بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السّودان المفتوحة

برنامج التربية

# أساسيّات الأحياء الدّقيقة 1

(البكتيريا و الفيروسات)

رمز المقرر ورقمه: حيا 3013

تأليف

د. عثمان خليل احمد

بسم الله الرحمن الرحيم

| | | |
|---|---|---|
| **التحكيم العلمي** | ** | **أ.د حامد احمد درار** |
| **التصميم التعليمي** | ** | **أ. امال حسين محمد احمد** |
| | | **أ. منال بكري البيلي** |
| **مراجعة تصميم** | ** | **د. نور الهدى عصام الدين عثمان** |
| **التدقيق اللغوي** | ** | **أ. غادة محمد احمد حمدي** |
| **المراجعة** | ** | **د.سعاد عبد الرحيم البشير** |
| **التنضيد الطباعي** | ** | **أ. غادة محمد احمد حمدي** |
| **التصميم الفني** | ** | **محمد فتح الرحمن محجوب** |
| | | **أ.غادة محمد احمد حمدي** |

**منشورات جامعة السودان المفتوحة الطبعة 2005م**

جميع الحقوق محفوظة لجامعة السودان المفتوحة، لا يجوز إعادة إنتاج أيّ جزء من هذا الكتاب، وبأيّ وجه من الوجوه، إلاّ بعد الموافقة المكتوبة من الجامعة.

# مقدمة المقرر

بسم الله والحمد لله الذي أنعم علينا بالعلم وزودنا بالعقل لمزيد من المعرفة عن هذا الكون وما فيه من أحياء وكائنات.

مرحباً بك عزيزي الدارس، ونحن نلتقيك في رحاب التعليم الذاتي، وندخل لمقرر جديد ومواصلة لما بدأته في الفترات الدراسية السابقة. نبدأ لك مقرر أساسيات الأحياء الدقيقة 1 ( **Principles of Microbiology**)، وهو أحد العلوم الحديثة التي ظهرت في أواخر القرن التاسع عشر، بعد تطور علوم التشريح، وبعد اكتشاف العدسات البسيطة والتي ساعدت كثيراً في صناعة العدسات البسيطة لمعرفة ومشاهدة الكائنات الدقيقة والتي يتطلب معرفتها الفحص بالمجهر. وتشمل البكتيريا، الفطريات، الطحالب، البروتوزوا، والفيروسات.

لعلم الأحياء الدقيقة ارتباط بعلم الفسيولوجي، ويدرس شكل وتركيب وتكاثر الكائنات وتوزيعها في الطبيعة، و يسبب عدد منها أمراضاً للحيوان والإنسان، والبعض الأخر غير ضار ويستفاد منه في الصناعة والزراعة، وفى صناعة الجبنة والزبادي والكحول والأحماض العضوية والمضادات الحيوية.

توجد في هذا المقرر ستة وحدات تشرح وتصف أساسيات الأحياء الدقيقة، تبدأ بتاريخ الأحياء الدقيقة ومعرفة العلماء الذين لهم الفضل الكبير في هذا العلم، وتصف خصائص الأحياء الدقيقة والشكل والتركيب لكل من البكتيريا، والفيروسات.

ستجد أن الوحدات في ترابط وتسلسل منطقي، وبداخل الوحدات سوف تجد الرسومات التوضيحية والأشكال التي تبين تطور حياة الكائن الدقيق، كذلك تجد التدريبات ولها إجابات نموذجية في نهاية الوحدات، ثم أسئلة تقويم ذاتي لتعينك على الاستيعاب والاسترجاع والتأكد من الفهم، كذلك مسرد مصطلحات علمية يشرح المصطلح العلمي ويعرفه تعريفاً كاملاً ومراجع يمكنك الرجوع إليها. ونرجو ان ننوه بان الصور والاشكال المضمنة في هذا الكتاب قد أخذت من المراجع المضمنة في نهاية كل وحدة ونذكر منها علي سبيل المثال: الرحمة (1993) وايضاً Tortora et al (1982) وايضاً Pelczar et al (1997) Alexopoulos Ketchum (1962) (1988).

عليك عزيزي الدارس، أن تهتم بهذا المقرر لأنه القاعدة العامة لدراسة الأحياء، نتمنى أن تستفيد في دراستك الذاتية، وأن تقدم لنا مقترحاتك ونقدك البناء حتى نتمكن من تدارك الأخطاء، أخيرً لك أمنياتنا بدراسة ممتعة ونكرر لك الترحيب.

# الأهداف العامة للمقرر

عزيزي الدارس بعد دراستك لهذا المقرر ينبغي منك أن تكون قادراً على أن:

- **تتعرف على** تاريخ علم الأحياء الدقيقة.
- **تشرح** فرضيات كوخ وفائدتها ومساهمة العلماء في تطور علم الأحياء الدقيقة.
- **تصف** خصائص الأحياء الدقيقة.
- **تضع** تصنيف للبكتيريا.
- **توضح** الأشكال الظاهرية والتركيب الدقيق للبكتيريا.
- **تحدد** بيئات السيانوبكتيريا الطبيعية وأوجه الشبه والاختلاف بينها وبين البكتيريا الحقيقية.
- **تشرح** طرق التكاثر والتغذية في البكتيريا.
- **تعرف** النمو وعوامله.
- **تعرف** الفيروس نشأته وخصائصه وطرق تكاثره.
- **تصف** مراحل إصابة الخلايا بالفيروس.

# محتويات المقرر


| الوحدة | اسم الوحدة | الصفحة |
|---|---|---|
| 1 | تاريخ علم الأحياء الدقيقة | 1 |
| 2 | خصائص الأحياء الدقيقة وتصنيف البكتيريا | 40 |
| 3 | الشكل الظاهري والتركيب الدقيق للبكتيريا (1) | 62 |
| 4 | الشكل الظاهري والتركيب الدقيق للبكتيريا (2) | 111 |
| 5 | التكاثر والنمو | 144 |
| 6 | الفيروسات | 191 |

الوحدة الأولى
تاريخ علم الأحياء الدقيقة

# محتويات الوحدة


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 4 |
| **تمهيد** | 4 |
| **أهداف الوحدة** | 5 |
| **1. وضع الأحياء الدقيقة في أنظمة التصنيف** | 7 |
| 1.1 نظام الممالك الثلاث | 8 |
| 2.1 نظام الممالك الخمس | 10 |
| **2. مجموعات الكائنات الدقيقة** | 12 |
| 1.2 البكتيريا | 12 |
| 2.2 الطحالب | 12 |
| 3.2 البروتوزوا | 13 |
| 4.2 الفطريات | 13 |
| 5.2 الفيروسات | 14 |
| **3. تسمية وتصنيف الكائنات الدقيقة** | 15 |
| **4. تطور علم الأحياء الدقيقة** | 17 |
| 1.4 نظرية النشوء الذاتي | 18 |
| 2.4 نظرية التخمر الميكروبي | 19 |
| 3.4 نظرية المرض الميكروبي | 20 |
| 4.4 فرضيات كوخ | 20 |
| **5. أهم الاكتشافات في علم الأحياء الدقيقة** | 22 |
| 1.5 عزل وتزريع وتنقية الميكروبات | 22 |
| 2.5 عزل الميكروبات بالأوساط الغذائية الاثرائية | 24 |
| 3.5 التحصين | 24 |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| 4.5 العلاج بالكيميائيات | 25 |
| 5.5 علم الأحياء الدقيقة والبيولوجيا الجزيئية | 27 |
| 6.5 الأحياء الدقيقة والهندسة الوراثية | 28 |
| 7.5 أقسام الكائنات الدقيقة التطبيقية | 28 |
| **الخلاصة** | 31 |
| **لمحة مسبقة عن الوحدة التالية** | 32 |
| **إجابات التدريبات** | 33 |
| **مسرد المصطلحات** | 36 |
| **المراجع** | 37 |

# المقدمة

## تمهيد

**عزيزي الدارس،**

مرحباً في هذه الوحدة. بين يديك الوحدة الأولى من مقرر أساسيات الأحياء الدقيقة، وهى وحدة تاريخ الأحياء الدقيقة، التي تتضمن خمسة أقسام رئيسية، تتناول وضع الأحياء الدقيقة في أنظمة التصنيف وتطوره عبر عدد من محاولات العلماء للوصول إلى الطريقة المثلى لتصنيف الكائنات الحية، كما سنتعرف على الخصائص العامة لمجموعات الكائنات الدقيقة، ومن خلال القسم الثالث سنضع لك طريقة تسمية وتصنيف هذه الكائنات.

تطور علم الأحياء الدقيقة بالإضافة إلى أهم الاكتشافات هو موضوع القسمين الأخيرين من هذه الوحدة، حيث تدرس إسهامات عدد كبير من العلماء في تطور هذا العلم عن طريق سلسلة من التجارب العملية، أدت إلى اكتشافات عديدة شملت اكتشاف المضادات الحيوية، علم الهندسة الوراثية وغيرها من الإكتشافات الهامة التي استفادت منها البشرية.

تتخلل الوحدة مجموعة من أسئلة التقويم الذاتي قصد منها تدعيم وتعزيز عملية التعلم لديك. نختتم الوحدة بخلاصة ومسرد مصطلحات لأهم المصطلحات وقائمة بالمراجع التي إعتمدنا عليها. أهلاً بك مرة أخرى في هذه الوحدة.

# أهداف الوحدة

**عزيزي الدارس بعد أن تفرغ من قراءة هذه الوحدة، ستكون قادراً على أن:**

- **تصف** مجموعات الأحياء الدقيقة التي تدرس في علم الميكربيولوجى ونشاطاتها الضارة والمفيدة في حياتنا.
- **توضح** الفروقات بين البروكاريوتات **Procaryotes** واليوكاريوتات **Eucaryotes**.
- **تفرق بين** وضع مجموعات الأحياء الدقيقة في أنظمة التصنيف.
- **تحدد** النتائج المستفادة من نظريات النشوء الذاتي، ونظرية التخمر الميكروبي، ونظرية المرض الميكروبي، والتحصين، والعلاج بالكيميائيات.
- **تعدد** فرضيات كوخ **Koch's postulates** و كيف ساعدت هذه الفرضيات بجانب استنباط طرق لعزل وتزريع وتنقية الميكروبات في تطور علم الأحياء الدقيقة.
- **تصف** الخصائص العامة لمجاميع الكائنات الدقيقة.
- **تشرح** أسباب إستخدام الأحياء الدقيقة كأداة أو نظام نموذجي لاكتشاف العمليات الحيوية في الكائنات الحية، ويستفاد منها أيضاً في مجال الهندسة الوراثية.
- **تقارن بين** مساهمات كل من:

  ليفينهوك، وباستير، وليستر، وكوخ، وفلمينج وجينر فى تطور علم الأحياء الدقيقة.
- **تضع** قائمة بأسماء أقسام الكائنات الدقيقة التطبيقية وخصائصها.

# توطئة

علم الأحياء الدقيقة (الميكروبيولوجي) **Microbiolog** هو أحد العلوم التي اكتشفت مؤخراً في القرن التاسع عشر، بعد أن تطورت علوم أخرى مثل التشريح والفيزياء. حدث الاكتشاف بعد صناعة العدسات البسيطة في القرن السابع عشر والتي مكنت الباحثين من مشاهدة الكائنات الدقيقة التي يصعب رؤيتها بالعين المجردة، والتي يتطلب فحصها بالمجهر لمشاهدتها. **تشمل الكائنات الدقيقة البكتيريا، الفطريات، الطحالب، البروتوزوا، والفيروسات. يهتم علم الأحياء الدقيقة بدراسة شكل، تركيب، وتكاثر، فسيولوجيا، تصنيف هذه الكائنات، توزيعها في الطبيعة، علاقتها ببعضها وتأثيرها على الإنسان والحيوان والنبات.**

توجد الكائنات الدقيقة في كل مكان تقريباً، في الماء والهواء والتربة، كما توجد على الجلد والفم والأسنان والجهاز الهضمي للإنسان والحيوان. الظروف الملائمة لنمو وتكاثر الكائنات الدقيقة هي نفس الأجواء التي يعيش فيها الإنسان. ولحسن الحظ أن غالبية هذه الكائنات غير ضارة وأن بعضاً منها يسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات حيث إن كثيراً من الأمراض التي تعاني منها البشرية من كوليرا ودرن رئوي (السل) (ودسنتاريا **Dysentery**) وتيتانوس (الكزاز) **Tetanus** ونقص المناعة المكتسبة (الإيدز) **AIDS** (وتسمم الغذاء وغيرها تسببها الأحياء الدقيقة، كما أنها تسبب أمراضاً مختلفة للحيوانات مثل مرض الجمرة الخبيثة **Anthrax** (الحمى الفحمية) التي تصيب الأبقار والأغنام، ومرض الفم والقدم الذي يصيب الماشية (المعروف بأبي لسان في السودان والعديد من الأمراض الأخرى. إن النباتات معرضة أيضاً لكثير من الأمراض البكتيرية، الفطرية والفيروسية التي تتسبب في خسائر فادحة في المنتجات الزراعية، وبالرغم من ذلك فأن الكائنات الحية الدقيقة تلعب دوراً هاماً في منفعة ورفاهية البشرية.

بعض الكائنات الدقيقة تستخدم للاستفادة منها في الصناعة والزراعة ومجالات أخرى عديدة. تستغل الأحياء الدقيقة في تحضير وصناعة الجبن، الزبادي، النبيذ وإنتاج عدد من المواد الكيميائية كالكحول، الخل، الأسيتون والأحماض العضوية. إن المضادات الحيوية الـ

**Antibiotics**) التي تستعمل الآن كعلاج للقضاء على الميكروبات الممرضة تنتج بوساطة الكائنات الدقيقة.

تساعد البكتيريا التي تعيش في أمعاء الإنسان في تحليل المواد الغذائية وتعمل على تخليق عدد من الفيتامينات الضرورية التي يحتاج إليها الإنسان. الكائنات الدقيقة التي تعيش في التربة تلعب دوراً هاماً في خصوبتها، وذلك بتحليلها لبقايا النباتات والحيوانات وتحويلها إلى مواد بسيطة يستطيع النبات امتصاصها بسهولة. كما أن بعض الكائنات الدقيقة تقوم بتثبيت النتروجين الجوي وتحويله إلى مركب نتروجينى عضوي تستفيد منه النباتات. إن وجود الكائنات الدقيقة في التربة يساهم في إكمال دورات العناصر المختلفة في الطبيعة، ويعمل على تحليل الفضلات والمواد الكيميائية الضارة مما يؤدي إلى حفظ التوازن البيئي.

الكائنات الدقيقة التي تعيش في الماء من طحالب وبكتيريا تمثل مصدراً غذائياً للكائنات التي تعيش في المحيطات والأنهار والبحيرات وقاعدة سلسلة الغذاء **Food chain** في المياه العذبة والبحار. وأن الطحالب والبكتيريا الممثلة للضوء تطلق الأكسجين الهام لحياتنا وحياة الكائنات الحية الأخرى وذلك أثناء عملية البناء الضوئي **Photosynthesis**. وقد أتضح أن بعض الكائنات الدقيقة مسئولة عن فساد وتلف المواد الغذائية من لحوم وخبز ولبن ومن تآكل الأخشاب وأنابيب الحديد.

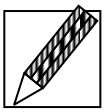
# 1.وضع الأحياء الدقيقة في أنظمة التصنيف

أعتاد الإنسان منذ زمن بعيد على تقسيم الكائنات الحية إلى مجموعتين هما النباتات والحيوانات. ثم لجأ العلماء المتخصصون فيما بعد إلى تقسيم الكائنات الحية إلى **المملكة النباتية Kingdom Plantae والمملكة الحيوانية Kingdom Animalia**.

كانت الكائنات الدقيقة، البكتيريا، الطحالب الفطريات والفيروسات تصنف ضمن مملكة النبات، بينما البروتوزوا **Protozoa** تتبع مملكة الحيوان. وضعت بعض الكائنات مثل السوطيات **Flagellates** والفطريات اللزجة **Slime molds** ضمن مملكة النبات ومملكة الحيوان في آن واحد.

و مع مرور الزمن وتقدم العلوم والدراسات البيولوجية إتضح أن وضع الكائنات الدقيقة ضمن مملكتي الحيوان والنبات غير مقنع وغير كافٍ ولابد من وجود نظام لتصنيف هذه الكائنات.

**تدريب (1)**



وضح كيف أثر ظهور المجهر الالكتروني على تصنيف الكائنات الدقيقة.

# 1.1

## نظام الممالك الثلاث Three Kingdoms System

في عام 1866م أقترح عالم النبات الألماني هيكل **Haeckel** مملكة ثالثة سماها البروتستا **Protista** لتضم كل الكائنات البدائية، بسيطة التركيب من بكتيريا طحالب فطريات وأوليات. هذه الكائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا.

أستمرت فكرة **مملكة البروتستا** تروق لكثير من العلماء على مر السنين ولكنها لم تجد قبولاً عالمياً في ذلك الوقت، واستمر غالبية العلماء يصنفون البكتيريا، الفطريات والطحالب في مملكة النبات والبروتوزوا في مملكة الحيوان.

### الخلايا البروكاريوتية واليوكاريوتية Procaryotic and Eucaryotic Cells

بعد اتقان المجهر الإلكتروني في أواخر الأربعينات تمكن العلماء من مشاهدة التفاصيل الدقيقة للكائنات الحية.إتضح بأن المادة الوراثية لبعض الكائنات مثل البكتيريا وما كان يسمى الطحالب الخضراء المزرقة **Blue green algae** لا توجد داخل غشاء يحيط بها ويفصلها عن السيتوبلازم، بينما المادة الوراثية للطحالب، الفطريات، الأوليات (البروتوزوا) النباتات والحيوانات محاطة بغشاء نووي. أطلق على الكائنات الحية التي لا يحيط بمادتها الوراثية غشاءاً نووياً أسم البروكاريوتات **Procaryotes** أي الكائنات بدائية النواة وسميت الكائنات الأخرى ذات الغشاء النووي (حقيقية النواة) يوكاريوتات **Eucaryotes**. لقد كان ذلك اكتشافاً هاماً صحبه اكتشاف فروقات عديدة في التركيب الداخلي بين خلايا المجموعتين البروكاريوتية واليوكاريوتية في عام

1957م أقترح العالم روجر أستانير **R.Stanier** وزملاؤه أحياء مملكة البروتستا التي سبق أن أقترحها هيكل عام 1866م. قسم أستانير مملكة البروتستا إلى مجموعتين، أطلق على المجموعة الأولى أسم **البروتستا الدنيا Lower Protista** وتضم الكائنات الدقيقة بدائية النواة (البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة)، أطلق أسم **البروتستا العليا Higher protista** على المجموعة الثانية التي تضم الطحالب، الفطريات والأوليات.

جدول (1) يوضح بعض الفروقات بين خلايا البروكاريوتات واليوكاريوتات

| الخاصية | البروكاريوتات Procaryotes | اليوكاريوتات Eucaryotes |
|---|---|---|
| الحجم **Size** | 10. 100 مايكرومتر | أكبر من 100 مايكرومتر |
| النواة**Nucleus** | – لا يوجد غشاء نووي.<br>– يوجد كروموسوم واحد<br>– لا توجد بروتينات الهيستون. | – يوجد غشاء نووي.<br>– توجد كروموسومات تنقسم انقساماً مباشراً واختزالياً.<br>– توجد بروتينات الهيستون مرتبطة بالكروموسومات. |
| ميتوكوندريا أجسام جولجي،شبكة إندوبلازمية،الميسوسومات ، الليسوسومات | لا توجد | توجد |
| جدار الخلية **Cell wall** | الجدار معقد كيمائياً, غالبية الجدر تحتوي على سكريات ببتيدية ( ببتيدوجليكان) **Peptidoglycan** | إذا وجد, يتكون من سليولوز أو كايتين **Chitin** |
| الريبوسومات**Ribosomes** | صغيرة الحجم, لها ثابت ترسيب 70S | كبيرة الحجم لها ثابت ترسيب 80S |
| الأسواط **Flagella** | دون المجهري, بسيطة التركيب تتكون من ليفه واحدة | مجهري, معقد, يتكون من عشرة أزواج من الألياف |
| التنفس**Respiration** | مرتبط بالغشاء السيتوبلازمى | مرتبط بالميتوكوندريا |
| الأنسجة **Tissues** | لا يوجد تمييز **أنسجة No tissue differentiation** | عادة يوجد تمييز أنسجة |
| السيتوبلازم | لا يوجد انسياب سيتوبلازمي | يوجد انسياب سيتوبلازمي |
| الإرتشاف **Pinocytosis** | لا توجد | يوجد |

| | | |
|---|---|---|
| **Sexuality** | اللاقحة **Merozggotic** ثنائيه المجموعة الكروموسومية جزئياً | ثنائيه المجموعة الكروموسومية |
| آليات الأيض **Metabolic mechanisms** | آليـــات الأيـــض متعـــددة خصوصـــاً تفاعلات إنتاج الطاقة لا هوائياً | الجليكوليزيز **Glycolysis** هو المسار لإنتاج الطاقة |
| النسبة المئوية جوانين + سيتوسين( C+ G% ) | 28 إلي 73 | حوالي 40 |

**تدريب (2)**

هل تستطيع إضافة مزيد من الفروقات بين الخلايا البروكاريوتية إلى الجدول رقم (1).

## 2.1 نظام الممالك الخمس Five Kingdoms System

في عام **1969م** أقترح روبرت ويتاكر **Robert H.Whittaker (1924–1980م)** تقسيم الكائنات الحية إلى خمس ممالك اعتماداً على تنظيم الخلايا Cellular **Organization** وطرق التغذية **Nutritional pattern** . **تتكون الممالك الخمسة من:**

**1) المملكة النباتية Kingdom Plantae.** **2) المملكة الحيوانيه Kingdom Animalia.**
**3) الفطريات Myceteae (Fungi) .** **4) الطلائعيات** البروتستا **Protista.**
**5) البدائيات** مونيرا **Monera.**

هذا التقسيم مبني على تنظيم الخلايا **Cellular organization** وطرق التغذية **Nutritional Pattern**، وهو مقبول بدرجة كبيرة بالرغم من بعض الانتقادات التي تعرض لها. أعتمد ويتاكر في تقسيمه على الفروقات بين الكائنات بدائية النواة وحقيقية النواة، وعن الطرق التي تتغذى بها هذه الكائنات.

| النباتات | الحيوانات | الفطريات | الطلائعيات | البدائيات |
|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| تصنع غذائها بتمثيل الضوء **Photosynthetic** وتحتوى الخلايا على جدر خلوية | كائنات متحركة تتغذى بالتهام أو ابتلاع الغذاء Ingest food وليس للخلايا جدر | لا تحتوى على كلوروفيل **Chlorophyll** ومعظمها مترمم **Saprophytes** تعيش على تحليل المواد العضوية الميتة وامتصاصها **Absorption** | تضم الكائنات حقيقة النواة، بسيطة التركيب، وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا، تتغذى بطرق مختلفة وتضم الطحالب والبروتوزوا | تضم الكائنات الدقيقة بدائية النواة، البكتيريا والسانوبكتيريا **Cyanobacteria** |

النباتات تصنع غذائها بتمثيل الضوء **Photosynthetic** وتحتوي الخلايا على جدر خلوية. الحيوانات كائنات متحركة تتغذى بالتهام أو ابتلاع الغذاء **Inges food** وليس للخلايا جدر. الفطريات لا تحتوي على كلوروفيل **Chlorophyll** ومعظمها مترمم **Saprophytes**, تعيش على تحليل المواد العضوية الميتة وإمتصاصها **Absorption**. أما مملكة الطلائعيات البروتيستا **Protista** فتضم الكائنات حقيقية النواة, بسيطة التركيب وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا وتتغذى بطرق مختلفة وتضم الطحالب والبرتوزوا **Protozoa**. وأما مملكة البدائيات مونيرا **Monera** فتضم الكائنات الدقيقة بدائية النواة البكتيريا والسيانوبكتيريا **Cyanobacteria**. أما الفيروسات فهي دقائق غير خلوية، تستطيع التكاثر فقط داخل الخلايا الحية متطفلة إجباراً **Obligate parasite**. خاصية التكاثر هي إحدى صفات الكائنات الحية, ومن جهة أخرى يمكن بلورة الفيروسات أي تحويلها إلى بلورات **Crystals**، وهذه إحدى صفات الجمادات. لقد تمكن إستانلي **Stanley** عام **1935م** من ترسيب الفيروسات التي تصيب نبات التبغ بالكحول في شكل بلورات. تعتبر الفيروسات كائنات حية غير خلوية الأصل وقد تم فصلها من النباتات. ويلاحظ، بأنها، على حسب نظم التقسيم الحديثة، وضعت فى مملكة مستقلة تسمى مملكة الفيروسات **Kingdom Viratae**. تدرس الفيروسات الآن في علم منفصل يعرف باسم علم الفيروسات **Virology**. وتجدر الإشارة إلى انه قد قدمت أنظمة تصنيف قسمت فيها الكائنات الحية إلى ثلاثة ممالك وستة ممالك وثمانية ممالك.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. كيف تمكن العلماء من مشاهدة التفاصيل الدقيقة للكائنات الحية.
2. عرف كل من الاتى:
   أ) الكائنات بدائية النواة ب) الكائنات حقيقية النواة
   ج) البروتستا الدنيا د) البروتستا العليا
3. ما هو الفرق بين اقتراح هيكل و روجر استانير وزملاؤه لمملكة البروتستا؟
4. ناقش الفروقات بين الكائنات اليوكاريوتية والبروكاريوتية.
5. ما هي الأسس التي بنى عليها ويتاكر نظام الخمس ممالك؟
6. ما هو وضع الكائنات الدقيقة في نظام الخمس ممالك؟
7. كيف تختلف الفيروسات عن الكائنات الدقيقة.

# 2. مجموعات الكائنات الدقيقة

ندخل بك لمجموعات الكائنات الدقيقة ونتعرف على مجموعة البكتريا، الطحالب، البروتوزوا، الفطريات ثم الفيروسات ولكل مجموعة وحدة منفصلة نشرح بالتفصيل كل مجموعة فمرحباً بك في مجموعة البكتريا.

## 1.2 البكتيريا Bacteria

- كائنات صغيرة وحيدة الخلية بدائية النواة، ولهذا السبب وضعت في مملكة مونيرا **Monera** (بروكاريوتى) **Procaryotae** نسبة لطبيعتها البروكاريوتيه.
- توجد منفردة أو في أزواج أو سلاسل أو مجموعات، أما أشكالها فتكون إما كروية أو عصوية أو حلزونية.
- يحتوى الجدار على مادة الببتيروجليكان **Peptidoglycan** .
- تتكاثر البكتيريا بالانفلاق الثنائي البسيط **Simple binary fission**

تتغذى على المواد العضوية التي تتحصل عليها من الكائنات الميتة أو من عائل حي. بعض البكتيريا تقوم بالتمثيل الضوئي، والبعض يتغذى على المواد غير العضوية.

- كثير من البكتيريا تتحرك بوساطة الاسواط **Flagella**.

**تدريب (3)**

ماذا تستنتج من احتواء جدار البكتيريا على مادة الببتيدوجليكان **Peptidoglycan ؟**

## 2.2 الطحالب Algae

- كائنات يوكاريوتية تنتمي لمملكة البروتستا، تحتوى على كلوروفيل، وتقوم بعملية التمثيل الضوئي.
- معظمها وحيدة الخلية، أما بعضها فيكون تجمعات لخلايا متشابهة أو متباينة في تركيبها أو وظائفها أو قد لا تكون كذلك.
- كائنات ذاتية التغذية، تحتاج للضوء والهواء للنمو، لكنها عاده لا تحتاج لمركبات عضوية.
- تلعب الطحالب دورا هاما في توازن الطبيعة لقدرتها على إنتاج الأكسجين الذي تحتاج إليه الكائنات الأخرى.
- تتكاثر الطحالب جنسيا ولا جنسيا.
- تتواجد بكثرة في المياه العذبة والمالحة، وفى التربة والنباتات والأجواء الأخرى.

## 3.2 البروتوزوا Protozoa

- كائنات يوكاريوتية وحيدة الخلية تنتمي لمملكة البروتستا. يعتمد تقسيمها على الشكل الظاهري والتغذية.
- تتحرك بواسطة أقدام كاذبة **Pseudopodia** أو اسواط أو أهداب **Cilia**.
- يغطى الجسم قشرة **Pellicle** بدلا من جدار خلوي.
- تعيش حرة أو متطفلة، وتمتص غذائها أو تلتهمه من الوسط الذي يحيط بها.
- لها أشكال مختلفة وتمتلك تراكيب خاصة يقوم كل منها بوظيفة معينة.

- البراميسيوم **Paramecium** تمثل بروتوزوا ذات أهداب، تمتلك نواتين، أحداهما لتنظيم النمو والأخرى للتكاثر، وميزاب فمي لالتهام الغذاء وفتحة شرج للإخراج والتخلص من الفضلات.

## 4.2 الفطريات Fungi

- كائنات يوكاريوتيه، وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا.
- لا تحتوى على كلوروفيل بل تعيش مترممة **Saprophytes** وتعتمد على امتصاص احتياجاتها الغذائية من المواد العضوية المتحللة أو تتطفل على النباتات والحيوانات.
- يتكون الجدار الخلوي للفطريات الحقيقية أساسا من مادة الكايتين **Chitin**.
- يتكون جسم الفطر من خيوط تتشابك مع بعضها لتكون غزل فطرى أو **ميسيليوم Mycelium**، يكون مقسما بحواجز Septa أو غير مقسم مدمج خلوى **Coenocytic**. الخميرة تمثل إحدى الأشكال وحيدة الخلية واكبر حجما من البكتيريا.
- تتكاثر الفطريات جنسيا **Sexually** ولا جنسيا **Asexually**.

## 5.2 الفيروسات Viruses

- تختلف الفيروسات كثيرا عن المجموعات السابقة ولا يمكن رؤيتها إلا بوساطة المجهر الالكتروني
- الفيروسات عبارة عن كائنات دقيقة غير خلوية **Non–cellular Particlers** ، تتكون من مركز **Core** يحتوى على حمض نووى د ن أ **(DNA)** أو ر ن أ **(RNA)** ويحيط به غطاء من البروتين.
- يوجد في بعضها غشاء خارجي أو غلاف **Envelope** يتكون من الدهون.
- تعتمد كلية على العائل **Host** لعدم امتلاك دورة أيض مستقلة، وتتكاثر فقط داخل انسجه الخلايا الحية.

**تدريب (4)**

الفيروسات تختلف عن الطحالب والبكتيريا والبروتوزوا ولكنها تعتبر أحدى مجموعات الأحياء الدقيقة. علل إجابتك.

**أسئلة تقويم ذاتي**

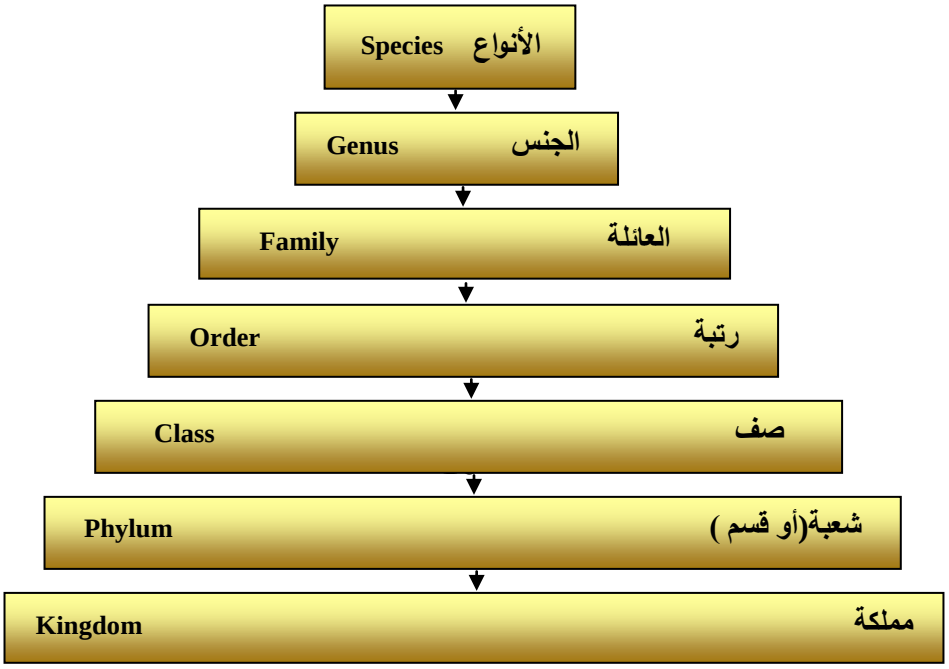
1. كيف تتكاثر البكتيريا؟
2. هل تلعب الطحالب دوراً هاماً في توازن الطبيعة؟ إذا كانت الإجابة بنعم وضح كيف؟
3. كيف تتحرك البروتوزوا؟
4. مم يتكون الجدار الخلوي للفطريات الحقيقية؟
5. لماذا تعتمد الفيروسات كلية على العائل ؟
6. وضح الخصائص العامة للطحالب،البكتيريا،الفطريات،البروتوزوا والفيروسات.
7. ضع الصفة من القائمة (ب) مع ما يناسبها من الاسم من القائمة (أ).

| القائمة (أ) | القائمة (ب) |
|---|---|
| الطحالب | (أ) لا تتكون من خلايا |
| البكتيريا | (ب) الجدر تحتوى على كايتين Chitin |
| الفطريات | (ج) الجدر تحتوى على سليولوز |
| البروتوزوا | (د) الجدر تحتوى على ببتيدوجليكان |
| الفيروسات | (هـ) تركيب الخلية معتمد |

# 3. تسمية وتصنيف الكائنات الدقيقة

## Nomenclature and Classification of Microorganisms

يرجع فضل نظام التسمية **Nomenclature** المعمول به إلى كارلوس لينيوس **Carolus Linnaeus (1735م)** عالم النبات السويدي. يتكون اسم الكائن من أسمين. الاسم الأول يشير إلى الجنس **Genus** والثاني إلى النوع **Species**. الاسم الأول يكتب حرفه الأول بالحرف التاجي **Capital**، أو توضع خطوط مستقيمة تحت الاسمين، أو تكتب بحروف مائلة في حالة الطباعة. كانت الأسماء تكتب باللغة اللاتينية لأنها كانت لغة العصر في ذلك الوقت. ويلاحظ أن الأسماء تشير إلى وصف الكائن الحي أو لأسم أحد العلماء أو المكان الذي يعيش فيه نوع الكائن الحي.أن الأنواع **Species** المتشابهة تضمن أو توضع في نفس الجنس **Genus**، والأجناس المتشابهة تضمن في نفس العائلة **Family**، وأن العوائل المتقاربة **(Related** توضع في رتبة **Order**، وأن الرتب المتقاربة توضع في صف **Class**، وأن الصفوف**Classes** تشكل جزءاً من شعبة **Phylum** في مملكة الحيوانات أو قسم **Division** في مملكة النباتات، والشعب ذات القربى توضع في مملكة **Kingdom**.



**أسئلة تقويم ذاتي**

1. **مم يتكون أسم الكائن؟ وإلى ماذا يشير كل منهما.**
2. **أكمل ما يلي بعبارة مناسبة:**

أ) **الأنواع المتشابهة توضع في نفس.....**

ب) **العوائل المتقاربة توضع في.....**

ت) **الصفوف تشكل جزءاً من..... في مملكة الحيوانات أو..... في مملكة النباتات.**

# 4. تطور علم الأحياء الدقيقة (الميكروبيولوجي)

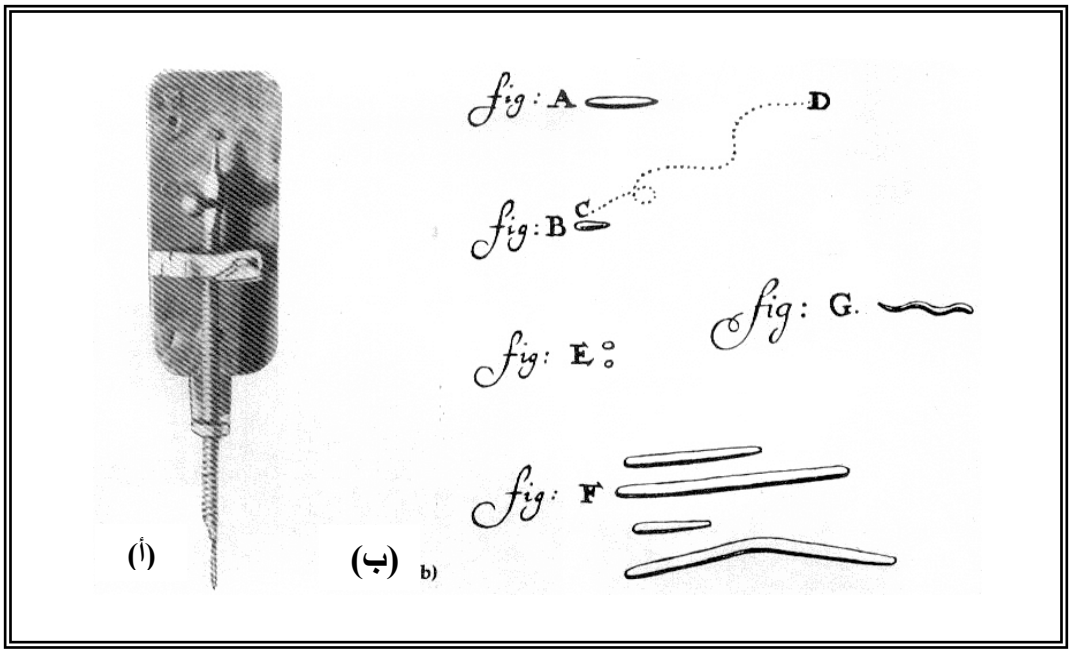
## Microbiology

يرجع فضل تطور علم الأحياء الدقيقة، كما قال باستير **Pasteur** إلى العلماء أصحاب العقول المهيأة، أولئك الذين يمتلكون القدرة على ربط الظواهر واستخلاص الحقائق منها. لقد بدأ اكتشاف الأحياء الدقيقة بعد أن قام أنطوني فان ليفنهوك **Antonvan Leeuwenhock** بصناعة مجاهر بسيطة تمكن بواسطتها من مشاهدة كائنات دقيقة سماها جزيئات حيوانية **Animalcules** وكان وصفه ورسوماته دقيقة لا تدعو مجالاً للشك بأنه رأى البكتيريا والفطريات والبروتوزوا وغيرها (الشكل 1) وكان ذلك في عام1675 م.

**تدريب (5)**

يعتبر باستير **Pasteur** الأب لعلم الميكروبيولوجى وضح ذلك.

**الشكل (1). (أ ) نموذج يوضح المجهر البسيط الذي استخدمه ليفينهوك في فحص الأشياء الدقيقة (ب) رسومات ليفينهوك للأحياء الدقيقة التي رسمها عام 1684.**




# 1.4 نظرية النشوء الذاتي

## Theory of Spontaneous Generation or Abiogenesis

كان الاعتقاد سائداً منذ أيام أريستوتل **Aristotle (322-284** قبل الميلاد) بأن الكائنات الحية الدقيقة تنشأ من المادة غير الحية أو من المواد المتحللة، وهذا ما عرف بنظرية النشؤ الذاتي **Theory of Spontaneous Generation** أو **Abiogenesis**. لقد أجرى عدد من العلماء عدة تجارب على العصارات **Infusions** في محاولة لإثبات عدم صحة هذه النظرية. في عام 1855 م قدم العالم الألماني رودولف فيرشو **Rudolf Virchow** نظرية النشوء ألإحيائي **Theory of Biogenesis** النظرية الميكروبية Microbial Theory التي تعتمد على أن الكائنات الحية لا تنشأ إلا من كائنات حية أخرى مثلها، أي لا تنشأ من العدم. لقد سبق أن أكد العالمان الألمانيان ماثيوس أسكليدن **Mathias Schleiden** وثيودور اسكوان **Thiodor Schwan (1838–1839م)** ملاحظات العالم الإنجليزي روبرت هوك Robert **Hooke (1635 – 1703م)**

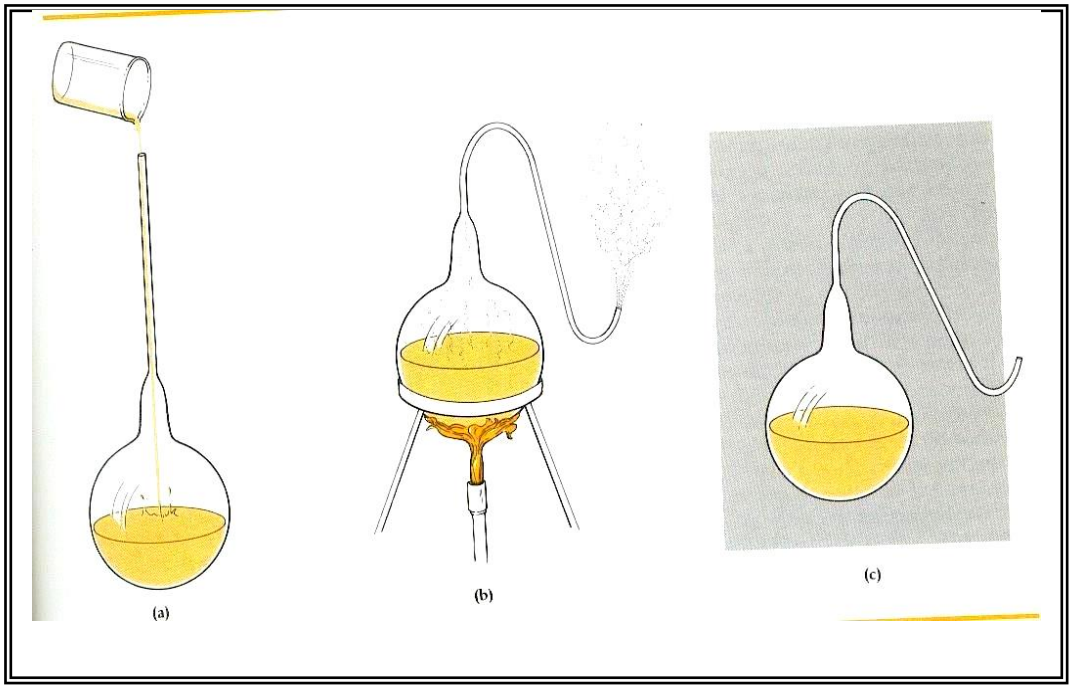
بأن أنسجة النبات تتكون من وحدات صغيرة سميت فيما بعد بالخلايا **Cells**، ويرجع لهما الفضل في نظرية الخلية **Cell Theory** التي أوضحت بأن الكائنات الحية تتكون من الخلايا.

**تدريب (6)**

قارن بين كل من نظرية النشوء الذاتي، النظرية الميكروبية ونظرية الخلية.

أستمر الجدل عن نظرية النشوء الذاتي لعدة سنوات أخرى حتى جاء لويس باستير **Louis Pasteur (1822–1895)** ليفند عملياً ونهائياً عدم صحة هذه النظرية. في تجربة تعتبر من أعظم تجاربه، أستخدم باستير دوارق لها أعناق طويلة ملتوية تشبه أعناق طائر البجع **Gooseneck Flasks** (الشكل 2)، ووضع فيها عصارة الخميرة وغلاها جيداً، وترك عنق الدورق مفتوحاً دون استخدام أي نوع من السدادات. بعد فترة لاحظ باستير بأن العصارة بقيت نقية ولم تتعكر، وعند رج الدورق أو تحريكه بطريقة تسمح للعصارة بملامسة سطح العنق من الداخل، أو بعد كسر العنق تعكرت العصارة مما يوضح بأن الكائنات الدقيقة التي يحملها الهواء ترسبت على جدر الأعناق الطويلة المعرجة تحت تأثير الجاذبية، وذلك أثناء مرور الهواء ببطء داخل الأنابيب. وبهذه التجربة البسيطة تمكن باستير من دحض نظرية النشوء الذاتي نهائياً.

**الشكل (2). تجربة باستير التى فند بها نظرية النشوء الذاتي. استخدم باستير دوارق زجاجية لها اعناق طويلة تشبه رقبة طائر البجع.**



( ج )　　(ب )　　(أ )

**(أ) صب باستير المرق المغذى فى الدورق الزجاجى**
**(ب) غلى باستير المرق لعدة دقائق**
**(ج)لم تظهر الميكروبات فى المرق بعد تبريده حتى بعد فترة زمنية طويلة.**

## 2.4نظرية التخمر الميكروبي Germ Theory of Fermentation

كان يعتقد بأن التخمر (يقصد بالتخمر تحلل المادة العضوية كالسكر بوساطة الميكروبات في غياب الهواء) ينتج من التحلل الكيميائي للمادة العضوية. أوضح أسكوان **Schwan (1837)** بأن الخميرة هي المسئولة عن إنتاج الكحول في النبيذ والبيرة، وبما أن صناعة المشروبات الكحولية كانت رائجة في فرنسا فقد أثبتت تجارب باستير بأن كل نوع من التخمر ينتج عن فعل ميكروب معين، وذلك عندما تتوفر للميكروب متطلبات النمو من حرارة ودرجة حموضة مناسبة الخ. أكدت تجارب باستير، التجارب التي سبق أن قام بها أسكوان **Schwan** وأصبحت هي الأساس لدراسة فسيولوجيا الميكروبات.

## 3.4 نظرية المرض الميكروبي Germ Theory of Disease

علاقة الأمراض بالميكروبات لم تكن معروفة, ولكن قدماء أطباء الأغاريق والرومان كانوا يعتقدون بوجود عناصر صغيرة غير مرئية تسبب المرض. وقد أبدى عدد من العلماء ملاحظات بأن هنالك جزيئات حيوانية تسبب أمراضاً للإنسان كالدرن الرئوي (السل)، والجدري، والحصبة، والزهري والتيفوس ويمكن أن تنتقل من شخص لأخر.

أن أول شخص أشار إلى العلاقة بين المرض والميكروبات هو المواطن الإيطالي أجوستينو باسي **Agostino Bassi** عام **1834م.** أوضح بأسي بأن مرض دودة الحرير سببه فطر **Fungus** يغزو أنسجة الديدان، وأن المرض يمكن أن ينتقل بحقن أنسجة من دودة مصابة في دودة سليمة. أكد باستير عام **1865م** نتائج بأسي بأن الكائنات الحية الدقيقة هي سبب المرض.

ولابد من الإشارة هنا إلى أن الجراح الإنجليزي ليستر **Lister (1860م)** هو أول من أستخدم المطهرات لتعقيم الضمادات والمعدات الجراحية, وذلك بوضعها في محلول مخفف من حمض الكربوليك **Carbolic acid** (الفينول) **Phenol** لقتل البكتيريا. لقد ساعد ذلك كثيراً في تقليل حالات العدوى والوفيات. كان ليستر متابعاً لأبحاث باستير، و ملماً بحقيقة علاقة الجراثيم بالمرض.

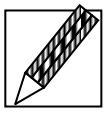
## 4.4 فرضيات كوخ Koch's Postulates

أن نظرية المرض الميكروبي لم تصبح حقيقة حتى عام **1876م** عندما أبدى الطبيب الألماني روبرت كوخ **Robert Koch** الذي كان يعمل على مرض الجمرة الخبيثة **Anthrax** ملاحظاته ونتائجه عن هذا المرض الذي فتك بقطعان الأبقار والأغنام في أوربا. كان سبب المرض بكتيريا عصوية قام بعزلها من دم الأبقار. بدا كوخ تجاربه بنقل مرض الجمرة من أغنام وأبقار مريضه إلى الفئران. لاحظ كوخ وجود الخيوط فى دم الفئران وتأكد من ان هذه الخيوط هي بكتيريا حيه تتكاثر وتكون جراثيم داخليه (ابواغ). تمكن كوخ من عزل البكتيريا وتنميتها فى المعمل.حقن بعض الفئران بهذه الميكروبات فظهرت عليها أعراض المرض. توصل كوخ إلى بعض الاستنتاجات التي **عرفت بفرضيات كوخ Koch's postulates وهى كما يلي:**

1. **أن يكون الكائن الممرض موجودا في كل الحالات المرضية.**
2. **يمكن عزل الكائن الممرض (الميكروب) من الحيوان المريض وينمى في مزارع نقيه في المعمل.**
3. **يجب أن يسبب الكائن الممرض المعزول من المزرعة النقية نفس المرض عند حقنه في حيوان سليم.**
4. **حيوان المعمل المصاب يجب أن يحتوى على نفس الكائن الممرض وذلك بإمكانية عزل الميكروب من الحيوان المصاب في مزرعة نقيه مرة أخرى.**

لقد فتحت فرضيات كوخ المجال لعزل وتنقية كثير من أمراض الإنسان والحيوان والنبات التى لم تكن معروفه من قبل. ولدراسة البكتيريا كان لابد من الحصول على طرق سهله لعزلها وزراعتها وتنميتها.

## تدريب (7)



أكتب عن المساهمات التي قدمها كوخ **Koch** في تطور علم الميكروبيولوجى.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. أكتب عن أثنين مما يأتي:

أ. نظرية النشوء الذاتي ب. نظرية التخمر الميكروبي

ج. نظرية المرض الميكروبي

2. كيف أستطاع العالم لويس باستير دحض نظرية النشوء الذاتي.
3. وضح فرضيات كوخ.
4. عرف التخمر؟ ومن ماذا كان يعتقد أنه ينتج؟ وماذا أضافت تجارب العالم باستير في هذا المجال؟
5. ضع الصفة من القائمة (ب) مع ما يناسبها من الاسم من القائمة (أ)

| القائمة (أ) | القائمة (ب) |
|---|---|
| باستير | أ. أول من شاهد البكتيريا |
| كوخ | ب. دحض نظرية النشوء الذاتي |
| هوك | ج. أكتشف بأن الكائنات الدقيقة تسبب الأمراض |
| ليفينهوك | د. أول من أستخدم المطهرات في تعقيم المعدات الجراحية |
| ليستر | هـ. أول من شاهد الخلايا النباتية |

# 5. أهم الاكتشافات في علم الأحياء الدقيقة

بداية معرفة الكائنات الدقيقة تمت عبر الاكتشافات العديدة التي قام بها العلماء مثل العلماء ليستر وكوخ وباستير وغيرهم، وسوف نبدأ بشرح وتعريف تطور الإكتشافات وإستخداماتهم للأوساط الاثرائية.

## 1.5 عزل وتزريع وتنقية الميكروبات

توجد الكائنات الدقيقة في الطبيعة بأعداد كبيرة و مختلطة مع بعضها. و لدراسة نوع معين منها لابد أولاً من عزله في صورة منفصلة و نقية.

يعتبر العالم ليستر **J. Lister (1978)** هو أول من حصل على مزرعة نقية / **Axenic culture pure culture** من البكتيريا باستعمال تخفيفات متتالية **dilutions** Serial من بيئة سائلة مثل الحليب تحتوي على خليط من البكتيريا. تمكن ليستر من الحصول على كائن واحد سماه بكتيريوم لاكتيس ***Bacterium lactis*** تعتمد الفكرة على أن عملية التخفيف تؤدي إلى أن تكون هناك خلية بكتيرية واحدة في إحدى التخفيفات العليا، تنمو وتتكاثر، وينتج عنها مزرعة نقية لنوع واحد.

تمكن كوخ من اكتشاف أن إضافة بعض الأصباغ للخلايا البكتيرية يمكن من رؤيتها بوضوح تحت المجهر. كما تمكن ايضاً هو وتلاميذه من استخدام مادة الأجار **Agar** بدلاً من الجلاتين بإضافتها لوسط مغذي سائل لتزيد من صلابته و بتزريع البكتيريا على سطح الوسط الصلب تمكن من الحصول على نموات منفصله للكائنات.

أتضح أن للجيلاتين بعض العيوب وأستبدل بمادة آجار آجار **Agar Agar**. الآجار مادة كربوهيدراتية معقدة تستخرج من بعض الطحالب البحرية. أتضح أن للآجار خاصيتين هما :

1- معظم أنواع البكتيريا تقريباً لا تستعمل الآجار كمادة غذائية.
2-يتجمد الآجار في درجة حرارة 44 -45م , ويبقى جامداً حتى درجات حرارة أقرب إلى المائة. هذه الخاصية لها أهميتها في الأعمال البكتيريولوجية. وعليه أصبح الآجار يستخدم الآن كمادة مناسبة تضاف للأوساط المغذية بنسبة 2.0- 1.5 % فيصبح الوسط المغذي (البيئة أو المنبت المغذي) متماسكاً وبالتالي أصبح عزل البكتيريا وتنقيتها أمراً ميسوراَ.

لابد من الإشارة هنا بأنه وفي أثناء محاولات عزل البكتيريا وتنميتها تمكن ريتشارد بتري **R.Petri** من تصميم طبق سمي طبق بتري **Petri dish** كوعاء تصب فيه البيئات الغذائية المعقمة التي تستخدم لزراعة الميكروبات. يسمح تصميم هذا الطبق بدخول الهواء نقياً ويمنع بالتالي تلوث المزارع الميكروبية النامية بداخله.

بعد اكتشاف طرق عزل البكتيريا في مزارع نقية و بالاستعانة بقرضيات كوخ تمكن العلماء من عزل الكثير من الكائنات المسببة للأمراض و التخمرات و تثبيت النتروجين الجوي و من ثم تصنيفها. أيضاً تمكنوا من دراسة فسيولوجية كل منها على حده ثم دراسة العلاقات البيئية لمجتمع من الكائنات الدقيقة في ظروف معينه، مما ساهم في تقدم كثير من مجالات الأحياء الدقيقة المختلفة.

## 2.5 عزل الميكروبات بالأوساط الغذائية الاثرائية

## Enrichment Technique

بعد عزل الميكروبات وتنقيتها ودراستها توصل العلماء الي أن الميكروبات تلعب أدواراً فسيولوجية مختلفة في بيئاتها الطبيعية. لقد تمكن العالمان فينوجرادسكي **Winogradsky** وبيجيرنك **Beijerinck** من استخدام طريقة الأوساط المدعومة بالمغذيات الاوساط الاثرائية **Enrichment technique** مع توفير الظروف البيئية لعزل عدد كبير من ميكروبات التربة وغيرها. لقد وصف فينوجرادسكي **(1959م)** طريقة الأوساط الاثرائية **Enrichment Technique**

لعزل البكتيريا من بيئاتها الطبيعية حيث تكون موجودة فيها بكميات قليلة، وغالباً ما يصعب عزلها من خليط من المجتمعات البكتيرية.

تتلخص الطريقة بتنمية الميكروب في وسط سائل يحتوي علي مواد غذائية تناسب الميكروب المعين المراد عزله، وتكون مدعومة بالظروف المناسبة من درجات حرارة حموضة وهواء والتي تشجع الميكروب المعين علي النمو السريع ليفوق نموه نمو الكائنات الأخرى المختلطة معه في نفس البيئة. وعندما يتكاثر الميكروب ويزداد عدده يصبح من السهولة عزله في صورة نقية. استخدمت هذه الطريقة في عزل عدد كبير من البكتيريا من بيئاتها الطبيعية مما مكن الباحثين من دراستها ومعرفة الدور الذي تلعبه في تلك البيئات.

**تدريب (8)**

المزرعة النقية ماذا تعني لك وهل توجد في البيئات الطبيعية؟

## 3.5 التحصين Immunization

أستطاع باستير تحصين **Immunization** الناس بحقنهم ببكتيريا موهنة (ضعيفة) **Attenuated** فقدت قدرتها الإمراضية **Virulence** ولكنها محتفظة بقدرتها على حث جسم العائل على إنتاج أجسام مضادة **Antibodies** تهاجم الميكروب وتدمره.

تجربة باستير هذه قدمت تفسيراً للمحاولة التي سبق ان قام بها جينر **Jenner** منذ عام **1798م** بتحصين الناس ضد الجدري **Smallpox** باستعمال بثرات من أبقار مصابة بالجدري، مما ساعد كثيراً في تخفيف المرض والقضاء عليه. لقد وضع جينر أساس الوقاية ضد العوامل المعدية بإحداث المناعة صناعياً.

تستعمل الآن اللقاحات **Vaccines** وهي عبارة عن معلقات ميكروبية **Microbial suspensions** لبكتيريا أو فيروسات حية موهنة (ضعيفة) **Attenuated** أو ميتة **Killed**، يحقن بها العائل الفقاري (إنسان أو حيوان) وتحث الجسم على إنتاج أجسام مضادة تهاجم الميكروب وتدمره. ومثال لذلك اللقاحات التي تستعمل الآن ضد شلل الأطفال، والدرن الرئوي والسحايا... الخ.

## 4.5 العلاج بالكيميائيات Chemotherapy

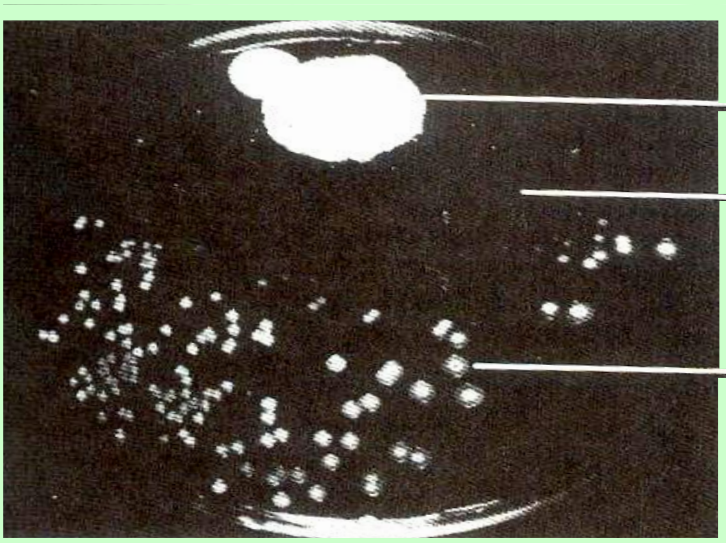
بحلول عام **1900م** تم اكتشاف عدد كبير من أمراض الإنسان، كالكوليرا، الدفتيريا، الجذام، الطاعون التيتانوس (الكزاز)، الدرن الرئوي، التايفويد، ثم مرض الزهري والسعال الديكي بعد عشرة أعوام من ذلك التاريخ.

إن عهد استعمال الكيميائيات بدأ عندما اكتشف بول ارليك **Paul Erlich (1845–1915م)** مركبا يحتوى على مادة الزرنيخ **Arsenic containing compound** كعلاج لمرض الزهري **Syphilis** والإمراض المشابهة له، لقد كان المركب فعالا ضد هذه الإمراض ولكن كانت له أثار جانبية على المرضى. في عام **1935م** وجد دوماك **Domagk** الألماني بأن صبغة البرونتوسيل **Prontosil** ناجحة في علاج إصابات الإنسان بالبكتيريا السبحية ***Streptococcus***, وبالذات مرض **الجمرة Erysipelas** الذي يصيب الأطفال، أتضح أن البرونتوسيل يتحول إلى مركب أميد سلفانيل **Sulphanilamide** فى جسم الإنسان وهو الذي يقتل البكتيريا، ساعد البرنتوسيل في علاج كثير من الحالات المرضية.

وفي أثناء البحث عن مركبات طبيعية لعلاج الأمراض، وجد دوبوس **Dubos (1939م)** بأن البكتيريا العصوية بسيللس بريفيس ***Bacillus brevis*** تنتج مركباً قاتلاً لأنواع أخرى من البكتيريا , ولكن هذا المركب كان في غاية السمية ولا يصلح كعقار.

لقد كان البنسلين **Penicillin** أول مركب طبيعي ناجح في قتل البكتيريا، في عام **1929م** لاحظ ألكسندر فلمنج **Alexander Fleming** في أحدى أطباقه بأن نمو البكتيريا العنقودية الذهبية ***Staphylococcus aureus*** قد توقف نسبة لوجود فطر البنسيليوم ***Penicillium*** النامي

بجوار المستعمرة البكتيرية (الشكل 3) وبذلك أثبت فلمنج بأن الراشح المستخلص من مزرعة البنسيليوم قادر على قتل البكتيريا.




**الشكل (3). تثبيط نمو البكتيريا بالقرب من فطر**
**بنيسيليوم نوتاتوم *Penicillium notatum***

في عام 1940م تمكن فلوري وكين **Florey & Chain** من تنقية البنسلين الذي أثبت بنجاح كبير فعاليته ضد كثير من الميكروبات، وأصبح البنسيلين ومشتقاته من أكثر المركبات المستعملة لوقت طويل ضد البكتيريا.

منذ ذلك التاريخ تمكن العلماء في كثير من الأقطار من اكتشاف عدد كبير من المضادات الحيوية، يستخلص معظمها من الميكروبات التي تعيش في التربة كالأكتينوميسيتات ***Actinomycetes*** والأستربتومايسيتات ***Streptomycetes*** وأنواع أخرى من البكتيريا مثل بسيللس بوليميكسا ***Bacillus polymyxa*** الذي تستغل في إنتاج المضاد الحيوي بوليميكسين **Polymyxin.**

يتم زراعة الميكروبات في بيئات مدعومة بالمغذيات والظروف الفيزيائية المثلى (درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني والأكسجين الخ) التي تمكن الميكروب من إنتاج وفير من المضادات الحيوية **Antibiotics**. نفس التقنية تستعمل في الصناعة لإنتاج مواد أخرى كالفيتامينات والأحماض العضوية وغيرها. تجدر الإشارة إلى أن كثيراً من المضادات الحيوية تصنع الآن كيميائياً **وتسمى بالعقاقير المصنعة**
**Synthetic drugs**

## 5.5 علم الأحياء الدقيقة والبيولوجيا الجزيئية

## Microbiology and Molecular Biology

لقد ازدادت المعرفة عن خصائص الكائنات الدقيقة مع تطور الطرق المعملية، وتجمعت معلومات كثيرة عن النشاطات البيوكيميائية لهذه الكائنات. أتضح أن هناك تشابهاً كبيراً بين الكائنات الدقيقة من جهة، وبينها وبين الكائنات الراقية بما فيها الإنسان من جهة أخرى. عليه لجأ العلماء إلى استخدام الكائنات الدقيقة كأداة لاستكشاف العمليات الحيوية الأساسية في الكائنات الحية.

إن الكائنات الدقيقة تتكاثر بسرعة شديدة، يمكن تزريعها بكميات قليلة أو كبيرة، ويمكن أيضاً تقدير النمو بطرق كيميائية أو فيزيائية. ويمكن تكسير الخلايا وفصل محتوياتها في شكل جزيئات ذات أحجام مختلفة. إن هذه الخصائص وغيرها جعلت الأحياء الدقيقة تستخدم كأداة أو نظام نموذجي **Model system** لمعرفة وتحديد الكيفية التي تحدث بها التفاعلات الكيميائية لقد استخدمت الأحياء الدقيقة في كثير من الأبحاث المتعلقة بتركيب الإنزيمات وطريقة عملها، آليات تنظيم الخلية وتخليق البروتينات، تركيب الفيروسات، تركيب ووظيفة الأحماض النووية بما في ذلك الـ **DNA**. إن الأبحاث في مجال البيولوجيا الجزيئية **Molecular biology** أدت إلى اكتشافات هامة ونتائج مذهلة وقد نال عدد من العلماء جائزة نوبل لأبحاثهم المتميزة في هذا المجال.

**تدريب (9)**

تستخدم الأحياء الدقيقة كأداة أو نظام نموذجي **Model system** لمعرفة وتحديد الكيفية التي تحدث بها التفاعلات الكيميائية في الأحياء الدقيقة. ناقش هذه العبارة.



إن من أروع التطورات الحديثة في مجال الأحياء الدقيقة التطبيقية هو القدرة على **تغيير التركيب الوراثي Genetic makeup** للكائن الدقيق، وهذا ما يعرف **بالهندسة الوراثية Genetic engineering**. إن المعلومات الدقيقة عن تركيب ووظيفة الـ **DNA** واكتشاف الإنزيمات التي تقطع وتعييد بناء الـ **DNA** جعلت من الممكن تغيير تركيب المادة الوراثية للكائن الدقيق و يمكن أيضاً إدخال قطع جديدة من الـ **DNA** في المادة الوراثية **(DNA)** في عملية تعرف بإعادة التركيب **Recombination**. هذه التقنية مكنت الباحثين من أحداث تغيير في المادة الوراثية للكائن الدقيق بحيث ينتج مواد جديدة.لقد تم إدخال بعض الجينات في البكتيريا بغرض إنتاج الأنسولين البشري **Human insulin**، الانترفيرون **Interferon** وغيرها.

تحمل تقنية الهندسة الوراثية في طياتها إمكانيات كبيرة ، و يمكن الاستفادة منها في إنتاج العقاقيرالطبية، اللقاحات **Vaccines**، تحسين المحاصيل الزراعية و غيرها من المنتجات والعمليات **Processes**.

## 7.5 أقسام الكائنات الدقيقة التطبيقية

يقسم علم الكائنات الدقيقة (الميكروبيولوجي **Microbiology**) الذي يعتني بدراسة البكتيريا الفطريات، البروتوزوا والفيروسات إلى علوم تدرس فيها كل من هذه الكائنات في علم منفصل.

**علم البكتيريا** **Bacteriology**

**علم الفطريات** **Mycology**

**علم الطحالب** **Phycology**

**علم البروتوزوا** **Protozoology**

**علم الفيروسات** **Virology**

**علم الطفيليات** **Parasitology**

علم الطفيليات هو فرع من علم البروتوزوا مختص بالطفيليات الممرضة.

يقسم علم الكائنات الدقيقة أيضا وفقاً للأماكن التي توجد فيها ويعتني كل قسم بدراسة الأحياء الدقيقة ونشاطها في تلك الأماكن:-

علم الأحياء الدقيقة الطبية ( الميكروبيولوجيا الطبية ) **Medical Microbiology**

يختص بدراسة الكائنات الدقيقة الضارة المسببة للأمراض في الإنسان.

علم الأحياء الدقيقة للأغذية ( ميكروبيولوجيا الأغذية ) **Food Microbiology**

يختص بدراسة الأحياء الدقيقة التي تفسد الأغذية أو تفرز سموماً ضارة بالإنسان. كما يعتني أيضاً بتصنيع الغذاء وتحسين قيمته الغذائية.

علم الأحياء الدقيقة للألبان ( ميكروبيولوجيا الألبان ) **Dairy Microbiology**

بما أن الألبان معرضة للتلوث، فالعلم يعتني بصلاحية اللبن وخلوه من الكائنات الممرضة أو التي تفسده. كما يختص أيضاً بصناعة منتجات الألبان كالجبن والزبادي.

علم الأحياء الدقيقة في التربة والزراعة (ميكروبيولوجيا التربة) **Agricultural and Soil Microbiology** يعتني العلم بدراسة الكائنات الدقيقة في التربة وما تقوم به من نشاط يزيد من خصوبتها كما يعتني أيضاً بالميكروبات المسببة لأمراض النبات والسعي للتخلص منها وتقليل ضررها.

علم الأحياء الدقيقة المائية (ميكروبيولوجيا الماء والبحار) **Aquatic Microbiology**

يهتم العلم بدراسة الكائنات التي توفر الغذاء للكائنات الأخرى، وتنقية المياه ومكافحة التلوث البيئي. توجد علوم أخرى عديدة نذكر بإختصار بعضاً منها:

- علم التخمرات الصناعية والغذائية **Industrial and Food Fermentation**.
- علم بيئة الأحياء الدقيقة **Microbial Ecology**.
- علم فسيولوجيا الأحياء الدقيقة **Microbial Phsiology**.
- علم أمراض النبات **Phytopathology**.
- علم الأحياء الدقيقة في الفضاء (ميكروبيولوجيا الفضاء) **Aeromicrobiology**.
- علم الأحياء الدقيقة والأرض **Geomicrobiology**.

يهتم هذا العلم بعلاقة الأحياء الدقيقة بتكوين الفحم والغاز، واكتشاف الفحم وخام البترول والغاز، بالإضافة إلى استخلاص المعادن من الخام.

**تدريب (10)**

ما هي علاقة الأحياء الدقيقة بتكنولوجيا البترول؟

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. كيف تمكن العالم ليستر من الحصول على مزرعة نقية من البكتيريا. وما الفائدة منها.
2. عرف الاجار وأذكر خصائصة ذات الأهمية في الأعمال البكتيريولوجية.
3. لماذا يستخدم طبق بتري **Petri dish** وما هي مميزاته ؟
4. ما هي الظروف الواجب توفرها لعزل البكتيريا في طريقة الأوساط الاثرائية ؟
5. كيف نصف البكتيريا التي أستخدمها باستير في تحصين الناس.
6. قام العالم جينر بوضع أساس للوقاية ضد العوامل المعدية بإحداث المناعة صناعياً ناقش هذه العبارة.
7. عرف اللقاحات وأذكر أمثلة لبعض اللقاحات المستخدمة.
8. أكمل مايلى بكلمة مناسبة:

   أ. يتحول.....إلى مركب.....في جسم الإنسان وهو الذي يقتل.....

   ب. المضادات الحيوية تصنع كيميائياً وتسمى.....
9. كيف تم اكتشاف عقار البنسلين.

# الخلاصة

**عزيزي الدارس،**

ها نحن نصل الآن إلى نهاية هذه الوحدة، فهل وفقت في أنجاز الأهداف التي وردت في بدايتها؟ أرجو إعادة قراءة تلك الأهداف الآن والتأكد من أنك حققتها.

لقد عرضنا لك في أول قسم من هذه الوحدة تدرج العلماء في تصنيفهم للأحياء الدقيقة، وذكرنا لك الأسباب التي أدت إلى تقسيم الكائنات الحية إلى ثلاث ممالك هي:

1. المملكة النباتية
2. المملكة الحيوانية
3. مملكة البروتستا

ثم تطور ذلك التقسيم ليشمل خمس ممالك اعتماداً على تنظيم الخلايا وطرق التغذية ليضم:

1. المملكة النباتية

2. . المملكة الحيوانية
3. الفطريات
4. الطلائعيات ( البروتستا )
5. البدائيات ( مونيرا )

تناولت الوحدة في قسمها الثاني بشرح الخصائص العامة لمجموعات الكائنات الدقيقة ابتداءً من البكتيريا، الطحالب، البروتوزوا، الفطريات والفيروسات.

أما القسم **الثالث** فتناول نظام تسمية الكائنات الدقيقة ووضح بان اسم الكائن يتكون من اسمين، الأول يشير إلى الجنس والثاني إلى النوع.

في القسم **الرابع** تعرفنا على عدد من النظريات مثل نظرية النشوء الذاتي، نظرية التخمر الميكروبي، نظرية المرض الميكروبي بالإضافة إلى فرضيات كوخ والتي ساعدت العلماء كثيراً في عزل وتزريع وتنقية الميكروبات.

شملت الوحدة أيضاً أهم الاكتشافات في مجال الأحياء الدقيقة مثل استخدام الميكروبات في مجال التحصين وتصنيع المضادات الحيوية، إضافة إلى التطورات الحديثة في مجال الهندسة الوراثية.

في نهاية الوحدة كان لابد من ذكر مجموعة من المجالات التطبيقية في علم الأحياء الدقيقة مع بيان أهمية الميكروبات فيها.

أتمنى أن تجده ملخصاً مفيداً شاملاً يجعل ما تناولته الوحدة في وضوح ويسر.

## لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

الوحدة الثانية تتناول بالحديث الخصائص العامة للكائنات الدقيقة والتي تساعد في التصنيف الصحيح للكائن الحى. أيضاً تشرح هذه الوحدة الأسس التي اعتمد عليها العلماء في تصنيف البكتيريا.

نأمل أن تجدها وحدة سهلة وواضحة وأن تستفيد منها كثيراً.

## إجابات التدريبات

**تدريب (1)**

كانت الأحياء الدقيقة تصنف ضمن مملكة النبات ومملكة الحيوان. مكن المجهر الالكتروني الباحثين من مشاهدة التفاصيل الدقيقة للخلايا وتمكن العلماء من التمييز بين البكتيريا والخمائر والطحالب. أكتشف العلماء بأن أنوية البكتيريا غير محاطة بغشاء نووى (بدائية النواة) بينما أنوية الخمائر والطحالب والبروتوزوا محاطة بغشاء نووى (حقيقية النواة). وبفضل المجهر الالكتروني اكتشفت فروقات كثيرة بين المجموعتين. كان ذلك اكتشافاً هاماً قسمت على أساسه الكائنات الحية إلى خلايا بروكاريوتية **Procaryotic cells** وخلايا يوكاريوتية **Eucaryotic**. البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة (السيانوبكتيريا) خلايا بروكاريوتية والنباتات والحيوانات والفطريات والطحالب والبروتوزوا تتكون من خلايا يوكاريوتية.

**تدريب (2)**

يمكن إضافة الاتى بالنسبة للفروقات بين البروكاريوتات واليوكاريوتات، يلاحظ وجود أقدام كاذبة **Pseudopodia** في بعض أفراد اليوكاريوتات وغير موجودة في البروكاريوتات. ويلاحظ أيضاً بأن الفجوات الغازية **Gas vacules** يمكن مشاهدتها في البروكاريوتات وغير موجودة في اليوكاريوتات .

**تدريب (3)**

الببتيدوجليكان هو مركب عديد السكريات الببتيدية يمنح الجدار خاصية الصلابة.

**تدريب (4)**

الفيروسات تختلف عن مجموعات الكائنات الدقيقة في كونها غير خلوية ومن أصغر الكائنات. ولكنها تعتبر أحدى مجموعات الكائنات الدقيقة لأنها تحتاج لطرق ذات طبيعة ميكروبيولوجية لدراستها، وبما أنها ممرضة فان تشخيصها يتم في مختبرات الميكروبولوجى.

**تدريب (5)**

لقد قدم باستير **Pasteur** مساهمات عديدة ساعدت في تطور علم الميكروبيولوجى. أستطاع أن يدحض نظرية النشوء الذاتي التي عاقت تطور علم الأحياء الدقيقة وذلك بتجربته الرائعة ذات الأعناق التي تشبه عنق الإوز. أوضح باستير بان التخمر **Fermentation** يعزى لفعل الميكروبات واقترح طريقة البسترة بغلي العصائر في درجة حرارة **62.8** م لمدة **30** دقيقة لقتل معظم الميكروبات دون إفساد نكهتها. ومنذ ذلك التاريخ تستخدم البسترة في الصناعة في تعقيم اللبن وغيره من المشروبات.

كان باستير قد أكد نتائج بأسى بان الميكروبات هي سبب مرض دودة الحرير في فرنسا والذي أثر كثيراً على صناعة الحرير والصوف. بعدها أستمر في دراسة الطفيل المسبب للمرض الذي يصيب الماشية والأغنام وفى بعض الأحيان الإنسان وتمكن من عزله من دم الحيوانات التي قضى عليها المرض. وأوضح باستير بان حقن الأشخاص بميكروبات موهنه **Attenuated** يمكن أن تقي الأصحاء من المرض. الميكروب الموهن لا يسبب المرض، ولكنه يحفز الجسم على أنتاج أجسام مضادة تقي الشخص السليم من المرض. تمكن باستنير أيضاً من عمل لقاح فاكسين **Vaccine** ضد

مرض السعار **Rabies** . لقد تعلم الكثيرون في معهد باستير في فرنسا ونشروا المعرفة في أمريكا وأوروبا وبلدان أخرى. حقاً إن باستير هو الأب لعلم الميكروبيولوجى .

**تدريب (6)**

نظرية النشوء الذاتي: الكائنات الحية الدقيقة تنشأ من المادة غير الحية أو من المواد المتحللة.

النظرية الميكروبية: الكائنات الحية لا تنشأ إلا من كائنات حية أخرى مثلها، أي لا تنشأ من العدم. نظرية الخلية: الكائنات الحية تتكون من الخلايا.

**تدريب (7)**

لقد تمكن باستير من عزل البكتيريا المسببة لمرض الجمرة الخبيثة في الماشية والأغنام، وقدم ما يسمى بافتراضات كوخ **Koch's postulates** التي قدمت لما يرشد إلى معرفة الميكروب المسبب للمرض. تمكن كوخ من تحضير أغشية بكتيرية على شرائح زجاجية وصبغها ليسهل رؤيتها ومعرفة أشكالها، كما تمكن أيضاً من عزل البكتيريا وتنقيتها باستعمال مادة الاجار **Agar** التي تزيد من صلابة الأوساط الغذائية وبالتالي يمكن عزل نموات منفصلة من الميكروبات. أن عزل الميكروبات في صورة نقية بجانب إتباع فرضيات كوخ فتحت المجال لعزل عدد كبير من الميكروبات المسببة للأمراض.

**تدريب (8)**

توجد الكائنات الدقيقة بأعداد كبيرة في الطبيعة مختلطة مع بعضها وليس في صورة نقية. لقد تم تطوير التقنية المعملية وذلك بعزل الميكروبات وأنواعها من بيئاتها الطبيعية في صورة نقية وزراعة كل نوع على حده. إن نمو مجموعة من الخلايا من نوع واحد يعرف بالمزرعة النقية **Pure culture** .

**تدريب (9)**

أتضح أن هنالك تشابهاً كبيراً بين الكائنات الدقيقة والكائنات الراقية من حيث نشاطاتها البيوكيميائية. إن الكائنات الدقيقة تتكاثر بسرعة شديدة ويمكن جنى المحصول الميكروبي بكميات

قليلة أو وفيرة وتقدير نموها كيميائياً وفيزيائياً، ويمكن أيضاً تكسير الخلايا وفصل محتوياتها ودراستها. أن كل الخصائص التي سبق ذكرها جعلت الأحياء الدقيقة تستخدم كنظام نموذجي لدراسة التفاعلات الكيميائية في كثير من المجالات، وفى دراسة تركيب الإنزيمات والفيروسات والهندسة الو راثية ووظائف الأغشية وتركيب ووظيفة ال **DNA** وغيرها.

أن العلماء من كل التخصصات عرفوا فوائد الكائنات الدقيقة في العلم الذي يعرف الآن بالبيولوجيا الجزيئية .**Molecular biology** لقد عرف بروفيسور لوريا **Luria** احد الذين ساهموا في هذا المجال بان البيولوجيا الجزيئية هي البرنامج الذي يسعى لترجمة التركيبات والوظائف المعينة للكائنات في شكل تركيب الجزئ **Molecular structure**. أن العمل في هذا المجال أدى إلى اكتشافات عظيمة ونال كثير من العلماء جوائز نوبل لعلمهم المميز في هذا الحقل .

**تدريب (10)**

أن الميكروبات مرتبطة بتكوين البترول واستخراجه واستعماله. أن الميكروبات الميتة تشكل نسبه مقدرة في البيئات البحرية وان التغيرات البيوكيميائية التي تحدثها الأحياء في هذه الترسبات بفعل الأحياء الدقيقة، ويعتقد بأنها مرتبطة بتكوين خام البترول. أن مناطق تخزين البترول في جوف الأرض يتوقع أن تحتوى على غازات مثل الميثان **Methane** والإيثان **Ethane** التي يمكن اختبار وجودها باستخدام ميكروبات لا هوائية تستعمل الغاز كمصدر وحيد للكربون. أن عزل كميات كبيرة من البكتيريا المؤكسدة للكربوهيدرات من التربة تقدم دليلاً على أن وجودها يعزى إلى إنتاج الغازات من ترسبات بترولية.ويعتقد بان حقن البكتيريا المنتجة للأحماض في أبار البترول شحيحة الإنتاج ربما يزيد من إنتاجيتها لان الأحماض تساعد في تفكيك الصخور وانطلاق البترول، كما أن فعل البكتيريا يمكن أن يقلل من لزوجة الزيت الخام. وقد تم هندسة بكتيريا سودوموناس ***Pseudomonas*** لتعمل على تحليل البقع النفطية التي تنساب من ناقلات البترول .

# مسرد المصطلحات

- **البروتستا الدنيا Lower protista**

هي إحدى أقسام مملكة البروتستا التي تضم الكائنات الدقيقة بدائية النواة مثل البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة.

- **البروتستا العليا Higher protista**

هي إحدى أقسام مملكة البروتستا التي تضم الطحالب، الفطريات والأوليات.

- **البروكاريوتات Procaryotes**

هي كائنات بدائية النواة، لا يحيط بمادتها الوراثية غشاء نووى.

- **اليوكاريوتات Eucaryotes**

هي كائنات حقيقية النواة، يحيط بمادتها الوراثية غشاء نووى.

- **التخمر Fermentation**

هو تحلل المادة العضوية كالسكر بوساطة الميكروبات في غياب الهواء.

- **الاجار Agar**

هو مادة كربوهيدراتية معقدة تستخرج من بعض الطحالب البحرية.

- **العقاقير المصنعة Synthetic drugs**

هي أدوية أو مضادات حيوية مصنعة كيميائياً.

- **اللقاحات Vaccines**

هي عبارة عن معلقات ميكروبية لبكتيريا أو فيروسات حية موهنة أو ميتة يحقن بها العائل الفقارى وتحث الجسم على أنتاج أجسام مضادة تهاجم الميكروب وتدمره.

- **طبق بترى Petri dish**

هو وعاء أو طبق تصب فيه البيئات الغذائية المعقمة التي تستخدم لزراعة الميكروبات.

- **النظرية الميكروبية Microbial theory**

هي التي تفسر أن الكائنات الحية لا تنشأ إلا من كائنات حية أخرى مثلها، أي لا تنشأ من العدم.

# المراجع

## المراجع العربية

1. أبو الدهب، مصطفي كمال واخرون **(1997م). علم البكتيرات** – الجزء الأول – دار المعارف، القاهرة.
2. أبو الدهب، مصطفي كمال، والجعراني، محمد عبد القادر **(1984م). علم البكتيرات** الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.
3. الحسن، جاد الله عبد الله، وحمد، يوسف فضل **(1999م). مقدمة في علم الكائنات الدقيقة** الجزء الأول، سوريا، دمشق.
4. النخال، محمد حمزة **(1987م). علم الأحياء الدقيقة**. مطابع الطوبجي، القاهرة.
5. العاني، فائز عزيز وبدوي، أمين سليمان **(1990م). مبادئ الأحياء المجهرية**. دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.

## المراجع الانجليزية

**1.** Cano, R.J. and Colome, J.S.) 1989). **Essentials of Microbiology**. West. Publishing Co, St. Paul, New York, Los Angelos, San Francisco.
**2.** Ketchum, P.A. 1988. **, Microbiology, Concepts and Applications**. Wiley, U.S.A.
**3.** Michael, T.P., Roger, D.R. and Chan, E.C.S (1986). **,Microbiology.** 4th ed, McGraw Hill Book Company, New York.
**4.** Pelczar, M.J., Chan, E.C.S and Krieg, N.R (1997). **Microbiology.** Tata, McGraw Hill, India.
**5.** Thanarayanan., R and Paniker, J. (1990). **Text Book of Microbiology**. 4th Edition, Orient.
**6.** Tortora, G.J. Funke, B.R and Case, C.L. (1982**)** **Microbiology, An Introduction**. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc.
**7.** Wisterich, G.A. and Lechtman M.D. (1984). **Microbiology** MaCmillan Publishing, Company, New York, London.
**8.** Whittaker, R.H. (1969). **New Concepts of Kingdoms of Organisms**. Science 163:150 – 160.

الوحدة الثانية
خصائص الأحياء الدقيقة
وتصنيف البكتيريا
Characteristics of Microorganisms
and Classification of Bacteria

# محتويات الوحدة


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 42 |
| **تمهيد** | 42 |
| **أهداف الوحدة** | 43 |
| **1. خصائص وتعريف الكائنات الدقيقة** | 44 |
| 1.1 الخصائص المورفولوجية | 45 |
| 2.1 الخصائص المزرعية | 45 |
| 3.1 الخصائص الأيضية | 46 |
| 4.1 الخصائص الكيميائية | 46 |
| 5.1 الخصائص السيرولوجية (المصلية) | 46 |
| 6.1 الخصائص الوراثية | 47 |
| **2. تصنيف البكتيريا** | 48 |
| 1.2 رتب التقسيم | 48 |
| 2.2 تعريف النوع | 49 |
| 3.2 تعريف الجنس | 50 |
| 4.2 مجموعات التقسيم العليا | 50 |
| 5.2 مرجع بيرجى | 51 |
| **3. مملكة البروكاريوتات** | 51 |
| 1.3 القسم الأول جراسيليكيوتس | 52 |
| 2.3 القسم الثاني فيرميكيوتس | 52 |
| 3.3 القسم الثالث تنيريكيوتس | 53 |
| 4.3 القسم الرابع مندوسيكيوتس | 53 |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| الخلاصة | 55 |
| لمحة مسبقة عن الوحدة التالية | 55 |
| اجابة التدريبات | 56 |
| مسرد المصطلحات | 58 |
| المراجع | 59 |

# مقدمة

## تمهيد

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى هذه الوحدة.

بعد أن درست وحدة تاريخ علم الأحياء الدقيقة ننتقل بك إلى وحدة خصائص الأحياء الدقيقة وتصنيف البكتيريا، التي هي الوحدة الثانية من مقرر أساسيات الأحياء الدقيقة. تحتوى هذه الوحدة على ثلاث أقسام رئيسية.

تعرفك الوحدة ابتدأً بالخصائص العامة للكائنات الدقيقة والتي تساعد في التعرف على الكائن الدقيق.

في القسم الثاني نتحدث عن تصنيف البكتيريا وعن المجاميع التقسيمية المستخدمة في ذلك.

أما القسم الثالث والأخير فقد أفرد للحديث عن مملكة البروكاريوتات مع وصف عام لأقسامها الأربعة.

أهلاً بك مرة ثانية إلى هذه الوحدة، راجين من الله أن تجد فيها ما تصبو إليه، كما نرحب بأي اقتراح من شأنه أن يكون دعماً وعوناً لنا في تطوير مناهجنا.

# أهداف الوحدة

**عزيزي الدارس بعد أن تكمل قراءة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادرا على إن:**

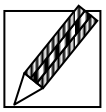
- **تفرق بين** المصطلحات المستخدمة في التصنيف مثل علم التنظيم **Systematics** التقسيم **Taxonomy**، التصنيف **Classification**، التعريف **Identifiction** والتسمية **Nomenclature**.
- **تصف** الخصائص المورفولوجية للكائنات الدقيقة التي تساعد في التعرف على الكائن الدقيق.
- **تعدد** الصفات المزرعية للكائنات الدقيقة.
- **توضح** فائدة الخصائص الأيضية للكائنات الدقيقة.
- **تحدد** أهمية الخصائص الكيميائية للكائنات الدقيقة.
- **تعدد** الطرق السيرولوجية المستخدمة في التفريق بين البكتيريا.
- **تشرح** استخدام الخصائص الوراثية في تصنيف الميكروبات.
- **تصنف** بطريقة علمية أي نوع من البكتيريا في رتبته التقسمية **Taxonomic rank** الصحيحة.
- **توضح** مفهومي النوع **Species** والجنس **Genus** فى البكتيريا.
- **تحدد** الأسس التي أعتمد عليها في تقسيم مملكة البروكاريوتات.
- **تميز بين** الأقسام الأربعة لمملكة البروكاريوتات.

## توطئة

إن **علم التنظيم Systematics يعتني بدراسة الميكروبات المختلفة**، ويبحث عن صلة القربى بينها، وهو مصطلح **يقصد به أيضاً التقسيم Taxonomy الذي يختص بترتيب الكائنات في مجموعات تقسيميه Taxa**. يضم علم التنظيم تصنيف البكتيريا **Classification** وتعريفها **Identification** وتسميتها **Nomenclature**، وهي ثلاث مجالات منفصلة ولكنها في نفس الوقت متداخلة و تمثل مجالات لعلم التنظيم أو التقسيم.

إن الغرض من التصنيف هو تنظيم الكائنات في مجموعات تقسيميه **Taxonomic groups** أو **Taxa** (المفرد **Taxon**)، بحيث يكون أفرادها متقاربة. إن عملية التعرف على الميكروب **Identification** تتطلب معرفة صفات أو خصائص الميكروب **Characteristics** أولاً بحيث يمكن مقارنتها بصفات الميكروبات المعروفة سلفاً، وإذا اتضح بأن الميكروب له صفات تختلف عن صفات الميكروبات المعروفة بحيث يعتبر ميكروباً جديداً، ففي هذه الحالة يتم تصنيفه. **عملية التصنيف تتطلب تسمية الميكروب Namenclature** وإعطائه اسماً يتفق مع نظام التسمية المعروف عالمياً، ويوضع في المكان المناسب في هيكل التقسيم. إن علماء التصنيف هم أكثر الناس قدرة ومعرفة بوضعية الكائن المعزول بعد دراسة مستفيضة لأكبر عدد من صفاته.

**تدريب(1)**



ما هي أهمية تصنيف الأحياء الدقيقة، وما هو المطلوب عمله قبل تصنيفها؟

# 1. خصائص وتعريف الكائنات الدقيقة

# Characterization and Identification of Microorganisms

للتعرف على أي نوع من أنواع الكائنات الدقيقة لابد من الحصول أولاً على مزرعة **نقية Axenic culture Pure culture** للميكروب الذي نرغب في دراسته، ثم اللجوء إلى عدد من الاختبارات المعملية التي تستخدم في معامل الأحياء الدقيقة لمعرفة خصائص الكائن الدقيق، ثم استخلاص المعلومات اللازمة التي تساعد في التعرف على نوع الميكروب المعزول.

إن تصنيف البكتيريا الحالي تصنيف اصطناعي مبني على بعض الاختبارات التي يسهل إجراؤها في المعمل، وتشمل اختبارات ميكروسكوبيه، مزرعية، فسيولوجيه، سيرولوجية انتيجينية ووراثية وغيرها، وبعد معرفة صفات الكائن البكتيري لابد من مقارنتها بصفات الكائنات الأخرى لتحديد وضعها بإتباع نظم التصنيف المعروفة، ومازال بعض العلماء والباحثون يتبعون تصنيف مرجع بيرجي **Bergey's Manual.**

**نستعرض هنا الخصائص العامة للكائنات الدقيقة التي يتطلب معرفتها اولاً والتي تساعد في التعرف علي الكائن الدقيق، وتشمل الخصائص العامة التالية:**

- الخصائص المورفولوجية.
- الخصائص المزرعية.
- الخصائص الايضية.
- الخصائص البيوكيميائية.
- الخصائص السيرولوجية (المصلية).
- الخصائص الوراثية.

# 1.1 الخصائص المورفولوجية

# Morphological Characteristics

الصفات المورفولوجية تتعلق بشكل، حجم وترتيب الخلايا، التفاعل مع صبغة جرام، الصبغ المقاوم للأحماض، وجود أو عدم وجود جراثيم داخلية (أبواغ) أو كبسولة (محفظة) أو أسواط الخ. إن صبغة جرام كافيه لان تعطي فكرة عن تفاعل البكتيريا مع الصبغة، شكلها، ترتيبها وعن وجود أو عدم وجود جراثيم داخلية.

## 2.1 الخصائص المزرعية Cultural Characteristics

هذه الصفات تشمل احتياجات النمو، شكله في ظروف بيئية معينه مثل حاجة الكائن الدقيق للأكسجين، درجة حرارة النمو، تركيز أيون الهيدروجين الخ، هذا بجانب شكل المستعمرة نحجمها ولونها الخ.

## 3.1 الخصائص الأيضية Metabolic Characteristics

يقصد بها التفاعلات الكيميائية التي تقوم بها الكائنات الدقيقة مثل تخمر الكربوهيدرات، تحليل النشا والجيلاتين الخ. إن التفاعلات الكيميائية مثل إنتاج الأحماض والغاز عند نمو الكائن الدقيق في وسط مغذي يحتوي على سكر كمصدر للكربون، إنتاج كبريتيد الهيدروجين $H_2S_2$، افراز الإنزيمات وغيرها يستفاد منها في التفريق بين أنواع الكائنات الدقيقة خصوصاً عندما يصعب التمييز بينها من حيث الشكل والصفات المز رعية.

## 4.1 الخصائص الكيميائية Chemical Characteristics

إن التركيب الكيميائي للخلية يختلف من كائن لأخر ومن نوع لأخر، وان الخلايا الميكروبية تحتوى على مركبات عضوية مختلفة. إن التقدم الذي حدث في تقنية المعامل مكن من إمكانية تحطيم خلايا الكائنات الدقيقة، والجدر الخلوية، والمادة الوراثية، والأجسام السيتوبلازمية وغيرها، وتحليلها كيميائيا، والحصول على معلومات قيمة تساعد فى تحديد خصائص الكائن الحي والتفريق بينها.

## 5.1 الخصائص السيرولوجيه (أو المصليه)

## Serological Characterisitics

تعتمد الطرق السيرولوجية على قدرة المكونات الكيميائية لخلايا الكائنات الدقيقة على امتلاك مولدات الضد أو انتيجينات **Antigens** لها القدرة على حث الحيوانات الفقارية على إنتاج أجسام مضادة تستخدم في الدراسات السيرولوجية، وهي من نوع الأجسام المضادة السائليه (الخلطية) **Humoral antibodies**.

توجد الأجسام المضادة في مصل الدم الذي يطلق عليه اسم المصل المضاد **Antiserum** لاحتوائه على الأجسام المضادة .الطرق السير ولوجيه التي تستخدم في التفريق بين البكتيريا تشمل تفاعلات التلزن **Agglutination**، الترسيب **Precipitation** تثبيت المكمل أو (المتمم) **Complement fixation** والتفلور الممنع **Immunofluorescence**.

## 6.1 الخصائص الوراثية Genetic Characteristics

إن صفات الميكروب وخصائصه تحددها المورثات في مادته الوراثيه. إن لكل كائن حي تتابع **Sequence** محدد ومميز للقواعد النيوكليوتيدية **Nucleotide bases** وتعتبر هذه الخاصية من أهم الصفات ذات الأهمية الكبيرة في تصنيف الميكروبات. عليه، فان التشابه فى تتابع القواعد النيوكليوتيدية لخليتين يؤخذ كمعيار للتقارب الوراثى يبنهما.

**تدريب (2)**

هل لك معرفة بنظم تصنيف أخرى غير نظام تصنيف مرجع بيرجى **manual Bergey,s**

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. عرف المصطلحات التالية:

أ) التنظيم ب) التقسيم ج) التصنيف د) التعريف هـ) التسمية

2. عدد المراحل الأولية للتعرف على أي نوع من أنواع الكائنات الدقيقة.
3. حدد الصفات المزرعية للكائنات الدقيقة.
4. أذكر الصفات المزرعية للكائنات الدقيقة.
5. كيف نستفيد من التفاعلات الكيميائية التي تقوم بها الكائنات الدقيقة.
6. كيف أسهم التقدم الذي حدث في تقنية المعامل في تحديد خصائص الكائنات

## 2.تصنيف البكتيريا Bacterial Classification

إن تقسيم البكتيريا مبني إلى حد كبير على صفات مورفو لوجيه (ظاهريه) مزرعية بيوكيميائية سيرولوجية ووراثية الخ، نجد بعض الصفات تعطي أهميه أكثر من غيرها لأنها ببساطه أكثر نفعاً في عملية تعريف الميكروب.

إن بناء تقسيم طبيعي **Natural** (أو تطوري **Phylogenetic**) يعتمد على منشأ وتطور الأحياء الدقيقة غير ممكن الآن نسبة لعدم توفر المعلومات في هذا المجال. إن المعلومات المستقاة من الحفريات **Fossils** توضح أن الكائنات الدقيقة سبقت النباتات والحيوانات من حيث المنشأ، لكن المعلومات غير كافيه لبناء نظام تقسيم يعتمد على تطور الكائنات الحية الدقيقة.

إن تصنيف البكتيريا قابل للتغيير، لان استخدام التقنية الحديثة ودراسة العلاقات الوراثيه للكائنات بدائية النواة توفر كثيراً من المعلومات التي تستوجب إعادة النظر في التصنيف. إن أحد أهداف التصنيف البعيدة المدى هو تحقيق تصنيف طبيعي يعتمد على التاريخ التطوري لهذه الكائنات الدقيقة. يعتبر دليل بيرجي أحد المراجع الأساسية في تصنيف البكتيريا وأن التصنيف الحالي هو مرحلة وسطيه **Interim** على أمل أن يتحقق التصنيف الطبيعي في المستقبل.

## 1.2 رتب التقسيم Taxonomic Ranks

هناك عدة مجاميع تقسيمية تستخدم في تصنيف البكتيريا. كل البكتيريا موضوعة في **مملكة البركاريوتات Procaryotae**، ثم تأتي **الاقسام Divisions الصفوف Classes الرتب Orders، العائلات Families، الأجناس Genera، الانواع Species وتحت الأنواع Subspecies.**

**جدول رقم (1)**

يوضح الرتب التقسيمية **Taxonomic ranks** لبكتيريا لبتوسبيرا انتروجانس ***Leptospira interrogans***.

| Formal Rank | الرتبه |
|---|---|
| **Kingdom: Procaryotae** | **المملكة: بروكاريوتي** |
| **Division : Gracilicute or (Super family)** | **القسم: جراسيليكيوتس أو (المملكة اللكبرى)** |
| **Class: Scotobacteria** | **الصف: اسكوتوبكتيريا** |
| **Order: Spirochaetales** | **الرتبه:اسبيروكيتاليس** |
| **Family: Leptospiraceae** | **العائلة: ليبتوسبيريسي** |
| **Genns: *Leptospira*** | **الجنس: لبتوسبيرا** |
| **Species *Leptospira interrogans*** | **النوع: لبتوسبيرا انتيروجانس** |

يلاحظ إن **مملكة البروكاريوتات مقسمه إلى أربعة أقسام Divisions 4 أو** عائلات كبرى **Super families** اعتماداً على الاختلافات في التركيب الكيميائي للجدر والى حد ما على الاختلافات في الحامض النووي الريبوزى الريبوسومي :ر– رن أ **(16S rRNA)**.

تضم كل مجموعة تقسيميه في مملكة البروكاريوتات مجموعات متشابهة على سبيل المثال نجد أن العوائل **Families** تضم مجموعات لأجناس Genera متشابهة. أن الأجناس في عائلة المعويات **Enterobacteriaceae** عصوية أو منحنية، سالبه لصبغة جرام، غير مكونة للابواغ ولا هوائية اختيارياً. كما أن الأجناس تضم مجموعات لميكروبات متشابهة تسمى أنواع **Species**.

## 2.2 تعريف النوع Definition of the Species

النوع هو مجاميع من السلالات تمتلك أكبر قدر من الصفات المشتركة، وتختلف اختلافاً واضحاً من كل سلالات الأنواع الأخرى.

السلالة هي مجموعة من الخلايا أو مستعمرة **Colony** ناتجة عن نمو خلية واحدة وذلك بعد سلسلة من التزريع والتنقية.

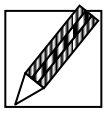
في بعض الأحيان يقسم النوع إلى تحت أنواع **Subspecies** اعتماداً على اختلافات بسيطة ولكنها ثابتة **Consistent**. تحت النوع هو الرتبة التقسيمية الصغرى التي لها اعتبار رسمي في التسمية. تحت الأنواع يمكن أن تقسم في بعض الأحيان إلى أصناف (أو أنماط أو طرز) **Infrasubspecies**.

الصنف أو الطراز هو سلالة من البكتيريا لها صفة خاصة تتميز بها عن بقية سلالات النوع الذي تنتمي إليه (مثلاً: صفه انتيجينيه، أو التفاعل مع البكتيريوفاج أو ما يشبه ذلك)، عليه فان الصنف يعطي اسماً مناسباً يتمشى مع الصفة التي يتميز بها ومثال لذلك الصنف المصلي **Serovar**، الصنف الحيوي **Biovar** والصنف الفاجي **Phagovar** الخ وهو رتبة لها فائدة عملية كبيرة.

## 3.2 تعريف الجنس Definition of the Genus

لابد من الإشارة أولاً بأن الجنس **Genus** يضم مجموعات من أنواع**Species** لها علاقة ببعضها البعض. إن تعريف الجنس يتم على أسس ومعايير عديدة تشمل الخصائص المورفولوجية، شكل المستعمرات، الصبغات، التغذية، احتياجات النمو، الصفات الفسيولوجية، التمثيل الغذائي، الوراثة، والتركيبات الانتيجينية، البكتيريوفاجات، الامراضية والبيئة وغيرها. وعليه فان نفس الصفات التي تعرف الجنس تنطبق على كل الأنواع التابعة له. فالجنس يمثل مجموعة تختلف عن الأجناس الأخرى. إن استخدام العلاقات الوراثية، مثل تهجيين رنا الريبوسومي**rRNA** يؤمل أن تساعد في تعريف الجنس وقد تم فعلاً استخدام العلاقات الو راثية في عدة حالات.

**تدريب (3)**



لماذا تعتبر سلالة البكتيريا النموذجية **Type strain** أهم سلالة بالنسبة للنوع **Species**

## 4.2 مجموعات التقسيم العليا Higher Taxa

يلاحظ أن الأجناس المتشابهة جمعت تحت عوائل **Families** والعوائل المتشابهة وضعت تحت رتب **Orders** وهكذا. إن العلاقات التصنيفية على مستوى العوائل والرتب تبدو أكثر غموضاً من الأجناس والأنواع لأنها مبنية على أسس لا تكفي لتعريفها تعريفاً واضحاً، ماعدا في حالات قليلة، كما نلاحظ ذلك في عائلة المعويات **Enterobacteriaceae** حيث توجد علاقة تقارب وراثي بين أفرادها، لذلك نجد أن مرجع بيرجي ركز على الأجناس والأنواع.

## 5.2 مرجع بيرجي Bergey's Manual

لقد جمعت كل الخصائص المتعلقة بأنواع البكتيريا في مرجع بيرجي **Bergey's Manual** الذي يعتبر مرجعاً أساسياً في تصنيف البكتيريا. صدرت الطبعة الأولى عام **1923م** والطبعة التاسعة عام 1994م بعنوان **Bergey's Manual of Determinative Bacterioloqy**. ، وصدرت أيضاً طبعة أخرى من أربع مجلدات في أعوام، 1986م، **1984م**، **1989م** و **1989م**، على التوالي بعنوان **Bergey's Manual of Systematic Bacterioloby** اعتبرت طبعة أولى بهذا العنوان.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1.وضح لماذا يصعب بناء تقسيم طبيعي ( تطوري) للبكتيريا في الوقت الراهن.
2. عدد الرتب التقسيمية المستخدمة في تصنيف البكتيريا.
3. عرف المصطلحات التالية:
أ. النوع ب. السلالة ج. الصنف د. الجنس
4. تحت الأنواع إلى ماذا تقسم ؟ مع ذكر أمثلة.
5. أذكر أسس ومعايير تعريف الجنس.
6. علل: ركز مرجع بيرجى على الأجناس والأنواع.

# 3. مملكة البروكاريوتات

يلاحظ أن مملكة البروكاريوتات **Prokaryotes** قسمت إلى أربعة أقسام **4 Divisions** (أو عائلات كبرى **Superfamilies**) اعتماداً على الفروقات في التركيب الكيميائي لجدر البكتيريا وعن وجود أو عدم وجود جدر لبعض الأنواع، وإلى حد ما على تتابع النيوكليوتيدات في الحامض النووي الريبوسومي.

فيما يلي وصفاً عاماً للأقسام الأربعة **Four Divisons** (أو العائلات العظمى أو الكبرى **Super families**) التي تضم ثلاثة وثلاثين جزءا ً**Section**.

## 1.3 القسم الأول جراسيليكيوتس Division 1 Gracilicutes

يضم هذا القسم البكتيريا الحقيقية التي تمتلك جدراً خلوية سالبة لجرام.هذه مجموعة غير متجانسة من البكتيريا التي تمتلك جدرا معقدة من النوع السالب لصبغة جرام. يتكون الغلاف الخلوي **Cell envelope** من غشاء خارجي **Outer membrane**، وطبقة رقيقة من الببتيدوجليكان، وغشاء سيتوبلازمى. شكل الخلايا ربما يكون كرويا أو بيضاويا أو عصويات مستقيمة أو منحنية، أو حلزونية أو خيطية. بعض من هذه الإشكال ربما تكون محاطة بغلاف **Sheath** أو كبسولة.تتكاثر البكتيريا بوساطة الانقسام الثنائي **Binary fission** البكتيريا **Myxobacteria** يمكن أن تكون أجساما ثمرية **Fruiting bodies** وابواغ هلامية **Myxospores**.في حالة وجود بكتيريا متحركة فإنها تتحرك بوساطة الاسواط أو بحركات انزلاقية **Gliding**، بعض الأفراد عديمة الحركة. يمكن أن تكون أفراد هذه المجموعة ممثلة للضوء أو غير ممثلة للضوء، هوائية، او لا هوائية اختيارا أو تحتاج لضغط أكسجين منخفض. بعض الأفراد طفيليات إجبارية داخل خلوية.

- **الصف الأول: اسكوتوبكتيريا Class I : Scotobacteria**
  **يضم البكتيريا السالبة لصبغة جرام وغير ممثلة للضوء**
- **الصف الثاني: انوكسيفوتوبكتيريا Class II:Anoxyphotobacteria**
  **تضم البكتريا الممثلة للضوء وغير منتجة للأكسجين**
- **الصف الثالث: اوكسيفوتوبكتيريا Class III: Oxyphotobacteria**
  **تضم البكتيريا الممثلة للضوء المنتجة للأكسجين.**

## 2.3 القسم الثاني فيرميكيوتس Division II Firmicutes

يضم هذا القسم البكتيريا الحقيقية التي تمتلك جدرا خلوية موجبة لجرام، شكل الخلايا كروي أو عصوي أو خيطي غير متفرع أو متفرع، تتكاثر الأفراد بواسطة الانقسام الثنائي. تكون بعض أنواع البكتيريا ابواغا داخلية أو ابواغا خارجية على هيفات، هذه الكائنات الدقيقة غير ذاتية التغذية ( متباينة التغذية ) وتتحصل على الطاقة كيميائياً. يضم هذا القسم مجموعات من البكتيريا المكونة للابواغ وغير مكونة للابواغ، وتضم أيضاً الاكتينومايسيتات.

***الصف الأول**: فيرميبكتيريا **Class I: Firmibacteria**

يضم البكتيريا الموجبة لجرام.

***الصف الثاني**: ثالوبكتيريا **Class II: Thallobacteria**

يضم البكتيريا الموجبة لجرام والتي تميل للتفرع وتكوين ميسيليوم كالاكتينومايسيتات **Actinomycetes**

## 3.3 القسم الثالث تنيريكيوتس Division III Tenericutes

يضم القسم البكتيريا عديمة الجدار الخلوي والتي تكون مرنه،ويتكون القسم من صف واحد.

***الصف الأول** موليكيوتس(المايكوبلازما)**(ClassI:Mollicutes (Mycoplasma**

تضم الطائفة البكتيريا التي ليست لها جدر خلوي.

## 4.3 القسم الرابع مندوسيكيوتس Division IV Mendosicutes

يضم الارشيبكتيريا التي يختلف التركيب الكيميائي لجدرها عن تركيب جدر البكتيريا الموجبة والسالبة لجرام وتتميز بعدم وجود ببتيدوجليكان. يحتوى الجدار على بروتينات وبروتينات سكرية **Glycoproteins** أو عديد السكريات. ونسبة للاختلاف فى نوع غلاف الخلية **Cell envelope** فإنها تعطى تفاعلا سالبا أو موجبا لجرام تنفرد الارشيبكتيريا بوجود دهون غير عادية،

وبالرغم من ذلك نجد إن هذه المجموعة (الارشيبكتيريا) تشترك فى كثير من الصفات الجزيئية مع اليوكاريوتات.ويلاحظ أن دهون الغشاء والريبوسومات وتسلسل القواعد النتروجينيه في الحامض النووي رن أ (**RNA**) غير عاديه أيضا. يضم هذا القسم حوالى (3) مجموعات أساسية كالاتي :

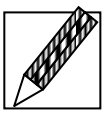
**(1) الارشيبكتيريا المنتجة للميثان.**

**(2) الارشيبكتيريا المحبة للملوحة.**

**(3) الارسيبكتيريا الممثلة للكبريت والمحبة للحراره المتناهية.**

تضم أقسام البكتيريا الأربعة (العائلات الكبرى) التي سبق ذكرها إلى ثلاثة وثلاثين قسماً (أو مجموعة). اعتمد تقسيم هذه المجموعات على الصفات المورفولوجية، وشكل الخلية وتنظيمها، وعلى التفاعل مع صبغة جرام واحتياجات الأكسجين وعلى الحركة ومصدر الطاقة وتكوين الجراثيم الداخلية والقدرة على تكوين ميسيليوم الخ. تتكون المجموعة من عدد من الأجناس في بعض المجموعات نجد الأجناس مجمعة تحت عوائل ورتب وصفوف.

## تدريب (4)



ما هي الفروقات بين القسم الرابع مندوسيكيتوتس **Mendosicutes** أو (الارشتيبكتيريا ) والبكتيريا الحقيقية **Eubacteria**.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. وضح الأسس التي أعتمد عليها في تقسيم مملكة البروكاريوتات إلى أربعة أقسام.
2. أذكر الخصائص العامة للقسم الأول من مملكة البروكاريوتات.
3. كم عدد الصفوف في القسم الأول من مملكة البروكاريوتات.
4. عدد الخصائص العامة للقسم الثاني من مملكة البروكاريوتات.
5. ماذا يضم القسم الثالث من أقسام مملكة البروكاريوتات ؟
6. أشرح الخصائص العامة للقسم الرابع من مملكة البروكاريوتات.
7. أذكر أمثلة لمجموعات القسم الرابع من مملكة البروكاريوتات.

# الخلاصة

في بداية هذه الوحدة تم التركيز على بعض المصطلحات الشائعة والمستخدمة كثيراً في مجال تصنيف الأحياء الدقيقة، وتم وضع تعريف لكل منها. ومن هذه المصطلحات: مصطلح التنظيم، والتقسيم، التصنيف، التعريف والتسمية.

بعد ذلك أنتقلنا للحديث عن الخصائص العامة للكائنات الدقيقة التي تساعد في التعرف على الكائن الدقيق وهى:

1 الخصائص المورفولوجية 2.الخصائص المزرعية

3.الخصائص الأيضية 4. الخصائص السيرولوجية ( المصلية )

5.الخصائص الو راثية

في القسم الثاني من هذه الوحدة تناولنا بالشرح تصنيف البكتيريا وأوضحنا أنه من الصعب بناء نظام تقسيم يعتمد على تطور الكائنات الحية الدقيقة نسبة لعدم توفر المعلومات في هذا المجال. تحدثنا عن المجاميع التقسيمية المستخدمة في تصنيف البكتيريا. ثم عرفنا كلا من مفهومي النوع ثم الجنس. في نهاية هذا القسم تحدثنا عن مرجع بيرجي الذي يعتبر مرجعاً أساسياً في تصنيف البكتيريا.

أما القسم الثالث والأخير من هذه الوحدة فقد كان محور الحديث فيه مملكة البروكاريوتات، وذكرنا الأسس التي قسمت على أساسها إلى أربعة أقسام، كما أعطينا وصفاً عاماً لأقسامها الأربعة. نأمل أن تكون خلاصة كافية واضحة.

# لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

تنتقل بك الوحدة القادمة وهى الوحدة الثالثة للحديث عن الخلية البكتيرية مركزيَن على عدد من التراكيب الدقيقة فيها.

نأمل أن تجدها وحدة سهلة واضحة وأن تفيد منها كثيراً.

# إجابات التدريبات

**تدريب (1)**

التصنيف هو وسيلة لترتيب مختلف أنواع الأحياء الدقيقة الموجودة في الطبيعة. هذا يتطلب معرفة خصائص الكائن الدقيق حتى يمكن مقارنتها بالكائنات الأخرى لاكتشاف أوجه الشبه والاختلاف بينهما.أن الإنسان بطبعه يرغب في ترتيب الكائنات المتشابهة مع بعضها والتمييز بين كل مجموعة وأخرى وبين فرد وأخر.

يحتاج تصنيف الكائن الدقيق لدراسة خصائصه التي تتطلب عزله أولاً في صورة نقية **Pure culture**. إن تحديد خصائص الكائن الدقيق تساعد في تصنيفه، وبما أن الكائن الدقيق يلعب دوراً هاماً في بيئته ويقوم بنشاطات عديدة فلابد من معرفة الخصائص التي تمكنه من القيام بهذه النشاطات.

**تدريب (2)**

إن التصنيف المتبع في دليل بيرجى يمثل مرجعاً أساسياً يلجأ إليه الكثيرون من الباحثين، ولكن هنالك أنظمة تصنيف أخرى هدفها هو أن تتميز التصنيفات بالثبات **Stability**والتنبؤ **Predictability** بمعنى إن معرفة خصائص احد أفراد المجموعة يعنى التنبؤ بان الأفراد الأخرى ربما يكون لها نفس الخصائص.

أن تصنيف بيرجى يعطى أهمية لبعض الصفات ( الشكل، لصبغة جرام، احتياجات الاكسجين، تكوين الأبواغ..... الخ ) دون غيرها. نجد في التصنيف الرقمي **Numerical taxanomy** أن كل الصفات لها نفس الوزن أو القيمة. ويتم مقارنة اكبر قدر من الصفات بالاستعانة بالحاسوب لمعرفة نسبة التشابه المئوية بين سلالة وأخرى ( S %) **Similarity** % وعلى هذا الأساس يتم تجميع السلالات التي تمتلك أكبر قدر من الصفات المشتركة في مجموعة. نفس الشئ ينطبق على الأنواع والأجناس. أن التصنيف المبنى على التقارب الوراثي **Genetic relatedness** يتميز بالثبات والتنبؤ ويعتمد عليه لأنه يتعلق بالمادة الوراثية .

**تدريب (3)**

السلالة هي مجموعة من الخلايا أو (مستعمرة) ناتجة عن نمو خلية واحدة. والنوع يمثل المجموعة التقسيمية الأساسية وهى عبارة عن مجموعة سلالات تمتلك خصائص مشتركة. أن النوع يتكون من سلالة خاصة تسمى السلالة النموذجية **Type strain** وكل السلالات الأخرى التي تعتبر متشابهة معها.بحيث تضم في نفس النوع.إن السلالة النموذجية تعتبر المرجع للنوع والتي يتطلب مقارنة السلالات الأخرى بها لتقدير عما إذا كان التشابه كافياً لضمها لنفس النوع. وعلى هذا الأساس فان السلالة النموذجية تتميز بأهمية خاصة وتلجا كل مراكز جمع العينات للاهتمام بها وحفظها.

**تدريب (4)**

القسم الرابع لمملكة البروكاريوتات يحتوى على الارشيبكتيريا **Archaeobacteria** التي تضم مجموعات تختلف عن بعضها مورفولوجياً وكيميائياً وفسيولوجياً، وتختلف في مواطنها التي تعيش فيها. أن الدراسات المبنية على رنا الريبوزومى **rRNA** أوضحت بان الارشيبكتيريا تختلف عن البكتيريا الحقيقية في بعض الأوجه. منها أن جدر الاشيبكتيريا لا تحتوى على ببتيدوجليكان بجانب وجود اختلافات أخرى بينهما في التركيب الكيميائي، ونسبة لهذا الاختلاف فان خلايا الارشيبكتيريا تكون موجبة أو سالبة لصبغة جرام. ويلاحظ أيضاً أن نوع الدهون في الغشاء السيتوبلازمى غير عادية. أن تصنيع البروتينات في الارشيبكتيريا يبدأ بمثيونين **Methionine** بينما يبدأ ب – ن فورمايل ميثيونين **N.formylmethionine** في البكتيريا

الحقيقة. أن عملية الترجمة **Translation**( ويقصد بها عملية تخليق البروتينات من رنا الرسول **mRNA**) حساسة لسم الدفتيريا بينما الترجمة في البكتيريا الحقيقية حساسة للمضاد الحيوى كلورا مفينيكول **Chloramphenicol**.

# مسرد المصطلحات

- **علم التنظيم Systematics**

علم يعنى بدراسة الميكروبات المختلفة ويبحث صلة القربى بينها وتنظيمها في أقسام.

**الأصناف ( الأنماط) Infrasubspecies**

سلالة من البكتيريا لها صفة خاصة تتميز بها عن بقية سلالات النوع الذي تنتمي إليه.

**التسمية Nomenclature**

إعطاء الميكروب اسماً يتفق مع نظام التسمية المعروف عالمياً ووضعه في المكان المناسب في هيكل التقسيم.

**التصنيف Classification**

تنظيم الكائنات في مجموعات تقسيمية بحيث تكون أفرادها متقاربة.

**التعريف Identification**

معرفة صفات أو خصائص الميكروب أولاً بحيث يمكن مقارنتها بصفات الميكروبات المعروفة سلفاً.ويتم ذلك بأجراء بعض التجارب المعملية و الفحوصات المجهرية.

**التقسيم Taxonomy**

علم يختص بترتيب الكائنات في مجموعات تقسيمية

**الجنس Genus**

يضم مجموعات من الأنواع لها علاقة ببعضها البعض.

**السلالة Strain**

مجموعة من الخلايا أو مستعمرة ناتجة عن نمو خلية واحدة وذلك بعد سلسلة من التزريع والتنقية.

**النوع Species**

مجاميع من السلالات تمتلك أكبر قدر من الصفات المشتركة، وتختلف إختلافاً واضحاً من كل سلالات الأنواع الأخرى.

# المراجع

## المراجع العربية


1. أبو الدهب، مصطفي كمال وآخرون. **(1997م). علم البكتيرات.** الجزء الأول – دار لمعارف، القاهرة.
2. أبو الدهب، مصطفي كمال، والجعراني، محمد عبد القادر. **(1984م). علم البكتيرات.** الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.
3. الحسن، جاد الله عبد الله، وحمد، يوسف فضل. **(1999م) مقدمة في علم الكائنات الدقيقة.** الجزء الأول، سوريا، دمشق.
4. النخال، محمد حمزة. **(1987م). علم الأحياء الدقيقة.** مطابع الطوبجي، القاهرة.


## المراجع الانجليزية


1. Holt J.G. et al (Editors). (1994). **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**.9th ed., Willams & Wilkins.
2. Ketchum, P.A. (1988). , Microbiology, Concepts and Applications. Wiley, U.S.A.
3. Krieg, N.R. (Editors). (1984). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 1st ed. Vol 3.Williams&Wilkins
4. Michael, T.P., Roger, D.R. and Chan, E.C.(1986).,Microbiology. 4th ed, McGraw Hill Book Company, New York.
5. Pelczar, M.J., Chan, E.C.S and Krieg, N.R (1997). Microbiology. Tata, McGraw Hill, India.

**6.** Sneath , P.H.A. et al. (Editors). (1986). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 1st ed. Vol 2.Williams & Wilkins.

**7.** Staly. J.T. et al. (Editors). (1989). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 1st ed. Vol 3.Williamis & Wilkins.

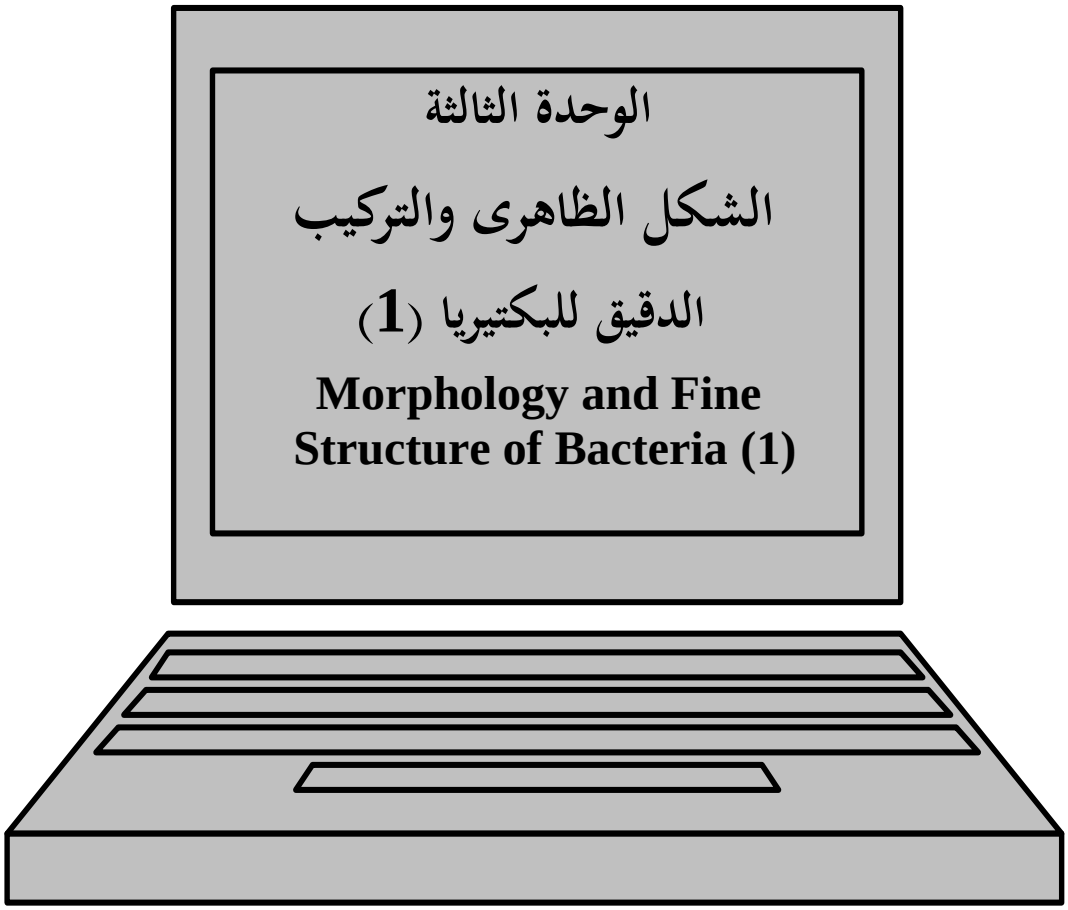
**8.** Thanarayanan., R and Paniker, J. (1990). Text Book of Microbiology. 4th Edition, Orient.

**9.** Tortora, G.J. Funke, B.R and Case, C.L.(1982) Microbiology, An Introduction . The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc.

**10.** Wisterich, G.A. and Lechtman.M.D Microbiology (1984). MaCmillan Publishing, Company, New York, London.

**11.** Williams,S.T. et al.(editors) (1989). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 1st ed. Vol 4.Williams & Wilkins.

**12.** Whittaker, R.H. (1969). New Concepts of Kingdoms of Organisms. , Science 163:150 – 160.


الوحدة الثالثة
الشكل الظاهرى والتركيب
الدقيق للبكتيريا (1)
Morphology and Fine
Structure of Bacteria (1)

# محتويات الوحدة


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 64 |
| **تمهيد** | 64 |
| **أهداف الوحدة** | 65 |
| **1. تركيب وحجم الخلية البكتيرية** | 66 |
| **2. شكل وترتيب الخلايا** | 67 |
| 1.2 الخلايا الكروية | 68 |
| 2.2 الخلايا العصوية | 69 |
| 3.2 الخلايا الحلزونية | 69 |
| 4.2 الخلايا المربعة | 70 |
| 5.2 الخلايا الخيطية | 70 |
| **3. التراكيب الدقيقة الخارجية** | 71 |
| 1.3 الزوائد (الأوبار) | 71 |
| 2.3 الكبسولة (المحفظة) | 73 |
| **4. حركة البكتيريا** | 75 |
| 1.4 الأسواط | 76 |
| 2.4 الأسواط البريبلازمية | 79 |
| **5. الجدار الخلوى** | 81 |
| 1.5 جدار البكتيريا الموجبة لصبغة جرام | 82 |
| 2.5 جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام | 84 |
| 3.5 أهمية الجدار الخلوى | 87 |
| 4.5 المايكوبلازما | 87 |
| 5.5 الأشكال | 88 |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| 6.5 جدار الأشيبكتيريا | 88 |
| **6. التراكيب داخل الجدار الخلوي** | 89 |
| 1.6 الغشاء السيتوبلازمي | 89 |
| 2.6 الميسوسومات | 92 |
| 3.6 السيتوبلازم | 93 |
| 4.6 النواة أو المنطقة النووية | 94 |
| 5.6 البلازميدات | 94 |
| 6.6 الريبوسومات | 95 |
| 7.6 الأغشية الداخلية | 95 |
| 8.6 المواد المخزنة | 96 |
| **الخلاصة** | 100 |
| **لمحة مسبقة عن الوحدة التالية** | 100 |
| **اجابات التدريبات** | 101 |
| **مسرد المصطلحات** | 105 |
| **المراجع** | 107 |

# المقدمة

## تمهيد

**عزيزي الدارس،**

مرحباً بك إلى هذه الوحدة. تحتوى هذه الوحدة عل ستة أقسام رئيسية.

القسم الأول يعرفك على الأحجام المختلفة للخلايا البكتيرية التي تضم صغيرة الحجم، متوسطة الحجم وكبيرة الحجم.

في القسم الثاني ستتعرف على الأشكال والترتيبات المختلفة للخلايا البكتيرية. ثم تنتقل بك الوحدة في القسم الثالث إلى الحديث عن بعض التراكيب الخارجية الدقيقة والتي تضم الزوائد والكبسولة.

في القسم الرابع ستتعرف على تها في حركة البكتيريا.

أما القسم الخامس فيتناول بالتفصيل الجدار الخلوى ووظيفته وتركيبه وأهميته، والأسواط تركيبها ووظيفتها.

القسم السادس وهو القسم الأخير من هذه الوحدة يختص بالحديث عن الغشاء السيتوبلازمى مركزاً على وظيفته، طرق نقل الجزيئات عبره بالأضافه إلى بعض التركيبات الدقيقة فيه.

عليك التعامل بجدية مع التدريبات وأسئلة التقويم الذاتي التي ترد في متن هذه الوحدة لما لها من دور كبير في تعزيز عملية التعلم لديك.

## أهداف الوحدة

**عزيزي الدارس بعد ان تفرغ من قراءة هذه الوحدة ستكون قادراً علي ان:**

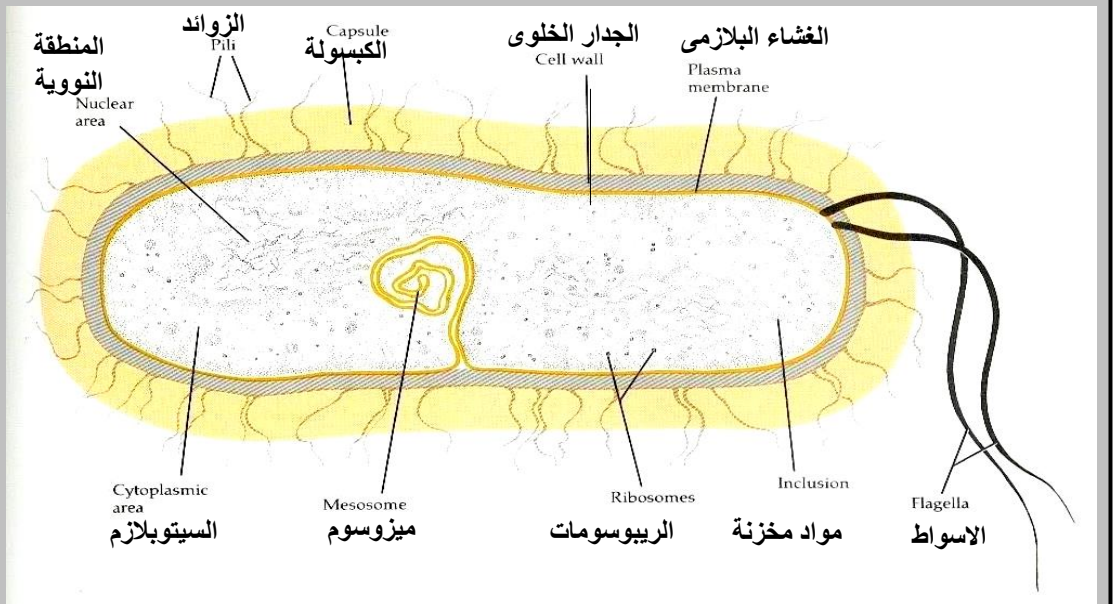
- **تعدد** محتويات الخلية البكتيرية
- **تميز بين** الأحجام المختلفة للخلايا البكتيرية
- **تصف** أشكال خلايا البكتيريا.
- **تقارن بين** الزوائد العادية والزوائد الجنسية.
- **تصف** الكبسولة وتعدد وظائفها.
- **تقسم** البكتيريا على أساس توزيع الأسواط.

# 1. تركيب وحجم الخلية البكتيرية

# Bacterial cell Size and Structure

بفضل أكتشاف المجهر الالكتروني تمكن العلماء من معرفة كثير من أجزاء الخلية البكتيرية والتراكيب الدقيقة خارج وداخل الخلية (الشكل1). وكل الخلايا تحتوي علي جدر خلوية وبروتوبلاستات (ماعدا المايكوبلازما التي لا تمتلك جدراً). التراكيب الاخري مثل الأسواط، الكبسولة ( المحفظة)، والزوائد، الأسواط، والأبواغ وغيرها تظهر في بعض أنواع البكتيريا، وأن لكل من هذه التراكيب وظائف خاصة، كما أنها تساعد في التعرف علي نوع البكتيريا وتصنيفها. يلاحظ ايضا ان تركيب الجدار الخلوى يختلف فى البكتيريا السالبة والموجبة لسبغة جرام.

البكتيريا كائنات صغيرة الحجم مقارنة بالكائنات حقيقية النواة. متوسط قطر الخلية الكروية في حدود1.0ميكرمتر. المايكوبلازما **Mycoplasma** أصغر حجماً والاشكال الكروية منها لها قطر حوالي 0.12 ميكرومتر تقريباً. أما البكتيريا العصوية فلها أبعاد مختلفة، ومتوسط أبعاد الخلية يساوي 0.6 × 1–3 ميكرومتر. توجد بعض الخلايا التي يتراوح طولها من5إلي 12ميكرومتر وربما يصل 100 ميكرومتر أو أكثر.

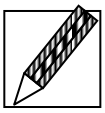



الشكل (1). قطاع طولى فى خلية بكتيرية نموذجية يوضح التراكيب الدقيقة

**جدول (1). يوضح أبعاد بعض أنواع البكتيريا**

| نوع البكتيريا | | الأبعاد بالميكرومتر (um) |
|---|---|---|
| بكتيريا صغيرة الحجم | | |
| بديللوفيبريو باكتيريوفوراس | ***Bdellovibrio bacteroivorus*** | **1.4- 0.5 x 0.5- 0.2** |
| استافيلوكوكس اورياس | ***Staphylocous aureus*** | **0.5–1.0 (diameter)** |
| بكتيريا متوسطة الحجم | | |
| باسيللس سبتيليس | ***Bacillus subtilis*** | **3-2 x 0.8 - 0.7** |
| ايشيرشيا كولاي | ***Escherichia coli*** | **3-1 x 0.7 - 0.4** |
| بكتيريا كبيرة الحجم | | |
| ازوتوباكتر كروكوكوم | ***Azototobaacter chroococcum*** | **5 x 2 - 1.5** |
| بجياتو جيجانتيكا | ***Beggiatoa gigantica*** | **55 – 26 x 13 – 5** |
| سبيروكيتا بليكاتيليس | ***Spirocheata plicatilis*** | **25 – 90 x 0.75** |

**تدريب (1)**



قارن بين نسبة سطح خلية البكتيريا لحجمها **Surface area/ volume** مع كائن أخر كبير الحجم، وهل هنالك فوائد عندما تكون نسبة السطح للحجم كبيرة.

# 2. شكل وترتيب الخلايا

# Shape and Arrangement of Cells

للبكتيريا أنواع عديدة تختلف مظهرياً فيما بينها. أن شكل الخلايا وحجمها وترتيبها وحركتها وتكوين الأبواغ **Spores** تعتبر صفات هامة تساعد في التعرف علي البكتيريا وتصنيفها.

يوجد عدد من الإشكال لخلايا البكتيريا كما أن لها ترتيبات مختلفة. طريقة انقسام الخلية يحدد الي حد كبير طريقة تجمعها وترتيبها. فخلية البكتيريا إما أن تكون كروية **Coccus** أو عصوية **Rod** أو حلزونية **Helix-shaped**. تنقسم الخلايا بالانشطار الثنائي **Binary fission** وينتج عن ذلك خليتين صغيرتين متساويتين.

## 1.2 الخلايا الكروية Cocci (المفرد Coccus)

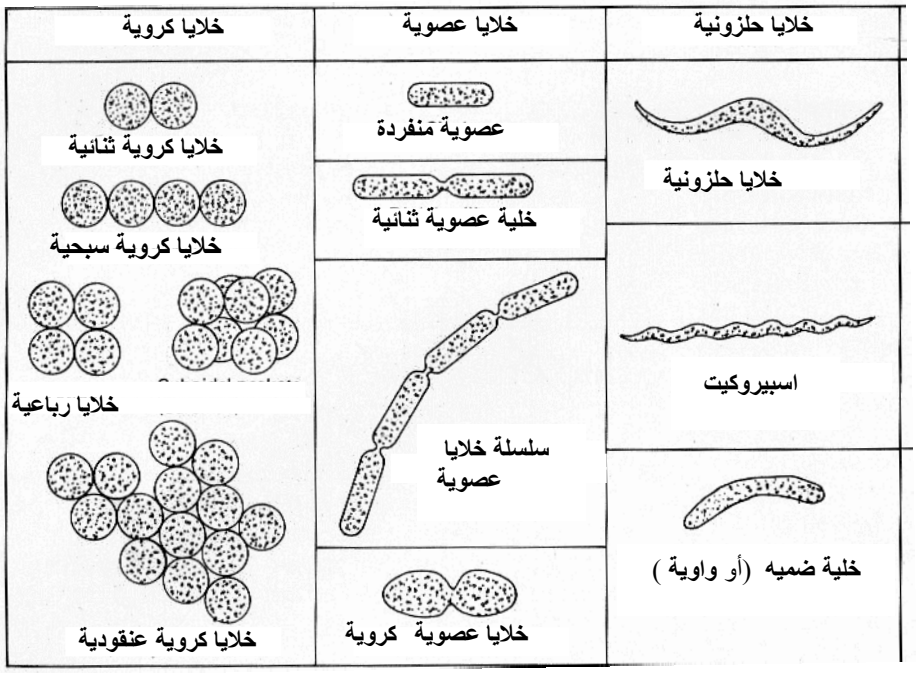
كلمة كوكس **Coccus** مشتقة من كلمة **Kokkos** اليونانية الاصل ومعناها توت **Berry**، ويقصد بها البكتيريا كروية الشكل **Sphere**. عندما تنقسم الخلية الكروية علي سطح أو مستوي وأحد فإنها أما أن تكون خلايا ثنائية **Diplococcus** أو تبقي الخلايا ملتصقة مع بعضها لتكون سلاسل قصيرة أو طويلة، وتسمي خلايا كروية سبحية **Streptococci**. عندما تنقسم الخلية الكروية انقسامين ويكون الانقسام الثاني علي سطح متعامد ( يقع علي زاوية قائمة علي السطح الأول )، تتكون مجموعات من 4 خلايا أي خلايا رباعية **Tetracocci**. عندما تنقسم الخلية الكروية علي ثلاث أسطح بطريقة منتظمة تتكون مجموعة مكعبة تحتوي علي 8 خلايا، وتسمي في هذه الحالة سارسينا **Sarcina**. عندما تنقسم الخلية الكروية علي ثلاث أسطح بدون أنتظام تتكون خلايا عنقودية **Staphylococci** ( الشكل 2).

**تدريب (2)**

وضح لماذا تظهر بعض أنواع البكتيريا الكروية في سلاسل والبعض يظهر في ترتيب مكعبى **Cuboid**

## 2.2 الخلايا العصوية Bacillus

كلمة **Bacillus** أصلها لاتيني **Baculus** ويقصد بها العصاة **Rod**. توجد الخلايا منفردة، أو في أزواج **Diplobacilli** أو في سلاسل **Streptabacilli** ( الشكل 2 ). بعض منها يكون ترتيبات أشبه بالحروف الصينية ويلاحظ ذلك في جنس كوراينى بكتيريوم **Corynebacterium**



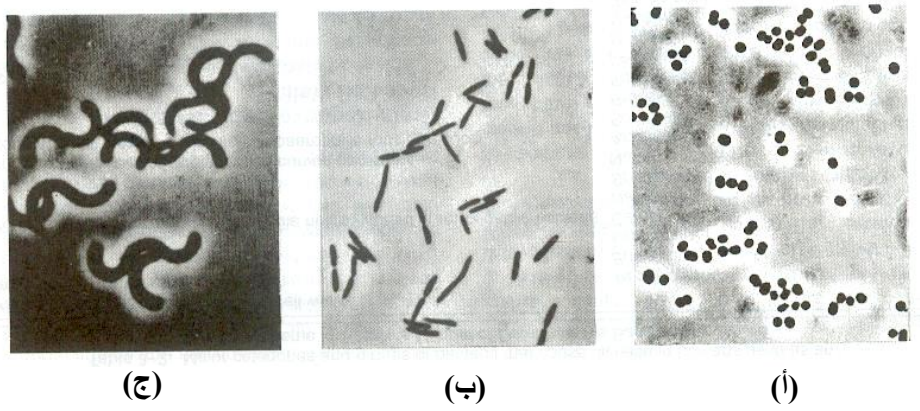

**الشكل(2) يوضح اشكال وترتيب خلايا البكتيريا**

## 3.2 الخلايا الحلزونية أو المنحنية

## Helical or Curved Bacteria

تضم هذه المجموعة الخلايا التي تشبه الفاصلة **Comma- shaped** وتسمي فيبريو ***Vibrio***، وتكون منحنية ولها أقل من ثنية واحدة. البكتيريا الحلزونية لها أكثر من انحناءة

واحدة.الخلايا الحلزونية التي تسمي **Spirilla** ( المفرد **Spirillum**) هي خلايا صلبة تتميز بوجود اسواط خارجية تساعد البكتيريا علي الحركة. البكتيريا الحلزونية التي تسمي اسبيروكيتات **Spirochetes** لها خلايا مرنة وتتحرك بوساطة أسواط بريبلازمية **Periplasmic Flagella** أو أسواط الداخلية **Endoflagella** أو خيوط المحورية **Axial filaments**). توجد هذه الأسواط البريبلازمية بين الغشاء الخارجي **Outer sheath** وجدار الخلية **Cell wall** الشكل (3) يوضح الاشكال الرئيسية للبكتيريا الحقيقية (الخلايا الكروية والعصوية والحلزونية).



(ج) (ب) (أ)

**الشكل (3). صورة توضح الاشكال الرئيسية للبكتيريا ( أ) خلايا كروية، (ب) خلايا عصوية (ج) خلايا حلزونية**

## 4.2 الخلايا المربعة Square Bacteria

لقد وصف والسبي **(1980) Walsby** بكتيريا مربعة الشكل أبعادها **2×2** ميكرومتر وسمكها **0.25** ميكرومتر وتوجد في أزواج او تجمعات يصل عدد الخلايا الي حوالي **64** خليه. توجد البكتيريا المربعة في المياه المالحة ( البحر الميت والاسماك المملحة). توجد ايضاً أنواع من البكتيريا لها أشكال خيطية ونجمية وغيرها.

## 5.2 البكتيريا الخيطية

تضم هذه المجموعة الاكتينوميسيتات **Actinomycetes** وغيرها، وهي بكتيريا ذات نواة بدائية وتكون غزلاً (ميسيليوم)، مشابهة بذلك الفطريات الطحلبية التي تكون ميسيليوم أو خيوط فطرية او هيفات **Hyphae** رفيعة قطرها حوالي 1.5 ميكرومتر، بينما قطر هيفات الفطريات حوالي 5 ميكرمتر. تتواجد البكتيريا الخيطية التي تعرف ايضاً بأسم الفطريات الشعاعية عادة في التربة، وتستغل في إنتاج المضادات الحيوية **Antibiotics**.

بعض أنواع البكتيريا تأخذ أشكالاً مختلفة **Pleomorphic** ومثال لذلك جنس أرثروباكتر ***Arthrobacter*** . لهذه البكتيريا أشكال عصوية وعندما تعمر المزرعة البكتيرية تصبح الخلايا كروية الشكل. وبما ان بكتيريا المايكوبلازما **Mycoplasma** عديمة الجدار فإنها تظهر في أشكال كروية أو خيطية.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. أرسم خلية بكتيرية نموذجية مع توضيح أجزائها المختلفة.
2. كيف تنقسم خلايا البكتيريا ؟ وماذا ينتج عن ذلك.
3. صف الأشكال الرئيسية للخلايا البكتيرية.
4. ماهو الفرق بين تكوين كل من: الخلايا الكروية والسبحية، والرباعية والعنقودية ؟ دلل على إجابتك بالرسم
5. عدد أشكال الخلية العصوية.
6. كيف تتحرك البكتيريا الحلزونية اسبيروكتيات.
7. ما هي صفات البكتيريا مربعة الشكل التي وصفها العالم والسبى ؟
8. البكتيريا الخيطية ماذا تسمى أيضاً وفى ماذا تستغل ؟

## 3. التر

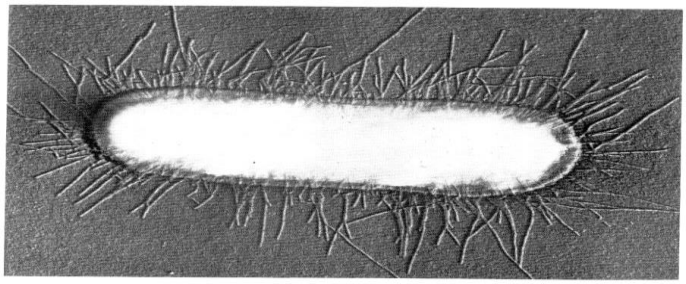
يقص

## 1.3 الزوائد (الأوبار) Pili (Fimbriae)

الزوائد أو البيلي **Pili** (المفرد **Pilus**) عبارة عن زوائد قصيرة مستقيمة مجوفة تشبه الأوبار (الشكل4). وتتكون من بروتين يسمي بيلين **Pilin**. متوسط قطر معظم الزوائد يتراوح من **4** الي **8** نانومتر وطولها **0.1- 1.5** ميكرومتر.

الزوائد عدة أنواع تختلف عن بعضها في الشكل الخارجي. الزوائد العادية تساعد البكتيريا في الالتصاق بالاسطح أو مع بعضها لتكون أغشية علي أسطح الأوساط الغذائية السائلة، كما أنها تساعد البكتيريا الممرضة في الالتصاق بالخلايا والاسنان والانسجة. تحتوي الخلية علي حوالي **100-500** زائدة. لقد تم عزل أربع مستعمرات مختلفة للبكتيريا نيسيريا قونوريي ***Neisseria gonorrhoeae*** التي تسبب مرض السيلان، واستخدمت في تجارب علي بعض المتطوعين. خلايا من البكتيريا اخذت من مستعمرتين ( **Colony type 1and 2**)تسببت في اصابات مرضية حادة بينما تسببت الخلايا التى اخذت من المستعمرتين الاخرتين ( **Colony type3 & 4**) في أصابات خفيفة. اتضح أن خلايا المستعمرتين 1 و2 تحتوي علي زوائد مكنتهم من الالتصاق بأنسجة الإنسان، بينما لا تحتوي خلايا المستعمرتين **3** و **4** علي أي زوائد. ومن الملاحظ أن بعض الزوائد تلعب دوراً في إحداث الاصابة وذلك بمساعدتها للبكتيريا الممرضة علي الالتصاق بالخلايا الطلائية التي تحيط بالجهاز التنفسي والامعاء والمسالك البولية، ويصعب بالتالى إزالتها بالسوائل المخاطية وسوائل الجسم، مما يساعد ذلك في تطور المرض.

يوجد نوع آخر من الزوائد يطلق عليه أسم الزوائد الجنسية **Sex pili**، قطرها حوالي 8.5 نانومتر وطولها حوالي **2.5** ميكرومتر، وهي أطول من الزوائد السابقة. الزوائد الجنسية محدودة العدد حوالي 1-5 وتوجد في الخلايا المذكرة التي يرمز إليها بـ **(F+)**ومثال لذالك أي كولاي ***E.coli*** التي تمتلك القدرة عل منح مادتها الوراثية للخلية المؤنثة **($F^-$)** عن طريق هذه الزوائد أثناء التزاوج **Conjugation**، ولذلك سميت بالزوائد الجنسية **F-pili** (الحرف **F** يرمز الي عامل الخصوبة **Fertility factor**). أتضح ايضاً بأن الزوائد الجنسية في شريشيات القولون ( أي كولاي ***E.coli***) تكون ايضاً بمثابة مناطق أستقبال للبكتيريوفاجات **Bacteriophages** المتخصصة علي أصابة أي كولاي، وعن طريق هذه الزوائد الجنسية المجوفة تمر مادة الفيروس الوراثية الي الخلية البكتيريا.



**الشكل(4). يوضح الزوائد (الاوبار ) Pili على سطح خلية البكتيريا بروتوس فلجاريس *Proteus vulgaris***

**تدريب (3)**

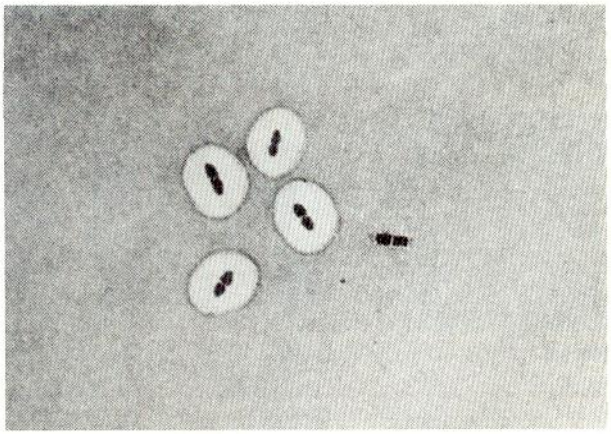
قارن بين الزوائد العادية والزوائد الجنسية من حيث العدد، الطول، القطر والوظيفة ؟

## 2.3 الكبسولة (المحفظة) Capsule

الكبسولة عبارة عن طبقة مخاطية تشبة الجيلاتين تحيط بخلايا بعض انواع البكتيريا، سمكها في الحالة الرطبة حوالي **0.2** ميكرومتر. في بعض الاحيان تكون الكبسولة رقيقة جداً **Microcapsule** ولا تري إلا بالمجهر الالكتروني. في بعض أنواع البكتيريا تكون الكبسولة في شكل مواد مخاطية كثيفة ومنحلة يطلق عليها اسم **Glycocalyx** او الطبقة اللزجة **Slime layer**.

تتكون الكبسولة عادة من عديد السكريات **Polysaccharides** أو من عديد الببتيدات **Polypeptides**. تتكون الكبسولة في بض أنواع البكتيريا مثل ***Bacillus subtilis*** و ***B.anthracis*** من تكثف الحمض الاميني جلوتاميك acid **Poly-D-glutamic**. تظهر الكبسولة كهالة شفافة

حـول الخليـة عنـد صـبغها بطريقـة الصـبغ السـالب (الشـكل5) وذلـك بأسـتعمال النيجروسـين **Nigrosin** أو الحبر الهندي **India ink**.



**الشكل (5). صورة توضح الكبسولة حول خلايا البكتيريا السبحية الرئوية *Streptacoccus pneumoniae***

## وظائف الكبسولة

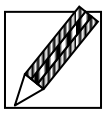
تؤدي الكبسولة وظائف عديدة ويعتمد ذلك علي نوع البكتيريا.

- **تحمي الخلية من الجفاف** المؤقت وذلك بالاحتفاظ بالماء.
- **تحمي الخلية من العوامل الضارة** من بكتيريوفاجات ومضادات حيوية مثل البكتيريوسينات **Bacteriocins**والانزيمات مثل إنزيم اللأيسوزيم **Lysozyme** وإنزيمات التحلل الاخري.
- **تحمي البكتيريا من الالتهام Phagocytosis** بكريات الدم البيضاء. كثير من أنواع البكتيريا ذات الكبسولة مثل ***Streptococcus pneumoniae*** و***Bacillus anthracis*** تقاوم الالتهام مما يزيد من قدرتها الامراضية. ومن الملاحظ بأن البكتيريا السبحية المقيحة ***Streptococcus pyogenes*** تكون في الظروف المثلي كبسولة مكونة من حمض

الهيالورونيك **Hyaluronic acid** وبروتين م **M protein**، هذه المواد تحمي الخلية من الالتهام كما يصعب هضمها.

- **تساعد الكبسولة بعض البكتيريا على الالتصاق بالاسطح.** البكتيريا السبحية ***Streptococcus* mutans** التي تشارك في تسوس الاسنان تنتج كبسولة تتكون من مادة كربوهيدراتية **Glycan** لا تذوب في الماء وتساعد البكتيريا في الالتصاق باسطح الاسنان.

## تدريب (4)



هل يمكن شرح وظيفة الكبسولة بالنسبة للبكتيريا الممرضة وللبكتيريا التى تعيش في التربة والتي تتعرض للجفاف من وقت لاخر ؟

## أسئلة تقويم ذاتي

1 .مم تتكون الزوائد

2. عدد أنواع الزوائد مع ذكر أهمية كل منها.

3. تلعب بعض الزوائد دوراً في إحداث الأصابة. ناقش هذه العبارة

4. عرف أو وضح ما يلى: الطبقة اللزجة **Slime layer**

5. مم تتكون الكبسولة

6. عدد وظائف الكبسولة.

7. البكتيريا السبحية المقيحة تكون في الظروف المثلى كبسولة. مم تتكون هذه الكبسولة ؟ وما فائدتها ؟

8 .ماهي وظيفة الكبسولة للبكتيريا الممرضة والبكتيريا التي تعيش في التربة المعرضة من وقت لاخر للجفاف

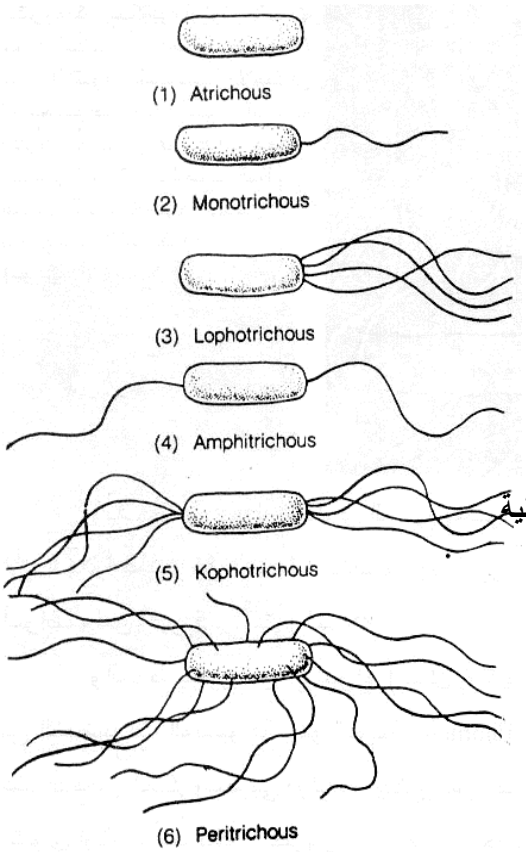
# 4. حركة البكتيريا Motility

تستجيب البكتريا عادة للعوامل الكيميائية والفيزيائية وتتحرك في إتجاه هذه المؤثراتEffectors إذا كانت مفيدة لها، أو بعيداً عنها إذا كانت ضارة. فإذا كانت الاستجابة الحركية للبكتيريا تحت تأثير مادة كيميائية، يطلق علي هذا السلوك مصطلح **Chemotaxis**. تكون الاستجابة الحركية موجبة **Positive chemotaxis** إذا انجذبت البكتيريا وتحركت في إتجاه المادة الكيميائية، وتكون سالبة **Negative chemotaxis** إذا ابتعدت عنها. نفس الشئ ينطبق علي البكتيريا الممثلة للضوء، فهي تتحرك نحو الضوء **Phototaxis** وتختار دائماً أماكن الاشعة ذات الطول الموجي الذي يناسبها ويمكنها الاستفادة منه في عملية البناء الضوئي. ويمكن للبكتيريا ايضاً أن تتحرك وتختار المنطقة التي يكون فيها تركيز الاكسجين أكثر ملاءمة لنموها. إذا كانت من النوع اللاهوائي **Anaerobic** فانها تبتعد عن مناطق الاكسجين. أن الاستجابة الحركية تحت تأثير الاكسجين تسمي **Aerotaxis**.البكتيريا يمكنها ايضاً ان تتحسس المواد الكيميائية **Chemoeffectors** عن طريق بروتينات مستقبلة **Receptor proteins** توجد في الحيز البريبلازمي **Periplasmic space** أو في الغشاء البلازمي نفسه. عندما ترتبط المادة الكيميائية مع البروتين المستقبل **Receptor protein** تستطيع البكتيريا التعرف علي المادة الكيميائية وتركيزها وعما إذا كانت مفيدة أو ضارة، وبالتالي تحدد البكتيريا أتجاه حركتها، أما أن تتحرك نحوها أو بعيداً عنها.

## 1.4 الأسواط Flagella

الأسواط عبارة عن زوائد قطرها حوالي **10–20**نانومتر وطولها حوالي **5–10** ميكرومتر، ويصل طولها في بعض الأحيان الى **70**ميكرومتر. تساعد الأسواط البكتيريا علي الحركة السباحية **Swimming movement**. بعض انواع البكتيريا التي لا تمتلك أسواطاً يمكن أن تتحرك بحركة أنزلاقية **Gliding movement** علي الاسطح تنتج عن تقلصات تموجية في طبقة الخلية الخارجية مؤدية الي انتقالها من مكان لآخر. يصعب رؤية الاسواط بالمجهر العادي لصغر قطرها إلا إذا صبغت بطريقة معينة تزيد من قطر السوط، ولكن من الممكن رؤية الأسواط بدون صبغ بالمجهر الالكتروني. الصبغة المناسبة التي تستعمل عادة هي صبغة الفوكسين القاعدية **Basic fuchsin** وحمض التانيك **Tannic acid** الذي يربط بين السوط وجزيئات الصبغة. كما يمكن أيضاً صبغ السوط بطريقة الصبغ السالب بأستخدام حمض الفوسفوتنجستيك.

أن عدد الأسواط وطولها وموقعها في الخلية يختلف من نوع لآخر ويستفاد من هذا الأختلاف في تقسيم البكتيريا والتعرف عليها. وقد قسمت البكتيريا علي حسب توزيع الأسواط إلي وحيدة السوط **Monotrichous** وذلك عندما تحمل سوطاً واحداً في أحد الأطراف. عندما تحمل البكتيريا سوطاً واحداً في كل طرف تسمي **Amphitrichous**. في حالة وجود مجموعة أو خصلة من الأسواط مثبتة في طرف واحد تسمي **Lophotrichous**. أما في حالة وجود مجموعتين من الاسواط كل مجموعة مثبتة في أحد اطراف الخلية فتسمي **Kaphotrichous**، وعندما تحيط الأسواط بالخلية من كل جوانبها تسمي محيطية أو جسمية الأسواط **Peritrichous**(الشكل6). البكتيريا التي ليست لها أسواط أي عديمة السوط تسمي **Atrichous**.




**الشكل(6) تنظيم الاسواط على الخلية البكتيرية:**

**(1) عديمة الاسواط**

**(2) سوط واحد طرفى**

**(3) خصلة من الاسواط على طرف واحد**

**(4) سوط واحد على كل من طرفى**

**(5) خصلة من الاسواط على كل من طرفى الخلية**

**(6) محيطية الاسواط**

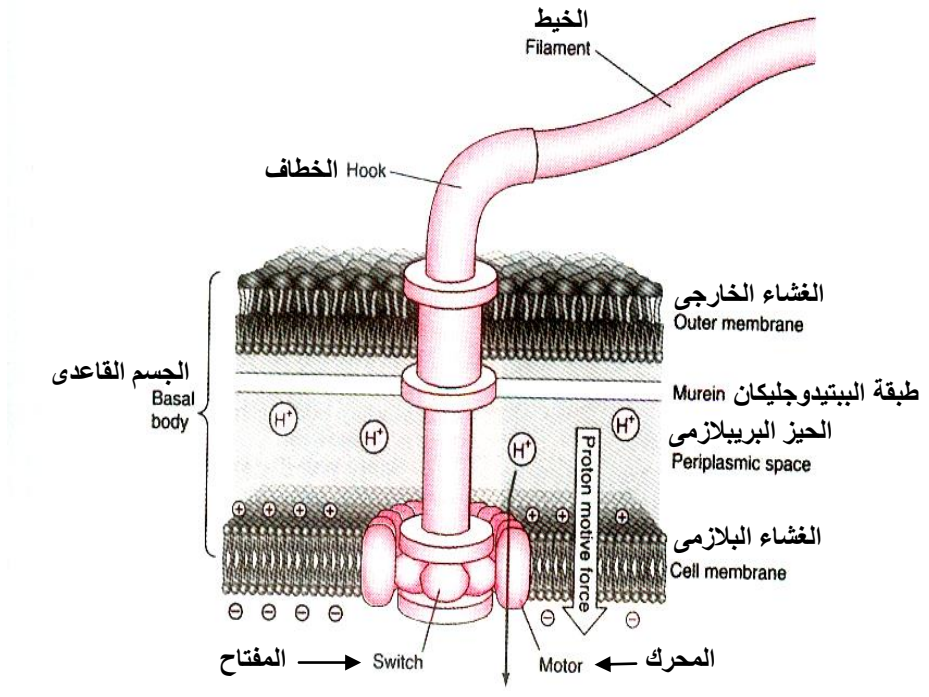
يبدو أن الاسواط ليس لها أهمية كبيرة في حياة البكتيريا لآن نزعها لا يؤثر علي النشاطات الحيوية. تتكون الاسواط من مادة بروتينية تسمي فلاجيلين **Flagellin**، ووزن جزئ البروتيني بتراوح بين **20-40**الف دالتون، وهي مادة أنتيجينية مولده للأجسام المضادة تعرف بانتجين هـ **H.Antigen**. الأجسام المضادة للاسواط تسمي **H.antibodies**. يختلف بروتين الأسواط كيميائياً من البروتينات الاخري في كونه لا يحتوي علي الحمض الأميني سيستين **Cystine**، ويحتوي علي قليل من الأحماض الامينية العطرية برولين **Proilne** وهيستيدين **Histidine**، وكثير من الأسواط لا تحتوي علي تريبتوفان **Tryptophan**.

في حالة فحص السوط بالمجهر الالكتروني يتضح بأن السوط يتركب من جسم قاعدي **Basal body** وخطاف **Hook** وخيط **Filament** (الشكل7). الجسم القاعدي عبارة عن قضيب **Rod** مركزي يحمل زوجين أو زوجاً واحداً من الصفائح الدائرية **Rings** علي حسب نوع البكتيريا.

البكتيريا السالبة لجرام كالسالمونيلا ***Salmonella*** لها زوجان من الصفائح، زوج خارجي **L & P rings** (الصفيحة **L** مثبته في الغشاء الخارجى و **الصفيحة P** مثبته فى طبقة الببتيدوجليكان)، بينما الزوج الداخلي من الصفائح (**S & M rings** ) مثبت في الغشاء البلازمي. أما في البكتيريا الموجبة لجرام مثل ***Bacillus subtilis*** فلها فقط زوج واحد من الصفائح الدائرية **S & M rings**). يبدو أن حركة السوط تنتج عن دوران الصفيحة الداخلية **M ring** التي تتحصل علي الطاقة من الغشاء البلازمي عن طريق قوة دفع البروتون **Proton motive force** من الحيز البريبلازمى للسيتوبلازم. للسوط خطاف **Hook** يربط بين الخيط **Filament** والجسم القاعدي. يلاحظ أن السوط ينمو من القمة وليس من القاعدة كما يحدث لشعر الحيوانات. جزيئات بروتين الفلاجيلين تتكون في السيتوبلازم ثم تمر من داخل الخيط الأجوف لتصل طرف السوط وتزيد من طوله. ومن الملاحظ أن وحدات البروتين منتظمة في شكل حلزوني علي طول محور السوط.

## وظيفة الأسواط

- الأسواط تمكن البكتيريا من الحركة بحثاً عن الغذاء والمناطق المناسبة للنمو والابتعاد عن الاماكن الضارة.
- تستطيع البكتيريا في حالة تكاثرها في منطقة واحدة من الانتشار الي مناطق أخري.
- يعتقد بأن الأسواط تساعد البكتيريا الممرضة علي أختراق بعض الحواجز كالافرازات المخاطية التي تقي العائل من الاصابة بالبكتيريا.




**الشكل (7). يوضح المكونات التركيبية لسوط بكتيريا سالبة**

## 2.4 الأسواط البريبلازمية Periplasmic Flagella

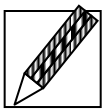
الاسبيروكيتات **Spirochetes** هي بكتيريا حلزونية الشكل تتحرك بوساطة أسواط بريبلازمية توجد بين الغشاء الخارجي **Outer sheath** والجدار الخلوي ويطلق عليها أيضاً أسم الخيوط المحورية **Axial filaments** (أو الأسواط الداخلية **Endoflagella**). الأسواط البريبلازمية مثبتة في أحد أطراف البكتيريا وتمتد علي طول محورها حتي منتصف الخلية تقريباً. يتراوح عدد الاسواط من أثنين الي عدة مئات في الخلية الواحدة. تظهر الأسواط تحت المجهر الالكتروني كالحبل الملتف حول الخلية. كل خيط يتكون من ليفتين **Two fibrils** وهو يشبه الأسواط العادية ويتكون من خيط وخطاف وما يشبه الجسم القاعدي. يعتقد من الناحية النظرية أن كل سوط يدور حول نقطة أرتكازه مما يدفع بالخلايا البكتيرية الي الامام في حركة ملتوية.

**تدريب (6)**

أ. أشرح كيف تتحرك البكتيريا ذات الأسواط الطرفية Polar، والبكتيريا ذات الاسواط الجانبية ( المحيطية ) **Lateral** أو **Peritrichous.**

ب. هل تعتقد أن الأسواط البريبلازمية هي نفسها الأسواط العادية ؟ دلل على إجابتك.

**تدريب (7)**



تستجيب البكتيريا بالحركة نحو أوبعيداً عن بعض المؤثرات كالمواد الكيميائية **Chemotaxis** والضوء **Phototaxis** والحقل المغناطيسى **Mgnetotaxis**

هل لهذه الاستجابة الحركية اى فائدة للبكتيريا في بيئتها الطبيعية ؟

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. تستجيب البكتيريا عادة للعوامل الكيميائية والفيزيائية وتتحرك في اتجاه هذه المؤثرات إذا كانت مفيدة لها أو بعيداً عنها إذا كانت ضارة. ناقش هذه العبارة
2. الأسواط البريبلازمية، ماذا يطلق عليها أيضاً ؟
3. كيف تتحرك البكتيريا التي لا تمتلك أسوطاً.
4. وضح الفرق بين رؤية الأسواط بالمجهر العادى والمجهر الالكترونى.
5. مستعيناً بالرسم وضح تنظيم الأسواط في البكتيريا.
6. الأسواط ليس لها أهمية كبيرة في حياة البكتيريا كيف.
7. مم تتكون الأسواط ؟
8. كيف يختلف بروتين الأسواط كيميائياُ عن البروتينات الأخرى.مم يتركب السوط عند فحصه بالمجهر الالكترونى ؟
9. عرف الجسم القاعدى ؟ وقارن بين محتوياته في كل من البكتيريا السالبة والموجبة لجرام
10. عدد وظائف الأسواط.
11. متى تكون الأستجابة الحركية للبكتيريا موجبة. ومتى تكون سالبة.

## 5.الجد

لق

ونستعرض

الخلـوى يخ

(الشكل8).

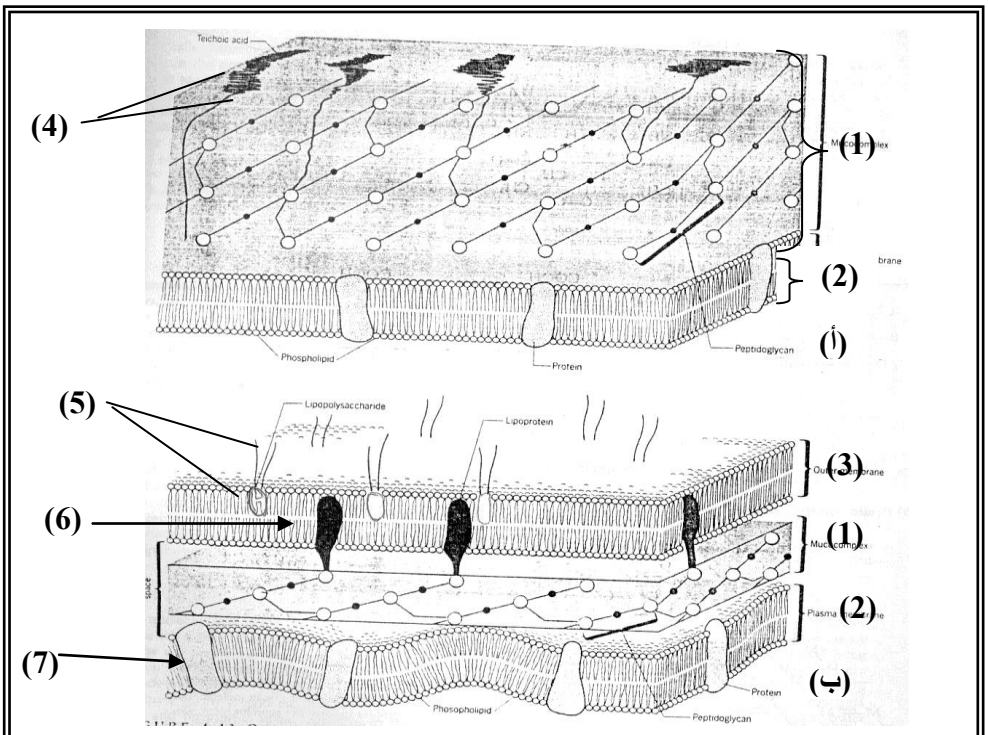
طبقة صلبة

## وظيفة الجدار

- **يعطي الخلية شكلها** المحدد نسبة لصلابته **Rigid** وقوته.
- **يحفظ الخلية من الانفجار والتحلل** نتيجة للضغط الاسموزي داخل الخلية الذي يساوى ضغط جوي.
- **يكون بمثابة غربال يمنع دخول الجزيئات** الكبيرة ويسمح بمرور الجزيئات الصغيرة التي يكون وزنها أقل من **10.000**دالتون أو قطرها حوالي **1.0** نانومتر.

**يلعب دوراً هاماً في انقسام الخلية البكتيرية.** أتضح أن الخلايا التي ينزع منها الجدار تفقد القدرة علي الانقسام.

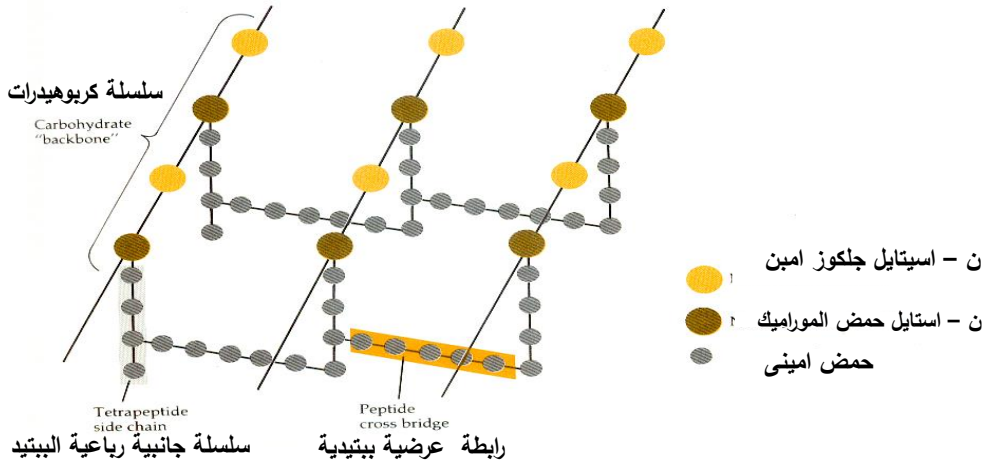
- **يساعد في دعم الأسواط.**




**شكل رقم (8) مقارنة بين تراكيب ومكونات الجدار الخلوي في البكتيريا**
**(أ) الموجبة بالجرام (ب) السالبة بالجرام**
**1. طبقة الببتروجليكان 2. الغشاء البلازمي 3. الغشاء الخارجي**
**4. حمض البتكويك 5. عدد السكريات 6..بروتينات دهنية 7. بروتين**

# 1.5 جدار البكتيريا الموجبة لصبغة جرام

يختلف الجدار في تركيبه الكيميائي في البكتيريا السالبة والموجبة لصبغة جرام. تعزي صلابة الجدار لوجود مركب عديد السكريات الببتيدية ويعرف بالببتيدوجليكان **Peptidoglycan** (أو الميوكوكمبلكس **Mucocomplex** أو المورين **Murein** أو الميوكوببتايد **Mucopeptide** ). يكون الببتيدوجليكان طبقة سميكة في جدار البكتيريا موجبة الجرام وطبقة رقيقة في البكتيريا سالبة الجرام ويتكون من بلمرة نوعين من السكريات الأمينية هما ن-أ سيتايل جلوكوز أمين **N-acetyl glucosamine** و ن- أسيتايل حمض المورامیك **N-acetyl muramic acid** **وبعض** الأحماض الأمينية ل– الّنين **L-alanine** ،د– الّنين **D-alanine** وحمض الجلوتاميك **D-glutamic acid** و حمض ثنائي الأمين إما داي امينوبيميليك **L-diaminopimelic** أو لـ–لايسين **L-lysine** (الشكل9).




**الشكل (9). التركيب الكميائى لطبقة البيتيدوجليكان فى الجدار الخلوى للبكتيريا.**

يشكل السكران الأمينيان اسيتايل جلكوز أمين واسيتايل حمض المورامیك سلسلة غير متفرعة، وهما متبادلان ومرتبطان ببعضهما برابطة جلوكوسيدية **Glycosidic bond** تسمي بيتا **1-4 β1-** **(4)** حساسة لإنزيم اللايسوزيم. أما الاحماض الأمينية الاربعة فتشكل سلاسل ببتيدية ترتبط بمجموعة الكربوكسيل في حمض المورامیك. يكون السكران زائداً السلسلة الأمينية المرتبطة بهما

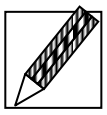
وحدة ببتيدوجليكان (**Peptidoglycan subunit**) التي ترتبط مع وحدة ببتيدوجليكان أخري في سلسلة مجاورة بوساطة رابطة عرضية ببتيدية **Peptide interbridge** مكونة من عدد من الأحماض الأمينية. يلاحظ أن هذه الرابطة العرضية مرتبطة من جهة مع حمض اللايسين ( في موجبة جرام) أو حمض داي أمينو بيميليك ( في سالبة جرام) في أحدي السلاسل الببيتدية، ومن جهة أخري مرتبطة مع د– ألنين **D- alanine** في سلسة أخرى.

تعزي قوة الجدار وصلابته لهذه الروابط خصيصاً في البكتيريا الموجبة لصبغة جرام حيث أن **90–95%** من السلاسل الأمينية مرتبطة مع بعضها لتكون شبكة متماسكة وليصبح الجداراكثر متانة وقوة. تتكون الرابطة العرضية الببتيدية في البكتيريا العنقودية الذهبية ***Staphylococcus aureus*** من خمس جزيئات جلايسين **Glycine**. في كثير من البكتيريا الموجبة لجرام نجد أن الروابط العرضية تتكون من أحماض أمينية مختلفة (جلايسين **Glycine** ، سيرين **Serine**..الخ). الروابط العرضية تكون عادة بسيطة في البكتيريا السالبة لجرام. في أي كولاي ***E.coli*** يلاحظ أن السلاسل الأمينية ترتبط مع بعضها أرتباطاً مباشراً بدون جسر عرضي ببتيدي يربط بينهما.

يحتوي الجدار أيضاً علي أحماض التيكويك **Teichoic acids** التي تكون مرتبطة بالببتيدوجليكان بروابط تساهمية **Covalent bonds** وتمتد للخارج علي سطح الجدار الخلوي. أحماض التيكويل تحمل شحنة كهربية سالبة وهي من النوع حمض تيكويك الريبيتول **Ribitol teichoic acid** وحمض تيكويك الجليسرول **Glycerol teichoic acid** الناتجان عن بلمرة فوسفات الريبيتول أو فوسفات الجليسرول. لأحماض التيكويك قدرة أنتيجينية وتتكون ضدهما أجسام مضادة، ويستفاد من الاختلاف بين أحماض التيكويك في التمييز سيرولوجيا بين بعض أنواع البكتيريا مثل البكتيريا العنقودية الذهبية ***Staphylococcus aureus*** والعنقودية البشروية ***S.epidermidis*** والعنقودية الرمية ***S.saprophyticus***. تجدر الإشارة بأن أحماض التيكويك توجد فقط في جدر البكتيريا الموجبة لصبغة جرام، ويعتقد بأنها ترتبط بأيونات المغنسيوم مما يزيد من ثبات الغشاء السيتوبلازمي ويحمي الخلية من التدمير الحراري. ومن الملاحظ ايضاً أن جدر عدد من البكتيريا الموجبة لصبغة جرام كجنس ***Streptococcus*** مغطاة بطبقة من البروتين.م

**M.Protein** ، وتحتوي جدر بعض البكتيريا مثل الكروية السبحية المقيحة ***Streptococcus pyogenes*** علي عديد السكريات المرتبط بالببتيدوجليكان.

**تدريب (8)**



قارن بين الرابطة الجلوكوسيدية، الرابطة العرضية الببتيدية، والرابطة التساهمية فى جدار البكتيريا الموجبة لصبغة جرام.

# 2.5 جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام

يتكون جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام من عدة طبقات. طبقة خارجية يطلق عليها اسم الغشاء الخارجي أو الجدار الخارجي **Outer membrane**، وطبقة ببتيدوجليكان **Peptidoglycan** رقيقة تتشكل تحت الغشاء الخارجي. يحتوي الغشاء الخارجي علي نسبة دهون تتراوح من **11–22 %** من وزن الخلية الجاف وذلك بعكس البكتيريا الموجبة لجرام التي تحتوي علي نسبة قليلة **(0–3%)**. يمنع الغشاء الخارجي تسرب الانزيمات الهامة كتلك التي تشارك في نمو الجدار الخلوي والتي توجد في الفراغ بين الغشاء السيتوبلازمي الذي يعرف باسم الحيز حول البلازمي (أو الحيز البريبلازمي **Periplasmic space** ). يشكل الغشاء الخارجي ايضاً حاجزاً بالنسبة للمواد الكيميائية والانزيمات الخارجية التي يمكن أن تضر أو تدمر الخلية البكتيرية. يرتبط الغشاء الخارجي بطبقة الببتيدوجليكان بوساطة بروتينات دهنية.**lipoproteins** يتركب الغشاء من طبقتين **Bilayered** ويتكون اساساً من دهون فوسفورية **Phospholipids** وبروتينات **Proteins** وعديد السكريات الدهنية **Lipopolysaccharides (LPS)** وبروتينات دهنية **Lipoproteins**. تعتبر جزيئات عديد السكريات الدهنية سامة للإنسان والحيوان وتعرف بالسم الداخلي **Endotoxin لأنها** تشكل جزءاً من تركيب جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام. عندما تموت البكتيريا وتتحلل تنطلق الجزيئات السامة في الدم وتسبب الأعراض المرضية في الإنسان أو الحيوان. توجد الجزيئات عديدة السكريات الدهنية في الجزء الخارجي من الغشاء.

**يتكون جزء عديد السكريات من ثلاثة اجزاء:**

1. **سلسلة كربوهيدرات Polysaccharide O antigen** لها خاصية انتيجينية، وتمتد من سطح الغشاء الي داخل الوسط الذي يحيط بالبكتيريا.
2. **مركز عديد السكر Core polysaccharide.**
3. **وجزء دهني ليبيد (أ) Lipid A** وهو المسبب بالتحديد للتسمم. ونسبة لأن عديد السكريات الدهنية مركباً له خاصية أنتيجينية لذلك يستخدم بعد فصله من جدار البكتيريا في حقن الحيوانات لإنتاج أجسام مضادة تستعمل في تحصين الحيوانات ضد البكتيريا. اتضح ايضاً بأن جزيئات عديد السكريات الدهنية تكون بمثابة مناطق لاستقبال البكتيريوفاجات. أما جزيئات البروتينات الدهنية **Lipoproteins** الموجودة في الغشاء الخارجي فإنها تمتد للداخل لترتبط بالحمض ثنائي الأمين داي أمينو بميليك في طبقة الببتيدوجليكان.

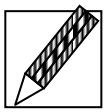
**يحتوي الغشاء الخارجي ايضاً علي حوالي عشرين بروتيناً، أثنين من هذه البروتينات تسمي بورينز Porins تشكل قنوات لنقل الماء ونواتج تمثيل الغذاء** وتمر خلالها الجزيئات الصغيرة كالاحماض الامينية والببتيدات والنيوكليوسيدات والسكريات الاحادية وغيرها. اتضح أن بروتينات البورينز يمكن أن تكون مناطق ترتبط بها الفاجات والبكتيريوسينات **Bacteriocins. أما طبقة الببتيدوجليكان الرقيقة، فهي تعطي الخلية شكلها المحدد وتمدها بالقوة والصلابة** بالرغم من أن سمكها لا يزيد عن طبقة جزيئية وأحدة **Monomolecular layer** أو جزيئين. يوجد في الحيز البريبلازمى مجموعة من الانزيمات كانزيمات التحلل المائي **Hydrolytic enzymes** التي تقوم بتكسير الجزيئات الكبيرة التي تستعملها البكتيريا كغذاء أو تتخلص منها بلفظها خارج الخلية، توجد ايضاً انزيمات الارتباط **Binding proteins** التي تشارك في النقل من الخارج لداخل الخلية وبالعكس، وإنزيمات تشارك في تكوين الجدار وإنزيمات تقي الخلية من المواد الكيميائية الضارة. أن الغشاء الخارجي يقي الخلية السالبة لجرام من إنزيم اللايسوزيم وبعض المضادات الحيوية كالبنسلين بمنعها من التغلغل لداخل الخلية. من المعلوم أن البنسلين وإنزيم اللايسوزيم لهما تأثير علي طبقة الببتيدوجليكان.توجد مناطق يلتقي فيها الغشاء الخارجي بالغشاء السيتوبلازمي تعرف باسم **Bayer's junctions**

لا يوجد فيها بيتيدوجليكان ويعتقد أن هذه المناطق تسمح بمرور الجزيئات الكبيرة مثل عديد السكريات الدهنية وبروتينات البورين من المناطق التي تخلق فيها في السيتوبلازم الي الغشاء الخارجي، ويعتقد أيضاً بأنها مواقع تتشكل فيها الأسواط والزوائد.

**جدول ( 2 ) يوضح الفروق بين التركيب الكيميائي للبكتيريا السالبة والموجبة لصبغة جرام**

| التركيب الكيميائي | البكتيريا السالبة الجرام | البكتيريا الموجبة الجرام |
|---|---|---|
| الأحماض الأمينية | يتكون الجدار من معظم الأحماض الآمينية زائداً الحمض بيمليلك ثنائي الأمين | يتكون من 3 أو 4 أحماض هي الّنين حمض جلوتاميك، لايسين أو حمض بيمليك ثنائي الأمين |
| حمض التيكويك **Techoic acid** | لا يوجد | يوجد |
| الدهون **Lipids** | 10− 20% | 0 – 3% |
| عديد السكريات الدهنية **Lipopolysaccharides** | 35 – 60% | 15 – 20% |
| سكريات ببيتدية( ببتيدوجليكان) **Peptidoglycan** | 5− 10% | 40 – 50% |
| بروتينات دهنية **Lipoproteins** | توجد | لا توجد |
| البروتين | 60% | 10% |

**تدريب (9)**



هل بامكانك اضافة فروقات اخرى في الجدار الخلوى لكل من البكتيريا السالبة والموجبة لجرام كا هو موضح في جدول (2) حاول إجراء إضافات.

## 3.5 أهمية الجدار الخلوي

أن أهمية الجدار للبكتيريا تبدو واضحة من التجارب التي أجريت لازالة جدار البكتيريا بوساطة الانزيم لايسوزيم **Lysozyme** الذي يحلل الرابطة بيتا **1−4 (β1-4)** التي تربط بين السكرين الأمينين اللذين يشكلان السلاسل غير المتفرغة في طبقة الببتيدوجليكان. وبعد إزالة

جدار البكتيريا يتعرض بروتوبلاست البكتيريا للضغط الاسموزي الداخلى فيأخذ البروتوبلاست شكلاً كروياً. ولكي لا ينفجر البروتوبلاست نتيجة للضغط الاسموزي يتطلب وضعه في وسط له ضغط أسموزي مناسب: مثلاً محلول ملح كلوريد الصوديوم تركيز **0.2–0.6** مول أو محلول سكروز تركز **0.5 – 1.0** مول.

بكتيريا موجبة الجرام **Gram postive** ← (**إنزيم لايسوزيم**) بروتوبلاست **Protoplast**

**محلول ملح 0.2–0.6مول**
**أو محلول سكر 0.5–0.1 مول**
**أو مغنيسيوم +0.01Mg مول**

أما إزالة جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام فيتطلب أولاً إزالة الغشاء الخارجي بإضافة الحمض أيثيلين داي أمين تترا أسيتيك **Ethylene Diaminetetracetic acid (EDTA)** ثم يضاف إنزيم اللايسوزيم، ونسبة لآن الغشاء الخارجي لا يزول كلية، فينتج عن ذلك ما يسمي اسفيروبلاست **Spheroplast** الذي يختلف عن البروتوبلاست لاحتوائه علي بقايا الجدار الخارجي.

بكتيريا سالبة الجرام **Gram- negative** ← (**EDTA + إنزيم اللايسوزيم**) اسفيروبلاست **Spheroplast**

## 4.5 المايكويلازما Mycoplasma

**المايكوبلازما بكتيريا صغيرة عديمة الجدار لعدم قدرتها علي تخليق حمض المورامیك Muramic acid أو حمض داي أمينوبيميليك Diaminopemilic acid.** للميكوبلازما أشكال مختلفة، تكون في بعض الاحيان في شكل سلاسل من أجزاء كروية الشكل، عندما تنفصل هذه الاجزاء عن بعضها، يكون كل جزء خلية كروية مستقلة. كان يعتقد بان المايكوبلازما هي فيروسات لصغر حجمها ومرونتها التي تسمح لها بالمرور خلال المرشحات البكتيرية. بعض أنواع المايكوبلازما تعوض عدم القدرة علي تخليق الجدار بتخليق مادة الاستيرول **Sterol** في

الغشاء البلازمي لتقويته. تتطفل المايكوبلازما علي الانسان والحيوان والنبات وتسبب لهم أمراضاً معدية.

## 5.5 الأشكال لـ L-Forms

**بعض أنواع البكتيريا تفقد القدرة علي تكوين جدر مكتملة النمو أو ربما تكون عديمة الجدر، ولكنها قادرة علي الانقسام والتكاثر. وقد تم إكتشاف هذه البكتيريا في معهد ليستر في انجلترا عام 1935م ولذلك أطلق عليها أسم الشكل لـ L.form.** هذه الأشكال تنتج من البكتيريا السالبة أو الموجبة لجرام أثناء نموها في انسجة الحيوان العائل. لقد تم عزل هذا النوع من البكتيريا من حالات مرضية في الإنسان والحيوان والنبات ولكن الدور الذي تلعبه هذه الاشكال في الامراضية غير واضح. تحتاج هذه الاشكال لبيئات غذائية غنية ولها اسموزية عالية تحميها من التحلل. هذه البكتيريا غالباً ما تشبه المايكوبلازما مورفولوجيا بالرغم من عدم التقارب بينها **Unrelated.**

## 6.5 جدار الارشيبكتيريا

## The Cell Wall of Archaebacteria

الارشيبكتيريا عبارة عن مجموعة من البكتيريا تختلف عن افراد البروكاريوتات الاخري في المكونات الكيميائية للجدار والدهون وفي المورثات المسؤولة عن تكوين رن أ الريبوزومي **16S rRNA.** لا تحتوي جدر الارشيبكتيريا علي مادة الببتيدوجليكان. تتكون الجدر من بروتينات، وبروتينات سكرية (جليكوبروتينات **Glycoprotein's**) أو من عديد السكريات. تصنف الارشيبكتيريا ضمن المندوسيكيوتس **Mendosecutes**، القسم الرابع **Division IV** من اقسام مملكة البروكاريوتات.

**أسئلة تقويم ذاتي**

عدد وظائف الجدار الخلوى.

1. مم يتكون الببتيدوجليكان ؟ وما هي أهميته لجدار البكتيريا
2. أين توجد أحماض التيكويك ؟ وما هي وظيفتها
3. ما هي وظيفة الغشاء الخارجى في جدار البكتيريا السالبة لصبغة جرام
4. عدد مكونات جزئ عديد السكريات الدهنية.
5. فيم تستخدم جزيئات عديد السكريات الدهنية.
6. أذكر الأنزيمات الموجودة في الحيز البريبلازمى في البكتيريا السالبة لصبغة جرام
7. كيف يتم تحضير البروتوبلاست والاسفيروبلاست وما هو الفرق بينهما

# 6.التراكيب داخل الجدار الخلوي

لابد لك عزيزي الدارس من معرفة التراكيب داخل الجدار الخلوي ووظائفها سوف نتعرف في هذا القسم على الغشاء البلازمي ووظيفته ثم الميسوسومات والسيتوبلازم والنواة، البلازميدات، الرايبوسومات والاغشية الداخلية والمواد المخزنة.مقرر لكل منها جزء حتى يتم التعريف الكامل لها ونبدأ لك بالغشاء السيتوبلازمي.

## 1.6 الغشاء السيتوبلازمي (الغشاء البلازمي)

## Cytoplasmic Membrane

يتكون الغشاء السيتوبلازمي من طبقة رقيقة تحيط بالسيتوبلازم ويطلق عليها أسم الغشاء السيتوبلازمي أو الغشاء الخلوي **Cell membrane**. سمك الغشاء حوالي **7.5** نانومتر **(nm)** ويشكل حوالي **10–20%** من وزن الخلية الجاف، كما انه يتركب كيماوياً من **50 – 60%** بروتين و **20–30%** دهون، أغلبها دهون فوسفورية. للغشاء نفاذية أختيارية **Selective permeability** أو شبه منفذ **Semi-permeable** فهو يتحكم في حركة دخول المواد الي الخلية والخروج منها. للغشاء السيتوبلازمي تركيب وحدة الغشاء **Unit membrane** التي توجد في معظم الكائنات الدقيقة بدائية النواة. يظهر الغشاء السيتوبلازمي تحت المجهر الالكتروني في شكل خطين متوازيين بينهما منطقة فاتحة اللون. يتكون الغشاء من دهون فوسفورية أو فوسفولبيدات

**Phospholipids** وبورتينـات **Proteins**، تكـون الـدهون الفسـفورية التركيـب الأساسـي للغشـاء فالجزيئات الكارهة للماء **Hydrophobic** وهي أصول الأحماض الدهنية**Fatty acid acyl ends** تنـتظم للـداخل مكونـة المنطقـة الفاتحـة بينمـا الجزيئـات المحبـة للمـاء **Hydrophobic** وهـي الجليسرول المرتبط مع الفوسفات تنتظم خارجياً علي سطحي الغشاء مكونة الخطين المتوازيين اللذين يظهران في صورة المجهر الالكتروني. هذه الجزئيات الخارجية قطبية **Polar** وتحمل شحنات كهربية مختلفة، أما بروتينات الغشاء فمعظمها غير محب للماء **Hydrophobic**. توجد أيضاً في داخل الغشاء بين طبقتي الدهون **Lipid bilayer** أي في وسط شبكة الدهون **Phospholipid matrix** بروتينات ناقلة proteins **Transport** تنقل خلالها الجزيئات الصغيرة من مواد غذائية ونواتج التمثيل الغذائي وإنزيمات تشارك في تخليق الجدار والكبسولة، وإنزيمات نقل الالكترونات مثل إنزيمات السيتوكروم **Cytochrome enzymes** وإنزيمات نقل الطاقة مثل **ATPase**، كما توجد بروتينات أخري علي سطحي الغشاء الخارجي والداخلي.

## وظيفة الغشاء البلازمي

- حاجز يفصل بين محتويات الخلية والوسط الخارجي ويحافظ علي المكونات الداخلية للسيتوبلازم من التسرب خارج الخلية.
- غشاء شبه منفذ ( له نفاذية أختيارية) ينظم دخول بعض الجزيئات الي الخلية ومنها للخارج.
- مكان لنقل الالكترونات والتحصل علي الطاقة عن طريق الفسفرة التأكسدية **Oxidative phosphorylation** في البكتيريا الهوائية لاحتوائه علي الانزيمات المسؤولة عن التنفس.
- يلعب دوراً في بناء الجدار الخلوي والكبسولة لاحتوائة علي الانزيمات اللازمة لتخليق المركبات التي تدخل في تكوين الجدار والكبسولة.
- يكون الغشاء البلازمي بعض الثنيات والالتفافات كالميسوسومات. يلاحظ دائماً أرتباطها بالمادة الوراثية، ويعتقد أن لها دوراً في عملية إنقسام المادة الوراثية وتكوين الجدر العرضية.
- يلعب دوراً هاماً في التمثيل الضوئي في الكائنات بدائية النواة الممثلة للضوء، وفي تثبيت النتروجين في بكتيريا التأزت **Nitrifying bacteria** وفي أكسدة الميثان في البكتيريا

المؤكسدة لـه. توجد ثنيات في طبقة الغشاء تنفصل في بعض الأحيان لتكون أجساماً مستقلة، يعتقد بأن هذه الثنيات والأجسام عبارة عن مواقع لوظائف فسيولوجية محددة كتثبيت النتروجين واكسدة الميثان والتمثيل الضوئي.

ذكر سابقاً بأن الغشاء البلازمي حاجز له نفاذية أختيارية يتحكم في نوع الجزيئات المراد السماح لها بدخول الخلية.

**تتم عملية نقل الجزئيات خلال الغشاء باحدي الطرق التالية:**

1/**الانتشار البسيط أو السالب Simple or Passive Diffusion**

في هذا النوع من الانتشار تتحرك جزيئات الذائب **Solute** من التركيز الاعلي للتركيز الأدني. فالجزيئات تمر خلال الغشاء إذا كانت صغيرة الحجم وليست لها شحنة كهربية مثل غاز الاكسجين ($O_2$) والنتروجين ($N_2$) وغاز الامونيا ($NH_3$) والماء. يستمر أنتشار جزيئات الذائب حتي يصل تركيزها في داخل وخارج الخلية مرحلة التعادل.

**2/ الانتشار المدعوم (المسهل) Facilitated Diffusion**

الجزيئات الكبيرة والجزيئات ذات الشحنة الكهربية (السكر، والأحماض الامينية) تدخل خلايا اليوكاريوتات بالانتشار المسهل. يتم ذلك بوساطة بروتينات البيروميز **Permeases** التي توجد في الغشاء السيتوبلازمي والتي ترتبط بجزيئات الذائب **Solute** وتنقلها خلال الغشاء البلازمي حتي تصل سطح الغشاء الداخلي، ثم ينفك الارتباط وترجع الانزيمات مرة أخري لتنقل جزيئات آخري. هذا النوع من الانتشار غير شائع في الخلايا بدائية النواة، ولكن من المعلوم بان الجليسرول هو المركب الوحيد الذي ينقل بهذه الطريقة في البكتيريا إي كولاي ***E.coli***.

3/ **النقل النشط Active Transport**

يتم النقل النشط بوساطة بروتينات البيرمييز **Permeases** بطريقة مشابهة للطريقة السابقة إلا أن تركيز المواد المنقولة داخل الخلية يمكن أن يصبح أعلي من تركيزها في الوسط الخارجي. تحتاج عملية النقل النشط لطاقة تتحصل عليه من **ATP** أو مصادر فوسفورية أخري. السكر والجزيئات المتأينة كالاحماض العضوية والاحماض الأمينية والأملاح غير العضوية كملح

الطعام ($Na^+$) والبوتاسيوم ($K^+$) وحتي أيونات الهيدروجين ($H^+$) تنقل بنظام النقل النشط، ويبدو أن هذه الطريقة مفيدة للبكتيريا لأنها تستطيع بوساطتها أخذ المواد من الوسط الخارجى حتي ولو كانت بتركيز منخفض.

4/ **النقل الموضعي الجماعي Group Translocation**

كثير من السكريات ومشتقاتها تنقل بهذه الطريقة. من أكثر النظم التي درست جيداً نظام **Phosphotransferase system**. لقد أتضح أن هناك عدداً من البروتينات والانزيمات تشارك في عملية النقل. تتلخص العملية في أن السكر تتم فسفرته اثناء النقل فيدخل السيتوبلازم في شكل فوسفات السكر (**Sugar-6-phosphate**) كما أن تركيزه في داخل الخلية ربما يكون أكثر من تركيزه في الوسط الخارجي. تحتاج عملية النقل الي طاقة.

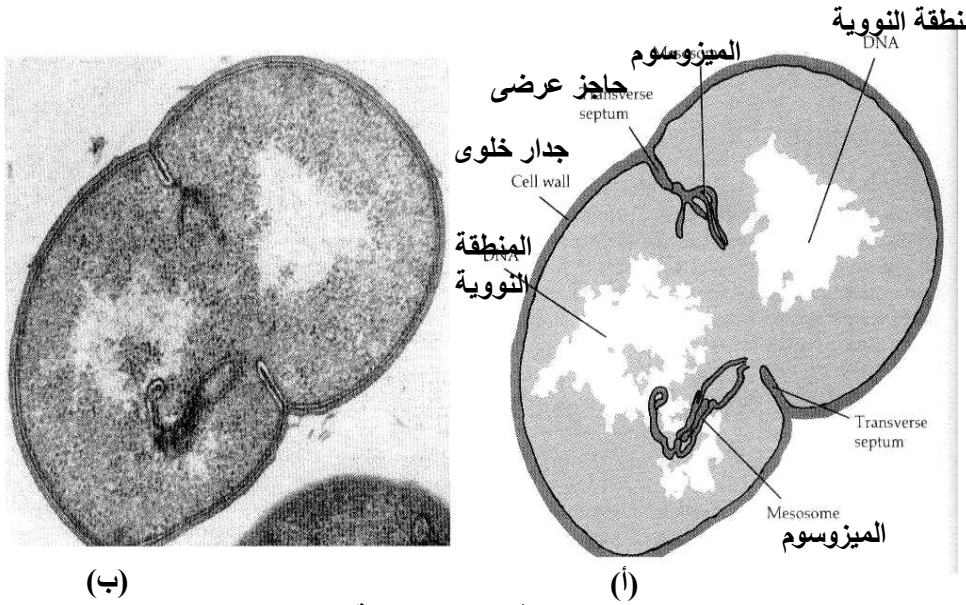
**ثبات الغشاء البلازمي**

يدخل الماء الخلايا عن طريق الانتشار الغشائي (الاسموزي) **Osmosis** وهو مرور الماء من محلول منخفض التركيز الي محلول عالي التركيز. إنسياب الماء لداخل الخلية يخلق ضغطاً أسموزياً في داخلها. يقاوم الجدار الخلوي للبكتيريا هذا الضغط وبالتالي يقي الغشاء البلازمي ويحافظ علي ثباته.

## 2.6 الميسوسومات Mesosomes

يلاحظ في عدد كبير من البكتيريا وخصوصاً الموجبة لصبغة جرام، وجود ثنيات أو التفافات في طبقات الغشاء السيتوبلازمي تكون تركيبات معقدة تأخذ أشكالاً مختلفة تسمي بالميسوسومات، يظهر بعضها بالقرب من منتصف الخلية **Central mesosomes**. تبدو وكأنها مرتبطة بالمادة الوراثية (الشكل **10**)، ويعتقد بأنها تلعب دوراً في انقسام المادة الوراثية وانقسام الخلية. تظهر بعض الميسوسومات في أطراف الخلية **Periferal mesosomes** وغير مرتبطة بالمادة الوراثية، ويعتقد بعض العلماء بان هذه التراكيب الميسوسومية تظهر فقط عند معاملة

الخلايا بالمواد الكيميائية أثناء تحضيرها للفحص تحت المجهر الالكتروني، ولا يتفقون على وظيفة محددة لها.




**الشكل (10). حاجز عرضى يظهر فى منتصف خلية البكتيريا اسبوروسارسينا *Sporosarcina* ويمتد لداخل الخلية ، وترتبط به تراكيب الميزوسومات Mesosomes.**
**(أ) رسم تخطيطى لخلية فى حالة انقسام**

## 3.6 السيتوبلازم The Cytoplasm

يحوي الغشاء السيتوبلازمي بداخله علي السيتوبلازم وهو عبارة عن مادة تتكون من الماء **(80%)** والبروتينات، والكربوهيدرات، والدهون، والأملاح المعدنية، والأحماض العضوية، والأحماض الأمينية، والفيتامينات، والانزيمات، ومرافقات الانزيمات، وايونات غير عضوية، ومجموعة من الجزيئات الصغيرة التي تحتاج إليها الخلية في عملية البناء. يحتوي السيتوبلازم ايضاً علي المادة الوراثية **DNA** والحمض النووي **RNA** والأجسام الريبوسومية **Ribosomes.**

تحتوي بعض أنواع البكتيريا علي أغشية داخلية كالميسوسومات وحوامل الأصبغة. يمكن ملاحظة بعض المواد المخزنة في السيتوبلازم كالفوليوتين والدهون وغيرها.
السيتوبلازم هو المكان التي تحدث فيه تفاعلات التمثيل الغذائي وتبني فيه المواد الجديدة وتنطلق منه الطاقة لنمو الخلية وتكاثرها.

## 4.6 النواة أو المنطقة النووية (Nuclear area) Nucleoid

تتكون النواة من كروموسوم (صبغي) واحد في صورة خيط مزدوج ملتف حول نفسه ومغلق ليكون كروموسوم دائري **Circular chromosme** طوله 1 –2 ملليمتر ( **1000 – 2000ميكرومتر**) وقطر حوالي **0.3–0.4** نانومتر.

يتجمع الكروموسوم عادة في منتصف الخلية التي تظهر أقل كثافة من السيتوبلازم، ولا يوجد غشاء يحيط بالمادة الوراثية. عندما تكون الخلية في حالة نشاط يمكن رؤية 2–7 أنوية. يحمل الكروموسوم المعلومات الوراثية وتتكون مادته من الحامض النووي المنقوص الاكسجين دي اوكسى ريبونيوكلييك **Deoxyribonucleic acid** الذي يرمز إليه د ن أ **DNA** . يتركب خيط الكرموسوم المزدوج من شريطين أو سلسلتين ملتفتين مع بعضها في شكل حلزوني **Double helix** كل شريط يتكون كيميائياً من سكر ريبوز منقوص الاكسجين دي أوكس ريبوز (**Deoxyribose**) مرتبط بمجموعة فوسفات ليتكون شريط طويل من السكر والفوسفات. يوجد الشريطان مرتبطان مع بعضهما بقواعد نيتروجينية **Nitrogen bases** هما أدينين **Adenine (A)** وثايمين **Thymine (T)** وجوانين **Guanine(G)** وسيتوسين **Cytosine (C)**. عندما تنقسم النواة يتباعد الشريطان المكونان لخيط الكروموسوم المزدوج وتبني بعد ذلك وعلي طول كل شريط آخر مكمل له، ويرتبط الشريط الجديد مع الشريط الأصلي بروابط هيدروجينية لتشكل شريط مذدوج أوخيط كروموسوم جديد، وفي النهاية نتحصل علي كروموسومين متشابهين متطابقين تماماً. لذلك تسمي عملية انقسام النواة بتضاعف المادة الوراثية **Replication**، وتتم كل هذه الخطواط بمساعدة عدد من الانزيمات. للكروموسوم أهمية كبيرة في تخليق الأحماض النووية والبروتينات.

## 5.6 البلازميدات Plasmids

كثير من أنواع البكتيريا تحتوي علي قطع **DNA** دائرية **Circular** صغيرة، واحد أو أكثر، تعرف بالبلازميدات **Plasmids**، وهي مستقلة وغير مرتبطة بالكروموسوم، وتنقسم مع إنقسام الخلايا. وبالرغم من أنها تحمل بعض المورثات (الجينات) مثل جين مقاومة بعض المضادات الحيوية، ومورث يحمل عامل ضراوة او شراسة المرض **Virulence factor** ومورث لانزيمات التحلل **Degradative enzymes** وغيرها، إلا أن هذه البلازميدات غير ضرورية لحياة البكتيريا ويمكن أن تنزع دون أن يؤثر ذلك علي نشاطها الحيوي.

## 6.6 الريبوسومات Ribosomes

عند فحص خلايا البكتيريا بالمجهر الالكتروني، يظهر السيتوبلازم ممتلئ بحبيبات صغيرة كثيرة العدد تسمي ريبوسوماتRibosomes، يتراوح حجمها من **10** الي **20**نانومتر وتتكون من **60%** من الحامض **RNA** و **40%** بروتينات وهي تشكل حوالي **40%** من وزن الخلية الجاف. وللتمييز بين هذا الحامض النووي في الريبوزومات والأحماض النووية الاخرى، يرمز إليه بـ ر- ر ن أ (**RNA Ribosomal (rRNA**.

تمثل الريبوسومات المواقع التي يحدث فيها تخليق البروتينات، يتكون الجسم الريبوسومي من وحدتين صغيرتين أحداهما أكبر من الاخري ولهما ثابت ترسيب **Sedimentation constant** يساوي **70S**. وحدة الترسيب تسمي اسفيدبيرج **Svedberg** ويرمز إليها ب S، وهي وحدة لقياس معدل ترسيب الجزيئات بجهاز الطرد المركزي عالي السرعة ولها علاقة بشكل وحجم الجزيئات، وحدة الريبوسوم الكبيرة + الوحدة الصغيرة = **70S.**

**70S = 30S + 50S**

## 7.6 الأغشية الداخلية Intracytoplasmic Membranes

تحتوي كثير من أنواع البكتيريا على أغشية داخلية تؤدي وظائف فسيولوجية محددة، وتكون في اغلب الأحيان متصلة بالغشاء البلازمي، وتمتد للداخل لتكون أغشية أو تراكيب ذات أشكال مختلفة. في بعض الأحيان تنفصل هذه التركيبات عن الغشاء البلازمي وتبقى مستقلة عنه، ونلاحظ ذلك في البكتيريا الممثلة للضوء. يوجد أيضا نظام الأغشية الداخلي بصورة مكثفة في عدد من أنواع البكتيريا مثل البكتيريا المؤكسدة للميثان وبعض أنواع البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية, وبالتقريب في كل البكتيريا الممثلة للضوء. فالأغشية تزيد من مساحة السطح الذي تحدث فيه النشاطات الايضية المختلفة. الأغشية المستديرة التي تحتوي على الكلوروفيل البكتيري **Bacteriochlorophyll** والجذرين **Caroteniods** تسمى **Chromatophores** ويمكن ملاحظتها في البكتيريا ***Rhodspirillum rubrum***. تحتوى البكتيريا الخضراء على حوامل للصبغات اسطوانية الشكل أشبه بالسيجارة تسمى **Chlorosomes** توجد مباشرة تحت الغشاء البلازمي. في السيانوبكتيريا **Cyanobacteria** يمكن ملاحظة أكياس غشائية مفلطحة **Thylakoids** التي تبدو منفصلة من الغشاء البلازمي. في البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية ***Nitrosococcus oceanus*** يلاحظ ان نظام الأغشية غني بإنزيم السيتوكروم الذي يساعد في اكسدة الامونيا الئ نيترايت **Nitrite**.

## 8.6 المواد المخزنة Cytoplasmic Inclusions

يوجد في السيتوبلازم مجموعة من المركبات الكيميائية التي تدخرها بعض أنواع البكتيريا كمواد احتياطية تتواجد في شكل حبيبات مختلفة الأشكال والأحجام. تساعد هذه المواد المخزنة في التعرف على بعض أنواع البكتيريا.

- **بولي بيتا هايدروكسى بيوتريت Poly-β-hydroxybutyrate(PHB)**

بولي بيتا هايدروكسى بيوتريت **Poly-β-hydroxybutyrate(PHB)** مادة شبه دهنية تترسب في السيتوبلازم في شكل حبيبات قطرها **0.1 – 1.0** ميكروميتر وتظهر كمناطق لامعة تحت المجهر الالكتروني. تستخدم البكتريا **PHB** كاحتياطي للكربون وكمصدر للطاقة. يمكن رؤية حبيبات **PHB** في بعض أنواع البكتيريا مثل عصويات الدرن الرئوى مايكوبكتيريوم تيوبركلوسيس

***Mycobacterium tuberculosis*** وباســـيللس ســـيرياس ***cereus*** **Bacillus** وازوتوبـاكتر **Azotobacter** و***Spirillum*** وسـودوموناس **Pseudomonas**. يمكـن الكشـف عـن حبيبات **PHB** باستعمال صبغة تذوب في الدهون (صبغة **Sudan Black**أو **Nile blue** ).

- **الحبيبات عديدة السكريات Polysaccharide Granules**

الجليكـوجين **Glycogen** والنشـا **Starch** مـواد كربوهيدراتيـة احتياطيـة تتكـون مـن عديـد السكريات وهي مصدر للكربون والطاقة. يتكون الجليكوجين من جزيئات شديدة التفرع ناتجة عن تكثف سكر الجلكوز بينما يتكون النشا من سلاسل جلكوز غير متفرعة ويمكن الكشف عنهما بمعاملة الخلايا بمحلول اليود فتظهر حبيبات الجليكوجين سوداء اللون وحبيبات النشأ زرقاء.

- **حبيبات عديدة الفوسفات Metachromatic Granules أو الفوليوتين Volutin**

بعض أنواع البكتيريا تخزن الفوسفات أو عديد الفوسفات أو الفوليوتين (**Volutin**) في شكل حبيبات **Metachromatic granules** وظيفتها إمداد دورة الايض بالفوسفور والطاقة، وتوجد في الخلايا التـي تعيش فـي بيئـة غنيـة بالفوسفور. عندما يتحلل عديد الفوسفات يتحد الفسفور مـع ادينوسـين ثنـائي الفوسـفات **ADP** ليكـون ادينوسـين ثلاثـي الفوسـفات **ATP** الـذي يكـون بمثابـة مصدر للطاقة. ونلاحظ هذه الحبيبات الفوسفاتية في بعض أنواع البكتيريا مثل عصويات الخناق ***Corynebacterium diphteriae*** المسببة لمرض الدفتيريا وبكتيريـا سـودموناس ايرورجينـوزا ***Pseudomonus aeruginosa*** ويمكن الاستدلال علـى وجود حبيبـات الفوليوتين بصبغها بـأزرق الميثلين المخفف فتظهر حمراء وردية **Redish purple** عند فحصـها بالمجهر الضـوئي. عندما تفحص الحبيبات بالمجهرالالكتروني تظهر كمناطق مستديرة سوداء.

## تدريب (10)

قارن بين المواد المستخدمة في الكشف عن الحبيبات عديدة السكريات، حبيبات عديدة الفوسفات .**PHB**

- **حبيبات الكبريت Sulphur Granules**

بعض أنواع البكتيريا مثل بكتيريا الكبريت البنفسجية **Purple sulfur bacteria** التابعة لجنس ***Thiobacillus*** وبكتريا التربة بيجياتو ***Beggiatoa*** تتحصل على الطاقة بأكسدة كبريتيد الهيدروجين **$H_2S$**، فتترسب حبيبات الكبريت، وعندما يختفي كبريتيد الهيدروجين من بيئة النمو تقوم البكتيريا بأكسدة الكبريت إلى كبريتات (**$SO_4$ S**). ←

- **حبيبات السيانوفايسين Cyanophycin**

تترسب مادة السيانوفايسين في عدد من السيانوبكتيريا كمصدر للنتروجين. السيانوفايسين مادة نتروجينية تنتج عن تكثف الحمضين الأمينين ارجينين **Arginine** وحمض أسبارتك **Aspartic acid** ويمكن ملاحظة الحبيبات بسهولة بمجهر طور التباين، وتبدو وكأنها محاطة بغشاء.

- **الكاربوكسيسومات Carboxysomes**

الكاربوكسيسومات عبارة عن أجسام عديدة الأوجه يمكن ملاحظتها في البكتيريا التي تعتمد على ثاني أكسيد الكربون **$CO_2$** كمصدر وحيد للكربون. فالأجسام الكاربوكسيسومية ممتلئة بحبيبات بروتينية ومحاطة بما يشبه الغشاء , وتحتوي على الإنزيم ريبيولوس1، 5 ثنائي الفوسفات كاربوكسيليس(**Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase**) المسئول عن تثبيت ثاني اوكسيد الكربون **$CO_2$** وتحويله إلى مركبات عضوية. ويمكن رؤية أجسام الكاربوكسيسومات في بكتيريا جنس ***Thiobacilus***

- **الفجوات (المثانات) الهوائية Gas Vacuoles**

الفجوات الهوائية عبارة عن تركيبات مجوفة توجد في سيتوبلازم عدد من البكتيريا التي تعيش في البيئات المائية كالبكتيريا الخضراء السيانوبكتيريا نوستوك كارنيوم ***Nostoc carneum*** وبعض أنواع الارشيبكتيريا **Archaeobacteria**. تساعد المثانات الهوائية البكتيريا على الطفو. تظهر الفجوات الهوائية كأجسام لامعة تحت المجهر الضوئي, وتظهر تحت المجهر الالكتروني

كأشكال منتظمة مجوفة اسطوانية ذات أطراف مخروطية **Conical ends** ومحاطة بمادة بروتينية غير نفاذة للماء ولكنها تسمح بدخول الهواء من الوسط المغذي ليملأ الفجوة.

- **حبيبات حديدية مغناطيسية**

توجد بعض البكتيريا التى تحتوى على حبيبات حديدية مغناطيسية توجه الخلية شمالاً وجنوباً فى البيئات المائية.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. أكمل الفراغات التالية:

أ) تحتوى كثير من أنواع البكتيريا على.....تؤدى وظائف فسيولوجية محددة، تكون في أغلب الأحيان متصلة.....

ب) الأغشية المستديرة تحتوى على..... و.....

ويمكن ملاحظتها في البكتيريا.....

ج) في البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية يلاحظ أن نظام الأغشية غنى..... الذى يساعد في أكسدة..... الى.....

د ) بكتيريا.....تتحصل على الطاقة بأكسدة..... فتترسب.....

2. ضع قائمة بأسماء المواد المخزنة في البكتيريا مع توضيح أهميتها ؟

## أسئلة تقويم ذاتي

1. أكمل الفراغات التالية:

أ) يتركب الغشاء السيتوبلازمى كيماوياً من **50–60%**..... و**20–30%**.....، أغلبها.....

ب) الغشاء الستوبلازمى له.....فهو يتحكم فى حركة دخول المواد الى الخلية والخروج منها.

ج) توجد داخل الغشاء السيتوبلازمى وسط شبكة الدهون..... تنتقل خلالها الجزيئات الصغيرة مثل.....و.....

2. ماذا تعرف عن وظيفة الغشاء البلازمى؟

3. ما هو الدور الذي تقوم به بروتينات البيروميز في الانتشار المدعوم؟

4. عرف الانتشار الغشائى ؟ وكيف يعمل على ثبات الغشاء البلازمى؟

5. عدد خصائص الانتشار البسيط أو السالب؟

6. أذكر مكونات السيتوبلازم؟

1. أكمل الفراغات التالية:

أ) يتجمع الكروموسوم عادة في..... التى تظهر أقل كثافة من.....، ولا يوجد.....

ب )يحمل الكروموسوم.....وتتكون مادته من.....

ج )يتركب خيط الكروموسوم المزدوج من..... سلسلة تتكون كيميائياً من..... مرتبط.....، يوجد الشريطان مرتبطتين مع بعضهما بوساطة..... هما.....، ..... و.....

د ) تحمل البلازميدات بعض الجينات مثل.....

هـ) يمتلئ السيتوبلازم بحبيبات صغيرة وكثيرة العدد تسمى..... تتكون من **60%**.....**40%**.....

7. عرف أو وضح ما يلى:

الأنتشار المسهل **Facilitated diffusion**

النقل البسيط **Active transport**

المنطقة النووية **Nuclear area**

# الخلاصة

في هذه الوحدة تعرفنا على أشكال خلايا البكتيريا، وهى الاشكال الرئيسية للبكتيريا الحقيقية. كما توجد أيضاً أنواع من البكتيريا لها أشكال مربعة، خيطية، نجمية وغيرها. بعد ذلك ذكرنا بعض التراكيب الدقيقة الخارجية في الخلية البكتيرية مثل الزوائد التي عرفنا أنها تتكون من بروتين يسمى بيلين، وهى عدة أنواع تختلف عن بعضها في الشكل الخارجى. النوع الأول هو الزوائد العادية أما النوع الأخر فيسمى الزوائد الجنسية. ثم تحدثنا عن الكبسولة وهى عبارة عن طبقة مخاطية تشبه الجيلاتين تحيط بخلايا بعض أنواع البكتيريا ولها عدة وظائف. بعد ذلك انتقلنا للحديث عن حركة البكتيريا فذكرنا أن البكتيريا تستجيب عادة للعوامل الكيميائية والفيزيائية وتتحرك في اتجاهها إذا كانت مفيدة لها، أو بعيداً عنها إذا كانت ضارة لها.تحدثنا عن الاسواط وذكرنا انها تساعد البكتيريا على الحركة السباحية والبكتيريا التي لا تمتلك اسواطاً يمكن أن تتحرك بحركة انزلاقية على الاسطح. وضحنا إن طريقة توزيع الاسواط يساعد في معرفتها وتصنيفها. استعرضنا بالتفصيل تركيب الجدار الخلوى في البكتيريا وتحدثنا عن وظائفه، أوضحنا أيضاً وجود اختلاف في تركيب الجدار الخلوى في نوعى البكتيريا السالبة والموجبة لجرام. كما تطرقنا لاهمية الجدار الخلوى، وأستعرضنا طرق ازالة جدار البكتيريا الموجبة ثم السالبة لصبغة جرام. ذكرنا أيضاً أمثلة لانواع من البكتيريا لها مميزات خاصة بالنسبة للجدار الخلوى. في القسم الاخير من هذه الوحدة تناولنا بالشرح الغشاء السيتوبلازمى، وذكرنا أن له خاصية النفاذية الاختيارية. كما تحدثنا أيضاً عن عملية نقل الجزيئات خلال الغشاء وذكرنا أنها تتم بعدة طرق. وأنتقلنا للحديث عن بعض التركيبات الهامة في الغشاء السيتوبلازمى وفى نهاية القسم الاخير من هذه الوحدة تحدثنا عن بعض المركبات الكيميائية التي تدخرها بعض أنواع البكتيريا كمواد احتياطية في السيتوبلازم.

# لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

تتحدث الوحدة الرابعة عن الابواغ من حيث الشكل، الحجم والموقع بالاضافة إلى المكونات الكيميائية.و تتضمن هذه الوحدة الحديث عن السيانوبكتيريا وانواعها الهامة.

نأمل أن تجدها وحدة سهلة واضحة وأن تفيد منها كثيراً.

# إجابات التدريبات

**تدريب (1)**

أن حجم البكتيريا صغير جداً، وان قطر الخلية الكوية حوالي 0.5—1.0 ميكرومتر تقريباً. معنى هذا أن نسبة السطح للحجم كبيرة جداً مقارنة بكائن أخر كبير الحجم وله نفس الشكل. عندما يكون السطح كبيراً، فهذا يسمح بدخول المواد الغذائية وخروج نواتج الايض بوفرة مما يفسر السرعة العالية للنمو والايض في البكتيريا. وبما أن الخلية صغيرة جداً فهي لا تحتاج لتدفق سيتوبلازمى **Cytoplasmic streaming** ليوزع المواد الغذائية في داخل الخلية، ونادراً ما يحدث ذلك.

**تدريب (2)**

الخلايا البكتيرية عادة تترتب بطريقة معينة على حسب نوع البكتيريا. للخلايا الكروية ترتيبات متعددة ويعتمد ذلك على مستوى انقسام الخلية، وعما إذا كان الخلية البنوية تبقى ملتصقة مع بعضها بعد الانقسام. إن الخلايا الكروية السبحية تنقسم في مستوى واحد وتبقى مرتبطة مع بعضها لتكون سلاسل. الخلايا التي تكون ترتيباً مكعبياً تنقسم في ثلاثة مستويات بطريقة منتظمة وينتج عن ذلك بما يسمى سارسينا Sarcina. ان الجينات الوراثية هي التي تتحكم في طريقة الانقسام.

**تدريب (3)**

| مجال المقارنة | الزوائد العادية | الزوائد الجنسية |
|---|---|---|
| العدد | 100 - 500 زائدة | 1-5 زائدة |
| الطول | 0.1 - 1.5 ميكرومتر | 2.5 ميكرومتر |
| القطر | 4 - 8 نانومتر | 8.5 نانومتر |

| | | |
|---|---|---|
| الوظيفة | تساعد البكتيريا في الالتصاق بالاسطح أو مع بعضها لتكون اغشية على اسطح الاوساط الغذائية السائلة.<br>وتساعد البكتيريا الممرضة في الالتصاق بالخلايا، الأسنان والانسجة. | يتم بواسطتها منح المادة الوراثية للخلية المؤنثة اثناء التزاوج.<br>وتكون بمثابة مناطق استقبال للبكتيريوفاجات. |

**تدريب (4)**

الكبسولة عبارة عن مادة جلاتينية تحيط بالخلية البكتيرية، وتكون عادة مكونة من عديد السكريات أو من بلمرة حمض الجلوتاميك. تؤدى الكبسولة وظائف مختلفة على حسب نوع البكتيريا. بالنسبة للبكتيريا الممرضة فان الكبسولة تحميها من الالتهام بوساطة خلايا الدم البيضاء، أما بالنسبة لبكتيريا التربة المعرضة للجفاف فان الكبسولة تحمى الخلايا من الجفاف وذلك بارتباطها المؤقت بجزيئات الماء.

**تدريب (5)**

لا أعتقد أن الزوائد Pili تساعد البكتيريا في الحركة لانها توجد في البكتيريا المتحركة وغير المتحركة. الزوائد عدة أنواع، بعض منها يسمى بالزوائد الجنسية **F. pili** وهى تسمح بمرور المادة الو راثية من خلية لاخرى اثناء التزاوج **Conjugation** . بعض الزوائد تسهل التصاق البكتيريا الممرضة **Pathogenic bacteria** بالاغشية الطلائية في الامعاء والقنوات التنفسية والمسالك البولية مما يساعد في تطور المرض.

**تدريب (6)**

السوط يتكون من جسم قاعدى **Basal body** وخيط حلزونى ويعتقد بان الصفائح **Rings** المثبتة في الجسم القاعدى هى التي تدور بالطاقة التي تولدها قوة دفع البرتون **Proton motive force** خلال الغشاء السيتوبلازمى. تتحرك البكتيريا إلى الامام اى تجرى ( **Run**) عندما تدور الاسواط عكس عقارب الساعة، وتتوقف عن الجرى عندما تدور الاسواط في اتجاه عقارب

الساعة.وتجدر الاشارة إلى أن الحركة تبدأ في شكل موجات Waves من قاعدة السوط في اتجاه الطرف الاعلى.

البكتيريا التي تمتلك أسواطاً طرفية ( قطبية) تسبح في حركة الى الخلف ثم تندفع الى الامام **Back -and – forth fashion**، وانها تغير اتجاهها بتغيير اتجاه دوران الاسواط. أما البكتيريا ذات الاسواط المحيطية **Peritrichous** فان الاسواط تعمل بصورة منسقة وتكون خصلة من الاسواط تمتد من خلفها. وتتوقف البكتيريا من الجرى عندما تغير بعض الاسواط اتجاهها بمعنى أن بعض الاسواط تدور في اتجاه عقارب الساعة وان الحركة في هذه الحالة تبدا كموجات قصيرة من قاعدة السوط.

**تدريب (7)**

معظم البكتيريا المتحركة قادرة على الاستجابة للمواد الكيميائية، فانها أما تنجذب نحوها **Positive chemotoxis** أوتبتعد عنها **Negative chemtaxis** .وحقيقة أن الحركة ليست نحو المادة الكيميائية ولكنها نحو تدرج تركيز المادة الكيميائية وتقدرالبكتيريا تركيزالمادة الكيميائية بوساطة بروتينات **مستقبلة Chemoreceptor proteins** توجد في الغشاء السيتوبلازمى ،وبالتالى تتحرك نحوها إذا كانت مفيدة وتبتعد عنها إذا كانت ضارة. نفس الشئ ينطبق على الاستجابة للضوء. البكتيريا التي تمثل الضوء تتحرك نحو الضوء وتبتعد عن المناطق المظلمة. بعض خلايا البكتيريا تحتوى على سلسلة من الجزيئات المغناطيسية التي تعين البكتيريا المائية على أن تسبح تحت تاثير الحقل المغناطيسى للارض أو لحقول المغناطيسية المحلية في اتجاه المناطق العميقة ذات ضغط الاكسجين المنخفض الذي يناسب نموها.

**تدريب (8)**

رابطة جلوكوسيدية: تربط بين السكرين الامينيين اسيتايل جلوكوزامين واسيتايل حمض الموراميك.

رابطة عرضية ببتيدية: مكونة من عدد من الاحماض الامينية تربط بين وحدات الببتيدوجليكان.

رابطة تساهمية: تربط بين احماض التيكويك والببتيدوجليكان.

**تدريب (9)**

(أ) أن الغشاء الخارجى **Outer membrance** لجدار البكتيريا السالبه لجرام غير منفذ للجزيئات الكبيرة مثل البروتينات ولكنه يسمح للجزيئات الصغيرة مثل النيوكليوسيدات والسكريات الاحادية والببتيدات والاحماض الامينية بالعبور خلال الغشاء.ويتم ذلك بوساطة قنوات تشكلها بروتينات البورينز تسمح قنوات البورينز. لبعض الجزيئات الكبيرة مثل فيتامين ب**(B)** من العبور. وكثير من البورينز تكون مناطق استقبال للبكتيريوفاجات **Bacteriophages** والبكتيريوسينات **Bacteriocins**

(ب) يلاحظ بان جدر بعض البكتيريا مغطاة بطبقة من البروتين. أن وظيفة هذه الطبقات البروتينية لم تعرف تماماً ولكن يعتقد أن أحدى وظائفها هو حماية البكتيريا السالبة لجرام من مهاجمة بعض أنواع البكتيريا الصغيرة مثل بديللوفيبريو **Bdellovirios** التي تخترق جدار البكتيريا.

**تدريب (10)**

يمكن الكشف عن حبيبات **BHB** باستخدام صبغة تذوب في الدهون مثل **Nile blue or Sudan black.** الحبيبات عديدة السكريات يكشف عنها بمعاملة الخلايا بمحلول اليود فتظهر حبيبات الجليكوجين سوداء اللون وحبيبات النشا زرقاء.الحبيبات عديدة الفوسفات أو الفوليوتين يكشف عنها بصبغها بازرق الميثلين **Methylene blue** المخفف، تظهر حمراء وردية عند فحصها بالمجهر الضوئى، أما بالمجهر الالكترونى فتظهر سوداء.

# مسرد المصطلحات

- **اسبيروكيتات Spirochetes**

هي بكتيريا حلزونية الشكل لها خلايا مرنة تتحرك بوساطة أسواط بريبلازمية توجد بين الغشاء الخارجى وجدار الخلية.

- **فلاجيلين Flagellin**

هي مادة بروتينية تتكون منها الاسواط **Flagella**، وهي أنتيجينية **Antigenic** بمعنى أنها مولدة للاجسام المضادة **.Antibodies**

- **وحدة الترسيب Svedberg Unit**

وحدة لقياس معدل ترسيب الجزيئات بجهاز الطرد المركزى عالى السرعة ولها علاقة بشكل وحجم الجزيئات.

- **البكتيريا الخيطية Actinomycetes**

هي بكتيريا ذات نواة بدائية تكون غزلاً (ميسيليوم ) مشابهة بذلك الفطريات الطحلبية، ولكن خيوطها, رفيعة قطرها حوالي 1.5 ميكرومتر، تتواجد عادة في التربة وتستغل في إنتاج المضادات الحيوية.

- **الأسواط Flagella**

عبارة عن زوائد قطرها حوالي 10−20 نانومتر، وطولها 5−10 ميكرومتر وقد يصل إلى 70 ميكرومتر. تساعد الآسواط البكتيريا على الحركة السباحية، يصعب رؤيتها بالمجهر العادى لصغر قطرها الا إذا صبغت بطريقة معينة تزيد من قطر السوط.

- **السيانوفايسين Cyanophycin**

مادة نتروجينية تنتج عن تكثف الحمضين الأمينيين أرجينين وحمض اسبارتك. تترسب في عدد من السيانوبكتيريا كمصدر للنتروجين.

- **الفجوات (المثانات ) الهوائية Gas vacuoles**

هي تركيبات مجوفة توجد في سيتوبلازم عدد من البكتيريا التي تعيش في البيئات المائية، فتساعدها عل الطفؤ، وتظهر كاجسام لامعة تحت المجهر الضوئى.

- **الكبسولة ( المحفظة ) Capsule**

هي طبقة مخاطية تشبه الجيلاتين تحيط بخلايا بعض أنواع البكتيريا.في بعض الاحيان تكون رقيقة **Micocapsule** ولا ترى الا بالمجهر الالكترونى، وقد تكون في شكل مواد مخاطية كثيفة ومنحلة يطلق عليها اسم الطبقة اللزجة **Slime layer**.

# المراجع

## المراجع العربية


1. أبـو الـدهب، مصـطفي كمـال واخـرون (1997م). **علــم البكتيــرات**، الجــزء الأول، دارالمعارف، القاهرة.
2. أ بو الدهب، مصطفي كمال، والجعراني، محمد عبد القادر (1984م). **عـلم البكتيرات**، الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.
3. الحسن، جاد الله عبد الله، وحمد، يوسف فضل (1999م). **مقدمـة فـي علـم الكائنـات الدقيقة**، الجزء الأول، سوريا، دمشق.
4. النخال، محمد حمزة (1987م). **علم الأحياء الدقيقة**. مطابع الطوبجي، القاهرة.
5. العاني، فائز عزيز وبدوي، امين سليمان (1990م)، **مبـادئ الأحيــاء المجهريـة**. دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.


## المراجع الانجليزية


1. Blair D.F. (1995). **How Bacteria Sense and Swim**. Annu Rev Microbiol.
2. Cano, R.J. and Colome, J.S. (1989). **Essentials of Microbiology.** West, Publishing Co, St. Paul, New York, Los Angeles, San Francisco.
3. Ketchum, P.A. (1988). , **Microbiology, Concepts and Applications.** , Wiley, U.S.A.
4. Michael, T.P., Roger, D.R. and Chan, E.C.S(1986)**Microbiology.** 4th ed, McGraw Hill Book Company, New York.
5. Pelczar, M.J., Chan, E.C.S and Krieg, N.R (1997). **Microbiology**. Tata, McGraw Hill, India.
6. Singleton, P. (1992). **Introduction to Bacteria**. John Wily & Sons.
7. Thanarayanan. R and Paniker, J. (1990)**. Text Book of Microbiology**. 4th Edition, Orient.

8. Tortora, G.J. Funke, B.R and Case, C.L. (1982) . **Microbiology, An Introduction**. The Benjamin/Cummings Publishing Co.Inc.
9. Wisterich, G.A.and Lechtman M.D. (1984)**.Microbiology**. MaCmillan Publishing Company, New York. London.

الوحدة الرابعة
الشكل الظاهري والتركيب
الدقيق للبكتريا(2)
Morphology and
Fine Structure of Bacteria (2)

# محتويات الوحدة


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 112 |
| **تمهيد** | 112 |
| **أهداف الوحدة** | 113 |
| **1.الجراثيم الداخلية ( الأبواغ )** | 114 |
| 1.1 شكل وحجم وموقع البوغ | 114 |
| 2.1 التركيب والمكونات الكيميائية للبوغ | 115 |
| 3.1 التجرثم | 118 |
| 4.1 انبات البوغ | 119 |
| 5.1 الابواغ الخارجية | 120 |
| 6.1 الحويصلات البكتيرية | 120 |
| 7.1 الأبواغ الكونيدية الأبواغ الكيسية | 121 |
| **2. السيانوبكتريا** | 123 |
| 1.2 خصائص السيانوبكتيريا | 123 |
| 2.2 تركيب الخلية | 125 |
| 3.2 أشكال الأجسام الخضرية | 126 |
| 4.2 التكاثر | 126 |
| **3. الأرشبيكتريا** | 128 |
| 1.3 الأرشبيكتريا البكتريا المنتجة للميثان | 130 |
| 2.3 الأرشبيكتريا البكتريا المحبة للملوحة العالية | 131 |
| 3.3 الأرشبيكتريا المحبة للحموضة والحرارة المرتفعة | 132 |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| **الخلاصة** | 134 |
| **لمحة مسبقة عن الوحدة التالية** | 135 |
| **إجابات التدريبات** | 136 |
| **مسرد المصطلحات** | 138 |
| **المراجع** | 139 |

# مقدمة

## تمهيد

**عزيزي الدارس،**

مرحباً بك إلى هذه الوحدة. بعد إنتهائك من دراسة الوحدة الثالثة، ها أنت تواصل ما بدأته فيها بدراستك للوحدة الرابعة والتي بعنوان الشكل الظاهرى والتركيب الدقيق للبكتيريا (2).
تحتوى الوحدة على ثلاثة أقسام رئيسية.

القسم الأول وهوأطول الأقسام جميعها، يحوى سبعة أقسام فرعية، عمدنا الى وضعها في قسم واحد لما لها من وثيق صلة ببعضها. يتناول القسم بالشرح الجراثيم الداخلية (الأبواغ) من حيث الشكل، الحجم والموقع إلى جانب التركيب والمكونات الكيميائية. بالاضافة إلى ذلك يوضح القسم خطوات تشكيل البوغ ومراحل إنباته. يشتمل هذا القسم كذلك على الحوصلات البكتيرية، الأبواغ بأنواعها الخارجية، الكونيدية والكيسية مع الخصائص المميزة لكل نوع.

أما في القسم الثاني فستجد وصفاً دقيقاً عن السيانوبكتيريا، يشمل خصائصها، تركيب الخلية فيها، أشكال الأجسام الخضرية بالأضافة إلى التكاثر ويضم ايضاً الأرشيبكتيريا وكل ما يتعلق بها من خصائص، أوجه الشبه بينها وبين البكتيريا الحقيقية، أنواعها بالأضافة إلى البيئات التي تعيش فيها ستجده في القسم الثالث وهو القسم الأخير من الوحدة.

ستجد في أثناء الوحدة مجموعة من الرسومات لتقريب وتوضيح المعلومة، تتخلل هذه الوحدة مجموعة من أسئلة التقويم الذاتي قصد منها تدعيم عملية التعلم لديك.

في نهاية الوحدة ستجد خلاصة لجميع المواضيع الرئيسية التي تم شرحها في أثناء الوحدة، بالأضافة إلى مسرد مصطلحات لأهم المصطلحات وقائمة بالمراجع التي تم الأعتماد عليها.

نأمل أن تكون قد وفقنا في ايصال ما نرمى إليه، نقدك وتحليلك لمادة الوحدة لاشك سوف يساعد في تطويرها.

## أهداف الوحدة

**عزيزى الدارس بعد ان تكمل قراءة هذه الوحدة ينبغى أن تكون قادرا على أن:**

- **تُعرف** البوغ، وتصف تركيبه ومكوناته الكيميائية.
- **توضح** أسباب تحمل البوغ للحرارة العالية وتصف مراحل تكوينه وإنباته.
- **تصف** مراحل تكوين وإنبات الأبواغ
- **تكتب** عن أنواع الأبواغ المختلفة في البكتيريا.
- **تلم** بالخصائص الاساسية للسيانوبكتيريا.
- **تحدد** بيئات السيانوبكتيريا الطبيعية التى تعيش فيها.
- **تصف** تركيب خلية السيانوبكتيريا ومحتوياتها ووظائفها.
- **تشرح** اشكال الاجسام الخضرية وطرق تكاثر السيانوبكتيريا.
- **توضح** بان الارشيبكتيريا تمثل فرعا ثالثا من فروع تطور الحياة من الاسلاف الاولى.
- **تتعرف على** خصائص خلية الارشيبكتيريا وبيئاتها الطبيعية.
- **تحدد** اوجه الشبه والاختلاف بينها وبين البكتيريا الحقيقية.
- **تعرف** الارشيبكتيريا المنتجة للميثان، وتلك المحبة للملوحة العالية والارشيبكتيريا المحبة للحموضة والحرارة المرتفعة.

# 1. الجراثيم الداخلية (الأبواغ)
# Bacterial Endospores

تكون بعض أنواع البكتيريا أبواغ ( جراثيم داخلية) وهي تركيبات تبدو لامعة تحت المجهر الضوئي. غالبية الابواغ تقاوم المعاملة بالحرارة (80درجة مئوية) على الأقل لمدة 10 دقائق كما أنها تتحمل الجفاف، الإشعاع، الأحماض، المواد الكيميائية ومقاومة الصبغ بالطرق المعتادة بعكس الخلايا الخضرية. يعزى ذلك لعدة أسباب منها سمك الجدار الذى يتكون من عدة طبقات تمنع نفاذ الصبغة والمواد المختلفة إلى داخل البروتوبلازم. يحتاج البوغ إلى طريقة صبغ خاصة تستعمل فيها صبغة مركزة مثل صبغة أخضر الملاكيت **Malachite green**، ( 5% محلول مائي) مع التسخين حتى تستطيع الصبغة أختراق غلاف البوغ وبعدها يصبح من الصعب إزالتها.

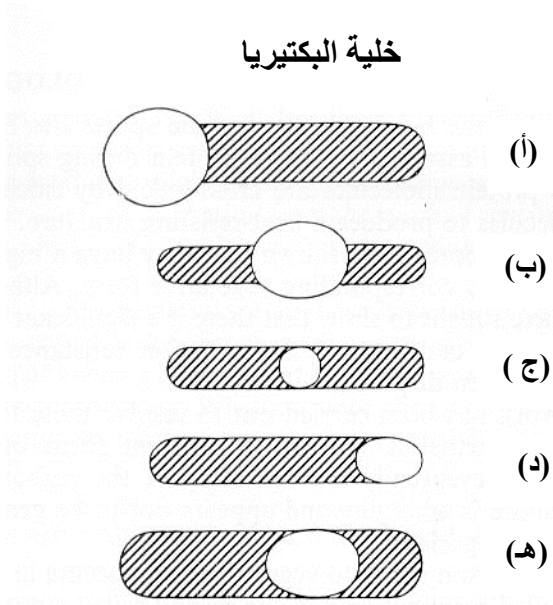
يتشكل في الخلية البكتيرية بوغ واحد ينمو ليعطي خلية خضرية واحدة عندما تتاح له الظروف الملائمة للنمو. لا يعتبر التجرثم **Sporogenesis** وسيلة للتكاثر بل وسيلة لحفظ النوع ,ويمكن أن تبقى الجرثومة ساكنة أو في حالة كمون **Dormancy** لعشرات بل مئات السنين.

تختلف الابواغ من حيث الشكل، الحجم والموقع من نوع لأخر، يستفاد من هذا الاختلاف في معرفة نوع البكتيريا وخصوصا الأنواع التابعة لجنس ***Bacillus*** وجنس ***Clostridium***. توجد أيضاً أجناس أخرى تكون جراثيم داخلية كالبكتيريا الكروية اسبوروسارسينا ***Sporosarcina*** والعصوية ***Sporolactobacillus*** و***Desulfotomaculum*** .

## 1.1 شكل وحجم وموقع البوغ
## Shape, Size and Position of the Spore

تختلف الابواغ من حيث الشكل والحجم والموقع في الخلية البكتيرية (الشكل1). يكون شكل البوغ كروياً أو بيضاوياً وقطره ربما يساوي قطر الخلية أو أصغر منها أو أكبر, في الحالة الأخيرة تنتفخ الخلية في المنطقة التي يتكون فيها البوغ. أما بالنسبة لموقع البوغ فيمكن أن يتكون

في منتصف الخلية ويسمى مركزي **Central** أو في طرفها ويسمى طرفي **Terminal** أو تحت طرفي **Subterminal**.




**الشكل (1). اشكال واحجام ومواقع الابواغ المختلفة فى الخلايا البكتيرية (أ) بوغ طرفى قطره اكبر من قطر الخلية، (ب) بوغ مركزى قطره اكبر من قطر الخلية، (ج) بوغ مركزى قطره يساوى قطر الخلية، (د) بوغ طرفى قطره يساوى قطر الخلية، (هـ) بوغ تحت طرفى قطره يساوى قطر الخلية**

# 2.1 التركيب والمكونات الكيميائية للبوغ

# Structure and Chemical Components of the Spore

عند فحص الخلايا المحتوية علي أبواغ (جراثيم) والمصبوغة بالطرق العادية تحت المجهر تبدو الابواغ كأجسام لامعة **Refractile** لقدرتها علي عكس الضوء، ويلاحظ مقاومتها للصبغ نسبة لسمك الجدار، ولعوامل أخرى سوف نذكرها لاحقاً.

يختلف تركيب البوغ من بكتيريا لاخرى، وعموماً يتكون البوغ النموذجي (الشكل2) المكتمل النمو من لب **Core** يشمل السيتوبلازم وما يحتويه من ريبوزومات ومادة نووية وبعض الانزيمات.

يحيط بالسيتوبلازم غشاء سيتوبلازمي داخلي **Inner membrane** في بعض الحالات يوجد جدار حول البروتوبلاست يسمي **Core wall** او **Spore wall**، ثم يلي ذلك من الخارج القشرة **Cortex** التي يحيط بها من الخارج غشاء سيتوبلازمي خارجي **Outer membrane** ، ثم غلاف البوغ **Spore coat** الذي يتكون في بعض الأحيان من طبقتين، غلاف داخلي **Inner spore coat** وغلاف خارجي **Outer spore coat**.

توجد طبقة رقيقة تعرف بالاكسوسبوريوم **Exosporium** تحيط بالبوغ وتتكون من بروتين دهني **Lipoportein** وسكريات امينية. يتكون غلاف البوغ الخارجي **Outer coat** من بروتينات لها مقاومة شديدة للحرارة مثل الكيراتين **Keratin**.

تحتوي طبقة القشرة على سكريات ببتيدية (ببيتدوجليكان ) ويحوي مركز البوغ على كل من السيتوبلازم والمادة الو راثية وكميات كبيرة من حمض داي بيكولينيك **Dipicolinic** acid وايونات الكالسيوم $Ca^{++}$. يشكل حمض داي بيكولينيك **2 – 15%** من وزن الخلية الجاف، ويوجد في أرتباط مع أيونات الكالسيوم ليكونا مركباً معقداً يسمي ديبوكولينات الكالسيوم **Calcium dipicolinate** يعتقد بأنه يلعب دوراً في مقاومة البوغ للحرارة. يوجد في السيتوبلازم قليل من الأنزيمات والحمضان النوويان **DNA**و **RNA**، ويحتوي جدار البوغ والمركز أيضاً على بروتينات وسكريات ببتيدية **Glycopeptide**

(1) الغشاء الخارجى Outer membran(OM).

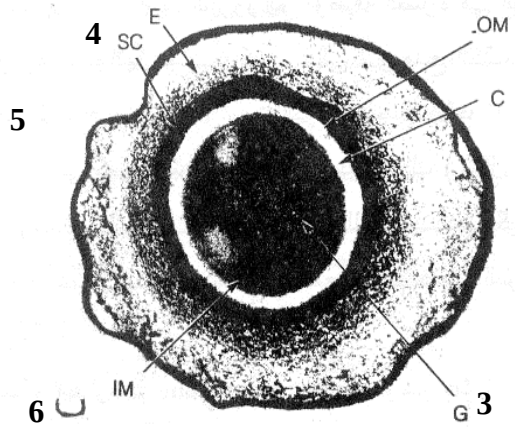
(2) القشرة Cortex (C).

(3) مركز البوغ (G).

(4) الاكسوسبوريوم Exosprium (E) .

(5) غلاف البوغ Spore coat (SC).

(6) الغشاء الداخلى er membrane(IM)

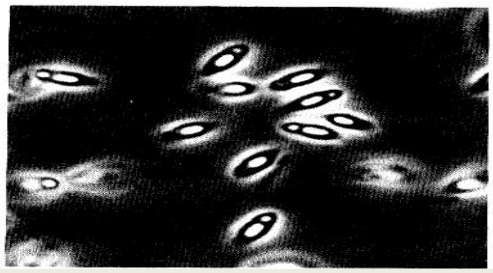



**الشكل (2). قطاع عرضى فى بوغ ال**

**يمكن إختصار مكونات البوغ النموذجى في النقاط التالية:**

- مركز البوغ ويشمل السيتوبلازم وما يحتويه.
- غشاء سيتوبلازمى داخلى يحيط بالسيتوبلازم.
- القشرة
- غشاء سيتوبلازمى خارجى يحيط بالقشرة.
- غلاف البوغ.
- طبقة الاكسو سبوريوم تحيط بالبوغ.
-

في بعض أنواع البكتيريا مثل ***Bacillus thuringiensis*** يتكون جسم صغير لامع بجوار البوغ أثناء التجرثم , يبدو وكأنه بوغ صغير آخر يسمى الجسم المصاحب للبوغ **Parasporal body** (الشكل 3 ) وهو بروتين متبلور له سمية ضد الحشرات ولذلك تستخدم هذه البكتيريا في المكافحة البيولوجية **Biological control** لبعض الحشرات.



**الشكل (3). البوغ ( Spore ) والجسم المصاحب له Parasporal body**

**وهنا على بعض العوامل التي يعتقد بأنها السبب في تحمل البوغ لدرجات الحرارة العالية**

**العامل الأول:** وجود بعض مكونات البوغ التي لا تتأثر بالحرارة العالية مثل بروتين الكيراتين **Keratin** وأنزيم الكتاليز **Catalase**. أتضح أن إنزيم الكتاليز المعزول من الابواغ يتحمل الحرارة العالية بعكس الإنزيم المعزول من الخلايا الخضرية.

**العامل الثاني:** يحتوي البوغ على قليل من الماء الحر.

**العامل الثالث:** توجد معظم البروتينات والإنزيمات في حالة غير ذائبة نسبة لوجود قليل من الماء الحر. أتضح أن الإنزيمات غيرالذائبة تتحمل الحرارة أكثر من الإنزيمات الذائبة.

**العامل الرابع:** وجود كميات كبيرة من حمض داي بيكولينيك.

**العامل الخامس:** وجود تركيز عالٍ للمعادن وخصوصاً الكالسيوم.

لقد أتضح أن الابواغ الناتجة عن تنمية البكتيريا في وسط غذائي ينقصه الكالسيوم تقل مقاومتها للحرارة. يلاحظ أيضاً بأنه في حالة زرع الميكروب في وسط مغذي لا يسمح بتكوين حمض داي بيكولينيك في الابواغ فأن الأبواغ التي لا تحتوي على الحمض المذكور تقل مقاومتها للحرارة.

## 3.1 التجرثم Sporogenesis

تتكون الأبواغ عادة عندما تكون الظروف غير ملائمة لأستمرار نمو البكتيريا (مثلاً نقص الغذاء ). يتوقف الانقسام وتبدأ الخلية في تكوين الجراثيم الداخلية ويمكن تلخيص خطوات تشكيل البوغ كما يلي ( الشكل4).

**الخطوة الأولى:** انقسام المادة الو راثية.

**الخطـوة الثانيــة:** ظهـور حـاجز **Septum** نتيجـة لنمـو الغشـاء الخلـوي للـداخل ليفصـل السيتوبلازم إلى خليتين، كبرى وصغرى.

**الخطوة الثالثة:** اكتمال فصل السيتوبلازم إلى خليتين.

**الخطوة الرابعة:** الخلية الكبرى تلتهم الخلية الصغرى لتتكون طليعة البوغ **Forespore** التي يحيط بها غشاء خارجي وآخر داخلي.

**الخطوة الخامسة:** يبدأ تخليق القشرة **Cortex**.

**الخطــوة السادســة:** يتكـون غـلاف الجرثومــة الخــارجي **Spore coat** تحــت غطــاء الأكسوسبوريوم **Exosporium** ليحيط بالقشرة من الخارج. في هذا الأثناء يتكون جدار الجرثومة **Core Wall** حول بروتوبلاست الجرثومة.

**الخطــوة الســابعة:** يكتمـل نمـو البـوغ داخـل الكـيس الجرثـومي او (حافظــة البــوغ **Sporangium**).

**الخطوة الثامنة:** يتحرر البوغ ليصبح حراً مستقلاً **Free endospore** بعد تحلل جدار الكيس بوساطة إنزيمات التحلل.

**الخطوة التاسعة:** توضح بوغ متحرر من الخلية.

**الخطوة العاشرة:** توضح بوغ نابت ليكون خلية حضرمية.

## 4.1 إنبات البوغ Spore Germination

المقصود بالإنبات هو تحول البوغ إلى خلية خضرية, ويتم الإنبات إذا كانت الظروف مناسبة لنمو البوغ ويمكن تحديد ثلاث مراحل للإنبات:

أ/ تنشيط البوغ **Activation**.

ب/ الإنبات **Germination.**

ج/ النمو للخارج **Outgrowth.**

د/

## 1 / تنشيط البوغ

يتم تنشيط الابواغ إذا وضعت في ظروف مناسبة للنمو. أتضح انه بالإمكان تنشيط البوغ في المختبر بعدة طرق فيزيائية وكيميائية، منها تعرضه لدرجة حرارة **60** أو **70**درجة مئوية، أو وضعه في وسط منخفض الحموضة **(Low pH)** وتعرضه لمواد كيميائية قوية الأكسدة مثل **$P_2O_4$**. تتسبب عملية التنشيط في الآتي :

- يصبح الجدار أكثر نفاذية نتيجة لنشاط أنزيمات التحلل.
- حدوث تكسير فيزيائي لجدار البوغ والقشرة.
-

## 2 / الإنبات

الإنبات مرحلة انتقالية يفقد فيها البوغ لمعانه وتحمله للحرارة العالية وصلابته. يبدأ الإنبات بظهور أخدود **Groove** في غطاء البوغ، ثم يتبعه دخول الماء والمواد الغذائية، **ويمكن ملاحظة التغييرات التالية**

**1. زيادة استهلاك الأكسجين وأكسدة الجلوكوز. 2. انتفاخ الجرثومة.**
**3.يفقد البوغ حوالي 30% من وزنه الجاف في شكل كالسيوم داي بيكولينات بروتينات أحماض أمينية مختلفة وجليكوببتيدات.**

يمكن القول بان البوغ قد نبت فعلاً أعتماداً على **بعض المعايير**:

1. يفقد البوغ مقاومته للحرارة.
2. يكون قابلاً للصبغ بالطرق العادية.
3. فقدان اللمعان ويكشف عن ذلك بمجهر طور التباين **Phase contrast.**
4. انخفاض الكثافة الضوئية **Optical density** لمعلق من الابواغ.

### 3 / النمو للخارج Outgrowth

يمكن أن يحدث النمو بعد اكتمال التنشيط والإنبات، ويتطلب ذلك بيئة غذائية مكتملة بحيث تمكن البوغ النابت من النمو والتكاثر. تبدأ مرحلة النمو بانتفاخ البوغ وسرعة تخليق الجدار والغشاء البلازمي ثم تبدأ الخلية الخضرية الجديدة في الخروج من جدار البوغ بعد تحلل الغلاف. تجدر الإشارة بان هنالك ستة أجناس من البكتيريا تكون ابواغ وهي ***Bacillus Clostridium***، ***Sporolactobacillus***، ***Sporosarcina***، ***Desulfotomaculum Thermoactinomycetes***. جنس ***Sporosacina*** هو الجنس الوحيد الكروي الذي يكون أبواغ داخلية.

## 5.1 الابواغ الخارجية Bacterial Exospores

تكون بعض أنواغ البكتريا ابواغ خارجية **Exospores** بالتبرعم **Budding**. يبدأ تخليق البوغ بظهور شكل يشبه البرعم في أحد أطراف الخلية. عندما يكتمل النمو ينفصل البوغ الخارجي. تستطيع الابواغ الخارجية تحمل الجفاف والحرارة ولكنها لا تحتوي على حمض داي بيكولينيك. ويمكن ملاحظة هذه الأبواغ في خلايا جنس ***Methylosinus*** المؤكسد للميثان وسلالات النوع ***Rhodmicrobium vannielii*** الممثلة للضوء.

## 6.1 الحوصلات البكتيرية Bacterial Cysts

في بعض أنواع البكتيريا تتحول كل الخلية الخضرية إلى حوصل Cyst. تمتلك الحوصلات جدراً سميكة وتتحمل الحرارة والإشعاع والجفاف ولكن بدرجة أقل بالمقارنة بالابواغ الداخلية. تعتبر الحوصلات أشكالاً في حالة سكون ويمكن أن تنمو اذا توفرت لها الظروف المناسبة. معظم البكتيريا المكونة للحوصلات هي بكتيريا تعيش في التربة مثل جنس ***Azotobacter*** و ***Myxobacteria*** وغيرها. يلاحظ أن حوصلات **Azotobacter vinelandii** كروية الشكل ولها جدر تتكون من عدة طبقات.

# 7.1 الأبواغ الكونيدية والابواغ الكيسية (الجراثيم الكيسية)
# Conidiosporesand Sporangiospores

تشكل الاكتينومايسيتات مجموعة كبيرة من البكتيريا التي تكون هايفات **Hyphae** (المفرد **Hypha**) متفرعة وأبواغ منفردة أو في سلاسل في أطراف الهايفات الهوائية أو في داخل حوافظ بوغية او (أكياس بوغية) **Sporangia** (المفرد **Sporangium**).

إذا تكونت الابواغ خارجياً منفردة أو على هيئة سلاسل، تسمى أبواغ كونيدية **Conidiospores** أو ببساطة كونيدات **Conidia**. إذا تكونت الأبواغ في داخل حوافظ **Sporangia** (المفرد **Sporangium**) تسمى أبواغ كيسية (او حافظية) **Sporangiospores**. تمثل الابواغ طور السكون وتتكون لا جنسيا. تختلف هذه الابواغ من الابواغ الداخلية **Endospores** بعدم وجود قشرة **Cortex** أو حمض داي امينوبيكولينيك، ولها مقاومة ضعيفة للحرارة ولكنها تستطيع تحمل الجفاف لفترات طويلة.

**تدريب (1)**

هل تستطيع أن تفرق بين الأبواغ الداخلية **Endospores** والأبواغ الخارجية **Exospores** والحوصلات البكتيرية **Cysts**.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. عدد مميزات البوغ.
2. علل: يحتاج البوغ إلى طريقة صبغ خاصة.
3. لماذا يعتبر البوغ تركيباً كامناً وما فائدته للبكتيريا ؟
4. أكمل الفراغات التالية بكلمات مناسبة: يكون شكل البوغ.....أو.....
أما بالنسبة لموقع البوغ فهو إما.....أو.....أو..... .
5. مم يتركب البوغ النموذجى.
6. ماذا تسمى الطبقة المحيطة بالبوغ ومم تتكون ؟
7. ماذا ينتج من أتحاد حمض داى بيكولينيك مع أيونات الكالسيوم ؟ وما هو دوره؟
8. عدد العوامل التي تساعد البوغ على تحمل درجات الحرارة العالية.
9. مستعيناً بالرسم وضح مراحل تكوين البوغ.
10. أشرح مراحل إنبات البوغ.
11. أذكر أربعة من أجناس البكتيريا المكونة للابواغ.
12. عدد التغيرات التي يمكن ملاحظتها نتيجة إنبات البوغ
13. ما هي المعايير التي نستند عليها لتأكيد إنبات البوغ ؟
14. أذكر أربعة من أجناس البكتيريا المكونة للابواغ.
15. عدد مميزات الحوصلات البكتيرية.
16. صف طريقة تكوين البوغ الخارجى.
17. أذكر أمثلة لبعض أنواع البكتيريا المكونة للابواغ الخارجية.
18. كيف نفرق بين الأبواغ الكونيدية والأبواغ الكيسية ؟
19. في ماذا تختلف الأبواغ الكونيدية والكيسية عن الابواغ الداخلية ؟

# 2. السيانوبكتيريا Cyanobacteria

السيانوبكتيريا او البكتيريا الخضراء المزرقة تمثل أحدى أكبر مجموعات البكتيريا السالبة لجرام الممثلة للضوء **Photosynthetic**, وأكثرها تنوعاً وإنتشاراً.

## خصائص السيانوبكتيريا

تتميز السيانوبكتيريا ببعض الخصائص الأساسية التالية:

**1 . الخلايا بدائية النواة.**

**2 . لا توجد أسواط وتتحرك بالانزلاق .Gliding**

**3. تحتوي الصبغات التمثيلية على كلوروفيل أ (A) وصبغة الفايكوبلين .Phycobilin**

**4. تحتوي الخلايا على مواد بروتينية مختزنة تسمى سيانوفايسين Cyanophycin**

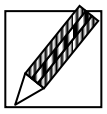
تشبه السيانوبكتيريا البكتيريا المنزلقه في شكلها العام، وتشبه بعض البكتيريا الممثلة للضوء في قدرتها على أستعمال ثاني أكسيد الكربون، النتروجين الغازي والاستفادة من الطاقة الشمسية، تشبه الطحالب اليوكاريوتيه والنباتات العليا في احتوائها على كلورفيل أ **(A)** قدرتها على تحليل الماء أنزيمياً **Photolysis** وإنتاج الأكسجين.

توجد السيانوبكتيريا في أجواء متنوعة، البعض ينمو حراً في الجليد على المرتفعات الجبلية، والبعض يعيش في الينابيع الحارة حيث تصل درجة الحرارة 85 درجة مئوية. وأنواع أخرى توجد في المياه العذبة والمالحة، في التربة وحتى في الزهريات الرطبة. بعض الأنواع قادرة على العيش على الصخور البركانية حيث تفشل معظم الكائنات على البقاء على قيد الحياة، ويعزى ذلك لقدرة السيانوبكتيريا على أستغلال النتروجين الجوي وثاني أكسد الكربون وبخار الماء لسد إحتياجاتها الغذائية. أن قدرة السيانوبكتيريا على أستعمال عنصر النتروجين $N_2$ وتحويله إلى مركبات نتروجين عضوية يسمى تثبيت النتروجين **Nitrogen fixation**. توجد بعض أنواع السيانوبكتيريا المحبة للحرارة العالية **Thermophilic** في الينابيع الحارة. يمكن أن تنمو

السيانوبكتيريا على سطح التربة مما يساعد على حمايتها من الإنجراف , كما أنها تضيف إليها مواد عضوية. تعيش بعض السيانوبكتيريا تكافلياً كما في حالة الأشنات .**Lichens**وان بعض منها يوجد في داخل بعض النباتات حيث تقوم بتثبيت النتروجين. ترتبط بعض السيانوبكتيريا مع بعض الأوليات (البروتوزوا **Protozoa**) و يطلق عليها اسم سيانيللي **Cyanellae**. تحتوي السيانوبكتيريا على كلورفيل أ (**A**) الذي يمتص الضوء الأحمر (**683–680** نانومتر) ولاتحتوى على كلوروفيل بكتيري **Bacteriochlorophyll**.

تحتوي البكتيريا أيضاً على صبغات كاروتين لا تذوب في الماء وصبغات الفايكوبلين **Phycobilllin** التى تذوب في الماء والتى تمثل أكثر الصبغات إمتصاصاً للضوء، كما انها تقوم بنقل طاقة الضوء للكلوروفيل. توجد فايكوبليتات زرقاء (فايكوسيانين وألوفايكوسيانين) في كل السيانوبكتيريا، وظيفتها إمتصاص الضوء الذي تكون طول موجاته بين **500و600** نانومتر. توجد أيضاً في بعض أنواع السيانو بكتيريا صبغة فايكوبلين حمراء (فايكواريثرين **Phycoerythrin**) تمتص موجات الضوء القصيرة بين **470 و600** نانومتر. البكتيريا التي تحتوي على الصبغة الحمراء يكون لونها أحمراً أوبنيا بدلاً من اللون الأخضر المزرق.

**تدريب (2)**



كيف تختلف السيانوبكتيريا من البكتيريا الأخرى الممثلة للضوء **Photosynthetic**.

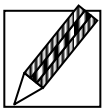
**الصبغات التي توجد في السيانوبكتيريا تشمل:**

- صبغة كلوروفيل أ ( **A** )
- صبغات كاروتين
- صبغات الفايكوبلين
- صبغات فايكوسيانين وألويكوسيانين

تستطيع السيانوبكتيريا استخدام الماء ($H_2O$) كمانح للألكترونات لتثبيت ثاني أكسيد الكربون، وتعتمد على ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) كمصدر للكربون لأن قدرتها على أستغلال الكربون العضوي محدودة. جهاز التمثيل الضوئي **Photosynthetic apparatus** ويقصد به الكلوروفيل والأصباغ ومراكز تفاعل الضوء وسلسلة نقل الألكترونات توجد في حوامل الأصباغ أو ما يسمى بالثايلوكويدات **Thyllakoids**، وهي تراكيب في شكل أكياس مفلطحة محاطة بغشاء. يوجد على سطح الأغشية حبيبات تسمى فايكوبيليسومات **Phcobilisomes** والتي تحتوي على أصباغ الفايكوبلين.

تستطيع كثير من البكتيريا الخيطية تثبيت النتروجين بوساطة خلايا معينة متخصصة تسمى حوصلات مغايرة **Heterocysts** تشاهد على خيوط البكتيريا أو في أطرافها. قد أتضح أن بعض السيانوبكتيريا التي لا تحتوي على حوصلات يمكنها أيضاً تثبيت النتروجين. يستفاد من خاصية تثبيت النتروجين في تشجيع نمو السيانوبكتيريا في حقول نبات الأرز Rice لتمد النبات بمركبات عضوية نتروجينية، ولكن تكاثر البكتيريا في المياه التي تستخدم في الشرب والإستحمام غير مرغوب فيه نسبةً لما تخلفه من آثار سالبة على جودة المياه.

**تدريب (3)**



السيانوبكتيريا تقوم بالتمثيل الضوئى المصحوب بانتاج الاكسجين، وتقوم بتثبيت النتروجين (N2) الجوى بوساطة النتروجينيز **Nitrogenenase** وهو أنزيم حساس للأكسجين. كيف تفسر ذلك.

## 2.2 تركيب الخلية Cell Structure

تحتوي الخلية على جدار من طبقتين محاطة بطبقة هلامية من الخارج. تنقسم محتويات الخلية داخل هذا الجدار إلى منطقين:

1. **منطقة خارجية وهي بروتوبلاست ملون يحتوي على الصبغات التمثيلية.**

2. **منطقــة داخليــة غيــر ملونــة تســمى بروتــوبلازم مركــزي Centroplasm** تحتـوي علـى الريبوسومات وحبيبات السيانوفايسين **Cyanophycin** المخزنة، وفجوات كاذبة (أو فجوات غازية) **Pseudo or gas vacuoles** في بعض الأنواع. لا يمكن رؤية مكونات خلوية مثل الميتوكوندريا **Mitochondria** و البلاستيدات الخضراء **Chloroplasts.**

يعتبر وجود غلاف هلامي صفة ثابتة للسيانو بكتيريا, فقد يكون سميكاً أو رقيقاً. اما جدار الخلية فيتكون من طبقة خارجية وطبقة داخلية من الببتيدوجليكان يشبه ذلك الموجود في جدار البكتيريا.

توجد زوائد (**Fimbriae**) وبكثرة ومتعددة الأنواع في كثير من السيانوبكتيريا، ولكن لاتوجد أسواط. وقد لوحظت حركة إنزلاقية في كثير من الأشكال الخيطية، وتم مشاهدة حركة سباحية **Swimming motility** حديثاً في نوع صغير من السيانوبكتيريا.

يلي الجدار من الداخل الغشاء السيتوبلازمي **Cytoplasmic membrrane**، أما البروتوبلازم الملـون **Chromatoplast** فيبـدو ذا تراكيـب معقـده مـن الصـفائح أو الأغشـية (الثايلوكوديـات **Thyllakoids**) مماثلـة للبلاسـتيدات الخضـراء فـى الطحالـب الأخـرى. ويعتقد ان هـذه الأغشـية تتكون عن طريق أنطواء الغشاء البلازمي. لون البكتيريا يمكن أن يكون أخضراً أو أحمراً أو أصفراً أو بنفسجياً أو عديم اللون، وهذا التباين يعزى إلى الإختلاف في الصبغات وتركيزها.

تحتوي خلايا السيانوبكتيريا على مواد نووية بالقرب من مركز الخلية في منطقة أقل عتمة من السيتوبلازم المحيط، تعرف بالبلازم النووى **Nucleoplasm**. يحوي السيتوبلازم الريبوسومات **Ribosomes**، فراغات هوائية، حبيبات سيانوفايسين وكثير من الحبيبات الأخرى التي يبدوان لها وظيفة تخزينية.

# 3.2 أشكال الأجسام الخضرية

# Range of Vegetative Structures

معظم السيانوبكتيريا خيطية الشكل، ولكن توجد أنواع وحيدة الخلية وأخرى على شكل مستعمرات. الأجناس وحيدة الخلية مثل أناسيستيس ***Anacystis***،كروكوكس ***Chrococcus***، سينيكوكس ***Synecoccus*** وجليوكابسا ***Gloeocapsa***. يلاحظ أن عدداً كبيراً من الخلايا يمكن أن يتجمع ليكون مستعمرة ويشاهد ذلك في الأجناس أفانوثيكا ***Aphanotheca***، جومفوسفيرا **Gomphosphaera** وغيرها.

## 4.2 التكاثر Reproduction

يحدث التكاثر الخضري بوساطة التفتت في كثير من الأنواع مثل: الافراد التى تنتمى الى رتب **Nostocales** وأستيجونيماتاليس **Stigonematales**. تتكون هورموجونات **Hormogonia** نتيجة لتفتت الترايكومات (الخيوط **Trichomes**) والهورموجونات هي أجزاء قصيرة من الترايكومات. في بعض الأنواع يحدث التفتت نتيجة لوجود حوصلات مغايرة **Heterocysts**. الحوصلة المغايرة هي خلية تشبه الخلية الخضرية **Vegetative cell** منفردة أو في سلاسل، تكون بينية **Intercalary**، ولكنها سميكة الجدار ولها نقرتين منتفختين **Swollen points** تسمى بابيللي **Papillae**. الوظيفة الأساسية للحوصله المغايرة هي تثبيت النتروجين الجوي **Nitrogen fixation**. في أجناس أخرى تتكسر الترايكومات في مناطق معينة تتحور فيها الخلايا أو تموت.

**التكاثر اللاجنسي يمكن أن يحدث أيضاً بإنتاج أنواع مختلفة من الأبواغ:**

أ. **خلايا ساكنة Akinetes**: الخلايا الساكنة عبارة عن خلايا أكبر حجماً من الخلايا الخضرية ولها جدر سميكة تكون منفردة أو في سلاسل وتشاهد في نوستوك ***Nostoc*** ونيفيولاريا.

ب. **أبواغ داخلية Endospores**: بعض الخلايا الخضرية تكبر في الحجم وتنقسم محتوياتها مكونة عدداً من الأبواغ التي يمكن أن تنمو مباشرة بعد أنطلاقها. هذا النوع من التكاثر يمكن ملاحظته في معظم الأنواع التي لا تكون هورموجونيا **Hormogonia**.

ت.

ث. **خلايا دقيقة (نانوسيتات) Nannocytes:** هي أبواغ داخلية صغيرة الحجم، عارية، تتكون نتيجة لأنقسام محتويات الخلايا، وتشاهد في أجناس مثل جليوكابا ***Gloecapa*** وأفانوثيسي ***Aphanothece***.

**د. أبواغ خارجية Exospores:** تتكون هذه الأبواغ عن طريق تمزق جدار الخلية عند نقطة معينة، ثم يبرز إلى الخارج جزء من السيتوبلازم، ثم ينفصل مكوناً البوغ الخارجي. مثال لذلك جنسي شاميسيفون ***Chamesiphon*** وستيكوسيفون ***Stichosiphon*** .

يعتمد تصنيف السيانوبكتيريا على الخصائص المورفولوجية وطرق التكاثر. على سبيل المثال نجد أفراد الأجناس سينكوكوكس ***Synchococcus***، جلوكوباكتر، جليوثيكا ***Gleotheca*** وجلويوكابسا ***Gloeocapsa*** كائنات وحيدة الخلية، تتكاثر بالإنشطار الثنائي **Binary fission**.

مجموعة أخرى من الاجناس، وحيدة الخلية تتكاثر بالأنشطار العديد **Multiple fission** وتمثلها زينوكوكس ***Xenococcus*** وبلوروكابسا ***Pleurocapsa***.السيانوبكتيريا الخيطية **Filamentous** مثل أوسيلاتوريا ***Oscillatoria*** وسودوانابينا ***Pseudoanbaena*** تنمو كخلايا خضرية مغلفة **Sheathed** أو غير مغلفة **Unsheathed**، بينما أنواع أنابينا ***Anabaena*** ونوستوك ***Nostoc*** تكون حوصلات مغايرة **Heterocysts** عندما يكون النتروجين الجزيئي ($N_2$) هو مصدر النتروجين الموجود في البيئة.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. ما هي الخصائص التي تتميز بها السيانوبكتيريا ؟
2. ناقش أوجه الشبه بين السيانوبكتيريا والكائنات الأخرى.
3. صف نوع البيئات التي تعيش فيها السيانوبكتيريا.
4. علل: بعض أنواع السيانوبكتيريا قادرة على العيش على الصخور البركانية.
5. ما هو نوع الأصباغ التي توجد في السيانوبكتيريا وما هي وظيفتها ؟
6. أوصف تركيب خلية السيانوبكتيريا والأشكال الخضرية ؟
7. عدد الطرق التي تتكاثر بها السيانوبكتيريا.
8. ناقش الخصائص التي يعتمد عليها تصنيف السيانوبكتيريا.
9. عدد مكونات السيتوبلازم في السيانوبكتيريا.

## 3. الأرشيبكتيريا Archaeobacteria

تختلف الأرشيبكتيريا **Archaeobacteria** أختلافاً كبيراً عن البكتيريا **الحقيقية Eubacteria** مورفولوجيا، في مكوناتها الكيميائية، الأيض **Metabolism** والبيئات التي تعيش فيها. الدراسات التي أجريت وأعتمدت على مقارنة رنا الريبوزومي **rRNA (16S**، أوضحت بأن الأرشيبكتيريا تمثل فرعاً ثالثاً من فروع تطور الحياة من الأسلاف الأولى **Early ancestors** وذلك بجانب فرعي البروكاريو تات ( البكتيريا بدائية النواة **Procaryotae**) واليوكاريوتات (الكائنات حقيقة النواة **Eucaryotes**).وسميت أرشيبكتيريا لأن فسيولوجيتها تنسجم مع الظروف القاسية التي يعتقد بأنها كانت سائدة أثناء تطور الحياة على كوكب الأرض.وقد أوضحت الدراسات أيضاً بأن الأجناس التي تنتمي إلى الأرشيبكتيريا متقاربة وراثياً وأن تسلسل القواعد النتروجينية في رنا الريبوزومى (**16S rRNA** و **23S rRNA**) يختلف كثيراً عن نظيره في البروكاريوتات واليوكاريوتات.

توجد الأرشيبكتيريا **Archaeobacteria** في البيئات البرية والمائية اللاهوائية. أو البيئات شديدة الملوحة أو شديدة الحرارة (أكثر من **100** م). توجد بعض الأنواع متعايشة مع الحيوانات في جهازها الهضمي. تضم الأرشيبكتيريا أنواعاً هوائية، ولا هوائية ولا هوائية إجباراً. ويمكن أن تكون ذاتية التغذية، أو عضوية التغذية، والمركبات غير العضوية تمثل مصدر للطاقة، يمكن

أن تكون عضوية التغذية الكيميائية **Chemoorganotrophic**، بمعنى أن المركبات العضوية هي مصدر الطاقة ومصدر للإلكترونات أختياراً .**Facultative organotroph**

تعطى خلايا الأرشيبكتيريا تفاعلاً سالباً أو موجباً مع صبغة جرام نسبة للأختلاف في نوع غلاف الخلية **Envelope**. تتواجد الخلايا في أشكال مختلفة، كروية، أو مفصصة، أو حلزونية، أو عصوية أو في شكل صفائح، ويمكن أن تكون وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا (في خيوط أو تجمعات). قطر الخلية يتراوح من **0.1** إلى أكثر من **15** ميكرومتر , وطول الخيط ربما يصل إلى 200 ميكرومتر. تتكاثر الأرشيبكتيريا بالانقسام الثنائي **Binary fission** أو التبرعم **Budding** أو التجزء **Fragmentation** أو تكوين حواجز.

**لنقف هنا قليلاً ونحاول أختصار المميزات العامة للارشيبكتيريا في النقاط التالية:**

1. **تمثل فرعاً ثالثاً من فروع تطور الحياة من الأسلاف الأولى وذلك بجانب فرعى البروكاريوتات واليوكاريوتات.**
2. **توجد في البيئات البرية، المائية اللاهوائية أو البيئات شديدة الملوحة أو شديدة الحرارة. كما توجد بعض الأنواع متعايشة مع الحيوانات في جهازها الهضمى.**
3. **تضم أنواع هوائية ،ولا هوائية إجبارية.**
4. **يمكن أن تكون ذاتية التغذية أو عضوية التغذية أو عضوية التغذية الكيميائية.**
5. **نعطى الخلايا تفاعلاً سالباً أو موجباً مع صبغة جرام.**
6. **تتواجد الخلايا في أشكال مختلفة.كروية، مفصصة، حلزونية، عصوية أو في شكل صفائح ويمكن أن تكون وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا .**
7. **تتكاثر بالانقسام الثنائى أو التبرعم أو التجزؤ أو تكوين حواجز**

**ن يريا الحقيق**

1. **لا تحتوي جدر الأرشيبكتيريا على ببتيدوجليكانPeptidoglycan**، بينما جدر البكتيريا الحقيقية تحتوي على ببتيدوجليكان.ان عدم وجود الببتيدوجليكان يجعلها غير حساسة للمضادات الحيوية المحتوية على حلقة بيتا لاكتام **β- lactam ring**.

تحتوي **دهون Lipids** الأرشيبكتيريا على رابطة ايثر **Ether Linkage**، بينما تتكون دهون الغشاء السيتوبلازمي في البكتيريا الحقيقية من سلاسل أحماض دهنية **Fatty acids** ترتبط مع الجليسرول **Glycerol** برابطة أستر **Ester linkage**.

2. **تبدأ الترجمة Translationفي الأرشيبكتيريا بميثيونين ر– ر ن أ rRNA Methionine** بدلاً من ن – فورمايل ميثيونين **N-formyl methionine**الذي يبدأ تخليق سلسلة عديد الببتيد في البكتيريا الحقيقية.

3. **عملية الترجمة Translation process في الأرشيبكتيريا حساسة لسم الديفتيريا**، بينما الترجمة في البكتيريا الحقيقية حساسة للمضاد الحيوي كلورومفينيوكول **Chloromphenicol**.

4.

تشكل الأرشيبكتيريا مجموعة غير متجانسة ولذلك نجد الأنواع تختلف عن بعضها في الشكل، التركيب الكيميائي، الأيض والموطن.نناقش هنا ثلاث مجموعات أساسية هي البكتيريا المنتجة للميثان **Methanogenic Bacteria**، الأرشيبكتيريا الحمراء والبنفسجية المحبة للملوحة الشديدة **Extreme halophiles** والأرشيبكتيريا التي تعيش في البيئات الحمضية و/أو البيئات عالية الحرارة **Thermoacidophiles**.

## 1.3 البكتيريا المنتجة للميثان Methanogenic Bacteria

الأرشيبكتيريا التي تنتمي لهذه المجموعة لا هوائية حتماً، وتمتلك القدرة على أن تتحصل على الطاقة للنمو من أكسدة المركبات مثل الهيدروجين أو الفورمات **Formate** مستخدمة الإلكترونات الناتجة عن الأكسدة لأختزال ثاني أكسيد الكربون **$CO_2$**، وتكوين غاز

الميثان **Methane gas**. بعض الأجناس يمكن أن تعيش ذاتية التغذية مستخدمة الهيدروجين $H_2$ وثاني أكسيد الكربون $CO_2$ كمصادر للكربون والطاقة, بينما البعض يحتاج لمواد إضافية كالفيتامينات، الاسيتات **Acetate**، مركبات الكبريت العضوية. غالبية الأنواع تنمو جيداً في الأوساط الغذائية المعقدة التي تحتوي على الخميرة مقارنة بالأوساط غير العضوية.

تتميز الأرشيبكتيريا بوجود نوعين من الأنزيمات المرافقة **Coenzymes** غير العادية التى لا توجد في البكتيريا الأخرى، وهما كوانزايم م.**M .Co** وكوانزايم **Co.F** اللذين يشاركان في إنتاج الميثان من ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) والهيدروجين ($H_2$). توجد البكتيريا المنتجة للميثان في كل البيئات اللاهوائية الغنية بالمواد العضوية ( المستنقعات، البرك، البحيرات، ترسبات البحار، الجهاز الهضمي للإنسان والحيوان والأبقار وفي ترسبات المجاري ). البكتريا التي تعيش في أمعاء المجترات كالأبقار يمكن أن تنتج حوالي **200** لتر من كل حيوان في اليوم. أن كل الميثان المنتج بيولوجياً يفقد في الجو، أما الميثان الذي ينتج في داخل الأرض يمكن أن يستفاد منه كمصدر للتدفئة. ويمكن أن يتسرب الميثان خلال القنوات أو الأنفاق **Channels** أثناء الحفريات، وبما أنه قابل للإنفجار فهو بالتالي يشكل خطورة على العاملين في هذا المجال.

## 2.3 البكتيريا المحبة للملوحة العالية Extreme Halophiles

هي بكتيريا هوائية سالبة لجرام تعتمد على التغذية العضوية الكيميائية **Chemoorgantrophic,** وتحتاج إلى **17** إلى **23 %** كلوريد الصوديوم **NaCl** للنمو الجيد. تتراوح أشكالها من العصوي أو القرصي **Disk shaped** جنس هالوبكتيريوم ***Halobacterium*** إلى الكروي **Cocci** جنس هالوكوكس ***Halococcus*** .

تتواجد البكتيريا في البحيرات المالحة كالبحر الميت, والمصانع التي تنتج الملح عن طريق تعريض ماء البحر لأشعة الشمس, والمواد البروتينية المملحة كالجلود والأسماك مسببة إتلافها. تظهر مستعمرات البكتيريا حمراء أو برتقالية نسبة لوجود مواد كروتينية ***Carotenoids*** التي يبدو أنها تقي الخلايا من أشعة الشمس المدمرة لها.

عندما يكون تركيز ملح كلوريد الصوديوم **Na Cl** عالياً فأن الخلايا تقاوم فقد الماء وذلك بالمحافظة على أن يكون التركيز الأسموزي لملح كلوريد البوتاسيوم **KCl** عاليا داخل الخلايا وداخل الغشاء السيتوبلازمي والريبوسوماتً , والأنزيمات تكون نشطة عندما تكون مستويات كلوريد البوتاسيوم أو الصوديوم عالية أيضاً. تتكون خلايا هالوبكتيريوم *Halobacterium* من وحدات بروتينية صغيرة تتماسك مع بعضها في وجود الملح , وفي حالة إنخفاض تركيز الملح إلى أقل من 10 % فأن الخلايا تتحلل. من ناحية أخرى نجد أن جدر خلايا هالوكوكس *Halococcus* تتكون من عديد السكريات المتباينه Heteropolysaccharides وتكون ثابتة حتى في تركيزات ملح منخفضة.

الأرشيبكتيريا التي تعيش في البيئات عالية الملوحة تتحصل على الطاقة في شكل ATP كغيرها من البكتيريا الهوائية عن طريق سلسلة نقل الإلكترونات. يمكن أن تتحصل على الطاقة أيضاً (ATP) بتخمير الحمض الأميني أرجينين، ويمكنها ذلك من المعيشة اللاهوائية.عندما تنمو البكتيريا في مستويات منخفضة من الأكسجين، تتكون صبغة بنفسجية في الغشاء الخلوي تسمى باكتيريورودوبسين Bacteriorhodopsin. عندما تتعرض الصبغة للضوء يختفى لونها، وفي هذا الأثناء تنطلق بروتونات الهيدروجين ($H^+$) خارج الغشاء متسببة في قوة دفع بروتوني Proton motive force كافية لتخليق ATP. وبالرغم من أن الهلوبكتيريا *Halobacteria* لا تحتوي على كلوروفيل بكتيري Bacteriochlorophyll إلا أن لها آلية لتخليق ATP بوساطة الضوء.

**تدريب (4)**

ما هي الخاصية التي تجعل جنس هالوبكتيريوم ممثلاً للضوء أختيارياً Halobacterium؟

## 3.3 الارشيبكتيريا المحبة للحموضة والحرارة المرتفعة Thermoacidophiles

هي بكتيريا سالبة لصبغة جرام هوائية وغير متحركة، تتميز بقدرتها على النمو في بيئة شديدة الحموضة او شديدة الحرارة او فى الاثنين معا. على سبيل المثال نجد جنس ثيرموبلازما

*Thermoplasma* يشبه المايكوبلازما *Mycoplasma* في كونه عديم الجدار، ويكون مستعمرات صغيرة تشبه البيض الفرايد Fried egg. ويشبه المايكوبلازما أيضاً في شكل الخلايا الذي يتراوح من الكروي إلى الخيطي.

تنمو البكتيريا في درجة حرارة مثلى بين **55**إلى**59** درجة مئوية ودرجة حرارة قصوى **62** ودنيا **40** م، ورقم حموضة مثلى **pH** تساوي **2**وعليا **4**ودنيا. **1**و**0**، تتحلل الخلايا عندما يقترب رقم الحموضة للتعادل. الارشيبكتيريا، عضوية التغذية الكيميائية **Chemoorganotrophs**ولكنها تحتاج لخلاصة الخميرة للنمو والتكاثر. توجد البكتيريا حرة في أكوام الفحم التي تكتسب الحرارة تلقائياً**.Self heating** أما جنس سلفولوباس **Sulfolobus**فيتكون من خلايا كروية أو مفصصة ويختلف عن جنس ***Thermoplasma*** نسبة لوجود جدار يتكون أساساً من البروتين. أن الأنواع المختلفة تحتاج لدرجة حرارة مثلى حوالى **100م**، ودرجة حموضة مثلى **pH 2** وقصوى **4** ودنيا **1)** يمكن أن تنمو متباينة التغذية **Chemolithotroph** في حالة إستخدام عنصر الكبريت كمانح للإلكترونات، كما أن التغذية يمكن أن تكون عضوية **Chemoorganotroph** في حالة تنميتها في بيئات تحتوي على مواد سكرية أو أحماض أمينية.يوجد النوع ***Sulfolobus acidocaldarius*** في الينابيع الحمضية الحارة التي تحتوي على كبريت، وفي التربة الحمضية الحارة.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. ما هو نوع البيئات التي تعيش فيها الأرشيبكتيريا ؟ وما هو نوع التغذية؟
2. لماذا تعطى الأرشيبكتيريا تفاعلاً سالباً أو موجباً مع صبغة جرام ؟
3. عدد أشكال خلايا الأرشيبكتيريا.
4. كيف تتكاثر الأرشيبكتيريا.
5. ما هي أوجه الأختلاف بين الأرشيبكتيريا والبكتيريا الحقيقية ؟
6. عدد خصائص الأرشيبكتيريا المنتجة للميثان.
7. ما هو نوع الإنزيمات التي تتميز بها الأرشيبكتيريا المنتجة للميثان وما هي وظائفها ؟
8. صف الأرشيبكتيريا المحبة للملوحة العالية.
9. كيف تتحصل الأرشيبكتيريا المحبة للملوحة العالية على الطاقة.
10. أذكر مميزات الأرشيبكتيريا المحبة للحموضة والحرارة المرتفعة.

# الخلاصة

عزيزي الدارس، في تقديرك هل حققت هذه الوحدة ما جاءت به من أهداف ؟ أتمنى أن تكون قد وجدتها كذلك. حسناً فلنحاول معاً أن نلخص ما جاء بهذه الوحدة من نقاط رئيسية:

تحدثنا في البداية عن بعض أنواع البكتيريا التي تكون أبواغ تمتاز بتحملها للجفاف، الاشعاع، الأحماض والمواد الكيميائية، بالاضافة إلى مقاومتها للمعاملة بالحرارة والصبغ بالطرق المعتادة. شكل البوغ قد يكون كروياً أو بيضاوياً، أما موقعة فقد يكون مركزى، طرفى أو تحت طرفى. تعرفت كذلك على تركيب البوغ النموذجى والذي يشمل: مركز البوغ، الغشاء الخارجى، الغشاء الداخلى القشرة، غلاف البوغ، الاكسوسبوريوم.

ذكرنا أيضًا أهم العوامل التي تجعل البوغ يتحمل درجات الحرارة العالية كما تعرضنا لخطوات تشكيل البوغ الذي يتكون عندما تكون الظروف غير ملائمة لاستمرار نمو البكتيريا. بعد ذلك أنتقلنا للحديث عن مراحل إنبات البوغ والتي تحدث عندما تتحسن الظروف لنموه تشمل هذه المراحل: التنشيط، الأنبات، النمو للخارج.

ذكرنا بعد ذلك الحوصلات البكتيرية ووصفنا أنه في بعض أنواع البكتيريا تتحول كل الخلية الخضرية إلى حوصلة. الحوصلات هي أشكال في حالة سكون يمكن أن تنمو إذا توفرت لها الظروف المناسبة. كذلك أوضحنا كلاً من الأبواغ الخارجية، الكونيدية والكيسية.

أستعرضنا بالتفصيل السيانوبكتيريا من حيث خصائصها، تركيب الخلية فيها، أشكال الأجسام الخضرية إضافة إلى التكاثر.

في القسم الأخير من هذه الوحدة أنتقلنا للحديث عن الأرشيبكتيريا وأوضحنا أوجه الأختلاف بينها وبين البكتيريا الحقيقية، كذلك تمت مناقشة ثلاث مجموعات أساسية منها وهى:

1. الأرشيبكتيريا المنتجة للميثان
2. الارشبكتيريا المحبة للملوحة العالية
3. الارشيبكتيريا المحبة للحموضة والحرارة العالية.

## لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

في الوحدة القادمة "الوحدة الخامسة " سنركز على التكاثر والنمو في البكتيريا. سنتناول بالشرح الاحتياجات الغذائية للنمو، وسوف نتعرف على أنواع التغذية في البكتيريا. سنتحدث أيضاً عن دورة النمو في المجتمعات البكتيرية. وستجد توضيحاً للعوامل الفيريائية المؤثرة على نمو الكائنات الدقيقة.

أتمنى أن تكون وحدة مفيدة وسهلة للاستيعاب.

## إجابات التدريبات

**تدريب (1 )**

الأبواغ الداخلية عبارة عن تراكيب تتكون في داخل الخلايا، ويتكون عادة بوغ واحد في الخلية البكتيرية. يتميز البوغ بجدار سميك يتكون من عدة طبقات ويلاحظ أن الأبواغ لها مقاومة شديدة للحرارة والجفاف والاشعة والصبغ والتطهير بالكيميائيات. يحتوى البوغ على حمض

ديبوكولينيك **Dipicolinic acid** والكالسيوم **Calcium** وقليل من الماء الحر، ويعتقد أن هذه المواد مسئولة عن تحمل البوغ للحرارة العالية. جنس بسيللس ***Bacillus***
وجنس كلوستيريديوم يمثلان جنسين من البكتيريا المكونة للبوغ.

أما الحوصلات البكتيرية **Cysts** فهي تراكيب لها جدر سميكة مقاومة للجفاف، وتتشكل من خلايا خضرية، بمعنى أن الخلية الخضرية تتحول كلها إلى حوصلة. أن تراكيب الحوصلة ومكوناتها الكيميائية تختلف عن الأبواغ الخارجية ولكن ليست لها نفس مقاومة الأبواغ الداخلية للحرارة. تؤخذ دائماً أبواغ جنس ازوتوباكتر ***Azotobacter*** كمثال لحوصلات نموذجية.

**تدريب (2 )**

يعتقد بان السيانوبكتيريا **Cyanobacteria** هي أكثر تطوراً من البكتيريا الأخرى الممثلة للضوء. السيانوبكتيريا تحتوى على كلوروفيل أ(**A** )، بينما البكتيريا الأخرى تحتوى على كلوروفيل بكتيرى .**Pacteriochlorophyll** تقوم السيانوبكتيريا بالتمثيل الضوئى **Photosynthesis** المصحوب بانتاج الاكسجين نسبة لوجود نظام الضوء1 و2 (Photosystems 1and 2) مشابه بذلك النباتات الراقية. البكتيريا الأخرى الممثلة للضوء لاتنتج اكسجين اثناء التمثيل الضوئى نسبة لعدم وجود نظام الضوء 2(**Photosystem** 2 ).

**تدريب (3 )**

كثير من السيانوبكتيريا الخيطية تقوم بتثبيت النتروجين ($N_2$) بمساعدة انزيم النتروجينيز الحساس للاكسجسن ( بمعنى أن وجود الاكسجين يوثر على فعالية الانزيم وربما يدمره ) بالرغم من انها منتجة للاكسجين اثناء عملية التمثيل الضوئى. يلاحظ في كثير من الحالات بأن الخلايا التي تقوم بالبناء الضوئى ليست هي الخلايا الخضرية بل هي خلايا معينة تعرف باسم الحوصلات المغايرة **Heterocysts** التي توجد بين الخلايا الخضرية أو في نهاية الخيوط أو ( الترايكومات **Trichomes**. الخلايا المغايرة لا تحتوى على نظام الضوء ( 2 **photosystem**) وبالتالى لا تنتج هذه الخلايا أكسجين، بجانب ذلك فان للخلايا جدر سميكة مقارنة بالخلايا الخضرية مما لا يسمح للاكسجين بالنفاذ داخل الحوصلات المغايرة.

**تدريب (4 )**

جنس هالوبكتيريوم **Halobacterium** يعتبر ممثلاً للضوء أختبارياً ؟ الجنس أساساً هوائى **Aerobic** ويتحصل على الطاقة عن طريق سلسلة نقل الالكترونات **Electron transport chain** أو بوسائل أخرى. وبالرغم من أن الهالوبكتيريا لا تمتلك كلوروفيل بكتيرى الا أن لها آلية ضوئية للتحصل على الطاقة. عندما يكون ضغط الاكسجين منخفضاً، تتكون صبغة وردية **Purple** تسمى بكتيريورودوسبين **Bacteriorhodospin** في غشاء الخلية. عندما تتعرض الخلايا التي تحتوى على هذه الصبغة للضوء فان لونها يزول **The pigmen bleaches**، وفى هذا الاثناء فان ايونات الهيدروجين تدفع خارج الغشاء وان قوة دفع البروتون **Proton motive force** هي التي بدورها تخلق **ATP**.

# مسرد المصطلحات

- **تثبيت النتروجين Nitrogen fixation**

  هي قدرة الكائن على أستعمال عنصر النتروجين وتحويله إلى مركبات نتروجينية عضوية وفي هذه الحالة يقصد به السيانوبكتيريا.

- **الأنبات Germination**

  هو تحول البوغ إلى خلية خضرية

- **البلازم النووى Nucleoplasm**

  هي عبارة عن مواد نووية في خلايا السيانوبكتيريا توجد بالقرب من مركز الخلية في منطقة أقل عتمه من السيتوبلازم المحيط.

- **الثايلوكويدات Thyllakoids**

  هي تراكيب في أشكال مفلطحة محاطة بغشاء.

- **الجسم المصاحب للبوغ Parasporal body**

  هو جسم صغير لامع يتكون بجوار البوغ أثناء التجرثم في بعض أنواع البكتيريا يبدو كبوغ صغير، وهو بروتين متبلور له سمية ضد الحشرات.

- **الحوصلة المغايرة Heterocyst**

هي خلية تشبه الخلية الخضرية، منفردة أو في سلاسل، تكون بينية، سميكة الجدار ولها نقرتين منتفختين.

- **الخلايا الساكنة Akinetes**

هي عبارة عن خلايا أكبرحجماً من الخلايا الخضرية ولها جدر سميكة تكون منفردة أو في سلاسل.

# المراجع

## المراجع العربية


1. أبو الدهب، مصطفى كمال وأخرون **(1997) علم البكتيرات**، الجزء الأول، دار المعارف، القاهرة.
2. أبوالدهب، مصطفي كمال، والجعراني، محمد عبد القادر (1984م). **علم البكتيرات**. الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.
3. الحسن،جاد الله عبد الله، وحمد، يوسف فضل (1999م) ،**مقدمة في علم الكائنات الدقيقة**. الجزء الأول، سوريا، دمشق.
4. النخال، محمد حمزة (1987) **علم الأحياء الدقيقة**، مطابع الطوبجى، القاهرة.
5. العانى، فائز عزيز وبدوى، أمين سليمان (1990)، **مبادئ الأحياء المجهرية**. دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.


## المراجع الاجليزية


1. Blair D F. ( 1995) **How Bacteria Sense and Swim**. Annu. Rev Micobial
2. Cano, R.J. and Colome, J.S. (1989). **Essentials of Microbiology**. West pulishing Co, St. Paul, New York, Los Angeles, San Francisco.

3. Ketchum, P.A. (1988). **, Microbiology**, **Concepts and Applications.** Wiley, U.S.A.
4. Michael, T.P., Roger, D.R. and Chan, E.C.S (1986 **Microbiology**. 4th ed, McGraw Hill Book Company, New York.
5. Pelczar, M.J., Chan, E.C.S. and Krieg, N.R. (1997)**. Microbiology**. Tata McGraw Hill, India.
6. Singleton, P. (1992). **Introduction to Bacteria**. John Wiley and Sons.
7. Thanarayanan. , R and Paniker, J. (1990). **Text Book of Microbiology**. 4th Edition, Orient.
8. Tortora, G.J. Funke, B.R and Case, C.L. (1982) **Microbiology, An Introduction**. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc.
9. Wisterich,G.A.andLechtman.M.D.(1984).**Microbiology**. MaCmillan,Publishing Company, New York , London.

الوحدة الخامسة
التكاثر والنمو
Reproduction and Growth

# محتويات الوحدة


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 144 |
| **تمهيد** | 144 |
| **أهداف الوحدة** | 145 |
| **1. الانقسام الثنائي** | 146 |
| **2. الاحتياجات الغذائية** | 149 |
| 1.2 احتياجات النمو الكيميائية | 149 |
| 2.2 عوامل النمو | 150 |
| 3.2 مصادر أخرى للطاقة | 151 |
| **3. أنواع التغذية في البكتريا** | 152 |
| 1.3 البكتيريا ذاتية التغذية | 152 |
| 2.3 البكتيريا غير ذاتية التغذية | 154 |
| **4. دورة النمو في المجتمعات البكتيرية** | 157 |
| **5. أطوار النمو في مزارع الدفعة ( المزارع غير المستمرة )** | 157 |
| 1.5 الطور التمهيدي | 158 |
| 2.5 طور التضاعف الأسى (الطور اللوغاريثمى) | 159 |
| 3.5 طور الثبات | 159 |
| 4.5 طور الموت | 159 |
| 5.5 معادلات حسابية للنمو اللوغريثمي في البكتيريا | 160 |
| **6. العوامل الفيزيائية التي تؤثر على نمو الكائنات الدقيقة** | 162 |
| 1.6 الحرارة | 163 |
| 2.6 تركيز أيون الهيدروجين | 164 |
| 3.6 الأكسجين | 165 |

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |
| 4.6 الضغط الاسموزي | 168 |
| 5.6 الضغط المائي | 169 |
| 6.6 ثانى أكسيد الكربون | 170 |
| 7.6 نشاط الماء | 170 |
| **7. المزارع المستمرة للبكتيريا** | 174 |
| **الخلاصة** | 177 |
| **لمحة مسبقة عن الوحدة التالية** | 178 |
| **إجابات التدريبات** | 179 |
| **مسرد المصطلحات** | 182 |
| **المراجع** | 184 |

# المقدمة

## تمهيد

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى هذه الوحدة. ها نحن نلتقيك في الوحدة الخامسة التي عنوانها التكاثر والنمو. تتكون الوحدة من سبعة أقسام رئيسية.تبدأ بتعريفك بطرق التكاثر في البكتيريا ثم تنتقل بك الوحدة إلى القسم الثاني لتصف لك الاحتياجات الغذائية للنمو، شارحة لك احتياجات النمو الكيميائية، بالإضافة إلى عوامل النمو، وكذلك مصادر الطاقة. وستجد توضيحاً لأنواع التغذية في البكتيريا وذلك في القسم الثالث. دورة النمو في المجتمعات البكتيرية هي موضوع القسم الرابع. القسم الخامس يتناول بالشرح أطوار النمو في مزارع الدفعة، كما تدرس فيه أيضاً كيفية التعبير عن الزيادة اللوغاريثمية في عدد خلايا البكتيريا. العوامل الفيزيائية التي تؤثر على نمو الكائنات الدقيقة هو ما يناقشه القسم السادس من الوحدة. القسم السابع والأخير من هذه الوحدة يتحدث عن أهمية المزارع المستمرة للبكتيريا.

ننصحك بحل التدريبات وأسئلة التقويم الذاتي التي ترد في متن الوحدة لما لها من دور كبير في تثبيت المادة في ذهنك.

نرحب بك مرة أخرى إلى وحدتنا الخامسة، نرجو أن تستمتع بدراستها وتفيد منها كثيراً ومرحباً بنقدك الذي سيكون عوناً للمزيد من التجويد.

# أهداف الوحدة

**عزيزي الدارس بعد أن تكمل دراسة هذه الوحدة ينبغي منك أن تكون قادراً على أن:**

1. **تتعرف على** الطريقة التي تتكاثر بها البكتيريا.
2. **تصف** طريقة تكاثر البكتيريا بالتبرعم.
3. **تحدد** إحتياجات النمو الكيميائية للميكروبات.
4. **توضح** أهمية عنصر النيتروجين لنمو الميكروبات
5. **تقسم** البكتيريا على أساس التغذية
6. **توضح** أهمية معرفة معدل النمو للميكروبات.
7. **تقارن بين** الأطوار الأربعة لنمو البكتيريا.
8. **تشرح** تأثير العوامل الفيزيائية على نمو الكائنات الدقيقة.
9. **توضح** أهمية التزريع المستمر للبكتيريا.

**توطئة**

عندما تحقن البكتيريا في وسط مغذى ملائم وفي حيز محدود وتحت ظروف مثلى للنمو، يزداد عددها بدرجه كبيرة وفى زمن قصير. تحتاج بعض أنوع البكتريا لفترة 24 ساعة فقط ليصل نموها الحد الأقصى، ولكن بعضها يحتاج لفترة أطوال.

**إن مصطلح نمو Growth يقصد به الزيادة في عدد الخلايا وليس الزيادة في حجم أو كتلة الخلية الواحدة، وان النمو المتزن Balanced growth هو الزيادة المنتظمة في محتويات الخلية، وينعكس ذلك في تخليق خلايا جديدة أو الزيادة في عددها.**

وعليه فان تقدير النمو يتم بالقياس الكمي **Quantitative measurement** لعدد الخلايا أو محصول الخلايا في زمن التلقيح **Inoculation** ثم بعد التحضين **Incubation** . نناقش هنا الكيفية التي تتكاثر بها البكتيريا.

# 1. الانقسام الثنائي Binary fission

تتكاثر البكتريا عادة بالانقسام الثنائي البسيط **Binary fission** لتعطى خليتين متساويتين في الحجم و والتركيب . وقبل أن تنقسم الخلية فإنها تكون كل احتياجاتها الضرورية (حمض نووي ريبوزى **RNA**، حمض نووى ريبوزى منقوص الأكسجين **DNA** بروتينات، إنزيمات، وبعض الجزيئات الكبيرة الأخرى) ثم تتضاعف.

**يعتمد ذلك على**

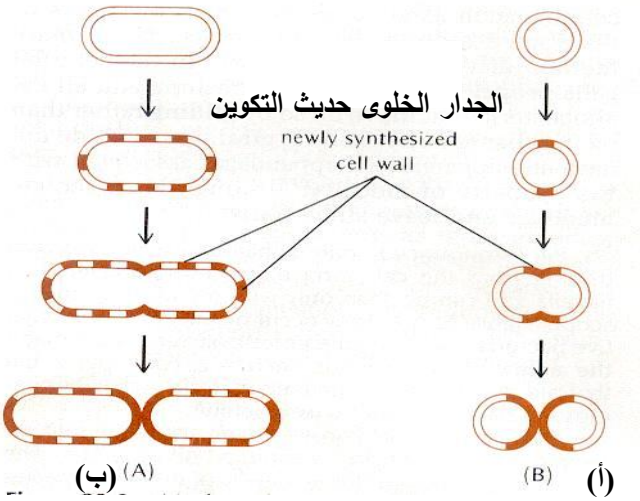
- **القدره الفسيولوجية للبكتيريا.**
- **وفرة المواد الغذائية.**
- **العوامل الفيزيائية التي تؤثر على النمو.**

تزداد كتلة الخلية ووزنها ثم تبدأ الخلية في تخليق جدار خلوى جديد يقسم الخلية إلى خليتين منفصلتين (الشكل1). قبل عملية الانقسام تستطيل الخلية، وتنقسم المادة الوراثية. الخطوة الأولى هي إن الغشاء البلازمي بالقرب من منتصف الخلية ينمو للداخل، في نفس الوقت يتغلظ الجدار الخلوي وينمو للداخل أيضاً مكونا حاجزاً **Septum** وتنتهى عملية الانقسام بتكوين جدار عرضي وغشاء بلازمي في منتصف الخلية. هنالك اختلافات بسيطة في الطريقة التي تنقسم بها البكتيريا الموجبة والسالبة لجرام. قليل من البكتيريا تتكاثر بالتبرعم **Budding** إذ يتكون نمو صغير في احد أطراف الخلية، ويزداد حجمه ثم ينفصل ليكون *خليه جديدة.ويتمثل ذلك في رودوسيدوموناس اسيدوفيلا* ***Rhodopseudomonas acidophila***. يشاهد في بعض أنواع البكتيريا مثل هايفومايكروبيوم ***Hyphomicrobium Sp***.

بان البرعم يتكون في نهاية زائدة Protheca. بعض أنواع البكتيريا التي تنتج نمو خيطي كثيف مثل نوكارديا ***Nocardia*** ، فإنها تتكاثر بتفتت الخيوط **Fragmentation** في شكل خلايا عصويه أو كرويه، كل واحده منها تعطى نمواً جديداً . أما بالنسبه لجنس استربتومايسيس ***Sterptomyces***. والبكتيريا المشابهة له، فانها تنتج وابواغ **Spores** في سلاسل في نهاية الهيفات.

## تدريب (1)

يستعمل مصطلح النمو **Growth** في الميكروبيولوجى بطريقة مختلفة من النمو في النباتات الراقية والحيوانات. وضح ذلك.




**الشكل (1) رسم تخطيطي يوضح خطوات الانقسام العرضى فى (أ) بكتيريا كروية (ب) بكتيريا عصوية. المناطق الملونة توضح الجدار الخلوى حديث التكوين**

## أسئلة تقويم ذاتي

1. ما هو المقصود بالمصطلحات التالية:

أ. النمو ب. النمو المتزن

2. كيف يتم تقدير النمو ؟

3. صف الطرق التي تتكاثر بها البكتيريا ؟

4. عدد إحتياجات الخلية البكتيرية الضرورية لإتمام عملية الانقسام ؟

5. يعتمد تضاعف البكتيريا على:

أ..... ب..... ج.....

6. بم تنتهي عملية الانقسام في البكتيريا ؟

7. هل هنالك فرق في طريقة تكاثر كل من:

أ. بكتيريا رودوسيدوموناس اسيدوفيلا

ب. بكتيريا هايفومايكروبيوم

إذا كانت الإجابة بنعم.حدده؟

8.كيف تتكاثر كل من:

أ. بكتيريا نوكارديا ***Nocardia***

ب. بكتيريا استربتومايسيس ***Streptomyces***

# 2. الاحتياجات الغذائية

كل كائن حي له إحتياجاتاته الغذائية التي تساعد في النمو وفيها عناصر أساسية مثل الكربون والأكسجين والنتروجين والكبريت بكميات قليلة.

## 1.2 احتياجات النمو الكيميائية

أن العناصر الأساسية للنمو هي الكربون والهيدرجين $H_2$ والأكسجين $O_2$ والنتروجين $N_2$ بجانب عنصري الكبريت **S** والفوسفور**P** التي تحتاج إليها الميكروبات بكميات قليلة. تحتاج الميكروبات الي عنصر الصوديوم **Na** والبوتاسيوم **K**، والمغنسيوم **Mg**، والحديد **Fe**، والمنغانيز **Mn**، والكالسويم **Ca**، والنحاس **Cu**، والخارصين **Zn**، والموليبدينوم **MO**، والكوبالت **Co** بدرجة أقل. وبما أن عنصري الأكسجين والهيدروجين يتوفران في الماء، فيبقي الكربون والنتروجين من الاحتياجات الأساسية المطلوبة لنمو الميكروبات.

1. **الكربون ومصدر الطاقة**

الميكروبات غير ذاتية التغذية تعتمد على المركبات العضوية كمصدر للكربون والطاقة. تقوم الميكروبات بهدم هذه المركبات الي وحدات اصغر لتبني منها الخلية، وللاستفادة من الطاقة الناتجة من أكسدة هذه المركبات أثناء التنفس لتحويل **ADP** الي **ATP**. إن الميكروبات غير ذاتية التغذية تستطيع التغذية علي أنواع مختلفة من المركبات العضوية كالأحماض العضوية والأحماض الأمينية وغاز الميثان والدهون والسكر والقواعد النيتروجينية والبروتينات وعديد السكريات. بعض أنواع جنس سودوموناس ***Pseudomonas*** لها القدرة علي استعمال أكثر من **95** مصدر كربون مختلف بينما بعض الأنواع مثل بكتيريا سليوموناس **Celluomonas** المحللة للسليلوز تستفيد من عدد محدود من المربكات العضوية. أما البكتيريا ذاتية التغذية فانها تعتمد علي ثانى اكسيد الكربون $CO_2$ كمصدر أساسي للكربون لتخليق المركبات الكربوهيدراتية. تتحصل الميكروبات ذاتية التغذية علي الطاقة من الضوء أو من أكسدة المربكات غير عضوية.

2. **النتروجين والكبريت والفسفور**

تحتاج الخلية لكمية كبيرة من النتروجين لتخليق البروتينات المختلفة والحمض النووي **DNA** الذي يحتاج بجانب النتروجين إلي عنصر الفسفور. إن تخليق **ATP** يحتاج لنتروجين وكبريت وفسفور. يمثل النتروجين حوالي **10%** من وزن الخلية الجاف، ويمكن تغطية احتياجات الميكروبات من النتروجين والكبريت والفسفور من المركبات العضوية التي تحتوى علي هذه العناصر مثل البروتين والأحماض الأمينية والبيتون والقواعد النتروجينية (بيورين وبريميدين) وغيرها. بعض هذه المركبات تمثل مصدراً للنتروجين، والكربون، والكبريت والأكسجين، والهيدروجين والطاقة. كثير من الميكروبات تتغذي علي النتروجين غير عضوي كالآمونيا $NH_3$ لتخليق الأحماض الأمينية والقواعد النتروجينية وبعض الفيتامينات.

بعض الميكروبات تستعمل النترات ($NO_3^{-2}$) والنتروجين $N_2$ كمصدر للنتروجين، والكبريتات ($SO^{-2}$) كمصدر للكبريت، تختزل هذه المركبات أولاً في داخل الخلية قبل تحويلها الي مواد عضوية. يوجد النتروجين في الخلية في صورة مجموعة أمين (-$NH_2$)، والكبريت في صورة سلفهيدريل (-SH) **Sulfhydryl**. أن كل الميكروبات تستعمل السلفات ($SO_4^{-2}$) في تصنيع الأحماض الامينية الكبريتية والفيتامينات. بعض أنواع البكتيريا تستعمل الكبريت المختزل $H_2S$ أو ($S_2O_3^{-2}$) أو عنصر الكبريت S. بعض الميكروبات تحتاج لأملاح غير عضوية للنمو مثل السلفات، $SO_4$ والفوسفات $PO_4$، أما بعض العناصر مثل (**Mg,Zn,Cu,Co,Mn,Mg,Na**) فتحتاج إليها الخلية في كميات قليلة جداً. بكتيريا الرايزوبيوم ***Rhizobium*** تكون عقداً جذرية مع النباتات البقولية، وتستفيد من النتروجين الجوي $N_2$ وتحوله الي امونيا $NH_3$ بعد اختزاله، ثم يتحول الي حمض أميني يدخل في تخليق البروتين في عملية تسمي بتثبيت النتروجين .**N-fixation**

## 2.2 عوامل النمو Growth Factors

بعض الميكروبات لا تستطيع النمو في وسط غذائي محدود التركيب مثل بيئة الجلكوز والأملاح، وتحتاج لمركب واحد أو أكثر كحمض أميني اوبيورين أو بريميين أو فيتامين، وذلك لان هذه الميكروبات ليست قادرة علي تصنيع هذه المركبات بنفسها. في هذه الحالة لابد من إضافة المركب أو المركبات للبيئة الاصطناعية. هذه المركبات الإضافية تسمي بعوامل النمو،

والميكروب الذي يحتاج إليها يسمي **Auxotroph**، بينما الميكروب الذي لا يحتاج لعوامل النمو يسمي بالسلالة البرية **Prototroph**.

## 3.2 مصادر أخرى للطاقة

الأحياء الدقيقة الممثلة للضوء (ذاتية التغذية الضوئية) **Phototrophs** تحتاج للضوء كمصدر للطاقة، أما البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية **Chemoautotrophs** فانها تؤكسد المركبات غير العضوية كالأمونيا، والنتريت والحديد والكبريت المختزل $H_2S$ لتتحصل علي الطاقة وتستمد الكربون من ثاني اكسيد الكربون $CO_2$. هذه الميكروبات تحتاج لأوساط غذائية معينة وظروف بيئية محددة لزراعتها وتنميتها.

### أسئلة تقويم ذاتي

عدد الإحتياجات الكيميائية لنمو الميكروبات ؟

أكتب عن إحتياجات النمو الكيميائية ؟

4. كيف تستفيد الميكروبات غير ذاتية التغذية من المركبات العضوية ؟
5. أكمل الفراغات التالية بكلمات مناسبة:

أ) تعتمد البكتيريا ذاتية التغذية على.....كمصدر أساسي للكربون لتخليق.. ..

ب) تتحصل الميكروبات ذاتية التغذية على الطاقة من....أو من.....

6. أشرح طريقة استفادة بكتيريا الرايزوبيوم من النتروجين الجوى ؟
7. ما المقصود بالمصطلح سلالة برية ؟
8. كيف تتحصل البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية على الطاقة؟
9. ضع الحرف المناسب من القائمة (ب) مع ما يناسبها من القائمة (أ)

| القائمة (أ) | القائمة (ب) |
|---|---|
| البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية | (أ) PO4 |
| النتروجين | (ب) Auxotroph |
| ADP | (ج)تحلل السليولوز |
| الكبريت | (د) ATP |
| أملاح غير عضوية | (و) DNA |
| عوامل النمو | (م) سلفهيدريل |
| بكتيريا سودوموناس | ن)أكسدة المركبات غير العضوية |

# 3. أنواع التغذية في البكتيريا

تعتمد التغذية في الكائنات الدقيقة علي أساسين

أ) طريقة الحصول علي الطاقة.

ب) طريقة الحصول علي الكربون.

وعلي هذا الأساس تقسم الأحياء الدقيقة الي مجموعتين، ويلعب كل من مصدر الكربون والطاقة دوراً أساسياً في هذا التقسيم.

1. ذاتية التغذية **Autotrophs**.
2. غير ذاتية التغذية **Heterotrophs**.

## 1.3 البكتيريا ذاتية التغذية Autotrophs

البكتيريا ذاتية التغذية هي تلك التي تستخدم ثاني اكسيد الكربون والكربونات والبايكربونات كمصدر للكربون لبناء مواردها الغذائية. وتقسم البكتيريا ذاتية التغذية الي مجموعتين علي حسب مصدر الطاقة، وذلك أن كانت الطاقة شمسية أو كيميائية.

**أولاً : البكتيريا ذاتية التغذية ضوئية الطاقة Phototrophic Bacteria**

البكتيريا ذاتية التغذية هي التي تعتمد علي تصنيع غذائها علي المركبات غير العضوية. فالكائنات ذاتية التغذية ضوئية الطاقة تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون والضوء كمصدر للطاقة لأكسدة مركبات غير عضوية. يحتاج هذا النوع من البكتيريا فقط لأمونيا أو نترات كمصدر للنتروجين، بآلية معقدة تستطيع هذه البكتيريا تحويل هذه المركبات غير العضوية الي مواد كربوهيدراتية ودهون، وبروتينات، وفيتامينات وغيرها.

أولاً يمتص الضوء بواسطة الكلوروفيل البكتيري ويعمل علي استثارة جزيئات الكلوروفيل مما ينتج عنه بث الكترونات ذات طاقة عالية والتي تستقبلها بعض المركبات التي لها جهد أكسدة واختزال منخفض بوساطة سلسلة لنقل الالكترونات تؤكسد هذه المركبات بحيث يتكون ATP عن

طريق ما يسمي بالفسفرة الضوئية الدائرية **Cyclic phosphorylation**، ثم تعود الالكترونات مرة أخري للكلوروفيل البكتيري بواسطة مركب خارجي مانح للالكترونات مثل كبريتيد الهيدروجين أو الهيدروجين، بمعني أخر أن الطاقة الشمسية التي يمتصها الكلوروفيل البكتيري تستعمل في أكسدة مركب مناسب غير عضوي يكون بمثابة مانح للالكترونات والهيدروجين مثل كبريتيد الهيدروجين أو الهيدروجين وتتكون مادة كبوهيدارتية، ويترسب الكبريت بدون إنتاج غاز الأكسجين كما في المعادلات التالية:

**Chlorobium** $CO_2 + 2H_2S \longrightarrow (CH_2O)n + H_2O + 2S$

ويلاحظ هذا النوع من التغذية في بكتيريا الكبريت الخضراء التابعة للعائلة **Chlorobiaceae**. أما في النباتات الراقية والسيانوبكتيريا (آوالطحالب الخضراء الزرقة) فإنها تستخدم الطاقة الضوئية لأكسدة الماء وبالتالي يتصاعد الأكسجين،

$$2H_2O \xrightarrow[\text{ضوء}]{} 4H + O_2$$

ثم يتبع ذلك اختزال ثاني اكسيد الكربون

$$CO_2 + 2NADPH + 3ATP \longrightarrow (CH_2O)_n + H_2O$$

**ثانياً:البكتيريا ذاتية التغذية كيميائية الطاقة Chemoautotrophs or Chemolithotrophs**

هذه المجموعة من البكتيريا تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون، وتتحصل علي الطاقة من أكسدة المواد الكيميائية غير العضوية مثل الكبريت أو كبريتيد الهيدروجين أو الهيدروجين أو أملاح النيترايت $NO_2$ أو أملاح الأمونيا $NH_3$ أو الثيوسلفات $S_2O_3^{2-}$ أو مركبات الحديدوز، ومثال لذلك بكتيريا الكبريت الهوائية بجياتو ***Beggiatoa*** التي تؤكسد كبريتيد الهيدروجين الي كبريت وفي حالة اختفاء كبريتيد اليدروجين من البيئة المغذية يؤكسد الكبريت الي حمض الكبريتيك، وتستعمل الطاقة الناتجة لاختزال ثانى اكسيد الكربون $CO_2$.

***Beggiatoa***

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2S + 2H_2O + Energy$$
$$2S + 2H_2O + 3O_2 \longrightarrow 2H_2SO_4 + Energy$$

***Thiobacillus*** $4Fe^{2+}4H^{+} + O_2 \longrightarrow 4Fe^{3+} + 2H_2O$

***Nirosomonas*** $2NH_3+3O_2 \longrightarrow 2NO_2 +2H^{+} + 2H_2O$+ **Energy**

وتستعمل الطاقة الناتجة في اختزال $CO_2$ الي كربوهيدرات

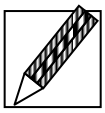
***Nitrobacter*** $2NO_2^{-} + O_2 \longrightarrow 2NO_3^{2-}$ + **Energy**

***Hydrogenomonas*** $2H_2+ O_2 \longrightarrow 2H_2O$

ذكر سابقا بأن معظم البكتيريا تقوم بأكسدة السكريات وغيرها من مركبات الكربون العضوية التي تستخدمها كمصدر للطاقة والكربون. ويلاحظ أن بكتيريا رايزوبيوم ***Rhizobium*** وازوتوباكتر ***Azotobacter*** تستعمل النيتروجين الجوي كمصدر للنتروجين.

أما الطفيليات الإجبارية مثل سلالات تريبونيما الممرضة ***Treponema*** فانها لا تنمو في الأوساط الغذائية وتحتاج لأنسجة حية للنمو والتكاثر. بعض البكتيريا مثل ***E.col*** تستطيع النمو في بيئة بسيطة مكونة من الجلكوز وبعض الأملاح، وتستعمل الأمونيا والنترات كمصدر للنتروجين، بينما نلاحظ أن البكتيريا ***Lactobacillus arabinosus*** تحتاج الي عدد من الأحماض الأمينية والفيتامينات والبيورينات والبريميدينات كمصدر للنتروجين العضوي، وتوصف بأنها صعبة النمو **Fastidious** .

**تدريب (2)**



كيف تنمى بكتيريا ذاتية التغذية مثل نتروسوموناس **Nitrosomonas**.

# 2.3 البكتيريا غير ذاتية التغذية

# Heterotrophs (Heterotrophic bacteria)

هذه المجموعة من البكتيريا تستمد الطاقة من أكسدة المركبات العضوية كالجلكوز أو حمض اللاكتيك (حمض اللبن) أو الجلسرول أو السليولوز أو النشا كمصدر للكربون، بالرغم ن أن

بعضها يمكنه استعمال ثاني اوكسيد الكربون بدرجة أقل. تضم المجموعة الميكروبات المتطفلة والمترممة **وتقسم المجموعة الي قسمين :**

**أولاً: البكتيريا غير ذاتية التغذية كيميائية الطاقة:**

**Chemoheterotrophs or Chemoorganotrophs**

يضم هذا القسم معظم البكيتيريا التي تستخدم المواد العضوية كمصدر للكربون والطاقة مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون وذلك في وجود الأكسجين وفي غيابه، كما إن لها القدرة على القيام بالتخمر **Fermentation**. يمكن أن يكون مصدر النتروجين عضوياً (كالأحماض الأمينية) أو غير عضوي (كالأمونيا والنترات والنتروجين). أما بالنسبة للأملاح المعدنية كالحديد والمغنسيوم والفسفور فتستخدم في شكل غير عضوي.

**ثانياً: البكتيريا غير ذاتية التغذية ضوئية الطاقة:**

**Photoheterotrophs ( Photoheterotrophic bacteria)**

البكتيريا غير ذاتية التغذية الضوئية تستعمل الضوء كمصدر للطاقة وبعض المركبات العضوية كالكحول والاحماض الدهنية والمركبات الكربوهيدراتية كمصدر للكربون. مثال لذلك البكتيريا الخضراء اللاكبريتية **Green non-sulfur bacteria** والبكتيريا القرمزية اللاكبريتية**Purple non-sulfur bacteria** التابعة للعائلة **Rhodospirillaceae**

$$CO_2 + 2CH_3CHOH\text{-}CH_3 \xrightarrow{\text{Light}} (CH_2O) + H_2O + 2CH_3\text{-}CO\text{-}CH$$

**Isopropyl alcohol** **Acetone**

يمكن لبعض البكتيريا اللاكبريتيه أن تتغذي هوائياً في الظلام علي المواد العضوية.

**تدريب (3)**

كيف يتم زراعة البكتيريا غير ذاتية التغذية Heterotrophs

**جدول (1) تصنيف البكتيريا حسب طريقة التغذية**

| طريقة التغذية | مصدر الطاقة | مصدر الكربون | مصدر الالكترونات | نوع البكتيريا |
|---|---|---|---|---|
| 1.ذاتية التغذية ضوئية الطاقة **Photoautotrophs** | الضوء | $CO_2$ | $H_2S$ | ***Chlorobium Chromaitum*** |
| 2.ذاتية التغذية كيمائية الطاقة **Chemoautotrophs** | أكسدة المواد غير العضوية | $CO_2$ | $H_2S$<br>S<br>$H_2$<br>$F^{2+}$<br>$CH_4$<br>CO | ***Beggiatoa***<br>***Thiobacillus***<br>***Hydrogenomonas***<br>***Thiobacillus***<br>***Pseudomonas***<br>***Carboxydomonas*** |
| 3. غير ذاتية التغذية كيميائية الطاقة **Chemoheterotrophs** | أكسدة المركبات العضوية | المركبات العضوية | المركبات العضوية | *معظم الميكروبات* |
| 4.غير ذاتية التغذية ضوئية الطاقة**Photoheterotrophs** | الضوء | المركبات العضوية $CO_2$ | المركبات العضوية | ***Rhodopseudomoas*** |

## أسئلة تقويم ذاتي

1. تعتمد التغذية في الكائنات الدقيقة على :

(أ)..... ب).....

2. ناقش بتفصيل الأسس التي تعتمد عليها التغذية في الكائنات الدقيقة ؟

3.عرف: (أ) البكتيريا ذاتية التغذية (ب) البكتيريا غير ذاتية التغذية

4. أكمل المعادلات التالية:

a) **Chlorobium $CO_2$ + $2H_2S$** ⟶----+------+ ----+ضوء

b) **$2H_2O$** ⟶----------+ -------- ------

c) **$CO_2$** ----------+ ---------- ⟶ **+$H_2O$** ---

d) **Beggiatoa 2S** +------- + ⟶----- + **Energy**

e) **Nirosomonas** +---- + **$3O_2$** ⟶------ + ---- +----- **Energy**

5. أشرح طريقة التغذية في بكتيريا الكبريت الخضراء التابعة للعائلة **Chlorobiaceae**

6. بماذا توصف بكتيريا ***Lactobacillus arabinosus*** ؟ ولماذا؟

7. من أمثلة البكتيريا غير ذاتية التغذية ضوئية الطاقة:

أ) ..... ب).....

8 .ضع جدول يوضح تصنيف البكتيريا على حسب طريقة التغذية ؟

**أسئلة تقويم ذاتي**

1.ضع الحرف المناسب من القائمة (ب) مع ما يناسبها من القائمة (أ)

| القائمة (أ) | القائمة (ب) |
|---|---|
| الكربوهيدرات | (أ) سلالات تريبونيما الممرضة |
| *E.coli* | (ب)الميكروبات المتطفلة والمترممة |
| المغنيسيوم | (ج) النيتروجين الجوى |
| بكتيريا رايزوبيوم | (د) شكل غير عضوي |
| طفيليات إجبارية | (هـ) الأمونيا |
| البكتيريا غير ذاتية التغذية | (و) مصدر الكربون والطاقة |

# 4.دورة النمو في المجتمعات البكتيرية

**معدل النمو Growth Rate**

تتكاثر البكتيريا بالانقسام الثنائي البسيط، فالخلية الواحدة تنقسم لتعطي خليتين، وكل خلية تنقسم بدورها مرة أخرى، ويمكن أن يستمر هذا الانقسام لفترة طويلة في حالة الظروف البيئية الجيدة. الزيادة في عدد الخلايا تكون في شكل سلسلة هندسية **1-2-4-8-16-32-64** الخ، وبالتالي يمكن التعبير عن معدل النمو بأنه الزمن الذي تحتاجه الخلية أو مجموعة من الخلايا

للتضاعف، وهذا ما يسمي بزمن الجيل **Generation time**. على سبيل المثال نجد بكتيريا القولون أي كولاي ***E.coli*** تحتاج لعشرين **20** دقيقة للانقسام وهذا هو زمن الجيل لهذه البكيتريا. في حالة الشروط البيئية المثلي يكون زمن الجيل قصيراً والعكس صحيح.إن معرفة معدل النمو لأي ميكروب يعتبر معياراً هاماً من الناحية الميكروبيولوجية، بجانب انه يعطي فكرة عن تركيز الميكروبات في المزرعة في أي وقت أثناء النمو فإنه ايضاً دليل علي حالة الميكروب وتفاعله مع البيئة المحيطة به من ظروف فيزيائية وكيميائية.

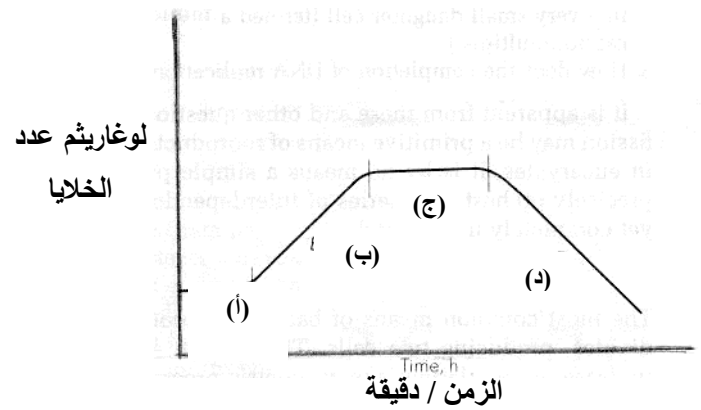
**تدريب (4)**

هل تعتقد بان زمن الجيل **Generation time** يعتبر صفة ثابتة **Constant characteristic** لنوع البكتيريا ***Bacterial sp.***

# 5. أطوار النمو فى مزارع الدفعة (المزارع غير المستمرة)

# Phases of Growth in Batch Cultures

عند إضافة أحد أنواع البكتيريا إلي بيئة غذائية مناسبة ومعقمة وفي حيز محدود، تبدأ الخلايا في النمو والتكاثر ثم يتوقف النمو عندما ينفذ أحد مركبات البيئة المغذية أو بعضها أو نتيجة لإفراز بعض نواتج التمثيل الغذائي التي ربما تكون سامة. إذا تتبعنا نمو الميكروبات بعد إضافة لقاح يتكون من عدد قليل من البكتيريا الي بيئة غذائية، نلاحظ أن النمو يتبع منحناً بيانياً نموذجياً يمثل أطوار النمو ويمكن تمييز أربعة مراحل متباينة ( الشكل2)

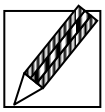



**الشكل (2) المنحنى البياني لنمو البكتيريا فى حيز محدود يوضح اطوار النمو امختلفة (أ)الطور التمهيدى، (ب) الطور اللوغارثمى، (ج) طور الثبات، (د) طور الهبوط او الموت**

## 1.5 الطور التمهيدي Lag Phase

عند نقل خلايا بكتيرية (اللقاح) لوسط مغذى جديد تحتاج البكتيريا لبعض الوقت لتتأقلم علي البيئة الجديدة قبل بدء الانقسام. طول أو قصر فترة التأقلم يعتمد علي عدة عوامل منها نوع البكتيريا المنقولة، وعمرها، التركيب الكيميائي للبيئة المغذية الجديدة والبيئة الأصلية التي نقل منها الميكروب والشروط البيئية كدرجة الحرارة والتحضين ودرجة الحموضة الخ. فإذا كانت البكتيريا المنقولة (اللقاح) في طور النمو السريع ونقلت لبيئة مشابهة للبيئة الأصلية التي نقلت منها ففي هذه الحالة تكون الفترة التمهيدية قصيرة. تكون الفترة التمهيدية طويلة إذا كان اللقاح قد أخذ من مزرعة في طور الثبات أو إذا نقل اللقاح من مزرعة غنية بالمغذيات لمزرعة فقيرة. في الفترة التمهيدية تقوم الخلايا بتصنيع احتياجاتها من الإنزيمات والأحماض الأمينية وغيرها، حتى تتمكن من النمو والانقسام السريع. تكون الخلايا نشطة ويزداد حجمها ولكنها لا تنقسم ولا تتكاثر ولا تحدث زيادة في إعدادها.

**تدريب (5)**



يلاحظ أن عدد الخلايا في الطور التمهيدي **Lag phase** يبقى ثابتاً **constant**

هل يعنى هذا أن الخلايا في حالة سكون **Dormant؟**

## 2.5 طور التضاعف الاسي (الطور اللوغاريثمي)

## Logarithmic or Exponential Phase

في هذه المرحلة تبدأ الخلايا في النمو والانقسام السريع وهي في قمة النشاط، وتزداد كتلة الخلايا ويتضاعف محتواها من البروتينات والاحماض النووية الخ ثم تنقسم ويتضاعف عددها. أن كل الخلايا في هذا الطور تعتبر متشابهة تماماً وتنقسم بنفس السرعة، ويقال أن الخلايا في نمو متزن (متوافق) **Balanced growth**، وعندما يكون انقسام الخلايا بمعدل نمو ثابت **Constant rate** فإن العدد يزداد بمعدل نمو أسي ($2^n$) حيث **n** تمثل عدد الأجيال، وتسمي هذه المرحلة بالطور اللوغاريثمي. إن معدل النمو لأي نوع من البكتيريا يعتمد علي المكونات الكيميائية للبيئة المغذية، ودرجة الحموضة، وتركيز الأيونات، ومصدر الكربون وقدرة الميكروب الفسيولوجية. إن الزيادة المضطردة في عدد الخلايا لا تستمر الي مالا نهاية مادام البكتيريا تنمو في حيز محدود، فمكونات الوسط تتغير مع استهلاك العناصر الغذائية. تتغير درجة الحموضة ويستهلك الأكسجين، وتفرز مركبات سامة تؤثر علي النمو مما يؤدي تدريجياً الي نمو غير منتظم ويتوقف تخليق مكونات الخلية وتدخل الخلايا في طور الثبات.

## 3.5 طور الثبات (طور السكون) Stationary Phase

تدخل الخلايا هذا الطور عندما تصبح البيئة غير ملائمة ولا تسمح بزيادة في كتلة الخلايا. يتميز هذا الطور بثبات في عدد الخلايا، بمعني أن معدل التكاثر أو زيادة عدد الخلايا يكون مساوياً لمعدل موت الخلايا. ويلاحظ أن النمو يكون ضعيفاً جداً، وأن حجم الخلايا يكون أصغر من حجم خلايا الطور اللوغاريثمي. يعزي ضعف النمو وعدم التكاثر في عدد البكتيريا لنقص الغذاء وتراكم نواتج النمو السامة.

## 4.5 طور الموت (طور الهبوط) Death **or Decline Phas**

في هذا الطور ينقص عدد الخلايا الحية نسبة لموتها السريع، وتعتبر هذه المرحلة كطور لوغاريثمي سالب. تموت الخلايا لعدم تمكنها من الحصول علي الطاقة والغذاء اللازم لتقوم بوظائفها الحيوية، وعليه تبدأ في الموت والتحلل الذاتي. أن تحلل بعض الخلايا ربما يمكن الخلايا المتبقية من أن تنمو علي مخلفات الخلايا المتحللة، التي بدورها تتحلل، وهكذا يتكرر التحلل والنمو حتي تختفي الخلايا تماماً. تكون بعض أنواع البكتيريا أبواغ (جراثيم) **Endospores** وحوصلات **Cysts** عندما تصبح الظروف البيئية غير مناسبة لنموها، تعتبر هذه التراكيب في حالة كمون **Dormancy**.

## 5.5 معادلات حسابية للنمو اللوغاريثمي في البكتيريا

## Mathematical Equations for bacterial growth

في طور التضاعف الاسي (الطور اللوغاريثمي) تنقسم البكتيريا انقساماً ثنائياً تنتج عنه خليتين متشابهتين. كل انقسام عبارة عن جيل **Generation** وبالتالي كل جيل يقود الي تضاعف في العدد بطريقة لوغاريثمية ( جدول 2).

**جدول (2) يوضح الزيادة في عد الخلايا نتيجة للانقسام**

| عدد الاجيال | عدد الخلايا |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 2 |
| 2 | 4 |
| 3 | 8 |
| 4 | 16 |
| 5 | 32 |
| 6 | 64 |
| 7 | 128 |
| 8 | 256 |
| 9 | 512 |
| 10 | 1024 |

هذه الزيادة اللوغرثمية يمكن التعبير عنها كما يلي:

فلنفرض أن لقاحاً **Inoculums** يحتوي علي عدد قليل من البكيتريا($ب_1$) تم حقنة في وسط سائل وفي ظروف مثلي. فعندما تنقسم الخلايا يتضاعف العدد ويكون عدد الخلايا الناتجة ($ب_2$)

بداية حقن البكتيريا ( الزمن صفر) صفر= $ب_1$ ($ب_1$ عدد خلايا اللقاح).

**الانقسام الأول** ( يعادل الجيل الأول) $ب_2 = 2 \times ب_1$

**الانقسام الثاني** $ب_2 = 2 \times 2 \times ب_1$

**الانقسام الثالث** $ب_2 = 2 \times 2 \times 2 \times ب_1$

الانقسام ن ( يعادل الجيل ن) $ب_2 = 2^{ن} \times ب_1$

إذن عدد الخلايا الناتجة ($ب_2$) بعد عدد من الانقسامات يساوي ن

$ب_2 = 2^{ن} \times ب_1$ _____ المعادلة رقم (1)

$لو\ ب_2 = لو\ ب_1 + ن\ لو\ 2 \Rightarrow لوب_2 = لو\ ب_1 + ن\ لو\ 2$ ___المعادلة رقم (2)

باستعمال اللوغاريثم للقاعدة 10

**لو$_{10}$ ب$_2$ = لو$_{10}$ ب$_1$ + ن لو$_{10}$ 2** _____ المعادلة رقم (3)

**لو$_{10}$ 2 = 0.301** _____ المعادلة رقم (4)

وبما أن المعادلة (3) =

**لو ب$_2$ = لو ب$_1$ + ن (0.301)** _____ المعادلة رقم (4)

عدد الأجيال ن = $\frac{\text{لو ب}_2 + \text{لو ب}_1}{0.301}$

وبما أن زمن الجيل الذي يشار إليه بالرمز (ج) هو عبارة عن الزمن بين انقسامين ويمكن حسابية بعملية قسمة زمن التجربة علي عدد الأجيال (ن)

زمن الجيل (ج) = زمن التجربة = $\frac{\text{ت}}{\text{عدد الأجيال ن}}$

وفي حالة تعويض زمن الأجيال (ن)

$$\text{ج} = \frac{\text{ت}}{\frac{\text{لو ب}_2 - \text{لو ب}_1}{0.301}} \longleftarrow \text{ج} = \frac{0.301 \times \text{ت}}{\text{لو}_{10}\ \text{ب}_2 - \text{لو}_{10}\ \text{ب}_1}$$

## تدريب (6)

أثناء النمو في الطور اللوغاريثمى **Log phase** لمزرعة بكتيرية، أخذت عينة في الساعة الثامنة صباحاً ووجد أنها تحتوى على **1.000** خلية في المليمتر الواحد. أخذت عينة أخرى في الساعة 54: 5 مساء ووجد أنها تحتوى على **1.000.000** خلية في المليمتر الواحد أوجد زمن الجيل بالساعة.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. عدد العوامل التي يعتمد عليها طول وقصر الفترة التي تحتاجها البكتيريا لتتأقلم على البيئة الجديدة ؟
2. متى تكون الفترة التمهيدية قصيرة ؟ ومتى تكون طويلة
3. حدد الصفات المميزة للخلايا خلال الطور التمهيدي
4. معدل النمو لأي نوع من البكتيريا يعتمد على:

أ)..... ب)..... ج)..... د).....

5. أوصف الظروف التي تسبق دخول الخلايا في طور الثبات
6. بماذا يتميز طور الثبات ؟
7. ضعف النمو وعدم التكاثر في عدد البكتيريا في طور الثبات ما هو سببه ؟

أ)..... ب).....

8. كيف تصف طور الموت في نمو البكتيريا
9. مستعيناً بمنحنى للنمو أشرح مراحل نمو البكتيريا في حيز محدود (مزارع الدفعة) **Batch culture**

# 6. العوامل الفيزيائية التي تؤثر على نمو الكائنات الدقيقة

هناك عدد من العوامل الفيزيائية التي تؤثر على نمو الأحياء الدقيقة مثل الحرارة والرطوبة والأكسجين وتركيز ايون الهيدروجين وغيرها، كما أن أنواع البكتيريا تختلف في استجابتها لهذه العوامل. لقد تمت دراسة تأثير هذه العوامل على النمو بكثرة وذلك لتطوير وتحسين الطرق المختلفة لحفظ المواد الغذائية القابلة للتلف، ولضمان تكوين نواتج عمليات التخمر في ظروف مثلى.

## 1.6 الحرارة Temperature

تستطيع الميكروبات النمو في ظروف بيئية مختلفة، وتعيش بعض الأنواع في أجواء المياه الباردة التي يكون متوسط درجة حرارتها حوالي **5** م، وفي الينابيع الساخنة حيث تصل درجة الحرارة فيها إلى 90 م. فنمو البكتيريا يتأثر بالحرارة، ولكل نوع من البكتيريا مجال حراري للنمو **Cardinal temperatures**، بمعنى، إن لكل ميكروب درجة حرارة دنيا (صغرى) **Minimum** ومثلى **Optimum** وعظمى (قصوى) **Maximum**. فدرجة الحرارة المثلى هي الدرجة التي يكون فيها النمو جيداً للغاية وينخفض معدل النمو كلما ارتفعت درجة الحرارة حتى تصل درجة الحرارة القصوى التي يتوقف النمو خارج نطاقها. يتوقف النمو ايضاً عند درجة الحرارة الدنيا، ولكن عموماً تستطيع معظم الميكروبات تحمل درجات الحرارة المنخفضة جداً وتبقى حية وتعود للنمو عندما ترتفع درجة الحرارة مرة أخرى. **يمكن تقسيم الكائنات الحية إلى ثلاث مجموعات تبعاً لعلاقتها بالحرارة :**

**أولاً : البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة (أو البكتيريا الميزوفيلية )Mesophiles**

معظم الكائنات الحية والأحياء الدقيقة التي تتواجد في التربة والميكروبات التي تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان تنمو عادة في درجات حرارة بين **20م 40م** وتسمى هذه الكائنات بوسطية الحرارة أو المحبة للحرارة المعتدلة **Mesophiles**. البكتيريا الممرضة للإنسان تنمو جيداً في درجة حرارة 37م وهي درجة حرارة الإنسان السليم. ميكروبات التربة تنمو بصورة جيدة في درجة حرارة 30م. إن لكل ميكروب درجة حرارة مثلي يقل النمو خارج نطاقها.

**ثانياً: البكتيريا المحبة للحرارة المرتفعة (أو البكتيريا الثيرموفيلية) Thermophiles**

تحتاج هذه الكائنات لدرجة حرارة نمو أعلى من 45م. بعض منها يستطيع النمو على درجات حرارة تصل **80–90م** ان أنزيمات وبروتينات وأغشية هذه الكائنات تبقى ثابتة ومحافظة على طبيعتها عند درجات الحرارة العالية. ومثال لذلك البكتيريا باسيللس كواكيولانس ***Bacillus coagulaus***و ***Bacillus stearothermophilus*** وغيرهما. بعض الكائنات الحية المحبة للحرارة يمكن أن تنمو أيضاً في درجات حرارة أقل من **45م** وتسمى بمحبة الحرارة اختيارا **Facultative thermophiles**.

**ثالثاً : البكتيريا المحبة للحرارة المنخفضة (البكتيريا السايكروفيلية ) Psychrophiles**

أن درجة الحرارة المثلي لهذه الكائنات حوالي 15م ودرجة الحرارة القصوى حوالي 20م. الأحياء الدقيقة المحبة للبرودة اجبارياً :**Strict psychrophiles**. تستطيع النمو في درجة حرارة صفر ولكنها تموت في درجة حرارة الغرفة. تتواجد الكائنات الحية المحبة للبرودة في المناطق والبحيرات الباردة وفي المناطق القطبية. معظم البكتيريا المحبة للبرودة تنتمي إلى الأجناس ***Pseudomonas*** و***Flavobacterium*** و ***Alcaligenes***. البكتيريا المحبة للبرودة اختياراً :**Facultative psychrophiles** تنمو البكتريا في درجة حرارة صفر ولكنها تستطيع النمو بصورة أحسن بين **20** ـ **30م**. البكتيريا المحبة للبرودة حتماً(إجباراً) **Strict Psychrophiles** تتأثر بالحرارة لعدم ثبات الريبوسومات والإنزيمات كما أن مكونات الخلية تتسرب للخارج، ويحدث أيضاً خلل في نظام نقل المواد الغذائية.

**تدريب (7)**

عندما ينمى نفس النوع من البكتيريا في درجات حرارة مختلفة يعطي خصائص مختلفة إذا كان ذلك صحيحاً وضح ذلك.

## 2.6 تركيز أيون الهيدروجين (الأس الهيدروجيني) pH

تتأثر التفاعلات الكيميائية بدرجة تركيز ايون الهيدروجين في الوسط المغذي، ويعبر عن حموضة الوسط بـ **pH** وهو اللوغاريثم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين مقدراً بالمول / لتر. إذا كانت البيئة حمضية أو قلوية يؤثر ذلك على نمو الكائنات التي تعيش فيها. معظم البكتيريا تنمو في رقم حموضة $p^H$ يقع بين **6.5** و **7.5**، بينما الفطريات تفضل البيئات المائلة للحموضة حيث يكون الـ $p^H$ حوالي **5.5** أو **6.0**،وبالرغم من أن معظم البكتيريا تنمو في أوساط رقم حموضتها أقرب إلى التعادل إلا انه بعض الأنواع مثل ***Sulfolobus*** و ***Thermoplasma***

و***Thiobacillus thioxidans*** التي تتحصل على الطاقة بأكسدة الكبريت إلى حمض الكبريتيك تنمو في درجة حموضة عالية جداً حوالي **pH 2-1** وتسمى متحملة للحموضة الشديدة **Acidophiles**. أنواع أخرى من البكتيريا تنمو في أوساط شديدة القلوية مثل البكتيريا المحللة لليوريا ***Bacillus pasteurii*** منتجة ثاني أكسيد الكربون وأمونيا التي ترفع الأس الهيدروجيني وتجعل التربة قلوية ومناسبة لنمو الميكروب. البكتيريا المسببة للكوليرا ***Vibrio cholerae*** تنمو في **pH 8** مما يجعل من الممكن عزلها من عينات براز المريض الذي يحتوي على ميكروبات أخرى حساسة لهذه الدرجة من الحموضة.بعض أنواع البكتيريا تستطيع تحمل الحموضة العالية جداً **pH 1-0.1**، إلا أنها لا تستطيع التكاثر في هذه الدرجة وتسمى متحملة للحموضة الشديدة اى **Aciduric**. هذا النوع من البكتيريا يحمي نفسه ضد الحموضة الشديدة بحفظ السيتوبلازم عند رقم حموضة أقرب إلى التعادل، وذلك بمنع دخول ايونات الهيدروجين أو طردها والتخلص منها. إن عدداً من البروتينات والأحماض النووية تفقد نشاطها في الأوساط ذات الحموضة الشديدة.

أن درجة حموضة البيئات الطبيعية لا تتغير كثيراً نتيجة لنشاط الميكروبات ولكننا نجد أن تزريع البكتيريا في أوساط صناعية ربما ينتج عنه زيادة أو تقصان في رقم الحموضة وذلك حسب نوع الميكروب ونوع الوسط المغذى. إن إفراز الأحماض العضوية يتسبب في انخفاض رقم حموضة الوسط المغذي، كما أن تخمير الأحماض الامينية وانطلاق الامونيا يجعل الوسط أكثر قلوية. إن انخفاض أل **pH** يتبعه انخفاض في معدل نمو الميكروبات وهذا هو الأساس الذي بنيت عليه صناعة المخللات. فالبكتيريا التي تقوم بعملية التخمر في بعض الصناعات تفرز كمية كافية من الأحماض التي تمنع نمو المكروبات الأخرى وبالتالي تمنع فساد الأغذية.ولحفظ رقم حموضة المزارع البكتيرية من التغيير يضاف إليها ما يعرف بالمنظمات **Buffers** مثل الفوسفات والسترات والبورات والكربونات وغيرها، وهي مركبات كيميائية تعمل على حفظ رقم الحموضة في مجال معين.فوسفات البوتاسيوم ($KH_2PO_4$ و$K_2HPO_4$) يضاف إلى المزارع البكتيرية ليحفظ رقم حموضتها بين **8-6 (pH)** وفي نفس الوقت يكون مصدراً للفوسفات والبوتاسيوم.

# 3.6 الأكسجين ( $O_2$ )

معظم الأحياء الدقيقة تحتاج للأكسجين لأكسدة عديد من المركبات والحصول على الطاقة. بعض البكتيريا والكائنات الدقيقة الأخرى تتحصل على الطاقة عن طريق التخمر أو التنفس اللاهوائي. تقسم الكائنات الدقيقة إلى عدة مجموعات حسب احتياجها للأكسجين

**أ) هوائية اجباراً Obligate aerobes**

هذه المجموعة تضم عدداُ كبيراً من البكتيريا والفطريات والطحالب. إن الأحياء الدقيقة الهوائية اجباراً لا تنمو لا في وجود الأكسجين، ويتوقف النمو في غيابه. من أمثلة ذلك عصويات الدرن الرئوي ***Mycobacterium tuberculosis*** التي تتمركز أساسا في الرئة، أكثر المناطق فيها تركيز عالٍ من الأكسجين. يكون الأكسجين كمستقبل للالكترونات والهيدروجين أثناء عملية التنفس، مكوناً ماء وفوق أكسيد الهيدروجين $H_2O_2$ الذي يعتبر ساماً للبكتيريا الهوائية إجباراً، فلذلك نجد أن معظم البكتيريا تنتج إنزيم كتاليز **Catalase** الذي يختزل $H_2O_2$ فور تكوينه إلى أكسجين وماء.

$$2\ H_2O_2 \xrightarrow{\text{كتاليز}} O_2 + 2H_2O$$

**Catalase**

**تدريب (8)**

إذا طلب منك تزريع بكتيريا هوائية **Aerobe** بكميات كبيرة ماذا تفعل ؟

**ب) لا هوائية اختيارياً Facultative anaerobe**

ينمو هذا النوع من الأحياء الدقيقة في وجود وغياب الأكسجين، إلا أن النمو في الظروف الهوائية يفوق النمو تحت الظروف اللاهوائية ومثال لذلك بكتيريا القولون أي كولاي ***E.coli***. توجد البكتيريا في داخل أمعاء الإنسان والحيوان حيث يكون الوسط خاليا من الأكسجين، ولكن في

نفس الوقت يمكن تنميتها في المختبر في ظروف هوائية. تضم هذه المجموعة عددا كبيرا من البكتيريا والفطريات وخاصة أنواع الخمائر **Yeasts**.

**ج) لا هوائية إجبارياً** **Obligate Anaerobe**

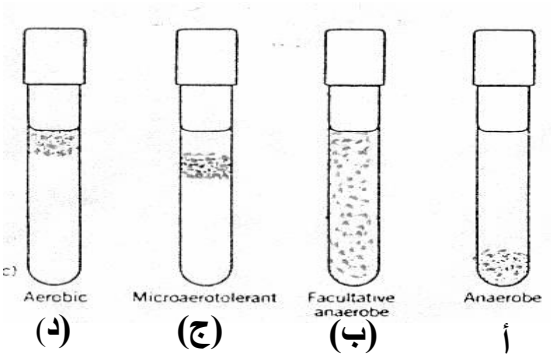
تتحصل الكائنات اللاهوائية إجبارا على الطاقة دون الحاجة للأكسجين الذي يعتبر مثبطاً وقاتلاً لها.غالبية هذه الأنواع لا تنتج إنزيم كتاليز **Catalase** الذي يقوم بتحليل $H_2O_2$ قبل تجمعه تجنبا لإحداث الضرر، إلا إنزيم **ديسميوتيز Dismutase** الذي يعمل على التخلص من فوق الاكاسيد ومثال لذلك الأجناس ***Fusobacterium*** و***Bacteroides***. بعض أنواع البكتيريا اللاهوائية لها مقاومة أو تحمل **للهواء*Aerotolerant anaerobes*** بمعنى أنها تنمو لا هوائياً ولا تحتاج للأكسجين للتمثيل الغذائي إلا أنها يمكن أن تتحمل وجود الأكجسين دون أن يؤثر ذلك على حيويتها، ومن أمثلة ذلك البكتيريا ***Clostridium perifringens*** و***Clostrium tetani*** والبكتيريا السبحية اللاهوئية جنس ***Streptococcus*** و***Lactobacillus*** تقوم بتخمير الكربوهيدرات إلى حمض اللاكتيك **Lactic acid** الذي الذي يتسبب في انخفاض رقم حموضة الوسط في حالة تراكمه بكميات كبيرة مما يمنع نمو الكائنات هوائية التنفس. وتستمر بكتيريا ***Lactobacillus*** في معيشتها اللاهوائية.وبالرغم من أن البكتيريا لا تحتوي على إنزيم كتاليز، إلا أنها تنتج إنزيم بيروكسيديز **Peroxidase** الذي يعمل على أكسدة المواد العضوية بوساطة فوق أكسيد الهيدروجين.

$$H_2O_2 + \text{reduced substrate} \xrightarrow{\text{peroxidase}} \text{oxidized substrate}$$

مادة عضوية مؤكسدة بيروكسيديز مادة عضوية مختزلة

**بكتيريا محبة لكميات قليلة من الهواء (مايكروايروفيلية )** **Microaerophilic**

هذا النوع من البكتيريا ينمو بشكل جيد في وجود كمية قليلة من الأكسجين (الشكل3).




**الشكل(3) رسم تخطيطي يوضح نمو انواع مختلفة من الميكروبات تختلف فى احتياجاتها من الاكسجين عندما تنمى فى اجار عميق (أ) نمو لاهوائى (ب) نمو غير هوائى اختياراً**

**سمية الأكسجين**

ذكرنا سابقاً أن الأكسجين مفيد للبكتيريا الهوائية لقدرته كمؤكسد قوي ومستقبل ممتاز للالكترونات أثناء عملية التنفس، ولكن يمكن أن يكون ساماً لبعض أنواع البكتيريا. البكتيريا الهوائية إجبارا واللاهوائية اختياراً تمتلك آليات تحميها من سمية الأكسجين كإنتاج إنزيم كتاليز. أما البكتيريا اللاهوائية إجبارا والقليلة الحاجة للأكسجين تتواجد دائماً في الأجواء الخالية من الأكسجين لان الأكسجين يؤثر على حيويتها لأسباب نذكر منها:

- الأكسجين الغازي يؤكسد مباشرة بعض المجاميع الهامة مثل المجموعة ثيول **Thiol - SH** (أو**Sulfhydryl** ) وبعض الإنزيمات مؤدياً إلى تثبيطها أو إبطال مفعولها. أن إنزيم نيتروجينيز **Nitrogenase** الذي يعمل على تثبيت النتروجين الجوي يتحطم في وجود كمية قليلة من الأكسجين.
- بعض مكونات الخلية تثبط بفعل مشتقات الأكسجين. بعض الإنزيمات تشارك في تفاعلات يكون الأكسجين الغازي طرفاً فيها، مما ينتج عن ذلك إضافة إلكترون لجزئ الأكسجين مكوناً **Superoxide radical** ($O_2^-$) الذي يثبط بعض مكونات الخلية الحيوية.

$$O_2 + e^- \longrightarrow O_2^-$$

كما ثبت أن الشق فوق أكسيدي ($O_2^-$) يمكن أن يتسبب في إنتاج مواد أكثر سمية مثل فوق أكسيد الهيدروجين $H_2O_2$ وأيون هيدروكسيل ($OH^-$)

$$2O_2^- + 2H^+ \longrightarrow O_2 + H_2O_2$$

-
⟶

$$^{-}H_2O_2 + e + H^{+} \qquad H_2O + OH^{\cdot}$$

أن ايون الهيدروكسيل ($OH^{-}$) من أكثر الايونات الحرة **Free radicals** التي تتفاعل وتحطم أي نوع من الجزيئات تتواجد في الخلية, كما أن فوق أكسيد الهيدروجين $H_2O_2$ مؤكسد قوي وسام لكثير من أنواع الخلايا.

## 4.6 الضغط الاسموزي Osmotic Pressure

معظم البكتيريا لا تحتاج لتركيزات عالية من الملح ولكنها تتحمل النمو في تركيز 1−2 % ملح كلوريد الصوديوم **NaCl** وتسمى المتحملة للملح اختياراً **Facultative halophiles**.أن زيادة الملح أو السكر لبيئة النمو يصحبه نقصان في نمو الكائنات الدقيقة، ويستفاد من هذه الخاصية في صناعة حفظ الاطمعة كالجبن والمربى بإضافة الملح أو السكر بتركيز عالٍ لمنع نمو الميكروبات. أن وجود البكتيريا في محاليل مركزة **Hypertonic solutions** يعمل على بلزمة الخلية **Plasmolysis**. تفقد الخلية الماء وتبتعد الأغشية البلازمية عن جدار الخلية مما ينتج عنه انكماش السيتوبلازم وبالتالي يتأثر الغشاء البلازمي وتصبح الخلايا غير قادرة على النمو. بالرغم من ذلك تجد أن بعض أنواع البكتيريا تستطيع النمو في تركيزات عالية من الملح. البكتيريا العنقودية الذهبي ***Staphylococcus aureus*** تتحمل النمو في وسط يحتوي على 8% ملح ويستفاد من هذه الخاصية في عزلها من العينات التي تؤخذ من المرضى والأغذية التي تكون في اغلب الأحيان مختلطة مع أنواع أخرى حساسة للملح.

يوجد عدد من الفطريات والخمائر محبة للضغوط الاسموزية العالية الناتجة عن السكر مثل الفطر ***Xeromyces bisporus*** والخميرة ***Saccharomyces rouxii*** ويطلق علي هذه الفطريات مصطلح **Osmophilic** بينما الأحياء الدقيقة التي تتحمل الضغط الاسموزي المرتفع تسمى **Osmotolerant**. بعض الأحياء الدقيقة لا تستطيع أن تنمو في غياب الملح بل تحتاج إليه بصفة إجبارية وتوصف بأنها محبة للملوحة العالية **Obligate halophiles**. تتواجد هذه الأنواع في البحيرات المالحة والبحر الميت والأغذية المملحة كالسمك وغيره.

تحافظ البكتيريا على تركيز الايونات داخل السيتوبلازم بحيث يتساوى مع تركيز الايونات في الوسط الخارجي وذلك لان غالبية التفاعلات البيوكيميائية تعتمد على تركيز مرتفع لايونات الصوديوم $Na^+$ والبوتاسيوم $K^+$ , كما إن ثبات الريبوسومات يعتمد أيضا على تركيز البوتاسيوم. أن ثبات الغشاء البلازمي في بعض أنواع البكتيريا المحبة للملح مثل جنس ***Halobacterium*** يعتمد أيضا على تركيزات مرتفعة من ايونات الصوديوم $Na^+$.
ويمكن تقسيم الأحياء الدقيقة المحبة للملح لمجموعتين:

**1- المحبة للملوحة العالية Exterme halophiles وهي الكائنات التي تحتاج لمحاليل أو أوساط تحتوي على 20 -30 % ملح كلوريد الصوديوم.**

**2- المحبة للملوحة المتوسطة Moderate halophiles: وهي الكائنات التي تحتاج لتركيز متوسط من الملح حوالي 5- 20 %.**

## 5.6 الضغط المائي ( الضغط الهيدروستاتيكي )
## Hydrostatic pressure

الأحياء التي تعيش على سطح الأرض تتحمل ضغطاً يساوي **1.06** كجم أو **15** رطل / البوصة المربعة وهذا يعادل واحد ضغط جوي **Atmospheric pressure**, فكلما ارتفعنا إلى أعلى ينخفض الضغط ويزيد كلما اتجهنا نحو قاع البحر. أن الأحياء الدقيقة التي تعيش في قاع المحيطات تتحمل ضغوطاً مائية **Hydrostatic pressure** إضافية تساوي ارتفاع عمود الماء فوقها. لقد تم عزل أحدى أنواع البكتيريا من عمق **19.000** قدم. وأتضح أن لها درجة حرارة مثلي تقع بين **2 -4** درجة مئوية , ولكنها لا تنمو إلا تحت ضغط مائي عالي وهذا النوع يسمى المحب للضغوط المائية **Barophile**. هناك صعوبة في دراسة هذه الكائنات في المختبر لان العمل عليها يتطلب أجهزة خاصة لا تتوفر إلا في بعض المختبرات المتخصصة.

## 6.6 ثاني أكسيد الكربون $CO_2$

كل أنواع البكتيريا تقريباً تحتاج لنسبة قليلة من ثاني أكسيد الكربون وتتحصل عليه عادة من الجو أو من التمثيل الغذائي. أن عزل البكتيريا بروسيللا ابورتاس ***Brucella abortus*** من دم الحيوانات وتزرعها في المعمل يتطلب نسبة حوالي **5 – 10 %** من ثانى اكسيد الكربون أما البكتيريا نيسيريا قونوريى ***Neisseria gonorrhoeae*** المسببة لمرض السيلان فتحتاج حتماً لثاني أكسيد الكربون للنمو. وتجدر الإشارة إلى أن البكتيريا ذاتية التغذية تعتمد على **$CO_2$** كمصدر رئيسي للكربون كما أن الضوء ضروري للتمثيل الضوئي في حالة البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية.

## 7.6 نشاط الماء ( $a_w$ ) Water Activity

الماء يشكل أكثر من **80 %** من وزن خلايا الكائنات الدقيقة، وهو من الاحتياجات الأساسية لحياة كل الكائنات، وان معظم الكائنات الحية الدقيقة تتغذى على مركبات تكون ذائبة في الماء بجانب أن الماء يمثل الوسط لكثير من التفاعلات الحيوية. ليس كل الماء متوفراً للأحياء الدقيقة ويعتمد ذلك على تركيز المواد الذائبة في الوسط ومدى قوة ادمصاص **Adsorption** الأحياء الدقيقة للماء. فإذا كان تركيز المواد المذابة عالياً ولها ادمصاص قوي، ففي هذه الحالة تحتاج خلايا الكائنات الحية لطاقة اكبر لسحب الماء. إن الماء المتوفر للميكروب يعبر عنه بنشاط الماء $a_w$ حسب المعادلة التالية

$$\text{نشاط الماء } a_w = \frac{\text{ضغط بخار الماء في المحلول في درجة حرارة وضغط معين}}{\text{ضغط بخار الماء النقي في نفس الظروف}}$$

$$\mathbf{a_w = \frac{P\ H_2O\ in\ Solution}{P\ H_2O\ in\ pure\ wate}}$$

نشاط الماء هو تعبير بطريقة أخرى عن الرطوبة النسبية. فإذا كانت الرطوبة النسبية تساوي مثلاً **80 %** فان نشاط الماء يكون **0.80 %**. أن المحاليل التي تحتوي على نسبة عالية من السكر أو الملح ينخفض فيها نشاط الماء والعكس صحيح. فكثير من الميكروبات لا تستطيع النمو في أوساط ينخفض فيها نشاط الماء $a_w$ ويتأثر معدل نموها وربما يتوقف النمو كلياً.

**الجدول ( 3 ) الحد الأدنى لنشاط الماء( aw ) لنمو بعض الميكروبات**

| البكتيريا | الخمائر | الفطريات |
|---|---|---|
| ***Bacillus subtilis*** **0.99**<br>***Escherichia coli*** **0.93** | ***Saccharomyces cervisiae*** **0.94**<br>***Torula utilis*** **0.94** | ***Musorspinosa sp.*** **0.93**<br>***Penicillium sp.*** **0.80---0.90**<br>***Aspergillus niger*** **0.84** |
| البكتيريا المتحملة للملوحة<br>**(Salt-tolerant)**<br>***Staphylococcus aureus*** **0.87**<br>البكتيريا المحبة للملوحة العالية<br>**( Halophilic bacteria)**<br>***Halobacterium spp.*** **0.75** | الخميرة المحبة للتركيزات العالية من السكر أو غيره<br>**(OsmophilicYeasts)**<br>***Saccharomyces rouxii*** **0.65** | فطريات زيروفيلية<br>**(Xerophilic fungi)**<br>***Xeromyces bisporus*** **0.60** |

إن غالبية البكتيريا لا تستطيع النمو عند نشاط ماء اقل من **0.90** ولكن البكتيريا العنقودية الذهبية استافيلوكوكس ***Staphylococcus aureus*** تستطيع النمو في أوساط غذائية تحتوي على حوالي **8%** كلوريد صوديوم **NaCl** أو نشاط ماء $a_w$ **= 0.87** , هالوبكتيريام ***Halobacterium spp*** تستطيع النمو عند نشاط ماء $a_w$ **= 0.75**(يساوي **5.5** مول كلوريد الصوديوم **NaCl**) والخميرة ***Saccharomyces rouxii*** والفطر ***Xeromyces bisporus*** يستطيعان النمو في تركيزات عالية من السكر وفي نشاط ماء $a_w$ **= 0.6**. توجد طرق عديدة تستطيع بها الكائنات الدقيقة العيش والنمو في ظروف تعتبر قاتلة لكثير من أنواع الميكروبات الأخرى. البكتيريا العنقودية الذهبية ***Staphylococcus aureus*** تتأقلم على النمو في أوساط ذات نشاط ماء منخفض وذلك

بالعمل على زيادة الضغط الاسموزي داخل الخلايا نتيجة لتراكم احد الأحماض الامينية وعلى وجه الخصوص الحمض الاميني برولين **Proline**.

بعض الفطريات بما فيها الخمائر التي تعيش في تركيزات عالية من السكر تكون كميات كبيرة من المركب **بوليول Polyol** لترفع من الضغط الاسموزي الداخلي للماء.

**توجد عدد من الحالات التي تحد من توفر الماء للأحياء الدقيقة منها:**

**(i) إذابة قدر من الأملاح في الوسط المحيط بالكائن الدقيق مما يزيد من الضغط الاسموزي خارج الخلية.**

**(ii) إزالة الماء بوساطة التبخر أو التصعيد Sublimation.**

**(iii) التبريد لدرجة التجمد Freezing مما ينتج عنه تبلور الماء في داخل ا لخلايا.**

هذه المعاملات ليس بالضرورة أن تكون قاتلة للخلايا. أن أحدى الطرق التي تستخدم لحفظ الميكروبات لمدة طويلة تعتمد على تعريض الخلايا وبسرعة لدرجة عالية من البرودة (التجميد) ثم تجفيفها بوساطة تصعيد المياه تحت تفريغ كبير (التجفيد **Freeze drying** أو **Lyophilization**.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. أكمل الفراغات التالية بكلمات مناسبة:
   لكل نوع من البكتيريا.....للنمو، بمعنى أن لكل ميكروب درجة حرارة...،...و.....
2. ما هو المقصود بالمصطلحات التالية:
   أ) درجة الحرارة المثلى ب) نشاط الماء
   ج) محبة الحرارة أختياراً د) تركيز أيون الهيدروجين
   هـ) المنظمات و) التجفيد
3. قارن بين كل من البكتيريا المحبة للبرودة إختياراً والبكتيريا المحبة للبرودة إجباراً ؟
4. ماذا نستخدم لحفظ رقم حموضة المزارع البكتيرية من التغيير. أذكر أمثلة لها.
5. عدد العوامل التي تعمل على إنخفاض رقم حموضة الوسط المغذى.
6. أشرح الصلة بين **pH** وصناعة المخللات.
7. ما تأثير فوق أكسيد الهيدروجين على البكتيريا الهوائية اجباراً. وماذا تفعل حيال ذلك.
8. يؤثر الأكسجين على حيوية البكتيريا اللاهوائية اجباراً ناقش هذه العبارة.
9. ماذا ينتج عن زيادة الملح أو السكر لبيئة النمو.

# 7. المزارع المستمرة للبكتيريا

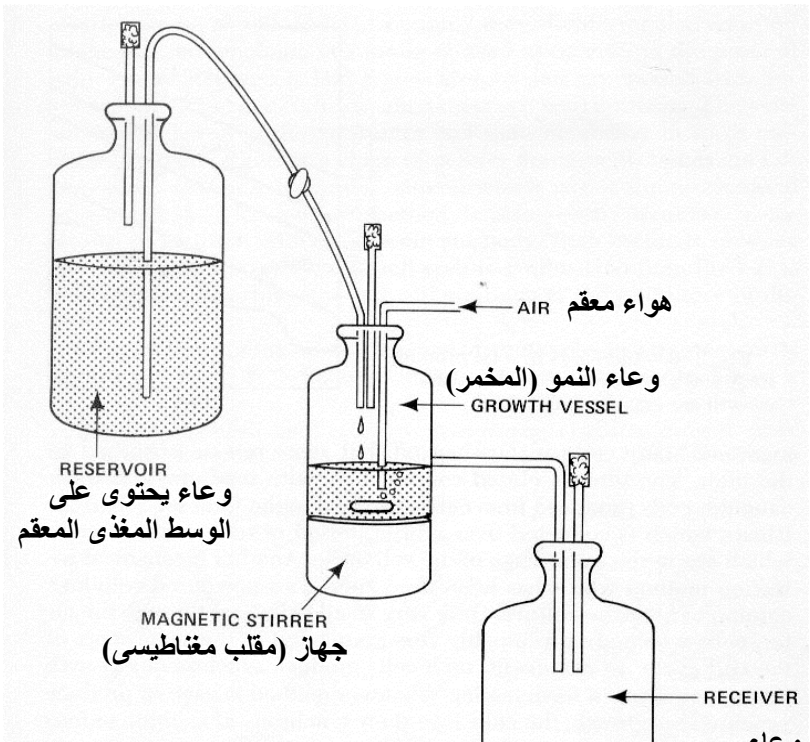
# Continuous Culture of Bacteria

**يقصد بالتزريع المستمر هو أن تبقي الخلايا في حالة الانقسام المتواصل السريع طوال الوقت أي في طور التضاعف الاسي المستمر.** يستخدم جهاز الكيموستات **Chemostat** لهذا الغرض ( الشكل **4**) وتعتمد فكرة الكيموستات علي تنمية الميكروب في وعاء أو غرفة يضاف إليها باستمرار بيئة مغذية معقمة من جهة وفي نفس الوقت يزاح منها الفائض وما يحويه من خلايا ونواتج التمثيل الغذائي من جهة، أخري. أن معدل نمو البكتيريا يمكن التحكم فيه، لأنه يعتمد علي معدل انسياب البيئة المغذية الجديدة الي وعاء التنمية والتخلص من الفائض بنفس معدل الإضافة. فإذا كان معدل إضافة البيئة المغذية لمزرعة البكتيريا سريعا، فان معدل النمو

يكون سريعا حتي يصل الي مرحلة بعدها لا يتغير معدل النمو. أما إذا كان معدل دخول البيئة المغذية سريعا جداً، فان تركيز خلايا البكتيريا ينخفض، لآن ذلك يكون بمثابة تخفيض أو غسيل للبكتيريا من غرفة النمو بسرعة تفوق معدل انقسامها. إذا فان معدل دخول البيئة المغذية هو الذي يحدد معدل النمو في الكيموستات ولذلك نجد أن الجهاز مزود بصمام للتحكم في معدل انسياب البيئة المغذية لضمان استمرار البكتيريا في الانقسام السريع المتواصل

**نذكر هنا طريقة أخري للتزريع المستمر للبكتيريا وذلك باستعمال جهاز التيربيدوستات Turbidostat المعد بنظام لقياس الكثافة الضوئية للخلايا. .Optical density (O.D)** ويقصد بها درجة عكاره الوسط المغذي. عندما تصل **.O.D** حداً أقصي يبدأ الجهاز في إضافة مزيد من البيئة المغذية لتخفيف المزرعة والتخلص من الزيادة وبالتالي تقل الكثافة الضوئية. تنخفض إضافة البيئة المغذية عندما تصل **( O.D)** الحد الادني المبرمج.

**يستعمل نظام الكيموستات Chemostat لدراسة مجتمعات مختلطة من البكتيريا،** ولتنمية الميكروبات في ظروف مشابهة لبيئاتها الطبيعية. ويستعمل أيضا لدراسة معدل انقسام الخلايا في بيئات غذائية تختلف في مكوناتها الكيميائية، ولدراسة المكونات الكيميائية للخلايا مع التحكم في معدل انقسامها ولدراسة سلوك الطوافر **Mutants** في مجتمعات تتكون من سلالات برية..**Prototrophs** تستعمل الكيموستاتات الصغيرة في المختبرات للاغراض البحثية والتطبيقية، و لدراسة نواتج الميكروبات كنتائج عمليات التخمر لبعض الميكروبات قبل الشروع في إنتاج بعض المواد بكميات تجارية كالكحول والمشروبات الكحولية وحمض الخليك **Acetic acid** والجعة وبعض الأحماض الامينية وكثير من المضادات الحيوية.



**النمو المتزامن ( المتوافق)** **Synchronous Growth**

إن ما يحدث في الخلية بين كل انقسامين متتالين يعرف بدوره النمو للخلية **Cell cycle.** ولدراسة ما يتم في هذه الفترة لابد من العمل علي مزرعة بكتيرية متزامنة حيث تكون فيها كل الخلايا في نفس مرحلة الانقسام، بمعني إن كل الخلايا تنقسم في وقت واحد.

## أسئلة تقويم ذاتي

1. ما هو المقصود بالمصطلحات التالية:
   أ) دورة النمو للخلية ب) النمو المتزامن
   ج) التزريع المستمر د) الكثافة الضوئية للخلايا
2. معدل دخول البيئية المغذية هو الذي يحدد معدل النمو في جهاز الكيموستات ناقش هذه العبارة.
3. أشرح الطريقة التي يعمل بها الكيموستات.
4. أذكر الأغراض التي يستعمل فيها الكيموستات.
5. ما هي فائدة الصمام الموجود في جهاز الكيموستات.
6. وضح طريقة إستخدام جهاز التيربيدوستات.
7. كيف يمكن دراسة ما يحدث في دورة النمو للخلية.

# الخلاصة

في هذه الوحدة ناقشتا موضوع التكاثر والنمو، وأوضحنا أن البكتيريا تتكاثر عادة بالانقسام الثنائي البسيط والقليل منها يتكاثر بالتبرعم. بعض أنواع البكتيريا يتكاثر بتفتت الخيوط والبعض الأخر ينتج أبواغاً في نهاية الهيفات.

بعد ذلك ذكرنا أن الميكروبات تحتاج للعديد من المركبات الكيميائية للنمو ,أهمها الكربون والنتروجين.أوضحنا كذلك أن بعض الميكروبات لا تستطيع النمو في أوساط غذائية محددة التركيب وتحتاج لإضافة بعض المركبات للبيئة الاصطناعية، هذه المركبات التي عرفناها يطلق عليها عوامل النمو.

شرحنا لك أيضاً أن الأحياء الدقيقة تقسم على أساس مصدر الكربون والطاقة إلى:

أ) ذاتية التغذية
ب) غير ذاتية التغذية

**البكتيريا ذاتية التغذية تقسم إلى:**

بكتيريا ذاتية التغذية ضوئية الطاقة
بكتيريا ذاتية التغذية كيميائية الطاقة

**أما البكتيريا غير ذاتية التغذية فتنقسم إلى:**

البكتيريا غير ذاتية التغذية كيميائية الطاقة
البكتيريا غير ذاتية التغذية ضوئية الطاقة

وعرفنا لك معدل النمو أو زمن الجيل وهو ما نقصد به الزمن الذي تحتاجه الخلية أو مجموعة من الخلايا للتضاعف.

واستعرضنا بالتفصيل أطوار النمو الأربعة للبكتيريا التي تشمل:

1. الطور التمهيدي 2. الطور اللوغاريثمى
3.طور الثبات 4. طور الموت

وانتقلنا للحديث عن مجموعة العوامل الفيزيائية التي شرحنا تأثيرها على نمو الكائنات الدقيقة وهى:

1. الحرارة. 2. تركيز أيون الهيدروجين 3. الأكسجين
4. الضغط الاسموزى 5. الضغط المائي 6. ثانى أكسيد الكربون 7. نشاط الماء

في نهاية الوحدة تعرفنا على أهمية المزارع المستمرة للبكتيريا كما شرحنا طريقة استخدام كل من جهاز الكيموستات وجهاز التيربيدوستات.

نأمل أن تكون خلاصة كافية وواضحة.

# لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

الوحدة التي تلي هذه الوحدة هي الاخيرة في هذا المقرر من أساسيات الاحياء الدقيقة 1، سوف نشرح لك فيها الفيروسات كواحدة من الاحياء الدقيقة، مع وصف خصائصها واصلها ونشأتها، وتركيب الخلية وزراعة الفيروسات والتكاثر.

# إجابات التدريبات

**تدريب (1)**

يقصد بالنمو **Growth** في الميكروبيولوجى بأنه التغيير في المجتمع الكلى Total **population** وليس الزيادة في الحجم أو الكتلة للفرد. يحتوى اللقاح **Inoculum** على الآلف من الخلايا. أن النمو يقصد به الزيادة في عدد الخلايا مقارنة بعدد الخلايا التي استعملت في اللقاح. وعليه فان النمو يتطلب قياس كمي **Quantitative** لمجتمع الخلايا أو محصول الخلايا في وقت التلقيح وبعد فترة من التحضين.

**تدريب (2)**

الأنواع التابعة لجنس نتروموناس **Nitromonas** ذاتية التغذية وتعتمد على ثانى اكسيد الكربون $CO_2$ الجوى كمصدر وحيد للكربون وتستخدم أملاح الامونيا مثل $NH_4Cl$ كمصدر للنتروجين والالكترونات، ولذلك تحتاج لوسط محدد التركيب الكيميائي **Chemically defined** يحتوى على $NH_4Cl$ ومجموعة من الأملاح. تتحصل البكتيريا على الطاقة بأكسدة ايونات الامونيا وتحولها إلى ايونات تترايت **Nitrite ions** ثم تستخدم الالكترونات الناتجة عن التفاعل في تثبيت ثانى اكسيد الكربون.

**تدريب (3)**

تشكل البكتيريا غير ذاتية التغذية **Heterotrophic bacteria** مجموعة تغذوية كبيرة ولكن تختلف كثيراً في احتياجاتها الغذائية وخصوصاً بالنسبة لاحتياجاتها من مصدر الكربون العضوي والنتروجين والفيتامينات. أن الاحتياجات ربما تكون بسيطة أو معقدة، ويعتمد ذلك على نوع البكتيريا.

نجد على سبيل المثال أن البكتيريا إى كولاى ***E. coli*** يمكن أن تنمو في وسط بسيط يحتوى على سكر الجلوكوز وبعض الأملاح بينما البكتيريا لاكتوبسيللس ***Lactobacillus*** تحتاج لوسط غذائي معقد يتكون من حوالي **20** مركباً كيميائياً ( سكر، بروتين، أحماض أمبنية، أملاح معدنية وفيتامينات وغيرها )

**تدريب (4)**

انوع كل البكتيريا لا تمتلك نفس زمن الجيل **Generation time**.على سبيل المثال نجد زمن الجيل للبكتيريا أي كولاى ***E.coli*** يتراوح بين **15–20** دقيقة وزمن الجيل لبكتيريا أخرى ربما يمتد لعدة ساعات. إن زمن الجيل، ربما يختلف لنفس النوع **Species** باختلاف الظروف، ويعتمد على محتويات الوسط الغذائي وعلى الظروف الفيزيائية كالحرارة والاسى الهيدروجيني..... الخ .

**تدريب (5)**

يلاحظ أنه في حالة إضافة لقاح لوسط مغذى جديد، فان عدد الخلايا لا يتضاعف مباشرة، ولكن حجم الخلايا يزداد مقارنة بإبعاد حجمها الطبيعي. نجد أن الخلايا نشطة فسيولوجيا وتقوم بتخليق الإنزيمات ومرافقات الإنزيمات **Coenzymes** التي تحتاج إليها في بناء بروتوبلازم جديد. حقيقة أن الخلايا نشطة وتقوم بوظائفها الايضية ولكن هنالك تأخير في انقسام الخلية.

**تدريب (6)**

المطلوب زمن الجيل بالساعة

عدد الأجيال (ج) = زمن التجربة = ت

عدد الأجيال ن

زمن التجربة (ت) = **54** +5+4 = **9.9** ساعة

**60**

عدد الأجيال(ن) = لوب$_2$ – لوب$_1$

لو$_2$

= **لو 1,000,000 – لو1000**

**0.301**

عدد الأجيال (ن) = **3 – 6** = **3** = **10**

**0.301** **0.301**

زمن الجيل (ج) = **9.9** = **0.99** ساعة

**10**

**تدريب (7)**

إن خصائص البكتيريا لا تكون ثابتة تماماً في كل الظروف. عندما تنمى بكتيريا مثل ***Serratia marcescens*** في درجة حرارة **25** مئوية فانها تكون صبغة لونها يتراوح بين الأحمر والبرتقالي، ولكنها لا تنتج الصبغة أو تنتج قليلا منها عندما تنمى في درجة حرارة **37** مئوية. أما البكتيريا ***Lactobacillus plantarum*** فانها لا تحتاج للحمض الأمينى فينايل النين **Bhenylalanine** عندما تنمى في درجة حرارة **25** مئوية ولكنها تحتاج إليه عندما تنمى في درجة حرارة **37** مئوية.

**تدريب (8)**

تزرع البكتيريا عادة في المعمل في أنابيب اختبار وذلك بكميات قليلةَ. أما في حالة تزريع البكتيريا بكميات كبيرة فهي تحتاج لتعريضها لتهوية كافية. ويمكن تحقيق ذلك بزراعة البكتيريا في أوساط غذائية توزع في طبقات ضحلة **Shallow layers** في أوعية معدة خصيصاً لهذا الغرض، أو بتنميتها بحيث تكون المزرعة السائلة في حالة اهتزاز مستمرة **Constant shaking** ، وبهذه الطريقة تكون المزرعة معرضة لمزيد من التهوية.

# مسرد المصطلحات

- **درجة الحرارة الدنيا Minimum Temperature**

هي أقل درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو.

- **درجة الحرارة القصوى Maximum Temperature**

هي أعلى درجة يمكن أن يحدث عندها نمو.

- **درجة الحرارة المثلى Optimum Temperature**

هي أنسب درجة حرارة لنمو الكائنات الحية الدقيقة،و يكون النمو فيها جيداً للغاية.

- **دورة النمو للخلية Cell cycle**

هي ما يحدث في الخلية بين كل انقسامين متتاليين.

- **معدل النموGrowth rate**

هو الزمن الذي تحتاجه الخلية أو مجموعة من الخلايا للتضاعف.

- **نمو Growth**

يقصد به الزيادة في عدد الخلايا أو كتلة المجتمع البكتيري.

- **الأحياء الدقيقة المحبة للضغوط المائية Barophiles**

هي الكائنات التي لا تنمو إلا تحت ضغط مائي عالي.

- **الأحياء الدقيقة المحبة للملوحة العالية Exterme Halophiles**

هي الكائنات التي تحتاج لمحاليل أو تحتوى على **20–30%** ملح كلوريد الصوديوم.

- **الأحياء الدقيقة المحبة للملوحة المتوسطة Moderate Hatophiles**

هي الكائنات التي تحتاج لتركيز متوسط من الملح حوالي 5– 20%.

- **الأحياء الدقيقة الهوائية إجبارياً Obligate aerobes**

هي الأحياء الدقيقة التي لا تنمو إلا في وجود الأكسجين ويتوقف النمو في غيابه.

- **الأحياء الدقيقة اللاهوائية اختيارياً Facultative anaerobes**

هي الأحياء الدقيقة التي تنمو في وجود وفي غياب الأكسجين، إلا أن النمو في الظروف الهوائية يفوق النمو تحت الظروف اللاهوائية.

- **الأس الهيدروجين $P^H$**

هو اللوغاريثم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين مقدراً بالمول/لتر.

- **البكتيريا ذاتية التغذية Autotrophs**

هي التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون، الكربونات أو البيكربونات كمصدر للكربون لبناء مواردها الغذائية.

- **البكتريا غير ذاتية التغذية Heterotrophs**

هي التي تستمد الطاقة من أكسدة المركبات العضوية كمصدر للكربون كما أن بعضها يمكنه استعمال ثاني أكسيد الكربون بدرجة أقل.

- **البكتريا المحبة للحرارة المتوسطة Mesophiles**

هي البكتريا التي تنمو عادة في درجات حرارة بين 20–40م

- **البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة Thermophiles**

هي البكتريا التي تحتاج لدرجة حرارة نمو أعلى من 45 م.

- **التجفيد Lyophilization**

طريقة تستخدم لحفظ الميكروبات لمدة طويلة تعتمد علي تعريض الخلايا بسرعة لدرجة عالية من البرودة ثم تجفيفها بوساطة تصعيد المياه تحت تفريغ كبير.

- **التزريع المستمر Continuous Culturing**

هو أن تبقي الخلايا في حالة الانقسام المتواصل السريع طوال الوقت أي في طور التضاعف الأسي المستمر.

- **السلالة البرية Prototroph**

الميكروب الذي لا يحتاج الي عوامل النمو.

- **الكثافة الضوئية للخلايا Optical density (O.D)**

يقصد بها درجة عكارة الوسط المغذي.

- **المنظمات Buffers**

هي مركبات كيمائية تعمل علي حفظ رقم الحموضة في مجال معين.

- **النمو المتزن Balanced growth**

هو الزيادة المنتظمة في محتويات الخلية، وينعكس ذلك في تخليق خلايا جديدة.

# المراجع

## المراجع العربية


1.أبو الدهب، مصطفي كمال وآخرون **(1997م). علم البكتيرات**، الجزء الأول – دار المعارف، القاهرة.

.2 أبو الدهب، مصطفي كمال، والجغراني، محمد عبد القادر **(1984م). علم البكتيرات**، الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.

3. الحسن، جاد الله عبد الله، وحمد، يوسف فضل **(1999م)، مقدمة في علم الكائنات الدقيقة**، الجزء الأول، سوريا، دمشق.

4.النخال، محمد حمزة **(1987م). علم الأحياء الدقيقة**. مطابع الطوبجي، القاهرة.

5. العاني، فائز عزيز وبدوي، أمين سليمان **(1990م). مبادئ الأحياء المجرية**. دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.


## المراجع الانجليزية


1. Cano, R.J. and Colome, J.S. (1989). **Essentials of Microbiology**. West Publishing Co, St. Paul, New York, Los Angeles, San Francisco.
2. Ketchum, P.A. (1988). **, Microbiology, Concepts and Applications**. Wiley, U.S.A.

3. Michael, T.P., Roger, D.R. and Chan, E.C.S (1986). ,**Microbiology.** 4th ed, McGraw Hill Book Company, New York.

4. Pelczar, M.J., Chan, E.C.S and Krieg, N.R (1997). **Microbiolog**Tata, McGraw Hill, India.

5. Thanarayanan., R and Paniker, J. (1990). **Text Book of Microbiology**. 4th Edition, Orient.

6. Tortora, G.J. Funke, B.R and Case, C.L. (1982**) Microbiology, An Introduction.** The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc.

7. Wisterich, G.A. and Lechtman M.D. (1984). **Microbiology.**MaCmillan Publishing, Company, New York, London.

الوحدة السادسة
الفيروسات
Viruses

# محتويات الوحدة


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| المقدمة | 351 |
| تمهيد | 351 |
| أهداف الوحدة | 351 |
| 1. خصائص الفيروسات | 353 |
| 2. أصل ونشأة الفيروسات | 354 |
| 3. تركيب الفيروس | 355 |
| 4. حجم وأشكال الفيروسات | 356 |
| 5. أنواع التماثل | 358 |
| 6. تأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية على الفيروسات | 360 |
| 7. زراعة الفيروسات | 361 |
| 8. الإصابة الفيروسية | 363 |
| 9. التكاثر وأطواره | 366 |
| 10. فيروسات البكتيريا | 369 |
| الخلاصة | 372 |
| إجابات التدريبات | 374 |
| مسرد المصطلحات | 377 |
| المراجع | 379 |

# مقدمة

## تمهيد

عزيزي الدارس، لك منا الترحيب والأمنيات بدراسة ذاتية مفيدة، وأنت على نهاية مقرر أساسيات الأحياء الدقيقة 1. الوحدة الأخيرة، بعنوان الفيروسات.

ندخل للوحدة بتعريف لمصطلح فيروس ثم خصائص الفيروسات واختلافاتها عن الكائنات الدقيقة الأخرى.ونأتي لنشرح لك أصل ونشأة الفيروسات، ونتعرف على تركيب الخلية الفيروسية، مكوناتها الكيميائية وحجمها وأشكالها وأنواع التماثل. ثم نتحدث عن العوامل الفيزيائية والكيميائية التي لها تأثير على حياة ونشاط الفيروسات، ونتعرف على كيفية زراعة الفيروسات وتكاثرها، وطرق الإصابة الفيروسية. في نهاية الوحدة نأتي لشرح فيروسات البكتيريا والفيرويدات والبريونات.

تجد في داخل الوحدة تدريبات لها إجابات نموذجية، حاول أن تهتم بوضع حلول لها ومراجعتها مع مشرفك الأكاديمي، ثم أسئلة تقويم ذاتي الهدف منها معرفة وقياس استيعابك للوحدة، ومعرفة النقاط الهامة. سوف تجد أيضا مسرد مصطلحات علمية وأشكال إيضاحية. نتمنى أن تكون وحدة ممتعة ومفيدة. نأمل أن تقدم لنا مقترحاتك التي سوف تفيدنا كثيراً.

## أهداف الوحدة

عزيزي الدارس بعد فراغك من قراءة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادرا على:

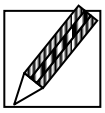
- **تعرف** الفيروس وتصف خصائصه.
- **تشرح** اصل ونشأة الفيروسات.
- **تصف** تركيب الفيروس وتوضح مكوناته الكيميائية.
- **تصف** أحجام وأشكال الفيروسات وأنواع التماثل.
- **توضح** الكيفية التي تزرع بها الفيروسات.
- **تصف** مراحل إصابة الخلايا بالفيروس.
- **تتعرف على** فيروسات البكتيريا وطرق عزلها.
- **تصف** الفاج الشرس والفاج المعتدل وتوضح الفرق بينهما.

## توطئة

**كلمة فيروس Virus معناها باللغة اللاتينية السم Toxin وكانت تطلق على اى مادة تتسم بالسمية والأمراضية.الفيروسات هي اصغر العوامل التقليدية المعدية Infective agents(10−300** نانومتر) وقادرة على إصابة الإنسان والحيوان والنبات والبكتيريا، والأوليات والحشرات والطحالب والفطريات، وتعتبر دقائق Particlesغير خلوية.

تمثل الفيروسات مجموعة من الكائنات الدقيقة الحية،غير الخلوية والتي تختلف عن جميع الكائنات الحية الأخرى. يلاحظ بان الفيروسات على حسب نظم التقسيم الحديثة وضعت فى مملكة مستقلة تسمى مملكة الفيروسات **Kingdom Viratae** . قبل اكتشاف المجهر فاصل الالكتروني اقتصر التعرف على وجودها على مقدرة معلق منها على أحداث المرض حتى بعد ترشيحه خلال المرشحات ذات المسامات الصغيرة جداً (حوالي**2.0** ميكرومتر) التي تمسك بالكائنات الخلوية الأخرى وتسمح فقط بمرور الفيروسات والجزيئات الأصغر من 2.0 ميكرومتر. وبعد اكتشاف هذه العوامل الممرضة القابلة للترشيح أطلق عليها اسم الفيروسات القابلة للترشيح **Filterable Viruses**. في عام **1935**م تمكن عالم النبات الأمريكي وندل استانلي **Wendell Stanley** من ترسيب العامل المسبب لمرض تبرقش التبغ(أو التباكو **Tobacco**) بالكحول في هيئه بلورات بروتينيه والتي يمكن أن تسبب المرض في حالة تذويبها وحقنها في نبات سليم. كان هذا الحدث من أهم الإحداث في علم الفيروسات **Virology**. لقد تجدد الجدل حول عما إذا كانت الفيروسات هي حقيقة كائنات حيه أم غير ذلك. إن قدره بلورات الفيروسات المسببة لمرض تبرقش التبغ **Tobacco mosaic Virus (TMV)** على التكاثر هي من خصائص الكائنات الحية، لان الكائنات الحية هي وحدها التي تتكاثر، من ناحية أخرى تبدو الفيروسات وكأنها غير حيه لأنها تتكون من جزيئات كيميائيه لا تمتلك دورة ايض مستقلة وتعتمد في حياتها وتكاثرها على عوائلها التي تصيبها. تعتبر الفيروسات الآن كائنات حية.

**تدريب (1)**



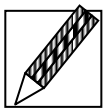
تعتبر الفيروسات كائنات حية، ويعتبرها البعض جزيئات كيميائية ؟ ناقش هذه العبارة.

# 1. خصائص الفيروسات

**تختلف الفيروسات كثيراً عن الكائنات الحية الأخرى وتتميز بالخصائص التالية:**

1. يحتوي الفيروس على حامض نووي ريبوزي منقوص الأوكسجين **Deoxyribonucleic acid** ويرمز إليه د ن أ **DNA** أو حامض نووي ريبوزي **Ribonucleic acid** ويرمز إليه ر ن أ .**RNA** يشكل الحامض النووي **RNA** والحامض النووي **DNA** مجين (مورث) الفيروس أو الجينوم **Genome**.
2. يكون الحامض النووي مغطي بغطاء بروتيني أو بدون غطاء
3. الفيروس طفيلي إجباري **Obligate intracellular parasite** يتكاثر فقط في داخل الخلايا الحية.
4. للفيروس القدرة على نقل مادته الوراثية من خلية عائل لآخر.
5. للفيروس القدرة على توجيه إنزيمات خلية العائل ومركبات أخري لمصلحته واستخدامها في عملية تكاثره.
6. لا يتكاثر الفيروس بواسطة الانقسام الثنائي البسيط الطريقة التي تتكاثر بها البكتريا والكائنات القريبة منها، بل يتكاثر بالاستنساخ المتكرر .**Replication**
7. لا يمتلك الفيروس دورة إيض مستقلة للتحصل على الطاقة ويمد كلية على العائل، ويعتبر خاملاً أيضياً خارج خلايا العائل. يمكن تعريف الفيروسات بأنها دقائق غير خلوية ومعدية ويتكون مجينها (مورثها) أو الجينوم **Genome** من د ن أ (**DNA**) أو ر ن أ (**RNA**) وتتكاثر فقط في داخل الخلايا الحية وتستخدم آلة البناء البيولوجية للخلية المصابة وتوجهها لتصنيع دقائق فيروسية تحتوي على مورثات يمكن نقلها الي خلايا أخري فتصيبها.

**تدريب (2)**



نقول إن الفيروسات طفيليات إجبارية داخل خلوية ماذا نعنى بهذا التعبير.

# 2. أصل ونشأة الفيروسات

إن اصل ونشأة الفيروسات وتطورها غير معروف.من الواضح إن هنالك فروقات بين الفيروسات التي تحتوي على **DNA**وفيروسات **RNA** والفيروسات التي تستخدم **DNA** و **RNA** أثناء دورة الحياة. **لقد قدمت ثلاث نظريات عن اصل الفيروسات.**

**1.النظرية التراجعية Regressive evolution**

الفيروسات عبارة عن أشكال لكائنات منقرضة **Degenerate-life form** فقدت كثيراً من وظائفها الحيوية واحتفظت فقط بالمعلومات الوراثية الضرورية التي تمكنها من معيشة تطفلية.

**2. أصل خلوي Cellular origin**

ربما تكون الفيروسات قد نشأت من مكونات خلوية هربت من آليات التحكم لتصبح مستقلة وقادرة على التكاثر الذاتي.ويعتقد بأن فيروسات دنا **DNA viruses** قد نشأت من الميتوكوندريا أو البلاستيدات أكثر من كونها نشأت من دنا النووي .أما فيروسات رنا **RNA viruses** فقد تكون قد نشأت أو تطورت من قطع رنا رسول **mRNA** واكتسبت القدرة على التكاثر الذاتي وتصنيع بروتين الغطاء .

**3. وحدات مستقلة Independent entities**

نشأت الفيروسات أو خلقت مع بدء الحياة من جزيئات ذاتية التكاثر يعتقد بأنها كانت موجودة منذ القدم في العصر**Primitive Prebiotic RNA World**، وقد كان النشوء في خط موازي **Parallel course** لنشوء الكائنات الخلوية.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1.عرف المصطلحات آلاتية:

أ) الفيروس **Virus**

ب) الفيروسات القابلة للترشبح **Filterable Viruses**

ج) الجينوم **Genome**

2.ضع قائمة بخصائص الفيروسات.

3. أذكر النظريات التي شرحت أصل ونشأة الفيروس.

# 3. تركيب الفيروس Virus Structure

**يسمي جسيم أو وحدة الفيروس المكتمل النمو بالفيريون Virion** وله تركيب وتنظيم معين. أوضحت الدراسة بالمجاهر الالكترونية والأشعة السينية وصورة الحاسوب **Computer imaging** بان الفيروس يتكون من مركز **Core** يحتوي على المادة الوراثية. المكونة من ر ن أ **(RNA)** أو د ن أ **(DNA)** ويكون الحامض النووي أما مفرد الخيط **Single stranded(ss)** ويرمز إليه بـ **ssRNA** أو **ssDNA** أو مزدوج الخيط **Double Stranded** ويرمز إليه بـ **ds RNA** أو **DNA** ds على التوالي. تحتوي معظم الفيروسات على جزئ واحد رنا **(RNA)** أو دنا **(DNA)**، مفرد أو مزدوج الخيط، قد يكون مستقيماً **Linear** أو دائرياً **Circular**، ويحتوي على عدد من النيوكيلوتيدات يتراوح عددها من عدة الآلف إلي حوالي **250000**. في بعض الأحيان يلاحظ أن فيروسات رنا **RNA** مفردة الخيط تتكون من مجين واحد مقسم **Segmented**. يحيط بالحامض لنووي للفيروسي غطاء يسمى كابسيد **Capsid**، يتكون من وحدات بروتينية صغيرة تسمى كل وحدة كابسميرة **Capsomere** . تتجمع هذه الوحدات (الكابسوميرات) حول المادة الوراثية في ترتيب معين لتكون شكلاً مكعبا **Cubical** أو حلزونياً .**Helical** يطلق على الحامض النووي زائداً الغطاء اسم الغطاء النووي.**Nucleocapsid** تمتلك بعض الفيروسات غلافاً خارجياً **Envelope** يحيط بالغطاء النووي (النيوكليوكابسيد) يتكون من بروتين دهني **Lipoprotion**. تسمى الفيروسات ذات الغلاف بالفيروسات المغلفة **Enveloped viruses**،

الفيروسات التي لا تحتوي على غلاف تسمى بالفيروسات العارية **Naked viruses**. يحمل الغلاف الخارجي لبعض الفيروسات أشواكاً **Spikes or peplomers** تميزها وتساعدها في الالتصاق بخلايا العائل، كما أن لها خصائص انتجينية. تختلف نسبة الحامض النووي من فيروس لآخر وتتراوح من **1%** في فيروس الأنفلونزا إلى **50%** في بعض البكترويوفاجات **Bacteriophages** (البكتيريوفاجات هي فيروسات تصيب البكتيريا وتحللها).

**مكونات الفيروس الكيميائية الأخرى:**

**البروتينات**

ذكرنا سابقاً بان غطاء الفيروس (الكابسيد **Capsid**) يتكون من البروتين. بعض الفيروسات تحتوى على بروتينات ترتبط بالحامض النووي مثل بروتينات الهيستون وما يشبه الهيستون. يلاحظ ايضاً وجود ببتيدات واامينات عديدة في بعض الفاجات. يعتقد بان هذه المركبات الكايتونية تساعد عملية طي **Folding** الحامض النووي بربط العقد مع بعضها، كما أن أشواكاً عديدة من الفيروسات تتكون من بروتينات سكريه **Glycoproteins**. يلاحظ ايضاً بان عدداً من الفيروسات تحتوي على واحد أو أكثر من الإنزيمات التي تشارك في تكاثر مكونات أحماضها النووية.

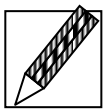
**الدهون**

يتكون غلاف الفيروس غالباً من دهون فوسفوريه **Phospholipids**. تحتوي الفيروسات ايضاً على أنواع مختلفة من دهون سكريه، والديهيدات دهنية ودهون محايدة وكلوسترول حيث تشكل **5−50%** من مكونات الأحماض النووية. الفيروسات الحيوانية المغلفة (فيروس الأنفلونزا وغيره من الفيروسات المخاطية **Myxoviruses**) تكون أشواكها **Spikes من** بروتينات سكرية **Glycoproteins**.

**الكربوهيدرات**

تحتوي كل الفيروسات على كربوهيدرات.سكر الريبوز وسكر الريبوز منقوص الأكسجين يشكلان أحدى مكونات الأحماض النووية. الفيروسات الحيوانية المغلقة (فيروس الأنفلونزا وغيره من الفيروسات المخاطية **Myxoviruses** تتكون أشواكها من بروتينات . **Glycoproteins**

**تدريب (3)**



عزيزي الدارس، حاول إعادة شرح تركيب الخلية الفيروسية مع توضيح مكوناتها الكيميائية وفوائدها.

# 4.حجم وأشكال الفيروسات

# Size and Shape of Viruses

تختلف الدقائق الفيروسية في أشكالها وأحجامها قطر بعض الفيروسات المستديرة حوالي **20** نانومتر **nm** (فاج بكتريا القولون $T_2$) بينما يلاحظ أن فيروس فاكسينيا **Vaccinia** الذي يظهر في شكل الطوبة له أبعاد **250−300** نانوميتر تظهر الفيروسات في أشكال عديدة ومختلفة. وتوجد فيروسات شكلها عصوي صلب **Rigid rod – shaped**(فيروس تبرقش التبغ) أو مرن **Flexible rods**(فيروس اصفرار البنجر). هذه الفيروسات ربما تكون طويلة أو قصيرة أو متعددة الدقائق **Multipartite viruses**، بمعنى أن المادة الوراثية موزعة على دقيقتين أو أكثر منفصلة تماماً، وربما تكون الدقائق مختلفة في طولها. لا تحدث الإصابة إلا إذا اجتمعت الدقائق مع بعضها البعض لتصيب العائل. بعض الفيروسات يوصف شكلها بالباسيللى **Bacilli –form** لأنها تشبه البكتيريا العصوية التي تكون طرفاها مستديرين وليس مستويين، ومن أمثلة ذلك فيروس تبرقش البرسيم الحجازي. بعض الفيروسات تظهر كرويه **Spherical** الشكل عندما تفحص بالمجهر الالكتروني ولكن مع زيادة التكبير تتضح على سطح الكرة أضلعا ويبدو شكل الفيروس مكعبياً متماثل الأضلع **Cubic isometric**، ومن أمثلتها فيروس شلل الأطفال **Polio** وفيروس تزركش الفول. بعض الفيروسات تظهر في شكل

الرصاصة **Bullet shaped** كما في الفيروس المسبب للسعر (داء الكلب)، ويلاحظ إن احد أطراف الفيروس مستديرة مدببه أو منحنية **Curved**والطرف الأخر مستوي. تجدر الإشارة إلى إن الأشكال الكروية أو العصوية أو المستطيلة، مرنة كانت أم صلبة تكون مغلفة **Enveloped** أو عارية **Naked** (بدون غلاف)،إما الفيروسات شكل الطوبة فتكون غالباً مغلفة. بعض الفيروسات تتكون من رأس ايكوزاهيدرالي وذيل حلزوني.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1.صف تركيب الفيروسات ووضح مكوناته الكيميائية.
2. ماذا نعنى بالفيروسات المخاطية ؟
3. أذكر المكونات الكيميائية للفيروسات.
4. عدد أشكال وأحجام الفيروسات.
5. فرق بين الفيروسات العارية والفيروسات المغلقة.

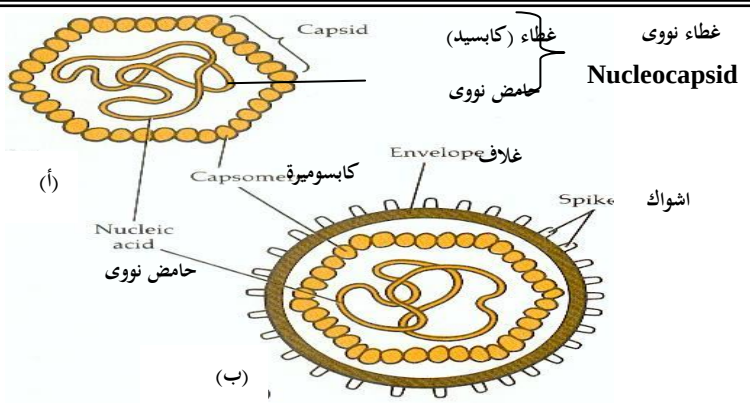
# 5. أنواع التماثل Types of Capsid Symmetry

الكابسيد **Capsid** (أو الغطاء **Coat** أو العلبة أو الصدفة **Shell**)، ويقصد به الغطاء الذي يحيط بالمادة الوراثية، ويتكون من وحدات (أو كابسوميرات **Capsomeres**) متماثلة **Symmetrical** من جزيئات بروتينية **Protein units** هي التي تظهر على سطح الدقيقة الفيروسية، عند فحصها بالمجهر الالكتروني فان ترتيب الوحدات البروتينية وترتيبها حول المادة النووية هو الذي يحدد تماثل الفيروس. الفيروسات ذات الغلاف تكتسب غلافها من الغشاء الخلوي أو الغشاء النووي أثناء خروجها من الخلية.

**يوجد نوعان من التماثل في الفيروسات :**

**النوع الأول: التماثل الايكوزاهيدرالي(المكعبي) Icosahedral Symmetry (Cubical)**

الايكوزاهيدرون **Icosahedron** هو شكل عديد الأضلع **Polyhedron** يتكون من اثني عشر ركناً **Vertices** وعشرين سطحاً مثلثاً **Triangular** وثلاثين ضلعاً مشتركاً **Edges**. عندما تكون الأضلع متساوية **Equilateral** يسمى **Deltahedron** (الشكل رقم1). يوجد الحامض النووي داخل الغطاء (الكابسيد) الايكوزاهيدرالي ويوصف الشكل العام للفيروسات الايكوزاهيدرالية بأنه كروي**Spherical**. بعض الفيروسات محاطة بغلاف **Envelope**. إن مصطلح مكعب الذي يستخدم في دراسة البلورات **Crystals** يستخدم هنا لوصف الفيروسات الايكوزاهيدرالية. إن حجم الفيروس حدده عدد الوحدات البروتينية (الكابسوميرات). عدد الكابسوميرات ثابت في كل فيروس، ولكنه يختلف من فيروس لآخر.



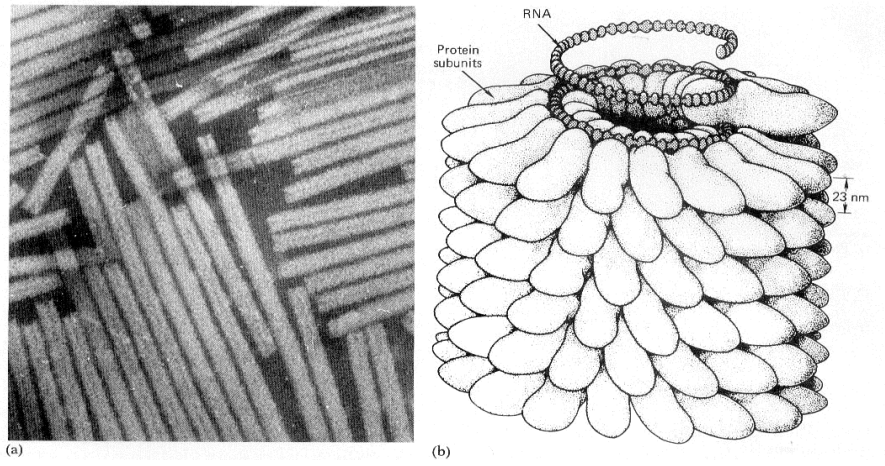

**الشكل(1).يوضح تراكيب وتنظيم الفيروس (أ) فيروس ايكوزاهيدرالى Icosahedral عارى Naked (ب) فيروس ايكوزاهيدرالى مغلف Enveloped.**

**النوع الثاني: التماثل الحلزوني Helical Symmetry**

في هذه الحالة تنتظم الكابسوميرات حول الحامض النووي في ترتيب حلزوني (الشكل رقم2)، معظم الفيروسات الحلزونية مغطاه بغلاف **Envelope** من الخارج يحيط بالغطاء النووي **Nucleocapsid**. تختلف الفيروسات الحلزونية في أشكالها. يمكن أن يكون الشكل كروياً أو عصوياً أو مستطيلاً صلباً أو خيطياً أو متعدد الأشكال **Pleomorphic**. ومن أمثلة التماثل الحلزوني فيروس تبرقش التبغ (التباكو)، وفيروسات السعارRabies، والحصبة **Measles**، والأنفلونزا **Influenza**، يمكن أن يكون الغطاء النووي **Nucleocapsid** حلزونياً في غلاف كروي. البكتيريوفاجات (فيروسات البكتيريا ) لها رأس ايكوزاهيدرالي وذيل حلزوني.وتوصف بأنها فيروسات ايكوزاهيدرالية مذيلة **Tailedicosahedral** .

**الفيروسات المعقدة:**

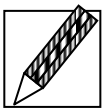
هذا النوع من الفيروسات ليس له تماثل ايكوزاهيدرالي ولا حلزوني.ومثال لذلك فيروسات الجدري **Pox viruses**، فهي من أكبر الفيروسات وشكلها مثل قالب الطوب، محاط بغلاف معقد التراكيب ومعرج ، ثم تليه أرضية **Matrix** من البروتين . يوجد بالداخل جسمان منتفخان يليهما طيات منبعجة ومختصرة.وعلى كل فان فيروسات الجدري من أكبر الفيروسات التي يمكن التعرف عليها بالمجهر الضوئي.




(أ) (ب)

**الشكل(2).(أ) صورة بالمجهر الاكترونى لفيروس تبرقش التبغ (ب) رسم تخطيطى لفيروس تبرقش التبغ يوضح الترتيب الحلزونى للكابسوميرات حول شريط الحامض النووي ر ن ا**

**تدريب (4)**



قارن بين التماثل الايكوزاهيدرالي والتماثل الحلزوني من حيث الشكل والتركيب.

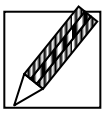
# 6. تأثير العوامل الفيزيائية و الكيميائية على الفيروسات

**تتأثر الفيروسات بالعوامل الفيزيائية والكيميائية بفعل الحرارة والبرودة والجفاف والكلور والفينول والايثر ولكنها تختلف بتأثرها بهذه العوامل.** أما بالنسبة للحرارة فمعظم الفيروسات تتاثر بها، وتفقد نشاطها وقدرتها على الإصابة عندما تتعرض لدرجة حرارة **50 – 60** درجه مئوية لمدة **30** دقيقه، أو درجة **100** لبضع ثوان. الفيروسات الايكوزاهيدرالية أكثر ثباتاً من الفيروسات المغلفة. أما بالنسبة للبرودة Cold فإن بعض الفيروسات تتحملها ويمكن حفظها تحت درجات حرارة منخفضة تصل إلى **70** درجة مئوية تحت الصفر لعدة شهور، ويفضل دائماً حفظ العينات الإكلينيكية في الثلاجة (4°م) قبل إرسالها إلى المختبر لان معظم الفيروسات تموت في درجة حرارة الغرفة(25°م).

بعض الفيروسات تتحمل الجفاف بينما البعض الأخر يموت إذا تعرض للجفاف. فيروس الجدري الإنساني يتحمل الجفاف لعدة شهور بينما فيروسات أخرى تثبط سريعاً. من العادة تكون الفيروسات ثابتة بين رقم حموضة **pH 5 – 9**. بعض منها كالفيروسات المعوية **Enteroviruses** لها مقاومة للحموضة ولكن جميع الفيروسات تفقد ثباتها في الظروف القلوية.

تتأثر الفيروسات ببعض المواد الكيميائية ولكنها تختلف في حساسيتها لهذه الكيميائيات. عموماً تتأثر الفيروسات ذات الغلاف الدهني بالمذيبات العضوية كالأيثر والكلوروفورم، بينما الفيروسات المعراة أكثر مقاومه لها.

**تدريب (5)**



هل لك أن توضح تأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية على الفيروسات.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. وضح أنواع التماثل في الفيروسات.
2. ماذا نقصد بمصطلح الكابسيد Capsid ؟
3. عدد العوامل الفيزيائية والكيميائية التي تؤثر على الفيروسات.
4. ضع علامة (T) على الإجابة الصحيحة وعلامة (F) على الإجابة الخطأ

أ) من أمثلة التماثل الحلزوني تبرقش التبغ.

ب) فيروس الجدري يموت إذا تعرض للجفاف.

ج) تتأثر الفيروسات ذات الغلاف الدهني بالمذيبات.

د) عدم ترتيب الوحدات البروتينية هو الذي يحدد نوع التماثل في الفيروس.

# 7. زراعة الفيروسات Cultivation of Viruses

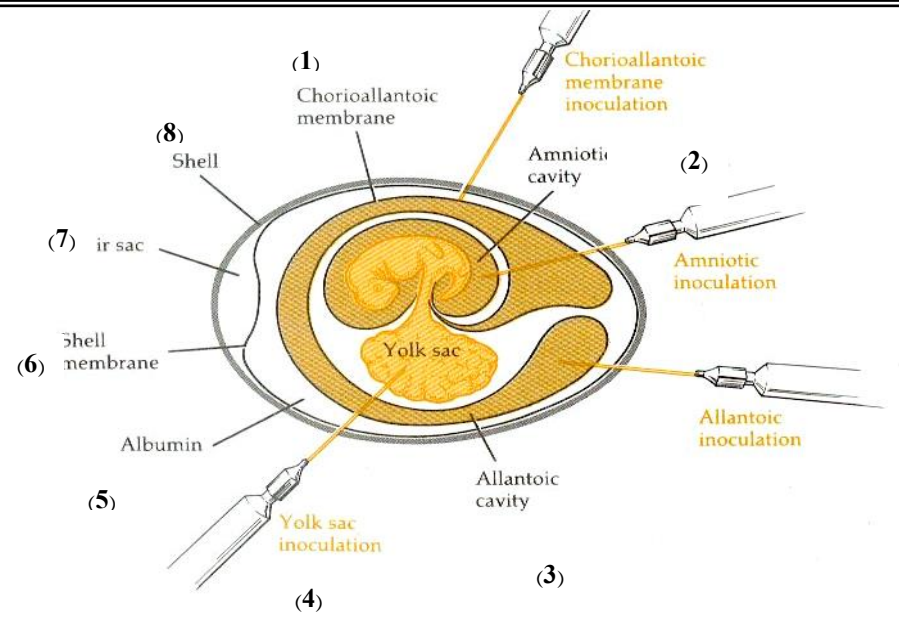
بما أن الفيروسات إجبارية التطفل **Obligate Pasasites** فهي إذا تحتاج لخلايا حيه تتكاثر في داخلها. **تزرع الفيروسات في خلايا حيه بإحدى الطرق التاليه:**

1. **الحيوانات المعملية Laboratory Animals**

اعتاد المشتغلين بالفيروسات زراعتها في الحيوانات المعملية القابلة للإصابة مثل الأرنب والقرود وخنزير غينيا. يمكن زراعة الفيروسات تحت جلد الأرانب أو في قرنية العين أو في الدماغ .

## 2. مزارع أجنة الدجاج Chick Embryos

نجح العالم جود باستور **Good Pasture**عام **1931** في زراعة الفيروسات في البيض المخصب الذي يحتوي على أجنة. يستخدم البيض بعد وضعه في حضان لفترة 7–15 يوماً ثم يحقن الفيروس في غشاء الجنين السقائي المشيمائي **Chorio-allontoic membrane** أو في التجويف السقائي **Allantoic cavity** أو التجويف السلائي **Amniotic cavity**، أو في كيس المح **Yolk sac** أو في الجنين نفسه (الشكل 3) وذلك من خلال عمل فتحة في قشرة البيض، ثم يضاف عادة مضاد حيوي **للقاح Inoculum** ليمنع نمو البكتيريا. يحقن البيض في درجة حرارة مناسبة (37م) لعدة أيام. تستعمل هذه الطريقة لتحضير عدد من اللقاحات أو الفاكسينات **Vaccines** ضد الهربس والجدري الإنساني والحمي الصفراء والأنلفونزا وغيرها، ولدراسة الفيروسات وتشخيصها. تكون بعض الفيروسات (فيروس الجدري والهيربس) بثور **Pocks** على غشاء الجنين، ويلاحظ أن فيروس التهاب المخ **Encephalitis virus** يقتل الجنين. فيروس الأنفلونزا يكون أجسام مضادة للخلايا الحمراء في سائل الجنين ويظهر تفاعل تلزن دموي **Hemagglutination** في سائل التجويف السلائي.



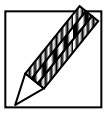

**الشكل (3). يوضح تركيب بيضه مخصبة والأماكن التي يحقن فيها الفيروس**

(1) الغشاء السقائي المشيمائي (2) التجويف السلائي (3) التجويف السقائي (4) كيس المح
(5) بياض البيض (6) غشاء القشرة (7) كيس الهواء (8) القشرة

**. المزارع النسيجيه Tissue Cultures**

تستخدم المزارع النسيجية في زراعة الفيروسات لأنها تعتبر طريقه رخيصة وتوفر إنتاجيه اكبر. تؤخذ خلايا أو أنسجة من أعضاء القرود أو الفئران أو الدجاج أو الإنسان مثل الكلى والرئة والكبد. فيروس واحد يمكن أن ينمو في أكثر من نوع واحد من الخلايا، ولكن يفضل دائماً اختيار النسيج المناسب لكل فيروس. يؤخذ النسيج ويفكك إلى معلق من خلايا منفرده أو كتل صغيرة بفرمها ميكانيكياً، ثم تعالج بوساطة الإنزيمات المحللة للبروتينات مثل التربسين **Trypsin**، ثم يغسل الإنزيم بمحلول ملحي ثم توضع الخلايا في بيئة خاصة تحتوي على متطلبات نموالخلايا. يوضع معلق الخلايا في وعاء ( أنبوبة أو طبق بتري ). تنمو الخلايا وتترسب على جدار الوعاء وتكون نسيج وحيد الطبقة **Monolayer** ، ثم يحصن النسيج بالفيروس المراد زراعته. يسمى هذا النوع من المزارع بالمزارع الأولية **Primary cultures** . تستخدم ايضاً خلايا ثنائية المجموعة الصبغية التي تشتق من المزارع الابتدائية وعلى الأخص الجنينية منها. توجد ايضاً مزارع خلوية مستمرة (خطوط خلوية ) لها القدرة على التكاثر والانقسام في المعمل إلى ما لانهاية. عدد من اللقاحات أو الفاكسينات **Vaccines** تحضر بزرعها في المزارع النسيجية.

## تدريب (6)



هل يمكنك بعد دراستك للجزء السابق توضيح الطرق التي تستخدم في زراعة الفيروسات ؟

# 8. الإصابة الفيروسية

تحتاج الفيروسات لخلايا حية تتكاثر فيها. تتكاثر الفيروسات على حساب خلايا العائل المصابة التي تقدم الطاقة والمواد المبدئية اللازمة التي يحتاج إليها الفيروس لبناء البروتينات ومادته الوراثية. تستخدم عادة الفاجات **Phages**(الفيروسات التي تصيب البكتيريا ) في دراسة تجارب تكاثر الفيروسات وعلى وجه الخصوص فاجات بكتيريا القولون ***E.coli*** التي تحمل الأعداد الزوجية $T_2$ ،$T_4$ ، $T_6$ . أن عملية تكاثر فيروسات البكتيريا تشابه التكاثر فى خلايا الكائنات الحية، ويمكن تلخيص عملية إصابة الفيروسات في خطوات تشمل الادمصاص **Adsorption**، والاختراق **Penetration**، والتقشير **Uncoating**، والنسخ **Transcription**، والتجميع **Assembly**، ومرحلة التحرر **Release**.

**طور الالتصاق والادمصاص Attachment and Adsorption**

الادمصاص **Adsorption** يتطلب أولا اتصال **Attachment** أو التصاق الفيروس بسطح خلايا عائل قابل للإصابة **Susceptible**. يتم الاتصال بوساطة تراكيب شكلية وكميائية على السطح الخارجي للفيروس، ولوجود مواقع استقبال خاصة **Receptor sites** نوعية لهذا الفيروس على السطح الخارجي للخلايا التي يصيبها.عدد من الفيروسات تمتلك امتدادات أو أشواك تساعدها في الالتصاق بخلية العائل، ومن أمثلة ذلك الفاجات البكتيرية من النوع **T** التي تستعمل خيوطها **Fibres** للالتصاق بجدر الخلايا البكتيرية، وكذلك فيروسات الأنفلونزا والحصبة والسعال والإيدز وغيرها، تمتلك امتدادات أو أشواك بروتينية معظمها بروتينات سكرية **Glycoprteins** تساعدها بالاتصال بسطح الخلايا. توجد أيضا تراكيب كميائية خاصة مثل بروتين أ (**A** ) في فيروس شلل الأطفال، والألياف **Fibres** في فيروس الغدد ادينو **Adeno virus** وغير ذلك. توجد مواضع استقبال خاصة على سطح خلايا العائل على شكل تراكيب كميائية نوعية. أنواع معينة من الفيروسات تتفاعل مع **Interact** مواضع الاستقبال وترتبط بها. إن التصاق الفيروس بالخلية يتبعه ادمصاص الفيريون بشدة لموضع الاستقبال.

وتجدر الإشارة إلى أن عملية الادمصاص تتوقف على درجة الحرارة والقوة الأيونية **Ionic strength** ووجود كاتيونات **Cations** خاصة ثنائية التكافؤ **Divalent**، كما أنها عملية عكسية، بمعنى أن الادمصاص أو الارتباط يمكن أن ينفك ويرجع الوضع لحالته الأولى.

الاختراق (الدخول ) والتقشير **Penetration( Entry) and Uncoataing.**

**الفيروس أو مجين الفيروس يجب أن يدخل سيتوبلازم الخلية قبل تكاثره. يعتقد بان الفيروسات تدخل الخلايا بإحدى الطرق التالية:**

**الطريقة الأولى: الاختراق المباشر**

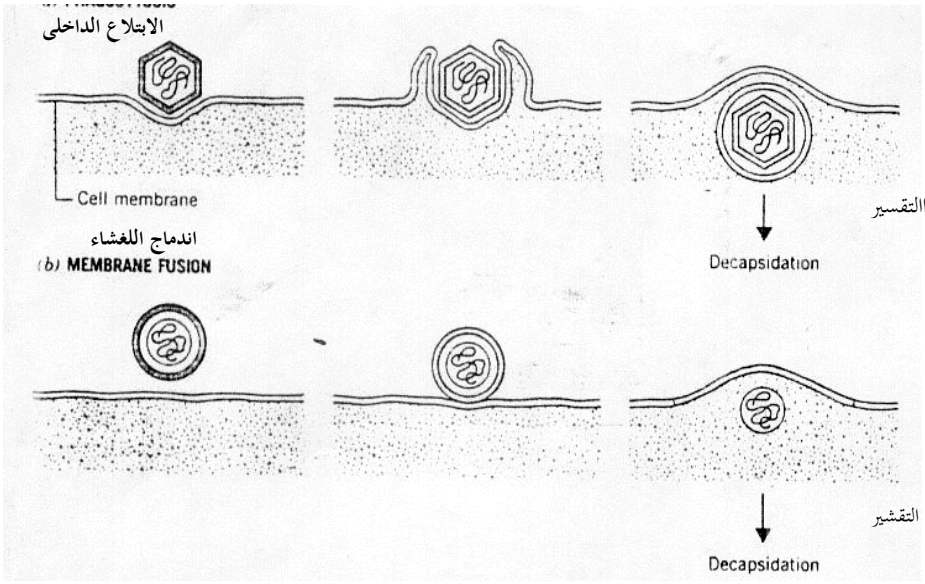
بعض الفيروسات غير المغلفة مثل فيروس شلل الأطفال تدخل مباشرا للخلية من خلال الغشاء البلازمي. يتطالب هذا توسيع المسافات فى الغشاء الخلوي بحيث يسمح بمرور الفيريونات للداخل.

**الطريقة الثانية: الابتلاع الداخل Endocytosis**

يلتصق الفيروس بمناطق استقبال على سطح خلايا العائل، ويبتلع كاملا فى عملية تسمى بلعمة **Endocytosis or Viropexis**، ثم يتبع ذلك عملية تقشير **Decapsidation (Uncoating)** يزال فيها غطاء الفيروس (الشكل 4)، ومثال لذلك فيروس جدري الإنسان **Smallpox virus.**

**الطريقة الثالثة: اندماج الغشاء Membrane fusion**

غالبية الفيروسات ذات الغلاف تلتصق بغلافها المكون من بروتينات أو بروبيات دهنية بسطح غشاء خلية العائل، يتبعه ترتيب ميكانيكي يسمح بدخول الغطاء النووي **Nucleocapsid** فدى سيتوبلازم الخلية، ويبقى غلاف الفيروس ملتصقا بغشاء خلية العائل
من الخارج ومثال لذلك فيروس الإيدز **(HIV)** (الشكل4).




**الشكل(4) دخول الفيروس**

**( أ) الابتلاع الداخلى Pinocytosis**

**(ب) اندماج غلاف الفيروس مع خلية العائل**

**بالمفصليات By Arthropods**

بعض الفيروسات التي تصيب الإنسان والحيوان والنبات تنقل بوساطة المفصليات **Arthropods** ذات الفم الثاقب الماص.

وبما أن غالبية الفيروسات المكونة من **DNA** تتكاثر في نوي خلايا العائل فلابد إذاً من دخول الحامض النووي في النواة قبل أو بعد عملية التقشير. ويقصد بالتقشير إزالة الغطاء (الكابسيد **Capsid**) التي تحدث إما بفعل الإنزيمات المحللة لبروتينات الغطاء أو نتيجة لتغيرات فى الاس الهيدروجينى **pH changes** فى الجسم الداخلي **Endosome** الذي يصبح حمضيا **Acidic.**

## تدريب (7)

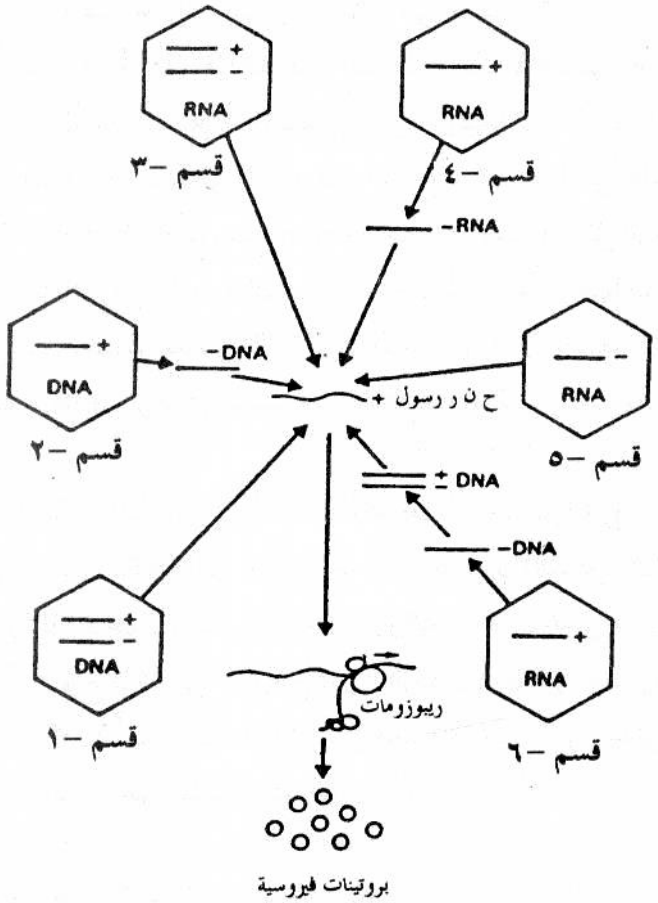
تعتبر الفاجات $T_2$ و $T_4$فيروسات مزدوجة التماثل وضح هذه الجملة.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1. عدد طرق زراعة الفيروسات.
2. .ما هي الفاجات.
3. كيف تحدث الإصابة الفيروسية.
4. ما هي خطوات عملية الإصابة.
5. أذكر طرق اخترق الفيروس لسيتوبلازم الخلية قبل التكاثر.

# 9. التكاثر وأطواره

بعد أن يدخل مجين (مورث) الفيروس خلية العائل، فانه يبقى فى السيتوبلازم أو يرحل إلى النواة وذلك على حسب نوع الفيروس. تكاثر الفيروس يحتاج لنسخ **Translation**أو تخليق ر ن أ رسول **mRNA** يحمل الشفرة لتخليق الإنزيمات والبروتينات التي يحتاج إليها الفيروس في عملية تكاثره. قد قام ديفيد بالتيمور **David Baltimore**بتقسيم الفيروسات إلى ستة أقسام حسب الكيفية التي يخلق بها رنا الرسول **mRNA** (الشكل5) وعلى اى حال فان المعلومات تنتقل من المورث إن كان **RNA** أو **DNA** في شكل شفرات **Codons** تترجم إلى بروتينات فيروسية فى السيتوبلازم، وقد يكون المورث **Genome** مكونا من قطعة واحدة أو أكثر من قطعة.




The routes by which different viruses make mRNA

**الشكل(5). الطرق المختلفة التى يخلق بها الحامض النووي الرسول mRNA**

**الترجمة المبكرة (الجينات المبكرة ): ( Early genes) Early translation**

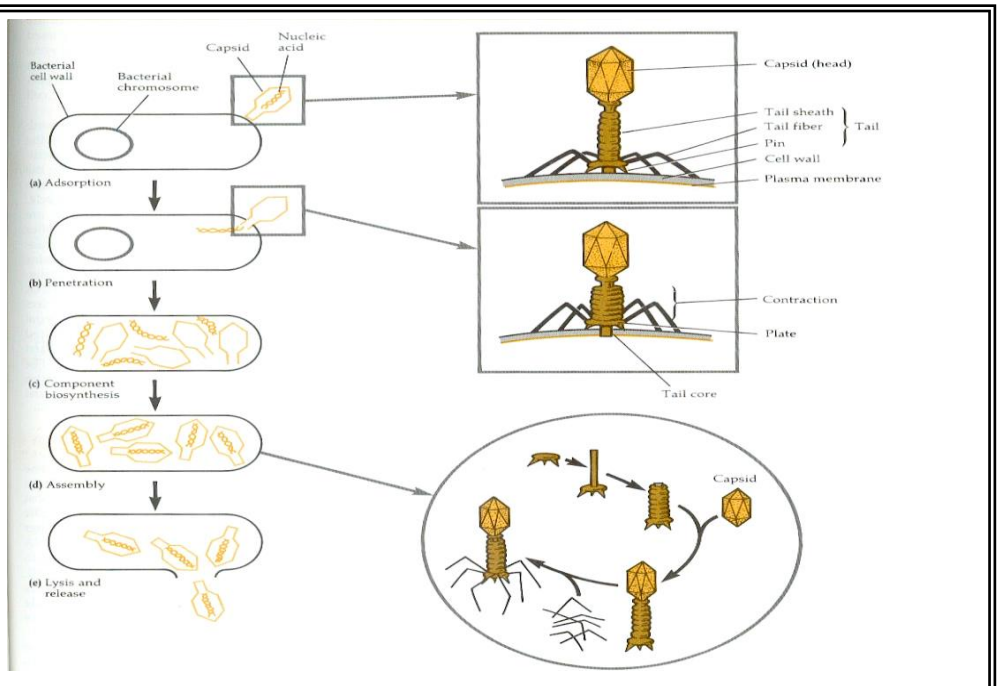
قبل تضاعف المادة الوراثية للفيروس تنسخ بعض الجينات (المورثات) الى ر ن ا رسول مبكر **Early mRNA**وذلك لتخليق بروتينات مبكرة Early **proteins**، اغلبها إنزيمات تتعلق بتخليق الحامض النووي.

**بروتينات متأخرة ( الجينات المتأخرة (Late genes) Late proteins**

فى هذه المرحلة وبعد أن يتضاعف جينوم الفيروس يتكون رنا رسول متأخر Late **mRNA** أما فى السيتوبلازم أو النواة على حسب نوع الفيروس. المنسوخات التي تخلق في النواة ترحل للسيتوبلازم نشطه حيث تكون جاهزة للترجمة المتأخرة. يقصد بالترجمة المتأخرة تخليق البروتينات المتاخره التي تشارك فى تكوين الغلاف **Capsid** أو في الأرضية **Matrix** أو إنزيمات توجد بداخله أو إنزيمات غير تركيبية تؤدى وظيفة تنظيمية .

**النضج ( التجميع ) Maturation (Assembly)**

تتجمع أجزاء الفيروس لتشكل فيريونات جديدة، إما في نواة العائل أو في السيتوبلازم، وذالك حسب نوع الفيروس. الوحدات البروتينية ( الكابسوميرات **Capsomeres**) للفيروسات الايكوزاهيدرالية **Icosahedral** تتكثف أولا لتكون الغطاء وذالك فى عدم وجود الحامض النووي الذي يدخل الغطاء لاحقا ليتكون الغطاء النووي. **Nucleocapsid**. أما فيروسات رنا **RNA viruses** ذات التماثل الحلزوني فيتشكل الغطاء فى وجود الحامض النووي. تنتظم الكابسوميرات حول الحامض النووي لتشكل الغطاء النووي. أما فيروسات البكتيريا ثنائية الشكل (البكتيريوفاجات) **Bacteriophages**، فان وحدات الفيروس (الرأس، والمادة الوراثية، والذيل والالياف) تخلق كل على حدة، ثم تتجمع هذه الوحدات لتشكل الفيروس (الشكل رقم6).




**الشكل(6) دورة تكاثر بكتيريوفاج ت رقم زوجى T- even (أ) الادمصاص (ب) الاختراق (الدخول) (ج) تخليق مكونات الفيروس (غلاف الفيروس والحامض النووي DNA (د) النضوج(تجميع مكونات الفيروس (هـ) تحلل خلية العائل وتحرر الفيروس**

**تحرير الفيروس Release**

تتحرر بعض الفيروسات وتنطلق فى الوسط الخارجي بعد أن تحطم الغشاء السيتوبلازمى لخلية العائل مما يؤدى إلى موت الخلايا. تتحرر بعض الفيروسات بطريقة شبيهة بعكس البلعمة **Reverse phagocytosis** دون أن يؤثر ذلك على الغشاء البلازمي للخلية المصابة. الفيروسات ذات الغلاف والتي تخلق في السيتوبلازم تكتسب الغلاف أثناء خروجها خلال الغشاء البلازمي بالتبرعم **Budding** حيث يحيط جزء من الغشاء البلازمي بالغطاء النووي أثناء خروجه ويصبح غلافا له. نفس الشيء ينطبق على الفيروسات المغلفة **Enveloped** التي تتكون في النواة، فهي تكتسب الغلاف من الغشاء النووي أثناء خروجها.

# 10. فيروسات البكتيريا

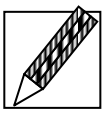
فى عام **1915م** اكتشف تورت **Twort** الإنجليزي عوامل دقيقة تصيب البكتيريا وتحللها. هذه العوامل قابلة للتشريح خلال المشرحات البكتيرية. اكتشف ديريل **D,Herelle** نفس الظاهرة عام **1917م** سمي ديريل هذه العوامل بكتيريوفاجات **Bacterophages** (اختصارا فاجات **Phages**) ومعناها آكلات أو لاقمات البكتيريا. لم يكن العلماء ملمين بطبيعة هذه العوامل المعدية حتى عام **1935** عندما تمكن استانلى **Stanley** من ترسيب العامل المسبب لتبرقش نبات التبغ (

التباكو **Tobacco**) فى شكل بلورات بروتينية بالكحول. أتضح فيما بعد بان الفاج يتكون من حامض نووي **DNA** أو**RNA** مفرد أو مزدوج الخيط ومحاط بغطاء بروتيني. ونسبة لسهولة زراعة الفاجات، يستخدمها علماء الأحياء الدقيقة في دراسة الفيروسات والبيولوجيا الجزئية.

لفيروسات البكتيريا أشكال مختلفة، يمكن أن يكون الشكل ايكوزاهيدرالى، أو خيطي، أو كروي، أو مركب **Binal** له راس وذيل. توجد الفاجات فى كثير من البيئات الطبيعية مثل مياه المجارى، وفضلات الإنسان والحيوان وخلايا الحيوان والنبات المريضة والتربة والمياه. ويمكن عزل الفاجات من المصدر الطبيعي بوساطة مرشح غشائي بكتيري الذي يمسك البكتيريا ويسمح فقط بمرور الفاجات. يخلط جزء من الراشح **Filtrate** مع مزرعة نامية للبكتيريا العائل. تحضن المزرعة تحت درجة حرارة مناسبة. فإذا كان الفاج المرغوب فيه موجودا فى البيئة الطبيعية، فهو يتكاثر ويحلل البكتيريا العائل وتصبح المزرعة رائقة. يمكن أيضاً استخدام الأوساط الصلبة لعزل الفاجات.

يوجد أساساً نوعان من الفيروسات البكتيرية: فيروسات شرسة محلله للبكتيريا **Lytic** أو **Virulent** وفيروسات معتدلة **Temperate**. عندما يصيب النوع الشرس خلايا البكتيريا، فانه يتكاثر وينتج عددا كبيرا من الفاجات التي تتحرر بعد أن تتحلل البكتيريا، وهذا ما يعرف بالدورة التحللية **Lytic cycle**. أما في حالة الإصابة بالفاج المعتدل فان الحامض النووي الفيروسي الذي يحقن فدى البكتيريا العائل فانه يلتحم **Integrates** مع كروموسوم الخلية البكتيرية ويعرف بالفاج الأولى **Prophage**، أو يبقى حراً (غير مرتبط بالكروموسوم) فى شكل دائري. وحالة ارتباط الفاج الأولى بالكروموسوم البكتيري تعرف باللايسوجنى **Lysogeny** ، والبكتيريا العائل يطلق عليها اسم مولدة التحلل اى لايسوجين **Lysogen**. إن مورث الفاج الملتحم يتكاثر كلما تكاثر مورث الخلية البكتيرية معا كوحدة واحدة، جيلا بعد جيل. ويلاحظ إن عدداً قليلاً من الفيروسات المعتدلة يمكن أن تفك ارتباطها من الكر وموسومات البكتيرية بعد عدة أجيال، ثم تصبح شرسة Virulent وتتكاثر مؤدية إلى تحلل البكتيريا.

**تدريب (8)**



هل بإمكانك وضع فروقات بين بكتيروفاج وخلية بكتيرية ؟

**الفيرويدات Viroids**

الفيرودات عبارة عن قطع صغيرة من ر ا ن **RNA** مفرد الخيط **ssRNA** دائري ومعدي ووزن الجزيء صغير **(110-10×310)** دالتون **Dalton**. تسبب الفيرويدات عدة أمراض هامة للنبات والمحاصيل مثل البطاطس والخس وبعض الموالح الخ. لا تمتلك الفيرويدات غطاء بروتنى (عاري) لكنها تمتلك القدرة على التكاثر فى الخلايا النباتية. ويعتقد بان الفيرويدات تسبب المرض بتداخلها **Interference** مع تنظيم المورث**regulation** Gene .ا لدلائل الحالية تشير إلى إن الأحماض النووية الشبيهة بالفيرويدات توجد فى كائنات أخرى غير النباتات الراقية ويمكن أن تكون مسؤولة عن أمراض معينة في الإنسان والحيوان ومثال لذلك العامل المسبب للالتهاب الكبد (دلتا**(Delta (D)** . من غير المعلوم حتى الآن الطريقة التي تنجو بها الفيرويدات من فعل الإنزيمات المحللة للمادة الوراثية **Nucleases** فى الخلايا الحيوانية.

**البريونات Prions**

البريونات هي عوامل معدية للإنسان والحيوان وتتكون جزيئاتها من البروتين ووزنها **(27000** دالتون**)**. البريونات حساسة للإنزيمات المحللة للبروتين ولكنها لاتتأثر بالإنزيمات المحللة للحامض النووي لأنها لا تحتوي على **DNA** أو **RNA** ومن غير المعروف الطريقة التي تتكاثر بها البريونات مع العلم بان الحامض النووي هو الذي يتكاثر. توجد مجموعة من هذه العوامل البروتينية الممرضة للإنسان والحيوان وتسبب عدداً من الأمراض التي لها تأثيرات مرضية على الجهاز العصبي ولها فترة حضانة طويلة تتراوح بين شهرين وعقود وتؤدى فى النهاية إلى الموت المحتوم. **ونذكر بعض الأمراض التي تسببها البريونات مثل :**

- المرض المخى الإسفنجي في الأبقار المعروف باسم جنون البقر

- مرض كورو **Kuru** فى الإنسان
- مرض كرتزفيلت – جاكوب فى الإنسان
- الحكاك **Scrapie** (النتاف)، مرض يصيب الأغنام والماعز.

**أسئلة تقويم ذاتي**

1.عرف المصطلحات الآتية:

أ) فيروس معتدل **Temperate phage**

ب) فيروس شرس **Virulent phage**

ج) لايسوجينى **Lysogeny**

د) الفيرويدات **Viroids**

و) البريونات **Prions**

2. ما معنى بكتيريوفاج **Bacteriophage** ومن العالم الذي أقترح هذا الاسم ؟

3. ما هي أنواع الفيروسات البكتيرية.

4.صف طرق عزل الفيروس.

5. أشرح أطوار طرق تكاثر الفيروسات الحيوانية.

# الخلاصة

عزيزي الدارس، بدأت الوحدة بتعريف عن مصطلح فيروس والتي تعنى باللغة اللاتينية السم **Toxin** وهى دقائق غير خلوية، ومعدية وقادرة على إصابة الإنسان والحيوان والنبات والبكتيريا والحشرات والطحالب والفطريات. والفيروسات تختلف عن الكائنات الدقيقة الاخرى في كونها غير خلوية، وقد وضعت في مملكة منفصلة تسمى مملكة الفيروسات. تتميز الفيروسات بخصائص منها أن الخلية تحتوى على حامض نووي ريبوزي ويرمز إليه **RNA** أو حامض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين ويرمز له ب**DNA**. يغطى الحامض النووي غطاء بروتيني. وللفيروس القدرة على نقل مادته الوراثية من عائل لآخر، ويتكاثر بالاستنساخ.

تسمى وحدة الفيروس المكتمل النمو بالفيريون ولها تركيب وتنظيم معين. يتكون الفيريون من مركز يحتوى على المادة الو راثية **RNA** أو **DNA** ويكون الخيط أو الشريط النووي إما مفرداً (يتكون من شريط واحد ) أو مزدوجاً ( يتكون من شريطين ). يحيط بالحامض النووي غطاء من وحدات بروتينية وربما يكون للفيرون غلاف خارجي يتكون من الدهون وتسمى الفيروسات في هذه الحالة بالفيروسات المغلفة، وتلك التي لا تحتوى على غلاف تسمى الفيروسات العارية. بعض الفيروسات تمتلك زوائد أو أشواك تساعدها على الالتصاق بالعائل.

تحتوي بعض الفيروسات على مكونات كيميائية كالبروتين، الدهون والكاربوهيدرات. للفيروسات أشكال وأحجام مختلفة ولها نوعان من التماثل، التماثل المكعبي والتماثل الحلزوني.

أتضح أن العوامل الفيزيائية والكيميائية لها تأثير على نشاط وحيوية الفيروس. الحرارة لها تأثير واضح عند زيادتها وعند البرودة وتفقد الفيروسات نشاطها عندما تتعرض لدرجة حرارة **50-60** م أو درجة مائة لبضعة ثوانٍ. تتحمل بعض الفيروسات البرودة وتختلف في تحملها للجفاف. أن المواد الكيميائية كالأيثر والكلوروفورم لها تأثير على الفيروسات ذات الغلاف الدهني بينما الفيروسات المعراة أكثر مقاومة.

وبما أن الفيروسات إجبارية التطفل فإنها تزرع في خلايا حية مثل زراعة الأعضاء (خزعة أو شرائح من الكلى والكبد) أو زراعتها في الحيوانات المعملية القابلة للإصابة مثل الأرانب والقرود. وتزرع الفيروسات أيضا في مزارع أجنة الدجاج (في البيض المخصب)، وفي المزارع النسيجية وهى خلايا من أنسجة أعضاء القرود والفئران والدجاج أو الإنسان.

تشمل عملية إصابة الفيروسات عدة خطوات:الأدمصاص، الاختراق، التقشير، النسخ التجميع ومرحلة التحرر.

وأخيرا كان الحديث عن فيروسات البكتيريا، منها فيروسات بكتيرية شرسة محللة للبكتيريا وفيروسات معتدلة. أما الفيرويدات فهي قطع صغيرة من **RNA** مفرد الخيط ومغلق وتصيب النباتات وربما الإنسان والحيوان. أما البريونات فهي عوامل معدية للإنسان والحيوان وتتكون جزيئاتها من البروتين.

# إجابات التدريبات

**تدريب(1)**

الفيروسات هي مجموعة من الكائنات الدقيقة الحية، غير خلوية وتختلف عن جميع الكائنات الحية الأخرى. وأن مقدرة الفيروسات على التكاثر، هي من خصائص الكائنات الحية لان الكائنات الحية هي وحدها التي تتكاثر، ومن ناحية أخرى تبدو الفيروسات وكأنها غير حية لأنها تتكون من جزيئات كيميائية. لا تمتلك الفيروسات دورة ايض مستقلة وتعتمد في حياتها وتكاثرها على العائل. ويمكن تحضيرها في صورة بلورات نقية.وعليه فإن بعض العلماء يعتبرونها مجرد وحدات فيزيائية – كيميائية خاملة ،إن كل الكائنات تظهر خاصيتين هما البقاء **Existence** (الوجود) والاستمرارية **Continuity**. الفيروس يحتوي على مادة وراثية ( **DNA** أو **RNA** ) التي تعتبر أهم تراكيب الكائن الحي وهي تلعب الدور في حيويته وبقائه. بجانب ذلك فإن الفيروسات قادرة على التكاثر من خلال تضاعف المادة الوراثية مما يضمن وجودها وبقائها جيلاً بعد جيل.

**تدريب (2)**

الفيروسات طفيليات إجبارية تصيب الخلايا الحية، ولا تمتلك دورة ايض مستقلة لتحصل على الطاقة، وتعتمد كلية على العائل، وتستخدم آلية البناء البيولوجية للخلية المصابة وتوجهها لتصنيع دقائق فيروسية تحتوي على مورثات يمكن نقلها إلى خلايا آخرى.

**تدريب(3)**

تتكون الخلية الفيروسية من مركز به المادة الو راثية المكونة من **RNA** أو **DNA** وتحتوي على نيوكليوتيدات. يحيط بالحامض غطاء من وحدات بروتينية تسمى كابسيد **Capsid**. ويطلق على الحامض النووي زائداً الغطاء اسم الغطاء النووي **Nucleocapsid** . بعض الفيروسات تمتلك غلافاً خارجياً يحمل أشواك تساعد في التعرف على الفيروس والالتصاق بخلايا العائل، كما أنها انتيجينية أي مولدة للأجسام المضادة.

يتكون الفيروس من المواد الكيميائية آلاتية:

1) البروتينات: ترتبط بالحامض النووي مثل بروتينات الهيستون، وأمينات وبيتيدان.
2) الدهون: وهي دهون فسوفورية تشكل بنسبة **5-50%** من محتوى الفيروس.
3) الكاربوهيدرات: مثل سكر الريبوز والريبوز المنقوص الأكسجين في الحامض النووي.

**تدريب(4)**

مقارنة بين التماثل المكعبي والتماثل الحلزوني.

| الصفة | التماثل المكعبي (الايكوزاهيدرالي) | التماثل الحلزوني |
|---|---|---|
| **الشكل** | عديد الأضلع يتكون من عشرين سطحاً مثلثاً وثلاثين ضلعاً مشتركاً واثني عشر ركناً ويوصف بأنه كروي الشكل. | تختلف الفيروسات الحلزونية في أشكالها، إما أن تكون كروية أو بيضية أو عصوية أو مستطيلة أو خيطية أو تشبه الرصاصة أو متعددة الأشكال. |
| **الغطاء (الكابسيد)** | يتركب من عدد من الوحدات البروتينية تنتظم في مثلثات وعددها ثابت في كل فيروس ولكن يختلف العدد من فيروس لآخر. | تنتظم الوحدات البروتينية حول الحامض النووي في ترتيب حلزوني وغالباً ما يكون مغطى بغلاف خارجي. |

**تدريب(5)**

تأثير العوامل الفيزيائية على الفيروسات.

الفيروسات تتأثر بالحرارة والبرودة والجفاف. بالنسبة للحرارة فإن معظم الفيروسات تتأثر وتفقد نشاطها عندما تتعرض لدرجة حرارة **50-60** درجة مئوية لمدة **30** دقيقة أو درجة**100** لبعض ثوان.

بالنسبة للبرودة: فإن الفيروسات تتحمل البرودة ويمكن حفظها في درجات حرارة منخفضة تصل إلى **70** درجة مئوية تحت الصفر لعدة شهور، ومعظمها يتحمل الجفاف(فيروس الجدري).

تتأثر الفيروسات ببعض المواد الكيميائية ولكن تختلف في حساسيتها لهذه الكيميائيات. الفيروسات المغلفة تتأثر بالايثر والكلوروفورم أما الفيروسات المعراة أكثر مقاومة لها.

**تدريب(6)**

هنالك عدة طرق لزراعة الفيروسات في الخلايا الحية:

1) الحيوانات المعملية مثل الأرانب والقرود.

2) مزارع أجنة الدجاج: يستخدم البيض المخصب الذي يحتوي على أجنة بعد تحضينه لفترة معينة.يحقن البيض فى غشاء الجنين السقائى المشيمائي أو فى التجويف السقائي أو التجويف السلائي أو فى كيس المح وذلك من خلال عمل فتحة فى قشرة البيض. يضاف مضاد حيوي للقاح لمنع نمو البكتيريا ثم يحضن البيض فى درجة حرارة مناسبة.

3) المزارع النسيجية: توخذ أنسجة من أعضاء القرود أو الفئران أو الإنسان يؤخذ النسيج ويفكك إلي خلايا منفردة وذلك بوساطة الإنزيمات المحللة للبروتينات يزال الإنزيم من الخلايا بغسله بمحلول ملحي ثم تنمى الخلايا في بيئة خاصة في وعاء (أنبوبة أو طبق بتري). تترسب الخلايا على جدار الوعاء وتكون نسيج وحيد الطبقة.يحقن النسيج بالفيروس ويحضن.عدد من القاحات يحضر بزرعها في المزارع النسيجية.

**تدريب(7)**

تعتبر الفاجات $T_2$ و $T_4$ فيروسات مزدوجة التماثل لان الرأس مكعبي والذيل حلزوني

**تدريب(8)**

نجد أن الفروقات بين البكتيريوفاجات والخلية البكتيرية يتمثل في الآتي:

البكتيريوفاجات هي كائنات غير خلوية وتنتمي لمملكة الفيروسات بينما البكتيريا كائنات خلوية بروكاريوتية تنتمي لمملكة البروكاريوتات. لا يمكن تنمية الفيروسات فى أوساط غير حية،

وتتكاثر بالاستنساخ ، بينما يمكن تنمية البكتيريا فى المعمل فى أوساط اصطناعية وتتكاثر بالانقسام البسيط. يحتوى البكتيريوفاج على مادة وراثية **RNA** أو **DNA** ولا توجد به ريبوسومات بينما تحتوى البكتيريا على **RNA** و**DNA** .وتحتوي على ريبوسومات .الفيروسات عموماً لا توجد بها أنظمة مولدة للطاقة وغير حساسة للمضادات الحيوية عكس البكتيريا التي تمتلك أنظمة مولدة للطاقة وحساسة للمضادات الحيوية.

# مسرد المصطلحات

- **الفيريون Virion**

هو الدقيقة الفيروسية الكاملة القادرة على إحداث الإصابة **Infection.**

- **الفيروسات القابلة للترشيح Filterable Viruses**

يقصد به بأن الفيروسات يمكن ترشيحها خلال المرشحات ذات مسامات عالية الدقة التي تمسك بالكائنات الخلوية مثل البكتيريا وتسمح بمرور الفيروسات.

- **علم الفيروسات Virology**

هو العلم الذي يهدف نحو دراسة الفيروسات.

- **حامض نووى ريبوزي منقوص الاكسجين Deoxyribonucleic acid**

هو حامض نووي يحتوي على سكر منقوص الأكسجين ويشكل مجين بعض الفيروسات ويرمز له بالرمز **DNA.**

- **حامض نووى ريبوزي Ribonucleic acid**

هو الحامض النووي الذي يحتوي على سكر ريبوز ويشكل مجين بعض الفيروسات ويرمز له بالرمز **RNA.**

- **الجينوم Genome**

هو مجين الفيروس الذي يتكون من **DNA** أو **RNA** .

- **الغطاء النووي Nucleocapsid**

يقصد به الغطاء والحامض النووي الفيروسي معاً.

- **الفيروسات المغلفة Enveloped viruses**

هي الفيروسات ذات الغلاف

- **الفيروسات العارية Naked viruses**

هي الفيروسات التي لا تحتوى على غلاف.

- **الكابسيد Capsid**

هو غطاء الفيروس (أو المحفظة أو الصدفة) ويتكون من وحدات بروتينية تسمى كابسوميرات تحيط بالحامض النووي الفيروسي.

- **طفيليات إجبارية Obligate parasites**

هي كائنات تعتمد في تكاثرها على خلايا حية.

- **الادمصاص Adsorption**

هو إدمصاص الفيريون إلى موضع الاستقبال على خلية العائل ويتضمن روابط بين مكونات الفيروس السطحية وبين المكونات الكيميائية لمواضع الاستقبال.

- **الاختراق Penetration**

هو دخول الفيروس كاملاً أو مادته الوراثية إلى داخل الخلية.

- **النسخ Transcription**

يقصد به تخليق رنا رسول**mRNA** والذي يتضمن تخليق رسالة وراثية مشفرة.

- **التجميع Assembly**

هي تجميع أجزاء الفيروس لتشكل فيريونات جديدة أما في نواة العائل أو في السيتوبلازم حسب نوع الفيروس.

- **تحرير الفيروس Release**

ويقصد به انطلاق أو خروج الفيروسات من الخلايا المصابة بعد اكتمال تشكيلها.

- **الفيرويدات Viroids**

تتكون من جزء صغير من حامض نووي فقط عاري

(لا يمتلك غطاء) الحامض النووي هو **RNA** مفرد الخيط **ssRNA** دائري مغلق

**Closed circular** وهى عوامل ممرضة للنبات والإنسان والحيوان.

- **البريونات Prions**

هي عوامل معدية للإنسان والحيوان، وتتكون جزيئاتها من البروتين.

# المراجع


1.أبو الدهب، مصطفي كمال واخرين **(1997م). علم البكتيرات.** الجـزء الأول، دار المعارف، القاهرة.

2. أبو الدهب، مصطفي كمال، والجعراني، محمد عبد القادر**(1984م). علم البكتيرات،** الجزء الأول، الطبعة الثانية، دار المعارف، القاهرة.

3 .الحسن، جاد الله عبد الله، وحمد، يوسف فضل **(1999). مقدمة في علم الكائنات الدقيقة،** الجزء الأول، سوريا، دمشق.

4.النخال، محمد حمزة **(1987م). علم الأحياء الدقيقة.** مطابع الطوبجي، القاهرة.

5.العاني، فائز عزيز وبدوي، امين سليمان **(1990م)، مبادئ الأحيـاء المجهرية.** دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.

6.حسين، ماهر البسيونى **(2001م). علم الفيروسات.** مطابع جامعة الملك سعود، الرياض

7.عمر، الفاضل العبيد **(1986م). مبادئ الفيروسات والفطريات الطبية.** مكتبة الطالب الجامعي، مكة المكرمة.

8. عمر، الفاضل العبيد **(1986م). مبادئ البكتيريا الطبية.** الطبعة الأولى، الفيصلية، مكة المكرمة.

9. ولكنسون ج. ف. (ترجمة نبيل إبراهيم حجازي) **(1989م). مقدمة فى علم الميكروبيولوجيا.** دار المريخ للنشر، الرياض.

10. مصطفى عبد العزيز **(1983م). علم الفيروسات.** جامعة الملك سعود، الرياض.

# Referances


1. Bos, L. (1983). **Introduction to Plant Virology** The Netherlands

2.Cano, R.J. and Colome, J.S. (1989). **Essentials of Microbiology**. West , Publishing Co, St. Paul, New York, Los Angeles, San Francisco.

3. Horne, R.W. (1978). **The Structure and Function of Viruses**. Edward Arnold ,London

4. Ketchum, P.A. (1988). , **Microbiology, Concepts and Applications**., Wiley, U.S.A.

5. Luria, S.E., Darnel, J.E. and Campbell, A. (1978). **General, Viroloqy**. 3rd ed. New york Wile

6. Michael, T.P., Roger, D.R. and Chan, E.C.S (1986). ,**Microbiology.** 4th ed, McGraw Hill Book Company, New York.

7.Pelczar, M.J., Chan, E.C.S. and Krieg, N.R. (1997). **Microbiology**. Tata, McGraw Hill, India.

8. Singleton, P. (1992**). Introduction to Bacteria**. John Wiey and Sons.

9.Strohl, W.A.,Rouse ,H. and Fisher, B.D.(2001).**Microbiology.** Lippincott , Williams and Wilkins.

10.Thanarayanan.,Rand Paniker,J.(1990).**Text Book of Microbiology .**,4th Edition,Orient.

11. Tortora, G.J. Funke, B.R and Case, C.L. (1982) **Microbiology, An Introduction**. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc.

12.Wisterich, G.A.and Lechman.(1984)**Microbiology**.MaCmillan Publishing, Company, New York, London.