فصل ۲

باکتری‌ها

اهداف آموزشی

هدف کلی

شناخت باکتری‌ها و بیماری‌هایی که از طریق دام وطیور ایجاد شده‌اند.

هدف‌های جزئی

۱ــ شناخت باکتری‌ها و اجزاء آن‌ها
۲ــ طبقه‌بندی باکتری‌ها
۳ــ آشنایی با تولیدمثل باکتری‌ها
۴ــ شناخت روش‌های بیماری‌زایی باکتری‌ها
۵ــ شناخت بیماری‌های مهم دام و طیور که توسط باکتری‌ها ایجاد می‌شود.
۶ــ شناخت انواع مختلف محیط‌های کشت
۷ــ شناخت نحوهٔ کشت باکتری‌ها به صورت هوازی و بی هوازی
۸ــ شناخت رنگ‌های مورد نیاز برای رنگ‌آمیزی باکتری‌ها
۹ــ شناخت تثبیت و رنگ‌آمیزی باکتری‌ها
۱۰ــ شناخت نحوهٔ شمارش باکتری‌ها

واژه ها واصطلاحات مهم

- یوکاریوت
- سلول
- باکتری
- جلبک
- پروتوزوئرها
- غشای سیتوپلاسمی
- کلروپلاست
- پروکاریوت
- میکروارگانیسم
- آرکی باکتر
- قارچ
- کروموزوم
- میتوکندری
- واکوئل
- دستگاه گلژی
- لیزوزم
- میوز
- آندوسیتوز
- پروژنوت
- نوکلوییید
- میکروتوبول
- شبکهٔ آندوپلاسمی
- ضریب رسوب
- میتوز
- اگزوسیتوز
- فیلوژنی
- تاژه
- فلاژین

میکرون
باسیل شاربن
شبکهٔ فیبریلی
گرانول
متابولیسم
دیوارهٔ سلولی
فشار اسمزی
پنی سیلین
اتصالات پپتیدی
استرپتوکوک
گلوله‌های شیشه ای
هیبرید
ان ـ استیل گلوکز آمین
فسفو لیپید
مزوزوم
ژن تار
اسید آمینه
استرپتوکوکوس نومونیا
کلنی صاف
اسلایم
یونیزه
قلاب
حلقهٔ داخلی
حلقهٔ خارجی
دو تاژه
تار
تار کوتاه
ادغام جنسی
باکتری نر
تقسیم سلولی
گرم منفی
باسیلوس آنتراسیس
بیماری کزاز

باسیل سیاه زخم
باسیل سیاه سرفه
کروماتین
آندوسپور
شیمیوسنتز
پروتوپلاست
آنتی بیوتیک
ترانس پپتیداز
استافیلوک
آنتی ژن
امواج اولتراسونیک
پپتیدوگلیکان
ان ـ استیل مورامیک اسید
استرول
پلاسمید
نسخه برداری
کپسول
کلنی مخاطی
کلنی خشن
رنگ‌آمیزی منفی
رشته
جسم پایه
میله
تک تاژه
چند تاژه
پیلین
تار جنسی
درآمیختگی
باکتری ماده
گرم مثبت
متابولیک
کلستریدیوم تتانی
ضدعفونی کننده

باکتری پست
کوکوس
اسپریل
میسیلیوم
اکتینومیستال
اسپورانژیوم
هماتوکسیلین ـ ائوزین
اگزون
متان زا
نمک دوست
مایکوباکتریوم لپره
ترپونما پالیدوم
ریکتسیا
کلامیدیا
تراخم
رشد لگاریتمی
جهش یافته
اتوتروف
نیترات
هوازی اجباری
میکروآئروفیل
بی هوازی اجباری
لاکتوباسیل اسیدوفیلوس
اسید لاکتیک
بیماری وبا
سلول رویشی
قانقاریای گاوی
اگزوتوکسین
افتراقی
سافرانین
جوانه زدن
تقسیم دوتایی
انتقال بی واسطه

باکتری عالی
ویبریون
اسپیروکت
اکتینومیست
کورینه فرم
میکروکلنی
نقرهٔ متنامین
اینترون
احیا کننده
گرمادوست
بیماری جذام
بیماری سفلیس
تیفوس
بیماری مقاربتی
مضاعف شدن
جهش
ساپروفیت
هتروتروف
نیتریت
سودوموناس آئروژینوزا
کمپیلوباکتر ژژونی
اشرشیا کلی
لیستریا مونوسیتوژنز
واژن
ویبریو کلرا
اسپورزایی
کلستریدیوم پرفرنجنز
بوتولیسم
رنگ‌آمیزی شفر ـ فولتون
مالاشیت گرین
غیر جنسی
قطعه قطعه شدن
الحاق

یاخته دهنده
استرپتوکوکوس نومونیا
نوترکیب
انتقال عمومی
مزمن تنفسی
مایکوپلاسموز
فالوس
کیسهٔ هوایی
مایکوپلاسما سینوویه
مایکوپلاسما آیووا
شکاف شوان
فنل رد
سرولوژی
هماگلوتاسیون
غربال گری
مایکوباکتریوم بوویس
سیفون
اسید مایکولیک
فاکتور طنابی
کربول فوشین
بیماری دم خوره
سودوموناس
اینوزیتول
آئروموناس
کورک
اسید پانتوتنیک
هموراژیک
یرسینیا روکری

انتقال با واسطه
یاخته گیرنده
شرایط فیزیولوژیکی مستعد
باکتریوفاژ
انتقال اختصاصی
سینوزیت عفونی
مایکوپلاسما گالی سپتیکم
تظاهرات کلینیکی
فولیکول لنفوییدی
مایکوپلاسما ملهآگریدیس
محیط فری
سوآب
رنگ گیمسا
آگلوتاسیون
الایزا
توبرکل
موکوس
آرابینوگالاکتان
مایکوزید
سولفالیپید
اسید فست
پوسیدگی باله
اسید فولیک
فرونکلوزیس
ریبونوکلئات
برانشیومایکوزیس
اگزوفتالمی
آگار

محیط کشت
۳-۶ ان هیدرو ـ الفا ـ ال ـ گالاکتوز
پپتون
ریزوییدی
رنگیزه
پلیت کانت آگار
آگار خون دار
همولیز
محیط لیزین دکربوکسیلاز براث
لیزین
کادوارین
مانیتول سالت آگار
لاکتوز منفی
نمک صفراوی
سلنیت سدیم
مزور
لوپ
کشت دولایه
اندول استیک
کلروفرم
سوکروز
سوسپانسیون
روش مک فارلند
کروموژن منفی
قرمز کنگو
سودان سیاه
گروه کربوکسیل
فضای پری پلاسمیک

بتا ـ دی گالاکتوز
جلبک های دریایی
پرگنه
مضرس
دفیبرینه
نوترینت آگار
استافیلو کوکوس اورئوس
همولیزین
دکربوکسیله کردن
آلکالین آمین
مک کانگی آگار
لاکتوز مثبت
کریستال ویوله
سالمونلا
کالیبره
هیتر
آنس
هیدروژن سولفوره
کواکس
آنزیم تریپتوفاناز
سولفات آمونیوم فریک
کدورت سنجی
کلرید باریم
اسید پیریک
تولوئیدن بلو
اسید ریبونوکلئیک
هتروپلیمر اسید تیکوییک

رویکردهای آموزشی

باتوجه به فصل دوم، که در خصوص باکتری‌ها توضیح داده شده است، هنرجویان می‌توانند با تقسیم بندی موجودات بر مبنای یوکاریوتی و پروکاریوتی آشنا شوند. همچنین با ساختمان و ترکیب شیمیایی، تولید مثل، نحوهٔ رشد و اثرعوامل مختلف محیطی بر رشد آن‌ها،رنگ‌آمیزی، شناسایی باکتری‌ها و شمارش تعداد آن‌ها در محیط‌های مختلف آشنا شوند و با استفاده از این اطلاعات علائم بیماری‌هایی را که باکتری‌ها در دام وطیور ایجاد می‌کنند درک نمایند، همین طور نحوهٔ کشت آزمایشگاهی باکتری‌ها را یاد گیرند.

پیام‌های اصلی

دانشی و مهارتی

هنرجو:

- با مفهوم سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت در دنیای حیات آشنا می‌شود.
- با ساختمان باکتری و اجزای آن آشنا می‌شود.
- با تغذیه و تولید مثل باکتری‌ها آشنا می‌شود.
- با بیماری‌های مهم باکتریایی دام آشنا می‌شود.
- با انواع محیط‌های کشت باکتری‌ها آشنا می‌شود.
- چند محیط کشت باکتری را تهیه و رشد باکتری‌ها را بر روی آن‌ها بررسی می‌کند.
- با انواع رنگ‌ها و روش‌های رنگ‌آمیزی باکتری‌ها آشنا می‌شود.
- چند گسترهٔ باکتری را تهیه و با انجام رنگ‌آمیزی، آن‌ها را بررسی می‌کند.
- با انواع روش های شمارش باکتری‌ها آشنا می‌شود.
- تعداد باکتری‌ها را در یک نمونهٔ غذایی شمارش می‌کند.

نگرشی

هنرجو:

- با انجام دادن آزمایش و کار گروهی در آزمایشگاه میکروبیولوژی، روحیهٔ تحقیق و همکاری را در خود تقویت می‌کند.
- با انجام دادن آزمایش و کار گروهی درخصوص باکتری‌ها نسبت به محیط پیرامون خود کنجکاو می‌شود.

دانستنی‌های مورد نیاز هنرآموز

- هنرآموز با مطالعهٔ فصل دوم (بخش راهنمای هنرآموز) برای ارائهٔ بهتر مطالب کتاب به دانستنی‌های مورد نیاز دست می‌یابد.
- هنرآموز به علائم بیماری‌های باکتریایی در دام وطیور آشنا می‌شود.
- هنرآموز به چگونگی طرز کار عملی انواع کشت و تهیهٔ محیط کشت و رنگ‌آمیزی باکتری‌ها احاطهٔ کامل می‌یابد.

فعالیت‌های پیشنهادی

- هنرآموز می‌تواند با استفاده از اسلاید و پاورپوینت، هنرجویان را با علائم بیماری‌های باکتریایی در دام و طیور آشنا کند.
- هنرآموز می‌تواند کارهای عملی مربوط به رنگ‌آمیزی را به‌طور گروهی در بین هنرجویان در هر جلسه آزمایشگاه انجام دهد.

- هنرآموز می‌تواند در رده‌بندی باکتری‌ها، هنر جویان را جهت تهیهٔ پوستر آن‌ها تشویق کند.
- هنرآموز می‌تواند تفاوت های سلول یوکاریوت و پروکاریوت را از طریق تنظیم جدول و استفاده از آن ارائه دهد.
- هنرآموز می‌تواند با تهیهٔ فیلم‌های آموزشی طرز کشت باکتری در لوله یا خطی را به هنرجویان نمایش دهد.
- هنرآموز می‌تواند هنرجویان را به ایزوله‌کردن باکتری از خاک یا هوا یا ... در آزمایشگاه (به صورت یک فعالیت خارج کلاسی) تشویق کند.

موارد ارزش‌یابی

- هنرآموز می‌تواند از طریق امتحان کتبی یا شفاهی از هنرجویان در مورد سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت پرسش نماید.
- هنرآموز می‌تواند از ساختمان باکتری‌ها، تغذیه و تولیدمثل آن‌ها و بیماری‌هایی که عامل آن باکتری هستند پرسش نماید.
- هنرآموز می‌تواند از انواع محیط‌کشت، نحوهٔ تهیهٔ آن‌ها وانواع رنگ‌ها و رنگ‌آمیزی و تهیهٔ گسترش و نحوهٔ شمارش آن‌ها،آزمون عملی بگیرد.

یوکاریوت و پروکاریوت

واحد بنیادی حیات، سلول نام دارد. در کرهٔ خاکی تنها دو نوع سلول توسط کلیهٔ ارگانیسم‌های زنده تولید می‌شود. سلول‌های پروکاریوت دارای هستهٔ ابتدایی، و سلول‌های یوکاریوت دارای هستهٔ حقیقی و غشای هسته هستند. عبارت پروکاریوت مرکب از دو واژه پرو به معنی پیش و کاریوت به معنی هسته است. این عبارت برای سلولی به‌کار می‌رود که فاقد هسته و اندامک‌های محدود به غشاست. به‌طور کلی میکروبیولوژی دربارهٔ میکروارگانیسم‌های پروکاریوتی (باکتری و آرکی باکتر[1]) و میکروارگانیسم‌های یوکاریوتی (شامل جلبک‌ها، قارچ‌ها، پروتوزوئرها، گیاهان و جانوران) بحث می‌کند. این صفات اصلی، پروکاریوت‌ها را از یوکاریوت ها متمایز می‌سازد :

- پروکاریوت‌ها هسته ندارند. غشای هسته و هستک نیز ندارند و فقط دارای یک کروموزوم اصلی به صورت یک حلقهٔ منفردند.
- غشای سیتوپلاسمی واندامک های محدود به غشا، مانند میتوکندری، کلروپلاست و واکوئل، دستگاه گلژی، شبکهٔ آندوپلاسمی و لیزوزوم در پروکاریوت‌ها دیده نمی‌شود.
- ریبوزوم پروکاریوت‌ها ضریب رسوب ۷۰ s دارد که با نوع یوکاریوتی متفاوت است.
- در پروکاریوت‌ها تقسیمات میوزی و میتوزی وجود ندارد.
- بر خلاف پروکاریوت‌ها، فرآیندهای اندوسیتوز[2] و اگزوسیتوز[3] فقط در یوکاریوت ها انجام می‌شود.

اکثر محققان منشأ کلیهٔ موجودات زنده را از ساختاری بسیار ساده‌تر از پروکاریوت‌های امروزی یعنی پروژنوت[4] می‌دانندکه از آن‌ها سه خط تکاملی مستقل اشتقاق یافته و سبب پیدایش پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها شده است. این‌که پروکاریوت‌ها و یا یوکاریوت‌ها کدام یک زودتر بر روی کرهٔ زمین ظاهر شده‌اند، کاملاً مشخص نیست، اما مطالعات بر روی تفاوت‌های ژنتیکی بین یوباکترها، آرکی‌باکترها و یوکاریوت‌ها نشان می‌دهد که هر سه گروه از دنیای مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱ــ۲). براساس تشابه توالی DNA[5]، به نظر می رسد که آرکی باکترها و یوکاریوت ها قبل از جداشدن از هم از باکتری‌ها منشعب شده اند.

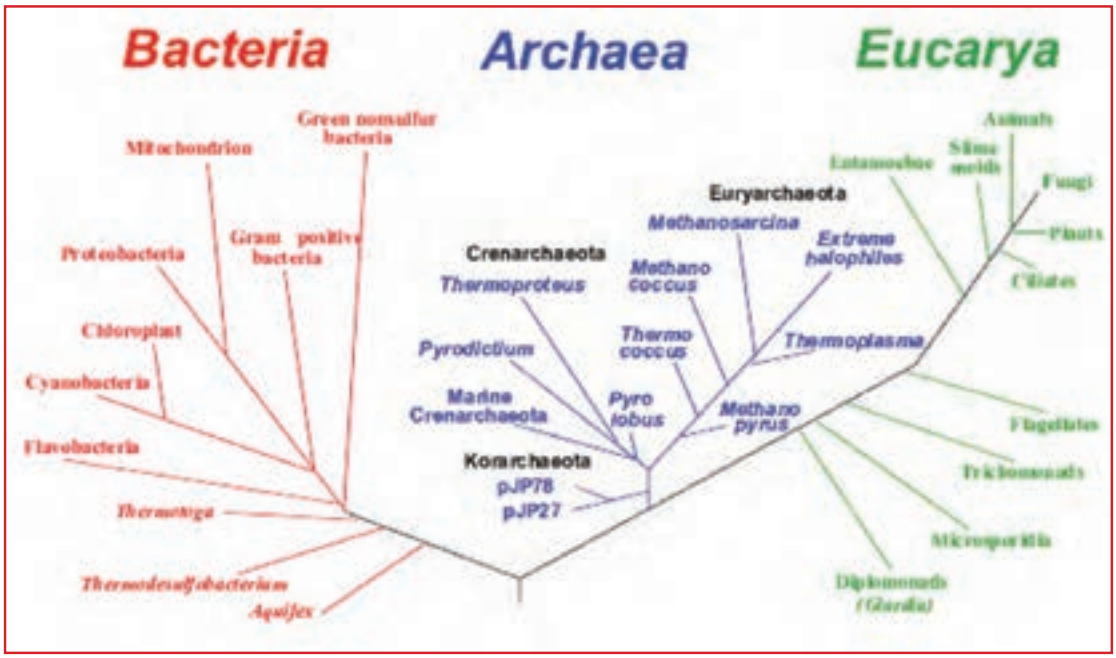
۱ــ Archaebacteria

۲ــ Endocytosis — فرایندی که در طی آن ذرات جامد یا مایع به یاخته وارد می‌شود.

۳ــ Exocytosis — فرایندی که در طی آن ذرات دفعی از یاخته خارج می‌شود.

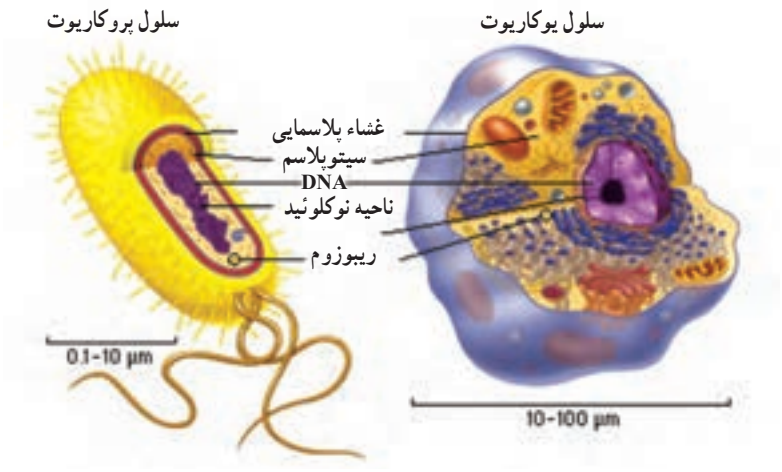
۴ــ Progenote

۵ــ Deoxyribonucleic acid — مولکول دو رشته ای که حاوی تمام اطلاعات ژنتیکی (صفات ارثی)است و تقریباً در همهٔ موجودات زنده این نقش را بر عهده دارد.



شکل ۱ــ۲ درخت فیلوژنی بیانگر ارتباط بین پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در سلول یوکاریوتی، مادهٔ ژنتیکی عمدتاً در هسته[۱] متمرکز است. بخش اندکی نیز درون اندامک‌های درون سلولی نظیر میتوکندری و کلروپلاست دیده می‌شود، درحالی‌که از نظر محتویات سلولی، باکتری‌ها سلول‌های ساده‌ای هستند (شکل ۲ــ۲). مادهٔ ژنتیکی سلول پروکاریوتی، که از لحاظ کمیت ۷۰۰ مرتبه کمتر از مادهٔ ژنتیکی نوع یوکاریوتی است، در ناحیهٔ شبه هسته‌ای موسوم به نوکلوئید[۲] متمرکز شده است. دو نوع سلولی پروکاریوتی و یوکاریوتی از لحاظ جنس وسیلهٔ حرکتی‌شان یعنی تاژه[۳] نیز متفاوت‌اند. به‌طوری‌که تاژه سلول یوکاریوتی عمدتاً از جنس پروتئین استوانه‌ای شکل میکروتوبول[۴] است. در حالی‌که تاژک سلول پروکاریوتی از جنس پروتئین فلاژلین[۵] است. فرآیندهای آندوسیتوز و اگزوسیتوز را فقط در انواع یوکاریوتی می‌توان یافت و پروکاریوت‌ها فاقد آن هستند.



شکل ۲ــ۲ شکل شماتیک سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت

۱ــ Nucleus ۲ــ Nucleoid ۳ــ Flagellum ۴ــ Microtubule ۵ــ Flagellin

باکتری

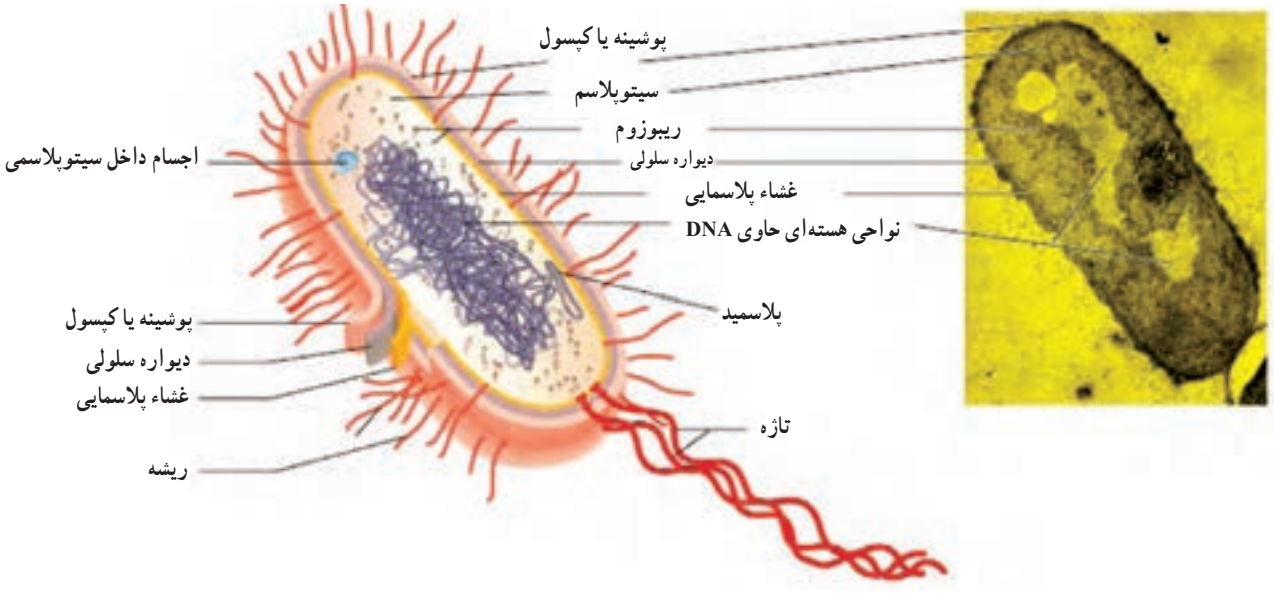
واژهٔ باکتری یعنی چه؟ باکتری از واژه ای یونانی به معنای میلهٔ کوچک گرفته شده است. باکتری‌ها متنوع‌ترین میکروارگانیسم‌ها هستند. تعداد کمی از آن‌ها برای انسان و حیوانات و گیاهان بیماری‌زاست. به‌طورکلی بدون فعالیت آن‌ها، حیات بر روی زمین مختل می‌شود، زیرا باکتری‌ها ساختمان ساده‌ای دارند و می‌توان به آسانی بسیاری از آن‌ها را در شرایط آزمایشگاه کشت داد. دربارهٔ نحوهٔ رشد و مرگ، متابولیسم، و ژنتیک آن‌ها تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است. واحد اندازه گیری باکتری‌ها میکرون است، هر میکرون یک هزارم میلی‌متر است که به آن مو هم می‌گویند. باکتری‌ها حدود ۰/۱ تا ۱۰ میکرون طول دارند. مثلاً اندازهٔ باکتری‌های کروی شکل در حدود یک موست. طول باسیل سیاه زخم (باسیل شارین) حدود ۴ تا ۸ مو و ضخامت آن ۱ تا ۵ مو و طول باسیل سیاه سرفه ۱ تا ۵ مو و ضخامت آن ۰/۳ تا ۰/۵ موست.

ساختار باکتری

باکتری‌ها هستهٔ سازمان یافته ندارند، DNA و پروتئین‌های همراه آن‌ها درون ناحیهٔ نوکلئوتیدی قرار دارند و اجزای سلولی آن‌ها در سیتوپلاسم پراکنده‌اند. در واقع این شبکه فیبریلی و کروماتین مرکزی توسط سیتوپلاسم بی‌شکل حاوی ریبوزوم‌ها احاطه شده‌است. اجسام داخل[1] سیتوپلاسم یا گرانول‌های ذخیرهٔ انرژی، بسته به گونه‌های باکتری، ماهیت شیمیایی متفاوتی دارند ومقدار آن‌ها به مرحلهٔ رشد و محیط بستگی دارد. بعضی از ساختمان‌های سلولی از قبیل آندوسپورها فقط به تعداد کمی از باکتری‌ها محدود می‌شوند. کروموزم‌های غیرمشابه و جداگانه درآن‌ها وجود ندارد و در باکتری‌ها، واکوئل دیده نمی‌شود. بیشتر آن‌ها بدون کلروفیل هستند و متابولیسم [2] خود را از راه شیمیوسنتز انجام می‌دهند.

ساختار و اجزای ساختمانی باکتری‌ها (شکل ۳ــ۲) به شرح زیر است :

دیوارهٔ سلولی[3] : برخلاف سلول‌های جانوری و انسانی باکتری‌ها دارای دیوارهٔ سلولی هستند. دیوارهٔ سلولی پوشش خارجی

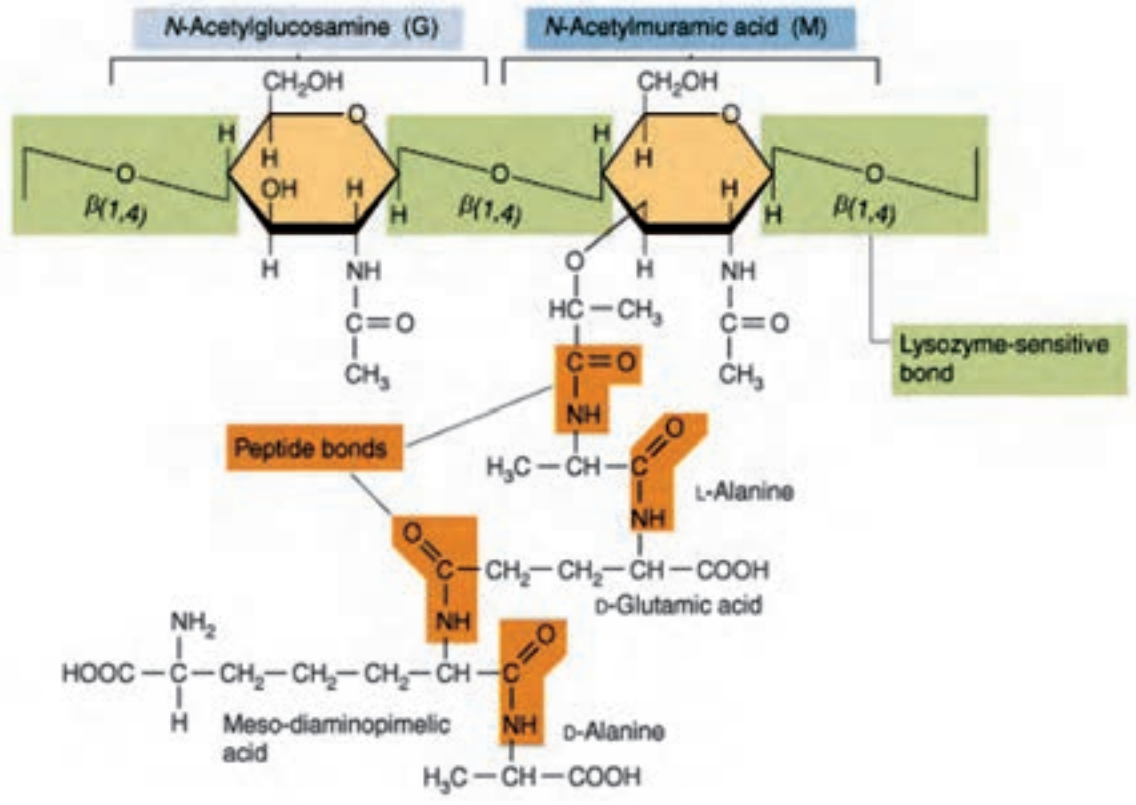


شکل ۳ــ۲ شکل شماتیک ساختارهای یک باکتری

۱ــ Inclusion body ۲ــ Metabolism ۳ــ Cell wall

محکم و سفتی است که شکل باکتری را حفظ می‌کند. به علاوه، پروتوپلاست (غشای سیتوپلاسمی و محتویات آن) را احاطه و از آسیب فیزیکی و شرایط کاهش فشار اسمزی محیط خارج حفاظت می‌کند و نقش مهمی در محافظت باکتری در برابر فشار اسمزی خارج سلولی دارد، این فشار باعث خارج شدن محتویات باکتری و در نهایت مرگ باکتری می‌شود. دیوارهٔ سلولی، باکتری سلول را در مقابل شرایط نامساعد محیطی محافظت می‌کند. محل اثر بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها مانند پنی‌سیلین دیوارهٔ سلولی است. پنی‌سیلین با غیرفعال‌سازی آنزیم ترانس پپتیداز[1] از ساخته شدن اتصالات پپتیدی ممانعت می‌کند و به این ترتیب دیوارهٔ سلولی باکتری تشکیل نمی‌شود.

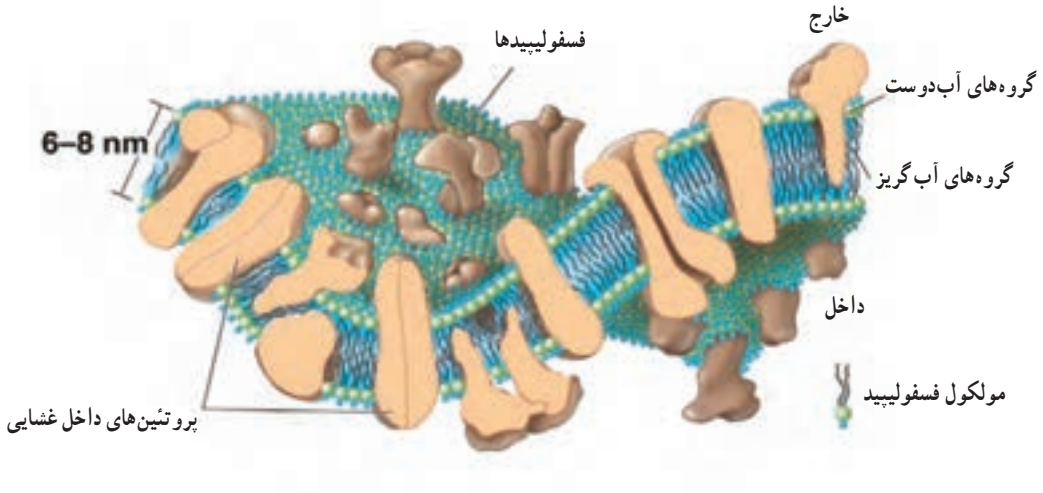
وجود دیواره برای رشد و تقسیم باکتری‌ها لازم است. در موقع تقسیم باکتری در سطح استوایی (وسط)، سلول باکتری به درون رشد می‌کند و دیوارهٔ عرضی تشکیل می‌دهد و سرانجام به جدا شدن و تشکیل دو سلول منجر می‌شود. در بسیاری از گونه‌های باکتری‌ها، سلول‌های جدید می‌توانند چسبیده به‌هم باقی بمانند و یک گروه تشکیل دهند. مثل استافیلوکوک‌ها که حالت خوشه‌ای دارند و یا استرپتوکوک ها که مثل دانه‌های تسبیح زنجیرهای بلند تشکیل می‌دهند. همچنین دیوارهٔ سلولی محل تجمع عوامل آنتی‌ژن است، که باکتری‌ها را توسط این آنتی ژن‌ها از هم تمیز می‌دهند. عمده خصوصیات آنتی ژنی باکتری از دیوارهٔ سلولی آن ناشی می‌شود. دیوارهٔ سلولی را می‌توان با وسایل به خصوصی از قبیل گلوله‌های شیشه‌ای و امواج اولتراسونیک[2] از سلول جدا کرد. جنس دیواره از مولکول هیبریدی موسوم به پپتیدوگلیکان[3] است. بخش قندی دیوارهٔ سلولی از واحدهای ان ــ استیل گلوکز آمین[4] و ان ــ استیل مورامیک اسید[5] تشکیل شده است (شکل ۴ــ۲). این واحدها رشته‌های پلیمری قندی ایجاد می‌کنند که با زنجیره‌های کوتاه پپتیدی به‌هم وصل می‌شوند.



شکل ۴ــ۲ بخش قندی مولکول پپتید وگلیکان در دیوارهٔ سلولی باکتری

۱ــ Transpeptidase ۲ــ Ultrasonic ۳ــ Peptidoglycan ۴ــ N ــ acetylglucosamine ۵ــ N ــ acetylmuramic acid

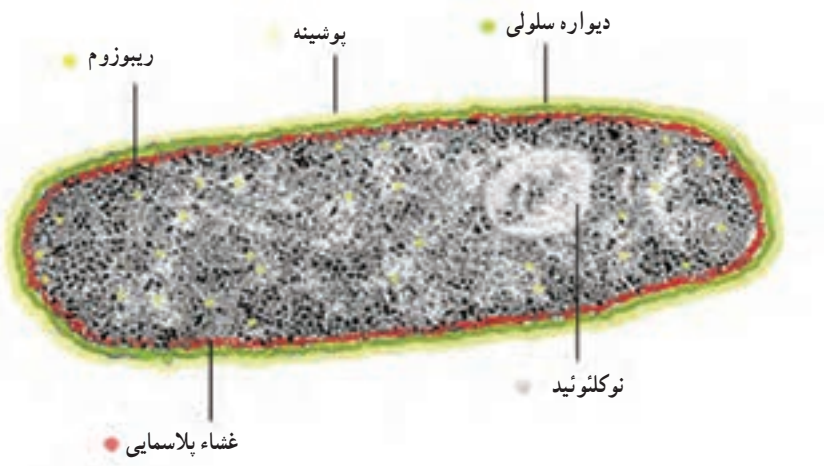
غشای سیتوپلاسمی[1] : غشای سیتوپلاسمی، غشای داخلی نیز نامیده می‌شود. غشای سیتوپلاسمی به صورت پردهٔ نازکی در داخل دیوارهٔ باکتری قرار دارد و متشکل از مولکول‌های چربی، فسفو لیپید و پروتئینی است (شکل ۵ــ۲). این غشا در پروکاریوت‌ها از غشای سیتوپلاسمی در یوکاریوت‌ها به سبب نداشتن استرول متمایز می‌شود. چین‌خوردگی‌های غشای سیتوپلاسمی به درون سلول، ساختارهای ویژه‌ای به نام مزوزوم[2] ایجاد می‌کند. کروموزوم‌های باکتری‌ها به مزوزوم‌ها متصل‌اند. غشا همچنین به‌صورت یک سد اسمزی برای سلول عمل می‌کند و دارای سیتوپلاسم انتقال دهنده برای مواد محلول است و انتقال تولیدات سلولی را در مقابل با محیط خارج سلولی تنظیم می‌کند. غشای سیتوپلاسمی سلول یوکاریوت و پروکاریوت تقریباً با همدیگر مشابه است. البته از لحاظ حضور لیپید و پروتئین و کربوهیدرات‌های خاص با همدیگر تفاوت‌هایی نیز دارند. منتها از لحاظ برهم‌کنش فیزیکی و شیمیایی مولکول‌های تشکیل‌دهنده با هم شباهت‌های زیاد دارند. غشا شامل دولایهٔ فسفولیپیدی همراه با پروتئین‌هاست، اما غشای سلول باکتری فاقد استرول است.



شکل ۵ــ۲ غشای سیتوپلاسمی باکتری متشکل از فسفولیپید و پروتئین. بخش‌های آب دوست و آب گریز مشخص شده‌اند.

هسته : هسته یا نوکلئوید سلول را می‌توان بعد از رنگ‌آمیزی اختصاصی با میکروسکوپ نوری مشاهده کرد. مادهٔ هسته‌ای باکتری‌ها شامل یک مولکول حلقوی DNA دو رشته‌ای است که کروموزوم اصلی نامیده شده و جایگاه عمدهٔ ژن‌های باکتری است و در حالت باز شده تقریباً یک میلی‌متر طول دارد. این مادهٔ هسته‌ای به طور متراکم درون باکتری و به درون مزوزوم فرورفته در غشای سیتوپلاسمی چسبیده، اما مثل سلول‌های یوکاریوت توسط غشای هسته احاطه نشده است (شکل ۶ــ۲). غالب باکتری‌ها علاوه بر کروموزوم اصلی، واجد یک یا چند DNA دو رشته‌ای و حلقوی کوچک آزاد موسوم به پلاسمید[3] هستند. ژن تار وگاه ژن مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک روی پلاسمید است. RNA [4] پروکاریوتی را به صورت rRNA[5]، mRNA[6] و tRNA[7] نشان می‌دهند. هرسه RNA پروکاریوتی به‌وسیلهٔ یک نوع RNA پلیمر نسخه‌برداری[8] می‌شوند. اطلاعات موجود در mRNA همزمان با نسخه‌برداری به پروتئین ترجمه می‌شود، در حالی که rRNA جزئی از تشکیلات ساختمانی ریبوزوم[9] یا ماشین ساخت پروتئین است و tRNA در انتقال اسید آمینه به ریبوزوم نقش دارد.

۱ــ Cytoplasmic membrane ۲ــ Mesosome ۳ــ Plasmid
۴ــ Ribonucleic acid مولکول تک رشته ایست که از روی DNA رونویسی می‌شود و به عنوان الگو برای ساختن پروتئین ها عمل می کند.
۵ــ Ribosomal RNA ۶ــ Messenger RNA ۷ــ Transfer RNA ۸ــ Transcription ۹ــ Ribosome

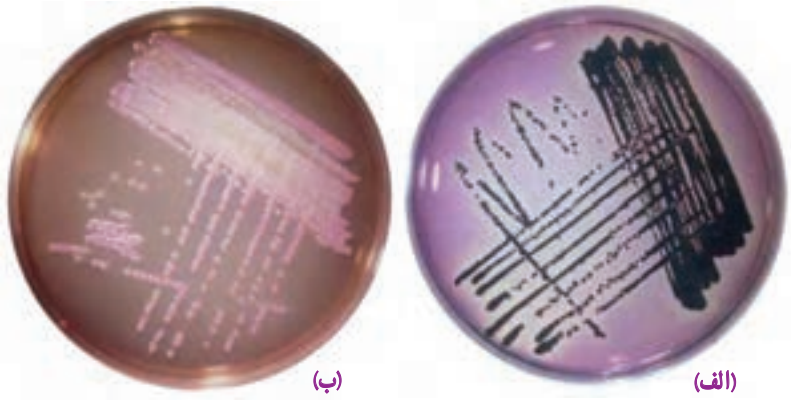


شکل ۶ــ۲ موقعیت هسته در سلول باکتری

سیتوپلاسم : بیش از ۵۰ درصد پروتئین سلول در سیتوپلاسم قرار دارد و آنزیم‌های متابولیسمی راه‌های گلیکولیز و بسیاری از آنزیم‌های چرخه کربس، انواع کاتالازها، دهیدروژنازها و مواد حد واسط چرخه‌های متابولیکی در سیتوپلاسم وجود دارد.

پوشینه یا کپسول : در بعضی از باکتری‌ها، غشای ضخیم ژلاتینی چسبناکی (گلیکوکالیکس)[۱] در خارج دیوارهٔ سلولی قرار داشته و دیواره اسکلتی را احاطه کرده است. کپسول توسط باکتری‌ها ساخته و به خارج ترشح می‌شود و جنس آن بیشتر از پلی‌ساکاریدهاست که در آب محلول و غیر یونی است. لایهٔ کپسول که ضخامت های متفاوت و چسبندگی متغیر دارد، به‌صورت یک سد اسمزی بین باکتری و محیط اطراف آن عمل می‌کند و در واقع نقش حفاظتی دارد.

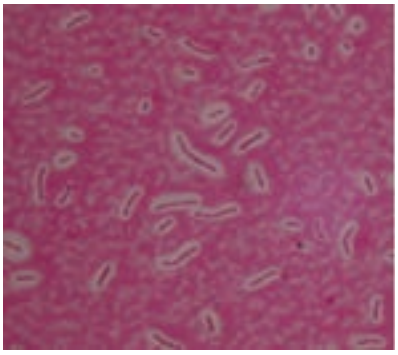
کپسول مانع از عمل بیگانه خواری گلبول‌های سفید می‌شود در تعدادی از باکتری‌های بیماری‌زا، کپسول باعث اتصال باکتری به سلول میزبان می‌شود و از این طریق، تهاجم به باکتری بیماری‌زا کمک می‌کند. قدرت بیماری‌زایی باکتری‌ها اغلب با تولید کپسول همراه است، به‌گونه‌ای که وجود کپسول شدت بیماری‌زایی و عفونت‌زایی را افزایش می‌دهد. مثلاً در باکتری *استرپتوکوکوس نومونیا*[۲] اگر توانایی تولید کپسول در باکتری از بین برود این باکتری غیر بیماری‌زا می‌شود. اگر باکتری قدرت کپسول‌سازی خودش را از دست بدهد، قدرت بیماری‌زایی خود را نیز از دست می‌دهد و در مقابل دستگاه ایمنی بدن میزبان مقاومتی نخواهد داشت. باکتری‌های کپسول‌دار در محیط جامد، کلنی‌های مخاطی[۳] یا صاف[۴] تولید می‌کنند. در مقابل، باکتری‌های فاقد کپسول کلنی‌های خشن[۵] دارند (شکل ۷ــ۲).

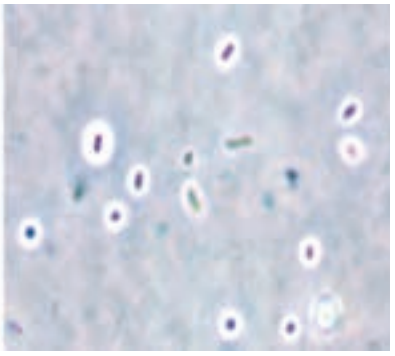


الف) کلنی خشن باکتری بدون کپسول
ب) کلنی صاف باکتری کپسول‌دار روی محیط کشت جامد
شکل ۷ــ۲

۱ــ Glycocalyx ۲ــ Streptococous ۳ــ Mucoid ۴ــ Smooth ۵ــ Rough

برخی از باکتری‌ها ماده‌ای ژله مانند و خارج سلولی به نام اسلایم[1] تولید می‌کنند که از کپسول به سطح سلول چسبیده و در آب محلول بسیار سست‌تر می‌باشد. برای مشاهدهٔ کپسول می‌توان از رنگ‌آمیزی منفی[2] استفاده کرد (شکل ۸ــ۲). به‌طورکلی در عمل رنگ‌آمیزی، شرط رنگ پذیری یک سلول، یونی بودن آن است. زیرا بین نواحی یونیزهٔ سطح سلول و اجزای یونیزهٔ مولکول‌های رنگ، پیوند به‌وجود می آید. در نتیجه بین بارهای مخالف موجود در سطح سلول و مولکول‌های رنگ پیوند یونی تشکیل می‌شود و باکتری رنگ می‌گیرد. چون کپسول ماهیت غیریونی دارد، نمی‌توان آن را رنگ‌آمیزی کرد.

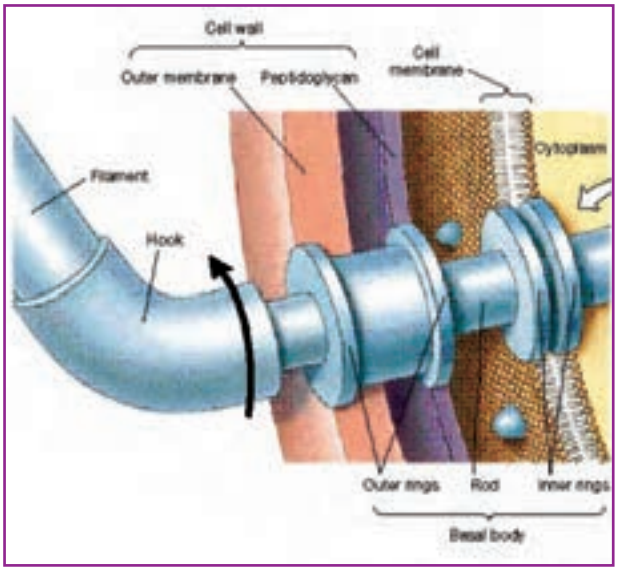




شکل ۸ــ۲ رنگ‌آمیزی کپسول

بنابراین برای مشاهدهٔ آن در زیر میکروسکوپ، زمینهٔ باکتری رنگ‌آمیزی می‌شود و در نتیجه، امکان دیدن کپسول باکتری به صورت هالهٔ شفاف و بی‌رنگ در اطراف سلول باکتری فراهم می‌گردد. در روش رنگ‌آمیزی منفی برای تثبیت گسترش از حرارت استفاده نمی‌شود. چون در اثر حرارت، باکتری احاطه شده با کپسول از شکل طبیعی خود خارج می‌شود.

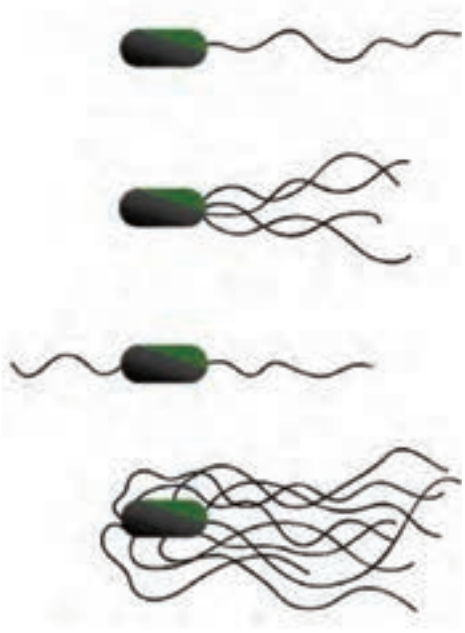
تاژه : حدود نیمی از باکتری‌های شناخته شده قادر به تحرک هستند. این‌ها دارای وسیلهٔ حرکتی هستند که تاژه خوانده می‌شود و معمولاً طول آن چند برابر طول باکتری است. تاژهٔ باکتری‌ها ۱۴ــ۳ میکرون طول و ۰/۰۲ میکرون قطر دارد. تاژه‌ها از سه قسمت رشته[3]، قلاب[4] و جسم پایه[5] تشکیل شده‌اند که پایه در غشای پلاسمایی قرار گرفته است (شکل ۹ــ۲). جسم پایه شامل حلقه‌های داخلی[6]، میله[7] و حلقه‌های خارجی[8] است. رشته‌های پروتئینی به طول و قطر یک‌سان از جنس فلاژلین ساخته شده‌اند. تاژهٔ باکتری به یک قلاب انعطاف‌پذیر وصل است که این قلاب نیز به پروتئین حلقوی متصل است و در نیمهٔ داخلی و خارجی غشای سیتوپلاسمی باکتری قرار دارد. چرخش این پروتئین های حلقوی باعث حرکت تاژه می‌شود.



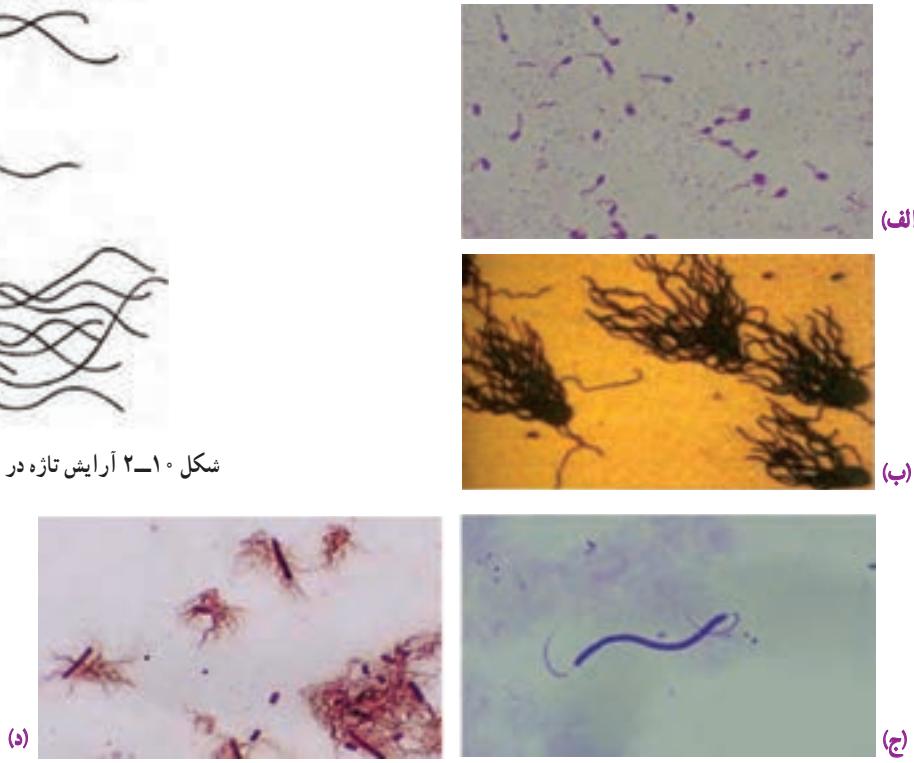
شکل ۹ــ۲ شکل شماتیک تاژه و اجزای آن

۱ــ Slime
۲ــ Negative staning
۳ــ Filament
۴ــ Hook
۵ــ Basal body
۶ــ Inner rings
۷ــ Rod
۸ــ Outer rings

آرایش تاژه در باکتری‌های تاژه‌دار به‌صورت تک تاژه[1]، یک دسته تاژه در یک انتها[2]، دو تاژه در دو انتها[3] و چند تاژه[4] است (شکل‌های ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲)



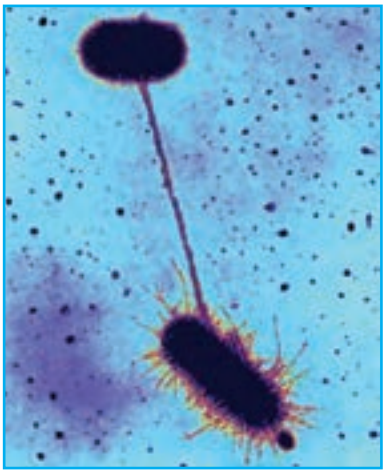
شکل ۱۰ــ۲ آرایش تاژه در باکتری‌های تاژه‌دار به صورت شماتیک



الف) تک تاژه ب) یک دسته تاژه در یک انتها ج) دو تاژه در دو انتها د) چند تاژه

شکل ۱۱ــ۲ آرایش تاژه در باکتری‌های تاژه‌دار در زیر میکروسکوپ

تار[5] : در لاتین به معنی موست و از تاژه مستقیم‌تر، نازک‌تر و کوتاه‌تر است و در عمل تحرک بی‌تأثیر است. تارلولهٔ پروتئینی توخالی است که از زیر واحدهای پروتئینی موسوم به پیلین[6] تشکیل شده است. باکتری‌ها اغلب واجد دو نوع تار کوتاه[7] و بلند هستند. تار کوتاه (چسبنده[8]) در اتصال باکتری به یک سطح نقش دارد. تار بلند (تار جنسی[9]) که تار F هم نامیده می‌شود در انتقال مادهٔ ژنتیکی از یک باکتری به باکتری دیگر، که همان فرآیند ادغام جنسی یا درآمیختگی[10] است، دخالت دارد (شکل ۱۲ــ۲). ژن تار اغلب روی پلاسمید باکتری است و پلاسمیدی را که واجد ژن تار است فاکتورF می‌نامند. باکتری



شکل ۱۲ــ۲ تار جنسی در فرآیند درآمیختگی جنسی بین دو باکتری

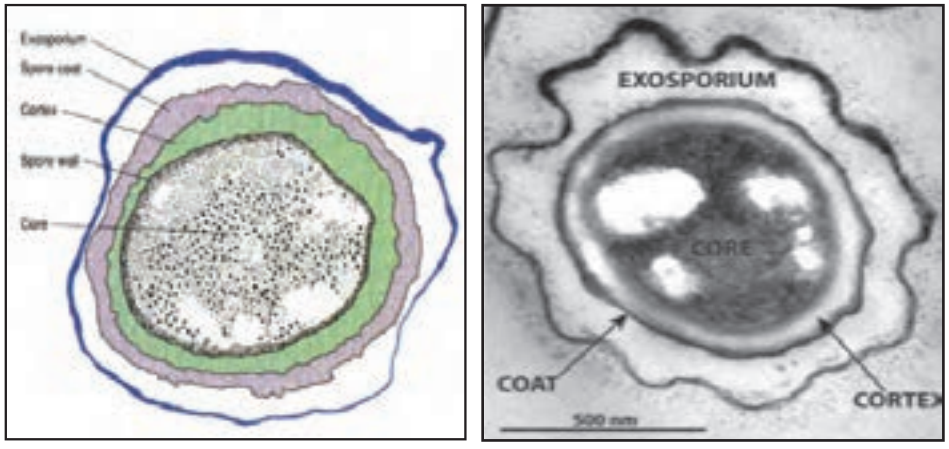
۱ــ Monotrichous ۲ــ Lophotrichous ۳ــ Amphitrichous ۴ــ Peritrichous ۵ــ Pili

۶ــ Pillin ۷ــ Fimberia ۸ــ Adhesion ۹ــ Sexual ۱۰ــ Conjugation

واجد ژن تار را F+ یا باکتری نر[1]، و باکتری فاقد ژن تار را به‌صورت F− یا باکتری ماده[2] نشان می‌دهند.

مزوزوم‌ها : از فرورفتگی غشای سیتوپلاسمی به درون سیتوپلاسم حاصل می‌شود و اغلب در محل تقسیم دیواره وجود دارند و در عمل تقسیم DNA و تقسیم سلولی دخالت می‌کنند. مزوزوم‌ها در باکتری‌های گرم مثبت به مراتب بیشتر از باکتری‌های گرم منفی دیده می‌شوند. مزوزوم‌ها در باکتری‌های گرم مثبت در تقسیم کروموزمی و نیز در در متابولیسم سلولی نقش دارند.

اسپور[3] (هاگ درونی) : اجسامی کوچک و از نظر متابولیکی غیر فعال و دارای دیواره‌ای ضخیم‌اند (شکل ۱۳ــ۲) و توسط غشای سیتوپلاسمی باکتری‌های جنس باسیلوس (مانند باسیلوس آنتراسیس[4] مولد بیماری سیاه زخم) و جنس کلستریدیوم (مانند کلستریدیوم تتانی[5] مولد بیماری کزاز) ساخته می‌شوند. اغلب باکتری‌ها در محیطی بیشتر زنده می‌مانند که علاوه بر دارا بودن منابع غذایی، گرم و مرطوب باشد، در غیر این صورت از بین می‌روند، اما بعضی از باکتری‌ها در شرایط نامساعد اسپور می‌سازند. اسپور پوسته‌ای سخت است که در داخل دیوارهٔ باکتری تشکیل می‌شود. مواد سلولی باکتری در داخل این پوسته محفوظ می‌ماند. اسپور در مقابل شرایط نامساعد محیطی بسیار مقاوم است و در محیط‌های خشک، محیط‌های دارای مواد ضد عفونی کننده و در آب جوش به مدت چندین ساعت زنده می‌ماند. محل قرار گرفتن اسپورها در درون باکتری‌ها متفاوت است ولی در هر گونهٔ باکتری این محل ثابت است. اسپورها می‌توانند برای دوره‌های طولانی در سرمای انجماد و یا در شرایط بسیار خشک غیر فعال باقی بمانند و در صورت مساعد شدن محیط فعال شوند.



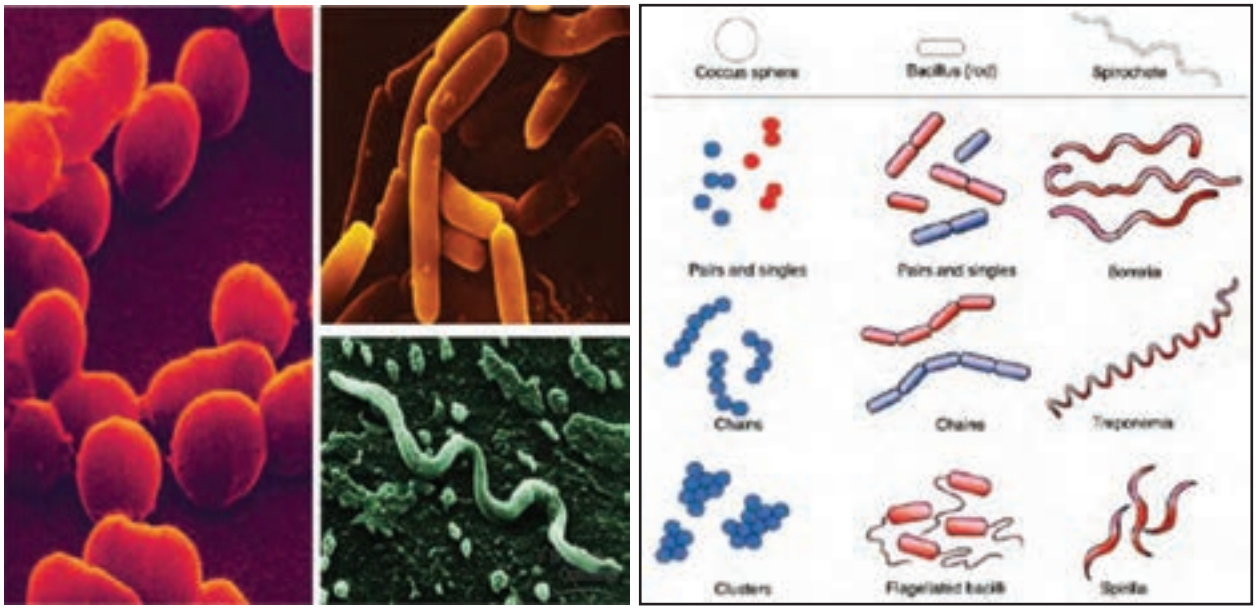
شکل ۱۳ــ۲ اسپور باکتری و اجزای آن

باکتری‌ها از نظر شکل به شش گروه گرد، دراز، خمیده، مارپیچی، فنری و منشعب تقسیم می‌شوند. پنج گروه اول را باکتری‌های پست و گروه ششم را باکتری‌های عالی گویند.

باکتری‌های پست

این باکتری‌ها تک یاخته‌ای هستند. اگر کروی یا بیضوی باشند، کوکوس؛ اگر میله‌ای شکل یا دراز باشند، باسیل؛ اگر خمیده باشند، ویبریون و چنان‌چه مارپیچی شکل و غیرقابل انعطاف باشند، اسپریل و اگر فنری و قابل انعطاف باشند،اسپیروکت نامیده می‌شوند (شکل ۱۴ــ۲).

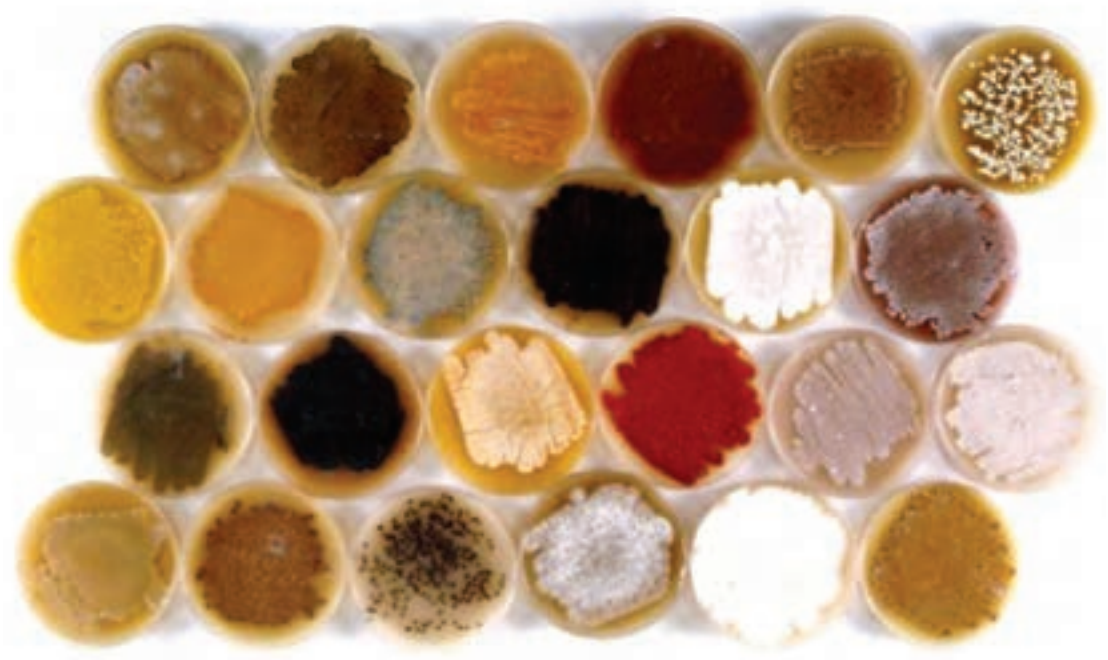
۱ــ Male ۲ــ Female ۳ــ Spore ۴ــ Bacillus anthracis ۵ــ Clostridium tetani



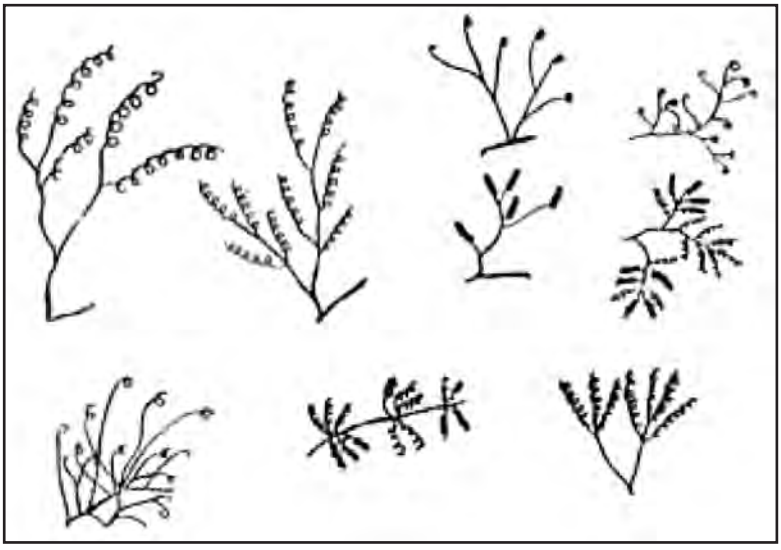
شکل ۱۴ــ۲ اشکال کوکوس، باسیل و اسپریل باکتری‌ها

باکتری‌های عالی یا رشته‌ای

این باکتری‌ها رشته مانند و بیشتر غلاف‌دارند و اغلب شاخه‌های حقیقی ایجاد می‌کنند و میسلیوم تشکیل می‌دهند و چون تشکیلات منشعب ایجاد می‌کنند، اکتینومیست نامیده می‌شوند. کلنی اکتینومیست‌ها واجد رنگدانه‌های مختلف است و معمولاً در محیط‌های کشت حاوی پروتئین، رنگدانه‌های قابل حل ارغوانی و قهوه‌ای رنگ ایجاد می‌کنند (شکل ۱۵ــ۲).



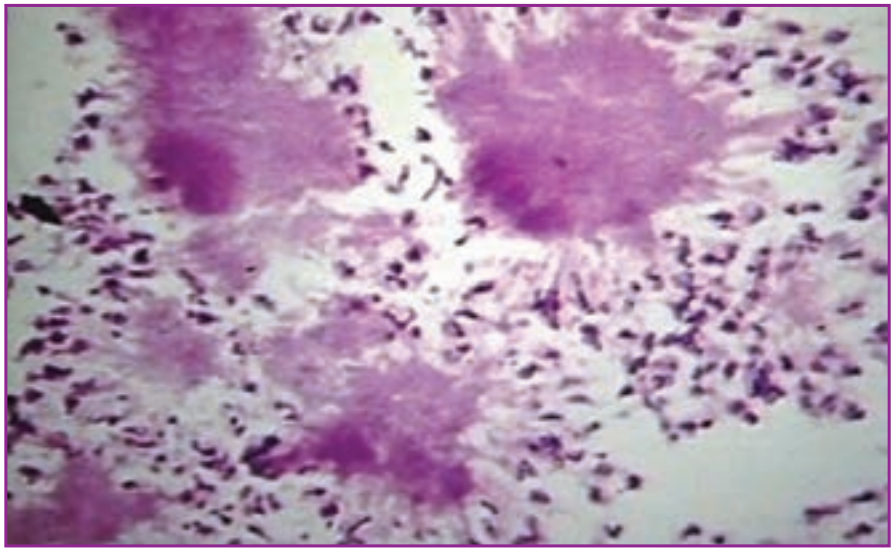
شکل ۱۵ــ۲ رنگدانه‌های ایجاد شده توسط باکتری اکتینومیست بر روی محیط کشت



شکل ۱۶ــ۲ انواع میسلیوم در باکتری‌های رشته‌ای

اکتینومیست‌ها باکتری‌های گرم مثبتی هستند که در راستهٔ اکتینومیستال وابسته به باکتری‌های گروه کورینه فرم قرار می‌گیرند. این باکتری‌ها در بافت و در محیط‌های کشت، سلول‌های کشیده و رشته مانند صاف یا مواج ایجاد می‌نمایند که تا حدود یک میکرومتر قطر دارند و ممکن است یک شاخه‌ای یا دو شاخه‌ای باشند و گاهی در سطح محیط کشت، رشدی مشابه میسلیوم‌های هوایی دارند. رشته‌ها از طریق قطعه قطعه شدن به اجسام کوکسی، باسیلی و یا هر دو شکل تقسیم می‌شوند (شکل ۱۶ــ۲). اسپورهای حاصله ممکن است منفرد، خوشه‌ای یا زنجیره‌ای باشند و یا درون یک اسپورانژیوم تولیدشوند.

اکتینومیست‌ها در بافت، دانه یا گرانول گوگردی ایجاد می‌کنند (شکل ۱۷ــ۲)، که در واقع میکروکلنی ارگانیسم در بافت محسوب می‌شود. دانه‌های گوگردی مربوط به آن‌ها به‌خوبی با هماتوکسیلین ــ ائوزین[۱]، و نقره متنامین[۲] رنگ‌آمیزی می‌شوند. این ارگانیسم‌ها واجد آنزیم‌هایی هستند که باعث مرگ باکتری‌ها و برخی از قارچ‌ها می‌شوند. با توجه به این خصوصیت، در تهیهٔ آنتی‌بیوتیک‌های مختلف از این ارگانیسم‌ها استفاده شده است. بیماری حاصله از اکتینومیست‌ها مزمن است و مانند سایر بیماری‌های باکتریایی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها حساس و نسبت به داروهای ضدقارچی مقاوم هستند. به علت شباهت ضایعات حاصله از اکتینومیست‌ها با ضایعات قارچی، این بیماری‌ها را در قسمت مربوط به بیماری‌های قارچی مورد مطالعه قرار می‌دهند.



شکل ۱۷ــ۲ اجسام کوکسی و باسیلی شکل گرم مثبت اکتینومیست در یک گرانول گوگردی

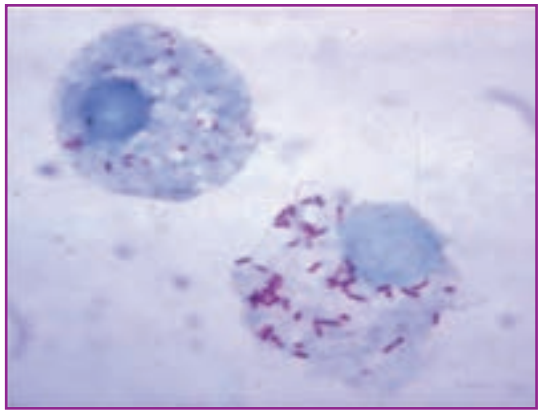
۱ــ Hematoxilin ــ eosin ۲ــ Silver metenamine

دستهٔ دیگر پروکاریوت‌ها آرکی باکترها هستند. باکترها دارای DNA تک رشته‌ای فاقد اگزون[1] و اینترون[2] هستند ولی آرکی‌باکترها نواحی اینترون و اگزون دارند. آرکی باکترها از نظر میکروسکوپی شبیه باکترها هستند، اما از نظر ترکیب شیمیایی و فعالیت‌های حیاتی بسیار با هم تفاوت دارند. بسیاری از آرکی باکترها در شرایط نامعمول و بسیار سخت محیطی[3] مانند دمای بالا، غلظت بالای نمک، و یا pH پایین توانایی ادامهٔ حیات دارند. عده‌ای از آن‌ها دارای فعالیت شیمیایی منحصر به‌فردند و گاز متان از CO_2 و H_2 تولید می‌کنند. آرکی باکترها شامل گروه‌های عمدهٔ زیرند : ۱ــ متان زا[4] (در سیستم های صنعتی برای تبدیل مواد زاید به سوخت مفید اهمیت دارند) ۲ــ احیا کنندهٔ سولفات ۳ــ نمک دوست[5] (یک نمونه از این میکروارگانیسم‌ها در بلور نمک یافت شده است که بیش از ۲/۳ میلیون سال عمر دارد) ۴ــ به شدت گرما دوست و احیا کنندهٔ گوگرد ۵ــ فاقد دیوارهٔ سلولی.

در سال ۱۹۸۱ آرکی باکترهای گرما دوست[6] از چشمه‌های آب گرم کف اقیانوس‌ها به دست آمدند که قادر به رشد در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد بودند. در فاصله‌ای کم‌تر از یک سال، میکروبی درکف اقیانوس کشف شد که در ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کرد. این درجهٔ حرارت به اندازه‌ای است که کاغذ را خود به‌خود و بدون دخالت شعله، مشتعل می‌سازد. قرار گرفتن یک ارگانیسم در دمای زیاد به این معنی که سیتوپلاسم به جوش می‌آید، پروتئین‌ها کیفیت طبیعی خود را از دست می‌دهند، DNA به رشته‌ای جداگانه تفکیک می‌شود و در ساختمان و وظایف چربی‌ها اختلال ایجاد می‌شود در نتیجه سلول از بین می‌رود. این امر را در مورد آرکی باکترها چگونه می‌توان توجیه کرد؟ بخشی از پاسخ را می‌توان مرتبط با عمقی دانست که این میکروارگانیسم زندگی می‌کند. آب در عمق ۲۵ هزار متری که محل رشد و زندگی آرکی باکترهای گرما دوست است در ۲۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد هم به جوش نمی آید و بنابراین سیتوپلاسم سلولی به جوش نمی‌آید. در برخی از این میکروارگانیسم‌ها آنزیم‌هایی با عملکرد مشابه انواع باکتری‌ها یافت می‌شوند که با اندکی تفاوت در ساختار و توالی اسید آمینه‌هایشان می‌توانند حرارت‌های بالاتری را تحمل کنند. ساختمان مولکولی غشا و نحوهٔ قرار گرفتن چربی‌های آن در میکروارگانیسم‌های به شدت گرما دوست[7] به طریقی است که مقاومت آن را نسبت به حرارت زیاد می‌کند.

رشد در باکتری‌ها

اغلب باکتری‌ها درمحیط کشت مصنوعی رشد می‌کنند، در عین حال هنوز نتوانسته‌اند بعضی باکتری‌ها مانند مایکوباکتریوم لپره[8] (عامل بیماری جذام) و ترپونما پالیدوم[9] (عامل بیماری سفلیس) را در محیط مصنوعی رشد دهند. برخی دیگر از باکتری‌ها مثل ریکتسیا[10] (عامل تیفوس) و کلامیدیا[11] (عامل بیماری مقاربتی و تراخم) فقط درون سلول‌های میزبان تکثیر شده (شکل ۱۸ــ۲) و در محیط کشت حاوی سلول رشد می‌کنند.



شکل ۱۸ــ۲ اشکال باکتری ریکتسیا به رنگ ارغوانی درون سلول دیده می‌شوند.

قطعاتی از ژن هستند که رونوشت آن‌ها توسط RNA برای ساخت پروتئین به اندامک ساخت پروتئین منتقل می‌شود. ۱ــ Exon

۲ــ Intron

قطعاتی از ژن‌های کد کننده پروتئین هستند که از RNA رونویسی شده جدا می‌شوند و برعکس اگزون هستند یعنی از آن‌ها در تولید پروتئین استفاده نمی‌شود.

۳ــ Extreme ۴ــ Methanogen ۵ــ Halophile ۶ــ Thermopile ۷ــ Hyperthermophile

۸ــ Mycobacterium lepra ۹ــ Treponema palidum ۱۰ــ Rikettsia ۱۱ــ Chlamydia

رشد تصاعدی و زمان تقسیم در باکتری‌ها

در شرایط مساعد از نظر مواد غذایی، دما و مواد گازی، اندازهٔ باکتری افزایش می‌یابد و سپس به دو سلول مشابه تقسیم می‌شود و تا وقتی که شرایط مساعد باشد، این دو سلول می‌توانند مانند سلول والد رشد کنند و با همان سرعت تقسیم شوند. زمان لازم برای دو برابر شدن تعداد مشخصی باکتری، زمان تقسیم نامیده می‌شود. بیشتر باکتری‌ها در فاصلهٔ ۲۰ دقیقه به حداکثر رشد خود می‌رسند و قادر به تولید مثل می‌شوند. تکثیر باکتری‌ها به طور معمول از راه تقسیم دوتایی صورت می‌گیرد (شکل ۱۹ــ۲) و چگونگی افزایش آن‌ها تابع تصاعد هندسی است.

الف) در باکتری‌های باسیلی ب) در باکتری‌های کوکسی شکل

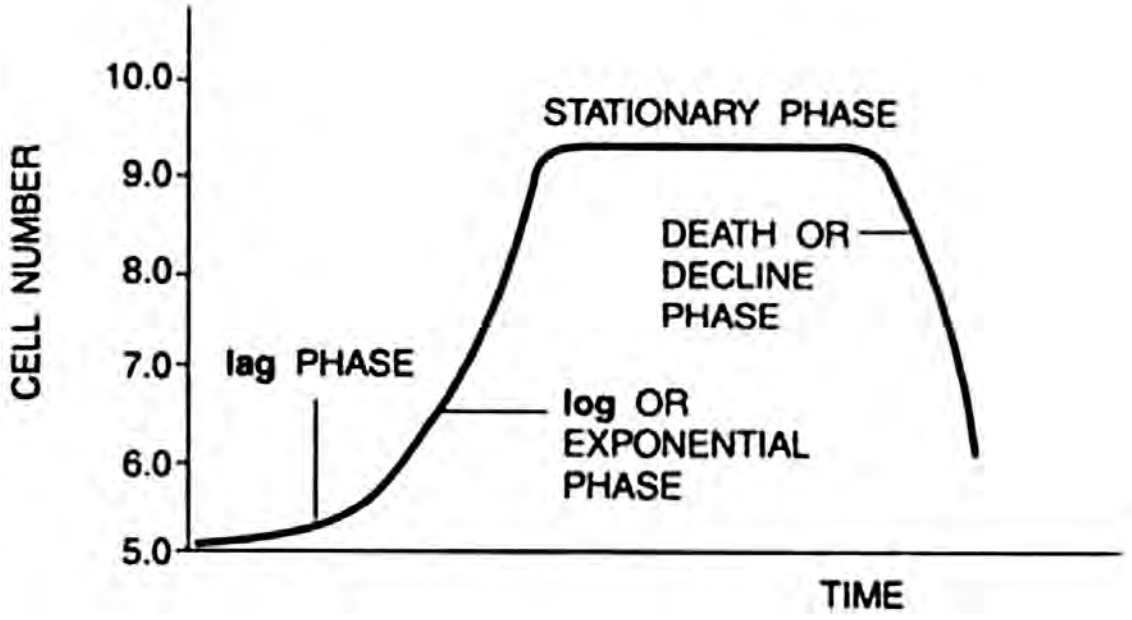
شکل ۱۹ــ۲ تقسیم دوتایی

در شرایط محیطی مناسب، یک باکتری بعد از بیست دقیقه به دو باکتری تبدیل می‌شود. بیست دقیقه بعد، از آن چهار باکتری به وجود می‌آید و به همین ترتیب تعداد باکتری‌ها به ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶ و... می‌رسد. اگر روش تکثیر باکتری‌ها تا ۲۴ ساعت ادامه یابد، از یک باکتری، توده‌ای به وزن دو هزار تن به وجود خواهد آمد. این چنین تعداد یاخته‌ها با سرعت شگفت‌آوری افزایش می‌یابد؛ بنابراین هر نسل دارای دو برابر تعداد یاخته‌های نسل پیشین است و به هنگام رشد فعال، نرخ افزایش جمعیت میکروبی به صورت نمایی است. شمارهٔ باکتری‌ها در هر مقطعی از زمان بستگی به تعداد اولیهٔ جمعیت و شمارهٔ نسل‌های به‌وجود آمده دارد. این رابطه با فرمول $B_f = Bi \times 2^n$ نمایش داده می‌شود که در آن Bf شمارهٔ نهایی باکتری‌ها، Bi تعداد اولیهٔ جمعیت و n شمارهٔ تعداد نسل‌هاست.

طول زمانی را که تعداد جمعیت دو برابر می‌شود، زمان مضاعف شدن[۱] گویند. تعیین زمان مضاعف با استفاده از فرمول $G = t/3.3\log_2(b/B)$ صورت می‌گیرد. در این فرمول G زمان مضاعف شدن، t طول زمانی که شمارهٔ یاخته از نقطهٔ B مرحلهٔ لگاریتمی به نقطهٔ b می‌رسد، B جمعیت اولیه، b جمعیت پس از زمان t که بر مبنای $\log_2$ محاسبه می‌شود. ۳/۳ عامل تبدیل $\log_2$ به $\log_{10}$ است. زمان مضاعف شدن معمولاً تحت شرایط ثابت فیزیکی و شیمیایی برای هر باکتری ثابت است. رشد لگاریتمی میکروب‌ها تا هنگامی ادامه خواهد یافت که مواد غذایی در محیط وجود داشته باشد و از تجمع مواد زاید و سمی حاصل از دگرگشت به گونه‌ای جلوگیری شود. در صورت برقرار نبودن شرایط فوق میزان رشد باکتری رو به کاهش می‌گذارد و منحنی عمومی رشد دارای چهار مرحلهٔ وقفه، رشد نمایی، رشد ثابت و مرگ ایجاد خواهد شد (نمودار ۱ــ۲).

در عمل، باکتری‌هایی که دارای خواص یک‌سانی باشند به‌ندرت یافت می‌شوند. حتی باکتری‌هایی که از یک سلول منشأ می‌گیرند ممکن است از نظر یک یا چند صفت با یکدیگر متفاوت باشند. این تفاوت ها نتیجهٔ تغییراتی است که به علت جهش[۲] ژنی در سلول‌های باکتری پدید می‌آیند. این باکتری‌ها جهش یافته[۳]، نامیده می‌شوند که از نظر بعضی از خواص نظیر ساختمان آنتی‌ژن، حساسیت نسبت به آنتی بیوتیک‌ها وغیره با سایر باکتری‌های مشابه اختلاف دارند. سهولت تغییرپذیری در باکتری‌ها مربوط به سرعت تقسیم آن‌هاست.

۱ــ Duplicated time ۲ــ Mutation ۳ــ Mutant



نمودار ۱ــ ۲ منحنی رشد در باکتری

زمان تقسیم یا مدت زمانی که برای تولید یک سلول جدید در باکتری‌ها لازم است، حدود بیست دقیقه و درمورد انسان بیست سال است. مثلاً یک سلول باکتری در مدت ۱۸ ساعت ۵۴ نسل به‌وجود می‌آورد. درحالی‌که برای ایجاد همین تعداد نسل انسان بیش از یک هزار سال زمان لازم است. پس جهش ژنی در باکتری‌ها نسبت به موجودات عالی خیلی سریع و قابل ملاحظه است.

عوامل مورد نیاز در رشد باکتری‌ها

بیشتر باکتری‌ها نمی‌توانند مانند سلول‌های گیاهان سبز غذاسازی کنند. بنابراین باید غذای آماده شده را از محیط خود بگیرند. بعضی از باکتری‌ها غذای خود را از مواد بی‌جان مانند گوشت، شیر، موادقندی و سایر فرآورده‌های غذایی ما و نیز از اجساد جانداران می‌گیرند. این قبیل باکتری‌ها ساپروفیت هستند. باکتری‌های ساپروفیت یکی از علل اصلی فاسد شدن مواد غذایی هستند. اما اگر غذای باکتری از بدن گیاه یا جانور زنده تأمین شود، باکتری انگل خواهد بود. بیشتر بیماری‌های واگیر را همین گروه از باکتری‌ها ایجاد می‌کنند. باکتری‌ها آنزیم‌های پرقدرتی می‌سازند که در درون سلول یا بیرون از آن می‌توانند ترکیبات غذایی را تجزیه کنند و مواد لازم برای سلول آن‌ها را فراهم سازند.

عناصر اصلی مورد نیاز برای تغذیه باکتری‌ها عبارت‌اند از :

ــ عناصر اصلی شامل کربن، اکسیژن، هیدروژن و فسفر

ــ عناصر جزئی شامل سولفور، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و گلیسرین

ــ عناصر فیزیولوژیک شامل آهن، منگنز، مس، روی و آلومینیوم

ــ فاکتورهای رشد شامل ویتامین‌ها، آمینواسیدها و مقداری مواد شکل یافتهٔ دیگر که برای ترکیب اسیدهای آمینه و سایر سازه‌ها به‌کار می‌روند.

کربن : باکتری‌ها برحسب نوع ترکیباتی که به‌صورت منبع کربن استفاده می‌کنند به دوگروه اصلی باکتری‌های اتوتروف[۱] (خودخوار)

۱ــ Autotroph

و هِتروتروف[1] (دیگر خوار) طبقه‌بندی می‌شوند. باکتری‌های اتوتروف کربن معدنی را از دی‌اکسیدکربن و نیتروژن را از آمونیاک، نیترات‌ها و نیتریت‌ها به‌دست می‌آورند. این باکتری‌ها از نظر پزشکی اهمیت چندانی ندارند. باکتری‌های هتروتروف به ترکیبات آلی به‌صورت منبع اصلی کربن و انرژی نیاز دارند. اغلب باکتری‌های مهم پزشکی هتروتروف هستند.

اکسیژن : باکتری‌ها بر حسب نیاز به اکسیژن به چهار گروه طبقه بندی می‌شوند.

۱ــ هوازی اجباری[2] : فقط در حضور اکسیژن رشد می‌کنند، مانند سودوموناس آئروژینوزا[3].

۲ــ میکروآئروفیل[4] : در غلظت کم اکسیژن بهتر رشد می‌کنند، مانند کمپیلوباکتر ژژونی[5].

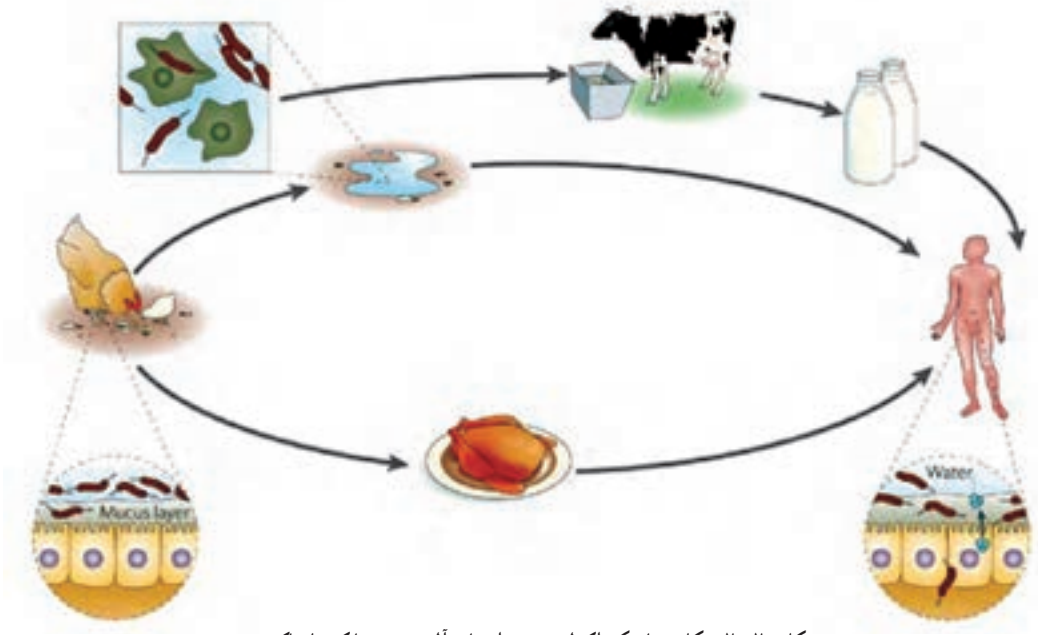
۳ــ بی هوازی اختیاری[6] : در حضور و در غیاب اکسیژن قادر به رشدند، مانند اشرشیاکلی[7].

۴ــ بی هوازی اجباری[8] : فقط در غیاب اکسیژن آزاد رشد می‌کنند، مانند کلستریدیوم تتانی.

دما : تقریباً همهٔ باکتری‌های بیماری زا در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد رشد بهینه دارند. بعضی از باکتری‌ها که در دمای پایین (صفر تا ۴ درجه) و یا دمای بیش از ۳۷ درجه هم رشد می‌کنند، در میکروب شناسی غذایی مهم هستند، مانند لیستریا مونوسیتوژنز[9] که یک عامل مسمویت غذایی است و در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به آهستگی رشد می‌کند و یا کمپیلوباکتر ژژونی (شکل ۲۰ــ۲) که دمای مناسب برای رشد آن ۴۲ درجه است.

CO_2 : باکتری‌ها برای رشد CO_2 لازم دارند. مقادیر مناسب CO_2 یا در هوا وجود دارد و یا باکتری‌ها CO_2 لازم را در خلال سوخت و ساز تولید می‌کنند.

pH : رشد بهینهٔ اکثر باکتری‌های بیماری‌زا در pH بازی خفیف بین ۷/۲ تا ۷/۶ صورت می‌گیرد، اما چند مورد استثنا وجود دارد. لاکتوباسیل اسیدوفیلوس[10] که در واژن زنان بالغ وجود دارد در محیط اسیدی (pH= ۴) بهتر رشد می‌کند. این باکتری اسید لاکتیک تولید می‌کند که باعث اسیدی شدن ترشحات واژن می‌شود و از ایجاد عفونت توسط بسیاری از باکتری‌های بیماری‌زا

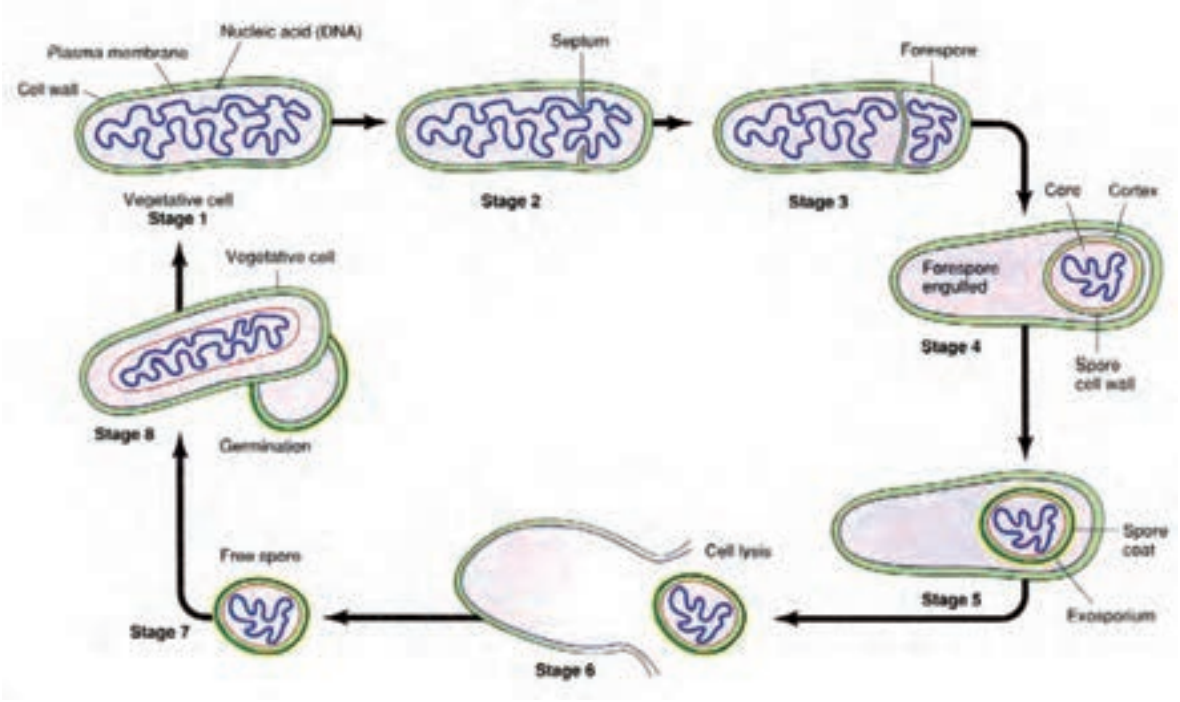


شکل ۲۰ــ۲ شکل شماتیک اکولوژی و راه های آلوده شدن با کمپیلوباکتر ژژونی

۱ــ Heterotroph ۲ــ Obligate aerobe ۳ــ Pseudomonas aeroginosa ۴ــ Microaerophile ۵ــ Campilobacter jejuni
۶ــ Facultative anaerobe ۷ــ Escherichia coli ۸ــ Obligate anaerobe ۹ــ Listeria monocytogenes
۱۰ــ Lactobacillus acidophilus

که محیط اسیدی باعث از بین رفتن آن‌ها می‌شود جلوگیری می‌کند. در مقابل، ویبریوکلرا[1] عامل بیماری وبا در محیط قلیایی (pH=۸/۵) بهتر رشد می‌کند.

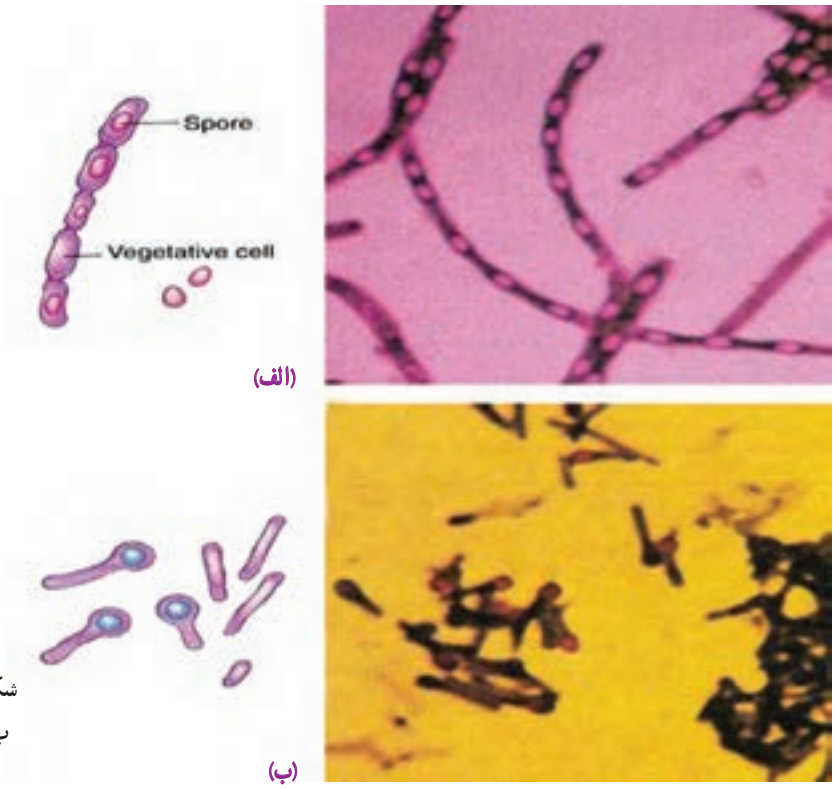
بعضی از باکتری‌ها وقتی در وضعیت کم غذایی یا در شرایط نامطلوب قرار می‌گیرند، پوسته‌ای سخت به دور خود ترشح می‌کنند و به حالتی درمی‌آیند که به آن اسپور می‌گویند (شکل ۲۱ــ۲). اسپورها نسبت به شرایط نامساعد نظیر دمای بالا، تشعشع و وجود مواد شیمیایی از قبیل ضد عفونی کننده‌ها بسیار مقاوم هستند، به‌نحوی که ساعت‌ها در آبِ در حال جوش زنده می‌مانند و از بین نمی‌روند و هنگامی که در جایی قرار می‌گیرند که غذا، گرما و رطوبت در حد مطلوب وجود دارد به باکتری فعال تبدیل می‌شوند و به سرعت تکثیر می‌یابند. اسپورها، در پاسخ به کمبود مواد غذایی، طی فرآیند پیچیدهٔ اسپورزایی[2] تشکیل می‌شوند و پس از تکمیل شدن ساختمان، مانند تخم یا سلولی گرد درون سلول سازندهٔ اسپور ظاهر می‌گردند.



شکل ۲۱ــ۲ مراحل شماتیک اسپورزایی و تبدیل اسپور به سلول رویشی

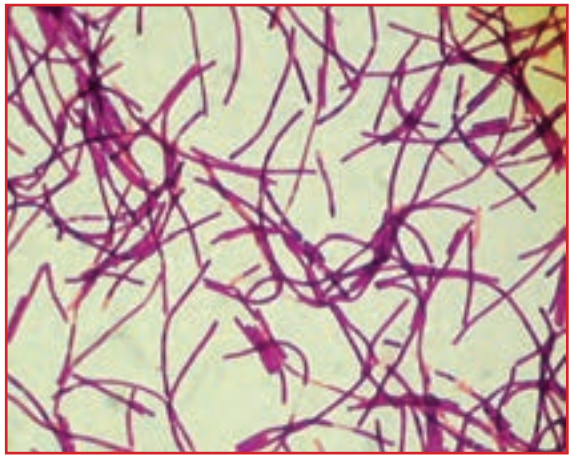
اسپور بخشی ازچرخهٔ زندگی باکتری‌های گرم مثبت میله‌ای شکل (دو جنس باسیلوس و کلستریدیوم) و در واقع یک مرحلهٔ خفته یا غیر فعال از زندگی باکتری است. اسپورزایی در باکتری‌ها بر خلاف آنچه در بعضی گیاهان عالی دیده می‌شود، نوعی تکثیر تولیدمثلی نیست. زیرا هر باکتری فقط یک اسپور تولید می‌کند و هر اسپور به نوبهٔ خود به یک سلول رویشی[3] (باکتری فعال) تبدیل می‌شود. بنابراین در گونه های مولد اسپور، مانند سایر گونه‌های باکتریایی، تکثیر از طریق تقسیم دوتایی باکتری انجام می‌شود. اندازه و محل قرار گرفتن اسپور در داخل باکتری نیز برای تشخیص و تفکیک باکتری‌ها اهمیت دارد. مثلاً اسپورها می‌توانند در مرکز، نزدیک به انتها و یا در انتهای یاخته قرار گیرند (شکل ۲۲ــ۲). قطر اسپور می‌تواند بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از خود باکتری باشد. اگر اسپور قطر بیشتری نسبت به یاخته رویشی داشته باشد موجب تورم یا بزرگی و تغییر شکل باکتری می‌شود.

۱ــ Vibrio cholera ۲ــ Sporulation ۳ــ Vegetative



شکل ۲۲ــ۲ الف) اسپور باسیلوس آنتراسیس در مرکز
ب) اسپور کلستریدیوم تتانی در انتهای سلول باکتری

کلستریدیوم‌های بی‌هوازی مانند کلستریدیوم پرفرنجنز[۱] مولد قانقاریای گاوی (شاربن علامتی)، کلستریدیوم بوتولینوم[۲] عامل مسمومیت غذایی یا بوتولیسم کشنده و کلستریدیوم تتانی از مهم‌ترین باکتری‌های اسپورزا هستند. تمام این کلستریدیوم‌های اسپورزا سم خارجی[۳] قوی تولید می‌کنند که اغلب کشنده هستند. قوی‌ترین اگزوتوکسین توسط کلستریدیوم بوتولینوم تولید می‌شود. مصرف مقدار بسیار کم از مادهٔ غذایی دارای سم بوتولیسم معمولاً موجب مرگ می‌شود. برآورد شده است که یک بطری کوچک حاوی سم بوتولیسم برای کشتن تمام مردم کرهٔ زمین کافی است.

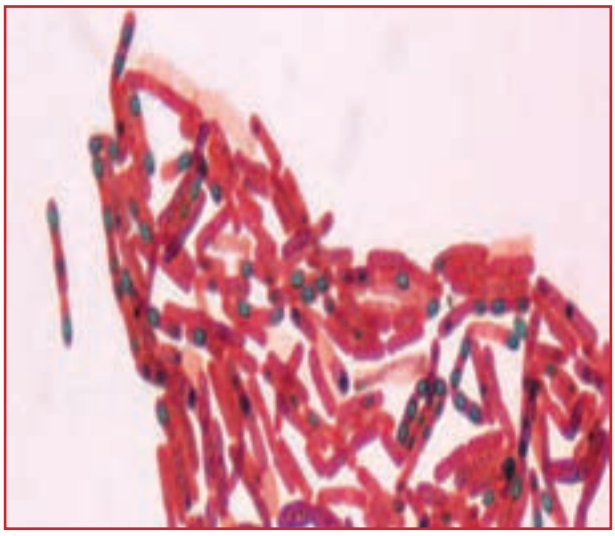


شکل ۲۳ــ۲ رنگ‌آمیزی اسپور به روش ساده

به دوطریق می‌توان اسپورها را زیر میکروسکوپ مشاهده نمود :

۱ــ اسپور پوشش مقاومی است که در برابر نفوذ رنگ مقاومت می‌کند. بنابراین در رنگ‌آمیزی ساده می‌توان اسپورها را به صورت ناحیه رنگ نشده در داخل سلول رویشی (باکتری مولد) مشاهده کرد (شکل ۲۳ــ۲).

۱ــ Clostridium perferengens ۲ــ Cl. butolinum ۳ــ Exotoxin



شکل ۲۴ــ۲ رنگ‌آمیزی اسپور به روش شفرــ فولتون

۲ــ اگر تعداد اسپورهای موجود کم باشد و یا اگر از داخل باکتری مولد خارج شوند و در گستره به صورت پراکنده باشند اغلب توسط رنگ‌آمیزی ساده و یا گرم قابل مشاهده نخواهند بود، در این حالت رنگ‌آمیزی شفرــ فولتون[۱] که یک رنگ‌آمیزی افتراقی است برای مشاهدهٔ آندوسپور و سلول رویشی به‌کار می‌رود. با استفاده از این روش خود اسپور رنگ می‌گیرد و اسپورهای آزاد به آسانی قابل رؤیت خواهند بود. در مشاهدهٔ میکروسکوپی لام رنگ‌آمیزی شده، اسپورها درون سلول رویشی قرمز رنگ، به صورت بخش‌های بیضوی یا کروی کوچک سبز رنگ مشاهده می‌شوند (شکل ۲۴ــ۲). در این روش برای نفوذ رنگ اولیه (مالاشیت گرین[۲]) به داخل پوشش اسپور از حرارت استفاده می‌شود. مالاشیت گرین به آسانی از باکتری‌های مولد شسته می‌شود زیرا دیوارهٔ سلولی باکتری‌هایِ بدون اسپور بر اثر حرارت آسیب دیده و پاره شده است، بنابراین سلول رویشی رنگ دوم، یعنی سافرانین[۳] را جذب می‌کند. در این حالت اسپورها گرد و یا بیضی به رنگ سبز؛ و سلول‌های رویشی به رنگ قرمز دیده می‌شوند.

رنگ‌آمیزی اسپور به روش شفرــ فولتون

از یک باکتری مولد اسپور مانند باسیلوس سوبتیلیس[۴] گستره‌ای تهیه و طبق معمول آن را با حرارت تثبیت کنید. سپس :

۱ــ لام را به رنگ مالاشیت گرین (۵ گرم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر) آغشته کنید.

۲ــ لام آغشته به رنگ را حرارت دهید تا رنگ بخار شود. این عمل را با وارونه کردن شعلهٔ گاز بر روی لام و عبور شعله به تناوب از روی رنگ انجام دهید. وقتی که رنگ شروع به بخار شدن کرد شعله را کنار ببرید. زمانی که تبخیر متوقف شد دوباره کار را تکرار کنید و نگذارید رنگ بجوشد. مدت ۳ تا ۵ دقیقه به همین ترتیب عمل کنید و اگر مالاشیت گرین کاملاً از روی لام تبخیر شد دوباره مقداری رنگ به لام اضافه کنید.

۳ــ بگذارید لام سرد شود تا نشکند. به موازات سرد شدن لام رنگ را اضافه کنید.

۴ــ رنگ اضافی را از روی لام خالی کنید و به‌مدت ۳۰ ثانیه لام را با آب بشویید.

۵ــ لام را روی تشتک رنگ‌آمیزی قرار دهید و آن را با سافرانین (۰/۵ گرم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر) آغشته کنید و بگذارید یک دقیقه بماند.

۶ــ رنگ اضافه را خالی کنید و لام را بشویید.

۷ــ لام را در هوا خشک کنید.

۸ــ لام رنگ‌آمیزی شده را که بر روی آن یک قطره روغن سدر ریخته‌اید توسط عدسی ۱۰۰ در زیر میکروسکوپ مشاهده کنید.

۱ــ Schaeffer ــ Fulton ۲ــ Malachite green ۳ــ Safranin ۴ــ Bacillus subtilis