها ترجمة المعلومات الشفرية الموجودة على الحمض m-RNA بواسطة الريبوسومات فى وجود نوعين من الحمض النووى ر ن أ **الأول** ر ن أ الناقل Transfer TRNA **والثانى** الحمض النووى ر ن أ الريبوسومى Ribosomal RNA (r RNA) وتوجد أنواع عديدة من الحمض النووى الناقل t RNA كل منها متخصص لحمض أمينى معين يرتبط به وكذلك تستطيع الأنواع المختلفة من الحمض الناقل التعرف على شفرة معينة من الحمض النووى الرسول m RNA

أنواع حمض الريبونيكليك (ر ن أ –)RNAوالمشتركة فى البناء الحيوى للبروتين :

تتميز هذه الأحماض أنها أحادية السلسلة وإن كان لها ترتيب حلزونى فى بعض الأماكن فإنه ينتج من طيات هذه السلسلة الأحادية عديدة النيوكليوات حيث تتكون الروابط الهيدروجينية فى أماكن هذه العمليات وأنواع هذه الطيات . وأنواع هذا الحمض والتى تقوم بالاشتراك فى عملية تكوين البروتين حيويا هى :

١ – حمض الريبونيكليك الرسول ويرمز له بالرمز (م – ر ن أ) :

Messenger - RNA (ويرمز له بالرمز m-RNA)

ويعرف أيضا بحمض الريبونيكليك حامل الشفرة حيث يقوم بنسخ المعلومات من الحمض النووى د ن أ – DNA – وهو عبارة عن سلسلة مفردة تترتب فيها القواعد النيتروجينية بنظام معين وفى ترتيبها فى الحمض د ن أ – DNA أى وفقا لتركيب وترتيب الجينات الموجودة على جزئيات د ن أ – DNA أى عملية نسخ فقط .

٢ – حمض الريبونيكليك الناقل ويرمز له بالرمز (ت – ر ن أ)

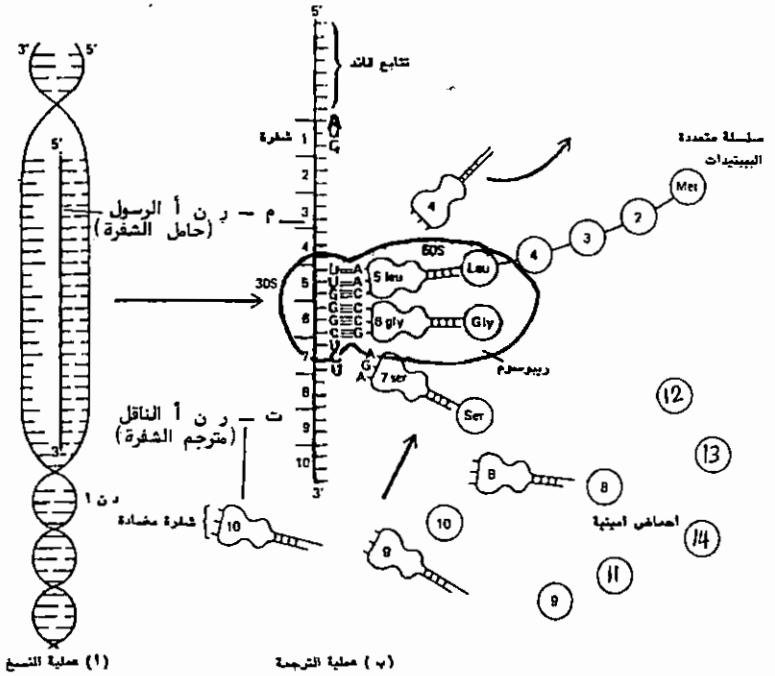
Transfer-RNA(ويرمز له بالرمز t - RNA)

ويوجد منه حوالى ستون نوعا فى الخلايا – وكل نوع أو عدة أنواع من هذه الأحماض قادرة على تمييز أو التعرف على الشفرة الوراثية Codonالمكونة من ٣ قواعد نيتروجينية والموجودة فى ترتيب خاص على جزئيات الحمض الرسول ويتم التعرف على تلك الشفرة بواسطة ترتيب القواعد على احمض الناقل والمكملة لترتيب قواعد الشفرة بالحمض الرسول ، هذا الترتيب الثلاثى المكمل والموجود على الحمض الناقل يسمى الشفرة المضادة Anti Codonوهى عبارة عن ثلاثة قواعد فى ترتيب خاص وهى ضرورية لوضع حمض ناقل معين فى مكان على الشفرة الخاصة الموجودة على الحمض الرسول أثناء عملية تكوين البروتين ، أى أنهاعملية ترجمة المعلومات المحمولة على الحمض الرسول أو بمعنى آخر حل رموز الشفرة المحمولة بالحمض الرسول .

٣ - حمض الريبونيكليك الريبوسومى ويرمز له بالرمز (ر – ر ن أ)

ويرمز له بالرمز(r-RNA) Ribosomal-RNA

ويوجد فى كل الريبوسومات الموجودة بجميع الخلايا ويقوم بدور قنطرة (سقالة) فى عملية تكوين البروتين حيويا



شكل تخطيطى لعملية النسخ والترجمة فى البناء الحيوى للبروتين :

(أ) عملية النسخ : حيث يتكون الحمض الرسول ناسخا المعلومات الموجودة على الحمض د ن أ ثم ينفصل الحمض الرسول ويتجه للريبوسوم .

(ب) عملية الترجمة : ويشترك فيها كل من :

١ – حمض الريبونيكليك الرسول (حامل الشفرة) يحمل المعلومات المنسوخة من جينات د ن أ إلى الريبوسوم ، وتنتقل هذه المعلومات وفق الترتيب الثلاثى للقواعد وكل ثلاثة منها مختصة بحمض أمينى معين وكل شفرة يتم التعرف عليها بشفرة مضادة على جزئ ر ن أ الناقل (مترجم الشفرة) .

٢ – حمض الريبونيكليك الناقل : يرتبط مع الأحماض الأمينية ليضعها كل فى مكانه الصحيح فى السلسلة المتعددة الببتيدات والمتكونة حديثا .

٣ – حمض الريبونيكليك الريبوسومى : يقوم بدور معبر فى عملية تخليق عديدات الببتيد وتوجد الوحدة الكبيرة والوحدة الصغيرة .

٤ – الأحماض الأمينية بالشكل مثلث بدوائر مرقمة من ١ إلى ١٤ .

٥ – الحمض الأمينى جليسين (رقم ٦) ارتبط فى موقعه على الريبوسوم بواسطة ر ن أ الناقل (مترجم الشفرة) وتتكون رابطة ببتيديه مع الليوسين (رقم ٥) فيزيد طول السلسلة الببتيدية المتكونة حديثا .

٦ – يتحرك الريبوسوم بطول الشفرة على امتداد الحمض الرسول ثم يقول من جديد بربط الحمض الأمينى سيرين (رقم ٧) وهكذا تتم إضافة الأحماض الأمينية إلى أن يتم بناء البروتين حيويا .

ثانيًا : الإيبسومات Episomes

هى أجزاء من الحمض النووى دى اوكسى ريبوز DNAتوجد خارج الكروموسوم البكتيرى وتعرف باسم الزائدة الكروموسومية Extrac hromosomal DNA ويبلغ حجمها $\frac{1}{10}$ حجم الكروموسوم ويستطيع الايبسوم تكرار نفسه بطريقة مستقلة عن الكروموسوم طالما ظل مستقلا عنه ، أما إذا اتحد مع الكروموسوم فلا يستطيع تكرار نفسه إلا عند حدوث تكرار الكروموسوم ويقوم الايبسوم أيضا بنقل المادة الوراثية بين الخلايا البكتيرية .

ثالثًا : البلازميدات Plasmids

عبارة عن عناصر وراثية خارج الكروموسوم البكتيرى ولا تندمج معه وتظل خارجة عنه وتسمى بالخيط الصبغى الصغير ، وتنتشر البلازميدات بين الأجناس البكتيرية المختلفة ، وتتحكم البلازميدات فى عديد من الأنشطة الفسيولوجية للخلية البكتيرية وأحيانا تزيد أنشطة لم تكن موجودة من قبل أى أن جينات البلازميدات تضيف للخلية البكتيرية قدرات وصفات إضافية لم تكن موجودة من قبل فى الخلية ، وهذا من الطبيعى نظرا لوجود البلازميد خارج الكروموسوم فإن أى شيء مرتبط بالبلازميد يعد إضافة للقدرات والصفات الموجودة على جينات الكروموسوم الأصلى فعلى سبيل المثال بعض أجناس بكتيريا بسيدوموناس Pseudomonas تحتوى بلازميداتها على جينات تكسبها خاصية تكسير مادة الكامفور Camphor وبعض أجناس إشيرشيا كولاى E Coli. تحتوى بلازميداتها على جينات تكسبها خاصية مقاومة المضادات الحيوية والبعض الآخر تحتوى بلازميداتها على جينات تكسبها صفة مقاومة السموم الداخلية Endotoxins وهناك أيضا بلازميدات تؤثر على خصوبة الخلايا وتعرف بعوامل الخصوبة Fertility factors ولكنها تسمى Fertility particles(FP) ومن أهم مجاميع لبلازميدات المنتشرة فى الأجناس البكتيرية . بلازميدات عامل المقاومة (ع م) RestistansFactors(RF) وبلازميدات عامل الخصوبة (ع خ) وتسمى Fertility particles. (FF)

ومن الناحية الظاهرية يتشابه العاملان السابقان فى صفات أساسية وهى وجود كليهما خارج الكروموسومات وتكوين كل منهما من جزئين ، فعامل المقاومة يتكون من جزئين هما .

١ - عامل نقل المقاومة Resistance transfer factor (RTF) وهو الجزء الخاص بعملية نقل البلازميد ذاته .

٢ – جينات المقاومة Resistance genes وهى جينات عديدة Multiple genes وتختص بمقاومة الجرعات المختلفة والعالية من المادة المراد مقاومتها .

ومن أهم صفات عامل المقاومة أنها تنتقل بسرعة من كائنات مقاومة لمضاد حيوى معين إلى كائنات حساسة (لا تقاوم) هذا المضاد بطريقة تشبه التكاثر الجنسى تتكسب الخلايا الجديدة الناتجة صفة مقاومة هذا المضاد الحيوى ، وتحدث عملية الانتقال هذه بين سلالات من نفس النوع أو بين سلالات من أجناس متقاربة ويمكن أيضا أن تنتقل بين أنواع لأجناس مختلفة ويتم هذا الانتقال عن طريق تلامس الخلايا ، هذه الجينات (جينات عامل المقاومة) والموجودة على جزء من أحد البلازميدات يمكنها أن تهاجر إلى أجزاء أخرى على نفس البلازميد وكذلك تستطيع هذه الجينات القفز من البلازميد إلى كروموسوم الخلية الأصلى .

وهناك أجزاء صغيرة من المادة النووية (الحمض النووى ديزواكسى ريبوز) DNA لا يزيد محتواها عن جين واحد فقط وتعرف باسم Transposons وهذه الجينات المفردة لا تستطيع تكرار نفسها وتكوين المثل إلا إذا ارتبطت بكروموسومات الخلية الأصلى أو البلازميد . وهذه الجينات المفردة تمثل صفة واحدة فقط وتكون متماثلة تماما فى كل الخلايا بمعنى أن جين عامل المقاومة لمضاد حيوى معين يكون متماثل ومتشابه تماما حتى لو وجدت فى خلايا تابعة لأجناس وأنواع بكتيرية مختلفة .

ومن الأدلة التى تعزز فرضية اكتساب الخلايا المحتوية على بلازميدات وجينات مفردة لخصائص وقدرات إضافية ، أن الجين المسئول عن مقاومة المضاد الحيوى (أ) والموجود على كل من الكروموسوم الأصلى – والبلازميد والجين المفرد تتشابه وظيفيا فى مقاومة المضاد الحيوى (أ) إلا أن ميكانيكية حدوث المقاومة تختلف من جين محمول على كروموسوم إلى جين محمول على بلازميد إلى جين مفرد وهذا الاختلاف فى الميكانيكية يؤدى إلى زيادة قدرة الخلية .

ويوجد نوع آخر من البلازميدات عبارة عن وحدات وراثية مكونة من الحمض النووى دى اوكسى ريبوز DNA بشكل دائرى مغلق يحمل معلومات وراثية خاصة بتخليق مادة البكتيروسين Bacteriocin تعرف باسم عامل البكتيروسين Bacteriocin Factor (BF) .

البكتيروسين : Bacteriocin

هى مادة بروتينية سامة للخلايا التى تكونها وقد يحتوى على بروتين وكربوهيـرات وبعضها له خواص الحبيبات الفيروسية غير الناضجة . معظمها ذات تخصص مرتفع فى سميتها فقد وجد أن البكتيروسين الناتج من خلايا معينة يقتل فقط سلالات نفس النوع أو سلالات الأنواع القريبة فقط وأن ميكانيكية سميتها للخلايا تختلف باختلاف البكتيروسين المتكون ، ويعتقد أن طريقة عمل البكتيروسين يتم عن طريق ارتباطها بمواقع معينة بالخلايا القابلة للإصابة تعرف باسم مراكـز لاستقبـال Receptor sites حيث يبدو تأثيرهـا على الأغشية السيتوبلازمية أو على الريبوسومات ، والبكتيريا التى تحتوى على هذا النوع من البلازميدات لا تنتج كميات كبيرة من البكتيروسين إلا إذا تعرضت لعوامل تطفرية معينة فتستطيع تكوين البكتيروسين وتقتل نفسها بنفسها ويستفاد من البكتيروسين فى التمييز بين السلالات الممرضة للبكتيريا عند تشخيص الحالات المرضية باستخدام الطرق السيريولوجية .

٤ – الجراثيم الداخلية : Endospores

عبارة عن أجسام بيضاوية أو كروية تتكون داخل الخلايا الخضرية لبعض الأنـواع البكتيرية وهى أكثر مقاومة للظروف البيئية غير مناسبة عن الخلية الخضرية المكونة لها ، وتعتبر هذه الجراثيم مرحلة ساكنـة Dormant (resting) stage للخلية الخضرية لأمية وتستطيع الجرثومة البكتيرية المعيشة حية لعشرات السنين دون مصادر غذائيـة خارجيـة نظرا للانخفاض الشديد بل انعدام النشاط الأيضى لها وعندما تتوفر الظروف البيئية المناسبة فإنها تنبت وتتكون خلية خضرية جديدة تستطيع النمو بصورة عادية .

وفى أغلب الأجناس البكتيرية تتكون جرثومة واحدة بالخلية الخضرية وحينما تنبت هذه الجرثومة تعطى خلية خضرية جديدة فلا يعد ذلك تكاثرا لأنه لم يتم انتاج أفراد جديدة ، إلا أنه فى بعض الأنواع البكتيرية وخاصة المتعايشة فى أمعاء بعض الحيوانات مثل بكتيرة أوسيللوسبيرا جيلليرموندى Oscillospira guilliermondi التى توجد متعايشة فى أمعاء بعض حيوانات التجارب وجد بالخلية الخضرية الواحدة جرثومتان أكبر وفى بكتيريا ميتابكتيريم Metabacterium polyspora التى تعيش فى أمعاء الحيوانات الصغيرة مثل الفئران والأرانب وخنزير غينيا وجد بالخلية الخضرية الواحدة حوالى ثمانى جراثيم وفى هذه الحالة حينما تنبت هذه الجراثيم تعطى خلايا خضرية مساوية لعددها فيحدث زيادة فى عدد الخلايا الجديدة الناتجة ويمكن اعتبار ذلك نوعا من التكاثر .

وقد تنفصل الجرثومة عن بقايا الخلية الخضرية أو قد تبقى بداخل الخلية الخضرية ويطلق عليها البعض حينئذ بالكيس الجرثومى ، وقد يصاحب تكوين الجرثومة تخليق أجسام بللورية تعرف بالأجسام المصاحبة للجرثومة Parasporal pody حيث لا يحاط هذا الجسم بأى غشاء أو غطاء وتصطبغ هذه الأجسام بسهولة عن الجراثيم البكتيرية وقد يصاحب الجرثومة البكتيرية جسم واحد فقط ثمانى الشكل Octahedral كما فى حالة بكتيريا Bacillus thuringiensis وقد يتخذ الجسم شكل قارب يحيط بالجرثومة جانبية إلى حد ما .

الشكل الظاهرى للجراثيم البكتيرية Morphology of mature spores

١ – الشكل Shape

قد تتخذ الجرثومة شكلا كرويا Spherical أو بيضى Oval.

٢ – الموضع Position

بناء على موضع الجرثومة بالخلية الخضرية التى تكونت بداخلها :

(أ) طرفية Terminl (ب) وسطية Central (جـ) تحت طرفية Sub-terminal

٣ – قطر الجرثومة Spore

قد يكون مساويا لقطر الخلية الأمية أو أكبر من قطر الخلية .

خطوات تكوين الجرثومة :

١ – يتحول الخيط الصبغى (الحمض النووى DNA) إلى خيط طويل ويتصل بالغشاء البلازمى عن طريق الميزوسوم .

٢ – ينفصل هذا الخيط إلى كروموسومات فردية ويذهب أحدهما إلى أحد طرفى الخلية.

٣ – ينمو غشاء خلوى من الخلية الخضرية الأمية حول الجرثومة المتكونة (الكروموسوم الفردى الذى سبق انفصاله فى الخطوة السابقة) ثم يحاط بغشاء مزدوج .

٤ – تتكون القشرة Cortex من الميوكوبتيد Mucopeptide بين طبقتى الغشاء المزدوج ويتم تخليق حمض الدايبكولينك Dipicolinic acid ويتم أخذ أيونات الكالسيوم Ca^{++} والحمض الأمينى السيستين Cystine ثم يتكون الغلاف الجرثومى بطبقاته المتعددة .

٥ – يبدا تكوين الغلاف الخارجى للجرثومة Exosporium وبذلك تتكشف الجرثومة وتستطيع حينئذ كسر الضوء .

٦ – تزداد طبقات الغلاف الجرثومى فى السمك ثم يبدأ ظهور البروزات والانخفاضات الموجودة على الغلاف فتزداد قدرة الجرثومة على كسر الضوء وتزداد مقاومتها للحرارة وتقاوم عملية الصبغ ويعد ذلك آخر طور فى تكوين الجرثومة

٧ – قد تتحلل بقايا الخلية الخضرية وتتحرر الجرثومة أو قد لا تتحلل الخلايا الخضرية وتبقى داخل الخلية الخضرية المكونة لها .

تركيب الجرثومة البكتيرية Structure of bacterial spores

كما هو معروف تختلف الجرثومة الناضجة فى كثير من الخواص الفسيولوجية والكيموحيوية عن الخلية الأمية المكونة للجرثومة وأن هذا الاختلاف هو نتيجة لاختلاف التركيبى لكليهما ، حيث أن الجرثومة ذات تركيب معقد وتتكون من المناطق الآتية :

١ – الخلية الجرثومية Germ Cell :

الجزء (المركز) الفعال بالجرثومة لاحتوائها على السيتوبلازم وكروموسوم واحد وبعض مكونات الخلية الخضرية مثل الريبوسومات والإنزيمات وتحاط هذه المحتويات بغشاء داخلى .

٢ – جدار الجرثومة Spore Wall :

ويتركب من الميكوبيتيد Mucopeptidesالتى تعد أهم مكونات جدار الخلية الخضرية ، لذلك عند إنبات الجرثومة يصبح هذا الجدار هو جدار الخلية الخضرية فيما يعد .

٣ – القشرة Cortex :

طبقة سميكة تشغل نصف حجم الجرثومة تقريبا تتكون أيضا من الميوكوبيتيد مختلط مع داى بيكولينات الكالسيوم Calcium dipicolinate(نتيجة اتحاد حمض داى بيكولينيك مع أيونات الكالسيوم) وطبقة القشرة هى التى تكسب الجرثومة خاصية مقاومة الحرارة نظرا لوجود حمض داى بيكولينيك وأيونات الكالسيوم بوفرة فى الجراثيم ولا توجد هذه المواد بالخلية الخضرية ويتم تكوين الملح المعقد (داى بيكولينات الكالسيوم) خلال المراحل الأخيرة من تكشف الجرثومة .

٤ – الغشاء الخارجى Outer membrane :

وهو غشاء يحيط بالقشرة من الخارج ويعد إلى حد ما متماثل مع الغشاء الداخلى .

٥ – الغلاف الجرثومى Spore coat :

يتكون من طبقتين أو ثلاث طبقات ويتركب من عديد الببتيد والبروتين المقاوم لفعل الإنزيمات المحللة للبروتين وكذلك إنزيمات الليسوزيم ويتطلب تكوينه وجود حمض الأمينى الكبريتى (السيستين) والغلاف يعطى الجرثومة شكلها المميز ويظهر على سطحه تجاويف وأخاديد طولية وعرضية وقد تكون عميقة تبعا لنوع البكتيريا المتجرثمة . والغلاف يحمى الجرثومة من فعل الإنزيمات المحللة .

٦ – الغلاف الجرثومى الخارجى (اكسوسبوريم) Exosporium :

يتكون من طبقة غشائية رقيقة ويتركب من البروتين الدهنى lipoprotein والسكريات الأمينية Aminosugar وقد يلتصق هذا الغشاء بالجرثومة أو يظل سائبا غير ملتصق بها ، وهو غير منفذ لكثير من المركبات .

العوامل التى تؤدى إلى عملية التجرثم :

١ - النقص الشديد فى المكونات الغذائية للبيئة تحفز الخلية الخضرية للبدء فى عملية التجرثم ، حيث لوحظ أن نقص كل من النيتروجين والحمض الأمينى ألانين Alanine يساعد على تكوين الجراثيم فى بعض سلالات بكتيريا باسيلوس ميوكويدس Bacillus mycoides

٢ – نقص الأكسوجين يساعد بعض سلالات جنس باسيلوس ميجاتيرم فى تكوين الجراثيم .

٣ – توفر أيونات بعض المعادن ضرورى لتكوين الجراثيم مثل الكالسيوم – المنجنيز – الزنك – الحديد – النحاس فأيون الكالسيوم ضرورى لتكوين بيكولينات الكالسيوم فى قشرة الجرثومة وأيونات المعادن الأخرى قد يكون لها دور فى الأنشطة الإنزيمية المصاحبة لعملية التجرثم .

الخواص الفسيولوجية للجراثيم البكتيرية :

١ – مقاومة الجراثيم للحرارة العالية : وتكتسب الجراثيم هذه الخاصية نتيجة لما يلى :

(أ) قلة المحتوى المائى للجرثومة حيث يوجد الماء داخل الجرثومة فى صورة مرتبطة مع البروتينات الغروية ، أى يكون فى صورة غير صالحة للتفاعلات الكيموحيوية .

(ب) زيادة محتوى داى بيكولينات الكالسيوم عن الخلية الخضرية حيث أنه أثناء إنبات الجراثيم تنطلق هذه المادة ويقل محتواها بالجرثومة حينئذ تصبح الجرثومة حساسة للحرارة : أى أن المقاومة للحرارة مرتبطة بوجود داى بيكولينات الكالسيوم .

(جـ) التغيرات التى تحدث بإنزيمات الجراثيم البكتيرية حيث وجد أن إنزيمات الجراثيم أكثر مقاومة للإنزيم المحضر من الخلايا الخضرية فإنزيم الألدوليز Aldolase المعزول من الجراثيم أكثر مقاومة من نفس الإنزيم المعزول من الخلية الخضرية وكذلك إنزيم ألانين راسيميز Alanine racemase والمعزول من جراثيم بكتيرية يتحمل التسخين لمدة ساعتين عند ٨٠°م فى حين أن نفس الإنزيم المعزول من الخلية الخضرية يتلف بعد ١٥ دقيقة فقط عند نفس درجة الحرارة ، كذلك وجود بعض الإنزيمات البكتيرية فى صورة مرتبطة بمكونات الجرثومة أى ليست فى صورة حرة جاهزة للتفاعل .

(د) طبقة الليبوبروتين Lipoprotein والموجودة فى طبقة الاكسوسبوريم

Exosporiumتعمل على وقاية البروتين الجرثومى من التأثير الضار للحرارة المرتفعة .

٢ – مقاومة الجراثيم للجفاف وذلك لوجود السيستين فى غلاف الجرثومة ، وعموما نسبة السيستين فى الجراثيم أعلى من الخلايا الخضرية ويعتقد البعض أن له دورا فى مقاومة الجفاف .

٣ – مقاومة الجراثيم للإشعاعات ذات الموجات القصيرة ، حيث يعتقد البعض أن للإشعاعات تأثيرا مباشرا Direct effect ضار بالخلية الخضرية من خلال تأثير لأشعة على مناطق حساسة تعرف بالهدف الحساس Sensitive targetحيث تمتص هذه المراكز الطاقة الإشعاعية وبالتالى يتغير تركيبها الجزئى فيؤدى إلى تلف الخلايا الخضرية ويعتقد البعض عدم توفر (أو قلة) هذه المراكز بالجرثومة يؤدى إلى مقاومة الجرثومة للإشعاعات .

٤ – مقاومة المواد الكيمائية .

إنبات الجراثيم Spores germination

عندما تتحسن الظروف البيئية تبدأ الجرثومة فى الإنبات ويصاحب ذلك عدة تعبيرات فى خصائص الجرثومة منها :

١ – تفقد الجرثومة قدرتها على كسر الضوء reflactivity

٢ – ازدياد قدرتها على امتصاص الماء .

٣ – ازدياد قابليتها للصبغ بالطرق البسيطة .

٤ – تفقد قدرتها على مقاومة الحرارة .

٥ – نقص فى الوزن الجاف للجرثومة وذلك نتيجة إلى خروج بعض المواد الكيميائية مثل أيونات الكالسيوم – حمض داى بيكولينيك – داى بيكولينات الكلسيوم – والميوكوبيتيد .

مراحل الانبات : (خطوات لإنبات)

بعد حدوث التغييرات السابقة وبالرغم من نقص الوزن الجاف إلا أنه يحدث زيادة فى حجم الخلية ثم يبدأ الغلاف الجرثومى فى تشرب الماء ثم ينشق قطريا أوبالقرب من طرف الخلية (طرفيا) ثم تبرز خلية جديدة من بين الأغلفة أى تبدأ الخلية لخضرية التكشف من خلال الجرثومة ثم توصل نموها حيث أن الظروف البيئية تكون مناسب لذلك.

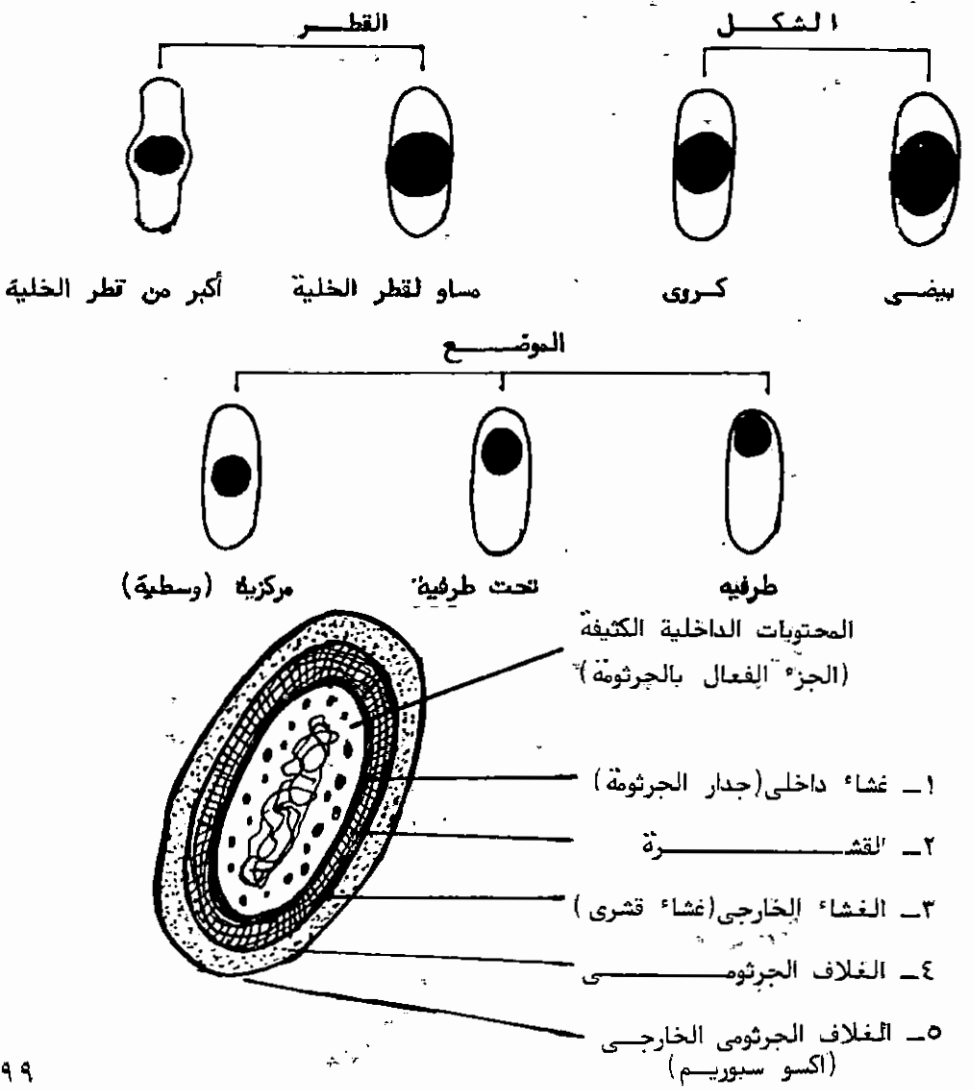
العوامل المحفزة لسرعة انبات الجراثيم .

١ – إحداث صدمة حرارية عند درجة حرارة أقل من الدرجة المميتة Leathal temperature للخلية الخضرية لفترة زمنية تتراوح بين دقيقة وساعة حسب نوع البكتيريا وعمر الجرثومة وظروف تواجدها

٢ – تحضين الجراثيم البكتيرية عند درجة حرارة ٣٠°م لمدة ٥ دقائق فى مخلوط من الماء والكحول الاثيلى ، علما بأن الماء النقى بمفرده والكحول أيضا بمفرده لا يشجعان الجراثيم على الإنبات . (خلطهما معا يؤدى إلى نوع من التعاون Synergism) .

٣ - إضافة بعض المواد المنشطة لإنبات الجراثيم مثل مستخلص الخميرة أو أحد السكريات مثل الجلوكوز أو الفركتوز أو أحد الأحماض الأمينية مثل ل – ألانين L-alanine أول – اسباراجين L- asparagine أول – جلوتامين L-glutamine أو إضافة أيونات البوتاسيوم K^{+} أو الكالسيوم Ca^{++} أو المغنيسيوم Mg^{++}.

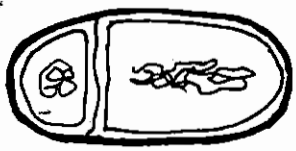
المظهر الخارجى للجراثيم البكتيرية



التركيب الداخلى للجرثومة البكتيريـــه

١ـ يتحول الخيط الصبغى د٠ن ٠أ٠ إلى خيط طويـل

٢ـ انفصال الكروموسوم إلى كروموسومات فردية ويذهب أحدها إلى أحـــد طرفى الخلية ويصاحبه اختنـــاق فى الغشاء البلازمـى٠

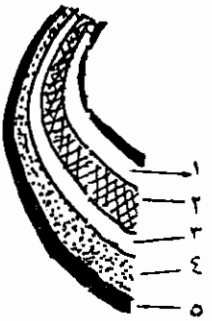


٣ـ يزداد الاختناق ويتميز إلى غشاء يحيط بالجرثومة البانئة فـــى التكوين ٠

٤ـ تتكون القشرة ثم يتكون الغلاف بطبقاته المتعددة٠

٥ـ يبدأ تكوين الغلاف الجرثومـــى الخارجى٠

٦ـ تزداد طبقات الغلاف الجرثومـى فى السمك. ويعد ذلك خطـــور فى تكوين الجرثومـة٠



مقطع لتوضيح تركيب جدار الجرثومة

الفصل الثالث
الاحتياجات الغذائية والتغذية فى البكتيريا

Nutritional requirements and nutrition of bacteria

أولا : الاحتياجات الغذائية Nutritional requirements

تعد التغذية فى البكتيريا تغذية نباتية Holophytic mode of nutrition حيث تحصل البكتيريا على احتياجاتها من المواد الغذائية فى صورة ذائبة فى الماء ، وتلعب الإنزيمات الخارجية التى تفرزها البكتيريا خارج الخلية دور كبير فى عملية الحصول على الغذاء وتحتاج الخلية البكتيرية إلى الماء بصورة أساسية شأنها شأن كل الكائنات الحية ، حيث يمثل للماء حوالى ٨٠ – ٩٠٪ من وزن الخلية البكتيرية ، وتحتاج الخلية البكتيرية أيضا إلى الايدروجين ، الاكسوجين ، النيتروجين ، الفوسفور ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكبريت ، الحديد ، المغنسيوم ، الكالسيوم بنسب مختلفة بناء على أهمية المادة بالنسبة للخلية البكتيرية وتم تقسيم العناصر الغذائية إلى :

١ – **العناصر الأساسية** Essential elements وتعرف أيضا بالمغذيات الكبرى macro-nutrient وهى المواد الواجب توافرها باستمرار فى الوسط الغذائى حيث تحتاجها البكتيريا بكميات كبيرة مثل البوتاسيوم والكالسيوم والحديد .

٢ – **العناصر غير الأساسية** Non-essentialelements وتعرف أيضا بالمغذيات الصغرى micro-nutrient وهى مواد تحتاجها الخلية بكميات قليلة .

٣ – **عوامل النمو** Growth factors وهى مواد عضوية معقدة لا تستطيع البكتيريا تخليقها وتحتاجها البكتيريا بصورة أساسية فى العمليات الحيوية مثل العمليات الإنزيمية وغيرها . أو تدخل كمواد بادئة فى تخليق مواد عضوية هامة للخلية ، وتلعب الفيتامينات Vitamins دورًا هامًا كعوامل نمو مختلفة لأنها تدخل فى تركيب عدد من المرافقات الإنزيمية أو تعمل هى كمرافقات إنزيمية لعدد من الإنزيمات ، لذلك لابد من إضافة هذه المواد إلى الأوساط الغذائية البكتيرية .

وبالرغم من أن الاحتياجات الغذائية للبكتيريا متباينة إلا أن جميع الخلايا البكتيرية تستعمل طرق موحدة فى استغلال الطاقة وبناء البروتوبلازم فبعضها يمكن أن تنمو فى

منابت غذائية بسيطة تتكون من أملاح الأمونيوم وثانى أكسيد الكربون ، وبأكسدة واختزال هذه المواد يمكن للخلايا أن تولد الطاقة اللازمة لبناء بروتوبلازمها المعقد التركيب ، كما أن بعضها لا يستطيع النمو إلا فى المنابت الغذائية المضاف إليها كربون عضوى مثل الجلوكوز ، أحماض أمينية – فيتامينات وغيرها ، وعلى هذا فالبيئة التى تعيش عليها الخلية البكتيرية يجب أن تحتوى العناصر المكونة للبروتوبلازم مثل – الكربون – الأكسجين – النيتروجين – الفوسفور – الكبريت – وغيرها من مكونات البروتوبلازم ويجب أن تكون هذه المواد فى صورة سهلة للاستخدام وتتوفر فيها الخصائص التالية :

١ – قابلية هذه المواد للتحلل خارج الخلية إلى وحدات بسيطة التركيب بواسطة الإنزيمات الخارجية حتى يسهل على الخلية امتصاصها .

٢ – سهولة مرور هذه المواد بطريق الانتشار Diffusionأو الانتقال Transport عبر الغشاء البلازمى .

٣ – مقدرة المواد على الاندماج والارتباط ببروتوبلازم الخلية بواسطة النظم الإنزيمية الموجودة بالخلية .

٤ – مقدرة الخلية على الاستفادة من هذه المواد وهذا يتوقف على نوع المحتويات الإنزيمية بالخلية .

فعلى سبيل المثال أملاح الأمونيوم تكون غالبا قابلة للذوبان فى الماء ولها القدرة على دخول الخلية البكتيرية عن طريق الانتشار البسيط فتستطيع الخلية الاستفادة بها للقيام بالوظائف الهامة كما يتضح فيما يأتى :

(أ) بكتيريا النيتروزوموناس Nitrosomonasوهى بكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية تقوم بالاستفادة من أيون الأمونيا NH_4^- بالصور التالية :

١ – مصدر للطاقة نتيجة أكسدة الأمونيا NH_4^- إلى ($_2No$) نيتريت Nitrite

٢ – استغلال أيون الأمونيا كمصدر للنيتروجين وبالتالى تستطيع الخلية بناء الأحماض الأمينية اللازمة لها .

٣ – يدخل فى بناء القواعد النيتروجينية اللازمة لتكوين الأحماض النووية .

(ب) أما فى البكتيريا غير ذاتية التغذية والتى تستعمل أيون الأمونيا نفسه فإنها لا تستطيع أكسدته للحصول على الطاقة ، ولكنها تستخدم أيون الأمونيا كمصدر للنيتروجين وتستغله فى بناء الأحماض الأمينية والنووية .

على سبيل المثال أيضا نجد أن جزىء سكر الجلوكوز له وظيفة غذائية مزدوجة بالخلية البكتيريا فهو مصدر بنائى لأنواع عديدة من البكتيريا غير ذاتية التغذية ولذلك يعد مادة غذائية ضرورية Essential nutrient أما جلوكوز – ٦ – فوسفات وهو المركب البادىء فى أكسدة سكر الجلوكوز فتمتصه البكتيريا ببطء ويعتبر مادة أيضية ضرورية Essential me-abolite وعلى ذلك فالمادة الواحدة تعد مصدر للطاقة ومصدر للبناء فى وقت واحد .

المواد الغذائية والطاقة :

(أ) هناك عدد قليل من الأنواع البكتيرية تستطيع الاستفادة بالطاقة الضوئية بطريقة مماثلة للنباتات الراقية لاحتوائها على أصباغ تمثيلية ملونة تشبه الكلوروفيل النباتى وتعرف بالبكتيريا الممثلة للضوء Photosynthetic وهذه الأصباغ تمتص الطاقة الضوئية وتستغلها لتحويل ثانى أكسيد الكربون إلى مواد كربوهيدراتية تدخل فى بناء الخلية ، أى تحصل الخلية على احتياجاتها الغذائية من خلال عملية البناء الضوئى .

(ب) وهناك كثير من الأنواع البكتيرية تحصل على الطاقة اللازمة لها نتيجة استخدام الكثير من المواد الكيماوية وتعرف فى هذه الحالة Chemosynthetic وقد تحتوى على أصباغ مختلفة ولكنها لا تستطيع الاستفادة من الطاقة الضوئية ، وتقوم هذه الأنواع من البكتيريا ببعض التفاعلات الكيميائية ينتج عنها مركبات غنية بالطاقة وتضم الأقسام الآتية :

١ – بكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemosynthetic Autotrophic

وهى تستطيع استخدام مركبات كيميائية غير عضوية للحصول على الطاقة أى تستطيع النمو على منابت تتكون من مواد غير عضوية وتؤكسدها لتحصل على الطاقة اللازمة لتثبيت ثانى أكسيد الكربون وتكوين المواد الكربوهيدراتية وبعضها يتطلب كبريت أو مواد كبريتية مثل أفراد جنس بيجيوتيا Begiatoa وجنس Thiobacillus والبعض الآخر يتطلب وجود الأمونيا مثل أفراد جنيس نيتروروموناس Nitrosomonas أو النيتريت Nitrite مثل جنس نيتروباكتر Nitrobacter

٢ – بكتيريا غير ذاتية التغذية الكيميائية Chemosynthetic Heterotrophic

وهى تستطيع استخدام مركبات عضوية للحصول على الطاقة وتستطيع استغلال ثانى أكسيد الكربون ولكن يلزمها مصدر كربونى عضوى مثل الكربوهيدرات ، أحماض

دهنية ، أحماض أمينية ، وتستغل هذه المواد كمصدر للكربون لبناء بروتوبلازم الخلية وأيضا كمصدر للمجهود نتيجة للنشاط الأيضى بالخلية .

٣ – بكتيريا اختيارية التغذية الذاتية Facultative autotrophic

وهي مجموعة من البكتيريا تستطيع أن تعيش بأى من الطريقتين السابقتين فعلى سبيل المثال – بكتيريا الهيدروجين التى تقوم بأكسدة الهيدروجين وتنطلق الطاقة حيث تستخدمها فى اختزال ثانى أكسيد الكربون وتكوين المواد الكربوهيدراتية حينئذ تعد ذاتية التغذية ، أما إذا استطاعت البكتيريا أكسدة الهيدروجين للحصول على الطاقة وتعتمد على مواد عضوية أخرى تعرف حينئذ بأنها غير ذاتية التغذية .

أى أن البكتيريا اختيارية التغذية الذاتية تعتمد على ظروف معيشتها فإذا توفر الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون فتتم التغذية الذاتية ، وعندما تتوفر المواد العضوية وتعتمد عليها البكتيريا وتستغنى عن الهيدروجين فتتم التغذية بطريقة غير ذاتية .

المواد الغذائية وبناء الخلية :

إن طبيعة المادة الغذائية فى كونها مصدرًا وحيدًا للكربون أو النيتروجين هو الأساس فى تحديد نمط التغذية وكذلك تحديد دور المادة الغذائية فى بناء الخلية وكذلك إمكانية تحول هذه المادة إلى مواد وسطية فى سلسلة تكوين الكربوهيدرات والدهون وابروتين والأحماض النووية (تكوين البروتوبلازم بصفة عامة) .

وتعد السكريات الأحادية مصدرًا وحيدًا للكربون للبكتريا ذاتية التغذية ويتحلل إلى مكوناته وتستطيع المواد الوسطية الناتجة أن تدخل فى بناء بروتوبلازم الخلية ، وكذلك الأمونيا فعند استخدام البكتيريا لها كمصدر وحيد للنيتروجين فيشترط فيها :

(أ) إمكانية ارتباطها مع مركبات وسطية فى سلسلة أكسدة الكربوهيدرت مثل الحمض العضوى الفاكيتوجلوتاريكketoglutari- ∝ فيتكون الحمض الأمينى جلوتاميك Gluamic acid أو حمض أكسال حمض الخليك Oxal acetic acid فيتكون الحمض لأمينى أسبارتيك Aspartic acidوبالتالى يتم بناء البروتين .

(ب) إمكانية ارتباطه مع المجاميع الفعالة لبعض الأحماض الأمينية أو النورية مثل مجموعة الجوانيدين Guanidineفى الحمض الأمينى أرجنين Arginine أو فى حلقات البيورين Purine البريميدين Pyrimidine فى جزئيات الأحماض النووية .

وعندما تمتلك الخلية البكتيرية كل طرق تثبيت الأمونيا ، وكذلك كل طرق تحول المركبات الناتجة من هذه العملية إلى مركبات أساسية لبناء مكونات الخلية ، حينئذ تستطيع الخلية البكتيرية الاعتماد على الأمونيا كمصدر وحيد وكاف للنيتروجين .

أما فى حالة عدم مقدرة البكتيريا القيام بواحد أو أكثر من التفاعلات السابقة الخاصة بتثبيت الأمونيا وتفاعلات الاستفادة بها فى تكوين البروتوبلازم فإنه من الضرورى إضافة الأحماض النووية أوالأحماض الأمينية إلى الوسط الغذائى حتى تستطيع الخلية البكتيرية النمو.

الاحتياجات المعدنية للبكتيريا :

تحتاج البكتيريا لكثير من الأيونات المعدنية حتى تستطيع النمو بصورة طبيعية حتى لو توفرت مصادر الطاقة والكربون والنيترجين ، وتختلف احتياجات البكتريا من الأنواع المختلفة لهذه الأيونات المعدنية ، ويلاحظ أن الكميات اللازمة للنمو من هذه الأيونات المعدنية تكون ضئيلة جدا ، وتلعب هذه الأيونات المعدنية دورًا هامًا فى تنشيط الكثير من التفعلات الأيضية المهمة ، وعموما يعد المغنسيوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، الحديد ، المنجنيز ، الزنك ، النحاس ، الكوبلت من العناصر الضرورية لنمو جميع الأنواع البكتيرية ، حيث تلعب هذه العناصر دورًا هامًا فى نمو وتكاثر معظم أنواع البكتيريا . وتتضح أهمية تلك العناصر من خلال دورها فى الوظائف الحيوية المهمة كما يلى :

١ – الفوسفور : له دور هام فى تكوين الأحماض النووية ، الفوسفوليبيدات ، المرافقات الإنزيمية، وكذلك تكوين مركبات خازنة للطاقة مثل .ADP.ATP.

٢ – الكبريت : يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية مثل السيستاين Cystine والميوثينين Methionine أى يدخل فى تركيب البروتين ، وكذلك تكوين بعض المرافقات الإنزيمية .

٣ – المغنسيوم : يشترك فى تكون الكلوروفيل البكتيرى ، وله دور هام فى تنشيط بعض الإنزيمات البكتيرية

٤ – المنجنيز : له دور هام فى تنشيط بعض التفاعلات الإنزيمية .

٥ – الزنك : يدخل فى مكونات بعض الإنزيمات ويؤدى إلى تنشيطها .

٦ – النحاس : يدخل فى مكونات بعض الإنزيمات ويؤدى إلى تنشيطها .

٧ – الحديد : يدخل فى إنزيمات نظام الأكسدة السيتوكرومية Cytochrome oxidase له دور عامل مساعد لبعض إنزيمات التنفس

٨ – الموليبدنم له دور هام فى :

(أ) تنشيط بعض التفاعلات الإنزيمية .

(ب) تثبيت النيتروجين الجوى .

٩ – الكالسيوم له دور هام فى تنشيط الإنزيمات المحللة للبروتين .

ثانيا : التغذية فى البكتيريا nutritioN of bacteria

بناء على الحقائق السابقة تقسم البكتيريا إلى المجموعات الغذائية التالية اعتمادا على الآتى :

١ - مصدر وطبيعة الكربون الذى تعتمد عليه البكتيريا .

٢ - مصدر الطاقة التى تعتمد عليها البكتيريا .

أولا : البكتيريا التى تستخدم ثانى أكسيد الكربون كمصدر وحيد وأساسى للكربون تعرف باسم البكتيريا ذاتية التغذية Autotrophic bacteria أى تستطيع تكوين مواد عضوية من ثانى أكسيد الكربون ومادة مانحة للهيدروجين وذلك باستخدام طاقة من أى من المصدرين الآتيين :

(أ) ضوء الشمس وتعرف باسم البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic autotrophic bacteria.

(ب) كيميائية نتيجة أكسدة بعض المواد اللاعضوية البسيطة وتعرف باسم لبكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemosynthetic autotrophic bacteria.

ثانيا : البكتيريا التى لا تستخدم ثانى أكسيد الكربون كمصدر أساسى للكربون ولكنها تستخدم مصادر كربونية عضوية كمصدر للكربون تعرف باسم البكتيريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic bacteria.

وتستخدم الطاقة من أى من المصدرين الآتيين :

(جـ) طاقة مصدرها ضوء الشمس وتعرف باسم البكتيريا غير ذاتية التغذية لضوئية Photosynthetic heterotrophic bacteria.

(د) طاقة مصدرها الكربون العضوى (مصادر كربونية عضوية) وتعتمد على طاقة كيميائية ، وتعمل المادة الكربونية العضوية فى هذه الحالة مصدر للكربون والطاقة وتعرف حينئذ بالبكتيريا غير ذاتية التغذية الكيميائية Chemosynthetic heterotrophic bacteria.

وستناول الآن هذه المجاميع المختلفة بشيء من التفصيل :

أولا : البكتيريا ذاتية التغذية Autotophic bacteria

١ – بكتيريا ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic autotrophic bacteria

تعتمد هذه المجموعة على الضوء كمصدر للطاقة اللازمة لها ، ذلك لاحتوائها على صبغات تمثيلية تستطيع امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية وتستخدم المواد اللاعضوية كمانح للهيدروجين ، والأخير يقوم باختزال ثانى أكسيد الكربون وتحويله إلى مو د عضوية ، تشبه عملية البناء الضوئى فى النبات الراقى .

يقوم النبات الأخضر باستعمال الماء H2O كمانح للهيدروجين Hydrogen-donor ومن ثم يتصعد الأكسوجين .

$$CO_2 + H2O \xrightarrow[\text{الكلورفيل}]{\text{الضوء}} CH_2O + O_2$$

ثانى أكسيد الكربون + الماء ← مادة عضوية + أكسوجين

$$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_2O + H2O + O_2$$

أما فى حالة البكتريا فإنها تستخدم كبريتيد الهيدورجين كمانح للهيدروجين .

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{الضوء}} CH_2O + H2O + 2S$$

كبريت + ماء + مادة عضوية ← كبريتيد الهيدروجين + ثانى أكسيد الكربون

ومن أمثلة البكتيريا التى يمكنها أن تضطلع بمثل هذا النمط من التغذية نذكر

بكتيريا الكبريت الخضراء Green sulpher bacteria .

بكتيريا الكبريت الأرجوانية Purple sulpher bacteria .

بكتيريا الكبريت غير الأرجوانية Non Purple sulpher bacteria .

والأنواع البكتيرية ذاتية التغذية الضوئية تعيش غالبا فى ظروف لا هوائية وهى بذلك تختلف عن البكتيريا الخضراء المزرقة والتى يمكنها أن تقوم بعملية البناء الضوئى فى ظروف هوائية مثلما يحدث فى النباتات الخضراء ، وقد اكتشف حديثا أن البكتيريا الخضراء المزرقة يمكنها استعمال الكبريتيد Sulphides كمانح للهيدروجين وهذا يعطى وجه قرابة فسيولوجية بين هذه المجموعة والبكتيريا ذاتية التغذية الضوئية وكذلك أفراد جنس اردومايكروبيم Rodomicrobium التى تستطيع القيام بعملية البناء الضوئى .

٢ – بكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemosynthetic autotrophic bacteria

هذا النوع من البكتيريا يمكنه أكسدة المواد اللاعضوية فتتولد طاقة من عملية لأكسدة وتستخدم الطاقة المنطلقة فى اختزال ثانى أكسيد الكربون فى وجود الماء وتتكون مادة عضوية ، وتعد البكتيريا التى تسلك فى تغذيتها هذا المسلك بكتيريا اضطرارية لهذا النمط من التغذية ، ذلك لأنها لا تستطيع أن تولد طاقة لتختزل ثانى أكسيد الكربون إلا إذا سلكت هذا المسلك ومن أمثلة المواد اللاعضوية التى تؤكسدها أجناس مختلفة من هذه المجموعة من البكتيريا ما يلى :

(أ) المواد النيتروجينية غير العضوية البسيطة : مثل :

الأمونيا Ammonia حيث تقوم بكتيريا تابعة لجنس نيتروزوماناس Nitrosomonas والتى تؤكسد الأمونيا إلى نيتريت Nitrite وتنطلق الطاقة ثم تقوم بكتيريا تابعة لجنس نيتروباكتر Nitrobacter والتى تؤكسد النيتريت إلى نترات Nitrate وتنطلق الطاقة وتعرفان ببكتيريا النتيرة Nitrifing bacteria.

$$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow[\text{Nitrosomanar}]{\text{نيتروزوموناس}} 2HNO_2 + 2H_2O + \text{Energy}$$

$$2HNO_2 + O_2 \xrightarrow[\text{Nitrobacter}]{\text{نيتروباكتر}} 2HNO_3 + \text{Energy}$$

وهناك أجناس أخرى تستطيع أكسدة الأمونيا أو أملاحها مثل نيتروزوكوكس ، نيروزوسبيرا ، نيتروزوسيست ، نيتروزوجلوا .

(ب) كبريتيد الهيدروجين Hydrogen sulphide

$$H_2S + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow[\text{بكتريا الكبريت}]{\text{Sulpher bacteria}} S + H_2O + \text{Energy}$$

ويلاحظ أن هذه البكتيريا الكبريتية تختلف عن البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية فى عدم احتوائها على صبغات تمثيلية .

وهناك أيضا بكتيريا تستطيع أكسدة الكبريت للحصول على الطاقة الأزمة لاختزال ثانى أكسيد الكربون مثل بكتيريا ثيوباسيلوس ثيواوكسيدانس Thiobacillus thiooxidans

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4 + \text{Energy}$$

(حـ) بكتيريا الحديد Iron bacteria

تستطيع أكسدة الحديد ومركباته وتنطلق الطاقة حيث تستغل فى اختزال ثانى أكسيد الكربون مثل بكتيريا جاليونيللا Galionella.

$$4FeCO_3 + O_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{Galionella}} 4Fe(OH_3)4CO_2 + \text{Energy}$$

(د) بكتيريا الهيدروجين Hydrogen bacteria

تستطيع أكسدة الهيدروجين ويتكون الماء وتنطلق الطاقة التى تستخدم فى اختزال ثانى أكسيد الكربون .

$$2H_2 + O_2 \xrightarrow[\text{bacteria}]{\text{Hydrogen}} 2H_2O + \text{Energy}$$

ثانيا : البكتيريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic bacteria

١ – بكتيريا غير ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic heterotrophic bacteria

خلاياها هذه المجموعة تحتوى على كلوروفيل بكتيرى وبالتالى يمكنها استغلال الضوء كمصدر للطاقة ولكنها تستغل مواد عضوية مانحة للهيدروجين حيث يقوم الهيدروجين باختزال ثانى أكسيد الكربون وتكوين المادة العضوية ومن أمثلتها البكتيريا غير الكبريتية الأرجوانية Non-sulpher purple bacteria والتى تنتمى للعائلة Rodospirillaceae حيث تستخدم الكحولات أو الأحماض الدهنية كمصدر للهيدروجين وذلك كما يتضح من المعادلة السابقة .

$$2H - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{C}} - OH + Co_2 \xrightarrow[\text{كلوروفيل بكتيرى}]{\text{ضـــوء}} 2\,\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{C}} = O + CH2 + H2O$$

ماء + مادة عضوية + استيون ← ثانى أكسيد الكربون + كحول ايزوبروبيل

٢ – بكتيريا غير ذاتية التغذية الكيماوية Chemosynthetic heterotrophic bacteria

معظم الأجناس البكتيرية تتبع هذا النمط من التغذية (غير ذاتية كيمائية) حيث تعتمد على مصدر طاقة كيماوية وذلك باستخدام مركبات عضوية كمصدر أساسى للكربون ، ويعمل الكربون المستخدم كمصدر للطاقة والكربون معا ، وتضم الأنماط الآتية

(أ) الترمم Saprophytes يشمل غالبية الأجناس البكتيرية والتى لا تستطيع الاعتماد على مواد عضوية ميتة وهذه تسمى بالبكتيريا الرمية .Saprophytic bacteria

(ب) التطفل Parasites بكتيريا تعيش على أنسجة حية وتسمى هذه البكتيريا المتطفلة prastic bacteria وتسبب ضررا (أمراضا) لعوائلها .

(جـ) التكافل Symbioses يضم عدد قليل من البكتيريا تستطيع أن تعيش متكافلة مع كائنات حية أخرى وتعرف بالبكتيريا المتكافلة Symbiotic bacteria.

وسنتكلم عن كل منها بإيجاز بسيط .

(أ) البكتيريا الرمية : Saprophytic bacteria

وهى تنمو على المواد العضوية الميتة وتوجد فى التربة والماء والهواء واللبن والأطعمة وغيرها ، ولهذه الأنواع احتياجات غذائية مختلفة عن بعضها البعض فمنها ما يعيش على المواد العضوية الميتة فقط وبذلك تسمى إجبارية الترمم Obligate saprophytes أما الأنواع التى تستطيع النمو على المواد العضوية الميتة وعلى الكائنات الحية وعادة لا تسبب أمراض وبذلك تسمى اختيارية الترمم Facultative saprophytes ومنها ما يتسطيع النمو على بيئات تركيبية بسيطة تحتوى مكونات غذائية مختلفة متضمنة مصدر كربون عضوى ومصدر نيتروجين عضوى أو غير عضوى بالإضافة إلى بعض العناصر المعدنية .

(ب) البكتيريا المتطفلة : Parasitic bacteria

وهذه المجموعة يصعب تنميتها على المنابت الغذائية التركيبية ولابد لها أن تعيش على خلايا حية فقط وتسمى هذه البكتيريا إجبارية التطفل Obligate parasites وهناك بعض الأنواع تستطيع المعيشة أيضا على المواد العضوية الميتة ، لذلك تسمى اختيارية التطفل Facultative parasites.

وقد تتطفل هذه البكتيريا على الإنسان والحيوان والنبات ، وغالبا ما تسبب أمراضا خطيرة لعوائلها .

(جـ) البكتيريا المتكافلة : Symbiotic bacteria

أشهر البكتيريا المتكافلة التابعة لجنس الرايزوبيم Rhizobium وهى بكتيريا متعددة الأشكال وتعيش متكافلة على جذور البقوليات داخل عقد معينة تسمى العقد الجذرية حيث تقوم البكتيريا بتثبيت النيتروجين الجوى فى صورة مواد نيتروجينية عضوية يستفيد

منها النبات البقولى وتأخذ البكتيريا المواد الكربوهيدراتية من النبات ، وتلعب الأنواع التابعة هذا الجنس دورًا هامًا فى خصوبة التربة ، حيث أنها تزيد محتوى التربة النيتروجينى .

ومن البكتيريا المتكافلة أيضا تلك التى تعيش فى القناة الهضمية لكثير من الحيوانات الثديية ، حيث تحصل هذه البكتيريا على احتياجاتها الغذائية الموجودة فى القناة الهضمية ، وفى نفس الوقت فهى ذات فائدة للحيوان ذلك أنها تقوم بتحليل بعض المركبات كبيرة الجزئيات وتنتج مركبات غذائية مفيدة للحيوان ، وقد يعتبر البعض هذه العلاقة معايشة Commonsalism.

التداخل الغذائى : Nutritional interactions

عند وجود كائنين أو أكثر معا فى بيئة واحدة فإن المجموع الكمى والنوعى للنشاط الأيضى لنموهما قد يختلف عن النشاط الأيضى لكل منهما عند نموه منفردا فى نفس البيئة كما ونوعا ، وتحدث هذه الظاهرة نتيجة التداخل الأيضى والغذائى بينهما وتعرف هذه الظاهرة باسم المعاونة Synergism.

فالكائنات التى تعيش على وسط غذائى يحتوى على مواد غذائية بسيطة وتقوم ببناء موادها الخلوية والبروتوبلازمية تستطيع أن تفرز كميات بسيطة من الفيتامينات أو الأحماض النووية أو مواد أيضية أخرى وتعتبر هذه المواد ضرورية لنشاط ونمو كائن آخر يعرف ذلك بالتأثير التعاونى Synergistic effects وتعرف هذه الظاهرة باسم المعاونة Synergism وقد يحدث عكس ذلك تماما وتعرف الظاهرة فى هذه الحالة بالتضاد Antagonism حيث يفرز كائن ما مواد تعيق نمو ونشاط كائن آخر .

التبادل الغذائى (التبادلية الغذائية) : Cross-feeding

وهى علاقة غذائية معقدة بين الكائنات الدقيقة وفيها يعتمد كائن ما على كائن آخر فى بعض العناصر الغذائية الضرورية فى ظروف نقص تغذية كل منهم بمفرده ، فمثلا بعض الكائنات الدقيقة لا تستطيع تجهيز البريميدين فى جزىء الثايمين فى حين إن كائنات أخرى لا تستطيع تجهيز الثيازول فى جزىء الثايمين وتستطيع هذه الكائنات النمو معا على وسط غذائى لا يحتوى على أى من البريميدين أو الثيازول حيث أن كل كائن يمد الآخر بالمادة الغذائية الضرورية له .

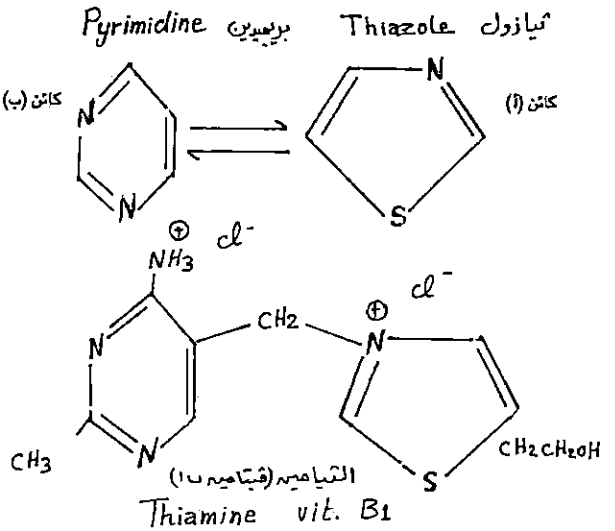
كائن (أ) لا يستطيع تجهيز البريميدين فى جزىء الثايمين ويتطلبه

كائن (ب) لا يستطيع تجهيز الثيازول فى جزىء الثايمين ويتطلبه .

في حالة تمثيلهم معا :

أ ↓↑ يأخذ البريميدين من الكائن (ب) ويكون الثايمين .

ب يأخذ الثيازول من الكائن (أ) ويكون الثايمين .



الفصل الرابع

التنفس Respiration

تتميز جميع الكائنات الحية بقدرتها على إطلاق (تحرير) الطاقة باستمرار ، ويتم ذلك بتفكيك المواد المعقدة الغنية بالطاقة والموجودة بداخل الخلايا إلى مواد أبسط (نواتج وسطية) ثم إلى مكوناتها الأساسية (ناتج نهائى) وذلك بواسطة الأكسجين الممتص وتنطلق الطاقة وثانى أكسيد الكربون (CO_2) ، واستعملت كلمة التنفس للتعبير عن عملية التبادل الغازى ويعرف هذا النوع من التنفس – التنفس الهوائى أو الأكسجينى Aerobic or Oxygen respiration وقد تنطلق الطاقة من خلال تفاعلات لا يتم فيها التبادل الغازى فبعضها لا يستهلك الأكسجين بعضها لا ينتج ثانى أكسيد الكربون ويعرف هذا النوع من التنفس – التنفس اللاهوائى أو اللاأكسجينى AnaerobicorNonoxygenrespiration حيث تتحلل المواد الخازنة للطاقة والموجودة داخل الخلايا تحللا جزئيًا ينتج عنه مركبات وسطية وينطلق قدر ضئيل من الطاقة وجزئيات ثانى أكسيد الكربون وتشبه هذه العملية عملية التخمر الكحولى التى تقوم بها فطرة الخميرة ، ولكن من الأفضل استخدام لفظ ، التنفس للاهوائى ، على العمليات اللاهوائية فى النباتات الراقية ولفظ – التخمر ، على العمليات المماثلة للعمليات اللاهوائية وتحدث فى الكائنات الدقيقة مثل البكتريا وفطرة الخميرة .

وبالنسبة للبكتيريا فإنها قد تحتاج إلى الأكسوجين الغازى أو لا تحتاج إليه ، وعلى ذلك تم تقسيم البكتيريا بالنسبة لاحتياجاتها الهوائية (الأكسجين) إلى المجاميع الآتية :

١ – بكتيريا هوائية إجبارية Strict aerobic

وهى التى تنمو وتتكاثر فى وجود الأكسجين فقط ، ولاتنمو إطلاقا فى غيابه

٢ – بكتيريا غير هوائية إجبارية Strict anaerobic

وهى التى تنمو وتتكاثر فى غياب الأكسجين ، وتؤدى الظروف الهوائية إلى موت افراد بعض هذه المجموعة مثل افراد النوع كلوستيريديم أسيتوبيوتيلكم Clostridium acetobutylicum وأنواع جنس باكتيرويد Bacteroids إلا أن هناك بعض أنواع جنس كلوستريديم تستطيع المعيشة فى الضغوط المنخفضة للأكسجين بحيث لاتريد عن

٢٠ ميلليجرام / لتر فتعرف فى هذه الحالة بالبكتيريات المتحملة لظروف التهوية Aerotolerant

٣ – بكتيريا اختيارية Facultative bacteria

وهذه المجموعة الاختيارية تستطيع النمو والتكاثر فى الظروف الهوائية وغير الهوائية وتسمى بأى من التسميتين الآتيتين :

(أ) إختيارية هوائية Facultative aerobic

(ب) إختيارية غير هوائية Facultative anaerobic

٤ – بكتيريا محبة لقليل من الأكسجين Microaerophilic

وهى التى تنمو بدرجة أفضل فى وجود تركيزات منخفضة من الأكسجين مثل بكتيريا حمض اللاكتيك – لاكتوباسيلوس بلانتاريم Lactobacillus plantarum

وتقوم البكتيريا بعمليتين اساسيتين يتم خلالهما انطلاق الطاقة .

١ – إزالة الهيدروجين أو الإنكترونات وتوصيلها للأكسجين الغازى خلال عملية التنفس الهوائى (الأكسجين) ويعد الأكسجين الغازى مستقبل الهيدروجين Hydrogen acceptor وحينئذ يتكون الماء .

٢ – إزالة الأيدروجين أو إلكترونات وتستقبل بواسطة مركبات أخرى غير الأكسجين وهو ما يحدث بعملية التخمر . أى أن المركبات العضوية هى مستقبل الأيدروجين .

وتعد عملية إزاحة الهيدروجين واحتراقه من الأكسجين وتحوله إلى ماء عملية أكسدة Oxidation وهذه الإزاحة تتم على صورتها الذرية (٢يد) أو على صورة أيونية (يد+) علاوة على الإلكترونات ، أى أن المادة الداخلة فى التفاعل يقل محتواها الهيدروجينى وبالتالى زيادة محتواها الأكسجينى أى أنها تأكسدت .

والهيدروجين المرتبط بمواد عضوية يتم نزعه من خلال عملية تسمى نزع الهيدروجين Dehydrogenation ثم يتجه حيث يتم تحويله إلى ماء ، وقد يتجه إلى مركب عضوى آخر (وسيط) وتنتج عن هذا الانتقال إنتاج طاقة ولكن بكمية أقل ، وحيث أن الهدف النهائى لهذه العملية هو تكوين الماء كناتج نهائى أيضًا فإن كل الطاقة المتكونة تتكون بمجرد تكوين الماء وعملية إنتقال الهيدروجين لاتتم دفعة واحدة لكى تنطلق الطاقة وتكوين الماء ، ولكن ينتقل الهيدروجين مسافة قصيرة وينطلق جزء من الطاقة ثم يتكرر الانتقال لمسافات أخرى فى مراحل متتابعة وفى كل مرحلة ينطلق جزء من الطاقة إلى أن يتكون

الماء ، ونظرًا لأن الارتباط بين الهيدروجين والمواد العضوية المستقبلة له (مستقبلات الهيدروجين) مشابه لارتباط الهيدروجين والأكسجين فى جزئيات الماء ، فإن عملية نزع الهيدروجين Dehydrogenation تؤدى إلى انطلاق الطاقة بالرغم من عدم تكوين الماء ، هذا يفسر قدرة الكائنات اللاهوائية على المعيشة بعيدًا عن الأكسجين .

وعمومًا تتطلب هذه العمليات أنواع من المواد العضوية ذات خصائص معينة تبعًا لقدرة هذه المواد على منح الهيدروجين لمادة أخرى أو استقبال الهيدروجين من مادة أخرى وذلك كما يلى :

(أ) المادة المعطية (المانحة) للهيدروجين Hydrogen doner .

وهى المادة العضوية التى تستطيع أن تعطى (تمنح) هيدروجينها المرتبط وبسهولة إلى مادة أخرى .

(ب) المادة المستقبلة للهيدروجين Hydrogen acceptor

وهى المادة التى تستقبل الهيدروجين بسهولة .

مستقبلات الهيدروجين

الهيدروجين المنزوع يتجه إلى مستقبلات هيدروجينية مختلفة بناء على نوع التنفس وذلك كما يأتى :

١ – يتجه مباشرة إلى الأكسجين ويتكون الماء كناتج نهائى للتفاعل وتنطلق الطاقة أى أن لأكسجين الجزئى مستقبل للأيدروجين .

٢ – يتجه إلى مركبات عضوية أخرى وتنطلق كمية ضئيلة من الطاقة أقل من الحالة الأولى أى أن هناك مستقبلات للأيدروجين غير الأكسجين الغازى .

أولا : الأكسجين الغازى كمستقبل للهيدروجين

Gaseous oxygen as hydrogen acceptor

إن عملية نزع ونقل الهيدروجين وصولا إلى الأكسجين الغازى تتطلب وجود نظم إنزيمية مختلفة (ومرافقاتها) بالخلية ، بعض منها يقوم بنزع الهيدروجين فى صورته الذرية (2H) وبعض منها يقوم بعملية نقل الهيدروجين والبعض الآخر يساعد فى إتمام التفاعل بين الهيدروجين والأكسجين الجزئى (الغازى) لأن الهيدروجين المنزوع لا يتفاعل مباشرة مع الأكسجين ويتم ذلك من خلال ثلاث طرق هى طريقة الأكسدة المباشرة أو طريقة السيتوكروم المباشر وطريقة السيتوكروم غير المباشر .

١ – الأكسدة المباشرة Direct oxidation

تقوم بهذه العملية مجموعة من الإنزيمات النازعة للأيدروجين Dehydrogenases والتى توجد بكثرة فى الأنسجة الحية ويطلق عليها ايضًا اسم إنزيمات الأكسدة الأمينية Amino acid oxidases (وقد تكون من النوع L أو D) وهى ذات تركيب خاص يسمح بحدوث تفاعل بين الهيدروجين المنقول والأكسجين الغازى مباشرة ويتكون (H_2O_2) فوق أكسيد الهيدوروجين وليس الماء ، وتتميز أيضًا بوجود مجموعة الريبوفلافين كمجموعة نشطة مرتبطة بالبروتين الإنزيمى وبعض منها يحتوى على الحديد أو النحاس . وتوجد هذه الإنزيمات فى بعض الكائنات دون الأخرى .

وفى بعض الكائنات والتى تحتوى على هذا النظام الإنزيمى . لا يتكون (H_2O_2) فوق أكسيد الهيدوجين كناتج نهائى لاحتوائها على إنزيم الكاتاليز Catalase الذى يحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وأكسجين .

٢ – نظام السيتوكروم المباشر Direct cytochrome system

وهو مجموعة من الإنزيمات التى تستطيع اختزال صبغات السيتوكروم مباشرة وتقوم هذه الصبغات المختزلة بالتفاعل مع الأكسجين الغازى ويتكون الماء ، وتعتبر هذه الوسيلة هى الطريقة الوحيدة لنقل الأيدروجين إلى الأكسجين فى بعض الكائنات ومن أمثلة هذه الإنزيمات Succinic dehydrogenase.

٣ – نظام السيتوكروم غير المباشر Indirect cytochrome system.

وهو مجموعة من إنزيمات إزالة الأيدروجين قادرة على اختزال المرافقات الإنزيمية وتحويلها إلى الصورة المختزلة (DPNH2→ DPN) (TPNH2→ TPN) وهذه المرافقات المختزلة لا تتفاعل مع كل من الأكسجين الجزئى أو صبغات السيتوكروم ولكنها تستطيع اختزال بعض البروتينات المحتوية على الفلافين Flavine والذى فوريز Diphorase وتعرف باسم Cytochrome reductase والموجودة بالنظم الأنزيمية التحويلية حيث تستطيع التفاعل مع صبغات السيتوكروم والتى تقوم بدورها بنقل الأيدروجين إلى الأكسجين الجزئى.

(أ) فى حالة وجود مادة الفلافين Flavine

يتطلب المرافق الإنزيمى (DPN) COI وذلك كما يلى

$$CH_3\text{-}COOH \xrightarrow{\text{malic dehydrogenase}} CH_3COOH + DPNH2$$

$$CHOH\text{-}COOH + DPN \qquad\qquad CO\text{-}COOH$$

Malic acid + CO Enzyme I ⟶ Oxal aceetic acid + reduced CO I

مرافق إنزيمى I مختزل + أوكسال حمض الخليك — مرافق إنزيمى + حمض الماليك .

(ب) فى حالة وجود مادة داى فوريز Diaphorase

يتطلب المرافق الإنزيمى (TPN) CO-II

$$\begin{matrix} CH_3CH_3COOH \\ NHCH_3COOH \end{matrix} + TPN \xrightarrow[\text{dehydrogenase}]{} \begin{matrix} CH_2CH_2COO \\ CNH\text{-}COOH \end{matrix} + TPNH_2$$

Glutamic acid + Coll ⟶ Aminoglutamic acid + reduced Co II

ويعتبر هذا الطريق أهم الطرق للوصول للأكسجين الجزئى وإنتاج طاقة وفيرة . ويلاحظ أن الخطوة الأخيرة من التفاعلات التنفسية تعتمد على إنزيم عبارة عن صبغة تنفسية Cytochrome oxidase والتى تتفاعل صورتها المختزلة مع الأكسجين الغازى بطريقة متشابهة لتفاعل الأكسجين مع هيموجلوبين الدم وتكوينه لمادة الأوكسى هيموجلوبين ، ونتيجة لذلك التفاعل تتكون مادة تشبه مادة الأوكسى هيموجلوبين ، وعندما يحدث ذلك التفاعل بين الصبغة المختزلة Cytochrome oxidase والأكسجين يتأكسد الحديدوز إلى حديديك وبذلك ينتهى دور الأكسجين فى عملية التنفس ويعتبر اتحاده مع الأيدروجين الخلوى وتكون الماء من التفاعلات البيولوجية المهمة .

وتتركز إنزيمات الأكسدة السيتوكرومية أساسا فى الميزوزومات البكتيرية (شبيهات الميتوكوندريا – بيت الطاقة فى الخلية) وأن بعض أنواعها والمحتوية على حديديك يمكنها أن تستعمل الكترونات من مجموعة الصبغات المحتوية على هيماتين Haematine والتى تعرف بصبغات السيتوكروم Cytochrome Pigments والتى أمكن تمييز ثلاث صبغات منها وهى أ ، ب ، جـ وتختلف هذه الصبغيات فى درجة تأكسدها وفى وجودها داخل الخلايا حيث تحتوى الخلايا البكتيريا على هذه الصبغيات أو عدد منها أو لا تحتوى على أى منها إطلاقًا وفى حالة عدم وجود هذه الأصباغ بالخلية البكتيرية فإنها لا تستطيع القيام بعملية الأكسدة السيتوكرومية السابقة ، ويعتقد أن هذه البكتيريا تحتوى على صبغات

أخرى تقوم بنفس دور صبغات السيتوكروم فى عملية الأكسدة ، فعلى سبيل المثال بكتيريا بسودموناس إيريجنوزا Psueomonas aeruginosa تحتوى على نوع من الصبغات يعرف باسم بيوسيانين Pyocyanine تستطيع أن تعمل كحامل للأيدروجين Hydrogen carrier لبعض الإنزيمات المزيلة للأيدروجين ، وهذا يوضح أن غياب نظام السيتوكروم يؤدى إلى عجز الخلايا عن استخدام الأكسجين ، والبكتيريا الخالية من الصبغات السيتوكرومية إما أن تكون غير هوائية إجبارية Strict-anaerobic أو محبة لقلة من الأكسجين Microaerophilicمثل لاكتوباسيللات Lactobacillii والكرويات السبحية Streptococcii.

ونظرا لأن صبغات السيتوكروم تحتوى على الهيماتين ومتصلة بالجزء البروتينى للإنزيم Apoenzyme كمرافقات إنزيمية وأن انتقال الإلكترون تؤثر على تحويل الحديديك إلى حديدوز فمن أين أتى الإكترون فى حين أن المزال من مادة التفاعل هو الأيدروجين ؟ ؟ للإجابة على هذا السؤال نشير إلى النظم التحويلية .

النظم الإنزيمية التحويلية Enzymatic transformation systems

هى نظم إنزيمية تتوسط صبغات السيتوكروم والمرافقات الإنزيمية ولها القدرة على تحويل الأيدروجين إلى أيونات والكترونات .

$$2H \xrightarrow[\text{تحويلية}]{\text{نظم إنزيمية}} 2H^+ + 2e$$

وتحتوى هذه النظم الإنزيمية على الفلافين والداى فوريز ولها تركيب خاص بحيث تكون أحد ذرات النتيروجين خماسية التكافؤ والأخرى ثلاثية التكافؤ ويسمح هذا التركيب بإعطاء الإلكترونات الواحد تلو الآخر لاختزال الصبغات المحتوية على الحديد أو أيونات الهيدروجين المنطلقة فتدخل فى محتويات الخلايا لتحل محل أيونات الهيدروجين التى اتحدت مع الأكسوجين ويحدث التوازن داخل الخلايا .

ثانيًا الاكسجين غير الغازى كمستقبل للهيدروجين

Hydrogen acceptors other than oxygen

فى حالة عدم توفر الأكسجين تعرى كمستقبل للأيدروجين بالخلية البكتيرية سواء من حيث عدم وجوده أو من حيث عدم قدرة البكتيريا على استغلاله فلابد للبكتيريا من

إستخدام مواد أخرى بديلة تحتوى على الأكسجين المرتبط والتى تستطيع استقبال الأيدروجين ويتكون الماء وتنطلق الطاقة ويقوم بذلك مجموعتين من البكتيريا وهما :

(أ) بكتيريا غير هوائية إجبارية وتستطيع نقل الأيدروجين إلى الأكسجين المرتبط وتستطيع النمو فى غياب الأكسجين الغازى بشرط وجود مواد تحتوى عليه مرتبطا .

(ب) بكتيريا غير هوائية ولا تضار بوجود الأكسجين حيث لاتمتلك القدرة على الاستفادة به ولكنها تستعمل الأكسجين المرتبط فقط .

وأفراد هاتين المجموعتين السابقتين تستخدم الأكسوجين المرتبط كمستقبل للأيدروجين ولكن بطرق مختلفة بناء على المادة المستخدمة والمحتوية على المرتبط ومن أبرز أمثلتها ما يلى :

١ – بكتيريات تستخدم الأكسجين المرتبط فقط كمستقبل للأيدروجين . وتضم

(أ) بكتيريات تستخدم الكبريتات كمستقبل نهائى للأيدروجين مثل بكتيريا Virbio desulfuricus وهى بكتيريا غير هوائية إجبارية وتنتشر فى الطبيعة .

(ب) بكتيريا الميثان وهى بكتيريا تستخدم ثانى أكسيد الكربون كمستقبل نهائى للأيدروجين ويتكون الميثان والأسيتون والماء .

$$4\,CH_3CHOH + CO_2 \xrightarrow{\text{Bacteria of Methan}} 4\,CH_3COCH_3 + CH_4 + 2H_2O$$

ماء + ميثان + أسيتون ← (بكتريا الميثان) ← ثانى أكسيد الكربون + كحول ايزوبروبيل (مستقبل) للهيدروجين ماخ للهيدروجين

٢ – بكتيريات تستخدم الأكسجين الغازى والمرتبط كمستقبلات للأيدروجين

هناك مجموعة من البكتيريا تستطيع إستخدام الأكسجين الغازى والمرتبط كمستقبلات للأيدروجين وهى بكتيريات هوائية إجبارية وتستطيع النمو فى غياب الأكسجين الغازى أيضًا إذ توفر فى الوسط مواد تحتوى على الأكسجين المرتبط أو أى مستقبلات الكترونية للأيدروجين مثل الفروسيانيد Ferrocyanide وفى معظم الحالات يمكن هذه المواد أن تقوم ببعض التفاعلات حتى تصل إلى الأكسجين بالطرق العادية وتستعمل

هذه البكتيريات النترات (ن أ٣) كمستقبل للأيدروجين ويتم ذلك من خلال عملية خاصة ووحيدة تعرف بعملية إزالة النيترة Denitrification حيث ينطلق النيتروجين الغازى (ن٢ – N2) فى النهاية ، وهى عكس عملية التأزت ، ويقوم بهذه العملية أنواع من جنس باسيلوس، جنس بسودموناس حيث يتم تحويل النترات (ن أ٣) والنيتريت (ن أ٢) إلى النيتروجين الغازى (ن٢) فى الظروف غير الهوائية ، والبكتيريا التى تستطيع استخدام النترات كمستقبل للأيدروجين ، تستطيع أيضًا اختزالها إلى الأمونيا (ن أ٣ – ن يـد٤+) وتسمى بعملية تمثيل النترات Nitrate assimilation وهى عملية مهمة بالنسبة لاعتبار النترات كمصدر للأكسجين المرتبط .

ويوجد عدد من البكتريات تستطيع استغلال النتراث (ن أ٣) كمستقبل للأيدروجين ومصدر للأكسجين المرتبط أيضًا وتستطيع اختزال النترات إلى نيتريت (ن أ٣ إلى ن أ٢) وفى هذه الحالة تقوم النترات بوظيفة تنفسية هامة ولكن بدرجة محددة حيث أن النيتريت الناتج قد يكون تأثير سام على الخلايا ، هذا التفاعل يساعد البكتيريا الهوائية إجبارا على النمو فى غياب الأكسجين الغازى وتعرف هذه العملية باسم إختزال النترات Nitrate reducton

٣ – بكتيريات تستخدم الأكسوجين المرتبط وتضار بالأكسوجين الغازى :

هناك قليل من البكتريا التابعة لجنس كلوسيتريديم Clostridium وأنواع أخرى غير هوائية يمكنها أن تنمو فى وجود كميات قليلة من الأكسجين أن غالبية البكتريات الغير هوائية إجبارًا لا تستطيع النمو فى وجود الأكسجين للأسباب التالية :

(أ) قد يكون الأكسجين سام لخلاياها .

(ب) فى وجود الأكسجين يتكون فوق أكسيد الأيدروجين (يد ٢ أ٢) والمعروف بسميته للبكتريا غير الهوائية والتى لا تمتلك إنزيم الكاتاليز Catalase والمسئول عن تحليل فوق أكسيد الأيدروجين إلى ماء وأكسجين .

$$H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} H_2O+\frac{1}{2}O$$

(جـ) فى وجود الأكسجين تحتاج البكتيريا اللاهوائية إلى مواد ذات قدرة تأكسيدية اختزالية منخفضة Oxidation reduction potential (O/R) ليتمكن من النمو حتى فى وجود الأكسجين

- القدرة التأكسدية الاختزالية (O/R)

هى مقدرة العناصر حسب ترتيبها بناء على جهدها التأكسدى فى سلسلة تسمى السلسة الكهروكيميائية حيث يكون جهد الأيدروجين صفر اختياريا ويحل كل عنصر فى السلسلة الكهروكيميائية محل العنصر الذى يليه فى مركباته ، والعناصر التى تعلو الأيدروجين تعد عوامل مختزلة قوية ، ومركبات هذه العناصر ذات جهد تأكسدى سالب (−) وتستطيع أن تحل محل الهيدروجين بسهولة ، أما العناصر الموجودة أسفل الهيدروجين تعد عوامل مؤكسدة تزداد قوتها التأكسدية بزيادة جهد التأكسد أى كلما تزلنا أسفل السلسلة الكهروكيميائية إزداد جهدها التأكسدى ويستطيع الأكسوجين الاتحاد بسهولة مع العناصر التى تعلوه فى السلسلة .

وبالنسبة للبكتيريا يلاحظ الآتى :

(أ) لاتستطيع البكتيريا غير الهوائية إجبارًا النمو على الأوساط الغذائية والمحتوية على مواد فوق أكسيد الأيدروجين أو البرمنجانات أو أى عامل مؤكسد قوى ، ولها جهد تأكسدى (−) سالب حيث تتفاعل هذه المواد مع الأيدروجين أسرع من البكتيريا غير الهوائية وبالتالى لا تستطيع النمو .

(ب) لاتستطيع البكتيريا الهوائية النمو فى وجود الهواء على أوساط غذائية تحتوى على الثيوجليكولات أو السيستايين أو الأيونات المعدنية حيث تعد عوامل مؤكسدة ضعيفة ولها جهد تأكسدى (+) موجب ولكن أقل من الجهد التأكسدى للأكسجين وبالتالى تتفاعل هذه المواد مع الأكسجين أسرع من البكتيريا الهوائية وبالتالى لا تستطيع النمو .

وفى كلتا الحالتين السابقتين يعزى عدم النمو إلى عدم قدرة الكائن على بدء النمو من كمية لقاح صغيرة حيث يتضح أن تأثير القدرة الاختزالية ينحصر فى بدء النمو .

ويعتقد أن السببين الأول والثانى غير كافيين لتفسير عدم قدرة البكتيريا غير الهوائية على النمو فى وجود الأكسجين والدليل على ذلك أنه عند تعرض بكتيريا غير هوائية إجبارية للأكسوجين لفترات طويلة لا يؤدى إلى موتها بل يوقف نموها فقط حيث أنها تستطيع النمو مرة ثانية بعد إبعاد الأكسجين ولو كان السبب الأول صحيحًا فإن تعرض البكتيريا للأكسجين يجب أن يمنع النمو نهائيا . وبالنسبة للسبب الثانى وهو تكون فوق أكسيد الهيدروجين (يد ٢ أ٢) والمفترض أنه قاتل للبكتيريا لا يحدث ذلك فى حدود معينة ولكن تأثيره هو تثبيط النمو فقط وليس مميتا للبكتيريا أى أن كل من الأكسجين

وفوق أكسيد الهيدروجين يعملان على تثبيط النمو فقط وليس لهما تأثيرًا قاتلا للكتريا ، وبالتالى لابد من تعديل وصياغة الأسباب السابقة بالمفهوم الأتى :

١ – وجود الأكسجين يمنع نمو البكتيريا فقط ، وقد يكون له تأثير سام ولكن بدرجة غير قاتلة للخلايا .

٢ – وجود الأكسجين يسمح بتكوين فوق أكسيد الأيدروجين (يد٢أ٢) ، قد يكون سام ولكن غير قاتل للخلايا .

٣ – ضرورة وجود مواد ذات قدرة تأكسدية اختزالية منخفضة حتى يحدث النمو فى غياب الأكسجين .

ونجد أن الأسباب الثلاث السابقة مترابطة معا ، وكل سبب يؤكد السببين الآخرين فى تفسير مقدرة البكتيريا غير الهوائية على النمو تحت ظروف هوائية أو بمعنى آخر فى وجود الأكسجين .

الفصل الخامس
نمو وتكاثر البكتيريا
Growth and Reproduction of Bacteria

مقدمة :

النمو – Growth

هو الزيادة فى الكتلة الخلوية Cell-mass سواء كانت للخلية الواحدة ، أو لمجموع الخلايا المكونة للمزرعة البكتيرية .

التكاثر – Reproduction

هو إنتاج أفراد جديدة أى الزيادة فى عدد الخلايا . Cell-number

ويلاحظ أن انقسام الكائنات وحيدة الخلية إلى خليتين جديدتين أى تكوين أفراد جديدة يعرف بالتكاثر أما نفس الانقسام فى الكائنات عديدة الخلايا فإنه يعد نمو لأنه يؤدى إلى زيادة فقط فى الكتلة الخلوية ولا يؤدى إلى تكوين أفراد جديدة ، وأن قدرة الخلية عى النمو والانقسام والتكاثر تتوقف على مدى قدرتها على استغلال المواد الغذائية المتاحة لتكوين مواد بروتوبلازمية تكفى لتكوين خليتين جديدتين .

وعندما تبدأ الخلية فى النمو فإنها تقوم بعدد من التفاعلات الأيضية تؤدى إلى زيادة محتواها ابروتوبلازمى من المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهنية والأحماض النووية ، وتتكون هذه المواد وفق شفرة وراثية بكل نوع من الأنواع البكتيرية ، أى أن الخلية تنمو أولاً ثم تبدأ عملية الانقسام ونتيجة لأسبقية النمو تتكون المواد البروتوبلازمية والمحتويات النووية الجديدة وحيما تصل هذه المواد إلى حجم معين تبدأ الخلية فى عملية الانقسام حيث يتكون أولا غشاء سيتوبلازمى عرضى Transverse Cytoplasmic membrane ويكون متصلا بالغشاء السيتوبلازمى للخلية الأصلية ومصاحبا لميزوسوماتها أيضا . ثم ينشق الغشاء السيتوبلازمى لتكوين الجدار الخلوى عن طريق ترسيب مكونات الجدار ثم يعقب ذلك انشقاق الجدار الخلوى العرضى الذى يتكون من طريقتين ، ثم تنفصل الحليتان عن بعضهما أو تظلان ملتصقتين لتكوين سلسلة أو تجمعات بكتيرية ، ويعتقد بعض العلماء أن انفصال الخلية البكتيرية إلى خليتين نتيجة تكوين حاجز عرضى يتركب

من مادة الجدار وينشأ من منطقة بجدار الخلية ويمتد إلى الداخل حتى يفصل الخلية إلى خليتين ثم يحدث ازدواج للجدار الجديد مما يسهل انفصال الخليتين الجديدتين المتكونتين .

أولا : طرق تقدير النمو Methods for growth determination

يتم تقدير النمو بالطرق الآتية :

I . Cell number	١ – تقدير عدد الخلايا
A. Plate Count	(أ) العد على الأطباق
B. Direct count (microscopic)	(ب) العد المباشر بالميكروسكوب
** Normal slide	* شريحة زجاجية عادية
* * Haemocytometer	* جهاز عد كرات الدم
II. Cell-mass	٢ – تقدير الكتلة الخلوية
A. Fresh weight	(أ) الوزن الرطب
B. Dry weight	(ب) الوزن الجاف
C. Volume	(جـ) تقدير الحجم
D. Total cell nitrogen	(د) تقدير المحتوى الكلى نيتروجين الخلية
E. Optical measurements	(هـ) قياس شدة الضوء النافذ بالقياسات البصرية
III . Cell activities	٣ – قياس النشاط الخلوى

١ – تقدير عدد الخلايا

(أ) العد على الأطباق :

وذلك يوضح كمية معلومة من اللقاح البكتيرى فى طبق بترى معقم ثم يصب عليه كمية من منبت الآجار المغذى والسابق إسالتها ويخلط الاثنان معا . وذلك بتحريك الطبق حركة دائرية على سطح مستوى لمدة ٣ دقائق ثم يحض فى درجة حرارة مناسبة ، ويتم عد المستعمرات النامية على سطح الآجار حيث أن كل مستعمرة تنتج عن خلية واحدة أى أن عدد المستعمرات يطابق عدد الخلايا ، إلا أن من أهم عيوبها تداخل المستعمرات مما يؤدى إلى تكوين مستعمرات مختلطة وكذلك أحيانا صعوبة لعد وفى هذه الحالة يتم إجراء سلسلة متدرجة من التخفيفات حتى يكون عدد المستعمرات محصورا

بين ٣٠ – ٣٠٠ مستعمرة ، ثم يضرب العدد الناتج من متوسط قراءة ٣ أطباق بترى * مقلوب التخفيف المستعمل وما زالت هذه الطريقة – وإن كانت توصف بعدم الدقة – وبخصة بكتيريا الغذاء والتربة والمياه تجرى بصورة روتينية فى خطوات تعريف البكتيريا .

(ب) العد المباشر بالميكروسكوب له طريقان :

* **استخدام الشريحة الزجاجية العادية :**

ويتم أخذ حجم معلوم من المزرعة البكتيرية أو المعلق البكتيرى (وليكن ٠,٠١ مل) ثم يفرد على شريحة زجاجية فى مساحة معينة على الشريحة وليكن ١ سم٢ ، ثم يثبت الغشاء بالحرارة ويصبغ الغشاء بالصبغة المناسبة وتعد الخلايا الفردية فى عدد من الحقول الميكروسكوبية ، وبحساب مساحة الحقل الميكروسكوبى (ط نق٢ – تحسب نق باستخدام عدسة ميكرومترية شيئية) وبالتالى يمكن حساب العدد الموجود فى مساحة ١ سم٢ وبالتالى عدد الخلايا الموجودة فى العينة المستخدمة .

* **استخدام شريحة جهاز عد كرات الدم (هيموسيتوميتر) :**

هذه الشريحة مقسمة إلى عدة أقسام صغيرة متساوية وتحتوى على تقسيمات عديدة مربعة ، وتمتلىء هذه المربعات بسائل يكافىء حجم الماصة الخاصة بالجهاز . وفى هذه الطريقة تملأ ماصة الجهاز (الخاصة به) بالنمو البكتيرى أو المعلق البكتيرى ثم يصب محتوى الماصة على الشريحة لتمتلىء جميع المربعات بمحلول المزرعة ثم يوضع الغطاء الزجاجى وتفحص الشريحة وذلك بعد البكتيريا فى عدد من المربعات ثم يحسب متوسط عدد البكتيريا وضربه فى عدد المربعات وبالتالى يمكن حساب العدد الكلى للبكتيريا الموجودة فى النمو البكتيرى .

٢ – تقدير الكتلة الخلوية

(أ) الوزن الرطب Fresh weight

تؤخذ المزرعة السائلة والنامى خلالها الخلايا البكتيرية وتوضع فى أنبوبة جهاز الطرد المركزى سبق وزنها حيث يتم ترسيب الخلايا ثم تفصل وتغسل الخلايا جيدا فى كمية من الماء المقطر مساوية للحجم الأصلى للمزرعة فينتج معلق بكتيرى كرر الغسيل مرتين

أو ثلاث للتخلص من أى أثر للوسط الغذائى ثم كرره مرة أخيرة وتخلص من الرائق ثم توزن الأنبوبة مرة ثانية ويحسب الوزن الرطب للخلايا .Fresh weight

(ب) الوزن الجاف Dry weight

يؤخذ حجم معلوم من المعلق السابق (أو كل المعلق السابق) ويوضع فى بوتقة سبق وزنها وتوضع البوتقة لتجف فى الفرن عند درجة حرارة ١١٥° لمدة ١٢ ساعة وتترك لتبرد ثم توزن وتوضع بالفرن ثم توزن إلى أن تثبت وزنتين متتاليتين ثم يقدر الوزن الجاف فى الكمية المأخوذة من المعلق البكتيرى ثم يحسب الوزن بالنسبة للحجم الكلى للمزرعة .

« ويبلغ الوزن الجاف تقريبا $\frac{١}{١}$ الوزن الرطب – إلا أن هذه النسبة تقريبية وليست ثابتة وتختلف باختلاف الأنواع الكتيرية وبظروف الاستزراع » .

(جـ) تقدير الحجم :

وتعتمد هذه الطريقة على استخدام الأنابيب المدرجة لجهاز الطرد المركزى (المتدريج يجب أن يكون من أسفل لأعلى) وتوضع المزرعة فى الأنبوبة المدرجة ويتم إجراء عملية الطرد المركزى ثم يقدر حجم النمو المناسب فى أسفل الأنبوبة .

(د) تقدير المحتوى الكلى لنيتروجين الخلية Total cell nitrogen

معظم الخلايا البكتيرية تحتوى على المواد البروتينية ضمن محتوياتها البروتوبلازمية وكما هو معلوم أن النيتروجين (الأزوت) هو أهم المكونات للبروتين من خلال ارتباطه بالحمض العضوى لتكوين الحمض الأمينى (وحدة بناء البروتين) ، لذلك فإن تقدير النيتروجين الكلى بالمزرعة يتناسب تناسبا طرديا مع كمية النمو الناتج بالمزرعة ، وتبلغ نسبة النيتروجين بالخلايا البكتيرية حوالى ١٤٪ من الوزن الجاف للبروتوبلازم لكنها أيضا تتأثر بالظروف البيئية المختلفة ولتقدير النيتروجين تستخدم جهاز كلداهل ويتم بواسطته هضم البروتينات ثم يبرد ويعامل معاملات متتالية حتى يتم إزالة آية ألوان به ثم يوضع محلول نسلر Nsesler reagent ومحلول أيدروكسيد الصوديوم ثم يقرأ فى جهاز قياس اللون Colorimeterعند طول موجى ٤٤٠ nm وتدون القراءات فى جدول ثم بواسطة منحنى (قياسى) تم إعداده سابقا لتركيزات معلومة من النيتروجين يتم معادلة القراءة المأخوذة لكمية الضوء النافذ فى العينة بالقيم المعلومة للمنحنى القياسى .

(هـ) تقدير شدة الضوء النافذ عبر النمو البكتيرى

باستخدام القياسات البصرية Optical measurements « طريقة التعكير » :

وتتلخص الفكرة فى إمرار شعاع ضوئى خلال أنبوبة محتوية على خلايا بكتيرية عالقة فى محلول معين ثم يتم قياس كثافة الضوء النافذ فى المعلق البكتيرى والمحلول الأصلى (العالق به البكتيريا) ثم يحسب التغيرفى كثافة الضوء ويكون ذلك معبرا عن كثافة النمو البكتيرى .

إذا مر شعاع ضوئى خلال أنبوبة الجهاز المحتوية على بكتيريا عالقة فى محلول معين فإن هذا الشعاع يصطدم بالسطح الخارجى لجدار الأنبوبة الزجاجية وينعكس جزء منه ويمر الباقى منكسرا خلال سمك جدار الأنبوبة فينعكس بعضه عند اصطدامه بالسطح الداخلى للجدار ، والجزء النافذ يمر منكسرا داخل معلق الخلايا البكتيرية فتمتص جزئيات الخلايا الكتيرية وجزئيات السائل الموجود به بعضا من هذه الأشعة وتقلل كثافتها .

عند خروج الشعاع من الجانب الآخر للأنبوبة يواجه الانعكاسات والبعثرة التى حدثت على الجانب الأول .

فإذا استعملت أولا أنبوبة تحتوى على السائل العالقة به الخلايا البكتيرية سواء كان ماءا مقصرا أو وسطا غذائيا سائلا وتم إمرار الشعاع وضبط الجهاز المستعمل فى تقدير الكثافة الضوئية بحيث تكون النسبة المئوية (٪) للضوء النافذ هى ١٠٠٪ فبذلك يكون تم إلغاء تأثير الأنبوبة الزجاجية والوسط العالق به الخلايا البكتيرية .

ثم يستخدم المعلق البكتيرى (العالق فى نفس السائل السابق) ويتم تعيين النسبة المئوية للضوء النافذ فستكون أقل من ١٠٠٪ ويلاحظ أنه كلما زاد التعكير فى الوسط نتيجة لزيادة النمو البكتيرى قلت النسبة المئوية للضوء النافذ .

وتقدر الكثافة الضوئية Optical density بجهاز قياس اللون Colorimeter ويستخدم لذلك جهاز قياس درجة التعكير Turibidemeter.

ثالثا · قياس النشاط الخلوى Cell activities

وذلك يحدث بتقدير كمية أحد المواد نتيجة نشاط الكائن ، فإذا كان أحد أنواع البكتيريا يقوم بإنتاج حمض معين نتيجة لقدرة الكائن على تخمر سكر الجلوكور فإن كمية الحمض الناتجة فى فترة معينة وتحت ظروف معينة تتناسب تناسبا طرديا مع العدد الكلى للخلايا البكتيرية الموجودة بالمزرعة وتعد طريقة تقدير تقدير كمية الحمض أو أى ناتج آخر فى الوسط من الطرق المباشرة لتقدير النمو البكتيرى .

منحنى النمو فى البكتيريا :

عند تلقيح وسط غذائى بخلية بكتيرية واحدة تبدأ تلك الخلية فى الانقسام إلى خليتين كما هو معروف وتستمر الخلايا الجديدة فى الانقسام المتتالى فى حالة توفر ظروف مناسبة للنمو ، والوقت الذى تستغرقه الخلية بعد تكوينها وبداية انقسامها التالى يسمى بالوقت الجيلى Generation time وتعتمد فترة الوقت الجيلى على عوامل مختلفة مثل نوع السلالة البكتيرية – تركيب الوسط الغذائى – درجة الحرارة – عمر المزرعة البكتيرية ؛ ويمكن تقدير أثر أحد الظروف البيئية المختلفة على الوقت الجيلى باستعمال مزارع نقية وتقدير معدل النمو فى وجود العامل المراد معرفة تأثيره عند تلقيح منبت غذائى بلقاح مكون من خلية واحدة وحدوث انقسام هذه الخلية يكون عدد الخلايا البكتيرية الناتجة على النحو التالى :

الجيل الأول = ١ × ٢ = ٢

الجيل الثانى = ١ × ٢ × ٢ = $٢^{٢}$ = ٤

الجيل الثالث = ١ × ٢ × ٢ × ٢ = $٢^{٣}$ = ٨

وبعد مرور عدة أجيال وليكن ن فإن عدد الخلايا يكون بعد ن من الأجيال = ١×٢^{ن} وأن هذا المثال الرقمى لا يتمشى مع النمو الحقيقى للبكتيريا حيث أنه عند تلقيح الوسط الغذائى بكمية لقاح فإن الانقسام الخلوى لا يحدث مباشرة ولا يثبت الوقت الجيلى إلا بعد عدة أجيال ، وهناك علاقة بين لوغاريتم عدد الخلايا البكتيرية النامية وبين الزمن (مقدرا بالدقائق) الذى يمر على الخلية منذ لحظة تلقيحها للمنبت (وضعها بالمنبت) وهذه العلاقة هى ما يعرف باسم منحنى النمو ، وهو يمثل دورة النمو ويتكون من الأطوار التالية :

١ – طور الركود	1 - Lag phase
٢ – الطور اللوغاريتمى	2 - Log phase
٣ – طور الثبات	3 - Stationary phase
٤ – طور التحلل	4 - The phase of decline

١ – طور الركود Lag-Phase

عند تلقيح منبت غذائى بلقاح بكتيرى تتوقف الخلايا عن الانقسام فترة عقب التلقيح ثم تبدأ فى الانقسام ببطء شديد ثم يزداد معدل الانقسام إلى درجة يثبت عليها هذا

المعدل . وفى خلال هذه الفترة تحدث تغييرات كيمائية عديدة داخل الخلية يتم فيها تخليق المواد البروتوبلازمية قبل أن تبدأ بالانقسام ، أى أن الركود يكون فى عملية الانقسام فقط ، لأن الخلية تزداد فى الحجم إلى حوالى ضعفها ، وتزداد المكونات الأساسية لكل من المحتويات النووية والبروتينية وتكون نسبة المحتويات النووية أكبر من المحتويات البروتينية وتزداد كمية الحمض النووى ريبونيوكليك (RNA) فى هذا الطور أما عند دخول الخلية فى الطور التالى « اللوغاريتمى » فإن كمية RNAتتناسب عكسيا مع طول الوقت الجيلى، أما الحمض النووى دى اوكسى ريبونيوكليك (DNA) فلا تتأثر كميته بطول أو قصر الوقت الجيلى ولوحظ أيضا زيادة معدل النشاط الأيضى وزيادة معدل التنفس ويرجع ذلك إلى زيادة الكتلة الخلوية ويتأثر زمن فترة الركود طولا أوقصرا كما يلى:

١ - تقليل فترة الركود :

(أ) استخدام لقاح بكتيرى فى طوره اللوغاريتمى لأن الخلايا تكون قد جهزت ما يلزمها للقيام بعملية الانقسام فور نقلها مباشرة .

(ب) استخدام لقاح من مزرعة فى مراحل نموها النهائية لأن الخلايا تحتوى أو تحمل مواد مشجعة للانقسام .

(جـ) استخدام لقاح من بيئة غذائية بسيطة إلى بيئة معقدة .

٢ - إطالة فترة الركود :

(أ) استخدام لقاح بكتيرى نامى على بيئة تختلف كلية عن البيئة المنقول إليها حيث يتطلب فترة طويلة للتأقلم مع البيئة الجديدة .

(ب) استخدام لقاح من بيئة معقدة إلى بيئة بسيطة .

(جـ) تغير درجة الحرارة بالزيادة أو النقص عن الدرجة المثالية .

٢ – الطور اللوغاريتمى . Log phase

يبد هذا الطور بزيادة متدرجة فى تعداد الخلايا وتعرف هذه المرحلة بطور النمو المتزايد accelerated growth phaseوذلك بسبب تدرج النمو فى هذه الفترة نظرا لأن الخلايا لا تكمل فترة ركودها فى وقت واحد وينتظم معدل النمو فى هذه الفترة ويثبت الوقت الجيلى ثم تدخل الخلية فى الطور اللوغاريتمى ، والذى يتميز بثبات الوقت الجيلى ويعزى اختلاف طول الوقت الجيلى بالعوامل الداخلية والخارجية الآتية :

١ - اختلاف البكتيريا فى مقدرتها التخليقية للبروتوبلازم حيث أن الزيادة فى المحتوى النيتروجينى للخلايا تكون موازية للزيادة فى عدد خلايا الطور اللوغاريتمى .

٢ – درجة الحرارة التى تؤثر على معدل النمو فى حدود معينة (٢٠ – ٤٠°م) تحدث تثبيط للنمو فيقل معدله وبالتالى يطول الوقت الجيلى .

٣ - نوعية وتركيز مكونات الوسط الغذائى إذ يجب فى حالة نقص الوسط من مادة غذائية معينة لازمة للنمو ولاتستطيع البكتيريا تجهيزها فلابد من إضافة تلك المادة للوسط وتعرف حينئذ بالمادة الغذائية الضرورية essential nutrient حيث أن عدم إضافتها يطيل فترة الوقت الجيلى .

٤ - وجود بعض المواد ذات الفعل المنشط للنمو (أى أنها ليست ضرورية) فى الوسط الغذائى يؤدى إلى تقصير الوقت الجيلى .

وإذا كان هناك تناسب طردى بين تركيز مكونات الوسط الغذائى وكمية النمو البكتيرى فإن ذلك التناسب ليس إلى ما لا نهاية ولكنه فى حدود معينة ، لأن المزرعة تنمو فترة من الزمن ثم تتوقف نتيجة لاستهلاك بعض أو كل مكونات الوسط ، وإذا أضيف المزيد من المكونات للوسط فإن البكتيريا تستعيد نشاطها وتبدأ فى الإنقسام من جديد ، ولكن إلى حد معين ثم تتوقف عن النمو كلية حتى لو توفرت المواد الغذائية بالوسط حيث أن النمو لا يمكنه أن يستمر إلى ما لا نهاية وذلك للأسباب الآتية :

١ – زيادة تركيز المواد الآيضية الناتجة وقد يكون لها تأثير فى خفض درجة الحرارة فى الوسط فيقف التكاثر .

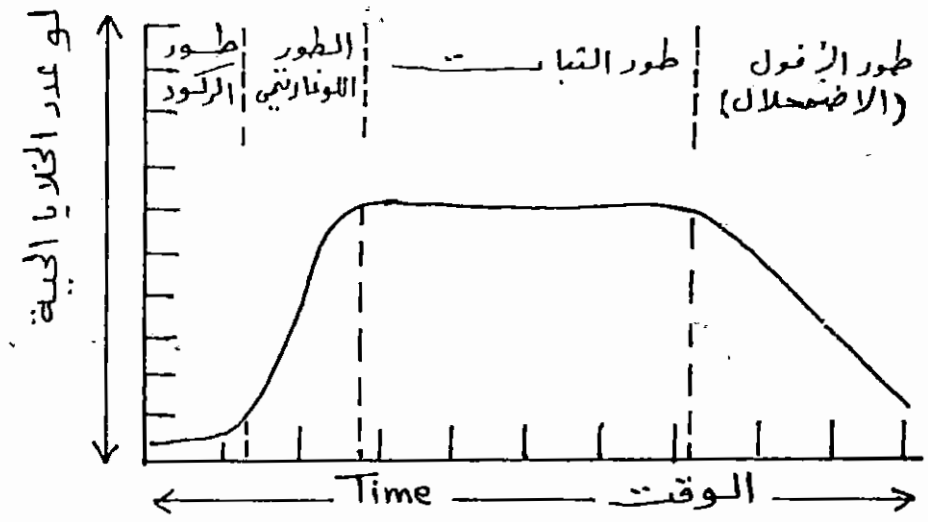
٢ – يكون لبعض هذه المواد المتراكمة تأثير سام على الخلايا .

٣ – طور الثبات stationary phase

بعد انتهاء الطور اللوغاريتمى يبطء معدل التكاثر ، يزداد الوقت الجيلى ، تثبت عدد الخلايا بالمزرعة تلك هى مظاهر طور الثبات ويحدث هذا الثبات فى العدد لأن عدد الخلايا الناتجة يساوى عدد الخلايا الميتة ويتوقف طول فترة هذا الطور على حساسية الخلايا البكتيرية للظروف البيئية السائدة فكلما زادت حساسية الخلايا كلما كانت الظروف غير ملائمة فتقصر طول فترة طور الثبات .

٤– طور الأفول (الاضمحلال) أوطور الموت The phase of decline or phase of death

يحدث هذا الطور نتيجة لزيادة عدد الخلايا الميتة عن عدد الخلايا الجديدة أى لا يحدث تعويض لعدد الخلايا الميتة (زيادة معدل الموت) ويتميز هذا الطور بمعدل



منحنى النمو في البكتيريا
Growth curve

التكاثر بالتبرعم :

لوغاريتمى لموت الخلايا عكس المعدل اللوغاريتمى للنمو والسابق توضيحه ، وأسباب حدوث هذا الطور متعددة إلا أن كل نوع بكتيرى له أسبابه الخاصة ، وقد يستمد ثبات معدل الموت لعدة أيام أو تموت كل الخلايا خلا هذه الفترة تبعا لنوع الكتيريا . فبينما نجد أن كل الخلايا لبعض الأنواع الكروية السالبة لصبغة جرام تموت فى مدى ٧٢ ساعة كحد أقصى نجد أن بعض الخلايا من أنواع بكتيرية أخرى تظل حية ما بين شهرين إلى عدة سنوات . وفى بعض الأحيان لا يصاحب موت الخلية أى تحلل فتظل الكتلة الخلوية ثابتة أو يبدو عليها قليلا من التدهور بالرغم من موت عدد كبير من أفراد المجموع وإذا حدث تحلل للخلايا مصاحب موتها فإن الكتلة الخلوية تتدهور مع استمرار موت الخلايا وتحللها .

ثانيا : التكاثر Reproduction

كما هو معروف أن نمو وانقسام الخلايا البكتيرية هو عملية دورية Cyclic فكل خلية جديدة تكونت تصبح قادرة على التكاثر وتنتج أفرادا جديدة ، وأن الخلايا الجديدة الناتجة تمتلك نفس الصفات الأساسية المميزة للخلايا الأصلية ومقدرة الخلية على النمو والتكاثر تتوقف على كفاءتها فى تجهيز المواد البروتوبلازمية الجديدة من مكونات الوسط الغذائى النامية عليه ، وتحويل هذه المواد الخام بالوسط إلى نواتج أيضية لها دور أساسى فى عمليتى النمو والتكاثر اللذين يتضحن من خلال النشاط الإنزيمى بالخلية الذى يتحكم فيه الشفرة الوراثية للخلية (كمية المعلومات الوراثية) . ومن أهم طرق التكاثر بالخلية البكتيرية ما يأتى :

١ – الانقسام الثنائى البسيط (الانشطار الثنائى) Binary fission

وتحدث هذه العلمية من خلال الخطوات التالية :

(أ) عندما تتهيأ الخلية للانقسام يحدث زيادة فى النمو ويزداد تخليق البروتينات والدهون والكربوهيدرات والأحماض النووية وذلك من مكونات الوسط الغذائى بواسطة عدة تفاعلات إنزيمية طبقا للشفرة الوراثية الخاصة بها ، أى طبقًا لنظام وراثى مرسوم ومحدد من قبل انقسامها ، وهذا النظام ثابت متكرر بانتظام بتكرار الانقسام خلال الأجيال المتعاقبة ما لم يحدث تغيير فى الجهاز الوراثى (الشفرة الوراثية) وهذا النظام هو الذى يتحكم فى تخليق البروتوبلازم وكذلك فى فورة انقسام الخلية

(ب) نتيجة للنمو المتزايد تزداد الخلايا فى الطول ومع الزيادة فى كمية البروتوبلازم يتم تكوين كمية من المحتويات النووية – وخاصة DNA– تكفى للخليتين الجديدتين .

(جـ) تبدأ المادة النووية (المحتويات الكروماتينية) فى الانقسام حيث تنفصل عن بعضها إلى مجموعتين هذا الانقسام لا يحدث بطريقة تشبه الانقسام الغير مباشر Mitoses والانقسام الاختزالى ولكنه يحدث بطريقة مختلفة تمامًا ، يعتقد البعض حدوث ما يسمى تكرار وتضاعف الكرموسوم البكتيرى Chromosomal replication.

(د) يبدأ انقسام السيتوبلازم أى تبدأ الخلية فى الانقسام إلى خليتين وذلك بتكوين غشاء سيتوبلازمى عرضى يكون متصلا بالغشاء السيتوبلازمى ومصاحبًا لميزوزومات الخلية الأم .

(هـ) ينشق هذا الغشاء إلى غشائين ينفصلان عن بعضهما نتيجة تكوين الجدار الخلوى يفصل بينهما ثم ينشق الجدار العرضى إلى طبقتين أى يتكون لكل خلية غشاء جديد وجدار جديد ، وهناك تفسير آخر لتوضيح تكوين الجدار وهو أن يحدث امتداد لنمو حدار عرضى من الجدار الأصلى للخلية الأمية ممتد داخل الخلية حتى يفصلها إلى خليتين ثم يحدث ازدواج للجدار فيسهل استقلال الخليتين عن بعضهما .

ويلاحظ أن الغشاء هو أول ما يتكون أثناء انقسام الخلية ثم يتكون الجدار ثانيًا وذلك بترسيب مكونات الجدار فى مواقع مختلفة من جدار الخلية السالبة لصبغة جرام أو فى موقع الحاجز العرضى فقط فى الخلايا الموجبة لصبغة جرام ، والخليتان الجديدتان تنفصلان عن بعضهما مباشرة أو يظلان ملتصقتان لتكونا تجمعات مختلفة (انظر أشكال وتجمعات البكتيريا) .

٢ – التفتيت Fragmentation

يحدث فى البكتيريا الخيطية الاكتينوميستات حيث يتجزء الخيط إلى وحدات صغيرة وتنمو كل وحدة لتكون خيط جديد

٣ – التبرعم Budding

فى بعض الخلايا السالبة لصبغة جرام تستطيل الخلية البكتيرية من أحد أطرافها ثم يتكون جدار عرضى جديد قرب هذه القمة النامية وهذا الجدار الجديد يتكون نتيجة للنشاط الإفرازى للغشاء البروتوبلازمى ثم يبطن الجدار الخلوى الجديد من الجانبين

بطبقة من الغشاء السيتوبلازمى ويشبه الجزء الجديد المنفصل قمة نامية ويعد البعض هذه الطريقة مشابهة للتبرعم الذى يحدث فى فطرة الخميرة .

وهناك التبرعم الحقيقى True budding والذى يحدث فى البكتيريا المتبرعمة ذوات الزوائد ينمو بخروج زوائد أو نتوءات من الخلية الأم ثم يزداد فى الحجم ثم ينفصل عن الخلية الأم مكونا خلية جديدة .

٤ – الجراثيم الكونيدية Conidial spores

وهى سلسلة من الجراثيم الكونيدية التى توجد خارجية على خيوط البكتيريا الخيطية الأكيتوميستات حيث تنفصل الجراثيم الناضجة والموجودة فى نهاية السلسلة وتستطيع النمو لتعطى كائنا جديدا .

٥ – التكاثر الجنسى Sexual reproduction

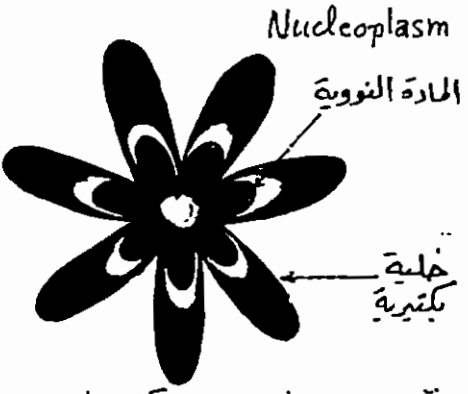
يعرف (بالاقتران البكتيرى Bacterial conjugation) . انظر ص١٤٧

أصبح من المؤكد حدوث التكاثر الجنسى فى البكتيريا وذلك بملاحظة انتقال الصفات الثابتة للأبوين إلى الأجيال الجديدة ، واستخدم لذلك أبوين مختلفين فى واحد أو أكثر من الصفات الثابتة ،مثل طفرات من بكتيريا أ كولاى – ١٢ E.Coli-12 تختلف فى كفاءتها البيوكيميائية – فكان أحد الأبوين يقاوم البنسلين ولا يخمر سكر اللاكتوز (P^+L^-) والآخر حساس للبنسلين ويخمر سكر اللاكتوز (P^-L^+) وعند زراعتهما معا فى مزرعة واحدة لفترة ما ، تم عزل أفراد جديدة تجمع بين صفات الأبوين أحدهما (P^+L^-) يقاوم البنسلين ويخمر اللاكتوز والآخر (P^-L^-) حساس للبنسلين ولا يخمر اللاكتوز وذلك نتيجة للتكاثر الجنسى (الاقتران البكتيرى) بين الخليتين حيث تم اتحاد Fusion أو التحام بين الخليتين المتشابهتين ولكن تعتبر إحداهما موجبة (+) والأخرى سالبة (–) أى أن التكاثر فى هذه الحالة يكون من النوع المتشابه الجاميطات Isogamous مثل الذى يحدث فى طحلب الكلاميدوموناس والفطريات الزيجية . وأمكن إثبات حدوث التزاوج الجنسى (الاقتران البكتيرى) خلويا ووراثيا بالأدلة الآتية :

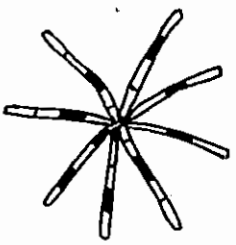
١ – البكتيريا التابعة لرتبة Myxobacteriales والتى تتميز بتكوين الحويصلات الصغيرة Microcysts تلتحم المحتويات النووية ببعضها أولا ثم تنقسم من جديد بجدر منفصلة .

٢ – بكتيريا أجروباكتيرم تيوميفاسنس Agrobacterium tumifaciens والتى تتميز بتكوين التجمعات النجمية من ٤ – ٦ خلايا ، هذه التجمعات تحدث نتيجة لاقتران

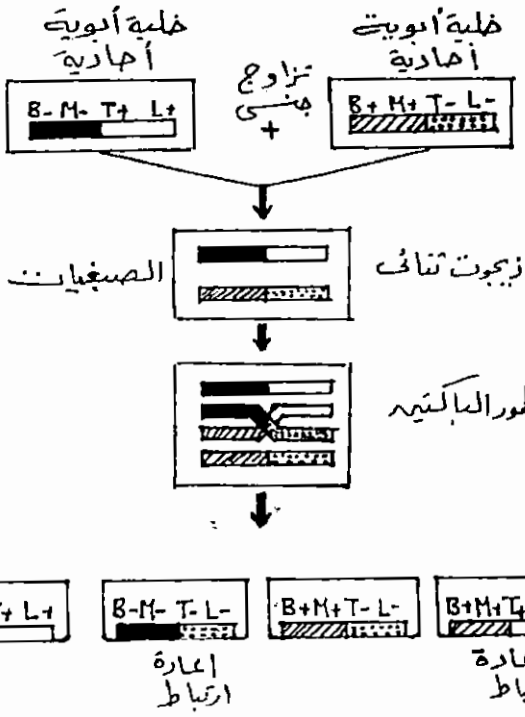
التزاوج الجنسى (الإقتران البكتيرى)

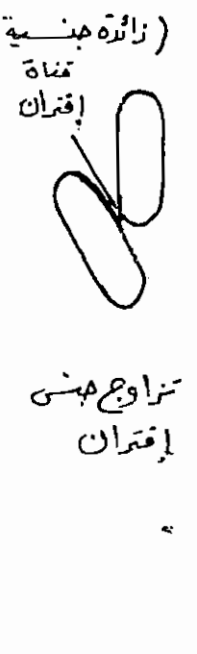


تجمعات نجمية لبكتيريا أجروباكتيريم تيومينفاسنس
Agrobacterium Tumefaciens



تجمعات نجمية لبكتيريا تابعة لرتبة
Myxobacterials



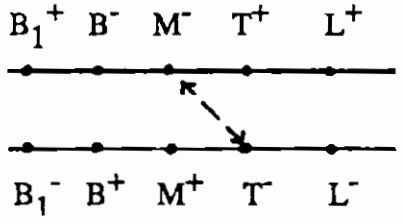


الخلايا حيث لوحظ تجمع المحتويات النووية فى مركز هذا التجمع النجمى وتستطيل الخلايا بدرجة كبيرة وأنها ترتبط ببعضها بقوة ويصعب إزالتها بعمليات الغسيل المختلفة أو حتى ميكانيكيا باستخدام جهاز Micromanupilators وهذا يؤكد أن التجمع النجمى نتيجة لالتحام الخلايا وتزاوجها وليس لتشابك الأسواط .

٣ – بكتيريا زانثوموناس مالفيسيرم Xanthomonas malvacearum تتجمع فى أزواج واقترح البعض أن هذا التجمع صورة من صور التزاوج الجنسى .

٤ – أثبتت الدراسات الحديثة بالمجهر الاليكترونى بما لا يدع مجالا للشك حدوث التحام جنسى بين خلايا بكتيريا أ . كولاى E.Coli وكذلك الالتحام الجنسى بين خلايا أجروباكتيريم تيوميفانس Agrobacterium tumifaciens وقد تأكدت هذه الدراسات المجهرية بملاحظة الأفراد ذات الشكيلات الوراثية والناتجة عن هذا الالتحام .

وحاول كثير من العلماء إثبات حدوث التكاثر الجنسى (الاقتران البكتيرى) فى سلالات مختلفة من البكتيريا حيث تمكن تانم وليدبرج Tatum & Lederberg من إثبات حدوث التكاثر الجنسى وكذلك حدوث العبور بين سلالات متطفرة من أ . كولاى – ١٢ E.Coli-12 حيث استعملا سلالات ذات قدرة تخليقية ناقصة Auxotrophic لا تستطيع النمو فى بيئة الحد الأدنى minimal medium وعند تنمية هاتين السلالتين أمكن عزل سلالات ذات قدرة تخيقية كامة prototrophic تستطيع النمو على بيئة الحد الأدنى ، وبفحص هذه السلالات الجديدة الناتجة وجد أنها عبارة عن تجميع لصفات كل من السلالتين ذواتى القدرة التخليقية الناقصة وهذه النتائج لا يمكن تفسيرها إلا إذا كان الأبوان المستعملان تكاثرا جنسيًا (اقتران بكتيرى) وحدث بينهما اتحاد جنسى sexual fusion نتج عنه تشكيلات وراثية جديدة عن طريق العبور crossing over بين الجينات الموجودة على الكروموسومات حيث توجد هذه الجينات مرتبة ترتيبا مستقيما على سطح الكروموسوم ومنفصلة عن بعضها بمسافات متساوية وتوجد فى مجموعة ارتباطية واحدة فعلى سبيل المثال إذا كان :



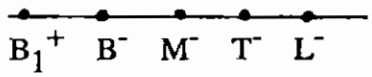
التركيب الوراثى لأحد الأبوين

التركيب الوراثى للأب الثانى

فى حالة حدوث عبور واحد Single crossing overبين الجنيات _M_Tفتحصل على كائنات ذات تشكيل وراثى جديد .

التركيب الوراثى لأحد الكائنين الناتجين

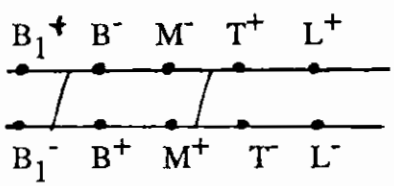
التركيب الوراثى للكائن الثـانى

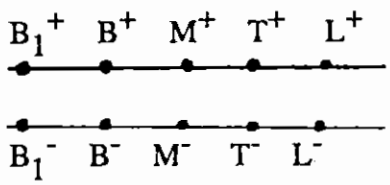


وإذا تطلب الأمر الحصول على أفراد ذات تركيب وراثى

$B_1+B+M+T+L+$

فلابد أن يحدث عبوران فى وقت واحد بين B1, B & M, T





ويلاحظ أن الأفراد الناتجة لها تشكيلات جينية مختلفة تكونت نتيجة للتكاثر الجنسى أثناء اقتران (اتحاد) الخلايا الأبوية أحادية المجموعة الصبغية haploid number وقد أوضح ديفى Davis أن هذا الاتحاد الجنسى بين الأبوين يلزمه تلامس حقيقى بين الخلايا المتزاوجة واستخدم لذلك أنبوبة على شكل حرف (U) يفصل بين ذراعيها مرشح زجاجى Sintered glass filter يسمح بمرور جزيئات الوسط ولا يسمح بمرور الخلايا وملأ الأنبوبة بالوسط الغذائى ولقح كل ذراع بسلالات بكتيرية ذات قدرة تخليقية ناقصة وبعد فترة كافية من النمو لم يعزل سلالات ذات قدرة تخليقية كاملة (أى لم تتكون تراكيب وراثية جديدة) فى أى من الذراعين ، ولكن عند إزالة المرشح الزجاجى حيث سنحت الفرصة للتلامس الحقيقى بين خلايا البكتريا أثناء فترة النمو تم عزل سلالات ذات قدرة تخليقية كاملة أى تكونت تراكيب وراثية جديدة .

وقد استنتج كثير من الباحثين بعض الحقائق الهامة فى هذا المجال – وذلك بعد عدد من التجارب وهى .

١ – خلايا الاشيرشياكولاى – ١٢ Escherichia coli-12توجد فى حالتين جنسيتين بناء على خصوبتها Fertelity ويرمز لها بالرمز (F) .

(أ) خلايا (F^+) معطية للمادة الوراثية وتعتبر ذكور وهذه الخلايا تحمل عامل (F) وهو قابل للانتقال .

(ب) خلايا (F^-) خلايا مستقبلة للمادة الوراثية وتعتبر أناث وهذه الخلايا لا تحمل العامل (F) ولكنها تستقبل هذا العامل وتتحول إلى الحالة (+).

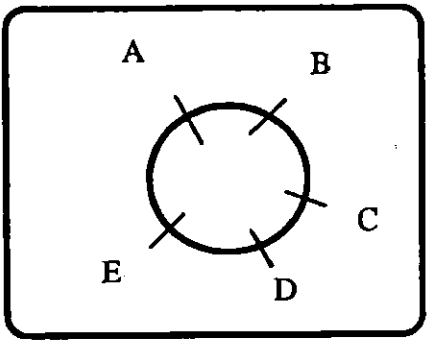
٢ – العامل (F) يتكاثر ذاتيا أكبر من سرعة انقسام الخلايا الحاملة له وهذا يفسر بأن إدخال عدد قليل (F^+) إلى مزرعة(F^-) يجعل صفة(F^+) سريعة الانتشار نتيجة لسرعة انقسامها ومن ثم تنتقل إلى المجموع .

٣ – يوجد نوع آخر من (F^+) يعرف بالذكور ذات القدرة العالية(HFr) High frequency recombination يعد معطيًا للمادة الوراثية ولا يتأثر بالمضاد الحيوى سيتربتوميسين وبعكس خلايا (F^+) فإنها لا تنقل عادة العامل (F) إلى الخلايا المستقبلة (F^-) والتراكيب الوراثية الجديدة الناتجة عن تزاوج سلالتين أحدهما (HFr) والآخر (F^-) كانت معظمها (F^-) ومعنى ذلك أن تحول الخلايا من (F^+) إلى (HFr) أدى إلى غياب العامل (F^+) كعامل قابل للانتقال لأنه لايتكاثر ذاتيًا .

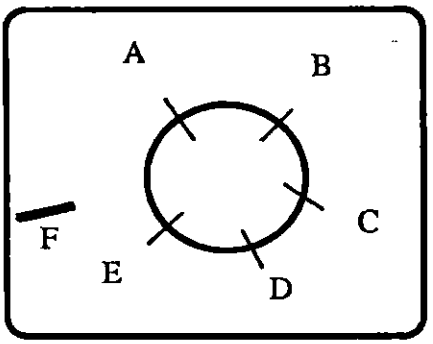
٤ – كروموسوم الخلية (F^+) أى الخلية المعطية للعامل (F) يتخذ شكل دائرى مغلق وغير متصل بالعامل (F) والموجود خارج الكروموسوم وهذا العامل (F) عبارة عن جزء من الحمض النووى داى أوكسى ديبوز (DNA) ويسمى الزائدة الكروموسومية للحمض Parachromosomal DNA-DNA توجد على هيئة شريط مزدوج وتمثل ١٪ من حجم الكروموسوم الأصلى للخلية وتتكاثر مستقلة عن الكروموسوم يطلق عليها البعض اسم البلازميدات Plasmides وبالإضافة إلى دور هذه الرائدة فى نقل بعض الصفات الوراثية إلا إنها تساعد فى تخليق بروتين Pilin والخاص بتكوين زوائد البيللى – Pili مثل زوائد بيللى الخصوبة (F-pili) وكذلك زوائد البيللى الالتصاقية والتى تساعد الخلايا فى الالتصاق ببعضها البعض أثناء التكاثر الجنسى

[راجع – الزوائد السطحية Pilli] ص٧٢

٥ – كروموسوم الحليه (F^-) أى الخلية المستقبلية للعامل (F) يتخذ شكل دائرى مغلق ولا يوجد بهذه الخلية العامل (F) .



خلية (−)F مستقبلة للعامل (F) الكروموسوم دائرى مغلق العامل (F) غير موجود



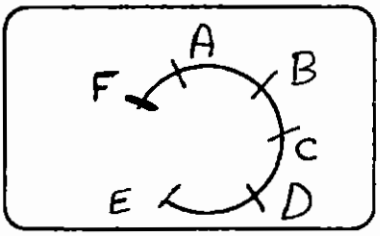
خلية (+)F معطية للعامل (F) الكروموسوم دائرى مغلق العامل (F) موجود وغير متصل بالكروموسوم

٦ – عند تنمية خلايا (F^+) وخلايا (F^-) فإن خلايا (F^+) تلتصق بخلايا (F^-) بواسطة F-pili ثم ينتقل العامل (F) من الخلايا الذكرية (الموجبة) المعطية إلى الخلايا لأنثوية (السالبة) المستقبلة .

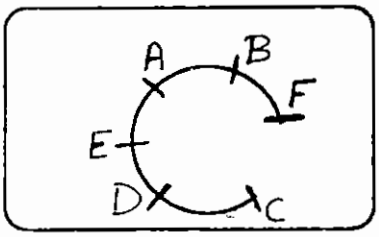
٧ – يستطيع العامل (F) الموجود خارج الكروموسوم الاتحاد بالكروموسوم الأصلى نتيجة للمعاملة بالأشعة فوق البنفسجية ، وعندما يتصل العامل (F) بالكرموسوم تتحول الخلية إلى حالة (HFr) ويصبح الكروموسوم ذا تركيب مفتوح يتصل العامل (F) بأحد طرفيه والطرف الآخر يقود عملية الجينات ويسمى الجزء القائد Leader part ونظرا لأن العامل (F) يدخل الكروموسوم عند أى نقطة فيه فإن السلوك الوراثى يختلف وتنتج التنوعات variantsللخلايا HFr كما هو واضح بالرسم .

٨ – يوجد حبيبات مع العامل (F) وقطع من DNA ومتفتتة من الكروموسوم الأصلى وتسمى هذه الحبيبات F prime(F) والسلالة التى تنقل هذه الحبيبات تسمى Fstrains وتنشأ هذه الحبيبات نتيجة لانفصال العامل (F) عن الكروموسوم الذى التحم به ويصطحب العامل (F) معه بعض من DNAالخاص بالكروموسوم والقريبة من العامل (F) وتستطيع هذه الحبيبات أيضا أن تنتقل إلى الخلايا (F^-)

A. دخول العامل (F) إلى الكروموسوم بين E . فيكون الجزء القيادى هو (E) ،وترتيب نقل الصفات الوراثيـة للخلية المستقبلية هـو EDCEA (F factors)



B. دخول العامل (F) إلى الكروموسوم بين C. فيكون الجزء القيادى هو (C) وترتيب نقل الصفات الوراثيـــة للخلية المستقبلية هو CDEAB (F factors)



الفصل السادس
الوراثة والتطفر فى البكتيريا
Bacterial genetics and mutation

يعد موضوع وراثة البكتيريا من الموضوعات الحديثة التى أضيفت إلى مجال الدراسات البكتيرية وذلك بعد اقتراح واطسون وكريك تصورهما لتركيب جزيئات الحمض النووى DNAوكذلك طريقة تضاعفه والتى هى عبارة عن انفصال سلسلتيى الحمض ثم يتم بناء سلسلتين جديدتين مكملتين للسلسلتين المنفصلتين طبقا لنظرية النصف المحافظ – أى أنهما يشبهان السلسلة الأبوية تماما فى ترتيب القواعد النيتروجينية ، وعلاوة على ذلك فإن الحمض النووى د ن أ DNAيوجد فى الخلية البكتيرية فى الكروموسوم الرئيسى الوحيد كما توجد كذلك البلازميدات الصغيرة نسبيا (عناصر وراثية إضافية خارج الكروموسوم) وقد تنتقل العناصر الوراثية (عنصر أو أكثر) من خلية أبوية إلى الخلايا البنوية عن طريق عدد من الطرق أو المسارات التى تقوم بنقل د ن أ DNA من الخلية البنوية أو من خلية إلى أخرى كما يلى :

١ – التزاوج البكتيرى Bacterial conjugationحيث ينتقل الحمض النووى من خلية لأخرى عن طريق قناة جنسية بين الخليتين .

٢ – النقل المباشر Transformationحيث ينتقل جزء من الحمض DNA كشظية بين الخلايا .

٣ – النقل الفاجى Transductionحيث تنتقل شظية من الحمض النووى DNAمن خلية إلى أخرى بواسطة عامل ناقل خامل وليكن فيروس وتعرف بالاستنقال أو النقل الفاجى .

ويصاحب هذه العمليات الثلاث تصنيفات بكتيرية جديدة وقد تكون تصنيفات غير تطفرية Non mutagenicأو تصنيفات تطفرية .Mutagenic

أولا : وراثة البكتيريا

Bacterial Genetics

يحدث فى خلايا البروكاريوتات (أوليات النواة) مثل خلايا البكتريا نوع من التبادل الوراثى أو النقل الوراثى بين خليتين ابويتين تؤدى إلى تكوين خلطة وراثية للخلايا البنوية فتؤدى إلى ظهور صفات جديدة وعموما فإن الخلط أو التبادل الوراثى يؤدى إلى تكوين كروموسوم جديد فى الخلايا البنوية يتكون من الحمض النووى DNA الخاص بالخليتين الأبويتين المختلفتين ويتكون هذا الكروموسوم الجديد بإحدى الطرق الآتية :

أولا– النقل المباشر **I . Transformation**

ثانيا – التزاوج **II . Conjugation**

ثالثا – النقل بطريق الحمل المفاجى **III . Transduction**

ويلاحظ أن الخلية التى تعطى جزءا من مادتها النووية تعرف بالخلية المانحة أو المعطية Donor والخلية التى تستقبل المادة النووية بالخلية المستقبلة Receipient وذلك تصبح الخلية المستقبلة ما يسمى بالزيجوت الجزيئى Partial zygote.

أما المادة الوراثية التى تنتقل من الخلية المعطية تعرف باسم المادة الوراثية الخارجية Exogenote والمادة الوراثية الموجودة بداخل الخلية المستقبلة تعرف باسم المادة الوراثية الداخلية Endogenote وتختلف طبيعة وحجم المادة الوراثية الخارجية فى كل من العمليات الثلاث السابقة . أما الخطوات التى تحدث بعد دخول المادة الوراثية الخارجية إلى داخل الخلية المستقبلة فهى :

١ – إذا كانت المادة الوراثية الخارجية لها تركيب مماثل للمادة الوراثية الداخلية (المستقبلة) فيحدث اندماج سريع ويتم الازدواج بين المادتين الوراثيتين (الخارجية والداخلية) ويتكون كروموسوم حديد تركيبه خليط من اندماج جزء أو كل من المادة الوراثية المستقبلة مع المادة الوراثية (الممنوحة) الخارجية .

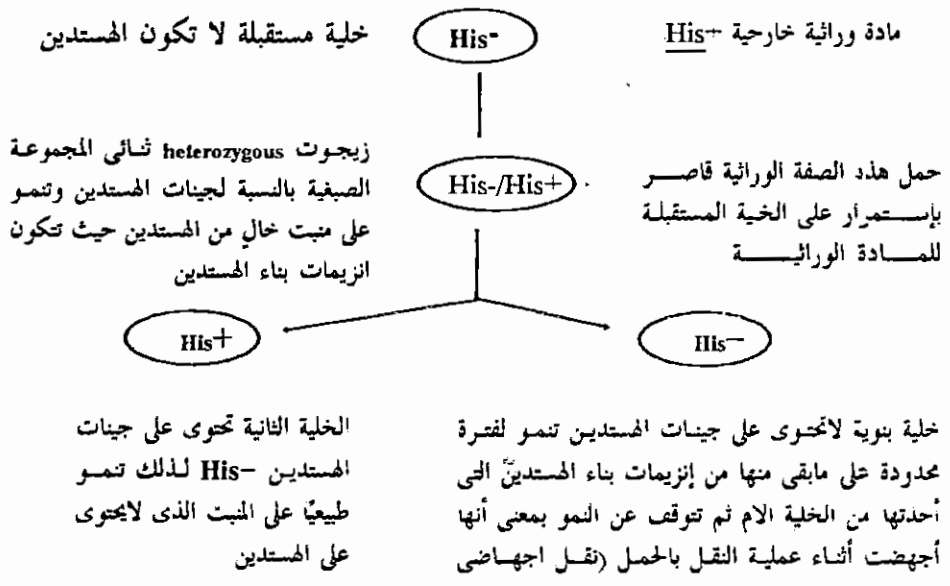
٢ – إذا كانت المادة الوراثية الخارجية ليس لها تركيب مماثل للمادة الوراثية الداخلية مثل عدم توفر ترتيبات متماثلة من القواعد النيتروجينية أو غيرها من الأسباب ويعتبر ذلك عوائق تمنع اندماج المواد الوراثية لذلك تسلك المادة الوراثية الخارجية (الممنوحة) المسالك الآتية .

(أ) إذا كانت المادة الوراثية الخارجية (الممنوحة) تحمل جينات مسئولة عن عملية التضاعف فإن المادة الوراثية الخارجية قد تتضاعف ويتكون الزيجوت الجزيئى فى الخلية المستقبلة فتتكون مستعمرة خلاياها مزدوجة المجموعة الصبغية Partial diploid بدرجة جزئية أى أن عدد محدود فقط من الجينات يكون مزدوج المجموعة الصبغية وتظل باقى الجينات مفردة : وقد لوحظت هذه الحالات فى بعض حالات نقل الحمض النووى DNA بطريقة التزاوج أو بطريقة الحمل الفاجى .

(ب) إذا كانت المادة الوراثية الخارجية (الممنوحة) لا تحمل جينات التضاعف فإن المادة الوراثية الخارجية قد تستمر دون تضاعف . وتبقى كجزيئى د ن أ – DNA فى حالة مستقلة Autonomous وتعمل جيناته على سد النقص الموجود فى جينات الخلية المستقبلة وعندما ينقسم الزيجوت الجزيئى يعطى خليتين بنويتين (جديدتين) إحداهما تحتوى على المادة الوراثية الخارجية والثانية لا تحتوى على نسخة من هذه المادة الوراثية أى أن الخلية أجهضت فى حملها الوراثى لذلك تعرف هذه الحالة من نقل المادة الوراثية – النقل بالحمل والإجهاض Abortive transduction أى أن حمل الصفات الوراثية تظل قاصرة باستمرار على خلية واحدة وهى الخلية المستقبلة للمادة الوراثية .

– مادة وراثية خارجية بها جين مسئول عن تكوين الهستدين .+His

– الخلية المستقبلة ليس بها جين تكوين الهستدين .-His



(جـ) قد تكتسب الخلية البكتيرية مقاومة الفاج نتيجة احتوائها على إنزيمات تقوم بتحليل المادة الوراثية الأجنبية Exogenoteبالإنزيمات الخلوية أو حدوث طفرة فى موقع إمتزاز الفيروس البكتيرى ونتيجة هذين السببين لا تصاب البكتيريا بالفيرس نتيجة إقصائه أو تحليله وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الإقصاء Restriction.

وعملية النقل الوراثى بالحمل الفاجى Transduction معروفة فى الأنواع المختلفة من بكتيريا القولون وبعض أجناس سودوموناس وستافيلوكوكس (البكتيريا الكروية العنقودية) وجنس الباسيلوس Bacillusلأن معظم الأجناس البكتيرية تحتوى على الفاج المعتدل Temperate phage فلذلك تبدو عملية نقل الصفات الوراثية بواسطة الفاج أكثر الوسائل المتبعة لتكوين إعادة الارتباط الوراثى genetic recombination فى البكتيريا .

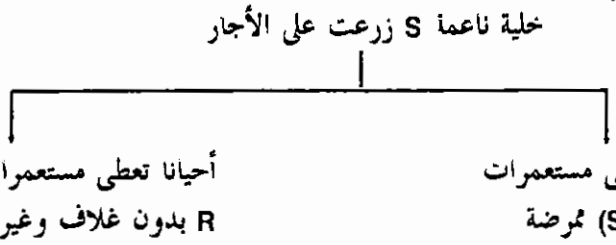
أولا : النقل المباشر I.Transformation

لوحظت عملية النقل المباشر للمادة الوراثية فى بكتيريا Streptococcus pneumonia والتى تسبب الالتهاب الرئوى وتوجد هذه البكتريا فى شكلين :

(أ) خلايا ملساء Smoothويرمز لها بالرمز Sومحاطة بغلاف أملس من السكريات المتعددة وهى ممرضة شرسة .

(ب) خلايا خشنة Roughويرمز لها بالرمز Rوغير محاطة بغلاف وهى غيرممرضة .

حيث وجد أن لعاب المصابين بهذا المرض أو أنسجتهم تحتوى على هذه لبكتيريا المحاطة بكبسولة (غلاف) كبير من السكريات العديدةوعند زراعتها على منبت غذائى صلب تتكون مستعمرات ناعمة smoothويزمر لها بالرمز Sوهذه البكتيريا تقسم وفقا للاختلافات الكيميائية لمادة الغلاف أى تتخذ طرز غلافية مختلفة وترقم I, II, III وتورث أشكال الغلاف المختلفة للطرز S, Rعبر الأجيال أى أنها صفة وراثية . وحينما زرعت خلايا ذات كبسولة Sعلى الآجار تتكون مستعمرات ناعمة بصفة عامة ، ولكن أحيانا تظهر مستعمرات ذات مظهر خشن Rوبدون كبسولة (غلاف) وليست ممرضة أى لا تسبب مرض .



حينما حقنت فئران التجارب بعدد قليل من خلايا بكتيريا الالتهاب الرئوى الحية طراز Rوالغير ممرضة ثم حقنت الفئران فى نفس الوقت بعدد كبير من بكتيريا الالتهاب الرئوى SIIIمقتولة بالحرارة (اماتة حرارية) أى تفقد خاصيتها الممرضة الشرسة المميزة لطرازSIII ظهر على الفئران أعراض الإصابة بالالتهاب الرئوى وعند تحليل دم الفئران المصابة وجد أنه يحتوى على خلايا البكتيريا الملساء الحية الشرسة طراز SIII .

خلايا خشنة S حية غير ممرضة + خلايا ميتة (إماتة حرارية) أى فقدت قدرتها المرضية SIII

تم حقنهم فى نفس الوقت فى جسم فئران تجارب

ظهرت على الفئران أعراض مرض الالتهاب الرئوى وأحوت دمائها على بكتريا حية شرسة ناعمة SIII

خلايا حية R + خلايا ميتة من SIII ـــــ تحقن بجسم الفئران ـــــ SIII خلايا حية شرسة ممرضة

استنتج من ذلك أن الخلايا الميتة حراريا من طراز SIIIقد قامت بإحداث التحول البكتيرى للسلالة الحية الخشنة من طراز Rإلى أخرى ملساء نشطة ممرضة من طراز SIII أثناء تواجدهما معا بجسم الفأر وأن الخلايا الجديدة والناتجة من طراز SIIIبطريقة التحول تتكاثر بأصالة وتعطى نفس الصفات لعدة أجيال مما يؤكد أن التحول قد أثر مباشرة على مادتها الوراثية .

وتم إجراء نفس التجربة بدون استخدام فئران التجارب وتم زرع السلالة الناعمة S IIIوالمقتولة حراريا مع السلالة الحية R فى أنبوبة اختبار (دون الحاجة إلى فئران التجارب) فكانت النتيجة تكوين خلايا ممرضة من الطراز SIIIلها غلاف مشابه لتركيب الطراز SIII والميتة حراريا .

وفى تجربة أخرى تم استخلاص الخلايا الطراز SIIفأعطت نفس النتائج السابقة حينما زرعت مع السلالة الخشنة الحية Rومعنى هذا أن المستخلص الخلوى له نفس

دور الخلايا الميتة حراريا أى أن هناك مادة كيمايائية فى المستخلص هى المسئولة عن عملية التحول الوراثى .

ولقد أثبتت التجارب بعد ذلك أن الحمض النووى DNAهو المادة الفعالة فى عملية التحول (T.B.) Transforming principleوالتى تقوم بنقل الصفات الوراثية من الخلايا المعطية إلى الخلايا المستقبلة وتم بعد ذلك إجراء تجارب على أفراد تابعة لأجناس بكتيرية مختلفة وأعطت نفس النتائج – ولقد ثبت أن المستخلصات الخلوية للخلايا من الطراز S III والتى أميتت حراريا تحتوى على كثير من المواد الغير فعالة فى إحداث التحول مثل البروتينات ، الدهون RNA وعديدات التسكر وعندما أزيلت هذه المواد بمعاملة المستخلص بالكلوروفورم أو تحليلها إنزيميا ثم معاملتهما بالكحول بقيت المواد وكان لها قوة فى إحداث التحول وأعطت نفس النتائج التى يحدثها استعمال الحمض النووى DNA النقى وذلك يؤكد أن المادة الفعالة فى عملية التحول هو الحمض النووى .DNA

ويمكن الحصول على تحولات وراثية متضاعفة والتى تتضمن نقل صفة مقاومة المضاد الحيوى البنسلين إلى خلايا حساسة له فى وجود DNAمعزول من خلايا مقاومة .

خلايا خشنة R وحساسة للبنسلين PS + خلايا ناعمة ممرضة S مقاومة للبنسلينPr

في وجود الحمض النووى DNA

الناتج { سلالات خشنة (R) مقاومة للبنسلين Pr
سلالات ناعمة (S) حساسة للبنسلين Ps

ميكانيكية عملية التحول الوراثى

١ –يخرج الحمض النووى DNAمن الخلية المعطية (المانحة) عن طريق تحلل الخلية ويحدث تكسير لحزيئى DNAإلى ١٠٠–٢٠٠ قطعة وتتكون كل قطعة من عدد من الجينات يتراوح مابين ١٠ إلى ٢٠ جين

٢ – ترتبط قطع الحمض DNAمع مواقع استقبال معينة أثناء فترة قدرة Competence peroid الخلية على استقبال حمض DNAوتسمى فترة الاستقبال Receptive peroid

وتتطلب هذه المرحلة وجود مادة الكولين Cholin وهو أحد مكونات الغشاء الخلوى وتتوقف القدرة أيضا على نوع البيئة ووجود مواد كيميائية معينة .

عامل القدرة : Competence

مادة بروتينية تجعل الخلايا قادرة على الاستقبال لأنه قد يغير من تركيب السطح الخلوى ويعتقد أن الإنزيمات البربيلازمية لها دور فى جعل الخلية المستقبلة قادرة على الاستقبال .

٣ – تدخل قطع الحمض DNA المنقولة إلى داخل الخلية وأثناء عبورها للغشاء الخلوى تتحلل إحدى السلسلتين فيصل إلى داخل الخلية سلسلة واحدة فقط من الحمض DNA

٤ – يتم إدخال الحمض DNA إلى الهيئة الكروموسومية للخلية المستقبلة وبعد ذلك يعود شريط DNA إلى حالته المزدوجة .

٥ – ويفترض أن يحدث استئصال لجزء من الحمض DNA للخلية المستقبلة ودخول جزء مماثل من الشريط المفرد من الحمض DNA المنقول من الخلية الواهبة (المعطية) فى منطقة مماثلة للهيئة الكرموسومية للخلية المستقبلة .

ويلاحظ الآتى :

١ - التحول الوراثى فى اليكتيريا يشمل على إعادة التشكيل الوراثى Recombination والذى يحل فيه جزء من DNA حاملا الشفرة الوراثية للخلية الواهبة (المعطية) لجزء مماثل من الحمض DNA للخلية المستقبلة .

٢ – التحول الوراثى ليس نتيجة إضافة إلى الحمض DNA للخلية المستقبلة .

٣ – التحول الوراثى يساعدنا إلى معرفة العوامل الفيزيائية أو الكيميائية المؤثرة على سلوك ووظائف الحمض DNA بمعنى أنه يمكننا عزل DNA نقى من خلايا مستقبلة ثم يعامل بعوامل فيزيائية وكيميائية مختلفة لتوضيح أى من المواد لها تأثير على قابلية DNA لتغيير الخلية المستقبلة .

ثانيا : التزاوج البكتيرى II . Bacterial cobnjugation **راجع التكاثر ص ١٣٢**

إن السلالة البرية لبكتيريا القولون E . Coli 12 لاتتطلب إضافة عوامل نمو إلى الوسط الغذائى وتستطيع النمو على بيئة الحد الأدنى والتى تحتوى على جميع احتياجات الخلية فى صورة معدنية – والجلوكوز كمصدر وحيد للطاقة والكربون أى أن جيناتها فى حالة جيدة وتقوم بوظائفها وتستطيع الخلية تكوين ما تحتاجه من مركبات وتأخذ رمز موجب (+) ففى حالة اشيرشيا كولاى – ك ١٢ – E . Coli K12 والتى تستطيع تخليق

المواد التالية Prototrophic البيوتين Biotin والمثيوثين Methionineوالثريونين Theronine والليوسين Luecin تعتبر كاملة القدرة التخليقية ويرمز لها بالرموز الآتية :

Bio $^{+}$, Met $^{+}$, Thr $^{+}$, Leu $^{+}$.

ولقد أمكن عزل عدد من السلالات البرية ولكل سلالة جديدة احتياجات خاصة من عوامل النمو المختلفة وقد تم عزل طفرتين من هذه البكتريا :

(أ) طفرة (١) تحتاج إلى كل من البيوتين والمثيوتين وتستطيع تخليق الثريونين والليوسين وتعتبر ناقصة القدرة التخليقية auxotrophicوترمز لها بالرموز التالية والتى تعبر عن تركيبها الجينى .

Bio-, Met-, Thr+, Leu+

(ب) طفرة (٢) تحتاج إلى كل من الثريونين والليوسين وتستطيع تخليق البيوتين والمثيونين وتعتبر ناقصة القدرة التخليقية ويرمز لها كما يلى :

Bio+, Met+, Thr-, Leu-

وعند خلط الطفرتين السابقتين وزرعت على أطباق بترى تحتوى على بيئة الحد الأدنى وبقية الاحتياجات الأخرى فى صورة غير عضوية وبدون إضافة عوامل نمو – وبالرغم من عدم قدرة الطفرتين على النمو منفردتين على هذا الوسط إلا أنه تم عزل مستعمرات بنوية تحمل جينات جديدة وموجبة لكل من : Bio+, Met+, Thr+, Leu+أى أن الخلايا الناتجة استطاعت تكوين تلك المواد من الوسط وفق أحد الاحتمالين الآتيين :

١ – حدوث انتقال مباشر للمادة الوراثية (وهذا محتمل الحدوث) .

٢ – ارتداد للصفة البرية (وهذا غير محتمل الحدوث) .

وأثبت الفحص المجهرى صحة الاحتمال الأول وأن هذه الخلطة الوراثية الجديدة للمستعمرات البنوية تتطلب اتصالا مباشرا بين الخلايا وهو ما يعرف بالتزاوج البكتيرى Bacterial conjugation والخلايا التى تحتوى على عامل الخصوبة (عامل الذكورة) Fertility factor (F .Factor)تسمى الخلايا المذكرة ويرمز لها بالرمز F+حيث تحتوى على عامل الخصوبة وهو جينات مسئولة عن تحريك المادة الوراثية من الخلية المعطية إلى الخلية المستقبلة والتى لا تحتوى على عامل الخصوبة ويرمز لها بالمرز F-

وكما سبق توضيحه فى موضوع التكاثر الجنسى فإنه قد يحدث فى مجموع الخلايا المذكرة اندماج بين الكروموسوم وعامل الخصوبة F+وتسمى الخلايا فى هذه الحالة بالخلايا ذات الكفاءة العالية High fertility recombination ويرمز لها بالرمز HFr ويحدث

هذا الاندماج فى عدة مواقع على الكروموسوم (من ٨ إلى ١٠ مواقع) وهذه الأماكن تمثل ترتيبا معينا بين القواعد النيتروجينية يشبه ترتيبا متماثلا له على عامل الخصوبة (F+) مما يسمح بحدوث الاندماج بينهما عند هذه الأماكن .

ولوحظ أنه عند خلط خلية HFr معطية مع خلايا مستقبلة F^- فإن كل خلية HFr تتصل بالخلية المستقبلة F^- عن طريق الزائدة الجنسية Sex pilus ويبدأ انتقال سريع بين إحدى سلسلتى الحمض DNA فى الخلية المستقبلة F^-

نظرا لاندماج الحمض النووى DNA وعامل الخصوبة F^- فإن نسخة من الكروموسوم وعامل الخصوبة تنتقل من الخلية المعطية إلى الخلية المستقبلة فى زمن قدره ٩٠ دقيقة ويتم انتقال الجينات بالترتيب واحدا بعد الآخر وبمعدل ثابت أثناء فترة الاقتران بمعنى أنه بعد ١٥ دقيقة ينتقل $\frac{1}{6}$ الكروموسوم وبعد ٣٠ دقيقة ينتقل $\frac{1}{3}$ وبعد ٤٥ دقيقة ينتقل $\frac{1}{2}$ الكروموسوم وهكذا فى تناسب طردى ويتم انتقال الجينات القريبة من مكان الانفتاح (الجزء القائد) أولا ثم الأبعد وهكذا وفى نهاية التسعين دقيقة يكون قد انتقل آخر جين .

ثالثا : النقل بطريق الحمل الفاجى Transduction

لوحظت هذه الظاهرة أثناء دراسة أنواع جنس السالمونيلا Salmonella وهى عملية انتقال الجينات الوراثية من سلالة إلى أخرى عن طريق عامل قابل للترشيح Filterable agent وملازما لجزئيات مرئية حجمها يقرب من ٠,١ ميكرون والذى تبين فيما بعد أنه فيروس ويلزمنا هنا أن نوضح أنواع الفيروسات المختلفة .

(أ) فيروس معتدل Temprate Phage

قد يسبب انفجار الخلايا بعد حدوث العدوى وقد لا يسبب الانفجار ولكن تكتسب الخلايا القدرة الكامنة على التحلل Lysogenic وتوجد على ثلاثة صور :

١ – الفاج الأولى Prophage هو عبارة عن الحمض النووى الفيروسى الذى يصيب الخلية البكتيرية ولكنه يخضع لنظم الخلية ولا يسبب لها تحلل ويظل مستقلا بذاته داخل الخلية مثل البلازميد ، وقد يندمج الفاج الأولى مع كروموسوم الخلية البكتيرية فيتكون جزء حقيقى واحد من الحمض النووى د ن أ – DNA يضمهما معا .

٢ – الفيريون (الطور الخارجى – Extracellular phase) Virion وهى جسيمات خاملة حيويا لا تستطيع التكاثر أو التنفس أو التغذية وغيرها من الوظائف الحيوية ولكنه

قادر على إحداث العدوى ويتحصر دوره فى نقل الحمض النووى (المادة الوراثية) من خلية إلى خلية أخرى .

٣ – الفاج الخضرى (الطور الداخلى Intracellular phase) Vegetative phage يتواجد داخل خلايا العائل فى صورة حمض نووى فى حالته التكاثرية Reproductive form تمهيدا لتكوين فيريونات جديدة ويتكون الطور الداخلى دائما بعد إفراز الفيربون على مواقع استقبال متخصصة على جدار خلية العائل .

(ب) الفيروسات الشرهة Virulent phage

وتوجد على صورتين فقط هما الفاج الخضرى والفيريون .

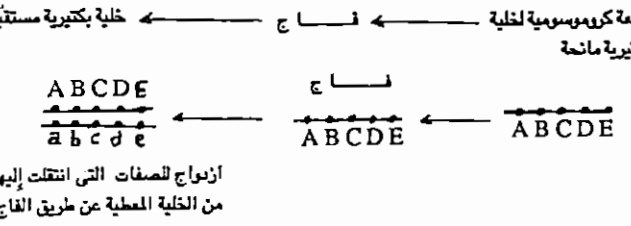
* * *

وقد شوهدت ظاهرة النقل بالحمل الفاجى عند زرع سلالات ناقصة القدرة لتخليقية auxotrophes المتزاوجة ولكن منفصلة عن بعضها فى أنبوبة على شكل حرف U تم الفصل بين ذراعيها بواسطة حاجز زجاجى له ثقوب دقيقة جدا زرع فى أحد ذراعيها بواسطة حاجز زجاجى له ثقوب دقيقة جدا زرع فى أحد ذراعيها سلالة (A٢) تحتاج إلى إضافة الهستدين وفى الذراع الآخر تم زرع السلالة (A٢٢) والتى تحتاج إلى إضافة الحمض الأمينى تريتوفان وعندما تم تلقيح كل من السلالتين بكمية مقدارها ١٠ ^{٨} خلية فى كل ذراع أمكن عزل ١٠ خلايا كاملة القدرة التخليقية Prototrophic لكى مليون خلية وذلك فى الذراع الذى يوجد به السلالة (A٢٢) ولم يتم عزل هذه الخلايا من الذراع المحتوى على السلالة (A٢) .

وتم تفسير ذلك بأن السلالة (A٢٢) تحمل فيروس Bacteriophage له قدرة تحليلية ضعيفة للسلالة (A٢) وعند انتقال الفيروس من خلال الحاجز الدقيق جدا إلى الذراع (A٢) يتم تحليل بعض الخلايا نتيجة إصابتها بالفيروس البكتيرى أى أن العامل القابل للترشيح FA المنطلق من خلايا السلالة (A٢) يمكنه أن ينتقل عكسيا إلى الذراع المحتوى على السلالة (A٢٢) ويكسبهما صفات جديدة تشبه السلالة التى انطلق منها أى أن السلالة (A٢٢) أصبحت قادرة على النمو فى غياب التريتوفان ، وقد تمكن ملاحظة انتقال صفات أخرى بهذه الطريقة .

وتم التعرف على هذه الجزئيات القابلة للترشيح FA وتبين أنها جزئيات من الفيروسات البكتيرية Bacteriophage حيث تقوم بدور الحامل carrier للمواد التحويلية Transduction materials لذلك سميت بظاهرة التحول Transduction حيث تبين أن هذا الفيروس قادر

على نقل صفة وراثية واحدة أو أكثر إلى الخلية المستقبلة (التى يصيبها) لأن الجزئيى الفردى (الفيروس الواحد) يعمل كحامل لجين واحد أو أكثر أو لجزء بسيط من الكروموسوم البكتيرى للخلية المعطية Donor لعامل التحول حيث أنه فى هذه الحالة يتجزأ الكروموسوم البكتيرى إلى حوالى ١٠٠ جزء أو أكثر ويدخل أحد هذه الأجزاء إلى أحد رؤوس الفيروسات البكتيرية الناقلة وعندما يتحرر الفيروس من الخلية المستقبلة (المصابة) قد يصيب خلية أخرى مستقبلة وبذلك تنتقل الصفات البكتيرية من سلالة إلى أخرى ويحدث الاندماج بين كل من الحمض النووى د ن أ DNA للخلية المانحة والمستقبلة وفى هذه العملية تندمج قطعة من كروموسوم بكتيرى مع جسم الفاج (فيريون كامل) وحينما يغزو هذا الفاج خلية بكتيرية جديدة فإن محتواه الوراثى بما فيه من القطعة الكروموسومية للخلية البكتيرية المعطية والتى اندمجت بداخله فى الخلية المستقبلة والتى تصبح فى ثنائية المجموعة الصبغية لعدد من الجينات التى أدخلت إليها بواسطة الفاج أى ثنائية المجموعة الصبغية جزئيا وتسمى الخلية حينئذ بالزيجوت الجزئيى Partial zygote



ويوجد نوعين من هذا النقل :

(أ) النقل العام بالحمل الفاجى A. Generalized transduction

فى حالة فاج بى ٢٢ – P22 حيث تستطيع نقل أى جين من جينات بكتيريا السالمونيلا بدرجة متساوية مع الجينات الأخرى لهذه البكتيريا .

(ب) النقل الخاص بالحمل الفاجى B. Specialized transduction

فى حالة فاج معتدل مثل فاج لامدا Lambda حيث لا يستطيع هذا الفاج نقل كل جينات البكتيريا بدرجة متساوية ولكنه ينقل جينات وراثية خاصة من الخلية المعطية إلى الخلية المستقبلة مثل الجينات المسئولة عن بناء البيوتين (بيو Bio) أو جينات تمثل الجالاكتوز (جال Gal) ووجد أن كروموسوم لامدا عند وجوده فى حالة الفاج الأولى Prophage يحتل موقع ثابت على كروموسوم الخلية البكتيرية بين جينات البيوتين وجينات الجالاكتوز لذلك فإن الفاج ينقل المورثات القريبة من موقع اندماجه على كروموسوم

الخلية بأعلى نسبة ، وتقل نسبة انتقال الجينات الأخرى بواسطة الفاج كلما بعدت عن موقع اندماج الفاج مع كروموسومات الخلية ولذلك يسمى انتقال الجينات فى هذه الحالة النقل الخاص للجينات بالفاج .

ميكانيكية النقل العام بالحمل الفاجى :

الفيروس الذى يقوم بطريقة الحمل العام يحتوى على جزء صغير من المادة الوراثية وعادة لا يحتوى على أى مادة وراثية فيروسية على الاطلاق ولكنه يحتوى على الحمض النووى DNA للبكتيريا مغلفا بغطاء بروتينى فيروسى .

وعندما تتحلل الخلايا البكتيرية نتيجة غزو الفاج الناقل للصفات الوراثية فينتج نوعين من الفيروسات :

١ – فاج طبيعى Normal phage يحمل DNA فيروسى ويمثل غالبية للناتج .

٢ – فاج ناقل Transducting phage يحمل الحمض النووى DNA البكتيرى بصفة أساسية ويمثل أقلية بالنسبة للناتج .

معنى هذا أن الصفات الوراثية للبكتيريا لا تتكامل مع الصفات الوراثية للفاج بى P1 وهو الفاج الناقل بل تظل منفصلة كبلازميد مستقل .

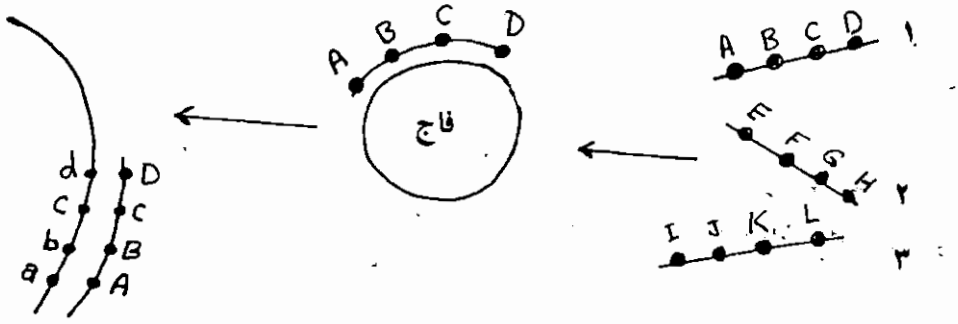
وحينما يدخل الفاج دورة التضاعف الخضرى فإنه يتضاعف مباشرة بعد غزو الخلايا وتنتج فريونات جديدة تعيد الدورة أو تدخل الدورة الكاملة للتحلل Lysogeric cycle حيث تظل مادة الفاج الوراثية فى حالة كمون (فاج أولى Prophage) دون أن تندمج مع كروموسوم الخلية البكتيرية .

وعندما يتحول الفاج الأولى إلى الحالة الخضرية تنكسر المادة الوراثية البكترية إلى قطع من الحمض النووى DNA كل قطعة تحمل عددا من جينات الخلية المعطية (لواهبة) وهذه القطع من الحمض DNAوالتى تحمل جين أو أكثر تأخذ غطاء بروتينى فيروسيا وتصبح جسيمات فيروسية ناقلة لصفات وراثية بكتيرية نظرا لأن هذه الجسيمات الفيروسية قد تحمل أى قطعة من المادة الوراثية البكتيرية الحمض – DNA البكتيرى – أى حمل عام .

وعندما تقوم هذه الفاجات الناقلة Transducting phageوالمحملة بقطع من المادة الوراثية للخلية المعطية (الواهبه) بعزو خلية جديدة (مستقبلة) فإن الخلايا الجديدة تكتسب بعض صفات الخلية المعطية حيث أن المادة الوراثية لتلك الفاجات الناقلة تكون من أصل

بكتيرى ممثلة فى قطع كروموسومات (قطع الحمض النووى DNA) الخلية البكتيرية وليست من أصل فيروسى لذلك لا تتضاعف فى الخلية الجديدة ولا تؤدى إلى انفجارها بعكس الحال عندما تغزو فيروسات طبيعية للخلايا البكتيريا الحساسة فإنها تنفجر .

فلذلك يتم نقل أى جين وتكوين صفات جديدة أو يستطيع نقل جينات الخلية البكتيرية بنفس الدرجة لذلك سميت بالنقل العام بالحمل الفاجى .



تفتت الكروسوسوم البكتيرى إلى ثلاثة قطع بكل منها ٤ جينـــات

الفاج يحمل النقطة الأولى وقد يحمل أى قطعة بنفس الدرجة لذلك يحبر حمل عام

ميكانيكية النقل الخاص بالحمل الفاجى :

مزرعة بكتيريا اشرشيا كـولاى E . coli ذات القدرة الكاملة على التحلل Lysogenic تحتوى كل خلية من خلاياها على نسخة من الفاج لامدا (λ) وهو يتبع فاجات بكتيريا القولون كولايفاج Coliphages حيث اكتشف ذلك الفاج (λ) كفاج أولى فى سلالات لبكتيريا القولون اشيرشيا كولاى ك١٢ E . Coli K12 فعند تنمية هذه السلالة (ك١٢ – K12) وجد أن خلية واحدة من بين ١٠٠٠٠ خلية (١/١٠٠٠٠) تنفجر ويؤدى انفجارها إلى تكوين فيريونات لامدا λ كاملة وفى حالات نادرة فإن أحد الخلايا بالمزرعة لا تتسلم نسخة من الفاج الأولى وتعرف بالخلية الشافية (Cured cell) أى أنها فقدت القدرة على التحلل (غير لايسوجينية Non lysogenic) وبعد عزلها وزراعتها تعطى مزرعة خلايا شافية وهذه المزرعة يمكن إصابتها بفـاج لامـدا λ فتصبح مستعمرة ذات القـدرة الكامنة على التحلل Lysogenic فإذا كان الفاج لامدا المستخدم فى إصابة الخلية المصابة تصبح ذات قدرة كامنة على التحلل وإنتاج فاج لامدا يحتوى على هذه الطفرة ذاتها . ووجد أن الفاج لامدا λ يتكامل مع كروموسوم الخلية البكتيريـة فى موقـع محدد مـن صفات تكوين الجلاكتـوز gal وجين تكوين البيوتين بيـو Bio وفى هذا الموقـع المحدد

يكون ترتيب القواعد النيتروجينية متماثلا لكلا من البكتيريا والفيروس نتيجة كسر وإعادة ارتباط بين جزئيين الحمض النووى البكتيرى والفيروسى على صورة خطين متعامدين أواتصال مزدوج أو العبور الوراثى .

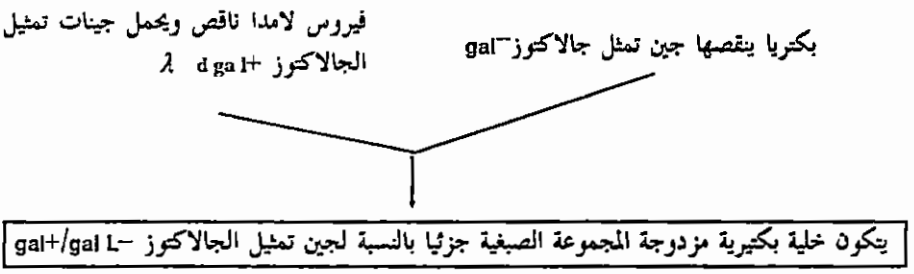
وعند تعرض هذه المزرعة ذات القدرة الكامنة على التحلل إلى عوامل طبيعة تؤدى إلى تنشيطها (أو حثها) فيتحول الفاج الأولى إلى الصورة الخضرية – فإن هذا الفاج الأولى ينفصل عن الخلية البكتيرية بطريقة عكس عملية الاندماج والتى حدث فى الموقع المحدد لاتصاله بكروموسوم الخلية البكتيرية ثم يبدأ فى مضاعفة نفسه وتنفجر الخلية ويتكون فيريونات جديدة عادية ولكن فى حالات نادرة عند تعريض الخلية لبكتيرية لهذه العوامل الطبيعية للتنشيط فإن الفاج الأولى Prophage ينفصل عن كروموسوم الخلية البكتيرية فى نقاط تختلف عن النقاط المحددة لاتصاله فيتكون حلقات الحمض النووى د ن أ DNA تحتوى على معظم كروموسومات الفيروس لامدا λ مضافا إليه قطعة كروموسوم الخلية البكتيرية من أحد جانبى نقط الاتصال مع الكروموسوم على حسب المكان الذى حدث فيه انفصال كروموسوم الفيروس عن كروموسوم الخلية البكتيرية ثم تتضاعف هذه المادة الوراثية وتتكون فيريونات كاملة تنطلق عند انفجار الخلية . فإذا كانت النقطة المنفصلة من كروموسوم البكتيريا تشمل جينات الجالاكتوز (جال gal) فإن الفاجات الناتجة تسمى لامدا ناقصة ومحتوية على جينات الجالاكتوز λ defec ive carrying gal ويرمز لها بالرمز λ d gal وبالمثل يمكن إنتاج فاج لامدا λ ناقصة ومحتوية على جينات البيوتين λ defective carring Bio ويرمز لها بالرمز λ d Bio .

وحيث أن كمية د ن أ DNA يمكن تحميلها للغطاء البروتينى لرأس الفاج لامدا λ ثابتة ومحددة فإن إضافة جينات الجالاكتوز أو إضافة جينات البيوتين تؤدى إلى ضرورة استبعاد جزء من جينات لامدا λ على الطرف الآخر لمادة الفيروس الوراثية .

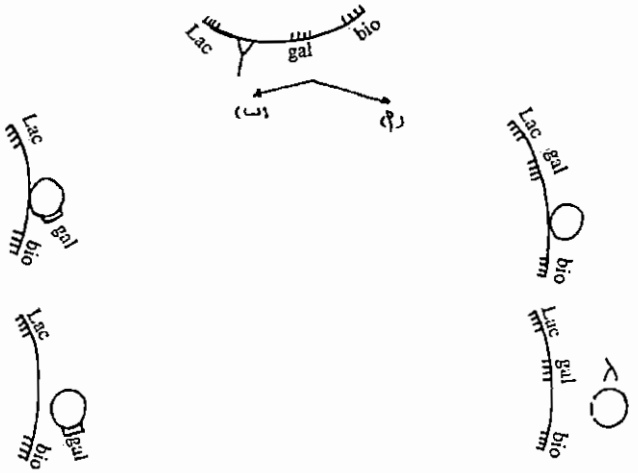
وإذا كانت المزرعة البكتيرية ذات القدرة الكامنة على التحلل تحتوى على جينات جالاكتوز بسيطة +gal فعند تعريضها لظروف تنشيط (استحثاث) فإن فيروس لامدا λ واحد فقط من الناتج يكون فاج لامدا ناقص ويحمل مورثات الجلاكتوز λ d gal بنسبة ١ : خمسة آلاف فاج طبيعى .

وعند استخدام هذه الفاجات المحللة لإصابة خلايا مزرعة جديدة ليس لها القدرة على التحلل Non lysogenic ولا تستطيع تمثيل جالاكتوز– gal وذلك لخمول جينات الجالاكتوز فإن بعض خلايا المزرعة ستصاب بفاج لامدا ناقص وتحمل جينات الجالاكتوز

λ d gal حيث يندمج كروموسوم الفاج الناقص λ (d gal) محتوى جين جالاكتوز مع كروموسوم الخلية البكتيرية الى لا تستطيع تمثل الجالاكتوز -gal (خاملة) وبذلك تصبح الخلية مزدوجة ازدواجا جزئيا فى موقع وذلك بفضل الجينات التى نقلت إليها بواسطة الفاج . أى أن الحمل الخاص للصفات الوراثية بالفاج يمثل إضافة كروموسوم الفاج الأولى والمحتوى على قطعة من د ن أ DNA من الخلية المعطية Donor cell.



أى أنها تحولت إلى خلية قادرة على تمثيل الجالاكتوز بفصل الجين المنقول نقلا خاصا من الفاج لامدا الناقص ويحتوى على جين تمثيل الجالاكتوز +gal λ d ثم إضافة كروموسوم الفاج الأولى Prophage والمحتوى على قطعة DNA من الخلية المعطية إلى الخلية المستقبلة .



تتكون جسيمات لامدا طبيعية (السلالة البرية)

تتكون جسيمات لامدا ناقصة ولكنها تحتوى على جينات الجالاكتوز λ gal

ثانيا : التطفر فى البكتيريا

Mutagenis of bacteria

تعد دراسة التطفر فى البكتيريا من الموضوعات الحديثة التى بدأت دراستها خلال النصف الأخير من هذا القرن ، وذلك بعد التقدم الهائل فى تصنيع الأجهزة العلمية الدقيقة التى أتاحت للعلماء ، مشاهدة التركيب النووى للخلية البكتيرية مما سهل طرق دراسة انتقال الصفات الوراثية والتغييرات التى تحدث فى التركيب الوراثى والتى تؤدى إلى حدوث الطفرة وينبغى لنا فى البداية أن نعرف الجين وهو العامل الوراثى الهام فى عملية التطفر وكذلك السلالة البرية :

الجين :

هو مقطع من الحمض النووى د ن أ – DNA تترتب فيه القواعد النيتروجينية ترتيبا يحدده تسلسل الأحماض الأمينية سلسلة بيتدية واحدة وذلك بواسطة عمليتى نقل الشفرة Transcription وترجمة الشفرة Translation.

السلالة البرية :

اصطلاح استخدمه الوراثيون للسلالة البكتيرية الموجودة فى الطبيعة وتختلف عن السلالة الموجودة بالمعمل .

لذلك فإن تغيير تسلسل القواعد النيتروجينية فى الحمض النووى د ن أ DNAوذلك بحذف قاعدة واحدة أو إضافة قاعدة واحدة أو حتى تغيير تسلسل الأحماض الأمينية فى السلسة البيتيدية قد ينتج عنه تغيير التركيب الثانوى أو الثالثى أو الرابعى للبروتين مما ينتج عنه فقد كلى أو جزئى فى نشاط البروتينات وذلك ما يسمى بالطفرة . وقد تقسم الطفرات من حيث المكان والطريقة والسلوك إلى الأقسام التالية :

تقسيم الطفرات :

(ا) تقسيم الطفرة من حيث مكان حدوثها :

١ – الطفرة الموضعية :

هى تغيير فى ترتيب القواعد النيتروجينية فى الحمض النووى د ن أ DNA سواء باستبدال أو إضافة أو نقص أو ارتداد أو انعكاس وهى أكثر دقة من الطفرات الكروموسومية .

٢ – الطفرة الكروموسومية :

هي نتيجة تغييرات تؤثر فى مقطع كبير من الكروموسوم مثل التكرار أو الاقتضاب أو الانعكاس أو الإنتقال المتبادل أو التعدد الكروموسومى وهى أقل دقة من الطفرات الموضعية .

(ب) تقسيم الطفرة من حيث طريقة حدوثها :

وعموما تؤدى الطفرة إلى ظهور سسلالات جديدة تحمل تصنيفات جديدة تختلف عن تلك الموجودة فى المجموع الذى تنشأ فيه ويكون لهذه السلالات صفات وأنشطة جديدة تختلف قوة أو ضعفا عن المجموع الذى تنشأ فيه وهذه التغييرات تحدث تلقائيا Spontanous أى غير موجهة undirectأو تحدث صناعيا Arificial أى موجهة .Directed

١ – الطفرة التلقائية Spontanous mutation

تحدث نتيجة تغير فى ترتيب وتنظيم القواعد النيتروجينية (البيورينات والبريميدنات) فى المادة الوراثية (DNA) ، فيحدث تغيير دائم فى الصفات الوراثية للخلايا الجديدة ، وتحدث هذه الطفرة بمعدل خلية لكل عشرة آلاف خلية أو خلية لكل عشرة بلايين خلية ، وهذه الخلايا الجديدة لابد لها أن تتأقلم للمعيشة فى البيئة الطبيعية بظروفها المختلفة حتى تتاح لها فرصة الظهور ، فمثلا الصفرات التى تظهر وتكون مقاومة للمضاد الحيوى (أ) تحدث فى البكتيريا التى تنمو فى عدم وجوده ، فإذا أردنا عزل هذه الطفرات المقاومة للمضاد الحيوى (أ) تتم زراعة المجموع البكتيرى والمحتوى على الطفرات المذكورة على وسط غذائى يحتوى على المضاد الحيوى (أ) ، فنجد أن الخلايا أو ناتج نموها تستطيع النمو نظرا لمقاومتها للمضاد الحيوى أما خلايا المجموع الأصلى والحساسة لتأثير المضاد فإنها تفشل فى النمو فى وجود المضاد ، وتعرف هذه البيئة بالبيئة الانتخابية Selective medium.

٢ – الطفرة الموجهة Directed mutation

تحدث نتيجة تعرض الخلايا البكتيرية لمواد تطفر معينة أى طفرة صناعية ويعزى إليها ظهور كثير من السلالات والأنواع البكتيرية المختلفة وهذه الطفرة الناتجة قد تكون ذات صفات وقدرات جديدة تختلف عن المجموع البكتيرى الذى تنشأ فيه قوة أو ضعفا .

(ج) تقسيم الطفرة من حيث سلوكها التطفرى

وتقسم الطفرة أيضا بناء على السلوك التطفرى إلى :

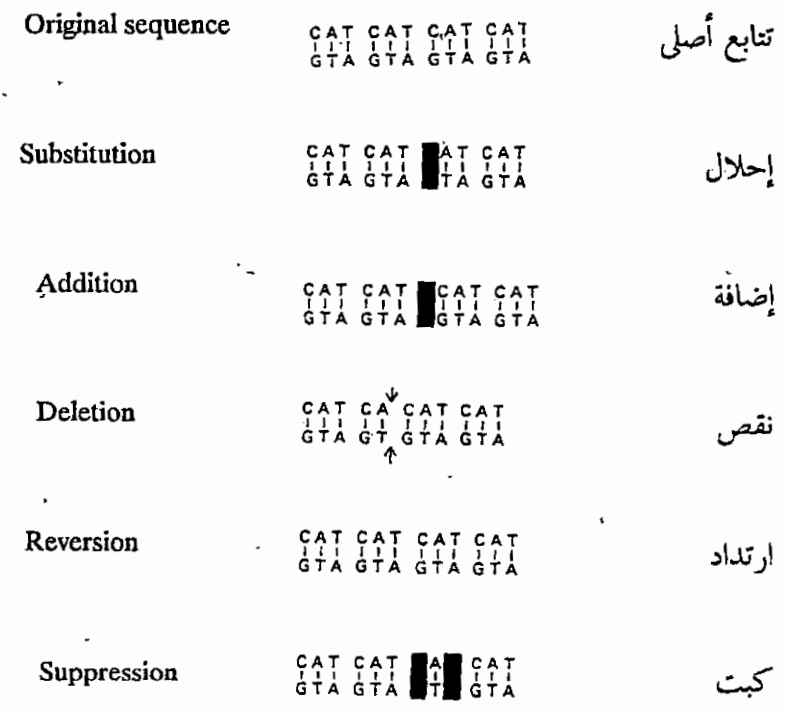
١ – طفرات أمامية : إذا اتجهت من الطراز البرى إلى الاتجاه التطفرى

٢ – طفرات ارتدادية : إذا اتجهت من الاتجاه التطفرى إلى السلالة البرية .

أسباب حدوث الطفرة :

تحدث الطفرة أساسا نتيجة تغييرات فى تركيب وترتيب جزيئات الحمض النووى د ن أ – DNAبالخلية المتطفرة كما يلى :

طفرات موضعية



عن اورسولا جودنيف (الوراثة)

١ – استبدال بعض القواعد النيتروجينية الأصلية بالحمض النووى بمواد تشبهها فى التركيب الفراغى ولكن لا تمتلك نفس صفات القاعدة الأصلية ومن ثم فلا يتضاعف الحمض النووى (مثل مادة بورمويوراسيل Bromouracil) التى تشبه قاعدة الثايمين .

٢ – التغيير فى عدد نيوكليوتيدات الحمض النووى وذلك بالأبعاد (الحذف) أوالإضافة ويؤدى ذلك لتغيير التركيب الأصلى له وإنتاج شفرة وراثية جديدة .

٣ –كسر أحد الجينات وعند التحامه تفشل إحدى القطع فى الالتحام وبالتالى يستبعد هذاالجزء .

٤ – عدم تضاعف الحمض النووى ديزاوكسى ريبوز نتيجة ارتباط اثنين من القواعد البريميدية فيتكون مركب ثنائى الثايمين الذى يعوق نشاط إنزيم – DNA polymerase المسئول عن تجميع جزئيات الحمض النووى ديزاوكسى ريبوز وبالتالى لا تتضاعف سلاسل هذا الحمض .

٥ – حدوث بعض الأخطاء غير المقصودة أثناء تضاعف الحمض النووى ديزاوكسى ريبوز تؤدى إلى تغيير فى تركيبه .

٦ – حدوث تغيير فى خواص الروابط الهيدروجينية التى تعتمد على المجاميع الأمينية والكربوكسيلية فى القواعد النيتروجينية للحمض النووى يؤدى إلى عدم تضاعفه وإزالة المجاميع الأمينية فى القاعدة أدنين Adenineيتحول إلى مركب الهيبوزانثين Hypoxanthin فتفقد قاعدة الأدينين مقدرة الارتباط المتكامل مع القاعدة ثايمين Thiamine وبالتالى لا يحدث تضاعف للحمض النووى ديزاوكسى ريبوز (DNA) .

أنواع الطفرات البكتيرية Types of bacterial mutation

أولا : الطفرات البيوكيميائية Biochemical mutation

(أ) طفرات بكتيرية فقدت القدرة على تخليق مادة أو أكثر من المواد الأيضية الهامة وتعرف بالطفرات ناقصة القدرة التخليقية Biochemically difficient mutants.

(ب) طفرات بكتيرية قادرة على إفراز مواد تلوينية فيصبح لونها مختلف عن لون المستعمرات الأصلية وبالتالى يسهل تمييزها وتعرف بالطفرات التلوينية Pigmentation mutants.

(جـ) طفرات بكتيرية تختلف فى قدرتها التخمرية عن السلالات الأصلية وتعرف بالطفرات التخمرية Fermentation mutants.

(د) طفرات بكتيرية تختلف فى خواصها السيريولوجية عن السلالات الأصلية وتعرف بالطفرات السيريولوجية Seriological mutants.

(أ) طفرات ناقصة القدرة التخليقية Biochemically difficient mutation

هى طفرات من بكتيريا إشيريشيا كولاى Escherichia coli لا تستطيع القيام بالتفاعلات الإنزيمية الخاصة بتكوين احتياجاتها من المكونات البروتوبلازمية (أحماض نووية –

أحماض أمينية – فيامينات – وخلافه) نتيجة تغيير أحد الجينات المسئولة عن نشاط النظم الإنزيمية المختلفة فتصبح غير قادرة على القيام بالتفاعلات الإنزيمية اللازمة لبناء احتياجاتها الغذائية وتسمى بالطفرات ناقصة القدرة التخليقية Auxotrophesوإذا حدث هذا التغيير أو التعطيل لجين واحد فإن الخلية الجديدة المتطفرة تستطيع القيام بالتفاعلات الإنزيمية المحكومة بالجينات الأخرى التى لم يحدث فيها تغيير أو تعطيل وتسبق الجين المتغير أو العاطل .

وتوضيح ذلك نفترض أن التركيب الجينى لسلالة لها قدرة عالية على تجهيز كل متطلباتها الغذائية هو :

A B C D E F G H

وعند حدوث طفرة لهذه السلالة وتغيير وتعطيل الجين Eوتحويله إلى (e) يكون التركيب الجينى هو :

A B C D e F G H

أى أن الجين (e) فقد قدرته على النشاط الإنزيمى ، أما النشاط الإنزيمى المرتبط بالجينات ABCDفيستمر وتتراكم النواتج الوسطية قبل الجين المعطل (e) . وتتطلب لنموها إضافة المادة التى تعطل جينها حتى يستمر التفاعل وتعرف حينئذ بالطفرة وحيدة المطالب monoauxotrophic.

إدا حدث التطفر نتيجة تغيير وتعطيل فى أكثر من جين واحد تتكون طفرات تختلف فى احتياجاتها الغذائية وإذا احتاجت الطفرة إضافة مادتين للنمو فإنها تسمى بالطفرة المزدوجة الاحتياجات . وإذا احتاجت إلى ثلاث مواد سميت بالطفرة ثلاثية الاحتياجات وهكذا . إلى متعددة المطالب Polyauxotrophic.

(ب) الطفرات التلوينية Pigmentation mutation

هى أحد أنواع الطفرات البيوكيميائية ويمكن التعرف عليها من مظهرها الخارجى حيث لوحظ اختلافات لونية فى مستعمرات فردية من خلال مجموعة مستعمرات بمزرعة من بكتيريا سارسنيا مارسيزنس Sarcina marcescens زانثوموناس ستيوارتى Xanthomonas stewartii .

وتعرف هذه الاختلافات التلوينية التى تبدو فى عدد من المستعمرات فقط دون المجموع الكلى لمستعمرات المزرعة بالطفرات التلوينية ، وتظل الاختلافات التلوينية ثابتة

فى الأجيال المتعاقبة وتحدث بمعدل مرتفع بمعدل خلية لكل ألف خلية إلى خلية لكل عشرة مليون خلية .

الطفرة التلوينية تظل ثابتة أما الاختلافات التلوينية الناتجة عن الظروف البيئية تزول بزوال المؤثر ، فعلى سبيل المثال الاختلافات التلوينية الناتجة عن تغيير الأس الايدروجينى (pH) للوسط الغذائى سرعان ما تعود للونها الأصلى بمجرد تغيير الأس الأيدروجينى إلى الدرجة المثلى لنمو الكائن . وهذه الطفرة طبيعية ودرجة ثباتها تختلف عن ثبات النوع السابق لأنها تعود إلى أصلها بعد عدة أجيال ويرجع ذلك لارتباط بحدوثها بعوامل سيتوبلازمية (غير نووية) .

(جـ) الطفرات التخمرية Fermentation mutant

هى أحد أنواع الطفرات البيوكيمائية ، وهى سلاسلات جديدة تختلف فى قدرتها التخمرية عن الخلايا الأصلية للسلالات البكتيرية القادرة على تخمر سكر اللاكتوز (لاكتوز+) من سلالات لا تستطيع تخمر سكر اللاكتوز (لاكتوز-) وهى طفرات تحدث بمعدل خلية لكل مائة ألف خلية من بين أفراد بكتيريا أ ، كولاى E.coli وتم أيضا عزل سلالات من بكتيريا القولون مثل الطفرات التى تختلف فى قدرتها على استعمال السترات أو سكر المالتوز وتتكون بمعدل خلية لكل عشرة مليون وهى بذلك تختلف عن الأولى ، وتتحكم فى هذه الطفرة جينات خاصة فى الخلية ومع ذلك يقل ثباتها عن النوعين السابقين .

ثانيا : الطفرات المقاومة لتأثير بعض العوامل :

Mutants resistant to effect of some agents

وهى سلاسلات بكتيرية لها القدرة على مقاومة بعض العوامل أكثر من خلايا المجموع الذى تنشأ فيه وتشمل .

١ -- طفرات مقاومة لتأثر المود السامة (المضادات الحيوية)

٢ -- طفرات مقاومة لتأثير الفيروس البكتيرى .

٣ -- طفرات مقاومة لتأثير الإشعاعات المختلفة

١ – طفرات مقاومة لتأثير المواد السامة (المضادات الحيوية) :

هى سلالات جديدة من خلايا بكتيرية تستطيع النمو على أوساط غذائية تحتوى على تركيز المضاد الحيوى ستربتومايسين الذى يعادل عشرة أضعاف التركيز الذى يؤثر على

نمو المجموع الأصلى الذى تنشأ فيه ، وهذا التركيز القليل من المضاد الحيوى يوقف نمو المجموع الأصلى تماما . وهذه الطفرات المقاومة للمضاد الحيوى ستربتومايسين تظل محتفظة بحساسيتها للمضادات الحيوية الأخرى .

ويوجد هناك طفرات مقاومة لأكثر من مضاد حيوى كتلك التى تمتلك القدرة على مقاومة المضاد الحيوى أوريومايسين Aureomycin وتكون مقاومة أيضا للمضاد الحيوى تيرامايسين Terramycinوذلك بسبب تشابه تركيبهما الكيماوى ، وبالتالى لها نفس التأثير على الخلايا Same mode of actionوتعرف هذه المقاومة بالمقاومة المشتركة أو بالمقاومة الثنائية Cross-resistance.

ويمكن استحثاث تطفر سلالات مقاومة للمضاد الحيوى (أ) وذلك بتكرار زراعتها ونقلها إلى بيئات تحتوى على تركيزات متدرجة الارتفاع من هذا المضاد وهذا يساعد على انتخاب طفرات مقاومة للتركيزات المرتفعة من المضاد الحيوى (أ) ووجد أن مقاومة الخلايا للبنسلين يمكن زيادتها تدريجيا نتيجة حدوث سلسلة متتابعة من الطفرات وهذا يساعد على انتخاب طفرات مقاومة للتركيزات المرتفعة للمضاد الحيوى .

وهناك طفرات مقاومة لمضاد حيوى تبدى مجالا واسعا من المقاومة حيث أمكن التعرف على طفرات مقاومة للتركيزات المنخفضة وأخرى مقاومة لتركيزات متوسطة وأخرى مقاومة لتركيزات مرتفعة وذلك دفعة واحدة (خطوة تطفرية واحدة) وقد تتكون الطفرات المقاومة للمضاد الحيوى داخل جسم المريض وتقاوم المضاد الحيوى المستخدم فى العلاج ، وبالتالى تتأقلم هذه السلالة داخل الجسم وتصبح مقاومة للمضاد الحيوى لعلاجى ويفقد قدرته للقضاء عليها ، لذلك يفضل استعمال خليط من المضادات الحيوية فى العلاج على أن تكون مختلفة عن بعضها فى تركيبها الكيمائى .

طريقة تأثير المضاد الحيوى Mode of action of intibiotic

(أ) التداخل فى التفاعلات الحيوية الهامة بالخلية .

فعلى سبيل المثال المضاد الحيوى بنسلين Penicillin يؤثر على البكتيريا العنقودية S taphylococcus aureusبتعطيله عملية دخول الحمض الأمينى جلوتاميك للخلية البكتيرية وبالتالى يقل أو يؤثر على نموها ،وأما السلالات المقاومة للبنسلين فإنها تستطيع تخليق حمض الجلوتاميك داخل خلاياها وبالتالى فإنها تستغنى عن الحصول عليه من مصادره الخارجية . أى أن التفاعلات التى يعطلها البنسلين لاتؤثر على نمو السلالات المقاومة له

(ب) إيقاف تفاعلات الأكسدة (الأنزيمات التنفسية) لحمض البيروفيك :

ويحدث فى سلالات البكتيريا الحساسة للمضاد الحيوى ستربتومايسين – Streptomycin حيث تتوقف عملية أكسدة حمض البيروفيك بالإنزيمات التنفسية بواسطة المضاد الحيوى ، فيتأثر نمو الخلايا ، أما السلالات المقاومة فإنها لا تعتمد على تفاعلات أكسدة حمض البيروفيك بالإنزيمات التنفسية ، بالتالى فإن التفاعلات التى يعطلها الستربتومايسين لا تؤثر على نمو السلالات المقاومة له .

٢ – الطفرات المقاومة للفيروسات البكتيرية :

الفيروس البكتيرى (لاقمات البكتيريا – بكتيريوفاج Bacteriophage) الكولاى فاج Coliphage الذى يصيب بكتيريا إ– كولاى E.Coli يوجد منه ٧ سلالات يرمز لها بالرمز ت 1 حتى ت 7 وتتميز بأن لها دورتى حياة داخل الخلية البكتيرية بناء على سلوك الفيروس ، فالفيروس المعتدل له دورة ليسوجينية ، ويعتبر الفيروس جزء من الخلية ينقسم بانقسامها . والفيروس الشره له دورة تحليلية تؤدى إلى تحلل الخلية وفنائها ، وتم عزل سلالات مقاومة للتأثير التحللى لأحد سلالات الفيروس أو سلالتين أو أكثر . وتعزل الطفرات المقاومة للفيروس البكتيرى دفعة واحدة (أى خطوة تطفرية واحدة) .

ميكانيكية مقاومة الخلية البكتيرية المتطفرة لتأثير الفيروس :

تتلخص تلك الخاصية فى عدم قدرة الفيروس البكتيرى (كولايفاج) على التجمع السطحى على سطح الخلية البكتيرية المقاومة له ، وبالتالى لا يمتلك الفيروس الفرصة للالتصاق بجدار الخلية العائل وإفراغ محتوياته بداخلها وذلك راجع إلى تغيير فى تركيب جدر الخلية المقاومة المتطفرة .

٣ – الطفرات المقاومة للإشاعات المختلفة :

وهى سلالات بكتيرية اكتسبت مقدرة مقاومة التأثير الإشعاعى فى خطوة تطفرية واحدة وأمكن حديثا عزل طفرات من اشيرشيا كولاى (ب) Esherichia coli strain B مقاومة لتأثير الإشعاعات عن طريق عزل طفرات مقاومة لتركيزات مرتفعة من صبغة الكريستال البنفسجى أو الريبوفلافين والطفرات المقاومة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية تكون مقاومة أيضا لتأثير فوق أكسيد الأيدروجين – الخردل الكبريتى – الكريستال البنفجسى – السفرانين تيلبوريت البوتاسيوم .

طريقة تأثير الإشعاعات Mode of action of rays

توقف الإشعاعات تفاعلات الأكسدة والطفرات المقاومة للإشعاعات تستطيع مقاومة التأثيرات التأكسدية الضارة بالخلية ، وما زالت طريقة وطبيعة تأثير الإشعاعات على التفاعلات التأكسدية غير معلومة بالضبط . (راجع العوامل المؤثرة على البكتيريا) .

ثالثا : الطفرات مختلفة الشكل الظاهرى Mutants differ in morphology

الشكل الظاهرى للمستعمرات البكتيرية يختلف باختلاف الأنواع والسلالات البكتيرية ، وهناك عوامل أخرى قد تؤدى إلى هذه الاختلافات مثل شكل الخلايا الظاهرى – تركيبها السطحى – طريقة تجمعها .

وأهمية دراسة الصفات الظاهرية للمستعمرات البكتيرية تكمن فى وجود ارتباط بين حدوث الاختلافات الظاهرية وكثير من الصفات الأخرى مثل القدرة المرضية للبكتيريا ، قدرتها على مقاومة المواد الكيميائية والتركيب الانتيجينى لخلايا البكتيرية .

ومن أهم الاختلافات المظهرية فى المستعمرات البكتيرية ما يأتى :

مستعمرات خشنة – Rough– ويرمز لها بالرمز (R) ، وناعمة (S) smooth والمخاطية (M) mucoid والمتوسطة (I) Intermediate والمتقزمة (D) Dwarf وهى مستعمرات صغيرة وتحتوى على خلايا مختلفة فى الشكل تعرف باسم Deptheroids والقابلة للترشيح Ferlterable ويرمز لها بالرمز (G) وهى مستعمرات صغيرة جدا وقابلة للترشيح ، والشبيهة بمجموعة البليرونيمونيا(L-form) Pleuropnumonia group والتى يرمز لها بالرمز (L) ، وقد يحدث فى عديد من الأنواع البكتيرية تطفر لبعض الخلايا بحيث لم يتغير شكلها الخارجى ولكن يبدو هذا التطفر فى طريقة ترتيب وتجمع هذه الخلايا حيث يستطيع تكوين مستعمرات دقيقة جدا Microcolonies وهذه لمستعمرات الدقيقة تتطلب إضافة عوامل النمو للوسط حيث أنها ذات نشاط أيضى منخفض .

وهذه الاختلافات المظهرية تعد اختلافات نهائية وليست مرحلية فى حياة البكتيريا ، لذلك تعد إلى حد ما دليلا على حدوث التطفر التلقائى ، إلا أن هذا الدليل ليس كافيا بل يجب التأكد عن طريق دراسة الخواص الفسيولوجية لأن هذه الاختلافات المظهرية قد تحدث نتيجة للتغير فى الظروف البيئية ويجب أن نفرق بين الاختلافات المظهرية التى تحدث نتيجة التطفر وتلك التى تحدث للتغير فى الظروف البيئية .

عوامل احداث التطفر Mutagensis factors

أولا : العوامل الفيزيائية I. Physical factors

١ – العوامل البيئية : درجة الحرارة – الرقم الأيدروجينى – تركيب الوسط الغذائى .

٢ – التشعيع : الأشعة السينية – الأشعة فوق بنفسجية .

ثانيا : العوامل الكيميائية II. Chemical factors

١ – بعض المضادات الحيوية Antibiotics.

٢ – بعض مشتقات البيورين Purines drevatives.

٣ – البيرو أوكسيدات Peroxides.

٤ – المواد المسببة للسرطان Carcenogenic substances مثل مركبات الأكريفلانين Acriflavin.

٥ – بعض المواد القلوية مثل الخردل النيتروجينى Nitrogen mustard والخردل الكبريتى Sulfur mustard.

٦ – بعض المواد الكيميائية : بسيطة التركيب – مثل كلوريد المنجنيز وحمض النيتروز – والمعقدة التركيب – مثل : صبغة الأكريدين – Acridine– يوراثان – والهيدروكسال آمين Hydroxyl amine.

وتأثير هذه العوامل التطفرية إما أن يكون :

١ - تأثير مميت – Leatal effect نتيجة تغييرات تؤدى إلى موت الخلية .

٢ - تأثير تطفرى – Mutagenic effect نتيجة حدوث تغير فى قدرات الخلية المتطفرة عن المجموع الذى نشأت فيه

ويتشابه التأثير المميت والتطفرى لكل من الأشعة السينية والفوق بنفسجية تشابها واضحا .

طرق عمل التأثير المميت .

(أ) التأثير المباشر Direct effect

وفيه يظهر تأثير العامل التطفرى على الجينات مباشرة وبصورة محددة على المراكز الحساسة للمادة الوراثية (DNA) والنتيجة حدوث تغيرات وراثية معينة

(ب) التأثير الغير مباشر Indirect effect

المناطق المعرضة لتأثير العامل التطفرى يحدث بها تآين وتتكون أيونات الهيدروكسيل (OH^-) وأيونات الهيدروبيروكسيل وتنتشر بسهولة حتى تصل إلى الجينات وتتفاعل مع الجزيئات المكونة لها وتؤدى إلى تغييرات فى تركيبها تؤدى إلى تغيرات وراثية مميتة .

طريقة عمل الإشعاعات فى إحداث الطفرات صناعيا

إن الفعل التطفرى للاشعاعات ينحصر فى :

١ – تأثير مباشر للأشعة فوق البنفسجية نتيجة قدرة الحمض النووى دى أوكسى ريبوز فى إمتصاصها مباشرة .

٢ – إنتاج مركبات وسطية مثل البيرواوكسيدات العضوية ولها فعل تطفرى .

٣ – التأثير على محتوى الحمض النووى دى أوكسى ريبوز من القواعد البيورينية والبريميدنية .

٤ – تكوين مركبات تمنع ازدواج الحمض النووى نتيجة تعطيلها لتكوين إنزيم DNA-Polymerase.

٥ – قد يكون للأشعة تأثير معقد Multiple-effectوذلك من خلال أكثر من وسيلة وعند تعرض الخلايا البكتيرية للأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية يلاحظ موت الخلايا نتيجة التأثير المميت ، وهذا لا يمنع استعمال هذه الاشعاعات لإنتاج طفرات صناعية أى طفرات موجهة نحو قدرة معينة مطلوبة ونتيجة لتأثير الأشعة السينية فإن معدل التطفر يرتبط بتركيز الجرعة المستخدمة أى أن العلاقة خطية ، وكلما زاد التركيز زاد عدد الخلايا المتطفرة وذلك من خلال التأثير المباشر – Direct effectعلى البكتيريا ، أما عمل الأشعة فوق البنفسجية فإن معدل التطفر يزداد بعد فترة حينما يكون تركيز الجرعة زائدًا أى أن المعدل ضعيف فى التركيزات المنخفضة وعال جدًا فى التركيزات المرتفعة أى أن العلاقة غير خطية ويبدو فعل هذه الأشعة من خلال عدة تأثيرات Multiple effects

طريقة عمل المواد الكيمياوية فى أحداث الطفرة صناعيا :

هناك كثير من المواد الكيمياوية تتفاعل وترتبط مع البروتين النووى وليس لها تأثير تطفرى ، ولكن يهمنا أن نعرف تأثير المواد الكيميائية المحدثة للتطفر صناعيا وهذه المواد تتفاعل مع المجاميع المنشطة لبروتين الحمض النووى دى أوكسى ريبوز

Deoxyribonucle0protein المكونة للجينات وتستمر سلسلة من التفاعلات تؤدى إلى حدوث التطفر .

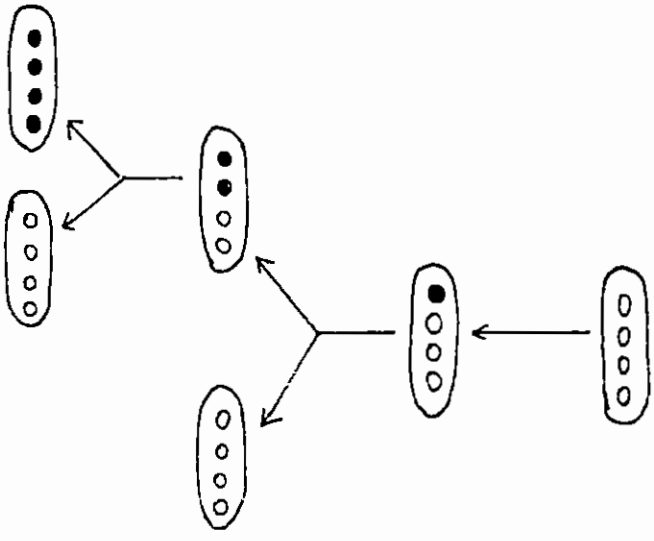
طريقة عمل الضوء :

لوحظ أن تعريض الخلايا البكتيرية للضوء بعد تعريضها للأشعة فوق البنفسجية يؤدى إلى :

١ – زيادة نسبة الخلايا النجية من الموت (تقليل التأثير المميت) .

٢ – تقليل نسبة الخلايا المتطفرة (تقليل التأثير التطفرى) .

تعرف هذه التأثيرات بظاهرة التنشيط الضوئى حيث يقوم الضوء باصلاح ما أفسدته الأشعة فوق البنفسجية ويظهر أكبر تأثير لظاهرة التنشيط الضوئى فى حالة الجرعة المنخفضة للأشعة فوق البنفسجية حيث تقل نسبة الخلايا المتطفرة وتزيد نسبة الخلايا الناجية ، أما فى حالة الجرعات المتزايدة والكبيرة من الأشعة فوق البنفجسية فإن ظاهرة التنشيط الضوئى تتمثل فى زيادة الخلايا الناجية فقط وليس لهاتأثير على تقليل الخلايا المتطفرة.



(١)	(٢)	(٣)
خلية متعددة الأنوية ذات تركيب وراثى واحـــد Same genotype	خلية مختلفة الأنوية Hetercaryotic نتيجة حدوث الطفرة المتحية باحد الأنوية (النواة السوداء)	خلية متعددة الأنوية ذات تركيب وراثى واحد يتكون من الأنوية المتغيرة تكونت بعد مرور انقسامين متتالين.

إن الطفرات البكتيرية لا تظهر مباشرة بعد تعريض المستعمرات البكتيرية لعوامل التطفر ، ولكنها تظهر بعد عدة أجيال وسميت هذه الفترة بالركود الظاهرى (الفينوتيبى) Phenotypic lagوذلك للأسباب الآتية :

١ – تأخر نمو الخلايا نتيجة تأثرها للعامل التطفرى .

٢ – تدخل بعض العوامل السيتوبلازمية .

٣ – زيادة المواد الأيضية بالخلايا ونتيجة لتعرض الخلايا للعامل التطفرى فإنها لا تستطيع تكوين هذه المواد ، ولكنها تأخذ فترة تستهلك تلك المواد وذلك يؤدى إلى تأخر ضهور الطفرة ويسمى ذلك الركود الفسيولوجى .Physiological lag

٤ – إنعزال الجينات المحمولة عل النوايا المتأثرة فى الخلايا عديدة الآنوية ، واحتواء خلايا البكتيريا على أجسام كروماتينية عديدة يفسر لنا ما يمكن أن يتم عند حدوث طفرة فى أحد أنوية الخلية عديدة الأنوية .ولتفسير ظاهرة الركود الظاهرة Phenotype lagفإن حدوث تغييرات منتحية فى نواة واحدة فى خلية عديدة الأنوية ووجود الجينات الطبيعية بالأنوية الأخرى يمنع ظهور هذه التغيرات المنتحية ، وهذه الطفرات المنتحية لا تظهر مباشرة حتى تسمح الفرصة للنواه المتغيرة أن تتواجد فى خلية واحدة خالية من جميع الأنوية الأخرى ويتطلب ذلك حدوث إنقسام خلوى متكرر ، فعلى سبيل المثال فإن طفرات الأشيرشيا كولاى Escherichia coli والمعاملة بالأشعة السينية لا تظهر إلابعد مرور ثمانية أجيال .

الأدلة على حدوث التطفر :

لقد قام عدد من العلماء بدراسة الطفرات البكتيرية التلقائية ، وذلك لإثبات حدوث التطفر عمليا من خلال أدلة مقنعة ، فقد قام لوريا ودوليرك سنة ١٩٤٣ Luria & Delbruck بإجراء اختبار سمى باختبار الذبذبات Fluctuation test وذلك لإثبات حدوث التطفر ثم قام نيركومب New combe سنة١٩٤٩ بتقديم أدلة جديدة على حدوث التطفر بطريقة مشابهة لاختبار الذبذبات وفى عام ١٩٥٢ قام ليدربيرج Lederberg بإجراء اختبار يسير يعرف باختيار الانتخاب الغير مباشر Indirect selection test أمكن بواسطته إثبات حدوث الطفرات التلقائية بعيدا عن الظروف الانتخابية لها مثل المضادات الحيوية أو الفيروس البكتيرى والتى تمنع تكاثر ونمو خلايا الآباء الحساسة للعامل وتسمح بنمو الطفرات المقاومة فقط ، ولعزل الطفرات التلقائية مباشرة وتمكن ليدربرج أيضًا عمل طريقة يسيرة

تسمح بنقل أو طبع المستعمرات النامية على الطبق الأصلى فى نفس أماكنها وعلى عدد من الأطباق المحتوية على بيئة انتخابية تعرف بطريقة الطبع المتكرر على الأطباق المحتوية على بيئة انتخابية وتتم عملية الطبع بطريقة تشبه استخدام الأكلاشيه فى طبع الرسم المحفور عليه على ورقة بيضاء وتجرى كالآتى :

١ – إحضار وسط غذائى خال من أى مضاد حيوى وتنمو عليه خلايا بكتيرية حساسة لفعل المضادات الحيوية ، ويطلق عليه الطبق الأصلى .

٢ – إحضار أطباق بترى بها وسط غذائى متصلب وهذه الأطباق إما أن تحتوى على تركيزات متدرجة من مضاد حيوى معين أو تحتوى على تركيز واحد من عدة مضادات حيوية مختلفة .

٣ – إحضار قرص خشبى قطره أقل من قطر الأطباق وله يد ويستخدم مثل الأكلاشيه .

٤ – إحضار قطعة قماش قطيفة معقمة وتثبت على القرص الخشبى بحلقة من اسطاط .

٥ – يوضع القرص الخشبى المثبت عليه قطعة القماش على سطح المزرعة النامية فتتلامس المستعمرات النامية على سطح المزرعة بسطح قطعة القماش وتعلق بها أى أن الطبق يعمل كختامة .

٦ – ينقل القرص الخشبى المثبت به قطعة قماش والمتعلق بها مستعمرات بكتيرية (الأكلاشيه) على سطوح أطباق بترى والموجود بها أوساط غذائية تحتوى على تركيز مختلف من مضاد حيوى أو تركيزات متساوية من مضادات حيوية وتعرف هذه الأوساط ، بالبيئات المرغوبة ، أى طبع ما هو موجود بقطعة القماش على سطح هذه الأطباق . فى نفس الاتجاهات والمواقع تمامًا .

٧ - تحضن الأطباق بعد عملية الطبع ويفحص النمو الناتج فنلاحظ نمو بعض المستعمرات دون الأخرى وتكون مطابقة لنفس مكانها بالطبق الأصلى وهذا النمو معناه أن هذه المستعمرات قادرة على النمو فى التركيزات المختلفة من المضاد الحيوى أو التركيز الواحد من المضادات المختلفة

أى أن النمو الجديد يعزى إلى مقدرة الخلايا الجديدة على النمو فى التركيزات المختلفة من المضاد الحيوى أو التركيز الواحد من المضادات المختلفة نتيجة ظهور تصنيفات وراثيه بكتيريا جديدة يؤكد حدوث التصفر التلقائى وتعتبر طريقة الطبع (الأكلاشيه) – أيسر الطرق المستعملة لإثبات حدوث التطفر .

الباب الرابع

تابع : قسم أوليات النواة التى لاتبالى بوجود الضوء

II . Division2 : Procaryotes indifferent to light (Scottobacteria)

طائفة (٢) الطفيليات الإجبارية الداخلية (داخل الخلية)

Class2 : Obligate intracellular parasites

رتبة : الركتسيالات Order : Rickettesiales

هى مجموعة من الكائنات إجبارية التطفل داخل الخلية الحية ، وقد شاهدها لأول مرة عام ١٩٠٩ العالم تايلور ريكيت Tylor Rickett وقد سميت باسمه تخليدًا وذكرى له ، وقد شاهدها من خلال دم الإنسان المصاب بالتيفوس ، وكذلك يعد أول من وصف الأشكال العصوية تلك الكائنات والتى تتواجد فى دم الإنسان المصاب بالحمى المعروفة باسم حمى جبال روكى Rocky-Mountain spotted fever ولقد مات هذا العالم نتيجة إصابته بمرض التيفوس الذى اكتشف مسببه .

الصفات العامة لرتبة الركتسيا :

١ – الركتسيا مجموعة من الكائنات الحية الدقيقة وسط فى حجومها وبعض صفاتها بين الفيروسات والبكتيريا (جدول ص ٣٠) .

٢ – كائنات إجبارية التطفل داخل الخلية الحية Obligate- intracellular- parasites وتسبب أمراضًا للفقاريات خاصة (الثدييات) أى أنها لا تستطيع النمو على المنابت الغذائية الصناعية (التخليقية)

ويفسر العلماء ذلك على أن خلايا الركتسيا قد تعتمد فى تمثيلها الغذائى على خلايا العائل ، وإن كانت بعض التجارب تشير إلى مقدرة الركتسيا على القيام ببعض تفاعلات التمثيل الغذائى ، وحاول العلماء دراسة النشاط الأيضى للركتسيا لمعرفة سلوك تطفلها الإجبارى ولكنها تلاقى صعوبات كثيرة نظرًا لأن تنقية الركتسيا خارج خلية العائل

ضعيفة بل قد تؤدى إلى موتها ، ويفسر البعض ذلك بأن مجرد خروج لركتسيا من خلايا العائل يتلف نفاذية جدرها الخلوية وبالتالى تخرج محتوياتها الداخلية بسهولة مما يؤدى إلى موتها ، وهذا يفسر ضرورة انتقالها من حيوان لآخر بواسطة الحشرات .

٣ – تقضى جزءا من دورة حياتها داخل إحدى المفصليات أو الحشرات الماصة للدم مثل القمل والبراغيث والقراد والحمم ، أى أن الحشرات والمفصليات هى العوائل الرئيسية للركتسيا وأما ما حدث من تطفلها على الإنسان وغيره من الثدييات فإنما هو نتيجة لما درجت (اعتادت) عليه المفصليات من امتصاص دم الإنسان والحيوان ، وبالتالى يتم نقل الركتسيا من الإنسان المصاب إلى الإنسان السليم ، أى أن هذه المفصليات تعمل كناقلات للعدوى للإصابة بالأمراض التى تسببها هذه المفصليات من حيوان مصاب لحيوان سليم أو من حيوان مصاب لإنسان سليم أو من إنسان مصاب لإنسان سليم .

٤ – متباينة الاشكال فهى إما عصوية يتراوح عرضها ما بين ,٢ – ٥ ميكرون وطولها ٢ ميكرون وإما كروية أو ذات شكل غير منتظم وبالتالى فإن بعض خلاياها لا يخفذ من المرشحات البكتيرية مثل البكتيريا والبعض الآخر ينفذ من المرشحات البكتيرية مثل الفيروسات .

٥ – خلاياها لها قابلية للإصطباغ بصبغة جرام مثل الخلايا البكتيرية ولكن كل خلاياها سالبة لصبغة جرام .

٦ – تتميز خلاياها بوجود الجدار الخلوى وأحيانا توجد العلبة – وتتميز أيضًا بأن محتواها الداخلى كثيف ومتجانس .

٧ – تتكاثر بالانفلاق الثنائى عرضى (مثل البكتيريا) .

٨ – لاتستطيع تكوين جراثيم داخلية (أى غير متجرثمة) .

٩ – تتأثر بالمضادات الحيوية حيث تؤدى المضادات إلى تثبيط نموها وتتأثر كذلك بالمطهرات المختلفة والجفاف ، ولكن الحرارة المرتفعة نسبيًا تؤدى إلى هلاكها السريع

١٠ – تضم هذه المجموعة الرتب التالية :

١ – رتبة الركتسيالات	1- Order: Rickettsiales
١ – العائلة الركتسية	1-Family: Rickettsiaceae
٢ – العائلة الباروتونيلية	2-Family: Bartonellaceae
٣ – العائلة الأنا بلازماتية	3-Family: Anaplasmataceae

٢ – رتبة الكلاميديالات II- Order: Clamydiales

١ – العائلة الكلاميدية 1-Family: Clamydiaceae

والركتسيا المسببة للأمراض التى تصيب الجنس البشرى هى طفيليات داخل خلوية متخصصة غاية التخصص ، وقد تم تصنيف ست منها فى الجدول التالى خمس مجموعات يسببها جنس الركتسيا أما المجموعة السادسة فسببها جنس كوكسيلا .

الأمراض الرايكتسية الرئيسية التى تصيب الإنسان :
وغالبيتها مسببة عن أحد أنواع جنس « رايكتسيا »
الذى يرمز له بالحرف « ر » العربى R الإنجليزى ،
فيما عدا حمى كوينزلاند
المسببة عن أحد أنواع جنس « كوكسيللا »

رقم المجموعة	اسم المرض	المسبب المرضى	الناقل الحشرى	العائل الطبيعى	الانتقال بوساطة
الأولى	تيفوس وبائى	«ر. بروازكياى» R. Prowazekii	قمل الجسد الانسانى	الانسان القوارض	القمل إلى الانسان ومن الانسان إلى القمل
	تيفوس مستوطن	«ر. موسيرى» R. mooseri	براغيث الجرذان	القوارض	الجرذ البرغوث الجرف، الجرذ البرغوث الانسان، الانسان البرغوث
الثانية	الحمى المنقطة للجبل الصخرى	«ر. رايكتسياى» R. rickettsii	قراد الخشب قراد الكلاب	الأرانب البرية، القوارض، الكلاب، الاغنام	القراد إلى الانسان
الثالثة	الجدرى الرايكتسى	«ر. أكارى» R. akari	حلم الفأر	الفئران المنزلية	حلم الفأر إلى الانسان
الرابعة	حمى تسوتسوجاموشى	«ر. تسوتسوجا موشى» R.Tsutsugamush	حلم Mites	القوارض (لاسيما فئران الحقل)	الحلم إلى الانسان

رقم المجموعة	اسم المرض	المسبب المرضى	الناقل الحشرى	العائل الطبيعى	الانتقال بوساطة
الخامسة	حمى كوينزلاند	« كوكسيللا برنتياى » Coxilla burnetis	القراد	القوارض الماشية	منتجات المواشى المصابة من لحوم وألبان ، القراد ينقل المرض بين الحيوان
السادسة	حمى الخنادق	« ر . كوجتانا » (R .quintans)	قمل الجسد الإنسانى	الإنسان	البراز الملوث للقمل

عن : الدكتور/ مصطفى عبد العزيز (علم الفيروسات)

الباب الخامس
تابع : قسم اوليات النواة التى لا تبالى بوجود الضوء

(Scottobacteria)II . Division : Procaryotes indifferent to light

طائفة (٣) : البروكاريوتات الغير مبالية بوجود الضوء وعديمة الجدار الخلوى

Class : Scottobacteria without cell-wall

رتبة : الميكوبلازماتالات Order : Mycoplasmatales

اكتشفت هذه المجموعة (الميكوبلازما – المولیكيوتس) سنة ١٨٩٨ حينما تم التعرف على مسبب مرض البليرونيمونيا فى الماشية حيث تم عزله وتنميته على الأوساط الغذائية ، وبالتالى استبعد أن يكون المسبب فيروسا كما كان يعتقد ، ووجد أن الكائن المسبب تابع لمجموعة من الكائنات لم تتضح أهميتها إلا حديثا . وقد أطلقت أسماء عديدة على أفراد هذه الرتبة ومن أكثرها شيوعا مجموعة البليرونيمونيات Pleuropneumonia-group وغالبا ما يطلق على الكائنات التابعة لهذه الرتبة والتى تكتشف تباعا اسم الكائنات الشبيهة بمسبب مرض البليرونيمونيا Pleuropneumonia-like-organisms (PLO) .

ومن أهم الصفات العامة لهذه المجموعة :

١ – تعرف هذه الرتبة باسم البكتيريا العارية من الجدار وأفراد هذه الرتبة ذات أشكال ظاهرية غير ثابتة فمنها الشكل الخيطى والمتفرع أحيانا والذى يتكسر إلى وحدات كروية صغيرة دقيقة أبعادها (١٢٥ – ١٥٠ ملليميكرون) تستطيع المرور من خلال المرشحات البكتيرية وإن هذه الوحدات القابلة للترشيح تستطيع النمو على البيئات الغذائية أو الأنسجة الحية وتتكون مستعمرات دقيقة الحجم .

٢ – تعتبر هذه المجموعة حلقة اتصال بين الفيروسات من جهة والبكتيريا من جهة أخرى (الجدول ص٣٠) .

٣ – خلايا الميكوبلازماتالات بدائية التعضى

٤ – بعض أنواعها يستطيع النمو على المنابت الغذائية الصناعية وبعض منها يتطلب موادا غذائية خاصة (مثل الاستيرولات) وبعض منها يستطيع إحداث أمراض (إجبارية التطفل) والبعض الآخر يعيش معيشة رمية .

٥ – يحيط بكل خلية غشاء خلوى شبه منفذ يتكون من ثلاث طبقات .

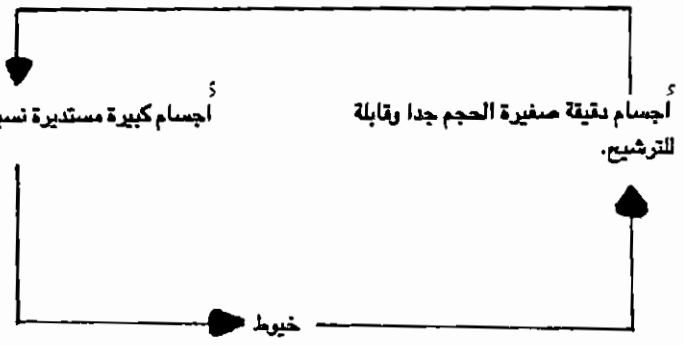
٦ – خلاياها سالبة لصبغة الجرام .

٧ – معظم أنواعها تقاوم البنسلين .

٨ – لاتستطيع تكوين أجسام دخيلة (غريبة) Inclusion bodies داخل خلايا العائل الذى تصيبه وهذا بخلاف الفيروسات حيث يكون فيروس الكلب أجساما تجرى داخل أنسجة وخلايا العائل المصاب .

٩ – لها دورة حياة منتظمة تمر بها خلاياها من خلال أطوار مورفولوجية مختلفة .

١٠ – تتكاثر بطريقتين :



(أ) التجزؤ Segmentation(التفتت) حيث يتكسر الخيط أو الأشكال العصوية إلى وحدات صغيرة ودقيقة الحجم .

(ب) تكوين الوحدات المبدئية Elementary units التى تحاط بأغشية

١١ – تضم هذه الرتبة عائلتين فقط :

رتبة الميكوبلازماتالات Order : Mycoplsmatales

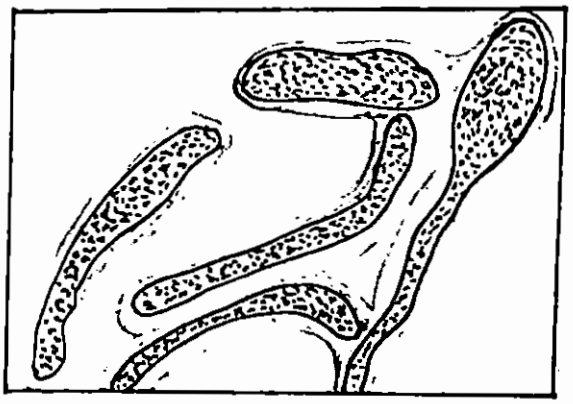
تضم العائلتين الآتيتين :

١ – عائلة : ميكوبلازماتية Family · Mycoplasmataceae

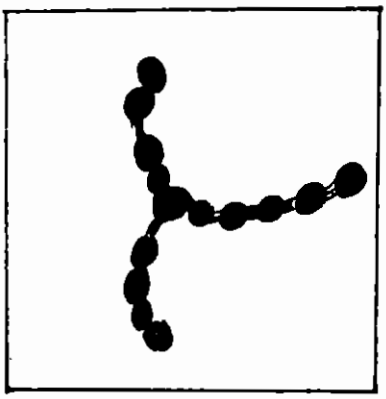
تتطلب إضافة السيترولات Sterolsللوسط الغذائى

٢ – عائلة : أكوليوبلازماتية Family : Acholeplasmataceae
لاتتطلب إضافة السيترولات للوسط الغذائى .

خيط طويل متفرع – ميكوبلازما ميكويدى



خيوط قصيرة



سلسلة من الأشكال الكروية نامية فى وسط زائل ميكوبلازما ميكويدى

الباب السادس
العوامل المؤثرة على نمو البكتيريا

Factors affecting bacterial growth

يتوقف نمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة على العوامل الخارجية المحيطة بها ، وعلى ذلك فإن أى تغيير فى هذه العوامل الخارجية يصاحبه بالضرورة تأثير ملموس على الخواص الفسيولوجية والمورفولوجية لهذه الكائنات . والبكتيريا شأنها شأن الكائنات الحية الأخرى تتأثر بالوسط المحيط بها ولكن لها القدرة على التكيف السريع وتوائم نفسها بالنسبة للتغيرات التى تحدث بالوسط ، وعلى هذا فإنها تختلف كثيرًا عن الأحياء النباتية والحيوانية ، وبمعرفة هذه العوامل التى تتحكم وتؤثر فى نمو وتكاثر البكتيريا فإننا نستطيع أن نتحكم فى نشاط البكتيريا بزيادته أو بتقليله أو إيقافه نهائيًا على حسب الضرورة .

وتنقسم هذه العوامل إلى قسمين رئيسيين هما :

١ – العوامل الطبيعية : Physical Factors

الحرارة – تركيز أيون الأيدروجين – الأكسجين – الرطوبة والنشاط المائى للوسط الجفاف – الضغط الاسموزى – الضغط الجوى –الضوء الشمسى والاشعاعات .

٢ – العوامل الكيميائية : Chemical Factors

وهى مجموعة من المواد الكيميائية تنتمى إلى مجاميع كيمائية مختلفة لها تأثير على الميكروبات المختلفة (ومنها البكتيريا) وقد تستخدم داخليًا كمواد علاجية أو خارجيًا كمطهرات وهذه المواد قد توقف النمو أو تمنعه كلية

وسنتناول بعض هذه العوامل بشىء من التفصيل

أولا : العوامل الطبيعية Physical Factors

١ – الحرارة Temperature

إن معدل سرعة إتمام التفاعلات الكيميائية تتأثر بدرجة حرارة الوسط ودرجة حرارة التفاعل ذاته . إن سرعة التفاعل تتضاعف بزيادة درجات الحرارة بما قيمته ١٠ درجات

مئوية وهو ما يعرف بالمعامل الحر رى (Q10) . ان كل عمليات النمو تعتمد على تفاعلات كيميائية حيوية (كيمو حيوية) تتم بواسطة الإنزيمات داخل الخلايا البكتيرية وتتأثر تلك التفاعلات أيضا بدرجة حر رة التفاعل لذلك فإننا نجد أن الحرارة تحدد جزئيًا معدل النمو وكميته النهائية كما إنها تؤثر أيضا على النشاط الفسيولوجى للخلية البكتيرية وكذلك الشكل الظاهرى للخلايا .

وكل نوع بكتيرى (وأحيانا بعض السلالات) ينمو فى درجة حرارة مثالية وهى تمثل مجال حرارى ضيق داخل مجال حرارى واسع .

وتقسم البكتيريا إلى ثلاثة مجاميع أساسية وكل مجموعة لها مجال حرارى واسع يضم بداخله ثلاثة مجالات ضيقة تمثل ثلاثة درجات كما يلى :

الثلاث مجاميع الأساسية ذات المجال الحرارى الواسع فهى :

(أ) بكتيريا محبة للحرارة المنخفضة Psychrophilic

وهى التى تنمو جيدًا فى درجات الحرارة المنخفضة ومجالها الحرارى (– ٥ إلى ٣٥°م) وتضم قسمين هما :

١ – محبة للحرارة المنخفضة إجبارًا Obligate psychrophilic

وهى تعيش فى مجال حرارى يقع بين – ٥°م إلى ٢٢°م ، أى أن هذه البكتيريا – تموت فى درجة حرارة أعلى من ٢٣°م . ونلاحظ أن درجة الحرارة الدنيا تقع بين (–٥°م إلى ٥°م) والمثلى (١٥ – ١٨°م) والقصوى (١٩ – ٢٢°م) .

٢ – محبة للحرارة المنخفضة اختيارًا acultative psychrophilicF

وهى ذات مجال حرارى (٥°م إلى ٣٥°م) وتشترك مع السابقة فى الدرجة الدنيا ولكنها تختلف فى المثلى حيث تكون (٢٥ – ٣٠°م) أى أن المثلى والقصوى لهذا لقسم لا تكونان فى النطاق الحرارى للبكتيريا المحبة للحرارة المنخفضة إجبارًا .

(ب) بكتيريا محبة للحرارة المتوسطة Mesophilic bacteria

وهى ذات مجال حرارى بين ١٠°م إلى ٤٧°م والدرجة الدنيا لنمو أفراد هذه المجموعة هى (١٠ - ١٥°م) والدرجة المثلى (٣٥ – ٤٥°م) والدرجة القصوى (٣٥–٤٧°م)

(جـ) بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة Thermophilic bacteria

وهى ذات مجال حرارى بين ٤٠°م إلى ٨٠°م والدرجة الدنيا لنمو أفراد هذه المجموعة هى (٤٠ – ٤٥°م) والدرجة المثلى (٥٥ – ٧٥°م) والدرجة القصوى هى (٦٠ – ٨٠°م) .

وقد تستطيع بعض الأفراد المحبة للحرارة المرتفعة أن تنمو فى ظروف الحرارة المتوسطة وتعرف حينئذ بالمحبة للحرارة المرتفعة اختيارًا Eurithermophilic أو Facultativethermophilic أما البكتيريا التى تنمو جيدًا عند درجة ٦٠°م وليس دون ذلك تعرف بالبكتيريا المحبة للحرارة لمرتفعة الحقيقية Truethermophilic والبكتيريا التى تقاوم الحرارة المرتفعة وتستطيع خلاياها الخضرية تحمل هذه الدرجة العالية وتنمو فيها تعرف باسم البكتيريا المتحملة للحرارة المرتفعة Thermoduric .

أما الثلاث مجالات الضيقة والموجودة داخل كل مجموعة رئيسية فهى كما يلى :

١ – الدرجة الدنيا Minimum temperature

وهى أقل درجة حرارة تستطيع البكتيريا أن تنمو عندها ، بحيث إذا انخفضت درجة الحرارة عنها فإن البكتيريا لا تستطيع النمو .

٢ – الدرجة المثلى Optimum temperature

وهى أنسب درجة لنمو البكتيريا ، وعند هذه الدرجة يكون النمو سريعًا وكميته وفيرة .

٣ – الدرجة القصوى Maximum temperature

وهى أعلى درجة حرارة تستطيع البكتيريا أن تنمو عندها ، بحيث إذا رفعت درجة الحرارة عنها يتوقف النمو تمامًا .

ويمثل الشكل التالى العلاقة بين درجة الحرارة ومعدل نمو الأحياء الدقيقة فى المجاميع الرئيسية الثلاث ، وهى ، المحبة للبرودة والمحبة للحرارة المتوسطة والمحبة للحرارة المرتفعة وموضحًا كذلك الدرجات الدنيا والمثلى والقصوى داخل كل مجموعة رئيسية .

وسنتناول هنا تأثير النقيضين من درجة الحرارة على نمو الكائنات الدقيقة وهما درجة الحرارة المنخفضة والمرتفعة .

أولا : تأثير درجات الحرارة المنخفضة :

١ – يقل النشاط الأيضى بسرعة عند انخفاض درجات الحرارة وذلك بالقرب من درجة التجمد وهذا النشاط لا يتوقف عند هذه الدرجة وهذا يفسر مقدرة بعض أنواع الكائنات الدقيقة على النمو فى درجات الحرارة المنخفضة دون درجة التجمد .

٢ – درجات الحرارة المنخفضة إذا لم تصل إلى درجات التجمد يقل تأثيرها الضار على البروتين بالخلية ويستوى فى ذلك حالة التجمد السريع حيث تحتوى المادة المتجمدة بهذه الطريقة على جيوب سائلة تستطيع الكائنات النمو فيها إما إذا تم التجمد بطيئا فيؤدى إلى أن يكون تجمدًا عميقًا Deep freezing فلا تتكون الجيوب السائلة فيقل نشاط الكائنات الدقيقة ويتوقف تمامًا .

٣ – يستخدم التجميد لحفظ المزارع البكتيرية وذلك بإضافة

(أ) مواد مبللة مثل الجليسرول والداى مثيل سلفواكسيد Dimethyl Sulfoxide بتركيز نصف جزئى حتى يتكون محلول معلق Suspension وهذه المواد تتخلل الخلايا وتقلل من التأثير التجفيفى للتجمد .

(ب) إضافة مواد ذات وزن جزيئى كبير مثل البيومين مصلى والدكسترين بتركيز $٢٠^{-٣}$ إلى $١٠^{-٥}$ جزئيى وهذه المواد ترتبط بسطح الخلية فتحمى غشاء الخلية من التأثير التجفيفى للتجمد .

ثانيًا : تأثير درجات الحرارة المرتفعة :

إن ازدياد درجة الحرارة يؤدى إلى زيادة سرعة العمليات الأيضية إلى حدود معينة ، ولكن إذا إرتفعت درجة الحرارة عن الدرجة المثلى فإن سرعة العمليات الأيضية تبدأ فى الانخفاض مصحوبة بفساد البروتين الإنزيمى حتى تصل الدرجة القصوى (وهى أعلى درجة حرارة يحدث عندها نمو) – وإذا ارتفعت درجة الحرارة عن الدرجة القصوى يتوقف النمو ثم يبدأ التأثير المميت (القاتل) للحرارة على الكائنات الدقيقة .

إن تأثير الحرارة فى قتل الكائنات الدقيقة ذو طبيعة لوغاريتمية بمعنى أن معدل الموت يزداد بارتفاع درجة الحرارة ولوحظ أن حدوث النمو فى درجات الحرارة المرتفعة حتى وإن كان فى حدود معينة يؤكد حدوث توازن بين العمليات الحيوية التى تؤدى إلى تعويض البروتين بالخلية بمعدل يزيد عن سرعة فساد البروتين نفسه نتيجة للحرارة المرتفعة والخلايا البكتيرية التى تستطيع النمو فى درجات الحرارة المرتفعة عن الدرجة القصوى

يعزى إلى أن فساد البروتين الخلوى لم يتضمن فساد البروتين الإنزيمى الخاص بعملية التعويض أو الإصلاح والدليل على ذلك أن هذه الخلايا لو أعيدت إلى درجة المثلى لنموها فإنها تستعيد نشاطها ونموها ، فمثلا فى حالة بكتيريا باسبلوس ميوكويدى Bacillus mycoidesيقل النشاط الإنزيمى لخلاياها عند درجة ٤١°م حين أن خلاياها تنمو عند درجة ٤٠°م أى أن فساد البروتين الانزيمى يحدث فى درجة أعلى درجة واحدة عن المتسببة فى فساد لبروتين الخلوى وإذا ارتفعت الحرارة عن الدرجة القصوى للنمو فإن عملية الإصلاح والتعويض لا تكفى لتعويض كل البروتينات والتى تعرضت للفساد بالحرارة فيقل بذلك عدد لخلايا الحية .

٢ – تركيز أيون الأيدروجين (الحموضة والقلوية) : pH value

يتم التعبير عن الحموضة والقلوية لمحلول ما بما يسمى درجة تركيز ايون الأيدروجين أو رقم pH وهو عبارة عن الإس السالب لتركيز أيون الايدروجين فى ذلك المحلول وتركيز أيون الايدروجين فى الماء النقى = ١٠$^{-٧}$ مولر وعلى ذلك فإن رقم pH لهذا الماء هو ٧ ومما هو معروف أن أرقام pH أقل من ٧ تعبر عن الجانب الحامضى أما أرقام أعلى من ٧ تعبر عن الجانب القلوى .

ويلاحظ أن ابيئات شديدة الحموضة أو شديدة القلوية توقف نمو الخلايا البكتيرية وقد تحدث تأثيرًا سامًا للخلايا نتيجة تجمع البروتين الإنزيمى بالخلية وفساده – لذلك يعتبر من الضرورى الاحتفاظ بثبات رقم pH للمزارع البكتيرية بقدر المستطاع وذلك باستخدام المحاليل المنظمة Buffer Solutions لتركيز أيون الأيدروجين – وتتركب هذه المحاليل من مخلوط من حمض ضعيف وملحه أو قاعدة ضعيفة وملحها ومن خصائص المحاليل المنظمة إنها تنتج أيون الأيدروجين إذا سحبت أيون الأيدروجين من الوسط أو تسحب أيون الأيدروجين من الوسط إذا أنتجت وفى كلتا الحالتين يظل تركيز أيونات الأيدروجين ثابت فى الوسط وفى مدى pH من ٦ إلى ٨ يعتبر محلول منظم الفوسفات Phosphate buffer من أحسن المنظمات وفى الأوساط الحمضية الضعيفة يستعمل منظم السترات وفى الأوساط القاعدية يستخدم منظم اليورات أو منظم الجلايسين .

ولكل كائن مجال من pH يستطيع أن ينمو فيه وهذا المجال يشمل حد أقصى وأدنى للنمو من أرقام pH كما يوجد حد أمثل للنمو من أرقام pH وعمومًا فإن معظم الخلايا البكتيرية تفضل لنمو فى وسط يقرب من التعادل (من ٦ إلى ٨) وهناك بعض الأنواع

القادرة على تحمل الحموضة وتعرف Aciduric وتفضل النمو فى وسط حامضى مثل بكتيريا حمض اللاكتيك وبكتيريا حمض الخليك والبكتيريا الممرضة التى تعيش بالقناة الهضمية تتحمل درجات حموضة أعلى من الميكروبات التى تعيش فى دم وأنسجة لعائل وهناك أنواع تتحمل الحموضة العالية مثل البكتيريا المؤكسدة للكبريت Thioxidans Thiobacillus التى تستطيع تحمل نمو عند رقم (pH = ٢) وهناك بعض أنوع تفضل النمو فى وسط قلوى مثل بكتيريا اليوريا وبكتيريا العقد الجذرية أما البكتيريا الممرضة للإنسان والحيوان تتطلب وسط متعادل تقريبا (pH = ٧.) كما أن الأكتينوميستات تتطلب وسط قلوى pH> ٨,٥.

طريقة تأثير PH على البكتيريا :

١ - الدرجات المتناقضة من الـ PH (المنخفضة جدًا والمرتفعة جدًا) تؤدى إلى فساد البروتين الإنزيمى نتيجة لتجلطه Coagulation.

٢ – كل نظام إنزيمى معين بالخلية البكتيرية له مجال من pHيعمل فى حدوده وله قيمة مثلى فى داخل هذا المجال وأى انحراف عن القيمة المثلى سواء بالزيادة أو بالنقصان يقلل من نشاط الإنزيم وبالتالى يقل معدل النمو .

٣ – الأكسجين : Oxygen

من أهم الغازات المكونة للهواء الجوى (٢٠٪ أكسجين) والتى لها تأثير كبير على نمو الكائنات الدقيقة وتكاثرها وتأقلمها وتحتاج الخلية البكتيرية إلى الأكسجين لمواصلة حياتها وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم البكتيريا تبعًا لحاجتها للأكسجين إلى الأقسام الآتية :

(أ) بكتيريا هوائية إجبارًا Strict aerobes

وهذه يلزم لنموها وتكاثرها توفر الأكسجين الجوى فى الوسط الذى تنمو فيه وإلا توقف عن النمو .

(ب) بكتيريا لا هوائية إجبارًا Strict anaerobes

وهذه تنمو فقط فى غياب لأكسجين الجوى حيث وجوده يعتبر مميتًا لها وهذه المجموعه تحصل على الطاقة بتحويل المواد ذات الطاقة العالية إلى مواد ذات طاقة منخفضة (أقل) أو باستخدام مواد محتوية على الأكسجين لأكسدة المواد العضوية

(جـ) بكتيريا اختيارية Facultative

وهذه المجموعة من البكتيريا تستطيع النمو فى وجود أو غياب الأكسجين الجوى وحسب درجة تفضيلها للأكسوجين الحر Free Oxygen أو الأكسجين المرتبط Combined Oxygen.

(د) بكتيريا محبة للهواء بكميات ضئيلة جدًا Microaerophilic

وهذه المجموعة تنمو فى وجود كميات ضئيلة جدًا من الأكسجين فى الوسط الذى تعيش فيه ومن أمثلتها بعض الأنواع التابعة لأجناس نيسيريا Neisseria ولاكتوباسيلوس Lasctobacillus .

٤ – الرطوبة Moisture

(النشاط المائى = ن م ، Water activity) يعتبر الماء أساس الحياة لجميع الكائنات الحية على اختلاف أنواعها .

وتختلف كمية الماء باختلاف مصادر البيئات وتركيبها وتتحكم ظواهر طبيعية وعوامل كثيرة مثل الذوبانية والإمتزاز فى جعل ماء الوسط ميسورًا للكائن Available Water أو غير ميسورًا Non available.

والبكتيريا تعتبر من صور الحياة المائية Aquatic forms لأنها تتغذى بالانتشار الغشائى لذلك يعتبر الماء ضرورى لحياتها حيث يذيب المواد الغذائية اللازمة للخلية البكتيرية ويحمل أيضا نواتج الأيض خارج الخلية والمحافظة على رطوبة البروتوبلازم (الماء يكون حوالى ٧٠ – ٩٠٪ من مكونات الخلية) ويلاحظ أن كمية الرطوبة الحرة Available moisture الموجودة بالوسط الموجود به البكتيريا هى التى تحدد نمو ومدى نشاطه وليست كمية الرطوبة الكلية التى يحتويها الوسط Total moisture ذلك لأن الوسط قد يكون محتواه الرطوبى الكلى عالى ولكنها توجد فى صورة غير حرة (غير ميسورة) لارتباطها بالبروتينات والمواد الغروية بحيث يستطيع الميكروب أن يستخدمها فيقف نموه

ويمكن التعبير عن الرطوبة الحرة باستعمال تعبير النشاط المائى (ن م – aw) وهو عبارة عن ضغط بخار الماء فى الهواء على محلول ما أو مادة ما وبعبارة أخرى هو النسبة بين الضغط البخارى للمحلول (أى للمواد الذائبة فى ماء الوسط) وبين الضغط البخارى للمذيب (الماء) وتدل قيمة النشاط المائى على كمية الماء الحر الموجودة بالوسط وبالتالى

فإن قيمة النشاط المائى تكون كبيرة فى حالة عدم وجود مواد مذابة بماء الوسط أى أن بالنسبة للماء النقى فإن النشاط المائى له = ١ ثم تقل قيمة النشاط المائى كلما ارتفع تركيز المواد المذابة بماء الوسط وبناء على ذلك فإن النشاط المائى لبيئات الأنهار والبحار تكون مرتفعة نسبيًا بينما ينخفض كثيرًا فى البيئات ذات التركيز المرتفع من المواد المذابة مثل العسل أو العصائر المركزة .

وبالنسبة للكائنات الدقيقة فإن الحد الأدنى اللازم لنموها من النشاط المائى يتوقف على عوامل عديدة متعلقة بالظروف البيئية للميكروب ونوع الميكروب نفسه فعلى سبيل المثال الحد الأدنى للنشاط المائى اللازم لنمو لبعض الكائنات العادية (غير ممرضة) :

الحد الأدنى للنشاط المائى اللازم لنمو البكتيريا العادية = ٠,٩١٠٠

الحد الأدنى للنشاط المائى اللازم لنمو الخميرة العادية = ٠,٨٨٠٠

الحد الأدنى للنشاط المائى اللازم لنمو للفطريات العادية = ٠,٨١٠٠

ولوحظ أن انخفاض النشاط المائى عن ٠,٧ يؤدى إلى توقف الكائنات الدقيقة عن النمو .

٥ – الجفاف Dessication

يرتبط هذا العامل بالعامل الذى يسبقه وهو الرطوبة (النشاط المائى) ويمكن أن يطلق على هذا العامل الأهمية البيئية لنشاط الماء وكما سبق أن أوضحنا أن انخفاض النشاط المائى عن ٠,٧ ويؤدى إلى توقف نشاط الكائنات الدقيقة إلا أن هناك عدد كبير من الكائنات الدقيقة تقاوم الجفاف وبصفة عامة فإن الخلايا البكتيرية الخضرية تتأثر بالجفاف أكثر من الجراثيم البكتيرية بل قد تهلك الخلايا الخضرية ويختلف تأثير الجفاف على الكائنات تبعًا لنوع الكائن وتركيبه فمثلا ميكروب السل Mycobacterium tuberclosis يعتبر من الميكروبات شديدة المقاومة للجفاف حيث يتحمل الجفاف لمدة ٩٠ يوما وذلك لاحتوائها على غشاء سميك من الدهون يقلل من جفافها – أما بكتيريا الكوليرا Vibrio cholera لا تتحمل الجفاف إلا يومين فقط – والبكتيريا المسببة لمرض الزهيرى Treponema pallidum وهى بكتيريا طويلة ذات جدر رقيقة تموت فور تعرضها للهواء أى إنها حساسة للجفاف ولا تتحمله مطلقًا وعمومًا فإن الخلايا الصغيرة تقاوم الجفاف عن الخلايا الكبيرة والخلايا المستديرة (الكروية) تقاوم الجفاف أكثر من الخلايا العصوية والخلايا ذات الجدر السميكة (الموجبة لصبغة جرام) تقاوم الجفاف أكثر من الخلايا ذات الجدر

الرقيقة (السالبة بصبغة جرام) وقد وجد أن البكتيريا ذات العلبة أكثر مقاومة للجفاف من مثيلتها التى ليس لها علبة – الجراثيم البكتيرية شديدة المقاومة للجفاف – فجراثيم ميكروب الحمى الفحمية B. anthracis يمكن أن تنبت بعد حفظها فى حالتها الجافة لمدة عشر سنوات أو أكثر .

والخلايا الجافة إذا لم تتعرض للحرارة العالية أو أى عامل يهلكها فإنها تظل كامنة لفترات زمنية طويلة ولكنها سرعان ما تستعيد نشاطها عند توفر ظروف الرطوبة اللازمة لإنباتها .

٦ – الضغط الأسموزى Osmotic pressure

يؤثر الضغط الأسموزى تأثيرًا مباشرًا على سرعة واتجاه تيار الماء بين الوسط الخارجى (البيئة) والكائن الدقيق وقد يؤثر على مقدار استفادة الكائن من الرطوبة وبصفة عامة فإن تحرك المحاليل إلى داخل الخلية أو إلى خارجها مرتبط بالغشاء البلازمى والجدار الخلوى للخلية وتتأثر البكتيريا بالضغط الأسموزى بدرجة أقل من تأثر الخلايا النباتية والحيوانية .

إذا وضعت الخلية البكتيرية فى بيئة وكان الضغط الأسموزى لمحلول البيئة :

(أ) مماثل (مساوٍ) للضغط الأسموزى داخل الخلية البكتيرية يعرف فى هذه الحالة أنه مساوٍ للأسموزية Isotonic لا يحدث تأثر للخلية البكتيرية لأن البكتيريا تفضل هذا النوع من المحاليل .

(ب) أقل من الضغط الأسموزى داخل الخلية البكتيرية يعرف فى هذه الحالة بإنه ناقص الأسموزية Hypotonic ويكون معدل اندفاع (دخول) الماء إلى داخل الخلية بنسبة أكبر من معدل خروجه منها مما يؤدى إلى انتفاخها ومثل هذا المحلول غير مناسب لنمو البكتيريا ويؤدى إلى موتها .

(جـ) أكبر من الضغط الأسموزى داخل الخلية البكتيرية يعرف فى هذه الحالة بأنه زائد الأسموزية Hypertonic يكون معدل خروج الماء من الخلية البكتيرية أسرع من معدل دخوله إليها مما يؤدى إلى حدوث انكماش فى البروتوبلازم وحدوث بلزمة للخلية Plasmolysis وهذا يؤدى إلى وقف نمو الخلية ويؤدى إلى موتها

وتختلف البكتيريا فى درجة تحملها للتركيزات الزائدة من الأملاح المختلفة وقد وجد أن بكتيريا البحيرات الملحية العظمى بأمريكا تتحمل تركيز يصل إلى ٢٨٪ ملح – وبصفة

عامة فإن التركيز الملحي المانع للنمو (المعوق للنمو) يختلف باختلاف نوع الملح الذائب (المستعمل) ودرجة تأينه وكذلك نوع الكائن البكتيرى نفسه .

وقد تم عزل بكتيريا نامية على المواد الملحية وكذلك المواد ذات الضغط الأسموزى العالى ومواد ذات تركيز مرتفع من ملح الطعام وتعرف فى هذه الحالة بإنها بكتيريا محبة للملوحة Halophilic أو محبة للأسموزية المرتفعة Osmophilic وهذه الكائنات تتحمل الضغوط الأسموزية العالية ويستطيع النمو فى بيئة ذات نشاط مائى قليل (راجع عامل الرطوبة) لذلك تستخدم خاصية الضغط الأسموزى فى حفظ الأغذية بإستعمال محاليل ذات ضغط أسموزى عالى تعيق نمو البكتيريا والخمائر والفطريات مثل إضافة السكر إلى المربات والألبان المكثفة وغيرها – ومثل إضافة الملح إلى اللحوم والأسماك والمخللات وغيرها من الأغذية .

والبكتيريا المحبة للملوحة Halophilic تستطيع خلاياها مقاومة التركيزات العالية من الأملاح قد يكون راجعًا إلى :

١ – النظم الأنزيمية لها قدرة على مقاومة التأثير المثبط للتركيزات العالية من الأملاح .

٢ – إحاطة الخلايا بمادة ما (دهنية أو غير دهنية) تمنع دخول الأملاح إلى الخلية ولوحظ أن محتويات الخلية من الأملاح تكون أقل من تركيزها بالبيئة الخارجية .

٣ – الطاقة المنطلقة والمستهلكة بمنطقة الغشاء البلازمى تحد انتشار الأملاح داخل الخلية والدليل على ذلك أن توقف العمليات الحيوية المنتجة لهذه الطاقة يؤدى إلى زيادة تركيز الملح فى خلايا الكائنات المحد للملوحة وتتوقف عن النمو تمامًا .

٧ – الضغط الجوى Atmospheric pressure

ويقصد به الضغط الواقع على الأجسام التى تعيش على سطح الأرض وهو يعادل وزن عمود الزئبق قاعدته ١ سم٢ وارتفاعه ٧٦ سم (وقيمته ١٤,٧ رطل لكل بوصة مربعة) الكائنات التى توجد فى قمم الجبال فيقع عليها ضغط أقل من الضغط الجوى العادى – والكائنات التى توجد فى قاع البحار والمحيطات يقع عليها ضغوطًا إضافية مساوية لارتفاع عمود الماء عند العمق الذى تعيش عنده وتعرف هذه الضغوط – بالضغوط المائية Hydrostatic pressure والكائنات لتى تعيش على عمق ١٠٠ متر تحت سطح الماء تتحمل ضغط مائى يساوى ١٠ ضغوط جوية تقريبًا والكائنات التى تستطيع تحمل هذه الضغوط المرتفعة تسمى كائنات تتحمل الضغط المائى العالى Baratolerant أو كائنات اختيارية

بالنسبة للضغط المائى المرتفع Facultative baraphilic وذلك لمقدرتها على النمو فى قاع البحر (فى الضغط المائى المرتفع) بصورة أبطأ من نموها عند الضغط الجوى العادى ويعزى ذلك لسببين :

١ – الضغط المائى المرتفع فى قاع البحر .

٢ – انخفاض درجة الحرارة فى قاع البحر .

وبطء نمو هذه الكائنات فى قاع البحر يفسر البطء الشديد لتحليل المواد العضوية فى قيعان البحار عنه عند السطح .

ووجد أن معظم الكائنات الدقيقة والمعزولة من التربة أو من مياه سطحية تنمو جيدًا فى ظروف الضغط الجوى العادى حتى لو حدثت تغيرات بسيطة ارتفاعًا أو انخفاضا عن الضغط العادى . ولكنها لا تستطيع النمو إذا زاد الضغط المائى عن ٢٠٠ ض . ج لأن الضغوط الجوية المرتفعة تؤدى إلى :

(أ) تثبيط النشاط الإنزيمى .

(ب) تعطيل عملية بناء البروتينات .

(جـ) فقد الأغشية الخلوية لقدرته على التحكم فى نفاذية المواد من وإلى الخلية .

٨ – الضوء الشمسى والإشعاعات Sun light & Radiation

مجموعة قليلة من البكتيريا وهى البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية Photosynthetic autotrophic مثل البكتيريا الحمراء والخضراء والبكتيريا الكبريتية تتطلب وجود الضوء المرئى لكى تقوم بعملية البناء الضوئى عن طريق الأصباغ التمثيلية البكتيرية (شبيهات الكلوروفيل النباتى) فتقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيمائية فتواصل نموها وتكاثرها ، أما الكائنات الدقيقة التى ينقصها الأصباغ التمثيلية فيعتبر الضوء من العوامل الضارة بها . تتميز الإشعاعات ذات الموجات القصيرة غير المرئية بارتفاع قدرتها المبيدة عن قدرة الضوء المرئى ؛ ويحوى ضوء الشمس تركيزا منخفضًا من الإشعاعات المبيدة ويعمل الضباب والسحب والدخان والزجاج على حجز هذه الأشعة أو تشتيتها فى الفضاء . أما إذا استطاع ضوء الشمس أن يصل كاملاً إلى الكائنات الدقيقة أدى ذلك إلى هلاكها مع مرور الزمن

وعمومًا تخرج الأشعة من مصادر الطاقة وتنتقل من مكان لآخر فى الهواء أو فى الفراغ الخارجى وتتكون من جزيئات Particles وهى عبارة عن موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic waves وهى تشمل موجات من الذرات أو الالكترونات أو النيوترونات

أو موجات الراديو Radio waves والضوء والأشعة السينية X-ray تتحدد خواص الأشعة الكهرومغناطيسية بالطول الموجى لها (يقاس بالأنجستروم) والأشعة التى تنقص عنها فى الطول الموجى هى الأشعة تحت الحمراء Inferared raysوهى أشعة منتجة لحرارة عندما تمتص (طولها من ١٠٦ أنجستروم إلى ٥٠,٠٠٠ أنجستروم) وهى ذات موجات طويلة وذبذبة منخفضة ولها طاقة منخفضة غير قادرة على إحداث تفاعل كيميائى ولذا فإنها تتحول سريعًا إلى حرارة وهذا يفسر استعمال لمبات الأشعة الحمراء كمصدر للحرارة .

أم الجزء المرئى من الضوء Vissible spectrumوالذى يرى بالعين المجردة له طول موجى يتراوح ما بين ٧٦٠٠ – ٣٨٠٠ أنجستروم وهذه الأشعة هى مصدر أساسى لطاقة عمليات البناء الضوئى أما الأشعة الأقصر من الضوء المرئى فى طول الموجة من ٣٨٠٠ أنجستروم إلى ٢٤٠٠ أنجستروم هى الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet rays فهى ذات تأثير ضار بالكائنات الحية وخاصة كلما قصر الطول الموجى وسنتكلم عن الأشعة فوق البنفسجية .

– الأشعة الفوق بنفسجية U.V. Rays

لها أهمية خاصة فى علم الميكروبيولوجى وكما سبق أن أوضحنا أن الشمس تشع كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية بأطوالها الموجية المختلفة . فالتى تتراوح أطوال موجاتها ٢٤٠٠ – ٣٨٠٠ أنجستروم يكون لها القدرة على الإبادة أما تلك التى تقع بين ٢٥٠٠ – ٢٨٠٠ أنجستروم يكون لها القدرة على قتل وتدمير الكائنات الحية الدقيقة ، ويلاحظ أن الأشعة ذات الطول الموجى القصير ذات التأثير الأقوى فى القتل والتعقيم تمتص فى طبقات الجو العليا أما الأشعة ذات الطول الموجى الأطول ذات التأثير الأقل فى القتل والتعقيم يصل معظمها إلى الأرض لذلك فالكائنات الدقيقة الحية التى تصل إلى طبقات الجو العليا بأى طريقة تموت بسرعة بواسطة الأشعة فوق البنفسجية وتأثير الأشعة فوق البنفسجية قد يكون :

١ – **تأثير غير مباشر** . وذلك من خلال تأثيرها على ماء الخلايا فتؤينه إلى أيونات أو تتكون مركبات وسطية مثل البيروإكسيدات العضوية وكل من البيرواكسيدات والأيونات تكون قادرة على أكسدة جزيئات السيتوبلازم والأجسام الكروماتينية بالخلية فتؤدى إلى هلاكها

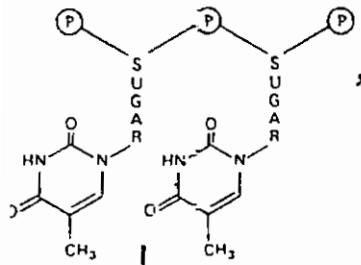
٢ – تأثير مباشر : وذلك من خلال تأثيرها المباشر على مناطق حساسة بالخلية وخاصة الأجسام الكروماتينية (المحتويات النووية) وهى أكثر المناطق تأثيرًا وذلك لقدرة القواعد البيورينية والبريميدينية بالأحماض النووية على امتصاص الأشعة الفوق بنفسجية بشدة عند طول موجى قدرة ٢٦٠٠ أنجستروم – وكذلك امتصاص البروتينات للأشعة فوق بنفسجية خاصة الأحماض الأمنية الحلقية (الترتبتوفان – فنيل ألانين – تيروزين) التى تقوم بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجى قدره ٢٨٠٠ أنجستروم والتى يتضح تأثيرها المميت من خلال ازدواج الثايمين فيتكون ثنائى الثايمين Thymine dimersوهو عبارة عن ارتباط قاعدتى ثايمين متجاورتين ارتباط كيميائيا فينفصلان عن القاعدتين المكملتين لهما وهما (أدنين – أدنين) فى السلسلة الثانية للحمض DNAومما هو جدير بالذكر أن التأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية لا يمكن إصلاحه إذا كان مدمرًا (أكبر من كفاءة نظم الإصلاح) أما إذا كان ضررًا بسيطًا فيمكن إصلاحه بتعريض الخلايا إلى الضوء مباشرة ويعرف ذلك بظاهرة التنشيط الضوئى Photoreacti vation ويسمى الإصلاح الضوئى Light repairوقد يتم الإصلاح فى عدم وجود الضوء فتوصف باسم الإصلاح الظلامى Dark repair.

(أ) التنشيط الضوئى (الإصلاح الضوئى) ويتم بواسطة إنزيمات إصلاح الضرر وهى إنزيمات تنشط فى الضوء وتستطيع كسر الرابطة التعاونية التى تربط بين قاعدتى الثايمين فى ثنائى لثايمين فتنفصل القاعدتين وترتبطين مرة أخرى بالقواعد المكملة لها ويعود الخيط إلى وضعه الأول .

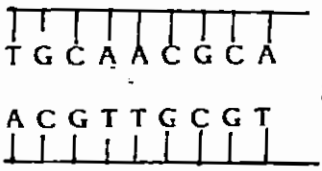
(ب) الإصلاح الظلامى : ويتم بواسطة إنزيمات قادرة على استئصال الجزء التالف من الحمض النووى د ن أ DNA المفرد وإنزيمات أخرى تقوم بإصلاح القطع الناتج وذلك عن طريق استكماله بتخليق جزء مكمل الشريط غير المتأثر بالأشعة ويعرف ذلك بالتئام الاستئصال .

الضوء المرئى Visible Light

يمكن للضوء المرئى إحداث تلفيات بالخلية تؤدى لهلاكها من خلال ميكانيكتين الأولى تتضمن وجود الأكسجين الجزيئى والثانية لا تعتمد على وجود الأكسجين .

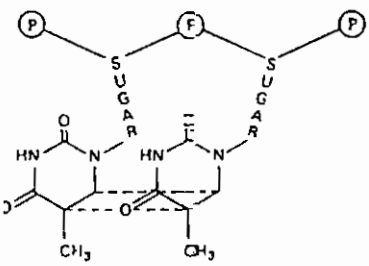


سكر + فوسفور

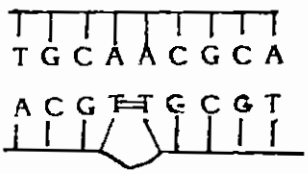


قواعد نيتروجينية

التعريض للاشعة فوق بنفسجية

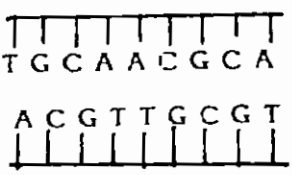


ثنائي الثايمين



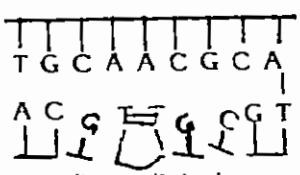
يتكون ثنائى الثايمين ويحدث تشوه فى هيكل الحمض النووى

اصلاح ضوئى

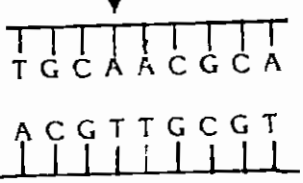


الضوء يساعد تنزيم التنشيط الضوئى على كسر الرابطتين بين قاعدتى الثيمين (ثنائى الثايمين) فيعود الخيط الى .شعة الاول

اصلاح ظلامى



يحدث استئصال فى الجزء المحتوى على ثنائى الثايمين



اصلاح الجزء لمقطوع وذلك بتخليق جزء مكمل للشريط ويعود الخيط الى وضعه الاول بواسطة التئام الاستئصال

(أ) ميكانيكية تأثير الضوء والتى لا تعتمد على وجود الأكسجين :

فى هذه الطريقة وفى وجود المواد الممتصة للضوء بالخلية مثل السيتوكروم أو الفلافين أو الكلوروفيل حيث تقوم بامتصاص الضوء فتصبح نشطة وتنتقل هذه الطاقة إلى عدة مركبات مكونة أصولا حرة Free radicals لها قدرة كبيرة على التفاعل فتحدث تفاعلات ضارة .

(ب) ميكانيكية تأثير الضوء والمعتمدة على وجود الأكسجين الجزئي :

وفى هذه الطريقة يتم امتصاص الطاقة بواسطة مواد السيتوكروم أو الفلافين أو الكلوروفيل وتصبح نشطة وهى ذات فترة حياة قصيرة وتصل إلى الحالة الدنيا بإشعاع الطاقة على هيئة ضوء فلورسنت أو تقل الطاقة إلى الأكسجين النشط ويكون له قدرة هائلة على الأكسدة ويسبب تأثيرات قاتلة .

ملحوظة :

البكتيريا الملونة تستطيع التغلب على التأثير الضار للضوء المرئى وذلك لاحتوائها على صبغيات Pigments ومواد ملونة Chromogenic materials حيث تقوم هذه المواد بامتصاص معظم الضوء المرئى وبذلك تتمكن الخلية من مقاومة التأثير الضار للضوء المرئى .

الأشعة التأينية Ionizing radiation

إن التأثير الصار لأشعة التأين ليس مباشرًا ولكنه يحدث نيتجة تكوين أصول حرة Free radical ذات قدرة هائلة على التفاعل وخاصة أصول الهيدروكسيل (OH) حيث تتفاعل مع الجزيئات الكبيرة وتثبطها فى الخلية ويحدث التأثير القاتل لهذه الأصول من خلال تأثيرها على الحمض النووى .DNA

ثانيا – العوامل الكيميائية Chemical Factors

تتأثر الأنواع البكتيرية المختلفة بعوامل كيميائية مختلفة ، واختلاف درجة تأثير هذه العوامل الكيميائية على البكتيريا يتضح من خلال الاتجاهين الآتيين :

الاتجاه الأول : يختص بالعامل الكيميائى نفسه من حيث النوع ودرجة التركيز وتركيز أيون الأيدروجين والوقت الذى يتعرض فيه الكائن لهذا العامل – وكذلك وجود مواد أخرى فى الوسط عند التعرض للعامل الكيميائى

الاتجاه الثانى . يختص بالكائنات البكتيرية من حيث نوع البكتيريا وعددها .

أما طريقة تأثير المواد الكيميائية على البكتيريا قد يكون .

(أ) مواد موقفة للنمو Bacteriostatic agents

وهى مواد تمنع نمو وتكاثر البكتيريا أى مثبطة فقط لنمو البكتيريا ولا تقتلها .

(ب) مواد مبيدة Bactericidal agents

وهى مواد تحدث ضررًا بالغًا بالخلايا يؤدى إلى قتلها وهذا التقسيم غير دقيق لأن بعض المواد تكون مثبطة عند التركيز المنخفض وتكون مبيدة فى التركيزات المرتفعة وسنناقش تأثير بعض المواد الكيميائية من خلال استخدامها السطحى (الخارجى) – وكذلك من خلال استخدامها داخليا كعلاج والقضاء على البكتيريا .

أولا : أمثلة لبعض المواد الكيميائية والمعروفة بتأثيرها على البكتيريا من خلال الاستخدام السطحى لذلك تستخدم فى عمليات التطهير وقد يكون :

(أ) تطهير خارجى :

ويشمل تطهير للجلد والأغشية المخاطية وتعرف حينئذ بالمطهرات الخارجية Antiseptic وهى تؤدى إلى قتل الخلايا البكتيرية ولا تؤثر على الجلد أو الأغشية المخاطية .

(ب) تطهير سطحى :

ويشمل تطهير المعامل (المناضد – الأرضيات – الحوائط) ودورات المياه وأدوات الجراحة وتعرف بالمطهرات السطحية Disinfectantوهى مواد قاتلة للأحياء وقد يكون لها تأثير ضار على الجلد والأغشية المخاطية .

أمثلة لهذه المواد :

١ – الفينولات : الفينول .

٢ – الألدهيدات . الفورمالدهيد – بارافورمالدهيد .

٣ – الكحولات : كحول الأيثانول (الكحول الإثيلى) كحول الايزوبروبانول (الكحول الأيزوبروبيلى) .

٤ – الصابون والمنظفات الأخرى

٥ – الهالوجينات : اليود – الكلور .

٦ – أملاح المعادن الثقيلة : الزئبق – كلوريد الزئبقيك ؛ الفضة – نترات الفضة ؛ النحاس – كبريتات النحاس

٧ – البيرواكسيدات .

٨ – المضادات الحيوية .

١ – الفينول ومركباته (الفينول C_6H_5OH)

يستخدم كمحلول مائى تركيزه (٢–٥٪) وذلك لتعقيم الأدوات والأجهزة وأسطح المناضد والأرضيات وهناك مشتقات للفينول مثل الكريزول – الثيمول وتستخدم فى التعقيم أيضا .

تأثير الفينول :

الفعل السام للفينول من خلال ترسيب البروتيات الخلوية وإتلاف الغشاء البلازمى .

٢ – الألدهيدات (ر – ك يد أ) R-CHO

أهمها الفورمالدهيد (يد – ك يد أ) ، ويوجد فى الأسواق فى صورة محلول مائى – ٣٧٪ – يعرف باسم الفورمالين .

تأثير الفورمالدهيد :

الفعل السام للفورمالدهيد يرجع إلى قدرته الاختزالية واتحاده مع المجموعات الأمينية الحرة (NH_2) ومجموعات الكربوكسيل (CooH) أو السلفهيدريل (SH) فى الأحماض النووية و لبروتينات فيتلف بروتين الخلية فيتوقف نشاطها .

ويستخدم فى حفظ العينات المعملية من التلف ، إلا أن استعماله غير محدود لما له من تأثير سام ورائحة نفاذه غير مقبولة وتأثيره على الخلايا الخضرية أكثر من تأثيره على الجراثيم .

٣ – الكحولات R-OH

أهمها كحول الايثانول C_2H_5OH ويستخدم بتركيز ٥٠–٧٠٪ – وقدرة الايثانول المطهرة أعلى من الميثانول علمًا بأن الميثانول يندر استعماله كمطهر لأنه سام ومهيج للعين ، أما الكحولات الأخرى مثل البروبانول والبيوتايل فتأثيرهما المبيد أكبر من الكحول الإثيلى وذلك لزيادة وزنها الجزئى ولكنهما لا يستعملان فى عملية التطهير .

تأثير الكحولات :

الكحولات مذيبة للدهون وكذلك تؤدى إلى ترسيب البروتين الخلوى بالإضافة إلى القدرة التجفيفية للكحولات .

استخدامات الكحول :

يستخدم الكحول لتطهير الجلد ولتطهير المعدات فى المستشفيات .

٤ – الصابون والمنظفات الأخرى :

أولا : الصابون :

هو عبارة عن ملح صوديومى أو بوتاسيومى للأحماض وهو من المطهرات متوسطة القوة ، وقد يضاف عدد من المواد لكيميائية عند تصنيع الصابون لتزيد من قدرته التنظيفية والإبادية مثل مادة الفينول وحمض البوريك وبعض المواد المطهرة الأخرى .

تأثير الصابون :

يعتمد تأثير الصابون على الإزالة الميكانيكية للبكتيريا من السطوح التى تغسل بالصابون مثل الأيدى والملابس والأرضيات وغيرها ، كما أنه يقلل من التوتر السطحى للماء ويجعله أقدر على التغلغل فى الأشياء المغسولة فيبللها بسهولة ويصبح أكثر قدرة على التنظيف كما أن الصابون له قدرة على إذابة الزيوت والشحوم والدهون نتيجة استحلابها فيسهل إزالتها من السطوح العالقة بها .

ثانيا : المنظفات :

هى عبارة عن مواد تركيبية أكثر كفاءة فى التطهير والتنظيف والتعقيم عن الصابون العادى وتستعمل فى أغراض الغسيل الميكانيكى للملابس والأدوات المنزلية ولها تأثير قاتل لكثير من أنواع البكتيريا .

ونشاط هذه المنظفات كما يلى .

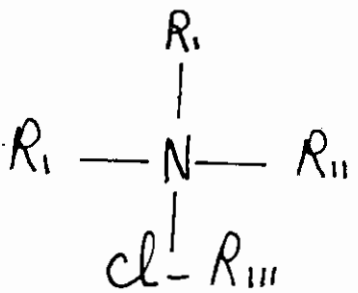
١ ـ منظفات تتأين وتظل الأنيونات ذات تأثير فى عمليات التطهير وتعرف بالصابون الأنيونى مثل مركب سلفات لوريل الصوديوم Sodium Lauryl sulfate

٢ – منظفات تتأين وتظل الكاتيونات ذات تأثير قوى فى عمليات التطهير وتعرف بالصابون الكاتيونى مثل مركب كلوريد ستيل بريد ثيم Chloride cetylpridenim وهو أقوى من النوع الأول فى إبادة البكتيريا .

٣ – منظفات لا تتأين وليس لها تأثير مبيد أو مطهر بالنسبة للبكتيريا وستكلم عن .

المنظفات الكاتيونية Cationic detergents

والتى تقع ضمن مجموعة مركبات الأمونيوم الكواتيرنارية Quaternary ammonium ومن أمثلتها مركب كلوريد ستيل بريد ثيم حيث تكون أحد المجموعات الجانبية (R) عبارة عن مجموعة الكيل طويلة السلسلة بينما مجاميع (R)الثلاثة الباقية عبارة عن مثيل بنزيل والذى يعرف باسم كيبرين Ceepryn ومركبات أخرى تعرف باسم زيفيران Zephiran.



تأثير المنظفات الكاتيونية :

تؤثر على كل من البكتيريا الموجبة والسالبة لصبغة جرام وتركيزاتها المبيدة تتراوح ما بين ٠,١ – ٠,٠١٪ والتركيزات الموقفة للنمو تكون منخفضة جدًا عن التركيزات المبيدة ونظرًا لخصائصها المتعددة فهى تستعمل بكثرة فى التطهير والتعقيم فى مصانع الأغذية والمشروبات الغازية والألبان والمياه وغيرها وميكانيكية تأثيرها ترجع إلى اتحادها مع بروتين الخلية فتؤدى إلى إيقاف النشاط الإنزيمى وتؤدى إلى لخبطة فى البروتين الخلوى وتؤدى إلى تلف الغشاء البلازمى فيفقد خصائصه ويؤدى إلى خروج مكونات الخلية للخارج .

٥ – المالوجينات (اليود – الكلور) .

أولا : اليود :

محلول اليود فى الكحول ٧٪ يود فى محلول ٥٪ يوديد بوتاسيوم فى ٨٣٪ كحولى اثيلى أو محلول اليود المائى (٥٪ فى محلول ١٠٪ يوديد يوناسيوم) وتعرف هذه المحاليل

للعامة باسم صبغة اليود وتستعمل فى تطهير الجلد ومعالجة الجروح والخدوش الجلدية السطحية ولها تأثير مبيد غير متخصص على عدد من الأنواع الكبتيرية .

تأثير اليود :

يرتبط مع بروتينات الخلية فيبدو تأثيره السام على الخلايا .

ثانيا : الكلور ومركباته (غاز الكلور – مركبات الهيبوكلوريت والكلورامين) :

(أ) الكلور الغازى :

يعتبر من أهم المطهرات وذلك لكونه مادة مؤكسدة قوية ويستعمل الكلور الغازى المضغوط فى تعقيم مياه الشرب فى محطات التنقية حيث تتوفر الإجراءات والاحتياطات المطلوبة عند استعمال الكلور الغازى .

(ب) الهيبوكلوريت (Ocl) – هيبوكلوريت الكالسيوم

وهى تتوفر على صورة سائل أو مسحوق بتركيزات مختلفة تركيز ,١٪ يستعمل فى التطهيرات المنزلية .

تركيز ٥–٧٪ يستعمل فى تطهير أدوات وأجهزة معامل الألبان .

تركيز ٧–١٢٪ يستعمل فى إزالة الألوان ويمكن تخفيفها بالمنازل للاستخدامات المنزلية .

(جـ) الكلورامين :

تحضر بإحلال ذرة أو ذرتين كلور محل نفس العدد من ذرات الهيدروجين فى مجموعة الآمين مثل مركب أحادى كلور آمين Monochloramine وتستعمل هذه المجموعة بكثرة كمطهر قوى فى أغراض عديدة وتتميز هذه المجموعة بأنها أكثر ثباتًا من المجموعة السابقة (الهيبوكلوريت) لاستمرار أثرها لفترة طويلة .

تأثير الكلور ومركباته

التأثير المبيد للكلور ومركباته يرجع أساسًا إلى تكوين حمض هيبوكلوريك والذى يتحلل إلى حمض هيدروكلوريك وأكسجين ذرى :

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HOCl$$

Hypochlorous acid

$$HOCl \longrightarrow HCl + 1/2O_2$$

Nascent exygen

ينطلق لأكسوجين كعامل مؤكسد قوى . وبالمثل فإن مركبات الهيبوكلوريت والكلور تتحل مائيا مكونة نفس الحمض وينطلق الأكسجين كعامل مؤكسد قوى . ويكون تأثير الكلور ومركباته على البكتيريا بطريقتين :

١ – الأكسدة : الأكسجين حديث التولد نشط كيميائيًا وعامل مؤكسد قوى ويؤثر على الكائنات .

٢ – التفاعل المباشر : حيث يتفاعل الكلور مباشرة مع بروتين الخلية فيما يسمى بعملية الكورة Chlorination وبذلك يقف نشاط الخلية تمامًا .

٦ – أملاح المعادن الثقيلة : (الزئبق – الفضة – النحاس)

كثير من المعادن الثقيلة أو مركباتها لها تأثير سام على البكتيريا ويعتبر كل من الزئبق والفضة والنحاس أكثرها تأثيرًا على البكتيريا .

(أ) الزئبق (كلوريد الزئبقيك – السليمانى $-Hgcl_2$)

يستخدم لتطهير الأسطح الخارجية disinfectantومن مركبات الزئبق المستعملة فى التعقيم كلوريد الزئبقور Mercurousوالزئبق المعامل بالأمونيا – ومن المطهرات الزئبقية الشائعة الاستعمال مركب ميركيركروم Mercurochrome حيث يستخدم فى علاج الجروح والخدوش الجلدية .

(ب) الفضة (نترات الفضة NO3)

تتميز الفضة بالفعل الأوليجوديناميكى Oligodynammic بمعنى أن أقل تركيز له تأثير قوى ومن أهم مركبات الفضة المستعملة لاكتات الفضة أو بيكرات الفضة

(جـ) النحاس (كبريتات النحاس $CuS0_4$)

يتميز النحاس أيضًا بالفعل الأوليجو ديناميكى مثل الفضة وتتميز كبريتات النحاس بأنها مبيدة للطحالب لذلك تستخدم فى حمامات السباحة – وتستخدم كذلك كمبيد فطرى لعلاج أمراض النبات الفطرية .

لتوضيح الفعل الأوليجو ديناميكى لكل من الفضة والنحاس بأنه لو وضعت عملة معدنية – فضية أو نحاسية على سطح منبت غذائى ملقح بالبكتيريا بطبق بترى ويوضع فى الحضانة فى درجة حرارة مناسبة فتظهر منطقة خالية من النمو حول القطعة المعدنية بالرغم من أن كمية المعدن حول العملة صغيرة جدًا تقدر بأجزاء ضئيلة لكل مليون جزء إلا إنها تمنع النمو .

تأثير المعادن الثقيلة ومركباتها :

١ - فعل المعادن الثقيلة راجع إلى ارتباط أيوناتها بالبروتينات الخلوية .

٢ - التأثير السام لأملاح المعادن الثقيلة راجع إلى قدرتها على قتل الخلايا نتيجة لارتباطها مع البروتين الخلوى مباشرة .

٣ - تؤدى أملاح المعادن إلى ترسيب البروتين الخلوى وذلك فى التركيزات المرتفعة .

٤ - يعتقد البعض أن تأثير التركيزات المنخفضة للمعادن الثقيلة أو مركباتها راجع إلى تأثيرها على النشاط الإنزيمى بطريقة معينة تؤدى إلى إيقاف نشاط البكتيريا .

٧ – البيرو أكسيدات (فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2)

معروف تجاريًا باسم ماء الأكسجين ويستعمل كمادة مطهرة خارجية للجروح والخدوش السطحية .

تأثير فوق أكسيد الأيدروجين .

له قدرة تأكسدية عالية نتيجة انطلاق ذرات الأكسجين ويعمل أيضًا على تسمم البكتيريا عير الهوائية .

ثانيًا .

أمثلة لبعض المواد الكيميائية والتى تستعمل داخليا بهدف القضاء على البكتيريا وعلاج الأمراض البكتيرية فى جسم العائل .

من أمثلتها مركبات السلفانيلاميد Sulfonamides والمضادات الحيوية Antibiotics ويشترط فى المواد التى تستعمل داخليا كمواد علاجية Chemotherapeutic الشروط التالية :

١ – أن تكون قادرة على إبادة الطفيل أو إيقاف نشاطه دون الإضرار بخلايا العائل .

٢ – أن يكون معدل امتصاصها بواسطة الخلايا البكتيرية أكبر من معدل امتصاصها بواسطة الخلايا الحيوانية .

٣ – أن تكون على درجة عالية من الثبات بحيث لا تفسد من تأثير سوائل الجسم المختلفة .

٤ – أن لا تتداخل أو تؤثر على طرق جسم العائل الدفاعية مثل كرات الدم البيضاء والأجسام المضادة .

(أ) مركبات السلفا Sulfonamides

اكتشفت هذه المركبات عام ١٩٣٥ وهى تعتبر من أول المركبات العضوية التركيبية التى استعملت حاليا فى علاج الأمراض البكتيرية بجسم العائل ، ومركبات السلفا توقف نمو البكتيريا دون أن تقتلها وعند تناولها توقف نمو البكتيريا الممرضة بجسم العائل وبذلك تسهل لأجهزة الجسم الدفاعية مثل كرات الدم البيضاء والأجسام المضادة أن تقوم بدورها للتخلص من البكتيريا الممرضة . وتأثير مركبات السلفا على البكتيريا يتم من خلال دورها التنافسى لحمض بارا أمينوبنزويك Para amino Penzoic acid فتتحد السلفا بإنزيمات التمثيل الغذائى بدلا من الحمض المذكور وذلك لتشابههما فى التركيب فيتم تثبيط هذه الإنزيمات فتمنع من الاستمرار بطريقته الطبيعية ويطلق على هذه الظاهرة المنافسة التثبيطية Competitive inhibition .

(ب) المضادات الحيوية Antibiotics

عبارة عن مو د كيميائية عضوية تتكون كناتج للنشاط الحيوى لبعض الكائنات الحية الدقيقة ويكون لها تأثير مبيد أو موقف لنمو ونشاط غيرها من الكائنات الحية الدقيقة ولا تؤثر على خلايا العائل ويوجد الآن العديد من المضادات الحيوية التى تستعمل فى العلاج الداخلى للإنسان والحيوان ولكل مضاد حيوى طريقة تأثيره الخاصة على البكتيريا أى تختلف طرق تأثيرها على الكائنات الحية فعلى سبيل المثال .

١ – المضاد الحيوى بنسلين Pencill.n يفقد بكتيريا ستافيلوكوكسى تجميع الأحماض الأمينية – وأيضًا يثبط البنسلين تكوين الجدار الخلوى فى البكتيريا الحساسة له .

٢ – هناك مجموعة من المضادات الحيوية تؤدى إلى تثبيط تكوين البروتين نتيجة إرتباطها بالريبوسومات مثل :

* المضادات الحيوية ستربتوميسين – نيوميسين – كانا ميسين ترتبط بالريبوسوم 30S مما يؤدى إلى استطالة السلسلة البيتيدية فلا يتكون البروتين .

* المضاد الحيوى تتراسيكلين يرتبط بالريبوسوم 30S ويؤدى إلى تثبيط ارتباط الحمض الأمينى بالحمض النووى RNA الناقل بالريبوسوم .

* المضاد الحيوى كلورامفينكول له نفس التأثير ولكن ارتباطه يكون مع الريبوسوم 50S

٣– المضاد الحيوى جريسوفالفين يثبط تخليق الحمض النووى DNA

٤– المضاد الحيوى باستيريسين والبوليميكسين تتداخل مع الأغشية البلازمية فتفقدها خصائصها الطبيعية فيحدث فقد لمحتويات الخلية ويحدث لها تحلل .

الشروط الواجب توافرها فى المضاد الحيوى :

١ – يتوفر فيها مقومات المواد العلاجية للغرض المستخدم من أجله .

٢ – يكون لها القدرة على قتل عدد كبير من الميكروبات . أى يكون لها مجال ميكروبى واسع Broad spectrum antibiotics

٣ – لايكون لها آثار جانبية نتيجة لاستخدامها داخل جسم العائل مثل احساسية أو التأثيرات السامة أو تأثيرات على أجهزة الجسم المختلفة (الهضمى – العصبى – الإخراجى) .

٤ – لايؤدى استخدامها لانتخاب سلالة مقاومة لها من الميكروبات التى تهدف القضاء عليهما

٥ – لاتؤثر تأثيرًا شاملاً على المحتوى الميكروبى للقناة الهضمية خاصة أن بعض منها له دور هام للعائل

الطرق المختلفة لتقدير تأثير المواد الكيميائية

توجد طرق كثيرة لتقدير تأثير المود الكيميائية على نمو البكتيريا وذلك فى أوساطها الغذائية المختلفة .

أولا : التقدير باستعمال البيئات الغذائية الصلبة :

تعتمد هذه الطرق على خاصية الانتشار Diffusionخلال طبقة الأجار مهما اختلفت مسمياتها فقد يضاف التركيز المطلوب للأجار أو استعمال أقراص أوراق الترشيح Filter paper disc methodأو طريقة الآبار أو طريقة التركيز المتدرج .

١ – الإضافة المباشرة إلى الأجار :

(أ) تضاف المادة الكيميائية بالتركيز إلى بيئة الأجار السائلة (فى ٤٥° م) وتمزج جيدًا بتحريك الدورق المخروطى على مستوى أفقى لمدة ٥ دقائق .

(ب) تصب فى أطباق بترى معقمة وتترك لتتصلب .

(جـ) تلقح الأطباق بالميكروب المراد اختباره .

(د) بعد فترة تحضين مناسبة يفحص النمو على سطح الأجار .

ملاحظات :

* يقسم الطبق بوضعه على ورقة بيضاء مساوية له فى القطر مقسمة طوليا وعرضيا فتتكون اربع مناطق كل منها يمثل ربع الطبق ويوضع فى كل منطقة نوع بكتيرى ويقارن نمو الأربعة كائنات على نفس البيئة وفى وجود نفس تركيز المادة الكيميائية المستعملة .

* يمكن استخدام تركيزات متدرجة مختلفة (١٠ تركيزات) تركيز/ طبق فيوجد لدينا ١٠ أطباق مختلفة تركيز المادة الكيميائية وتلقح وتحضن ويقارن النمو ويمكن تقدير أقل تركيز مثبط Minimal Inhibitory Concentration (MIC)وهو أقل تركيز لاتنمو فيه البكتيريا .

٢ – طريقتى أقراص أوراق الترشيح – طريقة الآبار .

وذلك باستخدام أقراص ورق ترشيح محملة بتركيزات معلومة من المادة الكيميائية توضع على سطح الأجار المتصلب والخالى من أى مواد كيمياوية بعد تلقيحه بالبكتيريا المراد اختيارها ثم تحضن فى درجة حرارة مناسبة .

أو بطريقة عمل آبار فى الأجار المتصلب باستخدام إسطوانة معقمة (ثاقب فلينى) ثم وضع تركيزات معلومة من المادة الكيميائية فى الآبار ثم تحضن فى درجة حرارة بعد تلقيحه بالبكتيريا المراد اختيارها .

وفى الطريقتين السابقتين تنتشر المواد الكيميائية من أقراص أوراق الترشيح أو من الآبار خلال طبقة الأجار فتمنع نمو البكتيريا حولها فتبدو مناطق دائرية رائقة Clearing zones حول البئر أو القرص وتسمى المناطق الخالية من النمو (مناطق التثبيط) Zone of inhibition ويقدر تأثير المواد الكيميائية بقياس قطر المنطقة الرائقة ومقارنة أقطار المناطق ومحاولة إيجاد علاقة بين التركيزات وقطر هذه المناطق ويلاحظ أن أقل تركيز مانع للنمو هو Minimal Inhibitory Concentration (MIC) ويجب تثبيت ظروف الاختبار من حيث كمية الوسط الغذائى ، أقطار الآبار وعمقها ، تركيز المادة الكيميائية فى الآبار أو على أقراص ورق الترشيح .

٣ – طريقة الطبق ذو التركيز المتدرج :

وفى هذه الطريقة تقسم كمية الأجار المسال ألى نصفين متساويين .

١ – يخلط نصف الكمية تركيز معلوم من المادة الكيمائية ويصب فى طبق بترى ويوضع فى وضع مائل (بوضع أحد جانبيه على قطعة خشبية ترتفع ١ سم عن سطح المنضدة) ويترك ليتصلب .

٢ – يلقح النصف الآخر بنكائن المراد اختياره ويخلط جيدًا ثم يصب بنفس الطبق ويترك ليتصلب وهو فى وضع أفقى .

٣ – يحضن فى درجة الحرارة المناسبة لوقت كاف ويلاحظ النمو البكتيرى ويلاحظ أن هذه الطريقة يعتمد على خاصية الانتشار وبالتالى تنشر المادة الكيميائية من الطبقة السفلى إلى الطبقة العليا وتتوقف درجة الانتشار على سمك الطبقة العليا فيكون تركيز المادة الكيميائية متدرج بالطبق ويمكن ملاحظة النمو على امتداد التدرج فى التركيز .

ثانيًا . التقدير باستعمال البيئات الغذائية السائلة .

وتتم باستخدام تركيز معين من المادة الكيميائية أو استخدام سلسلة متدرجة من تركيزات المادة

١ – استخدام تركيز معين :

وفى هذه الطريقة يجهز الوسط الغذائى فى أنابيب ويعقم ثم يضاف للأنبوبة الواحدة تركيز معين من المادة الكيميائية وتعامل كما يلى :

(أ) تلقح بالميكروب المراد اختباره ثم تؤخذ عينات على فترات متساوية (كل ساعتين و أربعة ، ستة وهكذا) وتزرع فى بيئة خالية من المادة الكيميائية ويلاحظ النمو من عدمه ويتم معرفة نوعية تأثير المادة وهل هى موقفة للنمو أم مبيدة للخلايا .

(ب) تلقح بالميكروب المراد اختباره ويبقى فى المادة الكيميائية لفترة محددة ثم ينقل لقاح منها ويزرع فى بيئة خالية من المادة الكيميائية .

ملاحظة :

وجود تجربة ضابطة لنمو نفس النوع البكتيرى المستخدم وأجريت بنفس الطريقة الموضوحة فى المعاملتين السابقتين أ ، ب يساعدنا فى الحكم على نوعية المادة المستخدمة فإذا كان :

(أ) النمو ضعيف عن التجربة الضابطة يكون تأثير المادة موقف للنمو .

(ب) لا يوجد نمو على الإطلاق يكون تأثير المادة مبيد للخلايا.

٢ – استخدام سلسلة متدرجة من التركيزات وفى هذه الحالة

١ – يجهز الوسط الغذائى فى أنابيب إختبار ويعقم ويلقح بالكائن المراد اختباره .

٢ – تجهيز المادة الكيميائية فى تركيزات متدرجة .

٣ – يضاف لكل أنبوبة واحد من التركيزات السابقة .

٤ – يقاس النمو بكل أنبوبة بقياس درجة التعكير ونحدد أقل تركيز من المادة الكيميائية يوقف النمو (MIC) .

الباب السابع
بعض الصفات التقسيمية للبكتيريا
(الصفات المورفولوجية والتركيبية والفسيولوجية)

يتناول هذا الجزء الصفات العامة لأقسام ورتب وعائلات وبعض أجناس وأنواع البكتيريا والتى تضمنتها نشرة برجى سنة ١٩٧٤ ، وهى ليست محاولة تقسيم أو تعريف للبكتيريا بالمعنى الدقيق ، لأن عملية التقسيم والتعريف يقوم بها طلاب الدراسات العليا والباحثين فى هذا التخصص فقط ، لأن عمليات تعريف وتقسيم البكتيريا يصاحبها دائما صعوبات حتى فى حالة استخدام مفاتيح التعريف الموجودة فى برجى سنة ١٩٧٤ أو حتى جداول أخرى نظرًا لتداخل كثير من الصفات بين الأجناس بعضها البعض وكذلك بين الأنواع بعضها البعض مما يجعل استخدام هذه الجداول والمفاتيح يتطلب مجهودًا شاقًا غير مطلوب من المستوى الذى أعد هذا العمل من أجله ولقد قامت بعض الجمعيات والهيئات العلمية وحتى شركات إنتاج الكيمياويات وبفضل العلماء المتخصصين فى هذا المجال بعمل نشرات تعريف لبعض الأجناس البكتيرية مما يمثل سهولة فى عمليات التعريف مستقبلاً نظرًا لبساطتها واعتمادها على الصفات التفريقية بصورة مباشرة ومما يجدر الإشارة إليه أن الصفات المورفولوجية والفسيولوجية التركيبية المشار إليها فى هذا الجزء وهى ، الصفات المورفولوجية والتركيب الداخلى للخلايا ، الصفات المزرعية المختلفة ، الصفات الفسيولوجية المختلفة كتخمر السكريات المختلفة (الكربوهيدرات) اختزال النترات ، إنتاج الاندول ، إختبار الكاتاليز ، إختيار اليوريز اختبار فوجر بروسكاور والمثيل الأحمر ، تحلل الجيلاتين ، تحلل الكازين ، متطلباتها من الأكسوجين ، التراكيزات المؤثرة من أيون الأيدروجين بالإضافة إلى الحركة والصفات الصبغية – كصبغة جرام وصبغة الصمود للأحماض وصبغة الجراثيم ، يراجع كتاب العملى للاطلاع على طرق إجراء مثل هذه الصفات وكيفية استقراء النتائج .

وبدأ حديثًا استخدام الاختبارات المصلية وكذلك الاتجاه الجزئى فى التقسيم مما يسهل بمشيئة الله القيام بعمليات تعريف دقيقة بلا صعوبات

الفصل الأول

البكتيريا الملونة The coloured bacteria

(البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية The phototrophic bacteria)

١ – أفراد هذه المجموعة تحتوى على نوعين مختلفين من الكلوروفيل البكتيرى (أ ، ب ، جـ ، د) وهو غالبا أخضر اللون – وكذلك مجموعة أو مجاميع مختلفة من مجاميع الكاروتينيات (مجاميع ١ – ٢ – ٣ – ٤ – ٥) ، وهذه الكاروتينيات على درجة عاية من التشبع ، ويعزى تعدد لون الخلايا من القرمزى Purple إلى الأخضر Greenنتيجة لكثافة الكاروتينيات الغير مشبعة بجوار الكلوروفيل البكتيرى الأخضر اللون .

٢ – أفراد هذه المجموعة تقوم بعملية البناء الضوئى مثل النبات الأخضر تماما إلا أن البكتريا تستخدم موادا كبريتية كمانح للألكترون فى عمليى البناء الضوئى وبالتالى يترسب الكبريت أما داخل الخلايا أو خارجها كما يتضح من المعادلة الآتية :

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow[\text{Light}]{\text{Bact. Chlorophyll}} CHOH + H_2O + 2S$$

٣ – أفراد هذه المجموعة متباينة الأشكال فهى إما عصوية أو كروية أو حلزونية ولا تستطيع تكوين جراثيم داخلية والبعض منها يمتلك أهدابا ، وبالرغم من التباين الظاهرى الواضح لأفراد هذه المجموعة إلا أنها تمثل مجموعة فسيولوجية متجانسة تتطلب الضوء لنموها بينما الأكسجين غير ضرورى ، وبعض أنواعها يتطلب وجود فيتامين أو أكثر كعوامل للنمو

٤ - تقع أفراد هذه المجموعة فى رتبة واحدة هى . RHODSPIRI : Orderويمكن تسميتها RHODBACTERIALES رودوباكيتريالات وهذه الرتبة تشمل

البكتيريا الحمراء Red bacteria

البكتيريا الخضراء Green bacteria

من قسم الكائنات التى تبالى بوجود الضوء (البكتيريا الخضراء) أى من القسم الأول لمملكة كائنات بدائية النواة كما هو موضح سابقا .

وتقسم هذه الرتبة إلى تحت رتبتين يضمان ثلاثة عائلات تشتمل على البكتيريا الحمراء والبكتيريا الخضراء كما يلى :

١ - تحت رتبة رودسبيريليات 1- Sub-order : Rhodospirillinae

وخلاياها تحتوى على كلوروفيل (أ ، ب) وكاروتينات مجاميع (١ ، ٢ ، ٤) وتوجد هذه الأصباغ فى تراكيب غشائية داخلية ومتصلة بالغشاء السيتوبلازمى ولونها قرمزى وتضم عائلتين :

(أ) عائلة روديسبيريللات — A - Family : Rhodospirillaceae

خلاياها قرمزية غير كبريتية Purple nonsulpher bacteria أى لا تعتمد على مركبات كبريتية كمانح للالكترون أثناء عملية البناء الضوئى ولكنها تستخدم موادا عضوية بسيطة .

$$CO_2 + \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_3 \end{matrix} \xrightarrow[\text{Light}]{\text{Bact. Chlor.}} CHOH + 2 \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ C=O \\ | \\ CH_3 \end{matrix} + H_2O$$

ثانى أكسيد الكربون + كحول ايزوبروبابل $\xrightarrow[\text{ضـــــوء}]{\text{كلورفيل بكتيرى}}$ مادة عضوية + أسيتون + ماء

توجد أفراد هذه العائلة فى الطين والمياه الراكدة والضحلة المعرضة للضوء وهى خلايا كروية أو عصوية أو واوية أو حلزونية (أى متباينة الأشكال) وتحتوى الخلايا على كلوروفيل (أ ، ب) ومجموعة كاروتين فى نظام غشائى داخلى يتصل بالغشاء البلازمى ، وتتكاثر الخلايا بالانفلاق العرضى (الانقسام الثنائى البسيط ويكون محور الانقسام عرضيا) ، خلاياها تمتلك أسواط محيطية أو طرفية ، معظم أنواعها تتطلب وجود فيتامين أو أكثر كعامل للنمو ، بعض سلالاتها تقوم بعملية تثبيت النيتروجين الجوى وتضم هذه العائلة الأجناس التالية :

Genus :Rhodopseudomonas - Rhodospirillum - Rhodominicerobliem

(ب) عائلة كروماتسية B - Family : Chromatiaceae

خلاياها قرمزية كبريتية Purple sulpher bacteria أى أنها تعتمد على الكبريت ومركباته كمانح للهيدروجين أثناء عملية البناء الضوئى كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$3CO_2 + 2S + 5H_2O \xrightarrow[\text{Light}]{\text{Bact. Chlor.}} 3CHOH + 2H_2SC_4$$

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow[\text{Light}]{\text{Bact. Chlor.}} CHOH + H_2S + 2S$$

ويلاحظ أنه فى وجود الكبريت يتم ترسيب الكبريت على هيئة حبيبات داخل الخلية ما عدا جنس واحد فقط يقوم بترسيب الكبريت خارج خلاياه ، توجد أفراد هذه العائلة فى الأوساط المائية الكبريتية الغير هوائية مثل الينابيع الكبريتية ، أفرادها متباينة الأشكال مثل العائلة السابقة ، الأفراد المتحركة تمتلك أسواطا طرفية ، بعض أفرادها يستطيع تثبيت النيتروجين الجوى ، وبعض أفرادها يحتاج إلى فيتامين ب١٢ كعامل للنمو وتضم هذه العائلة الأجناس التالية :

, Genus :Thiocapsa , Thiopsirillum , Thiosarcina , Thiocystis , Chromatium
.Ectothiorodospira , Amoebobacter , Thiopedia , Thiodictyon , Lamprocystis

ويقوم هذا لجنس الأخير بترسيب الكبريت خارج خلاياه .

٢ – تحت رتبة 2- Sub-Order Chlorobiineae

الخلايا تحتوى على كلوروفيل (ج ، د) وكاروتينات مجاميع (١ ، ٣ ، ٤) وتوجد هذه الأصباغ فى حويصلات تقع تحت الغشاء السيتوبلازمى وأحيانا تتصل به وتتخذ المزارع لونا أخضر فى الغالب ، وتستخدم الكبريت ومركباته كمانح للهيدروجين أثناء عملية البناء الضوئى ، جميع أفرادها غير هوائية ؛ بعض الأفراد المتحركة تمتلك أسواطا طرفية : أفرادها تتجمع فى كتل خلوية مختلفة الأشكال أو توجد فى صورة خلايا فردية ، وفى حالة استخدامها للكبريتيد فإن ترسيب الكبريت يتم خارج خلاياها . تعرف أفرادها بالبكتيريا الخضراء الكبريتية Green sulpher bacteria وتضم عائلة واحدة .

عائلة الكلوروبايسية *Family : Chlorobiaceae*

وتضم هذه العائلة الأجناس الآتية .

Genus :Chlorobium , Chloropseudomonas , Pelodictyon ,
Prosthecochloris , Clathrochloris

الفصل الثانى

البكتيريا الزاحفة (الانزلاقية) The Gliding Bacteria

تتميز هذه المجموعة بالمميزات الآتية :

١ – خلاياها الخضرية عصوية طويلة أنبوبية ذات نهايات مستدقة أو مستديرة أو خيوط تحتوى على هورموجونات أو خلايا ساكنة وهى خلايا مرنة تفتقر إلى صلابة الجدر الخلوية ولا تحمل أسواطا لذلك تقوم بنوع من الحركة الانزلاقية على السطوح الصلبة النامية عليها نتيجة مرونتها ومقدرتها على الانثناء ، وعندما تتواجد هذه الخلايا فى بيئة جديدة فإنها تنمو بسرعة وبعض منها يكون نموات لزجة سريعة الانتشار على سطح البيئة ويرجع ذلك إلى قدرتها على إفراز مواد مخاطية لزجة ، ولهذا السبب يطلق عليها اسم البكتريا اللزجة (أو الهلامية) . Slime bacteria

٢ – بعض أفراد هذه المجموعة يكون خلايا ساكنة (أطوارا ساكنة) Resting stage حيث تتواجد فى تركيب كبير يعرف بالجسم الثمرى Fruiting body وهذه الأجسام الثمرية تتكون من كتلة متجانسة من مادة هلامية وعدد من الخلايا وهى ذات ألوان زاهية كبيرة الحجم وترى بالعين المجردة وهذه الخلايا الساكنة على درجة عالية من التعقيد وقد توجد هذه الخلايا داخل أكياس جرثومية Sporangia محمولة على حامل Stalkبسيط أو متفرع فتبدو مرتفعة عن سطح الوسط .

٣ – تتواجد أفراد هذه المجموعة على سطح التربة والمواد العضوية المتحللة وفى الأسمدة البلدية (روث الحيوانات) وعلى الأعشاب والخشب المتحلل وتستطيع بعض أنواعها تحليل المركبات المعقدة مثل البروتينات والأحماض النووية والسليولوز والكايتين .

٤ – أفراد هذه المجموعة سالبة لصبغة جرام وتتكاثر بالانفلاق العرضى .

٥ – لا تحتوى أفراد هذه المجموعة على أصباغ تمثيلية ولكن بعض أفرادها تحتوى على أصباغ كاروتينية وصبغة الميلامين .

٦ – تشمل هذه المجموعة على رتبتين هما .

(أ) رتبة البكتيريا اللزجة Order : Myxobacteriales

أفرادها قادرة على تكوين أجسام ثمرية .

(ب) رتبة السيتوفاجيلز Order : Cytophagales
أفرادها لا تكون الأجسام الثمرية .

رتبة البكتيريا اللزجة Order : Myxobacteriales

أفرادها تكون أجساما ثمرية وتضم العائلات الآتية :

١ – عائلة *Family Myxococcaceae*

خلاياها الخضرية عصوية مستدقة الأطراف تتحول إلى خلايا ساكنة قصيرة وتكون حويصلات جرثومية كروية أو بيضية وعندما تنبت هذه الحويصلات تتكشف الخلايا الخلايا الخضرية بطريقة تشبه الترعم تاركة جدار الحويصلة فارغا وتشمل أربعة أجناس الجنس المثالى هو : جنس Myxococcus.

توجد الحويصلات الجرثومية بداخل أجسام ثمرية (قمعية أو دائرية أو بيضية) قائمة على سطح الوسط ، وتلتصق ببعضها نتيجة تكوين مواد هلامية لزجة النوع المثالى Myxococcus flavus

٢ – عائلة *Archangiaceae*

خلاياها الخضرية عصوية وتستطيع تكوين كتلة خلوية متحركة وتتميز هذه العائلة بتكوين أجسام ثمرية غير منتظمة متعامدة على الوسط متخذة شكل الأصابع الجنس المثالى هو جنس Archangium.

الأجسام الثمرية تتخذ شكلا قرصيا أو أنبوبيا وقد يتفرع تفرعات عديدة والأجسام الثمرية ليست محاطة بجدار ولكن محاطة بطبقة من الإفرازات الهلامية اللزجة .

٣ – عائلة *Polyangiaceae*

خلاياها الخضرية عصوية وتتكون خلايا ساكنة بداخل حويصلات محددة التركيب داخل الأجسام الثمرية . الأجسام الثمرية محاطة بجدار محدد له ألوان زاهية ، الحويصلات قد تتحد ببعضها وقد تكون مفردة أو متجمعة على حامل واحد وقد يتفرع هذا الحامل وتضم الأجناس التالية .

١ – جنس Polyangium

الحويصلات مستديرة ، جالسة ، مفككة عن بعضها أو ملتحمة بالغشاء الهلامى

٢ – جنس Chondromyces

الحويصلات مستديرة أو بيضية محمولة على حوامل وقد تتفرع الحوامل .

٢ – رتبة الستيوفاجالات Order Cytophagales

(أ) لاتنتج أجساما ثمرية ، خلاياها الخضرية عصوية أو خيوط وقد توجد الهورموجونات أو الخلايا الساكنة ، سالبة لصبغة جرام الحركة زحفية على السطوح الصلبة : تضم العائلات الآتية :

١ – عائلة سيتوفاجات *Family : Cytophagaceae*

خلاياها عصوية مرنة أو خيوط مرنة والخيوط غير متصلة بالبيئة وتتميز بوجود أصباغ كاروتينية مختلفة ، لا تكون أجسام ثمرية . الجنس المثالى هو : جنس سيتوفاجا Cytophaga .

٢ – عائلة بيجياتوبات *Family : Cytophagaceae*

خلاياها توجد فى خيوط أسطوانية تشبه فى الشكل الأوسيللاتوريا Oscillatoria (البكتريا الخضراء المزرقة) لا توجد الأصباغ الكاروتينية ، عندما تنمو فى وجود (يد٢ كب) فإن الخلايا المكونة للخيط تحتوى على كبريت الجنس المثالى هو :

جنس بيجياتويا Beggiatoa

الحيوط مستقيمة غير محاطة بأغلفة ، وتوجد الخيوط فردية أو فى مجاميع بيضاء يظل الخيط فيها محتفظ بوحدته والنوع المثالِ Beggiatoa albus.

وتضم هذه العائلة أيضا أجناس Vitreoscilla . thioploca

٣ – عائلة سيمونللا *Family : Simonsiella.*

ب 1- الخيوط مثبتة من أحد طرفيها بيئتها الطبيعية ولكن الجونيديات gonades تستطيع القيام بالحركة الزحفية .

٤– عائلة ليكوثريكية *Famly : Leucotrichaceae*

الجنس المثالى Leucothrixوله نفس خصائص العائلة .

٢ – خلايا مفردة لا توجد متجمعة فى خيوط ، تتحرك حركة اهتزازية متدحرجة على الوسط والخلايا قد تحتوى على حبيبات الكبريت أو كربونات الكالسيوم

٥ – عائلة اكروماتيية Famly : Achromatiacea

هذه العائلة تتبع هذه الرتبة مؤقتا والجنس المثالى هو جنس Achromatiumخلاياه الخضرية كبيرة إلى حد ما بيضية أو كروية تتحرك حركة انزلاقية تدحرجية على الوسط

ومستقلة عنه تحتوى على حبيبات الكبريت عند تنميتها على وسط يحتوى (H_2S) ، كذلك بللورات كربونات كالسيوم يوجد فى المياه العذبة والمياه النصف مالحة .

النوع المثالى Achromatium oxaliferum

يتميز بوجود بللورات كربونات الكالسيوم .

الفصل الثالث

البكتيريا الخيطية The Sheathed bacteria

– أهم الصفات المورفولوجية وجود أغلفة أنبوبية محاطة بخيوط ، لذلك سميت بالبكتيريا الخيطية ، وهذه الأغلفة تتكون من مادة عضوية مشبعة بأكاسيد الحديد أو المنجنيز أو قد تكون خالية تماما من الأكاسيد المعدنية .

– خلاياها الخضرية عديمة اللون ، سالبة لصبغة جرام ، ولها أسواط طرفية ، وتتكاثر عن طريق الجراثيم السوطية المتحركة Flagellated Swarm spores أو عن طريق الجراثيم الكونيدية Conidiospore لا تستطيع تكوين جراثيم داخلية .

– الخلايا الخضرية تتواجد فى خيوط Trichomes تبدى نوعا من التفرغ الكاذب (الأفرع الكاذبة تتكون عندما توجد خلية خضرية فى الخيط فى وضع غير طبيعى بداخل الخيط فيتكون عنها فرع جديد محاط بالغلاف الأصلى للخيط) .

– خلاياها الخضرية الفردية تظهر اختلافات مورفولوجية (أى متباينة الأشكال) تبعا لظروف الوسط الغذائى النامية عليه ، وهذا يسبب صعوبة وتصنيف أفراد هذه المجموعة وبناء عليه لا تستخدم أفرادها فى الدراسات الميكروبيولوجية العادية

– أفراد هذه لمجموعة تعيش فى المياه العذبة أو المياه المالحة .

– الجراثيم السوطية المتحركة تتحرر وتخرج من فتحة فى قمة الخيط – أى كسر يحدث بالغلاف ثم بعد تحرر كل الجراثيم من الخيط . ترسب الخيوط الفارغة فى الوسط .

– هذه لمجموعة صنفت على مستوى الأجناس بالرغم من أن تصنيفها بمستوى العائلات ما يزال يواجه بعض الصعوبات ولكن أبرز الخطوط التصنيفية ما يلى :

١ – خلاياها الفردية متحركة بواسطة أهداب قطبية (طرفية) أو تحت طرفية .

(أ) الغلاف مغطى بقشرة من مركبات الحديد .

جنس Sphaerotillus

(ب) الغلاف مغطى بقشرة من أكسيد الماغنسيوم .

جنس Leptothrix

٢ – خلاياها الفردية غير متحركة بالأهداب .

(أ) الغلاف غير متصل بجدار الخلية .

* الغلاف غير مغطى بأكاسيد معدنية .

جنس Streptothrix

* الغلاف مغطى بأكاسيد معدنية .

جنس Lieskeella

(ب) الغلاف متصل بجدار الخلية .

* الغلاف غير مغطى بأكاسيد معدنية .

جنس Fhragmidothrix

* الغلاف مغطى بأكاسيد معدنية .

– الخيط قمته منتفخة .

جنس Crenothrix

– الخيط قمته مدببة .

جنس Clonothrix.

الفصل الرابع
البكتيريا المتبرعمة وذوات الزوائد أو البكتيريا ذات الزوائد
Budding and Appendaged Bacteria (or Appendaged Bacter a)

١ – افراد هذه المجموعة تتكاثر بالتبرعم أو عن طريق التبرعم والانشطار الثنائى (الأفراد الناتجة من الانقسام الثنائى غير متساوية) لذلك تعرف بالبكتيريا المتبرعمة .

٢ – يتكون لبعض أنواعها زوائد نصف صلبة تشبه الهيفات وقطرها أقل من قطر الخلية ويكون لهذه الزوائد غالبا وظيفة تكاثرية .

٣ – الخلايا الخضرية بيضية أو كمثرية الشكل وقد توجد مفردة أو فى تجمعات Aggregation وفى بعض الأنواع تتصل هذه التجمعات بسطح البيئة النامية عليها بواسطة حوامل أو مواسك Stalks or holdfasts قاعدية وتظهر هذه التجمعات وكأنها متشعبة من حامل مشترك .

٤ – خلاياها الخضرية سالبة لصبغة جرام .

٥ – تتميز بوجود سوط طرفى (قمى) . أى قطبية الأسواط .

٦ – أفرادها عير ذاتية التغذية وتتواجد فى التربة الغدقة وفى مستنقعات الماء العذب كما أن بعضها يستطيع التطفل على قواقع المياه العذبة

٧ – تقسم أجناسها كما يلى :

أولا . أفراد تتكاثر بالانقسام الثنائى وتنتج أفرادا غير متساوية .

(أ) تتميز بوجود النموات الإضافية – الزوائد الإضافية الهيفات .

١ – وجود الزوائد (الهيفات) ولها وظيفة تكاثرية وتضم الأجناس التالية .

هيفوميكروبيم	Hyphomicrobium
هيفوموناس	Hyphomonas
بيدوميكروبيم	Pedomicrobium

٢ – وجود الزوائد (الهيفات) وليس لها وظيفة تكاثرية وتضم الأجناس التالية :

كالوباكتر Caulobacter

أتيكاكولس Asticcacaules

أنكالوميكروبيم Anacalomicrobium

بروثيكوميكروبيم Prosthecomicrobium

٣ – وجود الزوائد يكون أو قد لا يكون لها وظيفة تكاثرية وتضم جنس

ثيودندرن Thiodendrom

(ب) لاتتكون الزوائد الإضافية (الهيفات) والتكاثر بعملية التبرعم وتضم أجناس :

باستيريا Pasteuria

بلاستوباكتر Blastobacter

سيليبريا Seliberia

ثانيا : تتميز بوجود نموات إضافية ووجود الحوامل (المواسك) تتكاثر بالتبرعم أو بالانقسام الثنائى وربما تكون الأفراد الناتجة غير متساوية .

١ - تتكاثر بالانشطار الثنائى فقط وتضم الأجناس التالية :

جاليونيلا Gallionella

نيفسكيا Nevskia

٢ – تتكاثر بالتبرعم

بلانتومينيس lantomyces

وتضم أجناس :

ميتالوجونيم Metallogenium

كايلوكوكس Caulococcus

كيسنيزوفيا Kusnezoiva

الفصل الخامس
الاسبيروكيتات The Spirochetes

تحتوى هذه المجموعة على رتبة واحدة هى :

رتبة الاسبيروكيتالات Order : Spirochaetales

١ – أفراد هذه الرتبة خلاياها مرنة اسطوانية (متعرجة) متموجة أو حلزونية .

٢ – تتراوح أطوالها بين ٣–٥٠٠ ميكرون والعرض بين ٠,٩–٣ ميكرون .

٣ – بروتوبلازم بعض أفرادها يبدو متجانسا وأحيانا تحتوى بعض الخلايا على حبيبات granules.

٤ – خلاياها تصطبغ بسهولة بصبغة الجيمسا ولكنها تصطبغ بصعوبة بصبغات الأنيلين .

٥ – تتكاثر بالانشطار الثنائى وأحيانا بالتبرعم .

٦ – تتحرك بالرغم من عدم وجود أهداب وتتميز بثلاثة أنواع من الحركة :

(أ) دوران الخلية حول محورها الطولى وهذا يؤدى إلى الحركة من الأمام إلى الخلف .

(ب) انثناءات (تموجات) الخلية نفسها حيث أن انثناء وانفراد الخلية يؤدى إلى حركتها

(جـ) حركة البريمة بطول الحلزون .

٧ – بعض أفرادها هوائى وأغلبها هوائية اختيارا والبعض لا هوائى .

٨ – غالبية الأفراد مترمم ، وبعضها يستطيع المعايشة مع بعض الكائنات الأرقى وبعضها متطفل . وبعض الأفراد المتطفلة تسبب أمراضا للإنسان

عائلة سبيروكيتيا Family Spirocheataceae

غالبية الوصف السابق تتميز به بعض أجناسها حيث تضم هذه العائلة الأجناس التالية

١ – جنس سبيروكيتيا Genus : Spirocheata

أفرادها خلايا طويلة أطوالها من ٥–٥٠٠ ميكرون وعرضها ٠,٢–٠,٧٥ ميكرون ، حلزونية ، قادرة على المعيشة فى لماء العذب والماء المالح وخاصة المحتوى على يد٢كب . ومياه المجارى الملوثة لا هوائية المعيشة وغير ممرضة .

٢ – جنس كريستسبيرا Genus : Cristispira

خلايا أفراده مرنة طولها من ٢٠–١٥٠ ميكرون وعرضها من ٠,٥–٣,٠ ميكرون ، تتكاثر بالانشطار ، وتتميز بوجود قشور Cristiaأو غشاء رقيق يبرز من أحد أطرافها وتتبع نظام المعايشة Commensalismبداخل الجهاز الهضمى لبعض الرخويات .

٣ – جنس تريبونيما Genus : Treponema

يتراوح طول خلايا أفراده بين ٥–١٠ ميكرون والعرض من ٠,٠٩–٠,٥ ميكرون –أفراده لا هوائية المعيشة ، سالبة لصبغة جرام ولاختبار الكاتاليز والاكسيديز بعض أفراده يتبع نظام المعايشة والآخر متطفل وبعض أفراده يسبب أمراضا للإنسان مثل مرض الزهرى وتوجد فى التجويف الفمى والقناة البولية التناسلية .

٤ – جنس بوريليا Genus : Borrelia

يتراوح طول خلايا أفراده بين ٣–١٥ ميكرون والعرض من ٠,٢–٠,٥ ميكرون أفراده لا هوائية المعيشة ، متطفلة وبعضها ممرض للإنسان حيث يصيبه بالحمى الراجعة ، وكذلك ممرضة للحيوانات ، قادرة على المعيشة على الأغشية المخاطية وتنتقل عدواها بواسطة القراد وبعض المفصليات والحشرات .

٥ – جنس ليبتوسبيريا Genus : Leptospiria

يتراوح طول خلايا أفراده بين ٦–٢٠ ميكرون وعرضها حوالى ٠,١ ميكرون خلايا مرنة تتميز بوجود انثناءة تشبه الخطاف فى أحد الأطراف فى أحد الأطراف أو الطرفين معا وهى هوائية المعيشة ، متحركة بعضها متطفل والآخر مترمم .

الفصل السادس
البكتيريا المنحنية والحلزونية

Spiral and Curved Bacteria

عصويات صلبة منحنية لأقل من لفة أو عدد من اللفات ، طول الخلية ٠,٥–٦٠ ملليميكرون وعرض الخلية ٠,٢–١,٧ ملليمكرون ، قد تمتلك سوط واحد طرفى أو خصلة من الأسواط الطرفية ، والأسواط قد تكون فى قطب واحد أو فى القطبين ، متحركة بالعوم فى خطوط مستقيمة بحركة تشبه حركة البريمة . بعض الأنواع هوائية إجبارا أو تتطلب تركيز منخفض من الأكسوجين وتوجد أنواع غير هوائية وتنمو أيضا فى تركيز منخفض من الأكسوجين ، لا تستطيع تخمر الكربوهيدرات إلا أن بعض أنواعها تقوم بأكسدة عدد محدود من السكريات . موجبة لاختبار الاوكسيديز ، سالبة لإنتاج الاندول ، بعض الأنواع تستطيع إنتاج أصباغ فلورسنتية صفراء مخضرة ذائبة فى الماء ، بعض أنواعها تستطيع النمو على بيئة بسيطة بها أملاح معدنية ومصدر كربونى واحد وكبريتات أمونيوم ، والبعض الآخر تحتاج إلى بيئة معقدة .

بعضها تعيش حرة فى الماء العذب أو المالح والبعض الآخر مترممات أو متطفلات وبعضها يسبب أمراضًا .

تشمل هذه العائلة على جنسين هما :

١ – جنس سبيريللم Spirillum

٢ – جنس كامبيلوباكتر Campylobacter

١ – جنس سبيريللم Spirillum

١ – عصويات صلبة منحنية لأقل من لفة أو عدد من اللفات طول الخلية ٢–٦٠ ملليميكرون عرض ٠,٢٥–١,٧ ملليميكرون

٢ – تمتلك خصلة من الأهداب بقطبى الخلية

٣ – تحتوى خلاياها على حبيبات بولى هيدروكسى بيوتيرات Polyhydroxybutyrate.

٤ – هوائية إجبارا ولكن تستطيع النمو فى تركيزات قليلة من الأكسوجين .
٥ – لا تحلل الجيلاتين وغالبية أنواعها تنتج غاز كبريتور الأيدروجين H_2S.
٦ – موجبة لإنتاج إنزيم اليوريز والكاتاليز .
٧ – توجد فى الماء العذب والمالح وخاصة المحتوى على المواد العضوية .
٨ – تضم أنواع عديدة (١٨ نوع) أشهرهم :

سبيريللم فولياتنس Spirillum volutans

٢ – جنس : كامبيلوباكتر Genus : Campylobacter

١ – عصويات اسطوانية حلزونية منحنية أبعادها ٠,٥–٥ ملليميكرون طول، ٢,٠ –٨ ملليميكرون عرض .
٢ – تمتلك هدب واحد قطبى بكل قطبى الخلية .
٣ – لا توجد حبيبات بولى هيدروكسى بيوتيرات Polyhydroxyputyrate.
٤ –غير هوائية ، قليل من أنواعها تنمو هوائيا ، بعضها يعيش فى تركيز منخفض من الأكسجين .
٥ – لاتكون جراثيم .
٦ – سالبة لصبغة جرام .
٧ – اختبار المثيل الأحمر و لفوجربروسكار سالب .
٨ – لاتحلل أنواعها الجيلاتين. واليوريا .
٩ – الاكسيديز موجب .
١٠ – لاتنتج أصباغ
١١ – بعضها ممرض للإنسان والحيوان توجد فى الأعضاء الجنسية ، والقناة الهضمية والتجويف الفمى للإنسان والحيون .
١٢ – تشمل على ثلاثة أجناس أشهرهم Campylobacter fetus.

ويضم ثلاثة تحت أجناس

*Campylobacter fetus subsp fetus**

*Campylobacter fetus subs intestinalis**

*Campylobacter fetus subsp jejuni .**

أجناس غير محددة الانتماء وتقع تحت هذه المجموعة :

١ – بديلوفيبرو 1 - Bdellovibrio

عصويات مستطيلة مفردة صغيرة منحنية متحركة بأهداب قطبية توجد غالبا بأحد الأقطاب ، سالبة لصبغة جرام ، إجبارية التطفل على البكتيريا وتخترق خلية العائل وتقلل من المناعة التخصصية للخلية البكتيرية ، يضم ثلاثة أنواع أهم صفاتهم كما يلى :

	إنتاج الكتاليز	مدى التطفل	تحليل البروتين
Badellovibrio bacterovorus	موجب	اجبارى	ضعيف
Badellovibrio stalpii	موجب	اختيارى	جيد
Badellovibrio starrii	سالب	اختيارى	متوسط

جنس ميكروسيكلس Genus : Microcyclus

عصويات منحنية أبعادها ١–١٠ ملليميكرون طولها ٠,٥–٢ ملليميكرون عرض ، خلايا غير متحركة ، هوائية إجبارية ، سالبة لصبغة حرام ، توجد فى الماء العذب والآبار والبحيرات ، يضم ٣ أنواع أهم صفاتهم كما يلى :

	مظهر المستعمرة	تحليل النشا	تحليل الجيلاتين
Microcyclus aquaticus	لون المستعمرات طباشيرية	لايتحلل	لايتحلل
Microcyclus flavus	تنتج أصباغ صفراء تذوب فى الماء	لايتحلل	لايتحلل
Microcyclus major	تنتج أصباغ حمراء شاحبة	ضعيف	موجب

جنس : بيلوسيجما Genus : Pelosigma

خلايا عصوية منحنية تأخذ شكل حرف (S) ذات لون رمادى شاحب قد تتجمع أكثر من خلية معا توجد فى الطين والمياه الراكدة ، وتضم نوعين :

*Pelosigma cohnu

*Pelosigma palustre

جنس براكياركس Genus : Brachyarcus

خلايا عصوية اسطوانية منحنية قليلا تحتوى على حبيبات كبريتية غير متحركة ، تعيش فى ظروف من قلة الأكسجين إلى لا هوائية توجد فى البحيرات .

أهم أنواعها : Brachyarcus thiophilus.

الفصل السابع
البكتيريا العصوية والكروية الهوائية والسالبة لصبغة جرام

Gram-Negative Aerobic Rods and Cocci

١ – تضم هذه المجموعة العائلات الآتية :

١ – بسيدوماناديية	Family1:Pseudomonadaceae
٢ – أزوتوباكتيرية	Family 2: Azotobacteriaceae
٣ – الرايزوبية	Family3: Rhizobiaceae
٤ – المثيل مونودية	Family4:Methylomonadaceae
٥ – الهالوبكاتيرية	Family5:Halobactericeae

٢ – تضم أيضا بعض الأجناس غير محددة الانتماء :

1- Alcaligenes	2- Acetobacter	3- Brucella
4- Brodetella	5- Francisella	6- Thermus

١ – عائلة بسيدوموناديية 1. Family: Bseudomonadaceae

١ – خلايا أجناس هذه العائلة عصوية متوسطة الطول توجد فردية .

٢ – سالبة لصبغة جرام .

٣ – تتحرك بواسطة الأسواط الطرفية ، بعضها يمتلك سوط واحد والبعض الآخر يمتلك خصلة من الأهداب

٤ – هوائية وتستطيع أكسدة كثير من المركبات العضوية .

٥ – لاتنتج جراثيم .

٦ – تنمو على البيئات البسيطة .

٧ – بعض أفرادها يفرز صبغات مختلفة فى اللون تذوب أو لا تذوب فى الماء .

٨ – تنتشر أجناسها فى الطبيعة وتوجد بكثرة فى المياه وفى التربة .

٩ – تضم الأجناس التالية :

i . Pseudomonas ii. Xanthomonas

iii . Zoogloa iv . Glucanobacter

١ – جنس بسودوموناس Genus,1. Pseudomonas

تتميز أنواع هذا الجنس بإفراز أصباغ تذوب أو لا تذوب فى الماء وهى أصباغ زرقاء ، حمراء ، صفراء ، خضراء ، وأحيانا كاروتينات وقد يتكون اللون نتيجة وجود أحد الأصباغ التالية أو اتحاد أى منهم .

صبغة Pyorubin لونها أحمر .

صبغة Pyocyanin لونها أزرق مخضر .

صبغة Fluorscein لونها أخضر مصفر وهى صبغة فلورسنتية .

٢ – يختلف النشاط الأيضى لأنواعها اختلافا كبيرا .

٣ – كثير من أنواعها تحلل البروتين .

٤ – عدد من الأنواع يختزل النترات إلى نيتريت ثم إلى أمونيا والبعض الآخر يختزلها مباشرة إلى نيتروجين .

٥ – قادرة على مهاجمة مواد كيميائية لا تستطيع بكتريا أخرى مهاجمتها .

٦ – عند تنمية أنواعها المختلفة أو سلالتها يشاهد تلون الوسط تبعا لنوع الصبغة المتكونة مثل :

(أ) تنمية جنس acruginosa على الأجار المغذى تتلون البيئة بلون أزرق مخضر .

(ب) تنمية جنس fluorscens تتلون البيئة باللون الأصفر المخضر الفلورسنتى .

٧ – بعض أنواعها ممرضة للنبات مثل :

بسودوموناس سولاماسيرم Pseudomonas solamacerum

يسبب مرض الذبول للهائلة الباذنجانية ، ومرض العفن البنى فى البطاطس .

بسودوموناس سافوستانى Pseudomonas savostanai

يسبب مرض تعقد أفرع الزيتون

بسودوموناس أيروجينيورا Psuedomonas aeroginosa

يصيب الإنسان ويؤدى إلى تلوث الجروح والحروق .

جنس زانثوموناس Genus: Xanthomonas

١ – عصويات متوسطة الطول سالبة لصبغة جرام .

٢ – تمتلك سوط طرفى واحد Monotrichous.

٣ – تفرز أصباغ صفراء لا تنتشر فى الوسط الغذائى لعدم قابليتها للذوبان فى الماء فتبدو المستعمرات وكأنها ملونة بدرجات متفاوتة بلون الصبغة الأصفر .

٤ – أنواع هذا الجنس أقل فى النشاط الأيضى من أنواع الجنس السابق .

٥ – يضم حوالى ٦٠ نوع ومعظمهم يسبب أمراض نباتية تبقعية ، مثل

جنس : زانثوموناس مالفاسبريم * Xanthomonas malvaceaurm

يسبب التبقع الزاوى واللفحة البكترية لنبات القطن .

جنس : زانثوموناس فيسكاتاريا * Xanthomonas vesicataria

يسبب التبقع لأوراق وثمار الطماطم .

جنس زووجلوا Genus : Zoogloa

١ – الخلايا عصوية غير متجرثمة .

٢ – الخلايا الحديثة التكوين تتحرك بسهولة بواسطة هدب واحد قطبى وفى المياه الطبيعية تكون تجمعات صلبة ترى بالميكروسكوب وتظل حرة طافية أو تتصل بأى سطح ، وتوجد زوائد أحيانا هذه التجمعات .

٣ – لاتحلل البروتين والجلاتين ولا تكون غلاف ، لا تنتج الأندول ولا كبريتور الأيدروجين .

٤ – لاتختزل النترات إلى نيتريت ولا إلى نيتروجين غازى .

٥ – هوائية .

٦ – توجد فى المياه الطبيعية والمجارى .

٧ – أهم الأنواع :

زوجلو ريميجيرا Zoogloea remigera

زوجلو فلبينديولا Zoogloea filipendula

جنس جلوكونوباكتر Genus Gluconobacter

١ – الخلايا أهليجية إلى عصوية توجد مفردة أو فى سلاسل تتحرك بواسطة ٣ – ٨ أهداب قطبية .

٢ – لا تكون جراثيم وسالبة صبغة جرام .

٣ – هوائية . وموجبة فى إنتاج الكاتاليز .

٤ – توجد فى الأزهار والثمار المتعطنة ، والخضروات ، البيرة – الخميرة – الخل – خميرة المخابز – تربة الحدائق .

٥ – أهم الأنواع :

جلوكونوباكتر أوكسيدانز Gluconobacter oxydans

٢ – عائلة الأزوباكتيرية Family II Azotobacteraceae

١ – خلاياها كبيرة نسبيا تميل إلى أن تكون بيضاوية وتشبه خلايا فطرة الخميرة .

٢ – تعيش فى التربة وفى المياه العذبة معيشة حرة هوائية إجبارا .

٣ – تستطيع أفرادها القيام بتثبيت الأزوت الجوى إذا توفرت المادة الكربوهيدراتية كمصدر للطاقة تستطيع بعض أفرادها تثبيت ١٠ مجم نيتروجين جوى/جم كربوهيدرات مستهلك وتتطلب عناصر نادرة مثل الموليبيدنم الذى يعمل كعامل مساعد لتثبيت النيتروجين .

٤ – تتحرك بواسطة أسواط جسمية .

٥ – اختبار الكاتاليز موجب ماعدا جنس الدركسيا (سالب) .

٦ – تضم الأجناس التالية :

* خلايا كبيرة بيضية ، سريعة النمو ، تفرز مادة هلامية خارجيا اختبار الكاتاليز موجب .

(أ) تكون حويصلات .. .. جنس أزوتوباكتر Azotobacter

(ب) لاتكون حويصلات ... .. . جنس أزوموناس Azomonas

* عصويات صغيرة تنتج طبقة مخاطية رقيقة – أو أصماغ وتحتوى على حبيبات دهنية ، بطيئة النمو

(أ) الأجسام الدهنية توجد فى قطبى الخلية واختبار الكاتاليز سالب .. . .

جنس بيجربنكيا Beijernickia

(ب) عديدة الأجسام الدهنية والكاتاليز سالب ... ...

جنس دركسيا Derxia

(أ) جنس الأزوتوباكتر A.G. Azotobacter

١ – أشهر الأجناس ، خلاياها كبير بيضية مختلفة الأطوال ، قد توجد مفردة أو فى أزواج ونادرا ما توجد فى سلاسل تزيد عن أربعة خلايا أى متعددة الأشكال .

٢ – لاتكون جراثيم داخلية ولكنها تكون حويصلة سميكة الجدار .

٣ – سالبة لصبغة جرام .

٤ – بعض سلالتها تنتج أصباغ فلورسنتية خضراء تذوب فى الماء وتظهر فى الضوء الفوق بنفسجى .

٥ – تتطلب المولبيدنم لتثبيت النتروجين ويمكن استخدام الفانديوم محل المولبيدنم .

٦ – لاتستصيع تحليل البروتين .

٧ – اختبار الكاتاليز موجب .

٨ – تضم الأنواع التالية :

Azotobacter chrococcum,. A beijerincku

Azotobacter Vinelandu, A . paspali

(ب) جنس أزوموناس B.G. Azomonas

١ – خلاياه مختلفة الأطوال والأشكال وغالبا بيضية ، أى أنها متعددة الأشكال .

٢ – لاتنتج جراثيم داخلية أو حويصلات .

٣ – لاتستطيع تحليل البروتين .

٤ – اختبار الكاتاليز موجب .

٥ – بعض أنواعها ينتج أصباغ فلورسنتية تبدو بيضاء فى الضوء الفوق بنفسجى .

٦ – تضم الأنواع التالية :

Azomonas agilis, A. insignis, A. macrocytogenes .

(جـ) جنس بيجرنيكيا C.G. Beijernickia

– خلاياه مستقيمة أو منحنية قليلا لها حواف دائرية .

٢ – تحتوى خلاياه على حبيبات دهنية (بولى بيتاهيدروكسى بيوتيرات) .

٣ – تكون حويصلات .

٤ – عند تنميتها فى الوسط السائل يبدو النمو متجانس عالى الزوجة شقاف مع تكوين قشرة سطحية .

٥ – تتطلب المولبيدنم لتثبيت النيتروجين ولا تستطيع الاعتماد على الفانديوم كبديل للمولبيدنم .

٦ – تتحمل الحموضة العالية وتنمو فى مدى أوسع من الأس الأيدروجين (٣ – ٩,٥) ولا تنمو على مرق البيتون أو الآجاربيتون .

٧ – تنمو جيدا فى درجة حرارة ٢٠ – ٣٠°م ولا تنمو فى درجة ٣٧°م .

٨ – تضم الأنواع التالية :

Beijernichia indica, B. fluminencis

Beijerinchia mobilis, B. derxii

(د) جنس D .G.Derxia

١ – خلاياه عصوية الشكل لها حافة مستديرة توجد مفردة أو فى سلاسل قصيرة .

٢ – تتحرك بواسطة أهداب قطبية قصيرة .

٣ – المستعمرات لزجة نصف شفافة فى المراحل الأولى للنمو أما المستعمرات القديمة تبدو داكنة (بنى محمر – غامق – موجانى Mahogany) .

٤ – لاتكون جراثيم .

٥ – سالبة لصبغة جرام .

٦ – تستطيع تثبيت النيتروجين الجوى – وتتطلب المولبيدنم بصفة أساسية ولكنها لا تستطيع استخدام الفانديوم محل المولبيدنم .

٧ – توجد فى التربة وخاصة فى المناطق الاستوائية فى أفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية .

٨ – تنتج حمض الخليك لذلك قادرة على تحمل الحموضة وتنمو فى مدى واسع من الرقم الأيدروجينى ٥,٥ – ٩ .

٩ – تنمو جيدا فى درجات حرارة تتراوح ما بين ٢٥ – ٣٠°م . وفى درجة ٦٠°م تموت الخلايا فى ١٠ دقائق أما عند درجة ٧٠°م تموت الخلايا فى ٥ دقائق .

١٠ – النوع المثالى Derxia gummosa

له نفس الصفات السابقة ولكنه يكون حويصلة (صماد) والطبقة الهلامية متماسكة جدا وصمغية .

٣ – العائلة الرايزوبية Family:Rhizobiceae

١ – خلاياها عصوية تكون كمية من الهلام (مادة هلامية) .

٢ – خلاياها متحركة بواسطة هدب قطبى أو تحت قطبى (أو ٢ – ٦ أهداب) .

٣ – لاتكون جراثيم داخلية .

٤ – سالبة لصبغة جرام .

٥ – معظم لأنواع تستطيع تكوين عقد جذرية على جذور البقوليات وتعيش معيشة تكافلية معها وتستطيع تكوين عقد أيضا على ساق بعض النباتات ، أما جنس الأجروباكتيريم Agrobacterium لا تستطيع تكوين هذه العقد الجذرية .

٦ – يتم التمييز بين هذين الجنسين كما يلى :

جنس رايزوبيم G. Razobium

* خلاياه تستطيع تكوين عقد جذرية على جذور البقوليات وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوى تعيش معيشة متكافلة داخل هذه العقد ولا تستفيد من السترات .

جنس أجروباكتيريم G. Agrobacterium

* خلاياه لا تستطيع تكوين عقد جذرية ولكن يحدث تضخمات على عدد من النباتات ولا تقوم بتثبيت النيتروجين وتستخدم السترات .

أولا : جنس الرايزوبيم G. Rizobium

١ – خلاياه عصوية متعددة الأشكال تحت ظروف النمو الغير مناسبة .

٢ – تحتوى خلاياه على حبيبات دهنية (بولى هيدروكسى بيوتيرات) .

٣ – متحركة بواسطة أهداب قطبية أو تحت قطبية عددها يتراوح ما بين هدبين إلى ٦ أهداب .

٤ – سالبة لصبغة جرام .

٥ – لاتستطيع تحليل الجيلاتين .

٦ – هوائية وتستطيع المعيشة فى ظروف منخفضة من الأكسوجين .

٧ – تنمو جيدا فى مدى حرارى ٢٥ – ٣٠°م ومدى ٥ – ٨,٥ من الأس الأيدروجينى .

٨ – تستطيع تكوين العقد الجذرية فى البقوليات وتعيش معيشة تكافلية داخل هذه العقد وتقوم بتثبيت النيتروجين .

٩ – متعددة الأشكال قد تتخذ شكل حروف VTY

١٠ – تتميز إلى مجموعتين كما يلى :

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية
تتحرك بواسطة ٢ – ٦ أهداب محيطية تنمو بسرعة على منبت مستخلص الخميرة توجد الزوائد (الفمبريا) فى سلالات قليلة . المستعمرات دائرية محدبة مرتفعة مخاطية تكون عقد جذرية على جذور بقوليات المناطق المعتدلة مثل البسلة ، الفول ، العدس ، الفاصوليا ، البرسيم ، الحلبة ، البرسيم الحجازى ، الشوفان .	تتحرك بواسطة هدب قطبى أو تحت قطبى تنمو ببطء على منبت مستخلص الخميرة الزوائد موجودة فى معظم السلالات المستعمرات دائرية محدبة محببة بيضاء تكون عقد جذرية على جذور بقوليات المناطق الحارة مثل الترمس واللوبيا .
أشهر الأنواع	أشهر الأنواع
*R. luguminosarum	*R . japonicum
*R. phaseoli	*R . lupini
*R . trifolii	
*R . meliloti	

ثانيا . جنس أجروباكتيريم G . Agrobacterium .

١ – خلاياه عصوية يتراوح طولها ما بين ١,٥ إلى ٣ ميكرون وعرضها ٠,٨ ميكرون .

٢ – تتحرك بواسطة أهداب محيطية (يتراوح عددها من هدب إلى أربعة) الزوائد شائعه الوجود وخاصة عند القطبين .

٣ – لاتكون جراثيم .

٤ – سالبة لصبغة جرام .

٥ – تكون طبقة هلامية لزجة .

٦ – المستعمرات على البيئة الصلبة غير ملونة ، ناعمة ، نجمية الشكل .

٧ – تحلل الجيلاتين ببطء .

٨ – نموها سريع على المنابت الغذائية المحتوية على مستخلص اللحم أو مستخلص الخميرة أو البيتون وتستطيع استخدام عدد كبير من السكريات .

٩ – هوائية وتستطيع النمو فى التركيزات المنخفضة من الأكسجين داخل الأنسجة النباتية .

١٠ – درجة الحرارة المثلى لنموها ما بين ٢٥ – ٣٠°م فى مدى من الأس الأيدروجينى تتراوح ما بين (٦ – ٩) .

١١ – بعض أنواعها تستطيع تكوين تورمات على سيقان بعض النباتات (أى أنها تلعب دور الممرضات الداخلية) مثل النوع Ag. tumejaciens.

١٢ – بعض أنواعها تعيش متوطنة فى التربة الزراعية أما بعض الأنواع توجد فى التربة الملوثة ببقايا نباتية مصابة .

١٣ – تضم الأنواع الآتية :

* تعتمد على الأحماض الأمينية أو أملاح النترات والأمونيا كمصدر وحيد للنيتروجين .

(أ) تحدث تورمات بالأنسجة النباتية Ag. tumefaciens

(ب) لاتحدث تورمات بالأنسجةالنباتية Ag radiobacter.

* لاتعتمد على الأحماض الأمينية أو أملاح النترات أو الأمونيا كمصدر للنيتروجين

Ag rhizogenes.

Ag rubi.

٤ – عائلة المثيل مونوديه

Family : METHYLOMONADACEAE

واضح من التسمية أن المقطع الأول مثيلو – Methyloأى أنها إجبارية فى استخدام الميثان أو الميثانول كمصدر كربونى وأيضا كمصدر للطاقة Obligate Methane, Methanol Bacteria.

١ – سالبة لصبغة جرام .

٢ – تضم الجنسين الآتيين :

١ – جنس ميثيلوموناس Genus: Methylomonas

٢ – جنس ميثيلوكوكس Genus: Methylococcus

جنس ميثيلوموناس Genus: Methylomonas

١ – خلاياه عصوية مستقيمة أو منحنية مفردة وقد تبدو متفرعة أحيانا .

٢ – تتحرك الخلايا بواسطة هدب واحد قطبى .

٣ – لاتكون جراثيم .

٤ – سالبة لصبغة جرام .

٥ – تعتمد على الميثان أو الميثانول كمصدر وحيد للكربون والطاقة .

٦ – هوائية إجبارية .

٧ – تضم ثلاثة أنواع هم :

M. methanica, M. methanooxidans, M. methanitrificans.

النوع الأول : مثيلوموناس ميثانيكا M. methanica :1 .Species .

١ – الخلايا قرمزية نتيجة وجود أصباغ كاروتينية .

٢ – اختبار الكاتاليز والاكسيديز كلاهما موجب .

٣ – تحتوى الخلايا على حبيبات دهنية (بولى بيتاهيدروكسى بيوتيرك) .

٤ – هوائية إجبارا .

٥ – درجة الحرارة المثلى لنموها ٣٠°م ، لا تنمو فى درجة ٣٧°م .

٦ – درجة تركيز أيون الأيدروجين المثلى لنموها (٧) ولكنها تستطيع النمو فى مدى ٦,٦ إلى ٨,٠ .

النوع الثانى : مثيلوموناس ميثانواوكسيدانز M. methanooxidans :Sp. 2

١ – لاتحتوى أصباغ .

٢ – هوائية إجبارا .

٣ – لاتنمو على الأوساط التخليقية المعقدة ولكنها تنمو على الأوساط المعدنية إذا حضنت فى جو من الميثان والهواء .

النوع الثالث : مثيلوموناس ميثانيترفيكانس M. methanitrificans:

١ – تحتوى خلاياه على حبيبات (بولى بيتا هيدروكسى بيوتيرك) .

٢ – متحركة بالأهداب – ولكن طريقة ترتيب الأهداب غير معروفة بدقة .

٣ – لون المستعمرات أصفر فاتح والأصباغ لا تذوب فى الماء .

جنس ٢ مثيلوكوكس Genus2: Methylococcus

١ – خلاياه كروية مفردة وغالبا توجد فى أزواج .

٢ – غير متحركة .

٣ – تستخدم الميثان والميثانول كمصدر وحيد للكربون والطاقة .

٤ – لاتتطلب عوامل النمو العضوية .

٥ – النوع المثالى Methylococcus capsulatus

(أ) والذى يتميز بوجود الكابسول Capsule

(ب) درجة الحرارة المثلى ٣٧°م وتنمو فى مدى حرارى من ٣٠ – ٥٠°م ولا تستطيع النمو فى درجات أعلى من ٥٥°م .

(جـ) لاتحتوى الخلايا على أصباغ .

٥ – العائلة الهالوبكتيرية 5. Family: Halobacteriaceae

١ – الخلايا عصوية أو كروية سالبة لصبغة جرام ولاتتكون جراثيم داخلية .

٢ – تحتاج لنموها تركيز مرتفع من كلوريد الصوديوم .

٣ – تنتشر حيث يوجد تركيزات عالية من كلوريد الصوديوم أو أى أيونات ملحية فلذلك توجد بكثرة فى الملاحات حيث تقوم الشمس بتبخير المياه ويتركز الملح وتوجد كذلك فى البحيرات المالحة والأغذية البروتينية المملحة .

٤ – تحتوى على صبغات كاروتينية وبصفة خاصة بكتيريوربرين Bacterioruberin وتتخذ المستعمرات اللون الأحمر بدرجاته المختلفة – الأحمر القرمزى – البرتقالى المحمر والبنفسجى المحمر

٥ – لايحتوى الجدار على حمض داى امينوبميلك Diaminopimelicأو حمض الميوراميك Muramic acid وتوجد البروتينات الدهنية Lipoproteins بكثرة فى تركيب الجدار .

٦ – تضم جنسين هما

١ – هالوكوكس 1.G Halococcus

٢ – هالوبكاتيريم 2. G Halobacterium

١ – جنس هالو باكتريم **1. Genus : Halboacterium**

خلاياه عصوية – فردية – تتحرك بواسطة خصلة من الأهداب القطبية – أو غير متحركة – سالبة لصبغة جرام – تضم النوعين التاليين :

هالوباكتيريم سالناريم *Sp, 1 : Halobacterium salinarium*

لخلاياه نفس الصفات الظاهرية المميزة للجنس – يحتوى على صبغة باكتيروردبسن Bacteriorodbsinذات مظهر بنفسجى – تقوم بتحليل البروتين .

هالوباكتيريم هالوبيم *Sp, 2 : Halobacterium halobium*

له نفس الصفات الظاهرية المميزة للجنس – يحتوى أيضا على صبغة باكتيروردبسن – لوحظ وجود فجوات غازية بالسيتوبلازم وتعطى هذه الفجوات للمستعمرات النامية على بيئة صلبة لون قريب من القرمزى أما فى الأوساط السائلة فيتغير اللون إلى الأحمر – تستطيع تحليل الجيلاتين – تنتج غاز يد٢ كب H2S فى تركيز ملحى لا يقل عن ٢٥٪ وحتى ٣٠٪ .

٢ – جنس هالوكوكس **Genus, 2 : Halocceoccus**

خلاياه كروية توجد فى أزواج أو رباعيات – غير متحركة – سالبة لصبغة جرام – تنمو فى تركيز ٢,٥ جزئى لملح لطعام (حوالى ١٥٪) – تحتوى على الكاروتينات – تضم نوعا واحدا .

هالوباكتيريم موراهى *Sp . : Halococcus morrhae*

له نفس الصفات الظاهرية للجنس – لا تنتج حامض من الجلوكوز وكذلك من بعض الكربوهيدرات – قد تحلل الجيلاتين – لبن عباد الشمس لا يتغير – تكون الأندول فى الأوساط المحتوية على تركيز ١٥ – ٢٠٪ ملح – تختزل أى كل منهم النترات إلى نيتريت – يتكون غاز يد٢ كب H2S– تنتج كل من الليباز والأوكسيديز والكاتاليز موجب – أما اليوريز سالب

أجناس غير محددة الانتماء وتتبع البكتيريا العصوية أو الكروية الهوائية والسالبة لصبغة جرام .

١ – جنس الكاليجنس **Genus 1 : Alcaligenes**

خلاياه عصوية ، أو عصويات كروية – توجد فرادى – تتحرك بواسطة أهداب محيطية (يتراوح عددها من هدب واحد إلى أربعة ويصل أحيانا إلى ثمانى أهدب) – هوائية – لا تستطيع تثبيت النيتروجين الجوى – لا تسيل الجيلاتين – تتميز أنواعه بإنتاج

مواد ملونة تتدرج ما بين البنى المصفر والرمادى المائل إلى الاصفرار – اختبار الأوكسيديز موجب – لا تستخدم السكريات كمصدر للطاقة ولا تكون أحماض – لها تأثير قلوى على لبن عباد الشمس فيتكون لون أزرق – توجد مترممة وكذلك تعيش فى القنوات الهضمية للحيوانات الفقارية وتوجد فى منتجات الألبان والبيض الفاسد .

أهم أنواعه الكاليجنس فيكالس Acaligenes faecalis

له نفس صفات الجنس إلا أنه لا ينتج أصباغ خاصة ولكن تنتج رائحة تشبه رائحة الفراولة من بعض السلالات – قادرة على إزالة النيترة -Denitrifyلم يلاحظ إنتاج كبريتيد الهيدروجين H2S ويضم كذلك النوعين التاليين :

الكاليجنس أكوماريتيس Alcaligenes aquamarinus

نسبة لتواجده فى مياه البحار

Alcaligenes eutrophus

ذاتية التغذية الكيماوية Chemolithotrophic.

٢ – جنس اسيتوباكتر (بكتريا الخل) Genus 2 : Acetobacter

خلاياه بيضية الشكل أو عصوية توجد مفردة أو فى أزواج أو سلاسل ، غير متجرثمة وتتضح مظاهر تعدد الأشكال أثناء فترة نموها – بعضها متحرك والآخر غير متحرك – الخلايا الحديثة السن سالبة لصبغة جرام – لا تتكون أصباغ إلا أن بعض السلالات تنتج أصباغ تذوب فى الماء ، الكتل الخلوية قرمزية لوجود مادة بورفرين Porphyrins– هوائية إجبارا – تؤكسد عدد من المواد العضوية مكونة أحماض ومن أهم هذه التفاعلات أكسدة كحول الأيثيل إلى حمض الخليك Acetic acid وقد استغلت هذه الظاهرة فى صناعة الخل تتميز أفراد هذا الجنس وخاصة المنتجة للخل مثل xylenum A- بتكوين غشاء سطحى سليلولوزى .

يضم ثلاثة أنواع كالآتى :

Species 1 : Acetobacter aceti .

يضم أربعة تحت نوع ويؤكسد الايثانول إلى حمض خليك .

Species 2 : Pasteurianus

يضم خمسة تحت نوع ويوجد فى البيرة والنبيذ والخل .

Species 3 : Peroxydans

يضم تحت نوع واحد فقط ويوجد فى النبيذ والمحاليل السكرية والمجارى .

جنس بروسيللا Genus 3 : Brucella

خلاياه عصوية صغيرة وقد تبدو كروية توجد فرادى ونادرا فى سلاسل قصيرة – غير متحركة – غير متجرثمة – سالبة لصبغة جرام – لا تنتج غازات عند تخمير السكريات – تختزل النترات إلى نيتريت – الأكسديز غالبا موجب ما عدا جنسى neotomae و ovis . –اختبار M.R.&VP. سالب – لبن عباد الشمس لا يتأثر –اختبار الكاتاليز موجب – وكذلك يستطيع تحليل اليوريا – طفيليات حيوانية وممرضة للثدييات وتصيب الأجهزة التناسلية والغدد الثديية وكذلك الأجهزة التنفسية والهضمية للإنسان والحيوان وتعرف الحالات المرضية الناتجة عن هذه البكتريا باسم بروسيللوسيس Brucellosis وهذه التسمية تشمل الحمى المالطية والتى تصيب الخنزير – الأغنام – الماشية والناتجة عن الإصابة بالنوع Brucella melitensis أما النوع Br. suis يصيب الإنسان ، أما النوع abortus يسبب الإجهاض المعدى فى الماشية وقد يصيب الإنسان .

المدى الحرارى لأنواعها ما بين ٢٠ – ٤٠°م أما المثلى ٣٧°م .

المرض	العائل	النوع
الحمى المالطية	الخنزير – الأغنام – الماشى – الإنسان	Br. melitensis
الإجهاض المعدى	الماشية وقد يصيب الإنسان	Br. abortus
	الخنزير وأحيانا الإنسان	Br. suis
	الفأر الصحراوى	Br. neotomae
	الأغنام	Br. ovis
	الكلاب	Br. canis

جنس ٤ : بوردتيللا Genus 4 : Bordetella

خلاياه عصوية كروية صغيرة الحجم – توجد فرادى أو فى أزواج – بعضها غير متحرك والآخر يتحرك بواسطة أهداب محيطية – سالبة لصبغة جرام تبدو بالخلايا ظاهرة الاصطباغ القطبى الثنائى – عند تنمية الخلايا على منبت – (دم – بطاطس – جيسرول – آجار) تبدو المستعمرات ناعمة محدبة – تقريبا شفافة محاطة بمنطقة شفافة تدل على تحليل الدم ، لا تنتج الإندول – لا تسيل الجيلاتين – هوائية إجبارا – طفيليات للثدييات – وممرضة بصفة خاصة للجهاز التنفسى

		المرض	أهداب	اختزال النترات	يوريز
Bo pertussis.	الإنسان	السعال الديكى	–	–	–
Bo parapertussis.	الإنسان	السعال الديكى	–	–	+
Bo bronchiseptica.	الكلاب والخنزير وبعض الحيوانات		+	+	+

جنس ٥ : فرانكسيللا Genus 5 : Francisella

خلاياه كروية صغيرة جدا وقد تكون عصويات أهليليجية أو متعددة الأشكال – تظهر بها ظاهرة الاصطباغ الثنائى القطبى – غير متحركة – سالبة لصبغة جرام – تنتج حامض بدون غاز عند تنميتها على أوساط غذائية محتوية على كربوهيدرات – تتطلب أوساط غذائية مقواه – لا تنتج الكاتاليز ولكنها تنتج كبريتيد الهيدروجين - H2Sهوائية إجبارا – درجة حرارته المثلى ٣٧°م توجد فى المياه الطبيعية وتعتبر ممرضة للثدييات والطيور والمفصليات .

تضم النوعين التاليين :

Species 1 : Fran . tularensis

له نفس صفات الجنس – درجة الحرارة المميتة له هى ٥٦م لمدة ١٠ دقائق بسبب مرض التورم اللحمى فى الإنسان والحيوانات ذات الدم الحار وتنتقل العدوى بواسطة المفصليات الماصة للدم أو الجهاز التنفسى أو الجهاز الهضمى أو بالاحتكاك – عند تنميتها على منبت دم سيستين – اجار تظهر المستعمرات بلون رمادى وقطرها يبلغ ٤ مم بعد فترة تحضين تبلغ ٢ – ٥ أيام ويتغير لون الدم إلى الأخضر .

Species 2 : Fran novicida

له نفس صفات الجنس – درجة الحرارة المميتة له هى ٦٠°م لمدة ١٠ دقائق عند تنميته على منبت جلوكوز – سيستين – دم – أجار تبدو المستعمرات ناعمة – لزجة – كاملة الحافة – رمادية لها حافة زرقاء – يبلغ قطرها ٨ مم بعد فترة تحضين ٣ أيام فى درجه ٣٧م ويتحول لون الدم إلى الأخضر ممرضة للفئران البيضاء والخنزير محدثة مرضا شبيها بالتورم اللحمى ولم تعرف حتى الآن مرضيتها للإنسان

جنس ٦ : ثيرميس

Genus 6 : Thermus

خلاياه عصوية طولها ٥ – ١٠ ميكرون والعرض ٠,٥ – ٠,٨ – ميكرون أو خيطية يبلغ طولها من ٢٠ ميكرون إلى أكبر من ٢٠٠ ميكرون أو كرويات كبيرة لها قطر ١٠ – ٢٠ ميكرون – سالبة لصبغة جرام – غير متحركة لا توجد أهداب ولا تتكون جراثيم داخلية – كثير من السلالات تنتج أصباغ صفراء أو برتقالية زاهية – هوائية إجبارا – المدى الحرارى لنموها ٤٠ – ٧٩°م الدرجة المثلى ٧٠ – ٧٢°م – محبة للحرارة المرتفعة وتوجد فى الينابيع الحارة – خزانات الماء الساخن – وأنهار المناطق الحارة .

تضم نوع واحد هو *Species : Ther aquaticus*

له نفس الصفات الظاهرية والفسيولوجية للجنس .

الفصل الثامن
عصويات غير هوائية اختيارية وسالبة لصبغة جرام
Gram negative , facultative anerobic Rods

وتشمل هذه المجموعة العائلتين الآتيتين :

1-Family: Enterobactericeae

2-Family: Vibronaceae

أولا : عائلة الانتيروبكتيرية (المعوية) 1-Family: Enterobacteriaceae

١ – عصويت غير هوائية اختبارية سالبة لصبغة جرام .

٢ – متحركة بواسطة الأهداب المحيطية .

٣ – تستطيع النمو على المنابت الغذائية التخليقية ، وتستطيع تخمير أنواع كثيرة من السكريات منتجة أحماض وغازات مثل غاز الأيدروجين – غاز ثانى أكسيد الكربون .

٤ – تشتمل هذه العائلة على أجناس لها أهمية اقتصادية نظرًا لمقدرتها العيش داخل أمعاء الإنسان والحيوان دون أن تسبب أمراض ، بعض منها قد يسبب أمراض للإنسان والحيوان والنبات كثير من أفرادها رمية المعيشة على البقايا العضوية بالتربة .

٥ – أجناس هذه العائلة قادرة على اختزال النترات ماعدا جنس Erwinia

٦ – يفرق بين أجناسها المختلفة بناء على مقدرتها التخمرية لسكر الأكتوز Lactose وكذلك النواتج التخمرية الناتجة ، وقد قسمت إلى فصائل مختلفة على أساس مقدرتها التخمرية لسكر اللاكتوز ، وقدرتها على تحليل اليوريا وكذلك قدرتها على استعمال الستريك كمصدر للكربون وتضم خمسة فصائل :

تحت عائلة إشيرشيا Tribe-I- Escherichia

تضم أجناس تستطيع تخمير سكر اللاكتوز خلال ٢٤ ساعة فى درجة ٣٧°م أو خلال ٤٨ ساعة ، وتستطيع أجناسها استخدام الستريك أو أملاحه كمصدر للكربون .

وتضم الأجناس التالية :

١ . الآشيرشيا 1- Esherichia

٢ – إدوارد سيللا	2-Edwardsiella
٣ – سالمونيللا	3- Salmonella
٤ – ستروباكتر	4-Citrcbacter
٥ – شيجيللا	5- Shigella

جنس : إشيرشيا **Genus 1: Escherichia**

١ – أفراد هذا الجنس تعد معوية حيث تتواجد طبيعة داخل أمعاء الإنسان والحيوان.

٢ – تخمر كل من الجلوكوز واللاكتوز منتجة أحماض وغازات (الأيدروجين + ثانى أكسيد الكربون) بكميات متساوية .

٣ – أفراد هذا الجنس موجبة مع اختبار المثيل الأحمر Methyle red وموجبة أيضًا فى إنتاج الإندول Indole

٤ – تسبب بعض الأمراض عندما تتواجد بكثرة داخل الأمعاء مثل أمراض ابواسير والناسور والالتهاب البريتونى .

٥ – أفراد هذا الجنس عصوية وغير هوائية اختيارية تتحرك بواسطة الأهداب المحيطية .

والنوع المثالى هو :

إشيرشيا كولاى *Escherichia coli*

٢ – جنس : إدوار دسيللا Genus2: Edwardsiella

١ – أفراد هذا الجنس عصوية غير هوائية اختيارية يتحرك بواسطة الأهداب المحيطية .

٢ – تنتج كبريتيد الأيدروجين (H2S) .

٣ – تنتج الإندول .

٤ – لاتستخدم النترات كمصدر للكربون .

٥ – توجد فى الماء ، وتوجد كذلك كمستوطن طبيعى داخل القواقع وقد توجد فى براز الإنسان عمومًا . وقد تعزل من دم وبول الإنسان .

الجنس المثال هو :

إدوار دسيللا تاردا *Edwardsiella tarda*

٣ – جنس : سالمونيللا Genus 3 : Samonella

١ - عصويات غير هوائية اختيارية سالبة لصبغة جرام يتحرك بالأسواط المحيطة .

٢ – لاتستطيع إسالة الجيلاتين .

٣ – قد تكون غاز كبريتور الأيدروجين .
٤ – لاتنتج أندول ولكنها موجبة لاختبار المثيل الأحمر .
٥ – لاتحلل ليوريا Urea
٦ – تختزل النترات (NO3) إلى نيتريت (NO2)
٧ – تستعمل السترات كمصدر للكربون .
٨ – أنواع هذا الجنس (١١ نوع) ممرضة ، وأهم الأمراض ومسبباتها ما يلى :

الحمى التيفودية (الحمى المعوية) مسببها *Salmonella typhosa*

الحمى البارتيفودية مسببها *Salmonella paratyphi*

Salmonella hirschfeldii

Salmonella Schottomuelleri

تسمم حاد مسببها *Samlonella typhinmurum*

تسمم غذائى مسببها *Salmonella enteridids*

حيث تسطيع الأخيرة النمو فى الغذاء وتسبب فساده مما يؤدى إلى التسمم الغذائى .

٤ – جنس : ستروباكتر **Genus 4 : Citrobacter**

١ – أفراد هذا الجنس عصويات غير هوائية اختيارية سالبة لصبغة جرام تتحرك بالأسواط المحيطية .

٢ – تخمر الجلوكوز وبعض السكريات الأخرى وتنتج كميات متساوية من غازى الأيدروجين وثانى أكسيد الكربون .

٣ – تستخدم السترات كمصدر للكربون .

٤ – توجد كمستوطن طبيعى فى الأمعاء وتوجد أيضًا فى الماء والطعام والبراز والبول وتحدث مشاكل مرضية للإنسان .

٥ – أشهر نوعيها : ستروباكتر فريندای *Citrobacter freundii*

والنوع الثانى هو ستروباكتر انتر ميدياس *Citrobacter intermedius*

ويختلفان معا فى أن الأول ينتج غاز كبريتور الأيدروجين ولا ينتج الإندول والثانى ينتج الإندول ولاينتج غاز كبريتور الأيدروجين .

٥ – جنس : شيجيللا **Genus - 5 :Shiegella**

١ – عصويات غير هوائية اختيارية سالبة لصبغة جرام وتتحرك بواسطة الأسواط المحيطية .

٢ – جميع أنواع هذا الجنس تعيش فى أجسام الحيوانات ذات الدم الحار وتسبب أمراض .

٣ – لاتنتج غاز .

٤ – لاتستطيع إسالة الجيلاتين .

٥ – قد تنتج الإندول ولكنها موجبة لكل من أحمر المثيل وإنتاج الكاتاليز .

٦ – تختزل النترات إلى نيتريت .

٧ – بعضها لا يستطيع تخمر اللاكتوز والبعض الآخر يخمره ببطء شديد .

٨ – أنواعه تلوث الاطعمة والمياه وتحدث أمراض للإنسان مثل مرض الشيجيللوسيس Shigellolloses وبعض حالات الدوسنتاريا الباسيلية *Bacillary dysentery* الزهار الباسيلى ويسببها النوع شيجيللا ديزنتريا *Shigella dysenteriae*

٩ – يضم اربعة أنواع تعيش فى أجسام الحيوانات ذات الدم الحار .

Sh . dysenteriae , Sh . flexneri , Sh . boydii , Sh . sonnei

ثانيا : تحت عائلة : كليبسيللا Tribe 2 Klebsielleae

تضم هذه العائلة الفصيلة الأجناس التالية :

٦ – كليبسيللا	Klebsilla
٧ – هافنيا	Hafnia
٨ – إنتروباكتر	Enterobacter
٩ – سيرراتيا	Serratia

٦ – جنس . كليبسيللا Genus 6 : Klebsilla

١ – عصويات قصيرة ، ذات نهايات مستديرة توجد بصورة مفردة ، تعيش معيشة هوائية ، غير متحركة – مغلفة Capsulated تنتشر بالطبيعة .

٢ – قد تنتج الإندول وقد تحلل الجيلاتين ، تحلل اليوريا ، لا تنتج كبريتيد هيدروجين H2S

٣ – تختزل النترات إلى نيتريت .

٤ – تستطيع تخمر العديد من السكريات وتنتج كميات من غاز ثانى أكسيد الكربون أكبر من الأيدروجين .

٥ – تستخدم السترات كمصدر للكربون .

٦ – درجة الحرارة المثلى ٣٥°م

٧ – بعض الأنواع تمتلك زوائد البيلى (فمبريا) .

٨ – تقاوم البنسلين ولكنها حساسة للتركيزات المرتفعة منها وحساسة أيضًا لعدد كبير من المضادات الحيوية .

٩ – تضم ثلاثة أنواع أهمهم هو النوع الأول :

1- Kel . pneumoniae .

2- Kel . ozaenae .

3- Kel . rhinoscleromatis .

جنس : هافنيا **Genus 7 : Hafnia**

١ – عصويات متحركة بالأسواط المحيطة .

٣ – تستخدم السترات كمصدر للكربون – الكاتاليز موجب .

٣ – يخمر الجلوكوز وينتج غاز وحامض .

٤ – سالب لاختبار أحمر المثيل فى درجة ٣٧°م ، فوجز بروسكاور موجب فى ٢٢°م وسالب فى ٣٧°م .

٥ – لا تنتج غاز كبريتور الأيدروجين أو إنزيم الليباز ولا تحلل اليوريا .

٦ – تضم نوع واحد هو هافنيا اليفى *Hafnia alvei* له نفس صفات الجنس وتوجد فى براز الإنسان والحيوانات الأخرى – المجارى – التربة – المياه ومنتجات الألبان .

٨ – جنس : أنتيروباكتر Genus 8 : Enterobacter

١ – عصويات متحركة بالسواط المحيطة ، بعضها يحتوى على غلاف .

٢ – تستخدم لسترات كمصدر للكربون .

٣ – تخمر الجلوكوز وتنتج غاز ثانى أكسيد الكربون والأيدروجين بنسبة ٢ : ١ فى درجة ٣٧°م

٤ – اختبار المثيل الأحمر سالب أما اختبار VP. موجب ، لا تنتج كبريتور الأيدروجين – تختزل النيترات

٥ – يضم نوعين : الأول : إنتيروباكتر كلواكيا *Sp. Ent. cloacae* .

له نفس صفات الجنس وتم عزله من التربة والماء والمجارى وبراز الإنسان وحيوانات أخرى وكذلك من البول – الصديد – وبعض الأماكن المصابة بالحيوانات .

النوع الثانى : أنتيروباكتر أيروجينس *Sp . Ent . aerogenes*

له نفس صفات الجنس ، وتم عزله من التربة والماء والمجارى ، وبراز الإنسان وحيوانات أخرى ومنتجات الألبان .

٦ – تقوم بتحليل الجيلاتين – الكاتاليز موجب .

٩ – جنس : سيرراتيا Genus , 9 : Serratia

١ – خلاياه عصوية متحركة بواسطة أسواط محيطية .

٢ – تستخدم السترات والخمرات كمصدر للكربون .

٣ – بعض السلالات تنتج أصباغ حمراء أو قرمزية .

٤ – بعض السلالات لها غلاف .

٥ – تخمر الجلوكوز وتنتج كمية قليلة من الغاز أو قد لا تنتج غاز وتخمر السلوبيوز والجليسرول بدون غاز – ولا تخمر الارابينوز .

٦ – اختبار المثيل الأحمر سالب واختبار الفوجربروسكار موجب .

النوع المثالى *Serratia marcescens* .

له نفس صفات الجنس وتم عزله من الماء والتربة والمواد الغذائية ويوجد فى الأجزاء المصابة .

تحت عائلة : بروتيس Tribe - 3 - Proteus

ويشمل جنس واحد هو جنس **Genus 10 : Proteus** .

١ – خلاياه عصوية مستقيمة .

٢ – تتحرك بواسطة أسواط محيطية .

٣ – تخمر الجلوكوز بسرعة وبانتظام منتجة غاز وحامض وتخمر الفركتوز والجالاكتوز والجليسرول وتنتج غاز وحامض ببيطء شديد .

٤ – ليس لها القدرة على تحليل البكتين

٥ – تختزل النترات إلى نيتريت

٦ – اختبار المثيل الأحمر موجب

٧ – اختبار الإندول موجب ماعدا النوع *mirabilis*.

٨ – بعض الأنواع تنمو على المنابت المعدنية فى وجود الجلوكوز والأمونيوم والأنواع الأخرى تتكلب عوامل النمو

٩ – النوعان *P vulgaris, P .mirabilis* لهما القدرة على تحليل الجيلاتين وإنتاج H2S أما بقية الأنواع لا تستطيع ذلك *P . incostans* لايحلل اليوريا .

١٠ – تضم ٥ أنواع – أشهر الأنواع .

P.roteus	*vulgaris*	*P .*	*inconstans*
P.	*mirabilis*	*P .*	*rettgeri*
P	*morganii*		

١١ – توجد فى براز الإنسان وبعض الحيوانات والتربة والمجارى وبعض الحالات المرضية .

تحت عائلة : يرسينا Tribe-4-Yersihnieae

ويضم جنس واحد هو جنس يرسينيا Genus - 11 - Yersinia .

١ – خلاياه عصوية غير مغلفة .

٢ – تنمو خلاياه جيدًا وبسرعة على منبت أجار مستخلص اللحم وذلك فى مدى ٢٤ إلى ٤٨ ساعة .

٣ – يمتلك نوعين منه أسواط محيطية وتبدو الحركة عند درجة ٢٢°م .

٤ – لاتخمر اللاكتوز .

٥ – تخمر جلوكوز فركتوز جليسرول مالتوزمانيتول مانوز بدون إنتاج غاز .

٦ – اختبار اشيل الأحمر موجب .

٧ – اختبار إسالة الجيلاتين ، واختبار فوجر بروسكاور وإنتاج الإندول كل منهم سالب

٨ – تختزل النيترات إلى نيتريت ما عدا أجد السلالات .

٩ – يضم ثلاثة أنواع :

Species, 1: Yer pestis .

Species, 2: Yer pseudotuberculosis . ,

Species, 3: Yer enterocolitica

وأهم صفاتهم هى

	H2S	تخليل اليوريا	إنتاج الإندول	تحليل النشا
النوع الأول	+	−	−	ضعيف
النوع الثانى	−	+	−	+
النوع الثالث	−	+	+	+

تحت عائلة : الإروينيا Tribe 5 : Erwinieae

١ – خلاياه عصوية مستقيمة قصيرة مفردة .

٢ – تتحرك بواسطة الأسواط المحيطة .

٣ – سالبة لصبغة جرام .

٤ – تخمر سكر الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز مكونة أحماض والغاز يتكون بكميات بطيئة أو منعدم .

٥ – إختبار الكاتاليز موجب .

٦ – إختبار الأوكسيديز سالب .

٧ – نادرا ما ينتج إنزيم اليوريز وإنزيم الليباز .

٨ – الدرجة المثلى للنمو تقع ما بين ٢٧ – ٣٠°م .

٩ – هوائية اختياريًا .

١٠ – يعتبر أفراده طفيليات نباتية حيث تهاجم الانسجة النباتية وتؤدى إلى حدوث حالات مرضية مثل العفن الطرى أو ذبول أو تقرحات نباتية .

تشمل جنس واحد فقط هو جنس Erwinia

١٢ – جنس : الإروينيا Genus 12 : Erwinia

١ – له نفس الصفات السابقة ولكن بعض أنواعه لا يمكنها تخمير سكر اللاكتوز والأنواع الأخرى تخمر عددا محدودا من السكريات وتنتج غاز وحامض أو حامض فقط بعض أنواعه قد تسيل الجيلاتين (تحليل الجيلاتين)

٢ – لأنواعه القدرة على إنتاج أنزيمات محللة للبكتين Pictinases Enzymes .

٣ – تقسم أنواعه إلى ثلاثة مجاميع كما يلى :

١ – المجموعة الأولى . Amylovoraويضم ٦ أنواع من هذا الجنس وأشهرهم . Erwinia amylovora وتسبب أمراض اللفحة النارية للتفاح والكمثرى .

٢ – المجموعة الثانية : Herbicola ويضم ٣ أنواع أشهرهم Erwinia herbicola يسبب بعض التقرحات النباتية .

٣ – المجموعة الثالثة Carotovora : ويضم ٤ أنواع أشهرهم Erwinia carotovora المسببة لمرض لعفن الطرى فى كثير من أصناف الخضر والفاكهة .

٢ – العائلة الفيبرونية (الضمية)– Family: VIBRIONACEAE

١ – خلاياها عصوية صلبة مستقيمة أو منحنية غالبا .

٢ – متحركة بواسطة هدب طرفى أو خصلة من الأهداب تحت الطرفية .

٣ – الأكسيديز موجب .

٤ – بعضها يحلل البروتين .

٥ – بعضها ينتج الأندول .

٦ – غير هوائية اختياريًا .

٧ – توجد فى المياه العذبة أو مياه البحار وتوجد ايضًا فى الأسماك أو الإنسان .

٨ – تضم هذه العائلة الأجناس التالية :

1- Genus Vibrio
2- Genus Aeromonas
3- Genus Lucibacterium
4 - Genus Plesiomonas
5 - Genus Photobacterium

١ – جنس : فيبرو (الضمية) 1 - Genus : Vibrio

١ – تفس صفات العائلة وتوجد أيضا فى المياه العذبة ومياه البحار والقناة الهضمية للإنسان والحيوان ، وبعض أنواعه ممْرض لإنسان والحيوان .

٢ – تنمو على البيئة المحتوية على أملاح الأمونيوم البسيطة مع وجود مصدر كربونى ويتطلب أفراده ملح الطعام بتركيز ٣٪ غالبا وبعض سلالاته لاتنمو فى عدم وجود الملح .

٣ – كل من اختبار . ,.V.P والأكسيديز واختزال النترات موجب .

٤ – يوجد فى الماء العذب والمالح والقناة الهضمية للإنسان والحيوانات وبعض الأنواع ممرض للإنسان وفقاريات أخرى (مثل الأسماك) .

٥ – لاتحلل اليوريا – ولكن تحلل الجيلاتين .

٦ – غير صامدة للأحماض

أشهر الأنواع :

1. Vibrio cholerae

2. Vibrio parahaemolyticus.

3. Vibrio anguillarum.

4. Vibrio Fischeri.

5. Vibrio costicola.

وتتميز الثلاثة أنواع الأولى بقدرتها المرضية سواء للإنسان أو الحيوانات وقادرة على تحليل الدم والدرجة المثلى لنمو أفرادهم هى ٣٧°م – إنتاج الإندول موجب .

٢ – جنس : ايروموناس **Genus 2 : Aeromonas**

١ – خلايا مستقيمة عضوية لها حافة مستديرة وتوجد فرادى أو أزواج .

٢ – تتحرك الخلايا بواسطة أهداب قطبية .

٣ – سالبة لصبغة جرام .

٤ تحلل كل من النشا والبروتين والجيلاتين تحدث له إسالة .

٥ – كل من اختبار الأكسيديز والكاتاليز واختزال النترات موجب .

٦ – لاتنتج إنزيم اليوريز .

٧ – بعض أنواعها لا تنمو فى درجة ٣٧°م ولكن الدرجة المثلى من ٣٨–٤١°م وأحيانا ٤٢°م .

٨ – لهذا الجنس صفات مشتركة لأفراد من عائلة الانتيروبكتيريات (البكتيريا المعوية) وبعض أفراد جنس السودوموناس والبكتيريا الضمية (الواوية) .

٩ – تضم الأنواع التالية .

Species 1 : Aeromonas hydrophila

أشهر الأنواع وينتج غاز من تخمر الجلوكوز وموجب لاختبار فرجربروسكاور تسبب أمراض للدجاج والثعابين وأسماك المياه العذبة ويضم ثلاثة تحت نوع

Species 2 : Aeromonas punctate

وتم عزله من مياه الأنهار والمجارى وكذلك المياه الملوثة بالمجارى ويضم تحت نوعين أحدهما ممرض للضفادع A. p. subsp punctate والآخر غير ممرض للضفادع وهو A. p. subsp caviae .

Species 3 : Aeromonas salamonicide

وعزلت تحته أنواعه الثلاثة من أسماك السلمون المختلفة وبالتالى فهو ممرض لأسماك السلمون وبعض الأسماك الأخرى .

٣ – جنس : بليسيموناس **Genus 3 : Plesiomonas**

١ – خلاياه عصويات مستقيمة لها حافة مستديرة توجد فرادى أو أزواج أو سلاسل قصيرة .

٢ – تتحرك بواسطة أهداب قطبية .

٣ – لاتتجرثم – سالبة لصبغة جرام – هوائية اختياريا .

٤ – تخمر السكريات وتنتج حامض بدون غاز .

٥ – تنمو سلالاته على الوسط التخليقى المحتوى على الأمونيا كمصدر للنيتروجين والجلوكوز كمصدر للكربوهيدرات ، ولكنها لا تنمو على المرق المغذى المحتوى على ٧,٥٪ ملح الطعام .

٦ – كل من الأكسيديز والكاتاليز موجب .

٧ – درجة الحرارة المثلى للنمو هى ٣٠°م وتنمو جيدا عند ٣٧°م أما الدرجة القصوى للنمو هى ٣٩°م .

٨ – يمثله نوع واحد هو *Species : Plesiomonas shigelloides* والذى يتميز بالإضافة إلى الصفات السابقة بالآتى :

(أ) كل من اختبار H2S اختبار KCN واختبار V.P سالب .

(ب) اختبار المثيل الأحمر M.R . متغاير .

(جـ) كل من إنتاج الإندول واختزال النترات موجب .

(د) لاتسيل الجيلاتين .

(هـ) عزلت من براز الجنس البشرى والقرود وأحنحة الدجاج الميتة وقد تسبب بعض الاضطرابات المعوية .

٤ – جنس : فوتوباكتيريم **Genus 4 : Photobacterium**

١ – خلاياه عصوية مستديرة Coccobacilli وغالبا عصوية وينتج هذا التغاير غالبا نتيجة لظروف نموها .

٢ – تتحرك بواسطة هدب قطبى .

٣ – سالبة لصبغة جرام – ليس لها صماد – هوائية اختيارا .

٤ – لاتنمو بدون ملح الطعام (ص كل) فى منبت الآجار المغذى والتركيز الأمثل من ملح الطعام هو ٣٪ .

٥ – تنتج حامض وغاز عندما تخمرالسكريات .

٦ – غير قادرة على تحليل النشا أو إنتاج الإندول .

٧ – كل من اختبار المثيل الأحمر واختزال النيترات موجب .

٨ – حساسة للمضاد الحيوى كلورامفينيكول والستربتوميسين والبوليمكس ولكنها غير حساسة للبنسلين .

٩ – الدرجة المثلى لنموها ٣٠°م .

١٠ – تم عزلها من ماء البحر ومن على السطح الخارجى للأسماك والقناة الهضمية للأسماك وكذلك من الرأسقدميات .

١١ – تضم نوعين هما :

Species 1 : Photobacterium phosphoreum

بالإضافة إلى الصفات السابقة فإنه يستطيع النمو فى درجة ٥°م ولا ينمو فى ٣٧°م – الإكسيديز سالب – تستطيع تخمير المالتوز واختبار فوجزبروسكاور .V.P موجب .

Species 1 : Photobacterium mandapamensis

بالإضافة إلى الصفات السابقة فإنه لا ينمو فى درجة ٥°م ولكنه ينمو فى درجة ٣٧°م ، لا يخمر المالتوز ، اختبار الأكسيديز سالب اختبار فوجربروسكاور .VP موجب وتم عزله من ماء البحر بالقرب من مدينة ماندابام Mandapam جنوب شرقى الهند .

٥ – جنس : ليكبكتريام Genus 5: Lucibacterium

عصويات تتحرك بواسطة أهداب محيطية وتمتلك زوائد محيطية ، سالبة لصبغة جرام – لا يوجد صماد – تنتج غاز عند تخمير السكريات ، تختزل النترات إلى نيتريت – تنتج الإندول – اختبار المثيل الأحمر موجب الأكسيديز موجب – الكاتاليز موجب – تحلل النشا وتسيل الجيلاتين غير هوائية اختيارا – الدرجة المثلى للنمو تقع ما بين ٢٥–٣٠°م تتطلب تركيز ٢–٣٪ ملح طعام ولا تنمو فى عدم وجوده – عزلت من ماء البحار ومن على سطوح الحيوانات البحرية الميتة .

أجناس غير محددة الانتماء

(أ) جنس : زيمومونـاس A. Genus Zymomonas

عصويات لها حافة مستديرة – توجد فرادى أو فى أزواج – تتحرك بواسطة أهداب رأسية – لا تكون جراثيم داخلية – سالبة لصبغة جرام – لها قدرة تخمرية عالية للجلوكوز والفركتوز ويتكون كحول إثيلى وثانى أكسيد الكربون بكميات متساوية تقريبا – لا تخمر السكريات الآتية : ارابينوز – زيلوز – جالاكتوز – لاكتوز – مالتوز – رافينوز – تنتج الكاتاليز وغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S- كل من التفاعلات الآتية تحليل الجيلاتين وإنتاج الإندول اختزال النيترات واختبار المثيل الأحمر سالبة غير هوائيـة – درجـة الحرارة المثلى ٣٠°م . وتضم الأنواع التالية :

(١) النوع الأول *Zymomonas mobilis*

له نفس الصفات الظاهرية للجنس .

عند تخمير مول واحد من الجلوكوز ينتج ١,٦ مول من الكحول الإثيلى ، ١,٨ مول من ثانى أكسيد الكربون وقليل من اللاكتات – تخمر كل من الفركتوز والسكروز – إلا أن معدل تخمير السكروز أقل من السكريات الأحادية – توجد فى العصائر المتخمرة والمشروبات .

(٢) النوع الثانى *Zymomonas anaerobias*

له نفس صفات الجنس إلا أنـه غالبـا يوجـد فى أزواج diplobacilli تخمر كل من الجلوكوز والفركنوز ولا تخمر السكروز ، جزىء الجلوكوز يعطى ١,٨ جزىء كحول إثيلى ، ١,٩ جزىء ثانى أكسيد الكربون مع قليل من الاسيتالدهيد أما جزىء الفركتوز يعطى ١,٥ جزىء من كل من الكحول الإثيلى وثانى أكسيـد الكربـون مـع قليـل مـن الجليسرول – يوجد فى السيدر والبيرة وتعطى رائحة غير مقبولة وتنتـج غـاز كبريتيـد الأيدروجين H_2S .

(ب) جنس : كروموريباكتيريم B.Genus : Chormobacterium

الخلايا ملونة – عصوية لها حواف مستديرة توجد فرادى وغالبا توجد فى ثنائيـات أو سلاسل قصيرة – تتحرك بواسطة هدب قطبى أو هدب إلى أربعة أهداب تحت قطبية أو جانبية – لا تكون جراثيم داخلية – سالبة لصبغة جرام – تبدو بها ظاهرة الاصطباغ القطبى الثنائى – تقوم بتخمير الجلوكوز مالتوز – وتنتج أحماض فقط – كل من إنتاج

الاكسديز والكاتاليز موجب – تختزل كل من النيترات والنيتريت – لا تنتج الإندول واختبار الفوجزبروسكاور سالب – تكون أصباغ بنفسجية (فيولاسين – Violace n) لا تذوب فى الماء والكلوروفورم وتذوب فى الكحول – وهذه الصبغة لها خواص المضادات الحيوية – هوائية أو غير هوائية احتبارا – تنمو فى درجة ٢٥م – لا تنمو فى وسط غذائى تحتوى على ٦٪ ص كل أو أكثر – تقاوم تركيز ١٠٪ ملليميكرون/مل من المضاد الحيوى benzyl penicillin بنزيل بنسلين حساسة لتركيز ٣٠ ملليميكرون/مل من التتراسيكيلين – توجد فى التربة والمياه وقد تحدث عدوى الثدييات وتسبب فساد الأطعمة – يضم نوعين هما :

Species : Chr . violaceum , Chr . lividum .

وأهم الفروق بينهما كما يلى :

	Chr . Violaceum	Chr . lividum
النمو عند ٤°م	-	+
النمو عند ٣٧°م	+	–
إنتاج HCN	+	–
إنتاج H2S	–	–
تحلل الكازين	–	– (أو ضعيف)
تحلل الاسكيولين	–	+

(جـ) فلافو باكتريم C Genus : Flavobacterium

خلايا بعض الأنواع اسطوانية منتفخة والآخر عصوية اسطوانية – بعض أنواع غير متحركة ، البعض الآخر متحركة بواسطة أهداب محيطية – تنمو على الآجار المغذى – لا تنتج جراثيم – سالبة لصبغة جرام – تنتج أصباغ صفراء ، صفراء برتقالية . حمراء – تفضل بعض أنواعه النمو فى درجات حرارة منخفضة حيث وجدت نامية على الخضروات المجمدة – بعض الأنواع لها تأثير حمضى على لبن عباد الشمس محدثة تخمر والأنواع الأخرى قلوية التأثير – تنتشر انتشارا واسعا فى التربة والماء العذب والمالح وعلى الخضروات ومنتجات الألبان

. يضم ٢ ' نوع مقسمين إلى مجموعتين على أساس النسبة المئوية للجوانين + السيتوسين G + C% فى الحمض النووى .

المجموعة الأولى : G + C% من ٣٢-٤٣٪ وتضم الأنواع :

Fla . aquatile , Fla . breve , Fla . meningosepticum , Fla . ferrugineum . Fla . halmephilum . Fla. uliginosum

المجموعة الثانية : G + C% من ٦٣ إلى ٧٠٪ وتضم الأنواع :

Fla . capsulatum , Fla . lutescens , Fla . rigense , Fla . indoltheticum , Fla . tirrenicum , Fla . devorans .

وتتميز الأنواع بالصفات السابقة للجنس إلا أن الصفات المميزة لهذه الأنواع كما يلى :

المجموعة الأولى :

النوع الأول : *Sp . Fla . aquatile*

غير متحرك – يفرز أصباغ صفراء برتقالية – لا تنمو فى ٣٧°م – تحلل الجيلاتين والكازين تنتج حامض عند تخمر السكروز والمالتوز – لا تنتج حامض من اللاكتوز – اختبار المثيل الأحمر ، إنتاج الإندول واليوريبز اختزال النترات إلى نيتريت سالب – إنتاج الكاتاليز موجب – غير ممرضة للإنسان وعزلت من التربة والماء العذب .

النوع الثانى : *Sp . Fla . breve*

غير متحرك – يفرز أصباغ صفراء – لا يحلل الجيلاتين والكازين – ينتج حامض عند تخمر الجلوكوز والمالتوز لا ينتج حامض من اللاكتوز – اختبار المثيل الأحمر وإنتاج الإندول سالب – غير ممرضة للإنسان وعزلت أساسا من مجارى برلين .

النوع الثالث . *Sp . Fla . meningosepticum*

غير متحرك – تنتج أصباغ صفراء اللون – تنمو فى ٣٧°م – تحلل كل من الجيلاتين والكازين تنتج حامض عند تخمير جلوكوز ولاكتوز ومالتوز ولا تنتج حامض من السكروز – الإندول ؛ H2S متغير إنتاج اليوريبز سالب – ممرضة للإنسان

النوع الرابع : *Sp . Fla . ferrugineum*

غير متحرك – تفرز أصباغ صفراء وبرتقالية – تنمو فى ٣٧°م – تحلل الجيلاتين والنشا تنتج حامض عند تخمير الجلوكوز واللاكتوز والسكروز والمالتوز – غير ممرضة للإنسان وعزلت من التربة والماء العذب .

النوع الخامس : *Sp . Fla . halmephilum*

غير متحرك – تفرز أصباغ صفراء لا تنمو فى ٣٧°م – والدرجة المثلى لنموها ٣٠°م تتطلب ملح الطعام لنموها – تحلل الجيلاتين ولا تحلل النشا – لا تنتج حامض عند تخمير الجلوكوز ، اللاكتوز ، السكروز ، المالتوز – الإندول سالب – غير ممرضة للإنسان وعزلت من البيئات البحرية .

النوع السادس : *Sp . Fla . uliginosum*

غير متحرك – يفرز أصباغ صفراء برتقالية – لا تنمو فى ٣٧°م ولكنها تنمو بين ٢٠–٣٠°م – تتطلب ملح الطعام لنموها – تحلل الجيلاتين والكازين ولا تحلل النشا – تنتج حامض عند تخمير الجلوكوز واللاكتوز والسكروز والمالتوز ، لا تنتج كل من الإندول واليوريز ، تختزل النيترات إلى نيتريت – غير ممرضة للإنسان وعزلت من البيئات البحرية .

المجموعة الثانية :

النوع السابع : *Sp . Fla . capsulatum*

غير متحرك – يفرز أصباغ صفراء – لا تنمو فى ٣٧°م – لا تحلل كلا من الجيلاتين والنشا – تنتج حامض من عند تخمير اللاكتوز ، السكروز ، المالتوز – لا تنتج الإندول ولكنها تنتج الكاتاليز – تختزل النيترات إلى نيتريت – غير ممرضة للإنسان وعزلت من التربة والماء العذب .

النوع الثامن : *Sp . Fla . lutescens*

غير متحرك – يفرز أصباغ صفراء – ينمو فى ٣٧°م – تحلل جيلاتين ونشا وكازين – تنتج حامض من الجلوكوز ولا تنتج من اللاكتوز والسكروز والمالتوز – اختبار المثيل الأحمر سالب – لا تنتج اليوريز – تختزل النيترات إلى نيتريت – غير ممرض للإنسان عزلت من البيئات البحرية .

النوع التاسع : *Sp . Fla . rigense*

غير متحرك – يفرز أصباغ صفراء وبرتقالية – ينمو فى ٣٧°م – يحلل الجيلاتين ولا يحلل الكازين – تنتج حامض عند تخمير الجلوكوز . – الإندول سالب – تختزل النيترات إلى نيتريت غير ممرض للإنسان وعزل من التربة والماء العذب .

النوع العاشر : *Sp . Fla . indoltheticum*

متحرك يفرز أصباغ صفراء وبرتقالية – ينمو فى ٣٧°م – يحلل الجيلاتين والكازين والنشا – تنتج حامض من الجلوكوز والسكروز والمالتوز ولا تنتج حامض من اللاكتوز – الإندول موجب (ومنه اشتق اسم النوع) وانتاج H2S موجب لا ينتج اليوريز – لا يختزل النيترات – غير ممرض للانسان عزل من البيئات البحرية .

النوع الحادى عشر : *Sp . Fla . tirrencium*

متحرك – ويفرز أصباغ حمراء – لا ينمو عند ٣٧°م – لا يحلل كل من الجيلاتين والنشا – لا ينتج حامض من الجلوكوز واللاكتوز والسكروز والمالتوز – لا ينتج الاندول – لا يختزل النيتريت – غير ممرض للإنسان عزل من البيئات البحرية .

النوع الثانى عشر : *Sp . Fla . devorans*

متحرك – يفرز أصباغ صفراء – لا ينمو عند ٣٧°م – يحلل الجيلاتين والكازين ولا يحل النشا والسليولوز ينتج حامض من الجلوكوز والسكروز والمالتوز ولا ينتج حامض من اللاكتوز – اختبار الميثيل الأحمر سالب – إنتاج الإندول سالب – اليوريز سالب – لا يختزل النيترات – الكاتاليز موجب – غير ممرض للإنسان وعزل من التربة والماء العذب .

(د) هيموفيليس **Genus , D : Haemophilus**

الخلايا دقيقة جدا عصوية تتصل ببعضها البعض فتبدو كخيوط أى أنها تبدى ظاهرة تعدد الأشكال - pleomorphic طفيليات إجبارية ويمكن أن تنمو على الأوساط الغذائية الصناعية بعد إضافة عوامل نمو معينة موجودة بالدم – المدى الحرارى لنموها ينحصر بين ٢٥–٤٣م أما الدرجة المثلى لنموها هى ٣٧°م – توجد فى الأجهزة التنفسية للفقاريات وخاصة الجهاز التنفسى العلوى – وعزلت بعض أنواعها من الأجهزة التناسلية لبعض الفقاريات الثديية – وعزلت أيضا من الأماكن المتقرحة بالحيوانات المصابة . لذلك قد تكون بعض أنواعها ممرضة – يضم هذا الجنس ١٤ نوع .

(هـ) باستيريللا **Genus, E : Pasteurella**

خلاياه تتميز بصغر حجمها بين البيضية والعصوية القصيرة – هوائية وبعض الأنواع غير هوائية اختيارا – تبدى ظاهرة الاصطباغ الثنائى الطرفى – لا تسيل الجيلاتين – غير

متحركة – معظم الأنواع تخمر الجلوكوز والفركتوز وبعض السكريات القابلة للتخمر منتجة أحماض ولا تنتج غاز – تختزل النيترات وتنتج امونيا كل من اختبار المثيل الأحمر والفوجزبروسكاور سالب كل من الكاتاليز والأكسيديز موجب – المدى الحرارى لنموها ٢٢ – ٤٢°م أما الدرجة المثلى فهى ٣٧°م – ممرضة للثدييات والطيور – يضم أربعة أنواع هم :

١ – باستيريللا ملتوكيد : *Sp . 1 . Pas . multocida*

بالإضافة إلى الصفات السابقة فإن الخلايا لا تحلل الدم – لا تنتج اليورييز لا تنمو على بيئة الماكونكى ولكنها تنتج كل من الأندول و H2Sوممرضة لعدد من الحيوانات فتصيب الطيور بكوليرا الدجاج كما أنها تصيب الأرانب والخنازير مسببة أمراضًا أخرى .

٢ – باستيريللا بنيموترويكا : *Sp . 2 . Pas . pneumotoropica*

بالإضافة إلى صفات الجنس فإن الخلايا لا تحلل الدم ولا تنمو على بيئة ماكونكى ولكنها تنتج كل من H2S، الاندول وانزيم اليورييز – تحدث مرضا يشبه السل يعرف enzootic pneumoniaلكثير من الحيوانات الثديية وتحدث العدوى عن طريق الفم أو الحشرات الثاقبة الماصة للدم .

٣ – باستيريللا هيموليتيكا : *Sp . 2 . Pas . haemolytica*

بالإضافة إلى الصفات السابقة للجنس فإنها تقوم بتحليل الدم وتنمو على بيئة ماكونكى ولا تنتج كل من الاندول واليورييز وغالبا تنتج H2S – وتسبب مرض الفئران والأغنام .

٤ – باستيريللا يوريا : *Sp . 4 . Pas . ureae*

بالإضافة إلى الصفات السابقة للجنس فإنها تحلل الدم وتنتج اليورييز ولكنها لا تنتج كل من H2S والاندول ولا تنمو على بيئة ماكونكى توجد فى التجويف الأنفى للأشخاص الأصحاء وكذلك فى أنف الأشخاص المصابين بالأورنيا . Ozaena

(و) جنس اكتينوباسيلوس **Genus, F : Actihnobacillus**

خلاياه مستديرة بيضية ولكنها غالبا تكون عصوية – سالبة لصبغة جرام تنتج حامض بدون غاز خلال ٤٨ ساعة عندما تخمر الجلوكور والفركتور والريلور وبعض السكريات قد تتخمر بدون إنتاج غاز – كل من اختبار المثيل الأحمر وإنتاج الاندول سالب – تختزل

النترات إلى نيتريت – كل من إنتاج H2S واليوريز موجب – غير هوائية اختيارا الدرجة المثلى لنموها ٣٧°م يضم نوعين هما :

النوع الأول : *Sp, 1: Act . Lignieresii*

بالإضافة إلى الصفات السابقة يتميز بالآتى يختزل أزرق المثيلين وموجب لاختبار الفوجربروسكاور ولا يحلل الجيلاتين ولا يخمر سكر الرافينوز أو الترهيلوز – وضعيفة فى إنتاج الكاتاليز – غير ممرضة للأرانب وممرضة لكل من القطط والأغنام – لا تنمو فى درجة حرارة أعلى من ٤٤°م .

النوع الثانى : *Sp, 2 : Act . equnli*

بالإضافة إلى الصفات السابقة يتميز بالآتى – لا يختزل أزرق المثيلين – سالبة لاختبار الفوجربروسكاور – تحلل الجيلاتين – تخمر كل من سكر الرافينوز والتريهلوز – كل من الكاتليز و الاكسيديز موجب وتنمو جيدا بعد ٤٤°م – ممرضة للحصان والخنزير .

(ز) جنس كارديوباكتريم Genus , G : Cardiobacterium

خلاياه عصوية قد توجد فى سلاسل أو ثنائيات أو تجمعات أو مفردة أى تبدى ظاهرة تعدد الأشكال – سالبة لصبغة جرام – غير هوائية اختبارا – لا تنمو فى الحضانات العادية إلا بعد تعديل مستوى معين من الرطوبة لا تنمو فى درجة حرارة أقل من ١٢٢ ، أعلى من ٤٢°م ولكن تنمو جيدا من ٣٠ – ٣٧°م تنتج كل من السيتوكروم والاندول – أما إنتاج كل من الكاتاليز – اليوريز – الجيلاتينيز سلب – لا تختزل النيترات – لا تنتج H2S – لا تأثير لها على لبن عباد الشمس ولكنه قد يتغير إلى حمضى ضعيف – يضم نوع واحد *Sp. Cardiobacterium hominium*.

(ك) العصويات العقدية (المتكورة) Genus, H : Streptobacillus

خلاياه عصوية لها حافة مستديرة توجد فى سلاسل للخلايا سمك مركزى فيبدو الخيط عقدى الشكل – (مثل العقد أو المسبحة) – غير مغلفة غير متحركة – غير هوائية اختبارا متطفلة على الفئران وبعض الثدييات الأخرى وتحدث لها أمراض – المدى الحرارى لنموها ٣٠ – ٣٨°م أما الحرارة المثلى ٣٥ – ٣٧°م – لا تنمو عند ٢٣°م – لا تحلل الجيلاتين إنتاج الاندول – الاوكسيديز – اليوريز – كاتاليز سالب تكون H2S تختزل أزرق المثيلين MBCL تنتج حامض بدون غاز عند تخمير – دكتسرين – فركتوز

– جليوكوز – جالاكتوز – جيوكوجن – مانوز – مالتوز لا تختزل النترات . يضم نوع واحد هو *Sp. Str. moniliformis*

(ل) جنس : كلامانوباكتيريم **Genus, I : Calymmatobacterium**

عصويات لها غلاف خلاياه عصوية لها حافة مستديرة توجد مفردة أو فى تجمعات – مغلفة – وعند صبغها بصفة الغلاف (Wright's stain) تبدو الخلايا كأجسام عصوية محاطة بغلاف سميك قرمزى اللون تقريبا – غير متحركة – سالبة لصبغة جرام عند تنميتها على منبت Lévinthal beef heart infusion agar يبلغ قطر المستعمرات ١,٥ ميكرون وتبدو لامعة شفافة تتحول بالتدريج إلى رمادية ثم إلى بنيـــة اللون – تضم نوع واحـــد هـو *Sp. Caly granulomatis* ويتميز هذه النوع بأنه عصويات مغلفة وتسبب التورمات الحبيبية للإنسان .

الفصل التاسع

البكتيريا السالبة لصبغة جرام الغير هوائية

Gram-negative anaerobic bacteria

عائلة البكتيرويدات Family : Bacteroidaceae

١ – عصويات تختلف فى شكلها الخارجى .

٢ – لاتكون جراثيم داخلية .

٣ – بعض أنواعها متحركة بواسطة أهداب محيطية والبعض الآخر غير متحركة .

٤ – بعض أنواعها ممرضة .

٥ – غير هوائية إجبارية .

٦ – تضم الأجناس التالية – باكتيرويد Bacteroids فيوزوباكتريم - Fusobacterium ليبتوتريكيا . Leptotrichia

٧ – تصنف هذه الأجناس كما يلى :

(أ) تنتج من البيتون أو الجلوكوز خليط من أحماض السكسينيك – الخليك الفورميك – لاكتيك – بروبيونيك ، حمض البيوتريك لا يمثل الناتج الأساسى .

بعض الأنواع تنتج من البيتون أو الجلوكوز خليط من حمك البيوتريك والايزوبيوتريك والايزوفاليريك مع كميات كبيرة من حمض السكسنيك .

جنس باكتيرويد Genus : Bcteroids

(ب) تنتج من البيتون أو الجلوكوز حمض البيوتريك كناتج أساسى ولا تنتج الايزوبيوتريك والأيزوفاليريك

جنس فيوزوباكتريم Genus : **Fusobacterium**

(جـ) تنتج من البيتون أو الجلوكوز حمض اللاكتيك كناتج أساسى .

جنس ليبتوتريكيا Genus : **Leptotrichia**

٨ – تضم أيضا أجناس غير محددة الانتماء مثل :

Butyrivibrio	Succinovibrio	Lachnospira
Desulfovibrio	Succinomonas	Selenomonas

١ – جنس البكتيرويدات Genus 1 : Bacteroids

١ – خلايا عصوية ذات طرف مستدير متوسط .

٢ - تتواجد مفردة أو أزواج أو سلاسلا قصيرة أو تظهر فى أشكال مورفولوجية مختلفة Pleomorphic.

٣ – بعضها يحتوى على غلاف Capsule .

٤ – بعضها غير متحرك والأنواع المتحركة لها أسواط جسمية .

٥ – غير هوائية – قد تخمر اللاكتوز أو لا تخمره ولكنها لا تستطيع تخمير السكريات الثنائية مثل اللاكتوز والسكروز .

٦ – لاتختزل النترات إلى نيتريت .

٧ – توجد فى القنوات الهضمية والأجهزة البولية التناسلية للإنسان وبعضا يسبب أمراضًا .

أهم أنواعها باكتيرويد فراجيليس *Species : Bacteroids fragillis*

٢ – جنس فيوزوباكتيريم Genus 2 : Fusobacterium

١ – بكتيريا عصوية مستقيمة أو منحنية ذات طرف مدبب فتبدو كالمغزل .

٢ – تتواجد مفردة أو أزواج أو سلاسل .

٣ – بعضها متحرك والآخر غير متحرك والأنواع المتحركة تتحرك حركة اهتزازية عند الطرفين .

٤ – تحتوى على حبيبات واضحة وهذه الحبيبات قابلة للاصطباغ بالكريستال البنفسجى فتبدو الخلايا موجبة لصبغة جرام فى حين أنها فى الحقيقة سالبة لصبغة جرام .

٥ – عند تنميتها على بيئات صلبة يبدو شكلها الظاهرى بلون الزبدة Butyrous مرتفعة لزجة مستديرة كاملة الحافة .

٦ – تتطلب منابت غذائية تحتوى على مواد نمو عديدة ومختلفة غير هوائية

٧ – توجد فى الفم وليس لها القدرة على إحداث أمراض .

٨ – أهم أنواعها .

فيوزوباكتيريم فيوزوفورم *Fusibacterium fusiform Sp*

٣ – جنس ليبتوتريكيا Genus 3 : Leptotrichia

١ – عصوية مستقيمة أو منحنية قليلا ذات حافة مدببة أو مستديرة .

٢ – تنتظم خليتان أو أكثر لتكون خيط مقسم مختلف الأطوال .

٣ – غير متحركة .

٤ – لاتكون جراثيم داخلية .

٥ – سالبة لصبغة جرام .

٦ – تحتوى على حبيبات قابلة للاصطباغ بالكريستال البنفسجى .

٧ – غير ذاتية التغذية وتتطلب احتياجات غذائية معقدة .

٨ – تنتج حامض اللاكتيك كناتج أساسى ٩٠٪ حمض الخليك ١٠٪ أما حمض البيوتريك لا يتكون وبصفة عامة لا يتكون غاز .

٩ – أهم أنواعها ليبتوتريكيا بكاليس *Leptotrichia buccalis Sp.* .

الفصل العاشر

بكتيريا كروية أو كرويات عصوية وسالبة لصبغة جرام

Gram-negative , Cocci and coccobacilli

عائلة نسيسيريات *Family Neisseriaceae* تتميز هذه العائلة بما يأتى :

١ – الخلايا كروية فى أزواج أو تكتلات قد تكون عصويات فى أزواج أو فى سلاسل قصيرة ليس لها أسواط .

٢ – سالبة لصبغة جرام .

٣ – هوائية .

٤ – بعض أنواعها تنتج أصباغ الزانثوفيل . Xanthophyll

٥ – بعض الأنواع تتطلب احتياجات غذائية معقدة بعد عزلها مباشرة ثم تتأقلم للنمو على الأوساط الغذائية البسيطة .

٦ - تنتج الكاتاليز Catalase وسيتوكروم أوكسيديز . Cytochrome oxidase

٧ – تضم الأجناس التالية :

(أ) نيسيريا	. Neisseria
(ب) برانهاميللا	. Branhamella
(جـ) موراكسيللا	. Moraxella
(د) أسينيتوباكتر	.Acinetobacter

(أ) جنس النيسيريا Neisseria : G, A

١ – خلاياه كروية فى أزواج مع تفلطح السطوح الملاصقة للخلايا .

٢ – سالبة لصبغة جرام .

٣ – تستطيع إفراز صبغات صفراء أو صفراء مخضرة أو رمادية .

٤ – لاتنتج الاندول ولا تختزل النترات .

٥ – تنتج الكاتاليز .

٦ – تستطيع بعض الأنواع تحليل الكرات الدموية الحمراء .
٧ – تتطفل على الحيوانات وأهم أنواعها الممرضة .

(أ) نيسيريا جونوراهى *N. Gonorahoeae* وتسبب السيلان .
(ب) نيسيريا مينجليسدى *N. Meninglisdi* تسبب الالتهاب السحائى .

(ب) جنس برانهاميللا Genus B. Branhamella

١ – كرويات تنتظم فى ثنائيات .
٢ - سالبة لصبغة جرام .
٣ - لاتكون جراثيم .
٤ - غير متحركة .
٥ - تنتج كل من الكاتاليز والسيتوكروم أوكسيديز وتختزل النترات .
٦ - تتطفل على الأغشية المخاطية للثدييات .
٧ - تضم نوع واحد هو برانهاميللا كاتارهاليس *Branhamella catarrhalis*

(جـ) جنس موراكسيللا Genus C. Moraxella

١ – عصويات قصيرة جدا وقد تشبه الكرويات وتوجد فى أزواج أو سلاسل قصيرة بعض المزارع قد تتخذ شكلاً واحدًا والبعض الآخر متعدد الأشكال وتبدى تنوعا فى الحجم والشكل وتبدو خيطية أو سلسلة طويلة ، تعدد الأشكال يحدث نتيجة نقص الأكسجين والحرارة المرتفعة عن الدرجة المثلى .
٢ – لاتكون جراثيم والأهداب غير موجودة .
٣ – الأكسيديز والكاتاليز موجب
٤ – الإندول وكبريتيد الهيدروجين H_2S لايتكون
٥ – تتطفل على الغشاء المخاطى للإنسان والحيوانات ذات الدم الحار وقد تكون مترممة .
٦ – هوائية إجبارا .
٧ – حساسة جدا للبنسلين .
٨ – تضم خمسة أنواع يمكن التمييز بينهم كالآتى :

I- لا تنمو فى وجود الخلات وأملاح الأمونيوم

(أ) تحدث إسالة للسيرم المتجلط وتحلل الدم .

١ - تختزل النترات وتحلل الدم .

* موراكسيللا لاكيوناتا *M. lacunata*

٢ - لاتختزل النترات وتحلل الدم .

* موراكسيللا بوفيس M. bovis

(ب) لاتسيل السيرم المتجلط لا تحلل الدم .

١ - غياب فنيل الأنين دى أمينيز *Phenylalanine deaminase*

* موراكسيللا غير المسيلة *M. nonliquifaciens*

٢ - وجود فنيل الأنين دى أمينيز

* موراكسيللا فنيل بيروفيك *M. phenylpyruvic*

II - تنمو فى وجود الخلات وأملاح الأمونيوم

* موراكسيللا أوسلونيسس *M. Osloensis*

(د) جنس أسينيتوباكتر Genus: Acinetobacter

١ - عصويات قصيرة جدا تتواجد فى ثنائيات أو سلاسل قصيرة .

٢ - لاتتكون جراثيم داخلية ولا توجد أهداب ولا يوجد غلاف .

٣ - سالبة لصبغة جرام .

٤ - لايتطلب نموها احتياجات خاصة .

٥ - الأوكسيديز - الإندول - كبريتيد الهيدروجين - H2S سالب .

٦ - الكاتاليز موجب .

٧ - هوائية إجبارا .

٨ - الظروف المثلى للنمو ٣٠ - ٣٢°م تركيز ايون الأيدروجين ٧ .

٩ - تقاوم البنسلين .

١٠ - تضم النوع التالى اسينيتوباكتر كالكواكسيتكس *Acinetobacter calcoaceticus*

تضم هذه العائلة أجناس غير محددة الانتماء مثل :

١ - باراكوكس Paracoccus .

٢ - لاميروبيديا Lampropedia .

الفصل الحادى عشر

كرويات سالبة لصبغة جرام غير هوائية

Gram negative aerobic cocci

عائلة فيللونيللاسية Family Veillonellaceae

١ – كرويات مختلفة الأقطار تتواجد مفردة أو فى أزواج أو فى سلاسل .

٢ – لاتكون جراثيم داخلية .

٣ – غير متحركة ولا تمتلك أسواطا .

٤ – سالبة لصبغة جرام .

٥ – غير هوائية .

٦ – تتطلب احتياجات غذائية معقدة .

٧ – قد تخمر الكربوهيدرات أو لا تخمرها ، حمض اللاكتيك قد يتكون وفى هذه الحالة لا يمثل الناتج الأساسى وقد لا يتكون وبعض أجناسها تستطيع تخمير اللاكتات وتنتج غازات ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين .

٨ – الأوكسيديز – الكاتاليز سالب .

٩ – متطفلة على الحيوانات ذات الدم الحار مثل الإنسان ، الزواحف ، القوارض وخاصة فى القناة الهضمية .

١٠ - تضم الأجناس الآتية :

(أ) فيللونيللا (يمثل الجنس المثالى) Veillonella

(ب) أسيدامينوكوكس Acidaminococcus

(جـ) ميجاسفيريا Megasphaera

الجنس المثالى

فيلونيللا Veillonella

له نفس صفات العائلة بالإضافة إلى المميزات الموجودة بالجدول :

	تخمر السكريات	تخمر اللاكتات	استخدام البيروفات	انتاج غازات	
				CO	H_2
فيللونيللا	−	+	+	+	+
أسيدامينوكوكس	+	−	−	+	−
ميجاسفيريا	+	+	+	+	ضعيف.

الفصل الثانى عشر
البكتيريا ذاتية التغذية والممثلة كيماويا والسالبة لصبغة الجرام

Gram-negative chemolithotrophic bacteria

١ – خلايا عصوية ، اهليلجية ، كروية ، حلزونية أى مختلفة فى شكلها المورفولوجى .

٢ – لاتكون جراثيم داخلية .

٣ – الأهداب قد تكون تحت قطبية أو محيطية .

٤ – هوائية إجبارية .

٥ – أفراد تؤكسد الأمونيا والنتريت وأفراد تقوم بتمثيل الكبريت وأفراد ترسب الحديد أو المنجنيز .

٦ – لاتتطلب إضافة عوامل نمو عضوية .

٧ – تصنيف العائلات والأجناس التابعة لها كما يلى :

أولا : كائنات تؤكسد الأمونيا إلى النيتريت وتحصل على الطاقة عائلة النيتروبكتيرية

Family : Nitrobacteraceae

ثانيا : كائنات تقوم بتمثيل الكبريت ومركباته .

ثالثا : كائنات ترسب الحديد وأكاسيده أو المنجنيز وأكاسيده . عائلة سيدركابسيه

Family : Siderocapsaceae

أولا : العائلة النيتروبكتيرية — **Family : Nitrobacteracea**

١ – تشمل بكتيريا التازت — . Nitrifying bacteria

٢ – مختلفة فى شكلها المورفولوجى .

٣ – الأهداب غالبا طرفيه

٤ – تصنف أجناسها كالتالى :

I– جناس تؤكسد النيتريت إلى نترات :

(أ) الخلايا عصوية الشكل .

١ – عصوية قصيرة تتخذ شكل الوتد أو كمثرية الشكل مع وجود قلنسوة قطبية من غشاء خلوى .

* جنس **نيتروباكتر** Genus :Nitrobacter

وهو يمثل الجنس المثالى لهذه العائلة .

٢ – عصويات أسطوانية طويلة مع عدم وجود القلنسوة الغشائية .

* جنس **نيتروسبيرا** Genus : Nitrospira *

(ب) خلايا مستديرة قطرها ١,٥ ميكرون أو أكبر مع وجود الغشاء الخلوى الذى يكون شبكة أنبوبية متفرعة فى السيتوبلازم .

* جنس **نيتروكوكس** Genus Nitrococcus *:

II – أجناس تؤكسد الأمونيا إلى نيتريت :

(أ) الخلايا عصويات مستقيمة لها غشاء خارجى كطبقة مسطحة .

* جنس **نيتروزوموناس** Genus Nitrosomonas *:

(ب) الخلايا ليست عصويات مستقيمة ولا تحتوى على الطبقة المسطحة فى المنطقة الخارجية .

١ – الخلايا حلزونية مع عدم وجود الغشاء الخلوى .

* جنس **نيتروسبيرا** Genus Nitrospira *:

٢ – الخلايا ليست حلزونية مع احتوائها على الغشاء الخلوى .

– الخلايا كروية قطرها ١,٥ ميكرون أو أكبر مع وجود الغشاء الخلوى مكونة صفيحة مسطحة فى مركز الخلية .

* جنس **نيتروكوكس** Genus Nitrococcus *:

– الخلايا مفصصة مقسمة إلى أجزاء متساوية بواسطة الغشاء الخلوى .

* جنس **نيتروزولُويس** Genus : Nitrosolobus

* الجنس المثالى **نيتروباكتر** Genus : Nitrobacter

١ – خلايا عصوية قصيرة أو كمثرية الشكل .

٢ لاتكون جراثيم داخلية

٣ – سالبة لصيغة جرام

٤ – بها حبيبات سيتوكروميه تضفى لونا أصفر على معلق الخلايا .

٥ – تؤكسد النيترات إلى نترات وتثبت ثانى أكسيد الكربون للحصول على الطاقة والكربون الذى تحتاجه .

٦ – تنمى وتعزل على بيئات تتركب من الماء العذب أو ماء البحر مضافا إليه أملاح النيتريت أو أى أملاح غير عضوية أخرى ولا تتطلب إضافة مواد عضوية لها .

٧ – هوائية إجبارا تستخدم الأكسوجين كمستقبل للالكترونات .

٨ – توجد بالتربة والماء العذب وماء البحر .

٩ – تنمو فى مدى واسع من درجات الحرارة ٥ – ٤٠°م ومدى تركيز أيون الأيدروجين ٦,٥ – ٨,٥ .

١٠ – النوع المثالى : نيتروباكتر وينوجرادسكى **Nitrobacter winogradskyi**

ثانيا : كائنات تقوم بتمثيل الكبريت ومركباته

١ – تضم هذه المجموعة أفراد تؤكسد الكبريت المعدنى وكذلك تؤكسد الكبريت المختزل مثل يد٢كب وتتكون الكبريتات .

٢ – ترسب حبيبات الكبريت داخل أو خارج الخلايا .

٣ – غالبية أفراد هذه المجموعة هوائية إجبارا وذاتية التغذية إجبارا أيضا .

٤ – تضم هذه المجموعة الأجناس التالية :

(I) كائنات تحصل على الطاقة بأكسدة مركبات الكبريت المختزلة :

١ . الخلايا عصويات ومتحركة .

* جنس : **ثيوباسيلوس** Genus : **Thiobacillus**

٢ – الخلايا مستديرة وتبدو مفصصة .

* جنس : **سلفولوبس** Genus : **Sufolobus**

(II) لاتنمو فى بيئات نقية والخلايا تحتوى على حبيبات الكبريت .

١ . الخلايا مغموسة فى كتلة جيلاتينية وغير متحركة .

* جنس : **ثيوباكتيريم** Genus : **Thiobacterium**

٢ – الخلايا غير مغموسة فى كتلة جيلاتينية ومتحركة :

(أ) خلايا اسطوانية والأهداب قطبية .

* جنس . **ماكروموناس** Genus : **Macromonas**

(ب) خلايا بيضية والأهداب محيطية .

* جنس : **ثيوفاليم** Genus :Thiovulum

(جـ) خلايا حلزونية والأهداب قطبية .

* جنس : **ثيوسبيريا** Genus :Thiospira

الجنس المثالي هو :

جنس : ثيوباسيلوس Genus :Thiobacillus

١ – عصويات قصيرة .

٢ – تتحرك بواسطة أهداب قطبية (يوجد نوعان تابعان له غير متحركة) .

٣ – لاتكون جراثيم .

٤ – سالبة لصبغة جرام .

٥ – الدرجة المثلى لنموها ٢٨ – ٣٠°م .

٦ – تنمو فى مدى واسع من تركيز أيون الأيدروجين بعض السلالات تفضل وسط حامضى قوى والبعض الآخر يفضل وسط متوسط القلوية .

٧ – هوائية إجبارية ما عدا النوع ثيوباسيلوس دينيتز فيكانس Thiobcillus denitrificans والذى ينمو لا هوائيا فى وجود النترات كمستقبل له .

٨ – يوجد فى بيئات متعددة مثل ماء البحر – التربة الملحية – التربة – الماء العذب – المجارى – الينابيع الكبريتية وفى أماكن ترسيب الكبريت .

٩ – النوع المثالى لهذا الجنس ثيوباسيلوس ثيوبارس Thiobcillus thiobarus

١٠ – تصنف أنواعه المختلفة كما يلى :

I – ذاتية التغذية إجبارا :

(أ) تؤكسد مركبات الكبريت فقط .

– هوائية إجبارا .

– تنمو فى البيئات الطبيعية عند ٦ – ٨°م تركيز أيون الأيدروجين

i جوانين – سيتوسين بنسبة ٦٢ – ٦٨٪

* النوع : ثيوباسيلوس ثيوبارس *T. thiobarus*

ii جوانين – سيتوسين بنسبة ٥٦ – ٥٧٪

* النوع : ثيوباسيلوس نيبولينتس *T. neapolitans*

= تنمو فى الوسط الحامضى عند ١ – ٣,٥ تركيز أيون الأيدروجين .

* النوع : ثيوباسيلوس ثيواكسيدانس *T. thiooxidans*

٢ – غير هوائية اختيارا وتستخدم النترات فى غياب الأكسوجين .

* النوع : ثيوباسيلوس دينتيريفكانس *T. dentirficans*

(ب) تؤكسد مركبات الحديد أو مركبات الكبريت . .

* النوع : ثيوباسيلوس فيرواكسيدانس *T. ferrooxidans*

II – ذاتية التغذية اختيارا .

(أ) تؤكسد الثوكبريتات ولكنها تتثبط بواسطة المواد العضوية .

* النوع : ثيوباسيلوس نوفيليس *T. Novellus*

(ب) تنشط أكسدة الثيوكبريتات فى وجود المواد العضوية .

* النوع : ثيوباسيلوس انترميديس *T. intermedius*

III – غير ذاتية التغذية ولكنها تحتاج مركبات الكبريت والمواد العضوية كى تنمو جيدا .

* النوع : ثيوباسيلوس برميتابولس *T. perometablis*

ثالثا : كائنات ترسب الحديد وأكاسيده أو المنجنيز وأكاسيده

عائلة سيدروكابسيه Family: **Siderocapsaceae**

١ – الخلايا كروية اهليلجية أو عصوية وقد تحتوى على غلاف رقيق أو سميك .

٢ – قادرة على ترسيب أكاسيد الحديد أو المنجنيز على أو فى غلافها إن وجد أو على مواد خارج الخلية ويعتبر ذلك صفة تقسيمية بين أجناسها الأربعة .

٣ – توجد فى الماء المحتوى على حديد ويعتبر لوجود بعض أجناسها أهمية جيولوجية .

٤ – تقسم أجناسها كما يلى :

I– أجناس تقوم بترسيب أكاسيد الحديد والمنجنيز .

(أ) الأكاسيد تترسب على أو فى مادة الغلاف التى تحيط بمجموعة الخلايا الكروية أو البيضية .

جنس : سيدروكابسا Genus :**Siderocapsa**

(ب) الأكاسيد تكون غلاف رقيق كحلية (مثل الطوق) يشد من قوة حافة الخلية . الخلايا غالبا عصوية الشكل .

١ – الغلاف الرقيق (الحلية) تحيط إحاطة تامة بالحلية .

* جنس : ناميونيللا Genus : **Naumonniella**

٢ – الغلاف الرقيق (الحلية) مفتوح من أحد طرفيه يشبه حدوة الحصان .

* جنس : أوكروبيم Genus : Ochrobium

II – أجناس ترسب أكسيد الحديد فقط دون المنجنيز فى الوسط الخلايا كروية .

* جنس : سيدروكوكس Genus : Siderococcus

الفصل الثالث عشر
البكتيريا المنتجة للميثان

Methane -probucing bacteria

عائلة : ميثانو بكتيرية Family : methanobacteriaceae

١ – الخلايا عصوية أو كروية

٢ – متحركة أو غير متحركة .

٣ – موجبة أو سالبة لصبغة جرام .

٤ – لاتكون جراثيم داخلية .

٥ – غير هوائية إجبارًا .

٦ – تحصل على الطاقة اللازمة لها عند تكوين الميثان عن طريق اختزال ثانى أكسيد الكربون .

٧ – تعتبر هذه المجموعة (العائلة) عالية التخصص الفسيولوجى ولا تستخدم الكربوهيدرات أو المواد البروتينية أو المواد العضوية إلا الخلات أو الميثانول .

٨ – تقسم أجناس هذه العائلة كما يلى :

I– عصويات أو سلسلة تتكون من خلايا كروية

جنس : ميثانو بكتيريم Genus :Methanobacterium

ويعتبر هذا الجنس المثالى لهذا العائلة .

II – خلايا كروية .

(أ) خلايا كروية فى مكعبات .

جنس ميثانو سارسينا Genus . Methanosarcina

(ب) خلايا كروية مفردة أو فى أزواج أو فى تجمعات غير منتظمة .

جنس : ميثانوباكتيريم Genus : Methanobacterium

وهو الجنس المثالى

بالإضافة إلى صفات العائلة توجد لهذا الجنس الصفات التالية :

١ – عصويات مستقيمة أو منحنية أى معقوفة .

٢ – تحصل على الطاقة للنمو نتيجة اختزال ثانى أكسيد الكربون إلى ميثان باستخدام الهيدروجين أو الفورمات كمانح للهيدروجين .

٣ – النوع المثالى (ميثانوباكتيريم سوهانجنى *M. Soehangenii*) يستخدم الخلات والبيوترات كمصدر للطاقة .

٤ – تعيش فى مدى حرارى واسع فتتدرج الأنواع من المحب للحرارة المتوسطة Mesophilic إلى المحب للحرارة المرتفعة Extreme themophilic

٥ – واسعة الانتشار فى الطبيعة خاصة فى البيئات الغير هوائية مثل ترسيبات المياه الطبيعية والقناة الهضمية لبعض الحيوانات .

٦ – تصنف أنواع هذا الجنس كما يلى :

I – عصويات تنتج الميثان من الخلات :

* جنس ميثانوباكتيريم سوهانجنى Genus :**Soehngenii. M**

II – عصويات أو سلاسل لخلايا كروية ولا تنتج الميثان من الخلات .

(أ) عصويات مستقيمة منحنية أو معقوفة بلا نظام – غير متحركة .

١ – تنمو فى درجات الحرارة المتوسطة .

* جنس ميثانوباكتيريم فورميسكم Genus :**ormicicum fM**

٢ – تنمو فى درجات الحرارة المرتفعة ٤٠ – ٧٥°م .

* جنس ميثانوباكتريم ثرمواتوترفيكم Genus :**M. thermoautotrophicum**

(ب) الخلايا موجبة لصبغة جرام كروية أو عصويات قصيرة توجد فى سلاسل .

* جنس ميثانوباكتيريم رومينانتيم Genus :**M. ruminantium**

(جـ) الخلايا سالبة لصبغة جرام – متحركة – عصويات قصيرة مستقيمة أو منحنية قليلا .

* جنس ميثانو باكتيريم موبيل Genus : **M. mobile**

الفصل الرابع عشر
الكرويات الموجبة لصبغة جرام
Gram-Positive cocci

تضم هذه المجموعة العائلات الآتية :

١ – عائلة : ميكروكوكسيات — *Family : Micrococcaceae*

٢ – عائلة : ستربتوكوكسيات — *Family : Streptococcaceae*

٣ – عائلة : بيتوكوكسيات — *Family : Peptococcaceae*

أولا : عائلة ميكروكوكسيات — Family : Micrococcaceae

١ – الخلايا كروية (مستديرة) تتراوح أقطارها من ٠,٥ – ٣,٥ ميكرون تتميز بانقسامها فى أكثر من مستوى لتكون تجمعات منتظمة أو غير منتظمة .

٢ – متحركة أو غير متحركة .

٣ – لاتكون جراثيم .

٤ – موجبة لصبغة جرام

٥ – تنتج غاز بدون حامض عند تخمير سكر الجلوكوز .

٦ – احتياجاتها الغذائية متنوعة جميع السلالات تنمو فى وجود ٥٪ ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) وممكن أن تنمو أيضًا فى تركيزات ١٠ – ١٥٪ كلوريد الصوديوم .

٧ – اختبار الكاتاليز موجب .

٨ – تحتوى على أصباغ غير قابلة للذوبان فى الماء فتجعل لونها ما بين الأصفر والبرتقالى والأحمر .

٩ – تضم ثلاثة أجناس (الجنس المثالى هو جنس الميكروكوكس Micrococcus)

(أ) الميكروكوكس — Genus : **Micrococcus**

(ب) ستافيلوكوكس — Genus : **Staphylococcus**

(جـ) بلانوكوكس — Genus : **Planococcus**

(أ) جنس : ميكروكوكس Genue : **Micrococcus**

نفس صفات العائلة ولكنها توجد فرادى أو تجمعات غير منتظمة وتمتاز بأنها متحركة هوائية – لا تخمر اللاكتوز – تتم إسالة الجيلاتين ببطء شديد وأنواعه رميات أو ظفيليات إجبارية أو اختيارية – النوع المثالى هو :

ميكروكوكس ليوتس *Micrococcus Luteus*

(ب) جنس ستافيلوكوكس Genue : **Staphylococcus**

بالإضافة إلى صفات العائلة إلا أن هذا الجنس يتميز بالآتى :

١ – خلايا كروية تتواجد فى تجمعات غير منتظمة عنقودية الشكل .

٢ – غير متحركة .

٣ – تختزل النترات .

٤ – لها قدرة على تحليل الدم heamolysis

٥ – تعتبر فلورا طبيعية لجلد الإنسان .

٦ – قد تفرز سموم فى بيئة النمو لذلك لها القدرة على إحداث التسمم الغذائى أو تفرز السموم داخل جسم الإنسان فتعتبر ممرضة .

٧ – تتواجد على جلد الإنسان والغدد الليمفاوية والأغشية المخاطية للحيوانات ذات الدم الحار .

٨ – يضم ثلاثة أنواع النوع المثالى هو :

ستافيلوكوكس أوريوس *Saphylococcus aureus*

بالإضافة إلى

ستافيلوكوكس إيبدرميدس *Staphyloccocus epidermidis*

ستافيلوكوكس سايروفيتكس *Staphylococcus saprophyticus*

ثانيا · عائلة · ستربتو كوكسيات – Family · Streptococcaceae

١ – الخلايا كروية أو بيضية فى سلاسل مختلفة الأطوال لذلك تسمى سبحية .

٢ – غير متحركة ونادرا ما تكون متحركة .

٣ – لاتكون جراثيم داخلية .

٤ – التغذية Chemo organotrophic أى تعتمد على مركبات عضوية كمصدر كيماوى اساسى للطاقة ويعمل مصدر الكربون العضوى كمصدر للطاقة والكربون

٥ – تخمر الكربوهيدرات ويتكون حمض وغاز (الحمض هو اللاكتيك – الخليك – فورميك والكحول الإثيلى – والغاز هوك أ٢ CO2).

٦ – الاحتياجات الغذائية مختلفة ومعقدة .

٧ – غير هوائية اختيارا

٨ – الكاتاليز متغير .

٩ – البنزيدين سالب .

١٠ – تصنف أجناس هذه العائلة كما يلى :

(أ) تخمر الجلوكوز وتنتج حمض اللاكتيك بصفة أساسية – الخلايا تنقسم فى مستوى واحد تنتج أزواج أو سلاسل – اهتبار الكاتاليز سالب .

* جنس ستربتوكوكس Genus : **Streptococcus**

(ب) تخمر الجلوكوز وتنتج حمض اللاكتيك وغاز ثانى أكسيد الكربون والايثانول أو حمض الخليك – الخلايا تنقسم فى مستوى واحد تنتج أزواج أو سلاسل – اختبار الكاتليز سالب .

* جنس ليكونوستك Genus :**Leuconostoc**

(جـ) تخمر الجلوكوز وتنتج حمض اللاكتيك – الخلايا تنقسم فى مستويين وتتكون أزواج أو رباعيات – الكاتاليز متغير .

* جنس بيدوكوكس Genus : **Pedicoccus**

(د) تخمر الجلوكوز وتنتج حمض اللاكتيك – الخلايا تنقسم فى مستويين فتتكون أزواج أو رباعيات – الكاتاليز متغير .

* جنس أيروكوكس Genus : **Aerococcus**

(هـ) تخمر الجلوكوز وناتج التخمر لم يلاحظ بعد – الكاتاليز سالب .

* جنس جيميللا Genus : **Gemella**

جنس ستربتوكوكس Genus : **Streptococcus**

وهو الجنس المثالى لهذه العائلة ويتميز بالآتى .

١ – خلايا كروية أو بيضية تتواجد فى أزواج أو سلاسل قصيرة أو طويلة .

٢ – يوجد علاف بسيط فى بض الأنواع وعير واضحة فى البعض الآخر

٣ خلايا غير متحركة إلا أن بعض السلاسلات متحركة بواسطة أسواط جسمية

٤ – موجبة لصبغة جرام .

٥ – تضم أنواع ممرضة وأنواع تعيش فى منتجات الألبان والبعض الآخر يعيش مترمم .

ثالثًا : عائلة : بيتوكوكسيات Family :**Peptococcaceae**

١ – كرويات أقطارها (٠,٥ – ٢,٥ ميكرون) توجد فرادى أو ثنائيات أو رباعيات أو كتل غير منتظمة .

٢ – لاتوجد أهداب – وغير متحركة

٣ – لاتكون جراثيم داخلية .

٤ – موجبة لصبغة جرام .

٥ – قادرة على إنتاج كبريتيد الأيدروجين H_2S

٦ – توجد فى الفم والجهاز العضمى والجهاز التنفسى للإنسان والحيوانات الأخرى .

٧ – تضم الأجناس التالية :

* جنس : ببتوكوكس Genus : **Peptococcus**
* جنس : بيتوستربتوكوكس Genus :**Peptostreptococcus**
* وجنس : رومنوكوكس Genus : **Ruminococcus**
* جنس : سارسينا Genus : **Sarcina**

الفصل الخامس عشر
العصويات والكرويات المكونة للجراثيم الداخلية

Endospore forming rods and cocci

تضم عائلة واحدة فقط هى :

العائلة الباسيلية Famiy :**Bacillaceae**

١ – الخلايا عصوية ماعدا جنس سبوروسارسينا خلاياه مستديرة .

٢ – تكون جراثيم داخلية تختلف فى صفاتها عن الخلايا الخضرية .

٣ – غالبيتها موجبة لصبغة جرام .

٤ – الحركة إما متحركة بأسواط (محيطية أو جانبية) أو غير متحركة .

٥ – هوائية – أو غير هوائية اختيارا – غير هوائية .

٦ – تصنف إلى الأجناس التالية كما يلى :

I– الخلايا عصوية الشكل :

(أ) هوائية أو إختيارية ، وتنتج الكاتاليز غالبا .

* جنس باسيلوس Genus : **Bacillus**

(ب) تتطلب تركيز منخفض من الأكسجين ، لا تنتج الكاتاليز .

* جنس سبورو لاكتوباسيلوس Genus : **Sporolactobacillus**

(جـ) غير هوائية

١ - لاتختزل الكبريتات إلى كبريتيد .

* جنس : كلوستريديم Genus : **Clostridium**

٢ - تختزل الكبريتات إلى كبريتيد

* * جنس : دى سلفوتوماكلم Genus : **Desulfotomaculum**

II - الخلايا مستديرة فى مكعبات

* جنس : سبوروسارسينا Genus : **Sporosarcina**

* الجنس المثالى هو جنس . باسيلوس Genus : **Bacillus**

ويمتاز بالآتى :

١ – الخلايا عصوية مستقيمة .
٢ – غالبيتها متحركة والأسواط جانبية والبعض القليل غير متحرك .
٣ – تكون جرائيم داخلية .
٤ – موجبة لصبغة جرام بعضها سالب لصبغة جرام .
٥ – هوائية أو غير هوائية اختيارًا .
٦ – اختبار٧ الكاتاليز موجب .
٧ – أغلب الأجناس رمية والبعض منها يصيب الحيوانات والحشرات .
٨ – تضم ٤٨ نوع مقسمين فى مجموعتين .
المجموعة الأولى تضم ٢٢ نوع والثانية تضم ٢٦ نوع .
النوع المثالى باسيلوس ستلس Bacilis subtilis

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية
1. *Bacillus subtilis*	23. *Bacillus amyloliquefaciens*
2. *pumilis*	24. *B. medusa*
3. *B. lichenformis*	25. *B. maroccanus*
4. *B. cerus*	26. *B. pacificus*
5. *B. anthracis*	27. *B. lentus*
6. *B. thuringiensis*	28. *B. epiphytus*
7. *B. megaterium*	29. *B. apiarlus*
8. *B. polymyxa*	30. *B. psychrosacharolyticus*
9. *B. macerans*	31. *B. macquariensis*
10. *B. circulans*	32. *B. laevolactius*
11. *B. stearothermohilus*	33. *B. racemilacticus*
12. *B. coagulans*	34. *B. flicolonicus*
13. *B. alvei*	35. *B. pantothenticus*
14. *B. firmus*	36. *B. thiaminolyticus*
15. *B. laterospora*	37. *B. pulvifaciens*
16. *B. brevis*	38. *B. cirroflagellosus*
17. *B. spharicus*	39. *B. fruedenreichii*
18. *B. pasteurii*	40. *B. alcolophilus*
19. *B. fastidious*	41. *B. badius*
20. *B. larvae*	42. *B. aneurinolyticus*
21. *B. popiliae*	43. *B. mcroides*
22. *B. lentimorbus*	44. *B. aminovorans*
	45. *B. insolitus*
	46. *B. globisporus*
	47. *B. psychrophilus*
	48. *B. acidocaldarius*

بعض الملاحظات على أنواع المجموعة الأولى :

١ – النوعين رقم ٨ و ٩ ينتجان حامض وغاز عند تخمر الجلوكوز أما الأنواع ١٧ ، ١٨ ، ١٩ لا يكونون الحمض أو الغاز أما بقية الأنواع فإنها تنتج الحمض فقط بدون غاز .

٢ – النوع رقم ١١ ينمو جيدًا فى الحرارة المرتفعة .
٣ – النوع رقم ٥ ممرض للإنسان والحيوان .
٤ – النشا يتحلل بواسطة الأنواع ١ ، ٣ ، ١٤ .
٥ – النترات لا تختزل بواسطة الأنواع رقم ١٣ ، ١٧ ، ٢١ ، ٢٢ .
٦ – يتحلل الكازين بواسطة الأنواع رقم ٨ ، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ٢٠ .
٧ – الجيلاتين يتحلل بواسطة النوع رقم ٢٠ .
بعض الملاحظات على أنواع المجموعة الثانية :
١ – الأنواع رقم ٣٨ ، ٣٩ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣ ، ٤٥ ، ٤٨ لا تنتج حامض عند تخمر الجلوكوز . .
٢ – الأنواع رقم ٣٧ ، ٣٩ ، ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣ ، ٤٥ لا تحلل النشا .
٣ – الأنواع رقم ٢٤ ، ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٣٦، ٣٧ غير هوائية .

جنس كلوستريديم Genus : Clostridium

١ – عصويات متحركة بواسطة أهداب محيطية وبعض الأنواع غير متحركة .
٢ – تكون جراثيم بيضية إلى مستديرة .
٣ – غالبية السلالات غير هوائية إجبارا .
٤ – بعض أنواعها له القدرة على تحليل السكروز والبعض يحلل البروتين والبعض يحلل كليهما والبعض لا يحلل أى منهما .
٥ – لاتختزل الكبريتات .
٦ – بعض الأنواع تستطيع تثبيت النيتروجين .
٧ – اختبار الكاتاليز سالب
٨ – تكون أحماض (الخليك والبيوتريك) وغازات (Co_2 و H_2) وأحيانا الميثان (CH_4) .
٩ – أنواع قليلة تابعة لهذا الجنس محبة للحرارة المرتفعة .
١٠ – بعض أنواعها تفرز سموم وقادرة على إحداث تسممات خطيرة للإنسان وقادرة أيضًا على إفراز سموم خطيرة داخلية فى جسم العائل المصاب .

١١ – تتواجد أفراد هذا الجنس فى التربة والقناة الهضمية للإنسان والحيوان .

١٢ – يضم هذا الجنس ٦١ نوع وتصنف كما يلى :

_ Iالجراثيم تحت طرفيه

(أ) لاتحلل الجيلاتين .

أنواع المجموعة الأولى وتشمل :

C. rectum	*C. orticum*	*C. lostridum butyricum*
C. fallax	*C. rubrum*	*C. beijerinkii*
C. sticklandii		*C. paraperfringens*
C. tyrobutyricum		*C. pasteurianum*
		C. propionicum

(ب) تحلل الجيلاتين : تضم أنواع المجموعة الثانية وهى :

C. gohoni	*C. biofermentans*
C. sordellii	*C. lituseburense*
C. limosum	*C. subterminale*
C. mangenotii	*C. sporogenes*
C. botulinum Type : A , B , C , D , F	*C. plagarum*
C. botulinum Type : B , C , D , E , F	*C. acetobutylicum*
C. botulinum Type : G	*C. histolyticum*
C. chauvoi	*C. aurantibutyricum*
C. novy , Type A	*C. perfringens*
C. novy , Type , B	*C .haemolyticus*
C. novy , Type C	*C. felsineum*
C. sepicum	*C. difficile*

II – الجراثيم الطرفية :

(أ) لاتحلل الجيلاتين : المجموعة الثالثة وتضم الأنواع الآتية :

C. sphenoides	*C. indolis*
C. scatologenes	*C. malenominatum*
C. tertium	*C. sartagoformum*
C. cellobioparum	*C. themosaccharolyticum*
C. pseubotetanicum	*C. carnis*
C. paraputrificum	*C. aminovalericum*
C. glycolicum	*C. cochlearium*
C. ramosum	*C. innocuum*
C. barkeri	*C. perenne*

(ب) تحلل الجيلاتين المجموعة الرابعة وتضم الأنواع الآتية :

C. cabaveris	*C. lentoputrescens*
C. putrifium	*C. oceanicum*
C. tetani	*C. putrefaciens*

III – أنواع تتطلب عوامل نمو خاصة

المجموعة الخامسة وتضم الأنواع التالية :

C. acidiurci	*C brevifaciens*
C. kluyveri	*C. malacosomae*
C. themocellum	

الفصل السادس عشر
البكتيريا العصوية غير المتجرثمة والموجبة لصبغة جرام

Gram-positive , Asporogenous Rod-shaped bacteria

عائلة : لاكتوباسيللية **Family: Lactobacillaceae**

١ – عصويات مستقيمة أو منحنية توجد مفردة أو فى سلاسل .

٢ – غير متحركة نادرا ما توجد سلالات متحركة .

٣ –غير هوائية أو غير هوائية اختيارا .

٤ – احتياجاتها الغذائية عبارة عن مواد عضوية معقدة .

٥ – على الأقل نصف كربون النواتج النهائية لأيض الكربوهيدرات يكون حمض اللاكتيك .

٦ – الكاتاليز وتفاعل البنزيدين سالب .

جنس لاكتوباسيلوس **Genus: Lactobacillus**

١ – خلايا عصويات طويلة مستقيمة

٢ – غير متحركة .

٣ – موجبة لصبغة جرام .

٤ – لاتسيل الجيلاتين .

٥ – الكاتاليز والسيتوكروم سالب .

٦ – لاتنتج كل من كبريتيد الأيدروجين (H_2S) والإندول

٧ – لاتحلل الكازين .

٨ – تخمر السكريات الأحادية والثنائية والسكريات العديدة منتجة نوعين من التخمر : تخمر لاكتيكى أى تكون حمض لاكتيك فقط ويعرف هذا النوع من التخمر باسم وحيدة التخمر Homofermenters أو تخمر لاكتيكى مختلط أى يتكون حمض لاكتيك وحمض الخليك والكحول وثانى أكسيد الكربون ويعرف هذا النوع من التخمر مختلطة التخمر heterofermenters.

٩ – بعضها يفضل الحرارة المرتفعة

١٠ – تعطى نمو شحيح على سطوح البيئات الصلبة لأنها محبة للتركيزات القليلة من الأكسوجين Microaerophilic وقد لا تنمو مطلقا الأنواع غير الهوائية .

١١ – تختزل النيترات .

١٢ – اختبار الكاتاليز سالب .

١٣ – تصنف أنواعها كما يلى :

I – أحادية التخمر : حامض اللاكتيك هو الناتج الأساسى عند تخمر الجلوكوز وتصل نسبته حوالى ٨٥٪ أو أكثر .

(أ) لا يتكون غاز من الجلوكوز والجلوكونات ، لا تخمر الريبوز ، لا تتطلب لنموها الثايمين ، تنمو فى درجة ٤٥° ، المستعمرات من النوع الخشن Rough-R .

١ – تنتج D(–) Lactic acid الأنواع :

L . delbrueckii *L . leichmannii*

L . jensenii *L . lactis*

L. bulgaricus

٢ – تنتج DL-Lactic acid الأنواع :

L . acidophilus *L . helveticus*

٣ – تنتج L (+) Lactic acid بصفة أساسية ، D (-) Lactic acid بكميات قليلة جدا . *L . salivarius*

(ب) لا يتكون غاز من الجلوكوز ، يتكون غاز من الجلوكونات ، الريبوز حينما يتخمر يعطى اللاكتيك ، لا تتطلب الثايمين ، نموها متغير عند درجة ٤٥°م .

١ – تنتج DL-lactic acid والريبوز يتخمر

L casei sub sp . *pseudoplantarum*

L . plantarum *L .curvatus*

٣ – تنتج DL-lactic والريبوز يتخمر بصفة غير قاطعة .

L. corynformis sub sp . corynformis

٤ – تنتج D(–)Lachc acid ، الريبوز لا يتخمر ، الأس الأيدروجينى المناسب هو :

L . corynformis subsp . torquens

L .homohiochii

II – مختلطة التخمر تنتج حامض اللاكتيك بنسبة ٥٠٪ عند تخمير سكر الجلوكوز مع كميات من ثانى أكسيد الكربون – وحمض الخليك والإيثانول والمانيتول ينتج من الفركتوز .

(أ) تنتج غاز من تخمر الجلوكوز والجلوكونات ، الريبوز يتخمر وتعطى حمض اللاكتيك ولا تنتج غاز ، تتطلب الثايمين (د ل حمض اللاكتيك – DL-lactic acid) .

١ – تنمو عند درجة ٤٥°م ولا تنمو عند ١٥°م . *L . fermentum*

٢ – النمو متغير عند درجة ٤٥°م ولا تنمو عند ٤٨° . *sL . cellobiosu*

٣ – تنمو عند درجة ١٥°م ولا تنمو عند ٤٥° .

L . brevis *L . buchneri*

L . viridescens *L . corpophilus*

- مختلطة التخمر (د ل) حمض اللاكتيك (DL-lactic acid) تنتج كل من ثانى أكسيد الكربون والخلات . تخمر الريبوز (الجلوكونات لم يدرس بعد) تخمر الفركتور ، الزيلوز والمالات .

* تخمر بصورة قليلة كل من الجلوكوز . جالاكتوز ، سكروز ، مالتوز تتحمل الإيثانول ١٥– ١٨٪ الآس الأيدروجينى المناسب هو (٤,٥–٥,٥) درجة الحرارة المثلى ٣٠–٣٥°م *L . hiligardii*

* تخمر كل من الجلوكوز والفركتوز . لا تخمر المالات والأنواع الأخرى من الكربوهيدرات تتحمل الإيثانول بأقل من ٢٠٪ الأس الأيدروجينى المناسب ٤,٥–٥,٥ درجة الحرارة المثلى ٢٥–٣٠°م *L . trichodes*

* تخمر الجلوكوز (والجلوكونات) تخمر ضعيف للمالات والجلوكوز وقد لا تخمر الجلوكوز ، وقد لا تخمر الريبوز ، الأنواع الأخرى من الكربوهيدرات لا تخمرها ، تتحمل الايثانول بتركيز ١٥٪ الأس الأيدروجينى المناسب ٤,٥–٥,٥ درجة الحرارة المثلى ٢٥– ٣٠°م *L. fructiovrans*

* تخمر الارابينوز وقد تخمر أيضا كل من جلوكوز – فركتوز – جالاكتوز ، المالات والأنواع الأخرى من الكربوهيدرات لا تتخمر ، تتحمل الايثانول بتركيز ١٥٪ ، الأس الأيدروجينى المثالى ٥–٧ الدرجة المثلى أقل من ٣٠°م والنمو المثالى عند ١٠°م . *L. desidiosus*

* تتطلب الحمض (Hichic acid) D-mevalonic بصورة أساسية لنموها الأس الأيدروجينى المناسب هو ٥ . *L. heterohiochii*

تضم هذه العائلة أجناس غير محددة الانتماء :

١ – جنس ليستر: Genus : **Listeria**

٢ – جنس أريسيبلوثركس Genus : **Erysipelothrix**

الفصل السابع عشر
الأكتينوميستات والكائنات القريبة منها والشبيهة بها

Actinomycetes and related organisms

مجموعة الكورينى بكتيريا Cornyeform group of bacteria

هذه المجموعة تبرز عدد من المشاكل الصعبة فى التقسيم والتصنيف وتضم الأجناس التالية :

I– جنس : الكورينى بكتيريا Genus, 1 :Corynebacterium

١ – خلايا أنواعه عصوية قصيرة مستقيمة أو منحنية قليلا وقد تتواجد فى تجمعات منتفخة الشكل من ٤–٦ خلايا .

٢ – تحتوى على حبيبات ميتاكرومية تؤدى إلى عدم انتظام تفاعلات صبغ الخلايا . فالخلايا موجبة لصبغة جرام إلا أن الخلايا المتقدمة فى السن أو الحديثة تفقد صبغة الكريستال بسرعة فتبدو وكأنها سالبة لصبغة جرام ، والحبيبات المتياكرومية لها القدرة على الاحتفاظ لصبغة الكريستال فتبدو موجبة لصبغة جرام .

٣ – غير متحركة .

٤ – نظرا للصعوبات التقسيمية التى تقابلنا فإن هذه المجموعة تصنف على أنها ثلاثة مجموعات مستقلة كما يلى :

١ – متطفلة وممرضة لكل من الإنسان والحيوان .

٢ – ممرضة للنبات .

٣ – غير ممرضة .

القسم الأول : متطفلات وممرضات لكل من الإنسان والحيوان

١ – خلايا عصوية مستقيمة أو منحنية قليلا وتبدو محببة .

٢ – غالبا غير متحركة .

٣ – موجبة لصبغة جرام .

٤ – غير صامدة للأحماض .

٥ – بعضها ممرض ويفرز سموم خارجية Exotoxins .

٦ – هوائية أو غير هوائية اختيارا وبعض منها يتطلب تركيز منخفض من الأكسجين .

٧ – اختبار الكاتاليز موجب .

٨ – توجد منتشرة فى الطبيعة وتضم الأنواع الموضحة بالجدول مع أهم مميزاتها (عن برجى ١٩٧٤) .

أنواع كورينى بكتيريا	تحليل الدم	تخمر السكروز	اختزال التترات	إسالة الجيلاتين	انتاج اليوريز	صفات أخرى
ك . دفتيريا	+	−	+	−	−	ممرضة للإنسان وتنتج سموم خارجية
ك.بسوديتيوبركلوسيس	+	±	±	±	±	ممرضة وتنتج سموم خارجية
ك . زيروسس	−	−	+	−	−	غير ممرضة
ك . ريال	−	+	−	−	+	ممرضة تسبب التهاب الكلية وحوض المثانة ، تبدو منطقة رائقة على بيئة لبن الاجار
ك . كيتسكيرى	−	−	−	−	+	ممرضات متخصصة للفئران والجرذان
ك . بسودودفتيريكم	−	−	+	−	+	عصويات منتظمة قصيرة – لا تنتج حامض من الكربوهيدرات
ك . اكوى	−	−	−	−	−	كروية أو بيضية على الوسط الصلب ، لها غلاف ، لا تنتج حامض من الكربوهيدرات ، تحتوى على أصباغ .
ك . يوفيس	=	−	−	−	−	لها قدرة على تحليل الدهون ، تنمو جيدا فى وسط غذائى يحتوى ٩٪ كلوريد الصوديوم ، تحتاج أحماض أمينية طويلة السلسلة .

القسم الثانى : ممرضة للنباتات وتضم الخمس مجاميع الآتية بأنواعها

(عن برجى ١٩٧٤)

أنواع الكورايني بكتيريم		الحركة	نمو فى ٣٧°م	إنتاج اليوريز	تحلل اسكيولين	أصباغ قرمزية	تسبب تورم السيقان	تسبب تصمغ النورات	تسبب الذبول و/ أوتقرح الأوراق
المجموعة	النوع								
١	فاسبانس	−	+	+	−	−	+	−	−
٢	رائيا	−	+	+	+	−	−	+	−
	اجروبيرا	−	+			+	−	+	−
	تريتساى	+	+	−	+	+	+	+	−
	ايرانيسيوم	−	+			+	−	+	−
٣	سيبونيسيم	−	+	−	+	−	−	−	+
٤	انسيدونيسيم	−	+	−	+	−	−	−	+
	ميشجانتس	−	+	−	−	(−)	−	−	−
٥	فلاكيوميفاسنس	+	±	−	+	(−)	−	−	+
	يونيسيتيا	−	±	+	+	+	+	−	+
	ببتا	−	−	+	+	−	+	−	+
	أورتى	−	+	−	−	−	+	−	+

القسم الثالث : كورينى باكتير غير ممرضة

توجد أفراد هذه القسم شائعة الوجود فى التربة والماء والهواء وتسبب تلوث المزارع البكتيرية ويضم حوالى ١٨ نوع .

II. جنس أرثر باكتر Genus, II. : Arthrobacter

١ – خلايا هذا الجنس تبدى تغييرات ملحوظة فى أشكالها خلال دورة النمو ، فمنها الكرويات الكبيرة وحيدة الشكل أو متغيرة الحجوم وقد تشبه جنس الميكروكوكس

وقد تكون بيضية أو مستطيلة إلى حد ما وقد تكون عصوية تلتحم خلية من زاويتها بزاوية خلية أخرى فيتكون شكل V أو عصويات ثنائية .

٢ – العصويات قد تكون متحركة أما بقية الأشكال فهى غير متجرثمة .

٣ – غير صامدة للأحماض Not acid fast.

٤ – موجبة لصبغة جرام والخلايا العصوية تفقد الصبغة بسهولة ولكن تبقى الحبيبات محتفظة بالصبغة (تبدو موجبة) فى حين تظهر الخلية سالبة لصبغة جرام أما الأشكال الكروية تكون موجبة لصبغة جرام ولكن قد تكون ضعيفة .

٥ – عند تخمر الجلوكوز فى بيئة البيتون قد تنتج حامض بكميات قليلة جدا وقد لا تنتجه إطلاقا .

٦ – جميع الأنواع (٧ أنواع) تنمو على أوساط غذائية محتوية على مستخلص التربة ومستخلص الخميرة . وتنمو أيضا على بيئة الآجار المغذى المحتوية على بيتون ومستخلص لحم .

٧ – هوائية إجبارا .

٨ – تنمو جيدا فى مدى حرارى ٢٠ – ٣٠°م بعض السلالات تنمو فى ١٠°م ولكن لا تنمو فى درجة أعلى من ٣٧°م وكذلك تنمو بصورة جيدة فى الأوساط المتعادلة أو قليلة القلوية .

٩ – النوع المثالى أرثروباكتر جلوبيفورمس Species : **A . globiformis**

وتضم هذه المجموعة أجناس غير محددة الانتماء كما يلى :

(أ) جنس : بريفيبكتيريم Genus A . : Brevibacterium

١ – عصوية قصيرة غير متحركة .

٢ – بعض الأنواع تفرز أصباغا لا تذوب فى الماء فتظهر المستعمرات بألوان مختلفة (الأحمر أو الأحمر البرتقالى أو الأصفر أو البنى) .

٣ – تنتج حامض فقط عند تخمير الجلوكوز ولا تخمر اللاكتوز وبعض الأنواع قادرة على تحليل البروتين .

٤ – قد تختزل النترات وهناك بعض الأنواع لا تختزلها .

٥ – هوائية أو غير هوائية اختيارا .

(ب) جنس : ميكروبكتيريم Genus B . : Microbacterium

III- جنس : سيليلوموناس Genus III - : Cellulomonas

١ – من حيث الشكل الظاهرى فخلايا هذا الجنس تماثل خلايا جنس آرثروباكتر أى متعددة الأشكال Pleomorphic وذلك خلال دورة النمو أى تعتمد على عمر الخلايا وكذلك تفرع الوسط الغذائى .

٢ – موجبة لصبغة جرام ولها نفس سلوك الجنس السابق أرثروباكتر .

٣ – غير صامدة للأحماض .

٤ – معظم السلالات تنتج الحامض عند تخمر الجلوكوز تحت كل من الظروف الهوائية والغير هوائية .

٥ – بعض الأنواع غير متحركة والأنواع المتحركة تتحرك عن طريق سوط واحد (طرفى أو تحت طرفى) أو أوساط جسمية .

٦ – تفرز أصباغ صفراء غير قابلة للذوبان فى الماء .

٧ – تسيل الجيلاتين ببطء شديد .

٨ – جميع سلالاتها تحلل السليولوز .

٩ – يمكن عزلها من التربة و النباتات .

IV- جنس : كيرثيا IV - Genus : Kurthia

١ – فى المزارع الحديثة (١٨ – ٢٤ ساعة) عصويات منتظمة غير متفرعة ولها حافة مستديرة وتوجد فى سلاسل منحنية ويختلف طول الخلايا وترتيبها يعتمد على طور النمو أما فى المزارع القديمة (٣ – ٧ أيام) تنقسم هذه الخيوط إلى وحدات كروية وفى بعض السلالات يستديم تواجد الوحدات العصوية .

٢ – خلايا غير مغلفة وغير متجرثمة وغير صامدة للأحماض .

٣ – العصويات متحركة بواسطة أسواط محيطية .

٤ – موجبة لصبغة جرام .

٥ – هوائية اجبارا .

٦ – اختبار الكاتاليز موجب .

٧ – اختبار الأوكسيديز سالب ، اختزال النترات سالب .

٨ – لاتنتج غاز من تخمر الكربوهيدرات .

٩ – تنمو جيدا فى وجود نسبة ٤ – ٦٪ كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) .
١٠ – يمكن عزلها من محتوى أمعاء الدجاج وبقاياها البرازية وكذلك المواد العضوية المتحللة والمياه الراكدة .
١١ – النوع المثالى : كيرثيا زوفى *Kurthia zophi* .

ثانيا : عائلة بروبيونى بكتيرية Family : Propionibacteriaceae

١ – افرادها متعددة الأشكال عصويات منتظمة أو خيوط متفرعة .
٢ – موجبة لصبغة جرام .
٣ – لاتكون جراثيم .
٤ – غير هوائية ولكنها قادرة على تحمل وجود الأكسوجين .
٥ – حينما تخمر الكربوهيدرات تنتج حمض البروبيونيك وأحماض أخرى مثل الخليك أو خليط من الاحماض العضوية مع انتاج غاز ثانى أكسيد الكربون .
٦ – تتعايش على الجلد وفى القناة الهضمية والتنفسية بمعظم الحيوانات وكذلك يمكن أن تعزل من المنتجات الحيوانية .
٧ – تضم جنسين ويصنفا كايلى :

(أ) خلايا غير متحركة هوائية وتتحمل وجود الأكسجين ، تنتج حمض البروبيونيك والخليك وكميات قليلة من أحماض ايزوفاليريك فورميك ، سكسينك واللاكتيك .

* – جنس : بروبيونى بكتيريا **Grnus 1 : Propionibacterium**

(ب) خلايا متحركة أو غير متحركة ،غير هوائية اجبارا قد يكون لها قدرة تخمرية أو لا يكون ، الأنوع ذات قدرة التخمرية تنتج خليط من الأحماض العضوية تشمل كميات كبيرة من حمض البيوتريك ، الفورميك واللاكتيك .

* – جنس إيوبكتيريا **Genus 2 : Eubacteria**

١ – جنس : بروبيونى بكتيريا **Genus 1 : Propionibacterium**

نفس الصفات السابقة ويضم ٨ أنواع ويتم تصنيفهم كايلى :

I – الاسكيولين يتحلل

(أ) الجيلاتين لا يتحلل :

١ – لاتنتج حماض من المانيتول .

– تختزل النترات .

* لاينتج حامض من اللاكتوز

نوع ١ – أ جنس : ب ، فريدتيريكيا تحت نوع فريديتريكيا –

SP. 1-A,P. freudenreichii subsp freudenreichii

نوع ١ – ب : ب . فريدينريكيا تحت نوع جلوبوسم

Sp1-B .P. freudenreichii subsp . globosum

– لاتختزل النترات

* لاتنتج حامض من التريلهوز

نوع : ا – جـ : ب . فريدينريكيا تحت نوع شيرماتى

Sp1-C :P. freudenreichii subsp . shermanii

* تنتج حامض من التريهلوز

نوع : ٢ : ب . ثيونای *Sp.2P. :heonii*

٢ – تنتج حامض من المانيتول .

– تختزل النترات

نوع : ٣ : ب . أسد بروبيونيكا *Sp.3P.acid-propionici*

– لا تختزل النترات

نوع : ٤ : ب . جنسينيا *Sp. 4.P.. ensenii*

(ب) الجيلاتين يتحلل تماما

نوع : ٥ : ب . أفيديم *Sp.5P. avidum*

II – الاسكيولين يتحلل

(أ) تنتج الاندول

نوع : ٦ – ا : ب . أسنيس *Sp. 6, A:.P. acnes*

(ب) لا تنتج الاندول

١ – تنتج حامض من الادينول ، اريثريتول : مالتوز ، ريبوز

نوع : ٧ ب ليمفوفيليم *Sp.7P Lyumphophilum*

٢ - لا تنتج حامض من الادينول ، أريثريتول ، مالتور ، ريبوز .

- لا يختزل النترات

نوع ٦ – ب : أسنيس *Sp. 6. E .P. acnes*

تتميز عن سلالات النوع ٦ – أ فى أنها تنتج حامض من السكروز واختبار الكاتاليز سالب.

– لاتختزل النترات .

نوع ٨ – : ب . جرانيولوسم : *Sp, 8: P . granulosum*

٢ – جنس : ايوبكتيريا 2-Genus : **Eubacteria**

بالاضافة إلى صفاته السابقة ، اختبار الكاتاليز سالب ، ولا تحلل الهيبورات ، ويكون نموها أسرع فى درجة ٣٧°م وتعتبر هذه صفة تقسيمية وتفضل أس أيدروجينى حوالى 7 ، وتوجد فى تجاويف جسم الإنسان والحيوانات الأخرى وكذلك المنتجات الحيوانية والنباتية بعض الأنواع قد تكون ممرضة ،وتضم ٢٨ نوعا والنوع المثالى :

ايوبكتيريا فويدانس Genus : **Eubacteria foedans**

رتبة الاكتينوميستالات Order : **Actinomycetales**

١ – خلايا أفرادها مستطيلة (عصوية) تميل إلى التفرع فتبدو كخيوط متفرعة وفى بعض العائلات يتكون ميسليوم يشبه هيفات الفطريات إلا أنها دقيقة الحجوم والخيوط قد تكون قصيرة جدا كما فى عائلة ميكوبكتيرية والاكيتنوميسنية أو خيوط طويلة كما فى عائلة ستربتوميسيتية وتتفتت الخيوط (الهيفات) يؤدى إلى تكوين أشكال كروية أو مستطيلة دفتيرية (اشكال عصوية غير منتظمة فى صفاتها الصبغية وأقطارها وغالبا تترسب فى أشكال عمادية وتتخذ أشكال (T,Y,V) .

٢ – فى بعض العائلات تتكون جراثيم حقيقية محمولة على الهيفات الرأسية أو القاعدية (الأفقية) وهذه الجراثيم قد تكون مفردة على الهيفات أو فى أزواج أو فى سلاسل تتكون من أعداد مختلفة من الجراثيم .

٣ – موجبة لصبغة جرام إلا أن هذه الصفة متغيرة تبعا لعمر المزرعة .

٤ – المكيوبكتيريا تكون صامدة للحمض الكحولى وبعض أفراد النوكارديا تكون ضعيفة بالنسبة للصمود للأحماض .

٥ – جميع الأفراد هوائية ماعدا بعض أجناس عائلة اكتينوميسيتية قد تكون عير هوائية أو غير هوائية اختيارا أو هوائية .

٦ – أفراد هذه العائلة تكون شائعة الوجود فى التربة وقليلة الوجود فى الماء العذب بعضها ممرض للإنسان والحيوانات ، والجراثيم تسبب حساسية للإنسان بعض الأجناس

ممرضة للنباتات والبعض الآخر يعيش معيشة تكافلية مع بعض النباتات حيث تستطيع تثبيت النيتروجين .

٧ – التركيب الكيماوى للجدار يعتبر صفة تقسيمية ويوجد أربعة من الجدر الخلوية ويتضح تركيبهم كمايلى :

النوع	حمض داى امينوبيميلك	جليسين	ارابينوز	جالاكتوز
الأول	+	+	–	–
الثانى	+	+	–	–
الثالث	+	–	–	–
الرابع	+	–	+	+

٨ – تضم هذه الرتبة العائلات الآتية والتى تصنف كمايلى :

I – لايتكون ميسيليوم ، قد تتكون الخيوط المتفرعة ، الخلايا قد تكون عصوية أو دفتيرية أو كروية ، لا تتكون جراثيم .

(أ) غير صامدة للحامض الكحولى ، غالبا غير هوائية اختبارا ، بعضها غير هوائية أو هوائية معظمها لا تحوى على حمض ٢ ، ٦ داى امينوبيميلك فى جدارها الخلوى .

عائلة – ١ : اكتينوميسيتية Family , 1 : Actinomycetaceae

(ب) بعض أطوار نموها صامدة للحمض الكحولى ، جدارها الخلوى من النوع الرابع .

عائلة – ٢ : ميكوبكتيرية Family , 2 : Mycobacteriaceae

II– يتكون ميسيليوم حقيقى

(أ) تتكافل صورها احرة فى التربة مع بعض النباتات مكونة عقد نباتية

عائلة ، ٣ . فرانكيية Family - 3 : Frankiaceae

(ب) مترممة أو متطفلة اختيارا

١ – تتولد الجراثيم داخل كيس اسبورانجى

– عائلة – ٤ . اكتينوبلازمية Family , 4 : Actinoplanaceae

٢ – لاتتولد الجراثيم داخل كيس اسبورانجى

* الخيط المسليومى يتجزأ عرضيا وفى مستويين طولين ليكون كتلة متحركة ، عناصر كروية ، الميسليوم الهوائى غير موجود ، الجدار الخلوى من النوع الثالث .

– عائلة – ٥ : ديرماتوفيللية Family, 5: Dermatophilaceae

* الميسليوم يتجزأ ويعطى تراكيب كروية أو مستطيلة وغالبا تكون غير متحركة ، بعض الأنواع متحركة أحيانا تتكون جرائيم هوائية وغالبا لا تتكون الجدار الخلوى من النوع الرابع وأحيانا صامدة للأحماض .

* عائلة – ٦ : نوكاردية Family, 6: Nocardiaceae

* الميسليوم يظل متصل ولا يتجزأ ، غالبا يتكون الميسليوم الهوائى بوفرة وتتكون سلاسل جرائيم طويلة (٥ – ٥٠ أو أكثر) ، الجدار الخلوى من النوع الأول .

– عائلة – ٧ : ستربتوميسيتية Family: Streptomycetaceae

* الميسليوم يظل متصل – تتكون الجرائيم منفردة أو فى أزواج أو فى سلاسل قصيرة على كل من الميسيليوم الهوائى أو القاعدى (الأفقى) الجدار الخلوى من الأنواع الثانى والثالث والرابع وهذا الاختلاف راجع لاختلاف الأجناس .

– عائلة ٨ : ميكرومونوسبورية Family 8: Micromonosporaceae

العائلة : الاكتينوميسيتية amily: Actinomycetacae

موجبة لصبغة جرام – دفتيرية الشكل ، تميل لتكوين خيوط متفرعة يتجزأ الخيط بسرعة تعطى أشكال عصوية أو دفتيرية ، الميسليوم الهوائى والجرائيم لا تتكون ، غير صامدة للأحماض ، غير متحركة ، غالبا غير هوائية اختيارا بعض الأنواع غير هوائية والبعض الآخر هوائى ، تخمر الكربوهيدرات ، الكاتاليز قد يتكون أو لا يتكون ، تضمن الأجناس التالية وتصنف كما يلى :

I– غير هوائية أو غير هوائية اختيارا

(أ) اختبار الكاتاليز سالب أو موجب .

معظم الأنواع تكون مستعمرات صغيرة خيطية ، الخيوط مؤقتة أما الأشكال الدفتيرية تكون دائمة ، لها قدرة تخمرية ، تخمر الجلوكوز ويتكون حمض الخليك والفورميك واللاكتيك والسكسنيك ولا يتكون حمض البروبيونيك ، الجدار الخلوى لا يحتوى كل من حمض الداى امينوبيميلك والارابينوز .

* جنس – ١ : اكتينوميسيس Genus , 1 : Actinomyces

(ب) اختبار الكاتاليز سالب

– تتكون مستعمرات خيطية ، الخيوط مؤقتة ، الأشكال الدفتيرية شائعة ، لها قدرة تخمرية ، تعطى حمض البروبيونيك والخليك عند تخمر الجلوكوز الجدار الخلوى يحتوى على حمض الداى امينوبيميلك ولا تحوى الأرابينوز .

* جنس – ٢ – أراكنيا **Genus , 2 : Arachnia**

– تتكون مستعمرات خيطية ، الخيوط غالبا لا تتكون ، الأشكال الدفتيرية والخلايا المقسومة إلى جزئين شائعة الوجود، لها قدرة تخمرية، تعطى حمض الخليك واللاكتيك عندما تخمر الجلوكوز، الجدار الخلوى لا يحتوى كل من حمض داى امينوبيميلك والآرابينوز.

* جنس – ٣ : بيفيدوبكتيريا **Grnus , 3 : Bifidobacterium II -**

II هوائية أو غير هوائية اختبارا

(أ) اختبار الكاتاليز موجب أو سالب .

– مستعمرات خيطية ، توجد خلايا عصوية ، الخيوط تتميز بوجود جسم عصوى فى أحد نهايته ، البعض غير هوائى إجبارى ، لها قدرة تخمرية ، ينتج حمض الفورميك ، الخليك ، البروبيونيك واللاكتيك الجدار الخلوى يحتوى على كل من حمض الداى امينوبيميلك والارابينوز .

* جنس – ٤ :بكتيريونيما **Genus , 4 : Bacterionema**

(ب) اختبار الكاتاليز موجب

– تتكون مستعمرات خيطية صغيرة ، تنمو وتعطى أشكال كروية : دفتيرية أو خيوط أو خليط منهم ، تنمو جيدا فى ظروف هوائية تخمر الجلوكوز وتنتج حمض اللاكتيك أما البروبيونيك لا يتكون ، الجدار الخلوى لا يحتوى على حمض داى امينوبيميلك والارابينوز .

* جنس – ٥ – روثيا **Genus , 5 : Rothia**

جنس ١ – اكيتنوميسيس Genus , 1 : Actinomyces

١ – موجبة لصبغة جرام ولكنها منتظمة فى صفاتها الصبغية .

٢ – عير صامدة للأحماض ، لا تكون جراثيم ،غير متحركة .

٣ – قطر الخيط ميكرون أو أقل ويختلف الطول ودرجة التفرع فى أغلب السلالات .

٤ – الأشكال الدفتيرية والعصويات المتفرعة شائعة الوجود .

٥ – تخمرالكربوهيدرات ويتكون حامض بدون غاز ، عند تخمر الجلوكوز قد يكون الناتج النهائى حمض الخليك والفورميك واللاكتيك والسكسنيك أما حمض البروبيونيك لا يتكون .

٦ – نادرا ما تحلل البروتين وإذا حدث ذلك يكون بدرجة ضعيفة جدا .

٧ – اختبار اليوريز والاندول سالب .

٨ – تتطلب النيتروجين العضوى لنموها .

٩ – غير هوائية اختيارا معظم أنواعها تتصل الطروف الغير هوائية ، نوع واحد فقط ينمو جيدا فى ظروف هوائية .

١٠ – اختبار الكاتاليز موجب وأحيانا سالب .

١١ – أنواع معينة تكون ممرضة للإنسان و/ أو الحيوانات .

١٢ – تضم ٥ أنواع ، والنوع المثالى هو

Species : Actinomyces bovis أكتينيوميسيس بوفيس

Genus , 2 : Arachnia جنس – ٢ : أراكينيا

أفراده تتميز بالآتى :

١ – عصويات دفتيرية متفرعة ، خيوط متفرعة ، الخلايا غير منتظمة فتبدو منتفخة أو كأسية .

Family , 2 : Mycobacteriaceae عائلة – ٢ : ميكوبكتيريية

Genus : Mycobacterium تضم ، جنس : ميكوبكتيريم

تتميز خلايا أنواعه بالصفات الآتية :

١ – عصويات مستقيمة أو منحنية قليلا وأحيانا تتفرع ، وقد تكون خيوط أو هيفات ثم تتجزأ إلى أشكال عصوية أو كروية .

٢ – تعتبر موجبة لصبغة جرام

٣ – غير متحركة .

٤ – لاتتكون جراثيم داخلية أوكوتيديات أو غلاف ولا تتكون هيفات هوائية مرئية .

٥ – يضم الجنس أنواع متطفلات إجبارية أو مترممة بعض الأنواع المترممة تنمو على الأوسط الغذائية البسيطة وأنواع أخرى تتطلب أوساط غذائية معقدة أو يضاف إليها عوامل نمو معينة .

٦ – كل أنواعها هوائية .

٧ – محتوى الدهون بالخلية وخاصة الجدار الخلوى مرتفع ويشمل شموع وأحماض دهنية ذات سلسلة طويلة ومتفرعة لذلك تعتبر صامدة للأحماض .

٨ – بعض الأنواع تفرز أصباغ غير قابلة للذوبان فتبدو لون المستعمرات باللون الأصفر أو البرتقالى .

٩ – بعض الأنواع ممرضة مثل النوع *M, tuberculosis* الذى يسبب السل لكل من الإنسان والحيوان والنوع *M, lepra* الذى يسبب مرض الجزام فى الإنسان وبعض الأنواع مترممة .

١٠ – يضم حوالى ٢٩ نوع والنوع المثالى هو :

Mycobacterium tuberculosos ميكربكتيريم تيوبركلوسس

Family - 3 : Frankiaceae عائلة – ٣ : فرانكيية

هذه العائلة تتميز ببعض صفات الرتبة بالإضافة إلى المميزات الآتية :

١ – أفرادها خيطية وتستطيع تكوين ميسليوم ، تعيش معيشة تكافلية داخل العقد الجذرية لعدد من النباتات الغير بقولية فى ذوات الفلقتين وخاصة ٦ عائلات نباتية تضم ٧ أنواع يمثلهم ١٤ جنس نباتى ، وفى هذه العقد تستطيع الأنواع البكتيرية تثبيت النيتروجين الجوى .

٢ – الميسيليوم المتكون مقسم ومتفرع .

٣ – الخلايا المركزية للعقد النشطة فى تثبيت النيتروجين يوجد فى مركزها كتلة ميليسومية بالقرب من محيطها الخارجى وكذلك يوجد تراكيب أو انتفاخات طرفية فنجانية الشكل ، وتسمى هذه التراكيب بالحويصلات Vesicels, وهذه الحويصلات لا توجد فى الأنواع الغير مثبتة للنيتروجين وبدلا منها يتجزأ الميسليوم إلى أجزاء عصوية صغيرة أو إلى خلايا تشبه البكتيريا ، وأحيانا تسمى بكتيرويد وتملأ خلية العائل تمامًا

٤ – الميسليوم والحويصلات تفاعلها مع صبغة جرام متغير أما الأجزاء العصوية المتفتتة أو الخلايا التى تشبه البكتيريا فإنها موجبة لصبغة جرام

٥ – تتطلب المولبيدنم والكوبالت للقيام بعملية تثبيت النيتروجين .

٦ – تتطلب أحيانا تركيز قليل من الأكسوجين Microaerophilic .

٧ – تضم جنس واحد هو جنس الفرانكيا Genus : Frankia.

* جنس : الفرانكيا Genus : Frankia -

١ – يتميز بالصفات السابقة لكل من الرتبة والعائلة .

٢ - يضم ١٠ أنواع تعيش معيشة تكافلية مع النباتات الراقية الغير بقولية .

عائلة – ٤ : أكتينوبلانية Family - 4 : Actinoplanaceae

بالإضافة إلى بعض الصفات العامة للرتبة فإن هذه العائلة تتميز بالآتى :

١ – تكون ميلسيوم محدد وقد يكون الميسلسوم بينى (بين خلوى) أو هوائى .

٢ – تتميز هذه العائلة بتعدد أكشال حوافظها الجرثومية وتعتبر صفة تقسيمية وكذلك شكل لجراثيم .

٣ – النمو على بعض البيئات الصلبة يتدرج لونه من اللون اللامع إلى اللون الأبيض ويتخذ مظهر الصوف (زغبى) ذو مظهر عجينة والنمو خشن .

٤ –هوائية .

٥ – المدى الحرارى من ١٥–٤٥°م .

٦ – تتواجد بوفرة فى التربة الدوبالية (المحتوية على بقايا عضوية ميتة متحللة تحللاً جزيئًا ، وأقل تواجدًا فى بيئات الماء العذب .

٧ - تضم الأجناس التالية والتى تصنف كما يلى :

I – الحوافظ الجرثومية مستديرة أو اسطوانية أو غير منتظمة وتحتوى على آلاف من الجراثيم لكل حافظة ، الجراثيم تكون سلسلة جرثومية ملتفة أو متوازية داخل الحافظة .

(أ) الحوافظ مستديرة أوغير منتظمة وتترتب الجراثيم فى سلسلة ملتفة داخل الحافظة.

١ – الجراثيم متحركة .

* الجراثيم مستديرة لها خصلة من الأهداب القطبية ، يكون لون المستعمرات برتقالى أو برتقالى محمر على البيئات الصلبة .

- جنس ١ : اكتينوبلانيس Genus 1 : Actinoplanes

* الجراثيم عصوية أو منحنية أو حلزونية لها أهداب تحت قطبية يتراوح عددها من ١–٣ هداب ، لون المستعمرات على الآجار يكون أبيض ، أصفر شاحب ، رمادى فاتح أو أزرق لامع .

* جنس ٢ : سبيريللوسبورا Genus 2 : Spirillospora

٢ – الجراثيم غير متحركة ، كروية أو مستطيلة .

* جنس ٣ : سترتبوسبورانجيوم Genus 3 : Streptosporangium

(ب) الحوافظ الأسبورانجية غير منتظمة ، الجراثيم عصوية قصيرة .

* جنس ٤ : أمورفو سبورانجيوم Genus 4 : Amorphsporangium

(جـ) الحوافظ الأسبورانجية اسطوانية ، بيضية أو غير منتظمة ، الجراثيم عصوية الشكل مرئية فى سلاسل متوازية داخل الحافظة الجرثومية .

١ – الجراثيم عصوية الشكل متحركة بواسطة خصلة من الأسواط القطبية ، يكون لون المستعمرات على الآجار ، برتقالى ، بنى ، بنى مخضر أو أسود .

– جنس ٥ : أمبللاريللا Genus 5 : Ampullariella

٢ – الجراثيم عصوية الشكل تتحرك بواسطة سوط قطبى أو أسواط جانبية (من ١–٤ أسواط) اللون على الآجار يكون بنى مصفر أو رمادى مصفر أو أصفر ليمونى ، توجد الكائنات غالبًا على الشعر والواد الكيتينية والكبراتينية .

* جنس ٦ : بليميليا Genus 6 : Pilimelia

II – الحوافظ الأسبورانجية ، فنجانية أو إصبعية أو كمثرية تحتوى على عدد من ١–٦ جراثيم وقد توجد مفردة أو مرتبة فى صفين متوازيين على الهيفا الهوائية .

(أ) الحافظة تحتوى على جرثومة فى كل صف على طول الهيفا الهوائية .

– جنس ٧ . بلانومونوسبورا Genus 7 : Planomonospora

(ب) الحافظة إصبعية أو فنجانية تحتوى على جرثومتين أو أكثر مرتبة طوليا داخل الحافظة .

١ – الحافظة إصبعية أو خيطية (شريطية) الجراثيم عليها أهداب محيطية أو خصلتين بكل قطب .

– الجراثيم عصوية تكون ثنائيات طولية على الهيفا الهوائية

* جنس ٨ . بلانوبيوسبورا Genus 8 : Planobiospora

الجراثيم بيضية أو كمثرية توجد فى صف واحد أو ثلاثة أو أربعة صفوف داخل الحافظة التى تنمو مباشرة من الميسليوم الخضرى

* جنس ٩ : داكتيلوسبورانجيوم Genus 9 : Dactylosporangium

٢ – الحافظة فنجانية والجراثيم لا تحتوى على أهداب .

* جنس ١٠ : كيتاساتوا Genus 10 : Kitasatoa

عائلة – ٥ : ديرماتوفيلية Family - 5 : Dermatophyilaceae

بالإضافة إلى الصفات العامة للرتبة تتميز هذه العائلة بالآتى :

١ – الميسليوم خيطى ينقسم عرضيا وينقسم طوليا فى مستويين على الأقل فيعطى كتلة من الخلايا الكروية أو مكعبة والتى تستطيع الحركة .

٢ – الميسليوم الهوائى غير موجود (أثرى) ، الجدار الخلوى من النوع رقم ٣ .

٣ – موجبة لصبغة جرام ، غير صامدة للأحماض .

٤ – تفرز أصباغ بصفة عامة .

٥ – هوائية .

٦ – تشمل كائنات ممرضة تسبب ضرر بجسم الثدييات بما فيها الإنسان .

٧ – تضم جنسين ويتم تصنيفهما كالآتى :

I – الميسليوم خيوطه ضيقة ومدببة ذات تفرع جانبى بزوايا حادة ، تتكون حواجز عرضية وأفقية ورأسية ، له قدرة تخمرية ضعيفة تحتوى

* جنس ١ : ديرماتوفيللس Genus 1 : Dermatophilus

II – الميلسيوم ثرية ، درنية الشكل ، غير مغلقة ، ثلوث عديد القصوص يحتوى على كتلة من خلايا مكعبة

* جنس ٢ : جيوديرمانوفيللس Genus 2 : Geodermatophilus

عائلة – ٦ : النوكاردية Family - 6 : Nocardiaceae

بالإضافة إلى صفات الرتبة تتميز هذه العائلة بالآتى

١ – هوائية والجدار من النوع الرابع وموجبة لصبغة جرام .

٢ – الميسليوم الهوائى قد يوجد وقد يكون أثريا

٣ – يختلف تكوين الجراثيم باختلاف الأجناس

٤ – تضم جنسين ويتم تصنيفهما كالآتى .

I – لاتتكون الجراثيم ، الأجسام التكاثرية عبارة عن قطع من الميسليوم تتكون بصورة غير منتظمة فى الوسط أو على الهيفات الهوائية .

* **جنس ١ : نوركاديا** Genus 1 : Nocardia

II– تتكون الجراثيم على الهيفات والجراثيم اسطوانية وتوجد فى تعاقب قمى .

* **جنس ٢ : بسودونوكارديا** Genus 2 : Pseudononcardia

جنس : نوكارديا Genus : Nocardia بالإضافة للصفات السابقة فإنه يتميز بالآتى :

١ – خيوطها اسطوانية أو عصويات مستقيمة ، قد تنتفخ وأحيانا تتفرع مكونة ميسليوم ، هوائية .

٢ - تتجزأ الهيفات إلى قطع صغيرة تشبه خلايا البكتيريا الحقيقية .

٣ – لاتكون جراثيم كونيدية .

٤ – موجبة لصبغة جرام ، صمودها للأحماض متغير .

٥ – بعض الأنواع ممرضة للإنسان أما غالبيتها فهى رمية .

٦ – يضم هذا الجنس ٣١ نوع مختلف ، ويتم تصنيفهم بناء على صفات الميسليوم وصمودها للأحماض واختزال النيترات وتحلل الجيلاتين والصفات اللونية للمستعمرات .

عائلة – ٧ : ستربتوميسيتية **Family - 7 : Streptomycetaceae**

بالإضافة إلى الصفات العامة للرتبة فإن هذه العائلة تتميز بالآتى :

١ – يتكون ميسليوم حقيقى ومتفرع يحمل فى نهايته الجراثيم الكونيدية . قد تكون مفردة أو فى سلاسل مستقيمة أو منحنية أو على حوامل كونيدية صغيرة .

٢ – موجبة لصبغة جرام هوائية أما جنس سبوروكتيا Sporichthya فتفاعله مع صبغة جرام متغير وغير هوائى إختياريًا

٣ – تضم أربعة أجناس ويتم تصنيفهم كالآتى :

I – الحافظة الجرثومية الشبيهة بالحوصلة Vesicles لا تتكون

(أ) لاتتكون جراثيم هوائية متحركة

١ – الجراثيم لا تتولد على حامل جرثومى رأسى (عمودى)

– جنس ١ : ستربتوميسيس **Genus 1 : Streptomyces**

٢ – الجراثيم تتولد على حامل جرثومى رأسى (عمودى) .

* جنس ٢ : ستريتوفرتيسليم Genus 2 : Streptoverticillium

(ب) تتكون جراثيم هوائية متحركة .

* جنس ٣ : سبوركتبا Genus 3 : Sporocthya :

II – تتكون حوفظ جرثومية شبيهة بالحويصلات .

* جنس ٤ : ميكروإيللوبوسبوريا Genus 4 : Microellobosporia

جنس : ستربتوميسيس Genus : Streptomyce

١ – يكون ميسليوم اسطوانى، مدمج خلوى ، متفرع وتتكون الهيئات الهوائية بكثرة .

٢ – عندما تضج الهيفات الهوائية تتكون سلسلة من ثلاثة أو أكثر من الجراثيم الكونيدية .

٣ – أفراده هوائية .

٤ – أفراده تستطيع تحليل واحد أو أكثر من المواد الآتية: الجيلاتين الكازين – النشا .

٥ – تختزل النيترات إلى نيتريت .

٦ – تنتج كثر من الأصباغ والتى تعطى لونًا للميسليوم الخضرى .

٧ – كثير من السلالات تستطيع إنتاج مضادات حيوية .

٨ – يعيش مترمم فى التربة – بعض الأنواع يتطفل على النباتات وتسبب أمراض مثل مرض الجرب فى البطاطس يسببه النوع *S. scabies* والجرب فى البطاطا .

ويسببه *S. ipomoae* .

٩ – يضم هذا الجنس حوالى ٤٦٣ نوع مختلفًا .

عائلة – ٨ : ميكرمونوسيورييه Family - 8 : Micromonosporaceae

بالإضافة إلى الصفات العامة للرتبة فإن هذه العائلة تتميز بالآتى :

١ – يتكون الميسليوم الهوائى ما عدا جنس ميكرومونوسبورا

٢ – الجراثيم تتكون فردية أو فى أزواج أو فى سلاسل قصيرة لذلك يلاحظ غياب الحامل الجرثومى أو قصره الشديد

٣ – غالبًا أفراده هوائية وبعض الأفراد غير هوائية

٤ – تضم هذه العائلة ٦ أجناس يتم تصنيفهم كما يلى

I – الجدار الخلوى من النوع ٢ .

١ – وجود جرثومة واحدة على الميسليوم القاعدى .

* جنس ١ : ميكرومونوسبورا Genus 1 : Micromonospora

II – الميسليوم الهوائى موجود :

(أ) الجدار الخلوى من النوع ٣ ، وجدار كل من جنس : اكتينوبفيدا يكون من النوع رقم ٢ والجنس : ثيرمومونوسبورا يكون من النوع رقم ٤ .

١ – الجراثيم مفردة على كل من الميسليوم القاعدى والهوائى .

* الحامل الجرثومى غير موجود أو قصير جدًا .

– جنس ٢ : ثيرمواكتينوميسيس Genus 2: Thermoactinomyces

* الحامل الجرثومى يتفرع تفرعًا ثنائيًا .

– جنس ٣ : اكتينو بيفيدا Genus 3 : Acrinobifida

٢ – الجراثيم مفردة وعلى الميسليوم الهوائى فقط .

* جنس ٤ : ثيرمومونوسبورا Genus 4 : Thermomonospora

٣ – أزواج طولية من الجراثيم تتواجد على الميسليوم الهوائى فقط .

* جنس ٥ : ميكروبيوسبورا Genus 5 : Microbispora

(ب) جدار الخلية من النوع رقم ٤ .

١ - تتكون سلاسل قصيرة من الجراثيم على كل من الميسليوم القاعدى والهوائى .

* جنس ٦ : ميكروبوليسبورا Genus 6 : Micropolyspra

المراجع العربية

أبو الدهب – مصطفى كمال ومحمد عبد القادر الجعرانى : ١٩٨٤ – البكتيريا – الجزء الأول ، الطبعة الثانية – دار المعارف – الإسكندرية – مصر .

أبو الدهب – مصطفى كمال ومحمد عبد القادر الجعرانى : ١٩٨٤ – البكتيريا – الجزء الثانى – التمارين العملية الأساسية – دار المعارف – الإسكندرية – مصر .

أبو زنادة ، عبد العزيز حامد ، ومحمد الجوهرى محمود : ١٩٨٠ – أساسيات علم الكائنات الحية الدقيقة – عمادة شئون المكتبات – جامعة الملك سعود – الرياض – المملكة العربية السعودية .

الكسندر ، مارتن : ١٩٨٢ – مقدمة فى ميكروبيولوجيا التربة ترجمة محمد منيب محمد وآخرون ، جون وايلى وأولاده – نيويورك (الأهرام – الناشر العربى) .

النخال ، حمزة محمد محمد السيد ١٩٨٧ – علم الأحياء الدقيقة – القاهرة .

جودينف ، أورسولا : ١٩٨١ – الوراثة – ترجمة هشام أحمد حسين وآخرون – الطبعة العربية – الأهرام بالاشتراك مع هوانت سوندرز – القاهرة .

عبد العزيز ، مصطفى : ١٩٧٩ – علم الفيروسات – عماد شئون المكتبات – جامعة الملك سعود – الرياض – المملكة العربية السعودية .

عبد العزيز ، مصطفى وأحمد محمد مجاهد ، وأحمد الباز يونس ، عبد الرحمن أمين : ١٩٧٩ – النبات العام – مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة – مصر .

فكرى ، محمد عزيز : ١٩٦٠ – الفيروس . دار المعارف – القاهرة .

المراجع الأجنبية

Buchanan, R.E & N.E. Gibbons: 1974; Bergy's manual of determinative bacteriology. Williams and wilkins Co. Baltimore Md. U.S.A.

Burrows, w.g 1973; Textbook of Microbiology. Twentith edition. W.B. Saunders Company. Philadelphia. U.S.A.

Buxton and Fraser: 1977, Animal Microbiology volume, 2 Rickettsias and viruser. Blackwell Scientific publication ltd.

Davis, D.D.; R. Dulbecco; H.N. Eisen and H.S. Cinsberg 1980: Microbiology, 3rd ed. Haraber and Row Publishers, New York, U.S.A.

Hayes, W. A: 1974: The genetic of bacteria and their viruses, 2nd ed. John Wiley and sons, New York, U.S.A.

Klieneberger-Nobel, 1960: "L-forms of bacteria" in J.C. Gunazlus and R. Y. Stainer (eds) of "the bacteria" vol 1. Academic Press. New York., U.S.A.

Lamanna, C., M.F. Mallette, 1965: Basic bacteriology, williams and Wilkins Co. Baltimore. Md. U.S.A.

Leifson, E. Atlas of bacterial Flagellation. Academic Press, New York, U.S.A.

Levy. J; JJ.R. Campbell; and T.H. Blackurn. 1973: Introductionary microbiology. John Wiley and Sons New York U.S.A.

Mitchell, R. 1974 . Introduction to environmental microbiology. Prentice Hall, London.

Nester. E.W., C.E Roberts. N.N. Pearsall, and B.J. McCarthy, 1978. Microbiology 2nd ed. Holt, Rinehart and einston, New York. U.S.A.

Pelczar. M.J.,R R. Reid and E.C.S chan. 1977: Microbiology McGraw-Hill Co. New York U.S.A

Perkins. J J 1956: Principles and methods of sterilization Charles C Tomas spring field

Rahn, O. 1945. Physical methods of sterilization of microorganism "Bacteria" McGraw-Hill book Co. New York U.S.A.

Salle, A.J. 1961: Fundamental principle of Bacteriology, McGraw-Hill Book Company. Inc. New York U.S.A.

Salle, A.J. 1967: Laboratory manual on fundamental principle of bacteriology 6th ed. McGraw-Hill Book Company. New York U.S.A.

Stainer, Ry., M. Doudoroff and E.A Adelberg, 1972: General Microbiology. The Macmillan Press. LTD. London. U.K.

Stevenson, C.B. 1970. The biology of fungi, bacteria and viruses. American Elsevier publish. Co. New York U.S.A.

Thuamns. K.V. 1961: The life of bacteria, 3rd printing. The Macmillan press. LTD London. U.K.

Vashishta, B.R. (1983): Botany for degree students. Part, 1-Alage 7th ed. S. Chand and Co. Ltd., Ram Nagar New-Delhi India.

رقم الإيداع	١٩٩٤/١٠٤٢٤
الترقيم الدولي	ISBN 977-02-4792-8

٣/٩٣/٢٤

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)