البكتيريا

د / يس محمد الحسن

البكتيريا كائنات دقيقة لاترى بالعين المجردة جاء تصنيفها في النصف الثاني من القرن التاسع عشر ضمن مملكة منفصلة للكائنات الدقيقة عرفت باسم بروتستا (Protista) ، وضمت بجانب البكتيريا الطحالب والفطريات والأوليات .وبانبثاق تقنية المجهر الإلكتروني وضح في منتصف القرن الحالي أن هناك إختلافات جوهرية في التركيب الخلوي بين البكتيريا والمجموعات الثلاث الأخرى ، فقد اتضح أن تركيب خلايا تلك المجموعات يشارك تركيب الخلايا النباتية والحيوانية في التعقيد مقارنة بالتركيب الخلوي البسيط للبكتيريا .

وقد أدى ذلك إلى تصنيف مجموعات الأوليات والطحالب والفطريات ضمن مايعرف بالكائنات الحية حقيقية النواة (Eukaryotes) ، بينما أطلق على تجمع مجموعات البكتيريا المختلفة مصطلح الكائنات الحية بدائية النواة (Prokaryotes) هذا ويقتصر استخدام مصطلح بروتستا حاليا فقط للإشارة للكائنات الحية حقيقية النواة والتي تشمل الطحالب والأوليات والفطريات والأعفان ، أما الكائنات الحية بدائية النواة أو البكتيريا ، فقد صنفت إلى ثلاث مجموعات حسب تشابهها وتباينها في كثير من الصفات التي لايسع المجال ذكرها . وتعرف أولى هذه المجموعات (Archaebacteria) بأنها أكثرها بدائية ، والثانية (Cyanobacteria) تحتوي على يخضور الطحالب ويقوم بإنتاج الأكسجين في عملية التمثيل الضوئي ، والثالثة (Eubacteria) تضم مجموعات فرعية يقوم معظمها بعملية التمثيل الضوئي إلا أن نوع اليخضور الذي تحتويه خاص كما أنها لاتنتج الأكسجين في هذه العمليه .

الخلية البكتيرية

الخلية البكتيرية وحدة حية متكاملة تقوم بالعديد من وظائف الحياة ،ويختلف حجمها من نوع إلى آخر ، فمنها ما هو صغير جداً بحيث يمكن رؤيته بصعوبة بالمجهر الضوئي ، ومنها ما هو كبير نسبياً بحيث يمكن رؤيته بعدسة مكبرة . يتراوح قطر معظم أنواع البكتيريا المألوفة مابين ٠,٢ إلى ٣,٠ ميكرومتر ، وعلى سبيل المثال ، يماثل متوسط حجم البكتيريا العصوية حجم الجسم السبحي (mitochondrion) في خلية الكائنات حقيقية النواة .

تحتوي جميع الخلايا البكتيرية بشكل عام على غشاء بلازمي وسيتوبلازم ومادة وراثية ووحدات لإنتاج البروتين (Ribosomes) ، كما تحتوي - باستثناء الميكوبلازما - على نوع ما من الجدار الخلوي . هناك أيضاً بعض المكونات الخلويه الأخرى التي قد تحتويها خلايا بعض أنواع البكتيريا ومنها :الأبواغ الداخليه، الغلاف ، الفجوات الغازية ،وغيرها. يتكون الغشاء البلازمي من مادة دهنية فوسفاتية ومادة بروتينية ، ويقوم بتحديد شكل الخلية وتنظيم حركة الجزيئات الخارجة من الخلية والداخلة اليها ، كما توجد عليه مستقبلات خاصة للتعرف على بعض المواد التي تأتي إلى الخلية . يحاط الغشاء البلازمي من الخارج بجدار صلب هو الجدار الخلوي ، حيث يقوم هذا الجدار بحماية الغشاء البلازمي وبالحفاظ على شكل الخلية ، و يشبه هذا الجدار الجدار الخلوي الموجود في النباتات والطحالب . يحيط الغلاف - في حالة وجوده - بالجدار الخلوي ، وهو عبارة عن طبقة لزجة أو صمغية تتكون في معظم الأحيان من السكريات المتعددة وقد تتكون من الببتيدات المتعددة ، ويوفر الغلاف الحماية للبكتيريا من الافتراس ، كما يساعدها على الالتصاق بالاجسام الأخرى وببعضها مع البعض الآخر .

تتكون المادة الوراثية في الخلية البكتيرية من شريط مزدوج لجزيء الحامض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA) الذي يحتوي على جميع المعلومات اللازمة للتحكم في نمو الخلية البكتيرية وفي النشاطات الأيضيه الخاصة بها . كذلك تحتوي العديد من البكتيريا - بجانب المادة الوراثية - على نسخ متعددة من قطع دائرية صغيرة من الـ DNA لها القدرة على مضاعفة نفسها وتسمى البلازميدات .وبصفة عامه لاتشكل المعلومات الوراثية التي تحملها هذه البلازميدات ضرورة لبقاء الخلية البكتيرية حية ، إلا أن وظيفتها تتعلق بإكساب البكتيريا مناعة ضد المضادات الحيوية والمعادن الثقلية ، كما أنها تعينها في صنع أوتكسير بعض المركبات .

تتكون وحدات إنتاج البروتين (الريبوسومات) من البروتينات والحامض النووي الريبوزي (RNA) ، وتعرف الريبوسومات التي تقوم بصنع البروتين في البكتيريا بـ (70s Ribosomes) . تنفصل هذه الريبوسومات عندما لاتكون نشطة في صنع البروتين إلى وحدتين تعرفان بـ 50s و 30s تظلان منتشرتين في السيتوبلازم إلى أن يحين وقت صنع البروتين حيث تتحدان مرة اخرى لتكونان ال 70s Ribosome .

يحتوي السيتوبلازم على مكونات خلوية مثل الأبواغ والتجاويف الغذائية والغازية وغيرها من المكونات ، ويختلف

وجود هذه المكونات باختلاف نوع البكتيريا .

أشكال البكتيريا

تختلف أشكال البكتيريا باختلاف أنواعها ، وتتخذ الخلايا البكتيرية أشكالا خاصة بها تميز بعضها عن البعض الآخر وتساعد على التمييز بينها ، ومن الأشكال التي تم تصنيف البكتيريا بناءاً عليها ما يلي:-

١ ـ الشكل الكروي (Coccus) :
تعرف البكتيريا التي تأخذ هذا الشكل بالبكتيريا الكروية ، حيث تبدو على شكل كرات ، وقد تكون فرادى (Monococci) أو مزدوجة (Diplococci) أو رباعية (Tetracocci) أوعلى شكل مجموعات من ثمانية خلايا (Sarcina) . وقد تلتصق هذه الخلايا الكروية جنباً إلى جنب مكونة ما يشبه السلسلة أو السبحة (Streptococci) أو ما يشبه العنقود (Staphylococci) ، شكل (١ : أ) .

٢ ـ الشكل العصوي (Bacillus) :
تعرف البكتيريا التي تأخذ هذا الشكل بالبكتيريا العصوية ، وتكون الخلية البكتيرية على شكل أسطوانة أوعصا قصيرة، وقد تكون الخلايا متفرقة أو متصلة في مجموعات ثنائية(Diplobacilli) ، أو في شكل سلسلة (Streptobacilli) . شكل (١ : ب)

٣ ـ الشكل الحلزوني أواللولبي (Spirullum)
تأخذ الخلايا البكتيرية التابعة لهذا التصنيف الشكل الحلزوني ، شكل (١ : جـ)، وتضم الأنواع التالية :-

(أ) البكتيريا الحلزونية (Spirilla) ، وهي عصويات حلزونية .

(ب) البكتيريا الواوية (Vibrio) ، وهي عصويات مضمومة تشبه حرف الواو .

(جـ) البكتيريا المثنية (Spirochetes) ، وهي عصويات لولبية .

٤ـ الشكل الخيطي (Filamentous):
تكون البكتيريا التي تتبع هذا التصنيف على شكل خيوط تميل إلى التفرع، شكل (١ : د) .

مجموعات البكتيريا الرئيسة

تصنف البكتيريا وفق نوع حركتها وخواص جدارها الخلوي إلى أربع مجموعات رئيسة هي :-

١ـ البكتيريا المنزلقة :
هذه المجموعة غير متجانسة إلا أنها تشترك فيما بينها بنوع الحركة التي تقوم بها وهي الإنزلاق ، ويتطلب هذا النوع من الحركه التلامس مع مادة أو جسم صلب . وتختلف آلية الحركة بين كل مجموعة فرعية وأخرى، فبينما يحدث الأنزلاق في إحدى المجموعات الفرعية عن طريق إفراز مادة لزجة في الطرف الخلفي من البكتيريا يؤدي إلى دفعها إلى الأمام ، يتم الأنزلاق في مجموعة أخرى عن طريق دوران وتحرير بعض الحبيبات التي تكون لاصقة على السطح الذي تتحرك عليه البكتيريا .

٢ـ البكتيريا اللولبية :
تمتلك هذه المجموعة خيط محوري يتكون من حزمتين خيطيتين لأهداب قطبية توجد بين الغشاء الخلوي والجدار الخلوي ، حيث يتم تحريرها عن طريق الهضم الأنزيمي للغلاف الخارجي (Envelope) للخلية . يؤدي تحريك الأهداب الداخلية إلى لف الجزء الأمامي من الخلية محدثاً موجة حركية لولبية إلى الخلف تؤدي إلى دفع الخليه في الوسط الذي هي فيه .

٣ـ البكتيريا صلبة الجدار الخلوي:
تضم هذه المجموعة البكتيريا الخيطية وبعض الأنواع الأخرى(المتبرعمه وذات الساق) التي لاتشكل خطراً صحياً على الإنسان ، إضافة إلى الأشكال البسيطه من البكتيريا. تكوِّن البكتيريا الخيطية فروعاً خيطية جانبية (mycelia)، كما تكوّن بعض أنواعها أبواغاً خارجية لاجنسية ، وهي بذلك تشبه الطحالب . هناك أيضاً أنواع أخرى من البكتيريا الخيطية ذات رتبة عالية تقوم بإنتاج مجموعة من المضادات الحيوية التي تعمل ضد العديد من الأنواع الأخرى من البكتيريا ، ولهذه الأنواع القدرة على حماية نفسها من تلك المضادات الحيوية التي تنتجها .

تشمل الأشكال البسيطة من البكتيريا ذات الجدار الخلوي الصلب ،البكتيريا الكرويه والبكتيريا العصويه والبكتيريا اللولبيه ، وتضم ماهو متطفل ويعيش داخل الخلاياوماهو حر طليق ويشمل معظم أنواع البكتيريا المسببه للأمراض في الإنسان.

٤ـ المايكوبلازما :
هذه المجموعة متعددة الأشكال (Pleomorphic) وليس لها جدار خلوي ، وتضم ست فصائل . تعرف الأجناس التي تضم الأنواع المسببة للأمراض في الإنسان والحيوان بالمايكوبلازما واليوريابلازما ، والأجناس التي تضم الأنواع المسببة للأمراض في النبات والحشرات بالأسبايروبلازما .

التغذية في البكتيريا

تختلف البكتيريا باختلاف أنواعها في كيفية الحصول على غذائها ، ويمكن تصنيفها وفقاً لذلك إلى الأنواع التالية :-

● شكل (١) أشكال البكتيريا .

١ـ البكتيريا المتطفلة

هذا النوع يحصل على غذائه عن طريق التطفل على النباتات والحيوانات والإنسان .

٢ـ البكتيريا المترممة

يتغذى هذا النوع من البكتيريا على بقايا ومخلفات المواد العضوية التي تشمل النباتات والحيوانات والكائنات الأولية الميتة .

٣ـ البكتيريا التكافلية

هذا النوع يتغذى عن طريق تبادل المنفعة مع كائنات أخرى، فالبكتيريا العقدية التي تعيش في عقد جذور البقوليات تمد النبات بالمركبات النتروجينية التي يحتاجها مقابل مد النبات لها باحتياجاتها الكربوهيدراتية .

٤ـ البكتيريا ذاتية التغذية

يعتمد هذا النوع من البكتيريا على نفسه في الحصول على غذائه ، حيث يقوم بصنع غذائه من عناصره الأولية . ويمكن تقسيم هذه الفئة استناداً إلى مصدر الطاقة المستخدمة في صنع الغذاء إلى النوعين التاليين :ـ

(أ) بكتيريا ضوئية التغذية الذاتية :
وتحتوي هذه البكتيريا على نوع خاص من اليخضور (الكلوروفيل) يسمى اليخضور البكتيري بجانب بعض الأصباغ الأخرى مما يعطيها ألوانا مختلفة . تستخدم البكتيريا اليخضور في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية تستغلها في تركيب المواد العضوية التي تحتاجها ، أما الأصباغ الملونة فتحميها من الآثار الضارة لبعض أنواع الأشعة الشمسية .

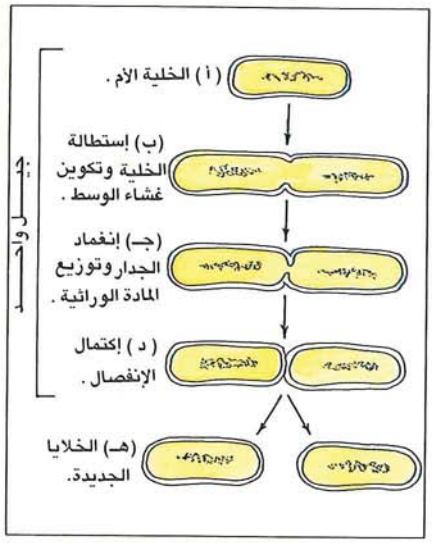
(ب) بكتيريا كيميائية التغذية الذاتية :
لاتستطيع هذه البكتيريا الاستفادة من الطاقة الضوئية لعدم احتوائها على اليخضور البكتيري ، ولكنها تقوم بأكسدة المركبات الأزوتية غير العضوية للحصول على الطاقة التي تحتاجها .

التكاثر في البكتيريا

تتكاثر البكتيريا بعدة طرق تشمل الآتي :ـ

١ـ الانقسام الثنائي

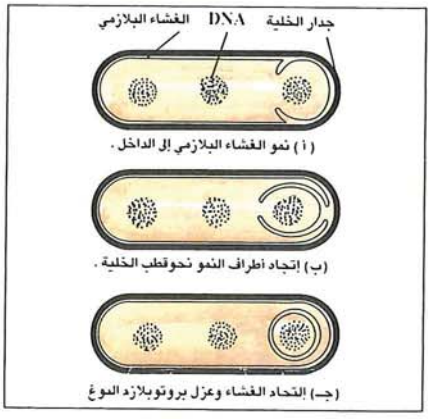
هذا النوع هو أكثر أنواع الانقسام شيوعاً ويحدث في الظروف الملائمة لنمو البكتيريا ، وفيه تبدأ الخلية بالاستطالة وتصبح ذات قطبين، ويبدأ الانقسام في الوسط حيث تنثنى الجدران إلى الداخل حتى تنفصل الخلية إلى خليتين . تبدأ كل خلية في النمو إلى أن تبلغ حجم الخلية الأم لتقوم بدورها بعملية الانقسام . ويستغرق اكتمال عملية الانقسام هذه ما بين دقائق إلى عدة ساعات حسب نوع البكتيريا ، شكل (٢) .



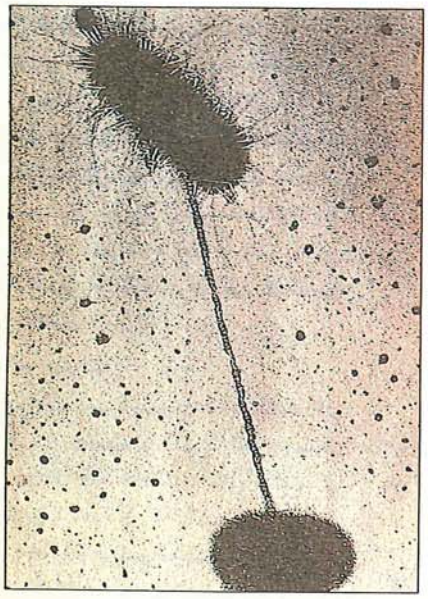
● شكل (٢) إنقسام البكتيريا الثنائي .

٢ـ تكوين الأبواغ الداخلية

يحدث هذا النوع من التكاثر في بعض أنواع البكتيريا عندما تكون الظروف غير ملائمة للانقسام الثنائي ، وفيه يتقلص بروتوبلازم الخلية ويحاط بجدار سميك وتتكون الأبواغ بالداخل . تستطيع الأبواغ تحمل الظروف البيئية القاسية مثل الحرارة المرتفعة والبرودة الشديدة والجفاف



● شكل (٣) تكون الأبواغ في البكتيريا .



● شكل (٤) التزاوج في البكتيريا .

والمطهرات الكيميائية ، ويظل البوغ في حالة سكون إلى أن تتحسن الظروف البيئية فيتمزق الجدار ويتحرر البوغ ليعطي خلية جديدة . لايؤدي تكوين الأبواغ إلى زيادة عددية ولكنه وسيلة لمقاومة ظروف البيئة القاسية وبقاء النوع واستمراريته . شكل (٣) .

٣ـ التناسل أو التزاوج

أمكن إثبات حدوث نوع بدائي من التكاثر التزاوجي في بعض أنواع البكتيريا ، وفيه تتقابل خلايا سلالتين مختلفتين من البكتيريا حيث يحدث اتصالا سيتوبلازمياً بين الخلايا عن طريق معبر سيتوبلازمي يتم عبره انتقال المادة الوراثية من البكتيريا المانحة إلى البكتيريا المستقبلة ، وينتج عن هذا التزاوج سلالة جديدة من البكتيريا تجمع بين صفات السلالتين المتناسلتين، شكل (٤) .

الكشف عن البكتيريا

هناك العديد من الطرق التي يتم بها الكشف عن البكتيريا والتعرف عليها، وتعتمد هذه الطرق بشكل عام على التعرف على أشكال البكتيريا وطبيعة نموها في أوساط النمو وتفاعلها مع بعض الأصباغ والمواد الكيميائية وإنتاجها لبعض المواد والمكونات المميزة لها . ويمكن حصر الطرق والوسائل المنتجة للكشف عن البكتيريا ـ خاصة في المجالات الطبية ـ في ثلاثة محاور

رئيسة هي:- الكشف المجهري ، الاستزراع، الاختبارات المصلية . ولايسع المجال للخوض في تفاصيل هذه الوسائل ، إلا أن من الجدير ذكره التعرض إلى التصنيف الشائع للبكتيريا إلى بكتيريا موجبة الجرام وأخرى سالبة الجرام وفقاً لتفاعلها مع صبغة الجرام التي تعد أكثر الوسائل المجهرية استخداما في التعرف على البكتيريا في معامل الأحياء الدقيقة .

● **صبغة الجرام**

تعود تسمية الصبغة إلى العالم الدنماركي هانز كريستيان جرام (Hans Christian Gram) الذي عاش في الفترة مابين ١٨٥٣ إلى ١٩٣٥م ، حيث قام في عام ١٨٨٤م بتطوير استخدام هذه الصبغة للكشف عن بكتيريا في بعض الأنسجة الحيوانية المصابة .

تتألف الصبغة من عدة مواد هي : صبغة البنفسج البلوري (Crystal violet) ، صبغة اليود (Iodine) ،صبغة السفرنين الحمراء (Safranin) ، الكحول أوالأسيتون (Ethanol or Acetone) ، إضافة إلى الماء الذي يستخدم كمادة غاسله .

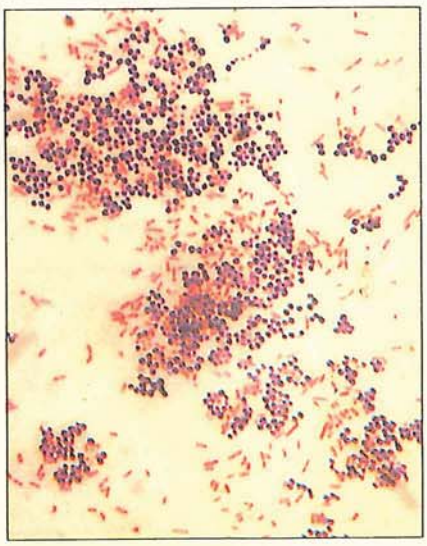
● **عملية الصبغ**

تحضر العينة التي يراد كشف البكتيريا فيها وتوضع على الشريحة الزجاجية ،حيث تكون الخلايا البكتيريه فيها عديمة اللون ويصعب رؤيتها .

* تضاف صبغة البنفسج البلوري لمدة دقيقة ثم تغسل بالماء . تقوم الصبغة بالارتباط بالمجموعات سالبة الشحنة الكهربائية الموجودة في الجدار الخلوي والغشاء البلازمي والسيتويلازم . تأخذ مجموعتا البكتيريا (السالبة والموجبة) لون الصبغة (البنفسجي داكن الزرقة) .

* تضاف صبغة اليود لمدة دقيقة وتغسل بالماء . يزيد اليود من ارتباط صبغة البنفسج البلوري مع المجموعات السالبة كهربائيا المذكورة في الخطوة السابقة ، وتظل مجموعتا البكتيريا على لونهما المكتسب .

* يضاف الكحول أو خليط من الكحول والأسيتون لمدة ١٠ إلى ١٥ ثانية ، ثم يغسل بالماء . تتم إزالة صبغتي البنفسج البلوري واليود من خلايا إحدى المجموعتين (سالبة الجرام) أسرع من خلايا المجموعة الأخرى (موجبة الجرام) ،وذلك لاختلاف سمك



● شكل (٥) بكتيريا سالبة وموجبة الجرام .

الجدار الخلوي وتركيبه الكيميائي بين المجموعتين . تفقد المجموعة الأولى اللون المكتسب وتصبح صعبة التمييز بينما تحتفظ به المجموعة الثانية .

* تضاف صبغة السفرنين الحمراء لمدة دقيقة وتغسل بالماء ، تنشف الشريحة وتفحص تحت عدسة المجهر الزيتية . ترتبط هذه الصبغة بالمجموعات سالبة الكهربائية المتحررة من صبغة البنفسج البلوري في كلتا مجموعتي البكتيريا . تظل المجموعة الثانية (موجبة الجرام) محتفظة بلونها البنفسجي الداكن الزرقة بينما تكتسب المجموعة الأولى (سالبة الجرام) اللون الأحمر الخفيف وذلك لكثرة المجموعات سالبة الكهربية (عديمة اللون) فيها . شكل (٥) .

دور البكتيريا في الحياة

قد يتبادر إلى ذهن الكثير من الناس أن البكتيريا ما هي إلا تلك الكائنات الحيه الدقيقه التي تسبب لهم الأمراض وتفتك بهم. وقد يعزز هذا المفهوم ارتباط كثير من الأمراض بهذه الكائنات إضافة إلى الدور الجديد الذي استحدثه لها الإنسان فيما يعرف بالحزوب الجرثومية ، فالبكتيريا مثلها مثل سائر الكائنات يمكن أن تؤثر سلباً أو إيجاباً في العديد من أوجه الحياة ، وقد يعزى ذلك إلى وجودها في كل مكان تقريباً . والتعرض إلى دور البكتيريا في الحياه موضوع كبير لايسع المجال هنا لإيضاح كل جوانبه ، ولكن سيتم التطرق اليه بإيجاز شديد.

تؤثر البكتيريا على مكونات البيئة وكائناتها من نبات وحيوان وإنسان وهواء وماء وتربة ، إذ تشكل مع غيرها من الكائنات الدقيقة القادرة على تحليل المواد العضوية جزءاً هاماً من النظام البيئي لإكمال دورات كثير من العناصر الأساس كالنتروجين والكربون والكبريت وغيرها ، كما أنها تساهم في إثراء مصادر الطاقة المخزونه في باطن الأرض كالبترول والغاز الطبيعي . وتلعب البكتيريا أيضاً دوراً هاماً في مجالي الزراعة والأغذية ، فهي تساعد في تفكيك التربة وتخصيبها وتوفير بعض حاجات النبات الغذائية ، كما تدخل في الكثير من المنتجات الغذائية مثل منتجات الألبان والفطائر والخبز والمخللات وغيرها . وتقوم البكتيريا بدور رئيس في تغذية الحيوانات خاصة المجتره منها ، حيث تقوم بعملية هضم المواد السليلوزية التي تشكل المصدر الغذائي الأساس للحيوانات والتي لايستطيع جهاز الإنسان الهضمي الإستفادة منها . ويبين هذا الدور ما تسديه هذه الكائنات من خدمة للإنسان في تجنيبه مشاركة الحيوان له مصادر غذائه المحدودة .

تلعب البكتيريا أدواراً هامة كثيرة في مجالات أخرى متعددة ، ففي مجال الطب تعد مصدراً رئيساً لإنتاج العديد من اللقاحات المضادة للأمراض ومضادات السموم والمضادات الحيوية . وفي مجال الصناعة تزداد أهمية واستخدامات البكتيريا في كثير من المنتجات مثل الأدوية والمطهرات والإنزيمات والهرمونات والفيتامينات وغيرها ، ومن مجالات استخدامات البكتيريا التي تكتسب إهتماماً متزايداً إستخدامها كمبيدات إحيائية وكمصدر لإنتاج البروتين وفي مكافحة تلوث البيئة وفي إنتاج وقود الطاقة . وهناك الكثير من الأبحاث التي تجرى على البكتيريا خاصة في مجال الهندسة الوراثية للإستفادة منها في كثير من المجالات العلاجيه والزراعيه والصناعيه، ولعل استنباط بعض الأنواع التي يمكنها التهام بقع الزيت لمكافحة التلوث البيئي يمثل أحد هذه الإستخدامات .