الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة حماة
كلية الزراعة

علم الأحياء الدقيقة

MICROBIOLOGY

(الجزء النظري)

المحاضرة الأولى

إعداد

الدكتور عبد الواحد الطحلي

دكتوراه باختصاص الأحياء الدقيقة

جامعة حماة 2019 - 2020

علم الأحياء الدقيقة

Microbiology

- **مقدمة Introduction:**

علم الأحياء الدقيقة هو فرع من العلوم الحيوية يختص بدراسة الكائنات الحية الدقيقة التي لا تُرى بالعين المجردة ولكن بالمجهر لذلك سميت بالأحياء المجهرية أو الميكروبات Microbs، وهي حية لأنها تقوم بجميع الوظائف الحيوية (التنفس– التكاثر....)، ويهتم علم الأحياء الدقيقة بدراسة شكل وتركيب وتكاثر هذه الكائنات وعلاقتها مع بعضها وتأثيرها على الإنسان والحيوان والنبات.

توجد الأحياء الدقيقة في كل مكان متفاوتة في أشكالها وأحجامها وأنواعها خمسة هي:

1– الجراثيم Bacteria، 2– الفطريات Fungi (الأعفان Molds – الخمائرyeast)،

3– الفيروسات Viruses، 4– الطفيليات Parasites (الأوليات)، 5– الطحالب Algae.

يُعدّ علم الأحياء الدقيقة من العلوم الحديثة، وقد تطور هذا العلم وأصبح له أهمية كبيرة في حياة الإنسان ورفاهيته فقد أمكن استغلال الميكروبات في صناعة المنتجات الغذائية والتخمرات المختلفة، كما أمكن إنتاج الفيتامينات والإنزيمات والمضادات الحيوية والأحماض المختلفة اللازمة لكثير من الصناعات وإنتاج الأعلاف. وتسبب الميكروبات العديد من الأضرار بعضها اقتصادي والآخر صحي سببها نمو الكائنات الدقيقة في الغذاء وإتلاف مكوناته وتكوين مركبات سامة وضارة.

تطورت وسائل البحث العلمي وكشف أسرار الكائنات الحية الدقيقة وطبيعة الأدوار التي تقوم بها في حياة الإنسان، وتأسست فروع مختلفة من هذا العلم منها يختص بدراسة هذه الكائنات للتعريف بخصائصها المختلفة ومنها يختص بدراسة التطبيقات العملية لهذه الكائنات في مجال معين من مجالات الحياة، ومن هذا المنظور يُقسم علم الأحياء الدقيقة استناداً إلى نوع الكائن الذي يدرسه مثل علم الجراثيم، وعلم الفطريات، وعلم الطحالب، وعلم الأوليات، وعلم الفيروسات أو استناداً إلى المجالات التطبيقية التي يستخدم فيها هذا العلم مثل:

1- علم ميكروبيولوجيا الأغذية Food Microbiology: يهتم بدراسة ميكروبات الأغذية ونشاطاتها السلبية والإيجابية التي تحدثها في الأغذية.

2- علم ميكروبيولوجيا التربة Soil Microbiology: يهتم بدراسة ميكروبات التربة ونشاطاتها ودورها في زيادة خصوبة التربة وغيرها.

3- علم الميكروبيولوجيا الطبية Medical Microbiology: يهتم بدراسة الميكروبات المسببة للأمراض من حيث اكتشافها عن طريق التشخيص ومعرفة طرق العلاج.

4- علم ميكروبيولوجيا الزراعة Agricultural Microbiology: يهتم بدراسة الميكروبات التي تؤثر على الزراعة من الناحية الإيجابية والسلبية.

5- علم ميكروبيولوجيا الصناعة Industrial Microbiology: يهتم بدراسة الميكروبات التي تستخدم في الصناعة كإنتاج المضادات الحيوية والفيتامينات والإنزيمات والكحولات وغيرها.

6- علم ميكروبيولوجيا المياه والمجاري Water and Sewage Microbiology.

- **علم الأحياء الدقيقة الزراعية وأهميته التطبيقية:**

يمثل علم الأحياء الدقيقة الزراعية Agricultural Microbiology فرعاً رئيسياً من فروع علم الأحياء الدقيقة لأنه يضم مجموعة المعارف التي تخدم المجال الزراعي بصفة عامة مثل الأحياء الدقيقة في التربة والأغذية والألبان والمياه والمخلفات الزراعية والزراعة العضوية، وتشير كل هذه المجالات إلى أهمية الدور الذي تقوم به الأحياء الدقيقة في المجال الزراعي.

يهدف علم الأحياء الدقيقة الزراعية إلى الاستفادة القصوى من الميكروبات لتحسين خصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل وتقليل الأضرار المحتمل أن تسببها هذه الأحياء في الأغذية والمياه للوصول لغذاء صحي آمن مع الحفاظ على البيئة.

- **الخصائص العامة للأحياء الدقيقة:**

على الرغم من اختلاف الأحياء الدقيقة عن بعضها البعض من حيث الشكل والحجم والتركيب إلا أنها جميعاً لا يمكن رؤيتها إلا باستخدام المجهر والغالبية العظمى من هذه الكائنات وحيدة الخلية مثل

الجراثيم الحقيقية والأوليات والخميرة ولكن هناك كائنات دقيقة عديدة الخلايا مثل الفطريات ومعظم الطحالب كما أنّ بعض الأحياء الدقيقة لا تمتلك تركيب خلوي مثل الفيروسات، وإن كانت الأحياء الدقيقة صغيرة الحجم ووحيدة الخلية إلا أنّ هذه الخلية تمثل وحدة كاملة تتسم بكل الصفات الحيوية كما في الأحياء الأكثر رقياً وتنظيماً فهي قادرة على التنفس والتغذية والتكاثر، وبعضها يحتوي على الكلوروفيل وبالتالي تستطيع استخدام الطاقة الضوئية وبعضها يحتاج إلى مواد غير عضوية والبعض الآخر يحتاج لمواد عضوية للحصول على الطاقة.

- **أهمية وفوائد الأحياء الدقيقة:**

إن غالبية الأحياء الدقيقة غير ضارة، وتتعدد الجوانب المفيدة والضارة للأحياء الدقيقة نذكر بعضها حسب التالي:

أولاً- الجوانب المفيدة:

1) دور الميكروبات في تحلل المواد العضوية التي لا غنى عنها لاستمرار الحياة حيث تُحوِّل كثير من العناصر إلى شكل صالح لتغذية النباتات وتكوين الدبال Hmus الذي له دور مهم في تحسين صفات التربة الطبيعية والكيميائية ويُعتبر مخزناً لغذاء النبات، ودور الأحياء الدقيقة في إكمال دورات العناصر المختلفة في الطبيعة، والحفاظ على توازن دورة الكربون وهو الأساس لاستمرار الحياة على الأرض، وتقوم بعض الميكروبات بتثبيت النتروجين الجوي مما يزيد من مستوى هذا العنصر الضروري للنباتات.

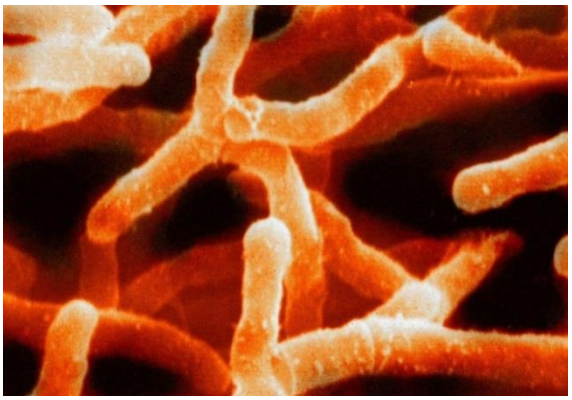
2) إنتاج المضادّات الحيويّة Antibiotics، والمواد الصناعية مثل الإنزيمات والأحماض العضوية والكحول والخل والفيتامينات وغيرها من خلال التخمرات الميكروبية.

3) إنتاج وتطوير اللقاحات Vaccines.

4) استخدامات في الصناعات الغذائية مثل (إنتاج الجبن بأنواعه واللبن ومشتقات الحليب الأخرى، والمخللات).

5) تساعد علماء الهندسة الوراثيّة في فهم طبيعة الحمض النووي DNA و RNA.

6) تساعد الجراثيم التي تعيش في أمعاء الإنسان في تحليل المواد الغذائية وتركيب عدد من الفيتامينات الضرورية التي يحتاجها الإنسان.



مثلاً يمكن تلخيص الدور الذى تلعبه مجموعة الجراثيم الخيطية أو الشعاعية الأكتينومايستات *Actinomycetes* فى التربة كالآتى:

1- تحليل المواد العضوية المعقدة مثل السليولوز والنشا والكيتين وبعضها قادر على تحليل المبيدات، وتستخدم مصادر نتروجينية متعددة للتغذية منها الأمونيا والنترات والأحماض الأمينية والبروتينات، وتستخدم أيضاً مصادر كربون وطاقة مثل تحلل الأحماض العضوية والسكريات البسيطة والمعقدة والليبيدات.

2- تلعب دوراً فى تكوين الدبال humus عن طريق إحداث تحولات فى المواد العضوية المضافة للتربة فبعض أجناسها تُشكل جزيئات حلقية لها دور فى تكوين الدبال فى الأراضي.

3- تقوم بدور مهم في التحولات التي تحدث في درجات الحرارة المرتفعة (السماد).

4- تجميع حبيبات التربة عن طريق خيوطها مما يزيد من خصوبة التربة بسبب تحسين تهويتها.

5- إعطاء التربة رائحة خاصة خصوصاً بعد سقوط المطر نتيجة إفرازها لمركب يسمى Geosmin.

6- يُشكل جنس Frankia عُقد جذرية على النباتات غير البقولية تثبت النتروجين الجوي مما يمد هذه النباتات باحتياجاتها من هذا العنصر ويزيد من خصوبة التربة.

7- كثير من أفراد هذه المجموعة قادرة على إنتاج المضادات الحيوية وقد أظهرت الدراسات أن عزلات جنس *Streptomyces* تفرز مواد تؤثر على نمو الكائنات الأخرى.

8- بعضها يسبب أمراض نباتية مثل الجرب العادي في البطاطا الذى يسببه النوع *Streptomyces Scabies*.

ثانياً- الجوانب الضارة:

1) تُسبب بعض أنواع الأحياء الدقيقة أمراضاً خطيرة للحيوانات والنباتات مما يسبب خسائر كبيرة.
2) تُسبب بعض أنواع الميكروبات فساداً للأغذية والألبان مما يسبب خسائر كبيرة.
3) يُسبب نمو بعض أنواع الأحياء الدقيقة في الأغذية تكوين سموم بعضها مميت للحيوان والإنسان.
4) بعض أنواع الميكروبات لها تأثير منافس ضد الميكروبات المفيدة للنبات.
5) تُستخدم بعض أنواع الميكروبات في الصناعات العسكرية (الأسلحة البيولوجية).

إنّ السموم Toxins التي يكوّنها الميكروب عبارة عن نواتج ثانوية للتمثيل الغذائي وأغلبها بروتينات أو عديد الببتيدات وشحوم بروتينية أو سكرية. تختلف السموم المنتجة حسب نوع الميكروب حيث يوجد نوعين من السموم الجرثومية هي سموم خارجية وسموم داخلية، ومن أهم الأجناس الجرثومية التي تُسبب فساد الأغذية والتسمم هي: *Micrococcus*، *Shigella*، *Salmonella*، *Escherichia*، *Clostridium*، *Streptococcus*، *Staphylococcus*،*Pseudomonas*، *Serratia*، *Bacillus*. يُعتبر الجنس *Aspergillus* من أهم الفطريات التي تسبب فساد الأغذية والأعلاف والتسمم عن طريقها حيث تُفرز سموماً أكثرها خطورة سموم الأفلاتوكسينات المسببة للعديد من الأمراض أخطرها السرطان، وتُفرز الطحالب سموماً تنتقل إلى الأحياء المائية، إذاً لا يقتصر التسمم الميكروبي على الجراثيم بل قد يحدث من الفطريات أو الطحالب أو الأوليات.

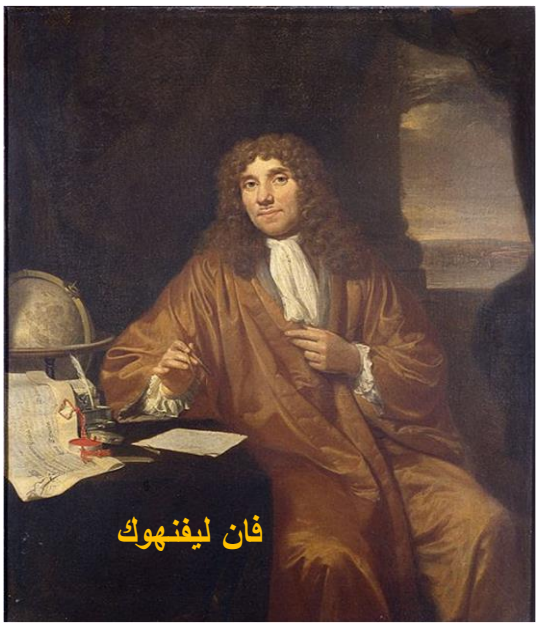
يمثل العلف أكثر العناصر تكلفة في مشاريع الإنتاج الحيواني حيث تتراوح نسبة التكلفة مابين 60 – 70 % من التكلفة الكلية، وتتمثل حماية الأعلاف من الفساد في الحفاظ على جودة الأعلاف من الحصاد حتى التغذية، ولا تخلو عينة من علف الحيوان من السموم الفطرية والجرثومية حيث تشجع الظروف البيئية التي تخزن فيها الأعلاف على نمو وتكاثر الأحياء الدقيقة بالإضافة إلى احتواء الأعلاف على مواد مختلفة من مسحوق الدم والسمك والفيتامينات. على الرغم من قدرة الحيوانات على تحمل هذه السموم إلا أنّ بعض السموم يبقى في اللحم وينتقل إلى الحليب والبيض حسب نتائج العديد من الدراسات والأبحاث.

تاريخ الأحياء الدقيقة

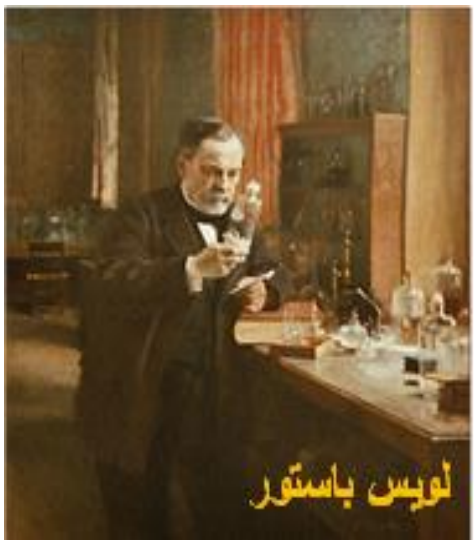
History of Microbiology

تعرفت البشرية على الأحياء الدقيقة بشكل غير مباشر عندما بدأ الإنسان يلاحظ تخمر العجين وصناعة الألبان والأجبان من الحليب، ولم يعرف أحد بأنّ الأمراض تعود لنشاط كائنات دقيقة فقد أشار أبقراط إلى أنّ أسباب الأمراض موجودة في الهواء وذلك في القرن الرابع قبل الميلاد.

يُعدّ أبو بكر الرازي أول عالم يُميّز بين مرضي الجدري والحصبة، وقام أبو القاسم الزهراوي بوصف الخراج المفتوح (الدمامل) والأعراض والعلاج لأمراض تُسببها الأحياء الدقيقة، واستطاع ابن سينا أن يكشف عن طرق العدوى لبعض الأمراض المعدية كالجدري والحصبة وذكر أنها تنتقل عن طريق بعض الكائنات الحية الدقيقة في الماء والجو وقال: "إن الماء يحتوي على حيوانات صغيرة جداً لا تُرى بالعين المجردة تسبب بعض الأمراض". هذا ما أكده الهولندي أنطوني فان ليفنهوك Antonie Van Leeuwenhoek في القرن الثامن عشر (1632- 1723م) بعد اختراع المجهر، والذي يُعد أول من اكتشف عالم الميكروبات وهو تاجر أقمشة يهوى صناعة العدسات المكبرة لينظر من خلالها إلى الأقمشة والأشياء المحيطة به (الشكل 1). لقد شاهد فان ليفنهوك الجراثيم لأول مرة عام 1676م في قطرة ماء وسماها الحيوانات الصغيرة، وتمكن من مشاهدة الكريات الحمر والحيوانات المنوية، كما وصف مجموعات من الأحياء الدقيقة مثل الأوليات والأشنيات والخمائر والبكتريا.



الشكل (1): أول من اكتشف الميكروبات **الهولندي أنطوني فان ليفنهوك**



تجمعت معلومات حتى الربع الأول من القرن التاسع عشر حول مجموعات الأحياء الدقيقة من الناحية الشكلية إلا أنّ النواحي الفيزيولوجية خاصة التمثيل الغذائي لم يدرسها أحد حتى ظهور العالِم باستور، ويُعدّ الفرنسي لويس باستور Louis Pasteur (1822– 1895م) المؤسس الحقيقي لعلم الأحياء الدقيقة فقد وضّح أن بعض الأمراض يمكن أن تسببها الميكروبات، وأن الأمراض تنتقل من إنسان لآخر عن طريق العدوى، واكتشف طريقة اللقاحات للوقاية من بعض الأمراض، واستنتج أن العصويات *Bacilli* تنتج حمض اللاكتيك Lactic acid من السكر، وقام بتفسير ظاهرة تخمير الكحول حيث عزاها لوجود الخمائر yeast وهذه حقيقة علمية إلى يومنا هذا فقد كان الاعتقاد السائد في تلك الفترة الزمنية أنّ التخمر ينتج عن تفاعلات كيميائية يسببها تحلل البروتينات ذاتياً إلا أنّ العالم باستور أوضح أنّ لكل نموذج من التخمر مسبباً من الكائنات الدقيقة وأنّ هذه الأحياء تحصل على الطاقة من المواد العضوية المتخمرة كما اكتشف الأكسدة غير التامة عند دراسته لجراثيم حمض الخل، ودرس مرض الجمرة الخبيثة Anthrax واكتشف الميكروب المسبب للمرض *Bacillus anthracis* عام 1877، وكان أول من استخدم الأوتوغلاف في التعقيم وابتكر البسترة وهي معاملة حرارية (63°م/نصف ساعة أو 72°م/15 ثانية) لقتل الأحياء الدقيقة الممرضة، وقد سميت باسمه Pasteurization تكريماً له (الشكل 2).

الشكل (2): عملة فرنسية من فئة 5 فرنكات تكريم للعالم لويس باستير Louis Pasteur (يمين)، معهد باستير في باريس– فرنسا (يسار).

رافق اهتمام باستور بدراسة الأمراض التي تسببها كائنات حية دقيقة دراسات مماثلة لعدد من الباحثين اكتشفوا أنّ بعض الفطريات مسؤولة عن إحداث بعض أمراض القمح والشيلم كما أوضح الباحث باركلي Barkeley (عام 1845م) أنّ مرض لفحة البطاطا ينتج عن الإصابة بنوع من الفطريات إلا أنّ معظم الباحثين رفضوا أن يكون للجراثيم دور في هذا المجال غير أنه في عام 1882م أثبت الباحث الأمريكي Erwin Smith دور الجراثيم في إحداث مرض تبقع الأجاص ثم بدأت الاكتشافات لتدل على أهمية الجراثيم كمسببات للأمراض النباتية.

روبرت كوخ

جراثيم الكوليرا

إنّ للطبيب الألماني روبرت كوخ Robert Koch فضْل كبير في علم الأحياء الدقيقة، حيث قام بدراسة طرائق التلوين، وطرائق الزرع الجرثومي وعزل الميكروبات ويعتبر أول من أدخل مفهوم المزرعة النقية Pure culture، واكتشف الجراثيم المسببة لمرض السل (عام 1882م) والميكروب المسبب لمرض الكوليرا *Vibrio cholerae*، وأول من استخدم مادة الآغار في الأوساط الغذائية بدلاً من الجيلاتين بإضافتها إلى وسط مغذي سائل لتزيد من صلابته، وتبين أنّ للآغار خاصتين هما:

1- معظم الجراثيم لا تستعمل الآغار كمادة غذائية.

2- يتجمد الآغار في درجة حرارة 45°م.

وتوصل كوخ إلى بعض الاستنتاجات التي عُرفت بفرضيات كوخ Koch's postulates هي كما يلي:

1- أن يكون الكائن الممرض موجوداً في جميع الحالات المرضية.

2- يمكن عزل الكائن الممرض (الميكروب) من الحيوان المريض وتنميته في مزارع نقية.

3- يجب أن يسبب الكائن الممرض المعزول بشكل نقي المرض نفسه عند حقنه في حيوان سليم.

4- يجب أن يحتوي الحيوان المحقون المصاب على الكائن الممرض نفسه وذلك بإمكانية عزل الميكروب من الحيوان المصاب في مزرعة نقية مرة أخرى.

قام الجراح الإنكليزي J. Lister بعملية تعقيم للأدوات المستخدمة في الجراحة واستخدم المطهرات الواقية لتعقيم الهواء مما خفض بشكل كبير معدل الإصابة والتعفن وتلوث الجروح خلال العمليات الجراحية واعتبر هذا الاكتشاف ثورة في عالم الجراحة.

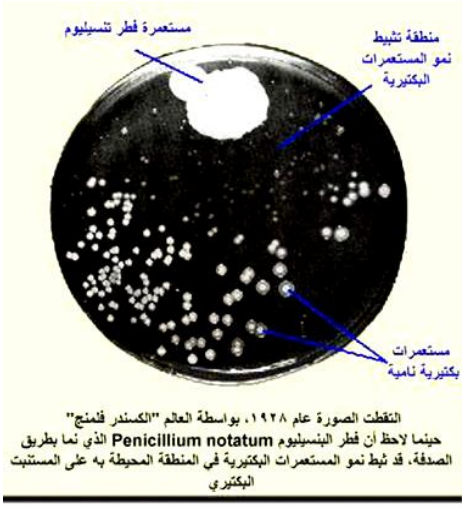
قام الباحث الإيطالي ريتشارد بتري R. Petri في عام 1877م بتطوير الأطباق في المختبر والمسماة بأطباق بتري Petri dish نسبة له حيث أصبح بالإمكان الحصول على الكائنات الدقيقة وتنميتها في المختبر ودراستها. استعمل الجراح الفرنسي سيديلوت Sedillot عام 1878 الاسم ميكروب Microb ليدل على الأحياء الدقيقة وتبنى باستور هذه الكلمة لتصبح أكثر شيوعاً.

وضّح إيفانوفسكي Ivanowski (1892م) أنّ بعض الأمراض كالموزاييك وفسيفساء التبغ سببها وحدات معدية باستطاعتها المرور عبر المرشحات البكتيرية (الشكل 3)، وهي أصغر حجماً من كل الكائنات الدقيقة سميت الفيروسات واعتُبر مؤسساً لهذا العلم Virology، وتبيّن فيما بعد أن الفيروسات طفيليات اجبارية متكونة من بعض البروتينات وأحد الحمضين النوويين DNA و RNA.

الشكل (3): مرض فسيفساء التبغ وشكل الفيروس المسبب

إنّ الاكتشاف الذي شكل ثورة في عالم الطب هو اكتشاف المضادات الحيوية حيث اكُتشف البنسلين بطريق الصدفة عام 1929م على يد باحث الأحياء الدقيقة الأسكتلندي الكسندر فلمنغ Alexander Fleming الذي كان يبحث عن مادة كيميائية قاتلة للجراثيم العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* وذلك بعد تركه للطبق فترة من الزمن سمحت بنمو

فطر البنسيليوم *Penicillium notatum* مما أدى إلى تثبيط نمو الجراثيم وبذلك أثبت فلمنغ أنّ الراشح المستخلص من مستنبت البنسيليوم قادر على قتل الجراثيم،



اكتشاف البنسلين

وتميزت تلك الفترة بالأبحاث المكثفة على جراثيم التربة القادرة على إنتاج مضادات حيوية أدت إلى اكتشاف الستربتومايسين على يد Selman Waksman.

استطاع باستور تحصين Immunization الناس بحقنهم بجراثيم موهنة (ضعيفة) Attenuated فقدت قدرتها الإمراضية Virulence لكنها محتفظة بقدرتها على حث جسم المضيف لإنتاج أجسام مضادة Antibodies تهاجم الميكروب وتدمره، وقدمت هذه التجربة تفسيراً للمحاولة التي سبق أن أجراها جينر Jenner منذ عام 1798م بتحصين الناس ضد مرض الجدري Smallpox باستخدام بثرات من أبقار مصابة بالجدري مما ساعد في تخفيف المرض والقضاء عليه، وبالتالي وضع جينر أساس الوقاية ضد العوامل المعدية بإحداث المناعة صناعياً. تستخدم الآن اللقاحات Vaccines على نطاق واسع وهي عبارة عن معلقات ميكروبية لجراثيم أو فيروسات حية موهنة (ضعيفة) أو ميتة يحقن بها العائل المضيف (إنسان أو حيوان) وتحث الجسم على إنتاج أجسام مضادة تهاجم الميكروب وتدمره، ومثال ذلك اللقاح ضد شلل الأطفال، والسحايا وغيرها.

إن من أروع التطورات الحديثة في مجال الأحياء الدقيقة التطبيقية هو القدرة على تغيير التركيب الوراثي للكائن الدقيق وهو ما يعرف بالهندسة الوراثية Genetic engineering، والمعلومات الدقيقة عن تركيب ووظيفة DNA جعلت من الممكن تغيير تركيب المادة الوراثية للكائن الدقيق وإدخال قطع جديدة من DNA في المادة الوراثية بعملية تدعى إعادة التركيب Recombination بحيث ينتج مواد جديدة، وقد تمّ إدخال بعض الجينات في الجراثيم بغرض إنتاج الأنسولين البشري وغيره.

قُسِّمت الجراثيم في عام 1985 إلى 22 جزءاً حسب دليل بيرجي Bergeyes Manual وتوالت البحوث والاكتشافات مؤدية إلى تطورات متلاحقة شكلت معالم علم الأحياء الدقيقة Microbiology الحديث بكل فروعه التي نعرفها في عصرنا الحالي.

انتهت المحاضرة