الفصل الثاني

البكتيريا الزرقاء
Cyanobacteria

كانت البكتريا الزرقاء (السيانية) Cyanobacteria تسمى بالطحالب الخضراء المزرقة Blue-green algae أو بالبكتيريا الخضراء المزرقة Blue-green bacteria، وتنسب إلى مملكة النباتات، وذلك بسبب احتوائها على الكلوروفيل، وقيامها بالبناء الضوئي، وتحرير الأكسيجين، مثلها في ذلك مثل الطحالب حقيقية النوى والنباتات الراقية. إلا أنه تم حديثاً تسميتها بالبكتريا الزرقاء أو السيانو بكتيريا Cyanobacteria، حيث أثبتت الدراسات الحديثة بالمجهر الإلكتروني وتجارب الكيمياء الحيوية وجود قرابة قوية بينها وبين البكتيريا، وتتجلى صلة القرابة هذه في عدة نقاط (Pandey & Trivedi, ١٩٩٤)، منها:

١- تعتبر النواة في كليهما بدائية، حيث تنتشر المادة النووية عارية في السيتوبلازم على شكل لفائف حلزونية من الـ DNA.

٢- تحتوي جدرهما الخلوية على حَمض الميوراميك N-acetylmuramic acid، المميز لخلايا الكائنات بدائية النوى.

٣- تتكاثر خلايا كلتا المجموعتين لاجنسياً، ولا تحتوي عضيات خلوية محددة (كالبلاستيدات والميتوكوندريا وجهاز جولجي والشبكة الأندوبلازمية، .....).

توضع البكتيريا الزرقاء (السيانوبكتيريا) الآن مع البكتيريا في مملكة مستقلة هي مملكة البدائيات (المونيرا Monera) استناداً إلى تصنيف وايتكر (Whittaker, ١٩٦٩)، وهي تضم حوالي ١٥٠ جنساً و ٢٠٠٠ نوعاً.

تنتشر البكتيريا الزرقاء في بحيرات المياه العذبة والمستنقعات والبرك، وفي التربة المدارية المختلفة، وعلى جذوع الأشجار، وكذلك في البحار والمحيطات، مسببة في كثير من الأحيان ظاهرة الإزهرار المائي Water-blooms. يتجلى الإزهرار المائي في تلون كتل من الماء في البحار والمحيطات بألوان عديدة بسبب غزارة نمو ومفرزات البكتيريا الزرقاء في الماء.

(٨,١) الخصائص العامـــة

تنتمي البكتيريا الزرقاء إلى مملكة البدائيات إلا أنها تتميز بمجموعة من الخصائص التي تجعلها حالة وسطاً بين البكتيريا والطحالب، كما هو مبين فيما يلي:

١- تعتبر البكتيريا الزرقاء كائنات ذاتية التغذية، حيث تقوم بإنتاج غذائها العضوي عبر عملية البناء الضوئي، وهي تختلف عن البكتيريا الحقيقية ذات البناء الضوئي في أنها تحرر الأكسيجين أثناء هذه العملية. ينتج الأكسيجين عن شطر جزيئات الماء بطريقة مشابهة لتلك لدى الطحالب حقيقية النواة والنباتات الراقية. كما تحتوي خلاياها على صباغ الكلوروفيل (أ) مثلها في ذلك مثل الطحالب الحقيقية والنباتات الراقية، بينما يغيب هذا الصبغ لدى البكتيريا الحقيقية ذات البناء الضوئي التي تحتوي على الكلوروفيل البكتيري، (Nultsh, ٢٠٠١).

٢- تحتوي خلايا البكتيريا الزرقاء على عدد من أصباغ البناء الضوئي المرافقة والتي تعرف بالكاروتينات Carotenoids والفيكوبلينات Phycobilins. تعتبر الفيكوبلينات مميزة للطحالب وللبكتيريا الزرقاء، وهي أصباغ قابلة للانحلال بالماء وتشتمل على صبغي الفيكوسيانين Phycocyanin والألوفيكوسيانين Allophycocynin ذوي اللون الأزرق وصبغ الفيكو إرثرين Phycoerytherin ذي اللون الأحمر.

إن احتواء خلايا البكتيريا الزرقاء على كميات كبيرة من صبغي الفيكوسيانين والألوفيكوسيانين هو الذي يكسبها اللون الأزرق بالدرجة الأولى، لكن هذا اللون ليس نقياً تماماً بسبب احتواء خلايا البكتيريا أيضاً أصباغ كلوروفيل (أ) والكاروتينات بدرجات متفاوتة مما يكسب البكتيريا ألواناً متعددة تشمل الأخضر والزيتوني والبرتقالي والأحمر والأصفر. ومن الجدير بالذكر أن هذه الأصباغ لا توجد في خلايا البكتيريا الحقيقية الضوئية.

٣ - لا تحتوي خلايا البكتيريا الزرقاء على بلاستيدات خضراء مميزة كما في الطحالب الحقيقية والنباتات الراقية، بل تحتوي على جهاز بناء ضوئي يتمثل في مجموعة أجسام متطاولة أو قرصية ذات أغشية حيوية رقيقة تنتشر بشكل مواز لمحور الخلية تمثل جهاز البناء الضوئي وتدعى هذه الأجسام بالثايلاكويدات Thylakoids. ترتبط إلى الثايلاكويدات جسيمات كروية صغيرة تدعى بالفيكوبيليزومات Phycobilisomes. تعتبر الفيكوبيليزومات مميزة للبكتيريا الزرقاء، وتتركز فيها الأصباغ الفيكوبيلينية Phycobilins، (الفالح وعياش، ١٤٢٤هـ).

٤- يعتبر نشاء السيانوفيسين Cyanophyceen-starch هو الناتج الادخاري لعملية البناء الضوئي، وتبدو حبيباته دقيقة جداً، وتوجد بين الأغشية الثايلاكويدية في الخلية.

٥ – تفرز معظم أنواع البكتيريا الزرقاء مادة جيلاتينية تكوّن غلافاً حول الخلايا أو حول التجمعات الخلوية، وتفيد هذه الأغلفة في حمايتها من الجفاف والحرارة.

٦ – تعتبر خلايا البكتيريا الزرقاء غير قادرة على الحركة، وتفتقر إلى الأسواط، ولكن يمكنها الانزلاق فوق الطبقة الجيلاتينية التي تُفرز من خلال سطح الخلية.

٧– تعتبر البكتيريا الزرقاء من الكائنات المنتجة للمادة العضوية الأولية، كما تحمل بعض أنواعها تراكيب فريدة تسمى بالحويصلات المتغايرة Heterocysts تعمل كمواقع لتثبيت النيتروجين الجوي، حيث يتم داخل هذه التراكيب تحويل غاز النيتروجين الجوي (N_2) إلى مركبات كيميائية يستفيد منها النبات.

٨ – يمكن لبعض مستعمرات البكتيريا الزرقاء أن تشكل حالة تكافلية مع بعض النباتات الحزازية مثل نبات أنثوسيروس *Anthoceros* والنباتات السرخسية مثل جنس آزولا *Azolla* ومع جذور بعض النباتات البذرية كنبات السيكاس *Cycas*. كما يمكن لبعض أجناسها (كالنوستوك *Nostoc* والأنابينا *Anabaena*) أن تعيش مع بعض الأجناس الفطرية معيشة تكافلية مكونة الأشنات Lichens.

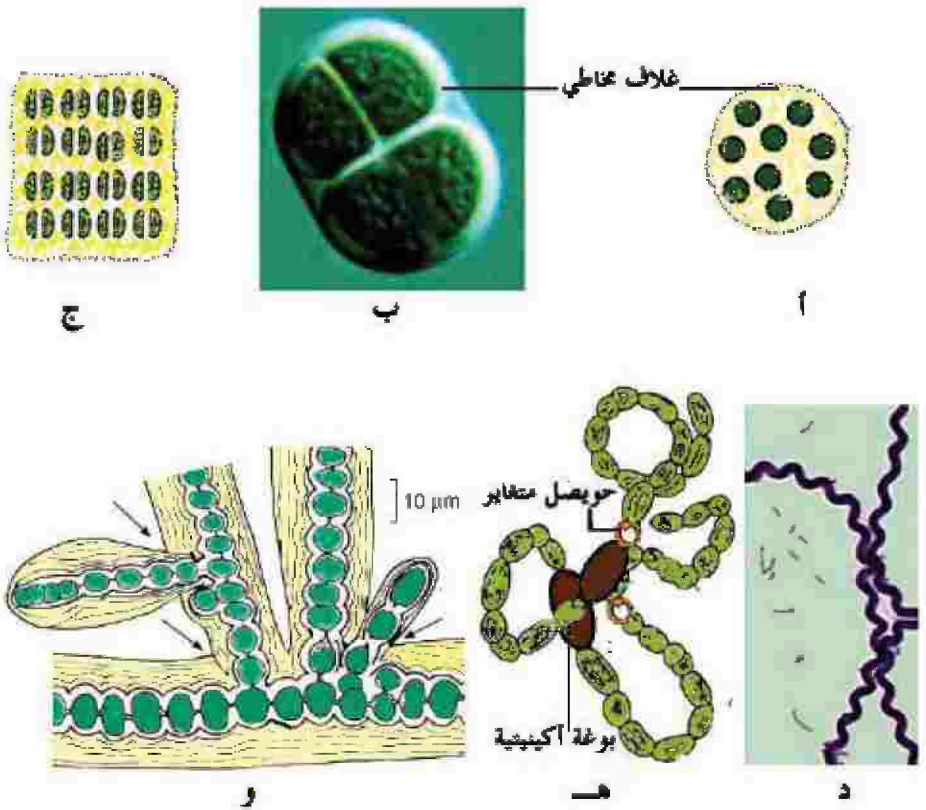
(٨,٢) الشكل الخارجي

يتم الآن بشكل عام تقسيم البكتيريا الزرقاء من الناحية الشكلية إلى مجموعتين رئيسيتين (Pandey & Trivedi, ١٩٩٤)، الشكل رقم (٨,١):

(٨,٢,١) لاخيطيـــة

تأخذ خلايا هذه المجموعة أشكالاً كروية أو أسطوانية أو حلزونية، وتكون الخلايا إما منفردة كما هو الحال عند الجنسين كروكوكس *Chroococcus* و أفانوكابسا *Aphanocapsa*، أو متجمعة ضمن مستعمرات متخذة أشكالاً انبوبية كما هو الحال عند

الجنس ميريسموبيديا *Merismopedia* أو مكعبة مثل يو كابسيس *Eucapsis* أو متطاولة غير منتظمة الشكل مثل الميكروسست *Microcystis*.



الشكل رقم (٨,١). بعض أشكال البكتيريا الزرقاء اللاخيطية (أ، ب، ج)والخيطية (د، هـ، و)

(أ) أفانوكابسا *Aphanocapsa pulchara*، (ب) كروكوكس *Chroococcus turgidus*

(ج) ميريسموبيديا *Merismopedia punctata* ، (د) سبيرولينا *Spirulina*

(هـ) أنابينا *Anabaena flosaquae* ، (و) ستيجونيما *Stigonema ocellatum*

(٨,٢,٢) خيطيـــة

يتكون الخيط البكتيري من صف واحد من الخلايا المتشابهة (Trichom). قد يكون الخيط مستقيماً كما هو الحال عند جنس الاوسيلاتوريا *Oscillatoria*، أو يمكن أن ينثني على هيئة حلزون كما هو الحال عند الجنس سبيرولينا *Spirulina*. وقد تتفرع الخيوط في حالات قليلة نتيجة نمو النهايات الحرة كما في الجنس ستيجونيما *Stigonema*. تكون الخلايا المتجاورة في الخيط عند كل من الأوسيلاتوريا والسبيرولينا متشابهة في الشكل والحجم، بينما تكون بعض الخلايا سميكة مكونة ما يسمى بالحويصلات المتغايرة Heterocysts كما في الأجناس أنابينا *Anabaena*، نوستوك *Nostoc*، ريفولاريا *Rivularia*. تحتوي الحويصلات المتغايرة على مواد متجانسة وغلاف سميك يحيط بالغشاء السيتوبلازمي، وتتمثل وظيفتها الرئيسية في تثبيت النيتروجين الجوي.

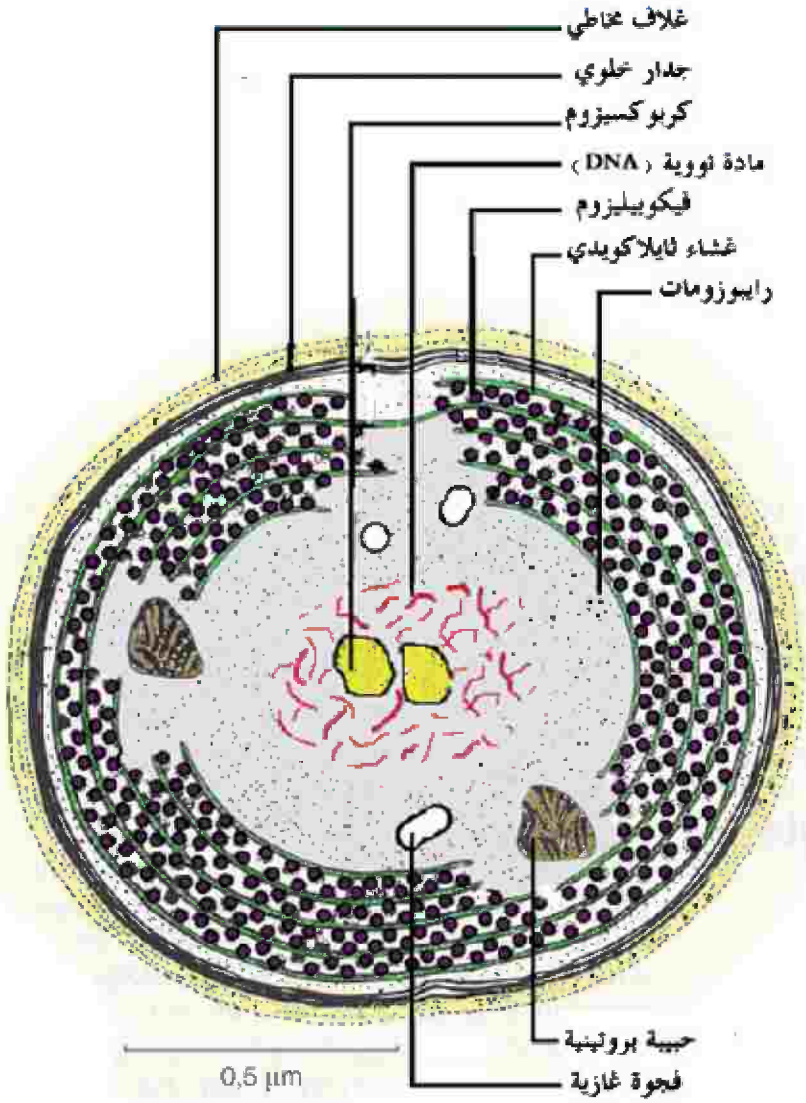
(٨,٣) تركيب الخلية

تتألف الخلية في البكتيريا الزرقاء من غلاف خارجي محدد وبروتوبلاست، ويتميز البروتوبلاست بدوره إلى منطقتين:

١- منطقة خارجية ملونة غنية بصفيحات البناء الضوئي (الأغشية الثايلاكويدية) الحاوية على أصباغ البناء الضوئي المختلفة، وتسمى هذه المنطقة بالكروماتوبلازم Chromatoplasm.

٢- منطقة داخلية أو مركزية غير ملونة تسمى سنتروبلازم Centroplasm، وتكون هذه المنطقة غنية بخيوط المادة النووية (DNA) غير المحاطة بغشاء نووي محدد.

يمكن بشكل عام تمييز المكونات الأساسية التالية في خلية البكتيريا الزرقاء كما هو موضح في الشكل رقم (٨,٢):



الشكل رقم (٨,٢). البنية الدقيقة لإحدى خلايا البكتيريا الزرقاء.

(٨,٣,١) الغلاف

تحاط معظم البكتيريا الزرقاء من الخارج بغلاف مخاطي يحميها من الجفاف وخاصة في المواسم الجافة. يتلون الغلاف بألوان مختلفة، ويكون عديد الطبقات ومتفاوتاً في السماكة، ومؤلفاً من مجموعة من الخيوط الدقيقة التي تسير بشكل متواز في سائل هلامي. كيمائياً يتكون الغلاف بشكل رئيسي من حَمضي الجالاكتورونيك والجلوكورونيك Galacturonic and glucuronic acids بالإضافة إلى عدد من السكريات كالجلاكتوز والمانوز والأرابينوز والزايلوز.

ب) **الجدار الخلوي:** بنيوياً يتركب الجدار الخلوي في البكتيريا الزرقاء من أربع طبقات (LI , LII , LIII , LIV) تقع بين الغلاف المخاطي والبروتوبلازم. تعتبر الطبقة الثانية (LII) هي الأكثر قسوة، وتتألف كيميائياً كما هو الحال في الجدار الخلوي لدى جميع الكائنات بدائية النوى من وحدات متبادلة من حَمض الميوراميك N-acetylmuramic acid والجلوكوز الأميني N- acetylglucocamine، بينما تتألف بقية طبقات الجدار الخلوي (LI , LIII , LIV) من معقدات سكرية ـ ليبيدية.

(٨,٣,٢) الغشاء السيتوبلازمي

يتكون الغشاء السيتوبلازمي من طبقتين دهنيتين تتداخل معهما معقدات بروتينية. يحمل هذا الغشاء على سطحه الخارجي كريات صغيرة Globules يعتقد بأنه يتم ضمنها تصنيع الألياف الخلوية، كما تعمل هذه الكريات على الربط بين الغشاء البلازمي والطبقة الداخلية للجدار الخلوي. يقوم الغشاء السيتوبلازمي بالعديد من الوظائف الحيوية فهو يساهم في عملية البناء الضوئي حيث يتم اعتباراً منه تشكيل الأغشية الثايلاكويدية (الثايلاكويدات Thylakoids)، وفي عملية التنفس حيث تتشكل

الميزوزومات Mesosomes (الجسيمات التنفسية) أساساً منه، بالإضافة إلى إشرافه بفعل خاصية النفاذية الاختيارية على المواد الداخلة والخارجة من الخلية.

(٨,٣,٣) الأغشية الثايلاكويدية

تبدو هذه الأغشية على هيئة حويصلات أو أقراص منتشرة بشكل حر و متواز ضمن البروتوبلاست المحيطية (الكروماتوبلازم). تجري ضمن الثايلاكويدات عملية البناء الضوئي وتتركز فيها أصباغ البناء الضوئي (كلورفيل أ، كاروتينات، زانتوفيلات)، كما تحمل على سطحها الخارجي كريات صغيرة (فيكوبيليزومات) تتركز فيها الأصباغ الفيكوبيلينية.

(٨,٣,٤) الرايبوزومات

تبدو الرايبوزومات Ribosomes على هيئة كريات صغيرة منتشرة في جميع أرجاء البروتوبلاست. كما هو الحال في الخلايا حقيقية النوى تساهم الرايبوزومات في عملية اصطناع البروتين في الخلية، إلا أنها تختلف في الشكل والبنية عن تلك لدى حقيقيات النوى، حيث تبدو أصغر حجماً، وتعتبر مميزة للخلايا بدائية النوى.

(٨,٣,٥) فجوات غازية

تنتشر في سيتوبلازم الخلية فجوات غازية تعتبر مميزة للكائنات بدائية النوى وتغيب تماماً لدى النباتات حقيقية النوى. تُحاط الفجوة الغازية بغشاء رقيق ذي طبيعة بروتينية، ويعتبر هذا الغشاء منفذاً للغازات (كالنيتروجين والميثان والأكسيجين وثاني أكسيد الكربون) مما يسمح لها بالتجمع في داخل الفجوة، بينما لا يسمح بمرور الماء.

تقوم الفجوات الغازية بتنظيم وصول الضوء إلى الخلية البكتيرية، إما عن طريق عكس الضوء الزائد بطريقة فيزيائية، أو عن طريق التحكم في كثافة الخلية البكتيرية والحركة الرأسية لدى البكتيريا التي تعيش في الماء، فلقد وجد مثلاً عند الجنسين أنابينا *Anabaena* و أفانيزومينن *Aphanizomenen* أنه عندما تكون البكتيريا في أعماق الماء بعيدة عن السطح وفي ظروف قليلة الإضاءة فإن الخلايا البكتيرية تعمل على إنتاج عدد كبير من الفجوات الغازية مما يساهم في رفع الخلايا البكتيرية إلى الطبقات العليا من الماء، حيث يتوفر المزيد من الضوء الضروري لعملية البناء الضوئي.

ومع توفر الضوء المناسب تقوم البكتيريا بالبناء الضوئي ويزداد تدريجياً ضغطها الأسموزي بفعل السكريات المتشكلة، عندها ينفجر الغشاء البروتيني للفجوات الغازية تباعاً مما يساهم في زيادة كثافة البكتيريا وهبوطها إلى الأسفل، وهكذا (Taurop, ١٩٩٧).

(٨,٣,٦) مواد ادخارية

تنتشر ضمن سيتوبلازم خلية البكتيريا الزرقاء العديد من الحبيبات الادخارية التي يمكن فيما يلي الإشارة إلى بعضها:

١- حبيبات نشاء السيانوفيسين: يعتبر نشاء السيانوفيسين (ألفا ١- ٤ جلوكانات) أهم المواد العضوية الادخارية ضمن الخلية البكتيرية، وتبدو حبيباته باستخدام المجهر الألكتروني صغيرة ومنتشرة بين الأغشية الثايلاكويدية.

٢- كربوكسيزومات: تنتشر هذه الحبيبات في المنطقة المركزية للبروتوبلاست، وتكون غنية بانزيم ريبيلوز ثنائي الفوسفات كربوكسيليز أوكسيجينيز الضروري لتثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عملية البناء الضوئي.

٣- حبيبات بروتينية: يمكن رؤية هذه الحبيبات ثلاثية الأضلاع بواسطة المجهر العادي بسهولة منتشرة في المنطقة الفاصلة بين البروتوبلاست المركزية والبروتوبلاست المحيطية. تعتبر هذه الحبيبات مكاناً ادخارياً هاماً لبروتين السيانوفيسين Cyanophycen-protein في الخلية، حيث تغزر ضمنها الأحماض الأمينية وبخاصة الأرجينين والأسبارجين، كما أنها تلعب دوراً هاماً في ربط غاز النيتروجين المثبت من الجو وتحويله إلى شكل قابل للتخزين ضمن الخلية.

٤- قطيرات دهنية: وهي تنتشر عادة بين الأغشية الثايلاكويدية.

(٨,٤) التكاثر

لا تتكاثر البكتيريا الزرقاء جنسياً، ولا توجد لديها أجسام تكاثرية متحركة، بل تتكاثر لاجنسياً بطرق مختلفة (الشكل رقم ٨,٣) كما هو مبين فيما يلي:

(٨,٤,١) الانشطار الثنائي

تتكاثر البكتيريا الزرقاء وحيدة الخلية والكثير من البكتيريا التي تشكل مستعمرات بالانشطار، حيث يتم ذلك بانقسام محتويات الخلية إلى قسمين متساويين، يتبع ذلك انقسام المواد النووية، ثم يتشكل جدار عرضي في المنطقة الوسطية من الخلية يقسمها إلى خليتين متساويتين. تنفصل الخلايا الجديدة عن بعضها البعض وتنمو كل منها بشكل مستقل.

(٨,٤,٢) تشكيل الهرموجونات

تمثل الهرموجونات Hormogones قطعاً خيطية صغيرة لعدد من الخلايا محاطة بغلاف جيلاتيني، وهي تنشأ نتيجة تقطع الخيوط البكتيرية عند الحويصلات المتغايرة

Heterocyctes أو عن طريق موت عدد من الخلايا الداخلية. تبدأ الهرموجونات الوليدة بالنمو، ويزداد حجم الخلايا لتعطي خيطاً جديداً يماثل الأصل. تنتشر طريقة التكاثر بالهرموجونات عند أفراد الفصيلتين النوستوكية Nostocales و الستيجونيمية Stigonematales.

(٨,٤,٣) تشكيل الأبواغ

تقوم الأجناس المختلفة من البكتيريا الزرقاء بتشكيل أنواع مختلفة من الأبواغ التكاثرية اللاجنسية:

(٨,٤,٣,١) الأبواغ الداخلية

تتضخم بعض الخلايا الخضرية ويزداد حجمها، ثم تبدأ محتوياتها بالانقسام مكونة عدداً كبيراً من الأبواغ الصغيرة الداخلية Endospores، تكون هذه الأبواغ عارية غير محاطة بجدار خلوي بل يغلفها طبقة رقيقة تمزقها لتتحرر منها.

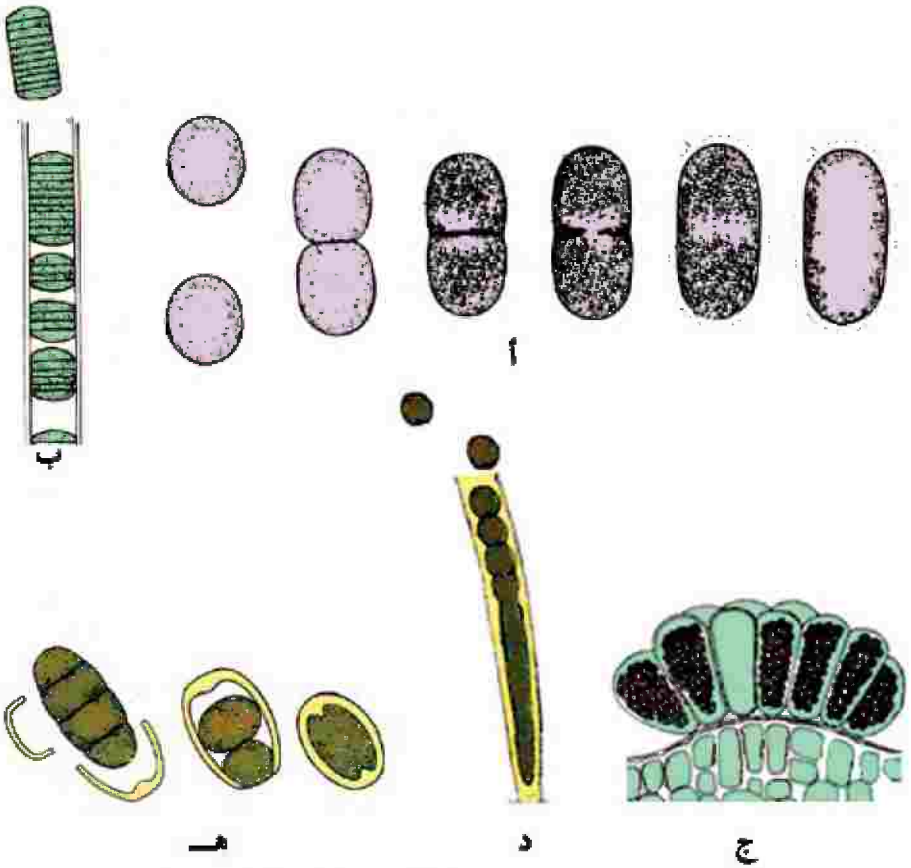
(٨,٤,٣,٢) الأبواغ الخارجية

تتضخم بعض الخلايا الخضرية ويتمزق جدارها الخلوي من الأعلى، ثم تبدأ محتوياتها بالتبرعم مكونة أعداداً متتابعة من الأبواغ الخارجية Exospores، تكون هذه الأبواغ محاطة بغلاف رقيق، وينمو كل منها بشكل مستقل ليعطي خيطاً جديداً.

(٨,٤,٣,٣) الأبواغ الساكنة (الأكينيتات)

تتشكل هذه الأبواغ في عدد من البكتيريا الزرقاء الخيطية نتيجة تراكم المواد الغذائية في بعض خلاياها الخضرية، حيث يزداد حجم هذه الخلايا، ويتغلظ جدارها ويتحول لونها إلى الأصفر أو البني، وتسمى بالأكينيتات Akinetes. توجد الأكينيتات

منفصلة أو بجوار الحويصلات المتغايرة ضمن الخيط البكتيري، وتقاوم الجفاف والشروط البيئية غير المناسبة لعدة سنوات، ثم لا تلبث عندما تتحسن الظروف أن تنبت وتنمو من جديد.



الشكل رقم (٨,٣). بعض طرق التكاثر لدى بعض أنواع البكتيريا الزرقاء .

(أ) الانشطار الثنائي لدى سيانوثيس *Cyanothece aerugina* .

(ب) تشكيل الهرموجونات لدى لاينجبا *Lyngba* .

(ج) تشكيل الأبواغ الداخلية لدى وستيلا *Westiella intricate* .

(د) تشكيل الأبواغ الخارجية لدى ستيكوسيفون *Stichosiphon* .

(هـ) إنبات الحويصلات المتغايرة لدى النوستوك *Nostoc* .

(٨,٤,٣,٤) الحويصلات المتغايرة

تعتبر الحويصلات المتغايرة Heterocyctes خلايا خضريةكبيرة الحجم نتيجة تخزينها لمواد عضوية مختلفة محاطة بغلاف سميك. بالرغم من أن الوظيفة الأساسية للحويصلات المتغايرة هي تثبيت النيتروجين الجوي، إلا أنه قد تبين أن هذه الحويصلات يمكن أن تلعب دوراً تكاثرياً، يتمثل في انقسام محتويات الحويصل المتغاير عدة انقسامات ليعطي عند الإنبات خيطاً بكتيرياً جديداً، كما هو الحال عند بعض أجناس النوستوك *Nostoc* والجالوتريكس *Galothrix* و الأنابينا *Anabaena*.

(٨,٥) بعض أجناس البكتيريا الزرقاء

البكتيريا الزرقاء واسعة الانتشار في الطبيعة ولها خصائص متنوعة وتراكيب تختلف من نوع إلى آخر كما سبق ذكره عند الحديث في أول الفصل عن الخصائص العامة لهذا النوع من الأحياء الدقيقة.

ولكي أوضح هذه الخصائص بشيء من التفصيل كان لا بد من ذكر نماذج وأنواع من البكتيريا الزرقاء أو ما يعرف بالبكتيريا السيانية Cyanobacteria. والجدير بالذكر أن جميع هذه الأمثلة تعتبر النواة فيها بدائية تنتشر المادة النووية عارية في السيتوبلازم على شكل لفائف حلزونية من الـ DNA. وتحتوي جدرها الخلوية على حَمض الميوراميك N-acetylmuramic acid، المميز لخلايا الكائنات بدائية النوى. وتتكاثر لاجنسياً، ولا تحتوي عضيات خلوية محددة. تنتشر البكتيريا الزرقاء في بحيرات المياه العذبة والمستنقعات والبرك، وفي التربة الغدقة التي يزرع فيها نبات الأرز في شرق قارة آسيا وفي التربة المدارية المختلفة، وعلى جذوع الأشجار، وكذلك في البحار والمحيطات (Subbarao, ١٩٨١).

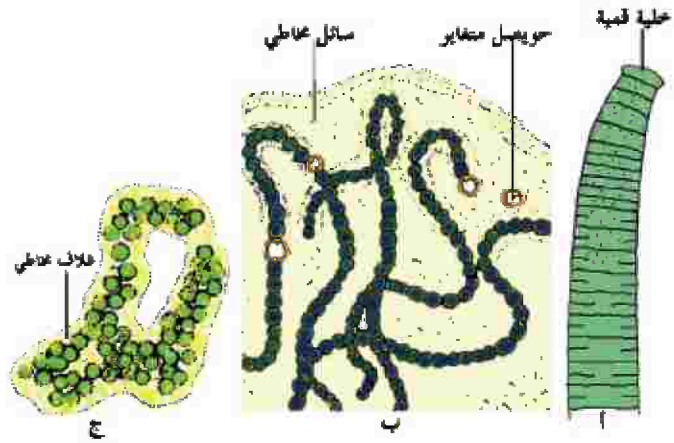
وفيما يلي نذكر من هذه الأمثلة الأوسيلاتوريا والنوستك والميكروسست:

(٨,٥,١) الأوسيلاتوريا *Oscillatoria*

يشتمل هذا الجنس على حوالي ٧٦ نوعاً. توجد معظم هذه الأنواع في المياه العذبة وبخاصة في حقول الأرز، حيث تفيد في تثبيت النيتروجين الجوي وتحويله إلى أشكال قابلة للامتصاص من قبل النباتات. كما أن هذه البكتيريا تعتبر ذات انتشار واسع حيث يوجد بعضها في المياه البحرية وبعضها في التربة الرطبة و في مياه الينابيع الحارة.

تبدو البكتيريا على هيئة تريكوم مستقيم غير متفرع ذي خلايا قرصية متشابهة، يكون في العادة عرض الخلايا أكبر من ارتفاعها باستثناء الخلية القمية التي تكون مدببة أو محدبة قليلاً ومغطاة بقلنسوة Calyptera ، الشكل رقم (٨,٤أ). قد يكون الخيط منفرداً إلا أنه يوجد في الغالب على هيئة كتلة متشابكة كثيفة.

ينمو الخيط البكتيري عن طريق انقسام الخلايا بشكل عرضي مما يؤدي إلى زيادة طول الخيط. أما التكاثر فإنه يجري عن طريق تقطع الخيط إلى قطع صغيرة (هرموجونات) قادرة كل منها على النمو بشكل مستقل مكونة خيطاً جديداً.



الشكل رقم (٨,٤). بعض أنـــواع البكتيريا الزرقاء.

(أ) الأوسيلاتوريا *Oscillatoria princeps* ، (ب) النوستوك *Nostoc piscinale*، (ج) الميكروسيست *Microcystis aeruginosa*

(٨,٥,٢) النوستوك *Nostoc*

يوجد من النوستوك ٢٣نوعاً، تنمو ككتل من الجيلاتين أو الكتل المخاطية في كثير من البيئات، حيث تبدو مستعمراتها طافية على سطح تجمعات المياه العذبة أو على هيئة كرات مخاطية مرتبطة بالنباتات المغمورة في البرك والمستنقعات، كما ينمو العديد منها على التربة الرطبة ويجعل مظهرها يبدو لامعاً وخاصة بعد هطول الأمطار. وينمو العديد من أنواع النوستوك بغزارة في حقول الأرز وعلى الصخور الرطبة وجذوع الأشجار، ويعيش بعضها معيشة تكافلية مع جذور نبات السيكاس *Cycas* ويساهم بعضها الآخر كالنوع *Nostoc collema* في تكوين الأشنات.

يبدو التريكوم البكتيري متشابكاً غير متفرع على هيئة السبحة، حيث تكون خلاياه كروية أو أسطوانية متشابهة في الشكل والتركيب، يفصل بينها من حين لآخر خلايا كبيرة ذات جدار سميك تسمى بالحويصلات المتغايرة Heterocysts، الشكل رقم (٨,٤ب) تكون الخيوط كثيفة ومتشابكة ومغمورة في طبقة من الجيلاتين مكونة مستعمرات محددة بأشكال وأحجام مختلفة ومحاطة من الخارج بغلاف متماسك.

يتكاثر النوستوك لاجنسياً بعدة طرق، إما عن طريق انفصال الخيط إلى قطع (هرموجونات) بين الحويصلات المتغايرة، أو عن طريق تشكيل أنواع مختلفة من الأبواغ (أبواغ ساكنة، أبواغ داخلية، حويصلات متغايرة).

(٨,٥,٣) الميكروسيست *Microcystis*

يعيش الميكروسست طافياً على سطح المياه العذبة مكوناً مستعمرات. تأخذ المستعمرة أشكالاً كروية أو أشكالاً غير محددة، الشكل (٨,٤ج). تبدو الخلايا كروية ومحاطة بغلاف جيلاتيني وتحتوي على عدد كبير من الفجوات الغازية غير منتظمة. تتكاثر هذه البكتيريا الزرقاء عن طريق الانقسام الثنائي البسيط للخلية الذي يحدث في جميع الاتجاهات. يتسبب النمو الكبير للميكروسيست بما يفرزه من مواد سامة في موت أسماك البحيرات العذبة محولاً المياه النقية إلى مياه سامة ملوثة.