

۲ فصل

بakteriya ha



اهداف آموزشی

هدف کلی

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

هدف‌های جزئی

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

واژه‌ها و اصطلاحات مهم

یوکاریوت	پروکاریوت	دستگاه گلژی	شبکه آندوپلاسمی
سلول	میکروارگانیسم	لیزوم	ضریب رسوب
باکتری	آرکی باکتر	میوز	میتوز
جلبک	قارچ	آندوسیتوز	اگزوسیتوز
پروتوزوئرها	کروموزوم	پروژنوت	فیلوژنی
غشای سیتوپلاسمی	میتوکندری	نوکلویید	تازه
کلروپلاست	واکوئل	میکروتوبول	فلاژین

میکرون	باسیل سیاه زخم	باکتری پست	باکتری عالی
باسیل شاربن	باسیل سیاه سرفه	کوکوس	ویبریون
شبکه فیبریلی	کروماتین	اسپریل	اسپیروکت
گرانول	آندوسپور	میسیلیوم	اکتینومیست
متابولیسم	شیمیوسنتز	اکتینومیستال	کورینه فرم
دیواره سلولی	پروتوپلاست	اسپورانژیوم	میکروکلنی
فشار اسمزی	آنتی بیوتیک	هما توکسیلین - آئوزین	نقره متامین
پنی سیلین	ترانس پپتیداز	اگزون	اینترون
اتصالات پپتیدی	استافیلوک	متان زا	احیا کننده
استرپتوکوک	آنتی ژن	نمک دوست	گر مادوست
گلوله های شیشه ای	امواج اولتراسونیک	مایکوباکتریوم لپره	بیماری جذام
هیبرید	پپتیدوگلیکان	تریوما پالیدوم	بیماری سفلیس
ان - استیل گلوکز آمین	ان - استیل مورامیک اسید	ریکتسیا	تیفوس
فسفو لیپید	استرول	کلامیدیا	بیماری مقاربتی
مزوزوم	پلاسمید	تراخم	مضاعف شدن
ژن تار	نسخه برداری	رشد لگاریتمی	جهش
اسید آمینه	کپسول	جهش یافته	ساپروفیت
استرپتوکوکوس نومونیا	کلنی مخاطی	اتوتروف	هتروتروف
کلنی صاف	کلنی خشن	نیترا ت	نیتريت
اسلایم	رنگ آمیزی منفی	هوازی اجباری	سودوموناس آئروژینوزا
یونیزه	رشته	میکروآئروفیل	کمپیلوباکتر ژژونی
قلا ب	جسم پایه	بی هوازی اجباری	اشرشیا کلی
حلقه داخلی	میله	لاکتوباسیل اسیدوفیلوس	لیستریا مونوسیتوژنز
حلقه خارجی	تک تازه	اسید لاکتیک	واژن
دو تازه	چند تازه	بیماری وبا	ویبریو کلرا
تار	پیلین	سلول رویشی	اسپورزایی
تار کوتاه	تار جنسی	قانقاریای گاوی	کلستریدیوم پرفرنجنز
ادغام جنسی	در آمیختگی	اگزوتوکسین	بوتولیسم
باکتری نر	باکتری ماده	افتراقی	رنگ آمیزی شفر - فولتون
تقسیم سلولی	گرم مثبت	سافر انین	مالاشیت گرین
گرم منفی	متابولیک	جوانه زدن	غیر جنسی
باسیلوس آنترا سیس	کلستریدیوم تتانی	تقسیم دوتایی	قطعه قطعه شدن
بیماری گزاز	ضد عفونی کننده	انتقال بی واسطه	الحاق

یاخته دهنده	انتقال با واسطه	محیط کشت	بتا - دی گالاکتوز
استرپتوکوکوس نومونیا	یاخته گیرنده	۳-۶ ان هیدرو - الفا - ال - گالاکتوز	جلبک های دریایی
نوترکیب	شرایط فیزیولوژیکی مستعد	پپتون	پرگنه
انتقال عمومی	باکتریوفاژ	ریزوبیدی	مضرس
مزمن تنفسی	انتقال اختصاصی	رنگیزه	دفیبرینه
مایکوپلاسموز	سینوزیت عفونی	پلیت کانت آگار	نوترینت آگار
فالوس	مایکوپلاسم گالی سپتیکم	آگار خون دار	استافیلو کوکوس اورئوس
کیسه هوایی	تظاهرات کلینیکی	همولیز	همولیزین
مایکوپلاسم سینوویه	فولیکول لنفوییدی	محیط لیزین دکربوکسیلاز براث	دکربوکسیله کردن
مایکوپلاسم آییوا	مایکوپلاسم مله آگریدیس	لیزین	آلکالین آمین
شکاف شوان	محیط فری	کادوارین	مک کانگی آگار
فنل رد	سوآب	مانیتول سالت آگار	لاکتوز مثبت
سرولوژی	رنگ گیمسا	لاکتوز منفی	کریستال ویوله
هماگلوتاسیون	آگلوتاسیون	نمک صفراوی	سالمونلا
غربال گری	الایزا	سلنیت سدیم	کالیبره
مایکوباکتریوم بوویس	توبرکل	مزور	هیتر
سیفون	موکوس	لوپ	آنس
اسید مایکولیک	آرابینوگالاکتان	کشت دولایه	هیدروژن سولفور
فاکتور طنابی	مایکوزید	اندول استیک	کواکس
کربول فوشین	سولفالیپید	کلروفرم	آنزیم تربیتوفاناز
بیماری دم خوره	اسید فست	سوکروز	سولفات آمونیوم فریک
سودوموناس	پوسیدگی باله	سوسپانسیون	کدورت سنجی
اینوزیتول	اسید فولیک	روش مک فارلند	کلرید باریوم
آئروموناس	فرونکلوزیس	کروموژن منفی	اسید پیریک
کورک	ریبونوکلئات	قرمز کنگو	تولوئیدن بلو
اسید پانتوتنیک	برانشیو مایکوزیس	سودان سیاه	اسید ریبونوکلئیک
هموراژیک	اگزوفتالمی	گروه کربوکسیل	هتروپلیمر اسید تیکوویک
یرسینیا روکری	آگار	فضای پری پلاسمیک	



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، نحوه رشد و اثر عوامل مختلف محیطی بر رشد آن‌ها، رنگ آمیزی، شناسایی باکتری‌ها و شمارش تعداد آن‌ها در محیط‌های مختلف آشنا شوند و با استفاده از این اطلاعات علائم بیماری‌هایی را که باکتری‌ها در دام و طیور ایجاد می‌کنند درک نمایند، همین‌طور نحوه 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 رنگ آمیزی باکتری‌ها آشنا می‌شود.
- چند گستره باکتری را تهیه و با انجام رنگ آمیزی، آن‌ها را بررسی می‌کند.
- با انواع روش‌های شمارش باکتری‌ها آشنا می‌شود.
- تعداد باکتری‌ها را در یک نمونه غذایی شمارش می‌کند.

نگرشی

هنرجو:

- با انجام دادن آزمایش و کار گروهی در آزمایشگاه میکروبیولوژی، روحیه 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 مطالعه فصل دوم (بخش راهنمای هنرآموز) برای ارائه بهتر مطالب کتاب به دانستنی‌های مورد نیاز دست می‌یابد.
- هنرآموز به علائم بیماری‌های باکتریایی در دام و طیور آشنا می‌شود.
- هنرآموز به چگونگی طرز کار عملی انواع کشت و تهیه محیط کشت و رنگ آمیزی باکتری‌ها احاطه 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 رنگ آمیزی را به‌طور گروهی در بین هنرجویان در هر جلسه آزمایشگاه انجام دهد.

- هنرآموز می‌تواند در رده‌بندی باکتری‌ها، هنر جویان را جهت تهیه پوستر آن‌ها تشویق کند.
- هنرآموز می‌تواند تفاوت‌های سلول یوکاریوت و پروکاریوت را از طریق تنظیم جدول و استفاده از آن ارائه دهد.
- هنرآموز می‌تواند با تهیه فیلم‌های آموزشی طرز کشت باکتری در لوله یا خطی را به هنرجویان نمایش دهد.
- هنرآموز می‌تواند هنرجویان را به ایزوله کردن 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 محیط کشت، نحوه تهیه آن‌ها و انواع رنگ‌ها و رنگ‌آمیزی و تهیه گسترش و نحوه شمارش آن‌ها، آزمون عملی بگیرد.

یوکاریوت و پروکاریوت

واحد بنیادی حیات، سلول نام دارد. در کره خاکی تنها دو نوع سلول توسط کلیه ارگانیسم‌های زنده تولید می‌شود. سلول‌های پروکاریوت دارای هسته ابتدایی، و سلول‌های یوکاریوت دارای هسته 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 به کار می‌رود که فاقد هسته و اندامک‌های محدود به غشاست. به طور کلی میکروبیولوژی درباره میکروارگانیسم‌های پروکاریوتی (باکتری و آرکی باکتر^۱) و میکروارگانیسم‌های یوکاریوتی (شامل جلبک‌ها، قارچ‌ها، پروتوزوئرها، گیاهان و جانوران) بحث می‌کند. این صفات اصلی، پروکاریوت‌ها را از یوکاریوت‌ها متمایز می‌سازد:

- پروکاریوت‌ها هسته ندارند. غشای هسته و هستک نیز ندارند و فقط دارای یک کروموزوم اصلی به صورت یک حلقه منفردند.
- غشای سیتوپلاسمی و اندامک‌های محدود به غشا، مانند میتوکندری، کلروپلاست و واکوئل، دستگاه گلژی، شبکه آندوپلاسمی و لیزوزوم در پروکاریوت‌ها دیده نمی‌شود.

- ریبوزوم پروکاریوت‌ها ضریب رسوب $70S$ دارد که با نوع یوکاریوتی متفاوت است.
 - در پروکاریوت‌ها تقسیمات میوزی و میتوزی وجود ندارد.
 - برخلاف پروکاریوت‌ها، فرایندهای اندوسیتوز^۲ و اگزوسیتوز^۳ فقط در یوکاریوت‌ها انجام می‌شود.
- اکثر محققان منشأ کلیه موجودات زنده را از ساختاری بسیار ساده‌تر از پروکاریوت‌های امروزی یعنی پروژنوت^۴ می‌دانند که از آن‌ها سه خط تکاملی مستقل اشتقاق یافته و سبب پیدایش پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها شده است. این که پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها کدام یک زودتر بر روی کره زمین ظاهر شده‌اند، کاملاً مشخص نیست، اما مطالعات بر روی تفاوت‌های ژنتیکی بین یوباکترها، آرکی باکترها و یوکاریوت‌ها نشان می‌دهد که هر سه گروه از دنیای مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱-۲). براساس تشابه توالی DNA^۵، به نظر می‌رسد که آرکی باکترها و یوکاریوت‌ها قبل از جداسدن از هم از باکتری‌ها منشعب شده‌اند.

۱- Archaeobacteria

۲- Endocytosis

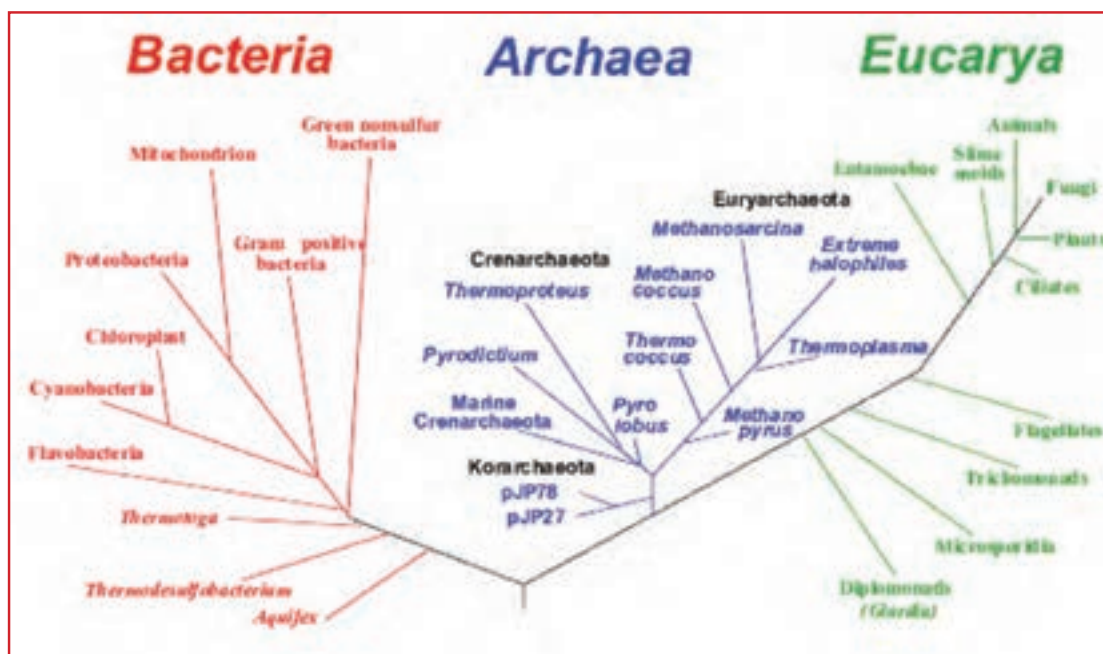
فرایندی که در طی آن ذرات جامد یا مایع به یاخته وارد می‌شود.

۳- Exocytosis

فرایندی که در طی آن ذرات دفعی از یاخته خارج می‌شود.

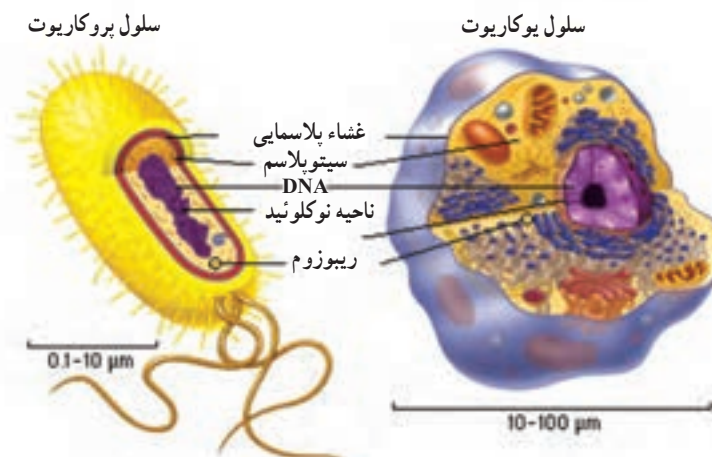
۴- Progenote

۵- Deoxyribonucleic acid مولکول دو رشته‌ای که حاوی تمام اطلاعات ژنتیکی (صفات ارثی) است و تقریباً در همه موجودات زنده این نقش را بر عهده دارد.



شکل ۲-۱ درخت فیلوژنی بیانگر ارتباط بین پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در سلول یوکاریوتی، ماده ژنتیکی عمدتاً در هسته^۱ متمرکز است. بخش اندکی نیز درون اندامک‌های درون سلولی نظیر میتوکندری و کلروپلاست دیده می‌شود، در حالی که از نظر محتویات سلولی، باکتری‌ها سلول‌های ساده‌ای هستند (شکل ۲-۲). ماده ژنتیکی سلول پروکاریوتی، که از لحاظ کمیت ۷۰۰ مرتبه کمتر از ماده ژنتیکی نوع یوکاریوتی است، در ناحیه شبه هسته‌ای موسوم به نوکلئید^۲ متمرکز شده است. دو نوع سلولی پروکاریوتی و یوکاریوتی از لحاظ جنس وسیله حرکتی‌شان یعنی تازه^۳ نیز متفاوت‌اند. به طوری که تازه سلول یوکاریوتی عمدتاً از جنس پروتئین استوانه‌ای شکل میکروتوبول^۴ است. در حالی که تاژک سلول پروکاریوتی از جنس پروتئین فلاژلین^۵ است. فرایندهای آندوسیتوز و اگزوسیتوز را فقط در انواع یوکاریوتی می‌توان یافت و پروکاریوت‌ها فاقد آن هستند.



شکل ۲-۲ شکل شماتیک سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت

۱- Nucleus

۲- Nucleoid

۳- Flagellum

۴- Microtubule

۵- Flagellin

باکتری

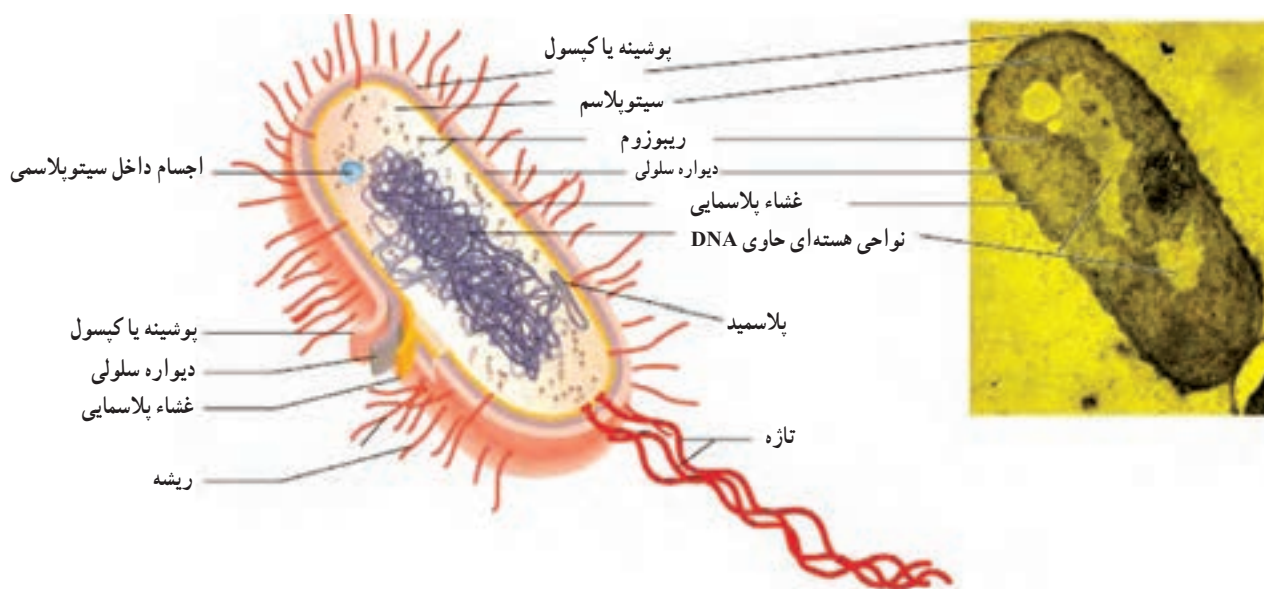
واژه باکتری یعنی چه؟ باکتری از واژه ای یونانی به معنای میله کوچک گرفته شده است. باکتری ها متنوع ترین میکروارگانیسم ها هستند. تعداد کمی از آن ها برای انسان و حیوانات و گیاهان بیماری زاست. به طور کلی بدون فعالیت آن ها، حیات بر روی زمین مختل می شود، زیرا باکتری ها ساختمان ساده ای دارند و می توان به آسانی بسیاری از آن ها را در شرایط آزمایشگاه کشت داد. درباره نحوه رشد و مرگ، متابولیسم، و ژنتیک آن ها تحقیقات گسترده ای انجام شده است. واحد اندازه گیری باکتری ها میکرون است، هر میکرون یک هزارم میلی متر است که به آن مو هم می گویند. باکتری ها حدود $1/10^6$ تا 10^1 میکرون طول دارند. مثلاً اندازه باکتری های کروی شکل در حدود یک موست. طول باسیل سیاه زخم (باسیل شاربن) حدود $4/8$ تا $4/5$ مو و ضخامت آن $1/5$ تا $1/5$ موست.

ساختار باکتری

باکتری ها هسته سازمان یافته ندارند، DNA و پروتئین های همراه آن ها درون ناحیه نوکلئوتیدی قرار دارند و اجزای سلولی آن ها در سیتوپلاسم پراکنده اند. در واقع این شبکه فیبریلی و کروماتین مرکزی توسط سیتوپلاسم بی شکل حاوی ریبوزوم ها احاطه شده است. اجسام داخل^۱ سیتوپلاسم یا گرانول های ذخیره انرژی، بسته به گونه های باکتری، ماهیت شیمیایی متفاوتی دارند و مقدار آن ها به مرحله رشد و محیط بستگی دارد. بعضی از ساختمان های سلولی از قبیل آندوسپورها فقط به تعداد کمی از باکتری ها محدود می شوند. کروموزم های غیر مشابه و جداگانه در آن ها وجود ندارد و در باکتری ها، واکوئل دیده نمی شود. بیشتر آن ها بدون کلروفیل هستند و متابولیسم^۲ خود را از راه شیمیوسنتز انجام می دهند.

ساختار و اجزای ساختمانی باکتری ها (شکل ۳-۲) به شرح زیر است :

دیواره سلولی^۳ : برخلاف سلول های جانوری و انسانی باکتری ها دارای دیواره سلولی هستند. دیواره سلولی پوشش خارجی



شکل ۳-۲ شکل شماتیک ساختارهای یک باکتری

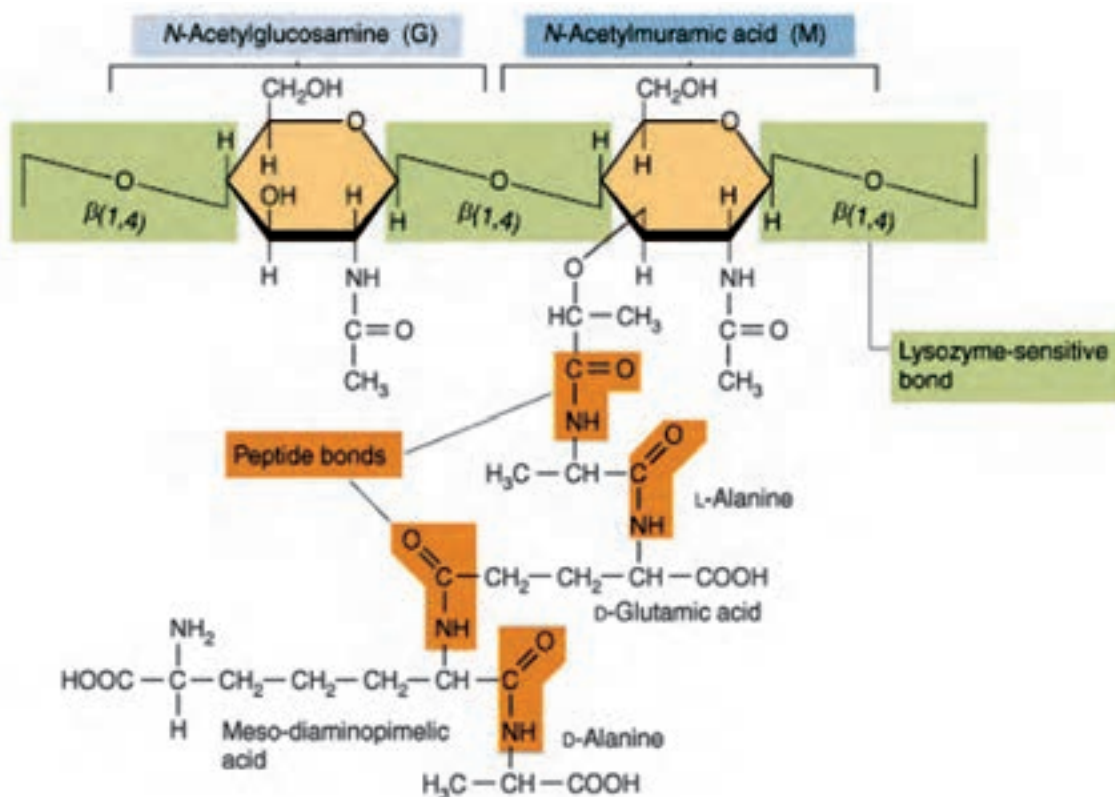
۱- Inclusion body

۲- Metabolism

۳- 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. دیواره سلولی، باکتری سلول را در مقابل شرایط نامساعد محیطی محافظت می‌کند. محل اثر بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها مانند پنی‌سیلین دیواره سلولی است. پنی‌سیلین با غیرفعال‌سازی آنزیم ترانس‌پتیداز^۱ از ساخته شدن اتصالات پپتیدی ممانعت می‌کند و به این ترتیب دیواره 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 دیواره عرضی تشکیل می‌دهد و سرانجام به جدا شدن و تشکیل دو سلول منجر می‌شود. در بسیاری از گونه‌های باکتری‌ها، سلول‌های جدید می‌توانند چسبیده به هم باقی بمانند و یک گروه تشکیل دهند. مثل استافیلوکوک‌ها که حالت خوشه‌ای دارند و یا استرپتوکوک‌ها که مثل دانه‌های تسبیح زنجیرهای بلند تشکیل می‌دهند. همچنین دیواره سلولی محل تجمع عوامل آنتی‌ژن است، که باکتری‌ها را توسط این آنتی‌ژن‌ها از هم تمیز می‌دهند. عمده خصوصیات آنتی‌ژنی باکتری از دیواره سلولی آن ناشی می‌شود. دیواره سلولی را می‌توان با وسایل به خصوصی از قبیل گلوله‌های شیشه‌ای و امواج اولتراسونیک^۲ از سلول جدا کرد. جنس دیواره از مولکول هیبریدی موسوم به پپتیدوگلیکان^۳ است. بخش قندی دیواره سلولی از واحدهای ان-استیل گلوکز آمین^۴ و ان-استیل مورامیک اسید^۵ تشکیل شده است (شکل ۴-۲). این واحدها رشته‌های پلیمری قندی ایجاد می‌کنند که با زنجیره‌های کوتاه پپتیدی به هم وصل می‌شوند.



شکل ۴-۲ بخش قندی مولکول پپتید و گلیکان در دیواره سلولی باکتری

۱- Transpeptidase

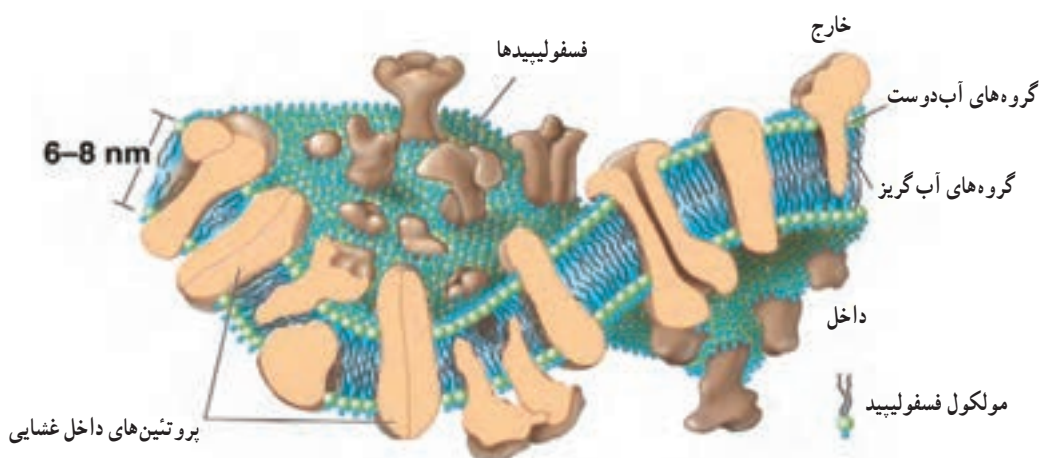
۲- Ultrasonic

۳- Peptidoglycan

۴- N-acetylglucosamine

۵- N-acetylmuramic acid

غشای سیتوپلاسمی^۱: غشای سیتوپلاسمی، غشای داخلی نیز نامیده می‌شود. غشای سیتوپلاسمی به صورت پرده نازکی در داخل دیوارهٔ باکتری قرار دارد و متشکل از مولکول‌های چربی، فسفولیپید و پروتئینی است (شکل ۵-۲). 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^۲ ایجاد می‌کند. کروموزوم‌های باکتری‌ها به مزوزوم‌ها متصل‌اند. غشا همچنین به صورت 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 تشکیل دهنده با هم شباهت‌های زیاد دارند. غشا شامل دولایهٔ فسفولیپیدی همراه با پروتئین‌هاست، اما غشای سلول باکتری فاقد استرول است.



شکل ۵-۲ غشای سیتوپلاسمی باکتری متشکل از فسفولیپید و پروتئین. بخش‌های آب دوست و آب گریز مشخص شده‌اند.

هسته: هسته یا نوکلئوئید سلول را می‌توان بعد از رنگ آمیزی 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 فرو رفته در غشای سیتوپلاسمی چسبیده، اما مثل سلول‌های یوکاریوت توسط غشای هسته احاطه نشده است (شکل ۶-۲). غالب باکتری‌ها علاوه بر کروموزوم اصلی، واجد یک یا چند DNA دو رشته‌ای و حلقوی کوچک آزاد موسوم به پلاسمید^۳ هستند. ژن تار و گاه ژن مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک روی پلاسمید است. RNA^۴ پروکاریوتی را به صورت rRNA، mRNA و tRNA^۵ نشان می‌دهند. هر سه RNA پروکاریوتی به وسیلهٔ یک نوع RNA پلیمر نسخه‌برداری^۸ می‌شوند. اطلاعات موجود در mRNA همزمان با نسخه‌برداری به پروتئین ترجمه می‌شود، در حالی که rRNA جزئی از تشکیلات ساختمانی ریبوزوم^۹ یا ماشین ساخت پروتئین است و tRNA در انتقال اسید آمینه به ریبوزوم نقش دارد.

۱- Cytoplasmic membrane

۲- Mesosome

۳- Plasmid

۴- Ribonucleic acid

مولکول تک رشته ایست که از روی DNA رونویسی می‌شود و به عنوان الگو برای ساختن پروتئین‌ها عمل می‌کند.

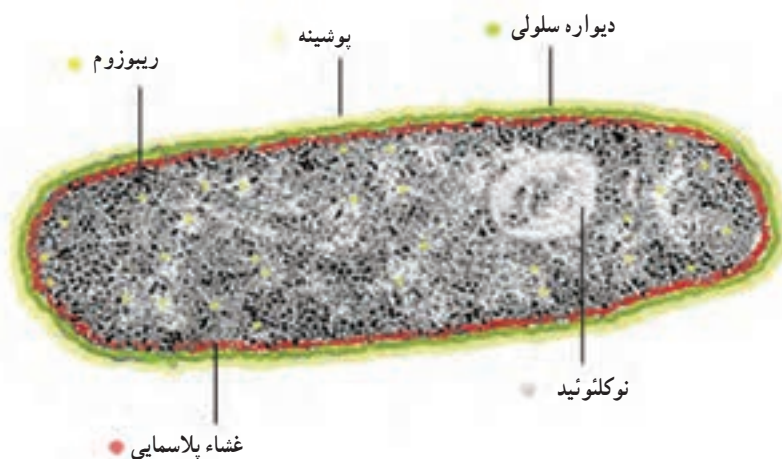
۵- Ribosomal RNA

۶- Messenger RNA

۷- Transfer RNA

۸- Transcription

۹- Ribosome

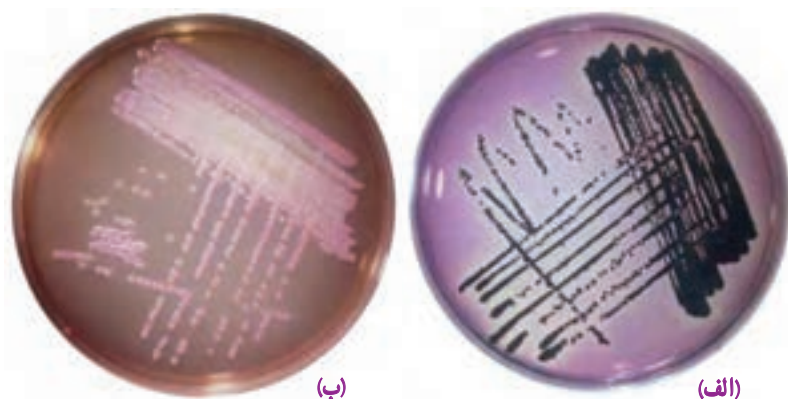


شکل ۲-۶ موقعیت هسته در سلول باکتری

سیتوپلاسم: بیش از ۵۰ درصد پروتئین سلول در سیتوپلاسم قرار دارد و آنزیم‌های متابولیکی 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 دیواره 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. لایه کپسول که ضخامت‌های متفاوت و چسبندگی متغیر دارد، به صورت 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، به گونه‌ای 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 خشک^۵ دارند (شکل ۲-۷).



الف) کلنی خشک باکتری بدون کپسول
ب) کلنی صاف باکتری کپسول‌دار روی محیط کشت جامد
شکل ۲-۷

۱- Glycocalyx

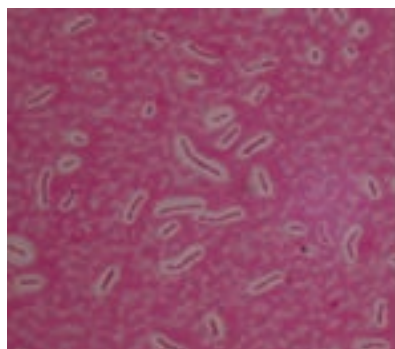
۲- Streptococcus

۳- Mucoid

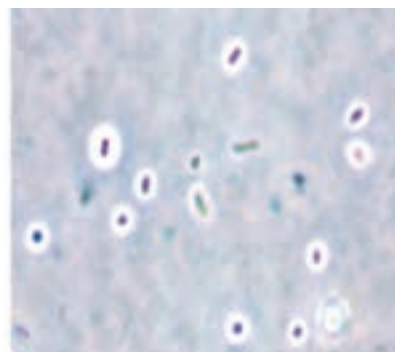
۴- Smooth

۵- Rough

برخی از باکتری‌ها ماده‌ای ژله مانند و خارج سلولی به نام اسلایم^۱ تولید می‌کنند که از کپسول به سطح سلول چسبیده و در آب محلول بسیار سست تر می‌باشد. برای مشاهده کپسول می‌توان از رنگ آمیزی منفی^۲ استفاده کرد (شکل ۸-۲). به طور کلی در عمل رنگ آمیزی، شرط رنگ پذیری یک سلول، یونی بودن آن است. زیرا بین نواحی یونیزه سطح سلول و اجزای یونیزه مولکول‌های رنگ، پیوند به وجود می‌آید. در نتیجه بین بارهای مخالف موجود در سطح سلول و مولکول‌های رنگ پیوند یونی تشکیل می‌شود و باکتری رنگ می‌گیرد. چون کپسول ماهیت غیر یونی دارد، نمی‌توان آن را رنگ آمیزی کرد.

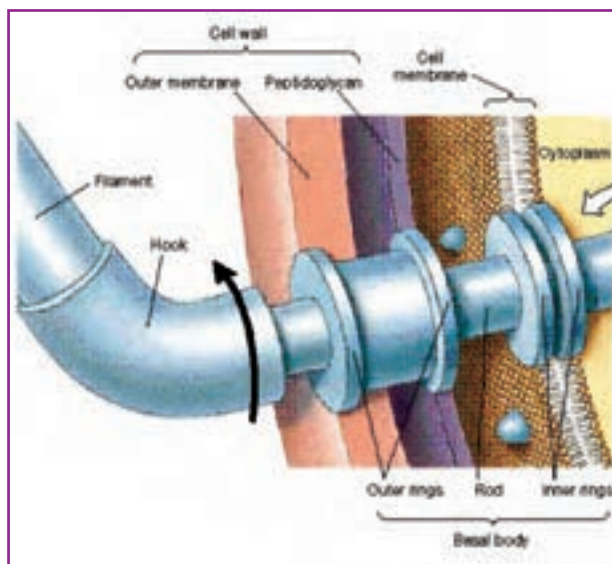


بنابراین برای مشاهده آن در زیر میکروسکوپ، زمینه باکتری رنگ آمیزی می‌شود و در نتیجه، امکان دیدن کپسول باکتری به صورت هاله شفاف و بی‌رنگ در اطراف سلول باکتری فراهم می‌گردد. در روش رنگ آمیزی منفی برای تثبیت گسترش از حرارت استفاده نمی‌شود. چون در اثر حرارت، باکتری احاطه شده با کپسول از شکل طبیعی خود خارج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



شکل ۸-۲ رنگ آمیزی کپسول

تاژه: حدود نیمی از باکتری‌های شناخته شده قادر به تحرک هستند. این‌ها دارای وسیله حرکتی هستند که تاژه خوانده می‌شود و معمولاً طول آن چند برابر طول باکتری است. تاژه باکتری‌ها ۱۴-۳ میکرون طول و ۰.۲ میکرون قطر دارد. تاژه‌ها از سه قسمت رشته^۳، قلاب^۴ و جسم پایه^۵ تشکیل شده‌اند که پایه در غشای پلاسمایی قرار گرفته است (شکل ۹-۲). جسم پایه شامل حلقه‌های داخلی^۶، میله^۷ و حلقه‌های خارجی^۸ است. رشته‌های پروتئینی به طول و قطر یک سان از جنس فلاژلین ساخته شده‌اند. تاژه باکتری به یک قلاب انعطاف پذیر وصل است که این قلاب نیز به پروتئین حلقوی متصل است و در نیمه داخلی و خارجی غشای سیتوپلاسمی باکتری قرار دارد. چرخش این پروتئین‌های حلقوی باعث حرکت تاژه می‌شود.



شکل ۹-۲ شکل شماتیک تاژه و اجزای آن

۱- Slime

۲- Negative staining

۳- Filament

۴- Hook

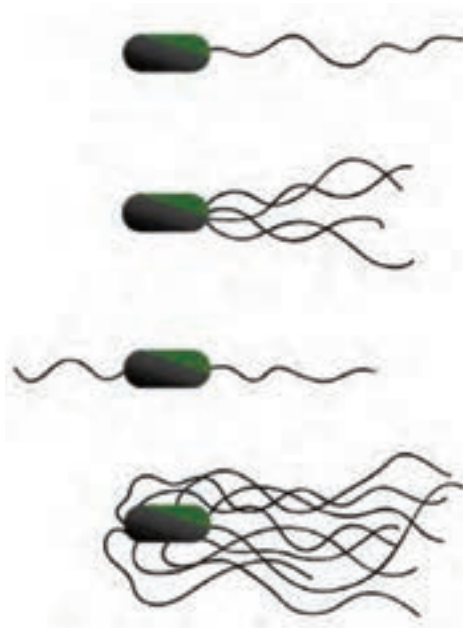
۵- Basal body

۶- Inner rings

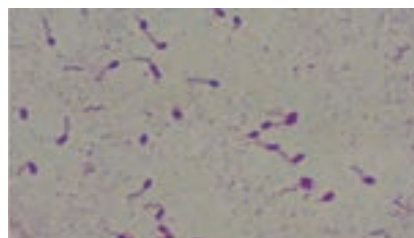
۷- Rod

۸- Outer rings

آرایش تازه در باکتری‌های تازه‌دار به صورت تک تازه^۱، یک دسته تازه در یک انتها^۲، دو تازه در دو انتها^۳ و چند تازه^۴ است (شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱)



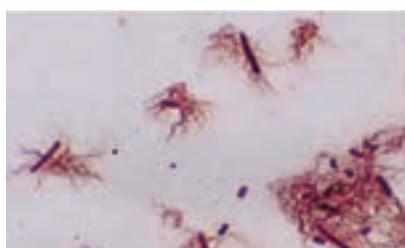
شکل ۲-۱۰ آرایش تازه در باکتری‌های تازه‌دار به صورت شماتیک



(الف)



(ب)



(ج)



(د)

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

شکل ۲-۱۱ آرایش تازه در باکتری‌های تازه‌دار در زیر میکروسکوپ



شکل ۲-۱۲ تار جنسی در فرآیند درآمیختگی جنسی بین دو باکتری

تار^۵: در لاتین به معنی موست و از تازه مستقیم‌تر، نازک‌تر و کوتاه‌تر است و در عمل تحرک بی‌تأثیر است. تارلوله پروتئینی توخالی است که از زیر واحدهای پروتئینی موسوم به پیلین^۶ تشکیل شده است. باکتری‌ها اغلب واجد دو نوع تار کوتاه^۷ و بلند هستند. تار کوتاه (چسبنده^۸) در اتصال باکتری به یک سطح نقش دارد. تار بلند (تار جنسی^۹) که تار F هم نامیده می‌شود در انتقال ماده ژنتیکی از یک باکتری به باکتری دیگر، که همان فرآیند ادغام جنسی یا درآمیختگی^{۱۰} است، دخالت دارد (شکل ۲-۱۲). زن تار اغلب روی پلاسمید باکتری است و پلاسمیدی را که واجد زن تار است فاکتور F می‌نامند. باکتری

۱- Monotrichous

۲- Lophotrichous

۳- Amphitrichous

۴- Peritrichous

۵- Pili

۶- Pillin

۷- Fimberia

۸- Adhesion

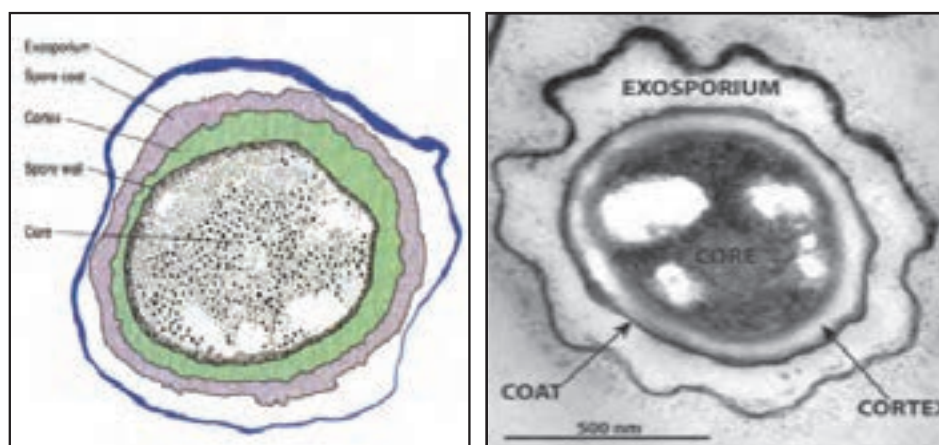
۹- Sexual

۱۰- Conjugation

واجد ژن تار را +F یا باکتری نر^۱، و باکتری فاقد ژن تار را به صورت F- یا باکتری ماده^۲ نشان می‌دهند.

مزوزوم ها: 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^۳ (هاگ درونی): اجسامی کوچک و از نظر متابولیکی غیر فعال و دارای دیواره‌ای ضخیم‌اند (شکل ۱۳-۲) و توسط غشای سیتوپلاسمی باکتری‌های جنس باسیلوس (مانند باسیلوس آنتراسیس^۴ مولد بیماری سیاه زخم) و جنس کلوستریدیوم (مانند کلوستریدیوم تتانی^۵ 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 دیواره 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 گونه 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.

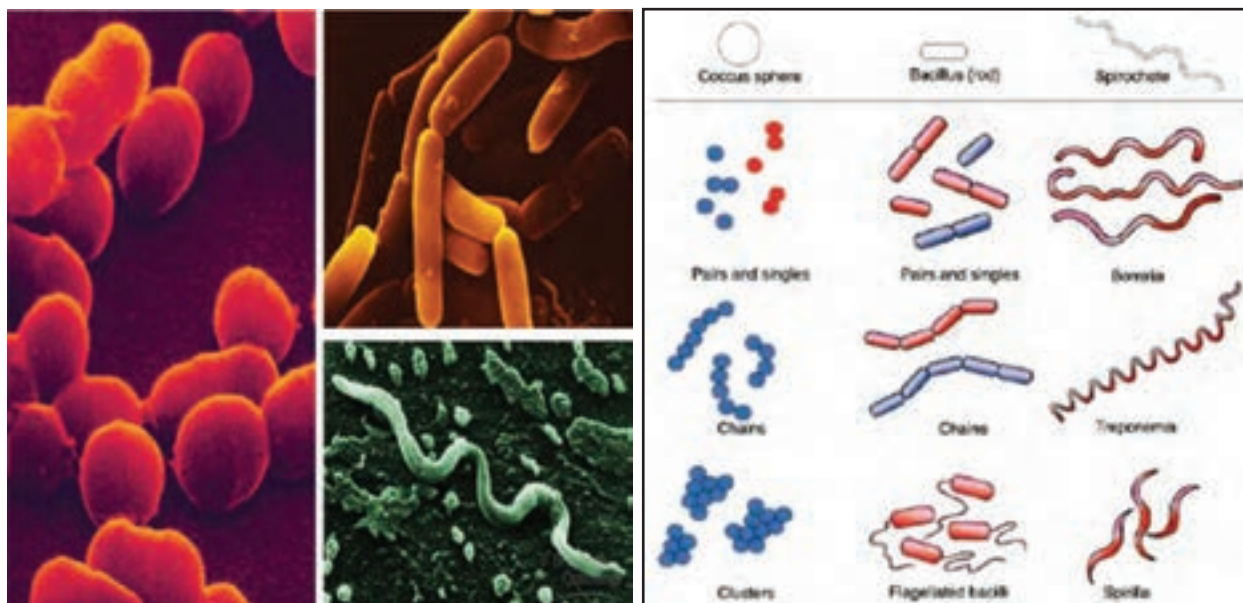


شکل ۱۳-۲ اسپور باکتری و اجزای آن

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

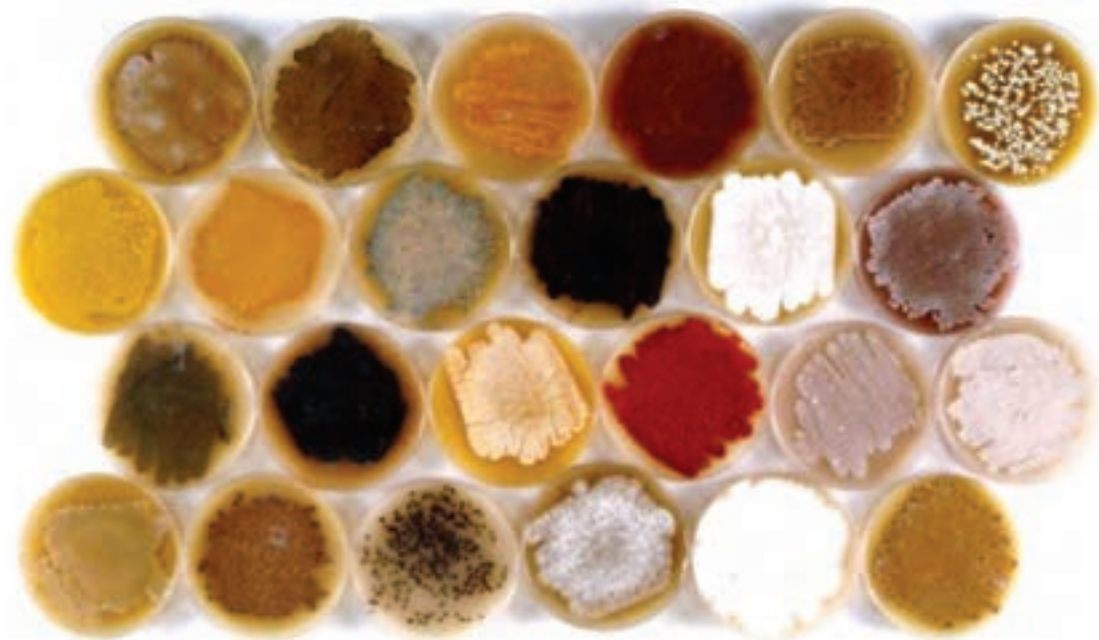
این باکتری‌ها تک یاخته‌ای هستند. اگر کروی یا بیضوی باشند، کوکوس؛ اگر میله‌ای شکل یا دراز باشند، باسیل؛ اگر خمیده باشند، ویبریون و چنانچه مارپیچی شکل و غیرقابل انعطاف باشند، اسپریل و اگر فنری و قابل انعطاف باشند، اسپیروکت نامیده می‌شوند (شکل ۱۴-۲).



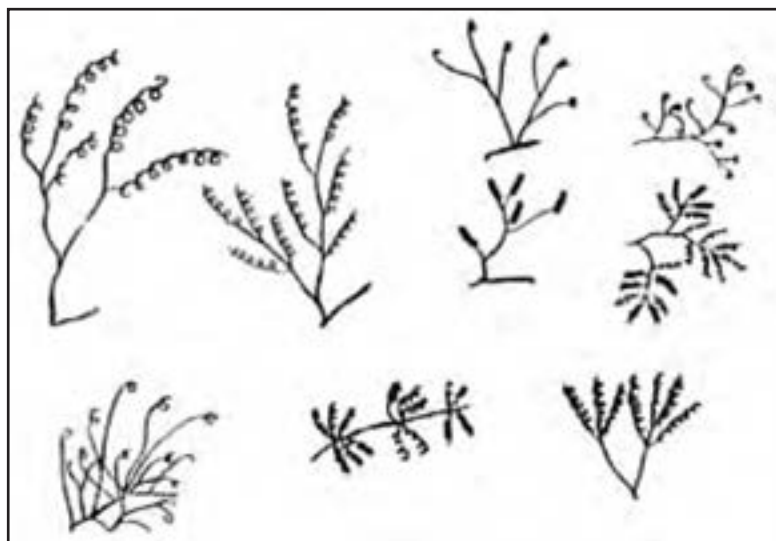
شکل ۱۴-۲ اشکال کوکوس، باسیل و اسپریل باکتری‌ها

باکتری‌های عالی یا رشته‌ای

این باکتری‌ها رشته مانند و بیشتر غلاف دارند و اغلب شاخه‌های حقیقی ایجاد می‌کنند و میسلیم تشکیل می‌دهند و چون تشکیلات منشعب ایجاد می‌کنند، اکتینومیسست نامیده می‌شوند. کلنی اکتینومیسست‌ها واجد رنگدانه‌های مختلف است و معمولاً در محیط‌های کشت حاوی پروتئین، رنگدانه‌های قابل حل ارغوانی و قهوه‌ای رنگ ایجاد می‌کنند (شکل ۱۵-۲).



شکل ۱۵-۲ رنگدانه‌های ایجاد شده توسط باکتری اکتینومیسست بر روی محیط کشت

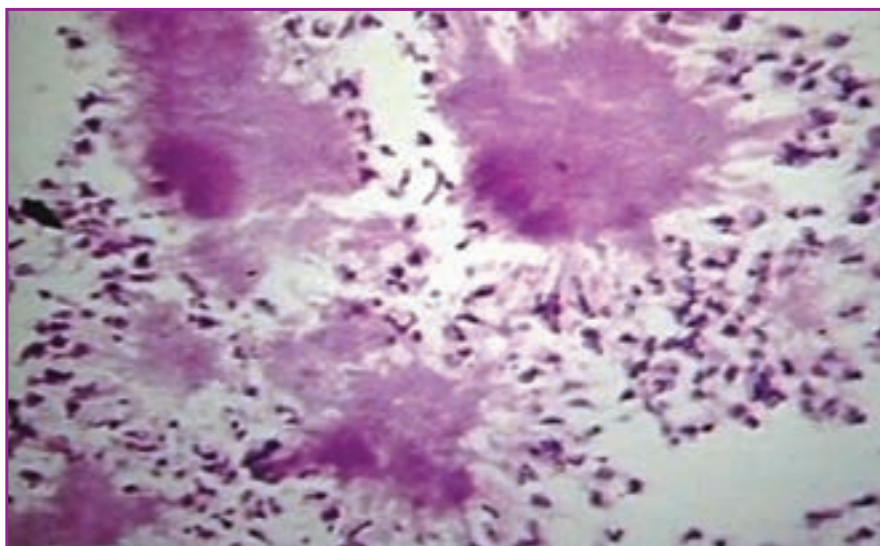


شکل ۱۶-۲ انواع میسلیم در باکتری‌های رشته‌ای

اکتینومیسیت‌ها باکتری‌های گرم مثبتی هستند که در راستهٔ اکتینومیسیتال وابسته به باکتری‌های گروه کورینه فرم قرار می‌گیرند. این باکتری‌ها در بافت و در محیط‌های کشت، سلول‌های کشیده و رشته مانند صاف یا موج 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 میسلیم‌های هوايي دارند. رشته‌ها از طریق قطعه قطعه شدن به اجسام کوکسی، باسیلی و یا هر دو شکل تقسیم می‌شوند (شکل ۱۶-۲). اسپورهای

حاصله ممکن است منفرد، خوشه‌ای یا زنجیره‌ای باشند و یا درون یک اسپوراثریوم تولید شوند.

اکتینومیسیت‌ها در بافت، دانه یا گرانول گوگردی ایجاد می‌کنند (شکل ۱۷-۲)، که در واقع میکروکلنی ارگانیسم در بافت محسوب می‌شود. دانه‌های گوگردی مربوط به آن‌ها به خوبی با هِماتوکیسلین – اتوزین^۱، و نقره متنامین^۲ رنگ آمیزی 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 اکتینومیسیت‌ها مزمن است و مانند سایر بیماری‌های باکتریایی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها حساس و نسبت به داروهای ضدقارچی مقاوم هستند. به علت شباهت ضایعات حاصله از اکتینومیسیت‌ها با ضایعات قارچی، این بیماری‌ها را در قسمت مربوط به بیماری‌های قارچی مورد مطالعه قرار می‌دهند.



شکل ۱۷-۲ اجسام کوکسی و باسیلی شکل گرم مثبت اکتینومیسیت در یک گرانول گوگردی

۱- Hematoxilin – eosin

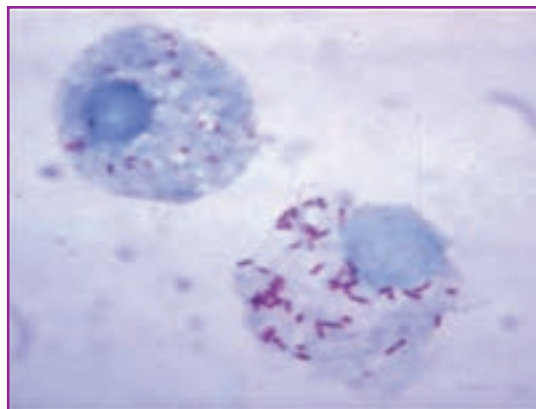
۲- Silver metenamine

دسته دیگر پروکاریوت‌ها آرکی باکترها هستند. باکترها دارای DNA تک رشته‌ای فاقد اگزون^۱ و اینترون^۲ هستند ولی آرکی باکترها 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^۳ مانند دمای بالا، غلظت بالای نمک، و یا pH پایین توانایی ادامه حیات دارند. عده‌ای از آن‌ها دارای فعالیت شیمیایی منحصر به فردند و گاز متان از CO_۲ و H_۲ تولید می‌کنند. آرکی باکترها شامل گروه‌های عمده زیرند: ۱- متانزا^۴ (در سیستم‌های صنعتی برای تبدیل مواد زاید به سوخت مفید اهمیت دارند) ۲- احیا کننده سولفات ۳- نمک دوست^۵ (یک نمونه از این میکروارگانیسم‌ها در بلور نمک یافت شده است که بیش از ۲/۳ میلیون سال عمر دارد) ۴- به شدت گرما دوست و احیا کننده گوگرد ۵- فاقد دیواره سلولی.

در سال ۱۹۸۱ آرکی باکترهای گرما دوست^۶ 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 در کف اقیانوس کشف شد که در ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کرد. این درجه حرارت به اندازه‌ای است که کاغذ را خود به خود 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 درجه سانتی‌گراد هم به جوش نمی‌آید و بنابراین سیتوپلاسم سلولی به جوش نمی‌آید. در برخی از این میکروارگانیسم‌ها آئیم‌هایی 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 نحوه قرار گرفتن چربی‌های آن در میکروارگانیسم‌های به شدت گرما دوست^۷ به طریقی است که مقاومت آن را نسبت به حرارت زیاد می‌کند.

رشد در باکتری‌ها

اغلب باکتری‌ها در محیط کشت مصنوعی رشد می‌کنند، در عین حال هنوز نتوانسته‌اند بعضی باکتری‌ها مانند مایکوباکتریوم لپره^۸ (عامل بیماری جذام) و تریپونما پالیدوم^۹ (عامل بیماری سفلیس) را در محیط مصنوعی رشد دهند. برخی دیگر از باکتری‌ها مثل ریکتسیا^{۱۰} (عامل تیفوس) و کلامیدیا^{۱۱} (عامل بیماری مقاربتی و تراخم) فقط درون سلول‌های میزبان تکثیر شده (شکل ۱۸-۲) و در محیط کشت حاوی سلول رشد می‌کنند.



شکل ۱۸-۲ 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.

۱- Exon

۲- 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.

۳- Extreme

۴- Methanogen

۵- Halophile

۶- Thermophile

۷- Hyperthermophile

۸- Mycobacterium lepra

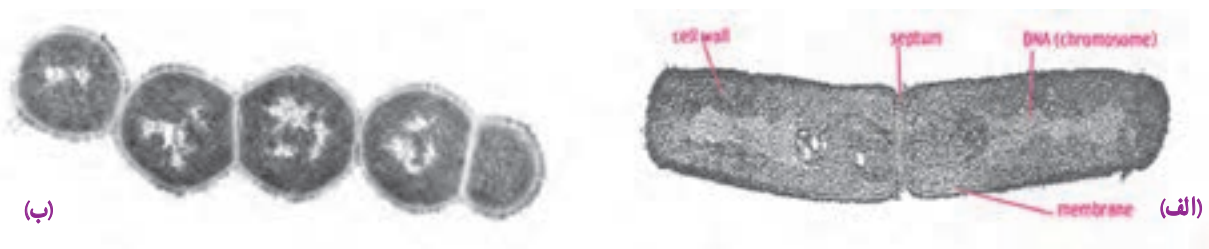
۹- Treponema palidum

۱۰- Rickettsia

۱۱- Chlamydia

رشد تصاعدي و زمان تقسيم در باكتري‌ها

در شرايط مساعد از نظر مواد غذايي، دما و مواد گازی، اندازهٔ باكتري افزايش می‌يابد و سپس به دو سلول مشابه تقسيم می‌شود و تا وقتی که شرايط مساعد باشد، اين دو سلول می‌توانند مانند سلول والد رشد کنند و با همان سرعت تقسيم شوند. زمان لازم برای دو برابر شدن تعداد مشخصی باكتري، زمان تقسيم نامیده می‌شود. بیشتر باكتري‌ها در فاصلهٔ ۲۰ دقيقه به حداکثر رشد خود می‌رسند و قادر به توليد مثل می‌شوند. تکثير باكتري‌ها به طور معمول از راه تقسيم دوتایی صورت می‌گیرد (شکل ۱۹-۲) و چگونگی افزايش آن‌ها تابع تصاعد هندسی است.



الف) در باكتري‌های باسیلی (ب) در باكتري‌های کوكسی شکل
شکل ۱۹-۲ تقسيم دوتایی

در شرايط محیطی مناسب، یک باكتري بعد از بيست دقيقه به دو باكتري تبديل می‌شود. بيست دقيقه بعد، از آن چهار باكتري به وجود می‌آید و به همین ترتیب تعداد باكتري‌ها به ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶ و ... می‌رسد. اگر روش تکثير باكتري‌ها تا ۲۴ ساعت ادامه يابد، از یک باكتري، توده‌ای به وزن دو هزار تن به وجود خواهد آمد. اين چنین تعداد ياخته‌ها با سرعت شگفت‌آوری افزايش می‌يابد؛ بنابراین هر نسل دارای دو برابر تعداد ياخته‌های نسل پيشين است و به هنگام رشد فعال، نرخ افزايش جمعيت میکروبی به صورت نمایی است. شمارهٔ باكتري‌ها در هر مقطعی از زمان بستگی به تعداد اولیهٔ جمعيت و شمارهٔ نسل‌های به وجود آمده دارد. اين رابطه با فرمول $B_f = B_i \times 2^n$ نمایش داده می‌شود که در آن B_f شمارهٔ نهایی باكتري‌ها، B_i تعداد اولیهٔ جمعيت و n شمارهٔ تعداد نسل‌هاست.

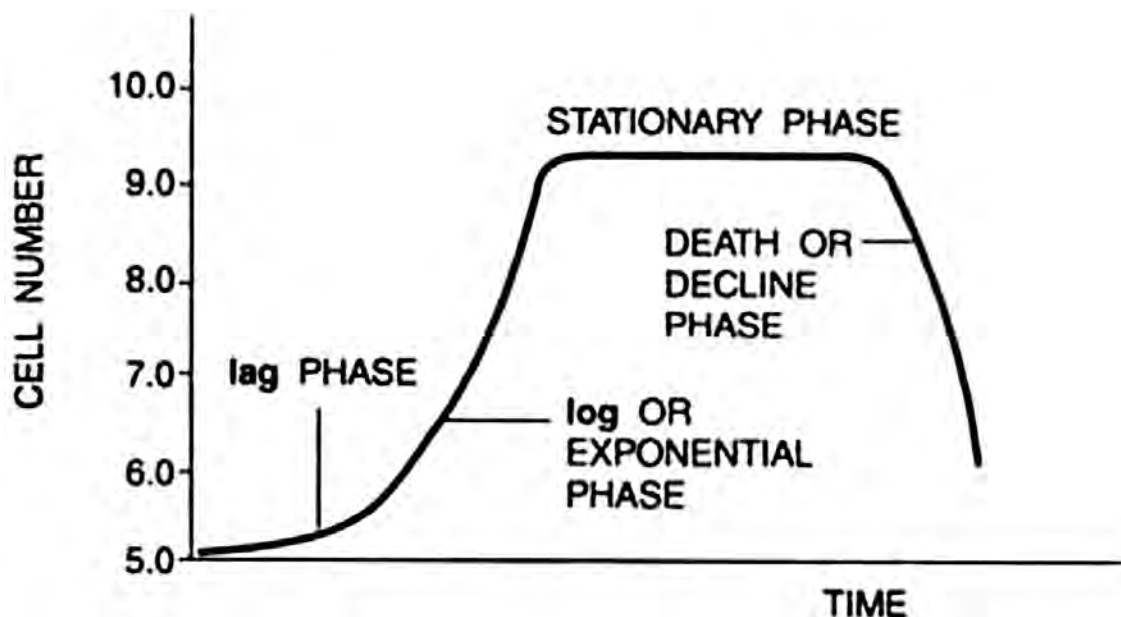
طول زمانی را که تعداد جمعيت دو برابر می‌شود، زمان مضاعف شدن^۱ گویند. تعيين زمان مضاعف با استفاده از فرمول $G = t/3.3 \log_2(b/B)$ صورت می‌گیرد. در اين فرمول G زمان مضاعف شدن، t طول زمانی که شمارهٔ ياخته از نقطهٔ B مرحلهٔ لگاریتمی به نقطهٔ b می‌رسد، B جمعيت اولیه، b جمعيت پس از زمان $\log_2 t$ که بر مبنای \log_{10} محاسبه می‌شود. $3.3/3$ عامل تبديل \log_2 به \log_{10} است. زمان مضاعف شدن معمولاً تحت شرايط ثابت فیزیکی و شیمیایی برای هر باكتري ثابت است. رشد لگاریتمی میکروب‌ها تا هنگامی ادامه خواهد یافت که مواد غذايي در محیط وجود داشته باشد و از تجمع مواد زايد و سمی حاصل از دگرگشت به گونه‌ای جلوگیری شود. در صورت برقرار نبودن شرايط فوق میزان رشد باكتري رو به کاهش می‌گذارد و منحنی عمومی رشد دارای چهار مرحلهٔ وقفه، رشد نمایی، رشد ثابت و مرگ ایجاد خواهد شد (نمودار ۱-۲).

در عمل، باكتري‌هایی که دارای خواص یک‌سانی باشند به ندرت یافت می‌شوند. حتی باكتري‌هایی که از یک سلول منشأ می‌گیرند ممکن است از نظر یک یا چند صفت با یکدیگر متفاوت باشند. اين تفاوت‌ها نتیجهٔ تغییراتی است که به علت جهش^۲ ژنی در سلول‌های باكتري پدید می‌آیند. اين باكتري‌ها جهش یافته^۳، نامیده می‌شوند که از نظر بعضی از خواص نظیر ساختمان آنتی‌ژن، حساسيت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها و غیره با سایر باكتري‌های مشابه اختلاف دارند. سهولت تغییر پذیری در باكتري‌ها مربوط به سرعت تقسيم آن‌هاست.

۱- Duplicated time

۲- Mutation

۳- Mutant



نمودار ۱-۲ منحنی رشد در باکتری

زمان تقسیم یا مدت زمانی که برای تولید یک سلول جدید در باکتری‌ها لازم است، حدود بیست دقیقه و در مورد انسان بیست سال است. مثلاً یک سلول باکتری در مدت ۱۸ ساعت ۵۴ نسل به وجود 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، مواد قندی 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 پر قدرتی 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 :

- عناصر اصلی شامل کربن، اکسیژن، هیدروژن و فسفر
- عناصر جزئی شامل سولفور، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و گلیسرین
- عناصر فیزیولوژیک شامل آهن، منگنز، مس، روی و آلومینیوم
- فاکتورهای رشد شامل ویتامین‌ها، آمینو اسیدها و مقداری مواد شکل یافته دیگر که برای ترکیب اسیدهای آمینه و سایر سازه‌ها به کار می‌روند.

کربن : باکتری‌ها برحسب نوع ترکیباتی که به صورت منبع کربن استفاده می‌کنند به دو گروه اصلی باکتری‌های اتوتروف^۱ (خودخوار)

^۱ Autotroph

و هتروتروف^۱ (دیگر خوار) طبقه‌بندی می‌شوند. باکتری‌های اتوتروف کربن معدنی را از دی‌اکسید کربن و نیتروژن را از آمونیاک، نترات‌ها و نیتريت‌ها 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 طبقه‌بندی می‌شوند.

۱- هوازی/اجباری^۲: فقط در حضور اکسیژن رشد می‌کنند، مانند سودوموناس آئروژینوزا^۳.

۲- میکروآئروفیل^۴: در غلظت کم اکسیژن بهتر رشد می‌کنند، مانند کمپیلوباکتر ژژونی^۵.

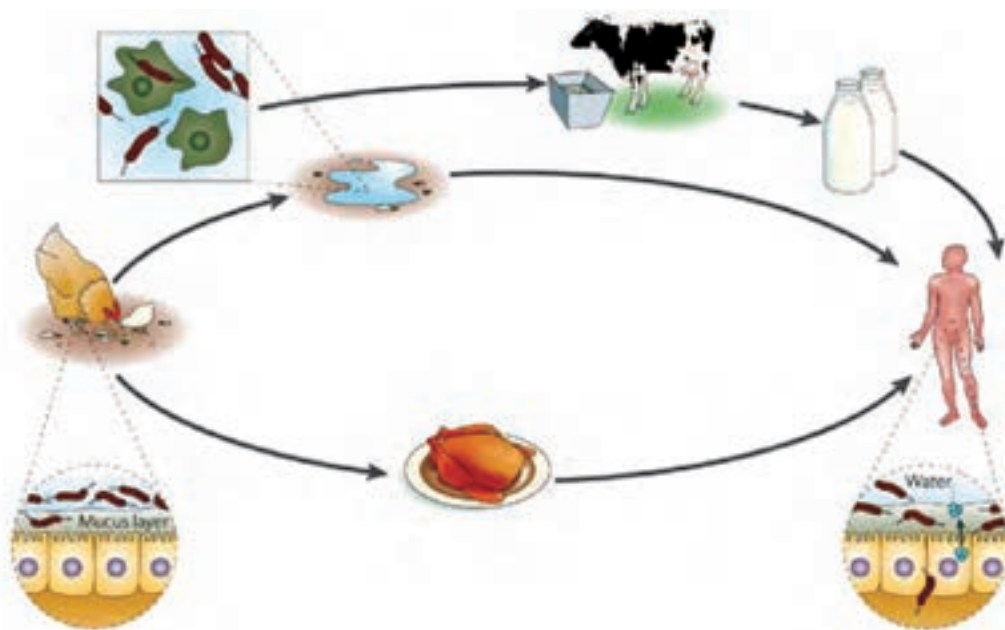
۳- بی‌هوازی/اختیاری^۶: در حضور و در غیاب اکسیژن قادر به رشدند، مانند اشریشیا کلی^۷.

۴- بی‌هوازی/اجباری^۸: فقط در غیاب اکسیژن آزاد رشد می‌کنند، مانند کلستریدیوم تتانی.

دما: تقریباً همه باکتری‌های بیماری‌زا در دمای ۳۷ درجه 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^۹ که یک عامل مسمویت غذایی است و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آهستگی رشد می‌کند و یا کمپیلوباکتر ژژونی (شکل ۲-۲۰) که دمای مناسب برای رشد آن ۴۲ درجه است.

CO₂: باکتری‌ها برای رشد CO₂ لازم دارند. مقادیر مناسب CO₂ یا در هوا وجود دارد و یا باکتری‌ها CO₂ لازم را در خلال سوخت و ساز تولید می‌کنند.

pH: رشد بهینه اکثر باکتری‌های بیماری‌زا در pH بازی خفیف بین ۷/۲ تا ۷/۶ صورت می‌گیرد، اما چند مورد استثنا وجود دارد. لاکتوباسیل اسیدوفیلوس^{۱۰} 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 ۲-۲۰ شکل شماتیک اکولوژی و راه‌های آلوده شدن با کمپیلوباکتر ژژونی

۱- Heterotroph

۲- Obligate aerobe

۳- Pseudomonas aeruginosa

۴- Microaerophile

۵- Campilobacter jejuni

۶- Facultative anaerobe

۷- Escherichia coli

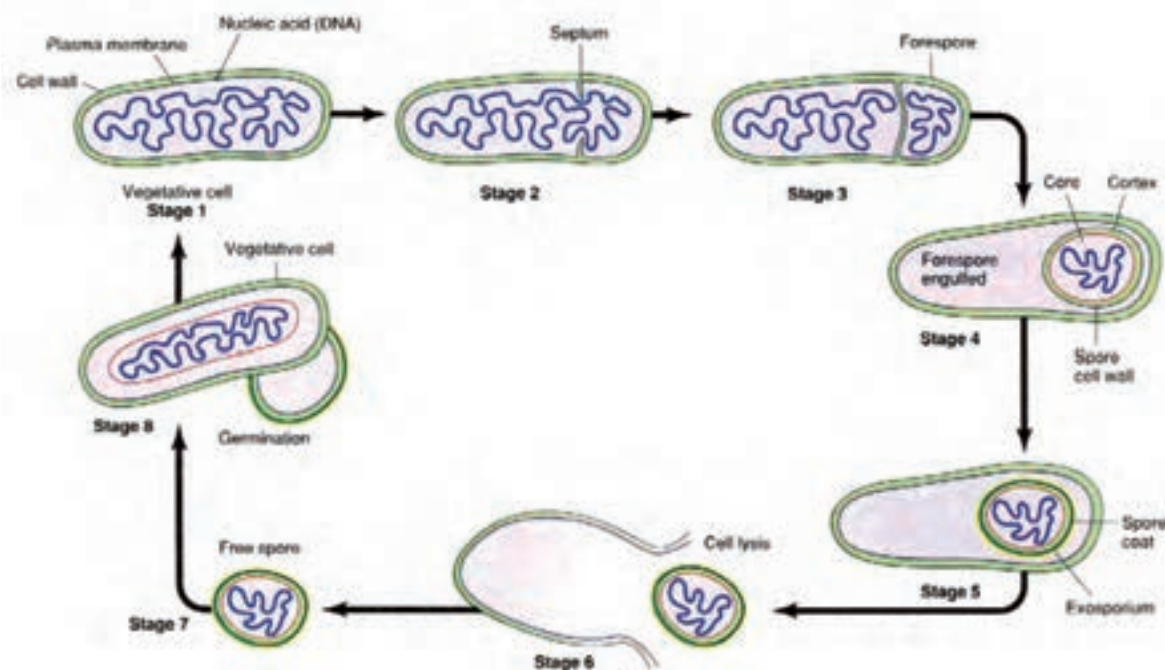
۸- Obligate anaerobe

۹- Listeria monocytogenes

۱۰- Lactobacillus acidophilus

که محیط اسیدی باعث از بین رفتن آن‌ها می‌شود جلوگیری می‌کند. در مقابل، ویبریکلرا^۱ 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 ۲۱-۲). اسپورها نسبت به شرایط نامساعد نظیر دمای بالا، تشعشع و وجود مواد شیمیایی از قبیل ضد عفونی‌کننده‌ها بسیار مقاوم هستند، به نحوی که ساعت‌ها در آب 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 پیچیده اسپورزایی^۲ تشکیل می‌شوند و پس از تکمیل شدن ساختمان، مانند تخم یا سلولی گرد درون سلول سازنده اسپور ظاهر می‌گردند.



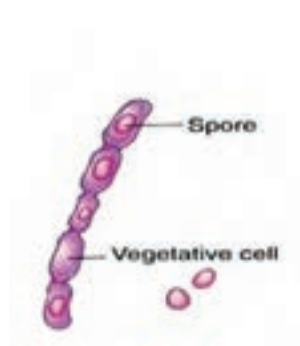
شکل ۲۱-۲ مراحل شماتیک اسپورزایی و تبدیل اسپور به سلول رویشی

اسپور بخشی از چرخه زندگی باکتری‌های گرم مثبت میله‌ای شکل (دو جنس باسیلوس و کلستریدیوم) و در واقع یک مرحله خفته یا غیر فعال از زندگی باکتری است. اسپورزایی در باکتری‌ها برخلاف آنچه در بعضی گیاهان عالی دیده می‌شود، نوعی تکثیر تولیدمثلی نیست. زیرا هر باکتری فقط یک اسپور تولید می‌کند و هر اسپور به نوبه خود به یک سلول رویشی^۳ (باکتری فعال) تبدیل می‌شود. بنابراین در گونه‌های 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 ۲۲-۲). 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.

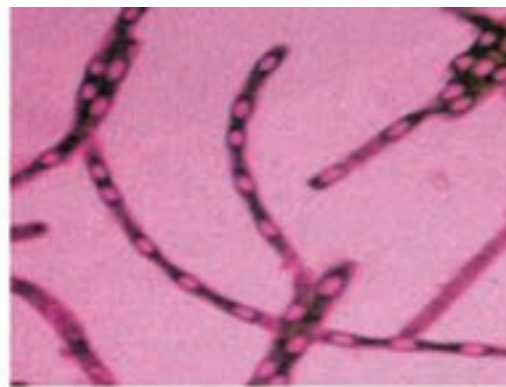
^۱ -Vibrio cholera

^۲ - Sporulation

^۳ - Vegetative



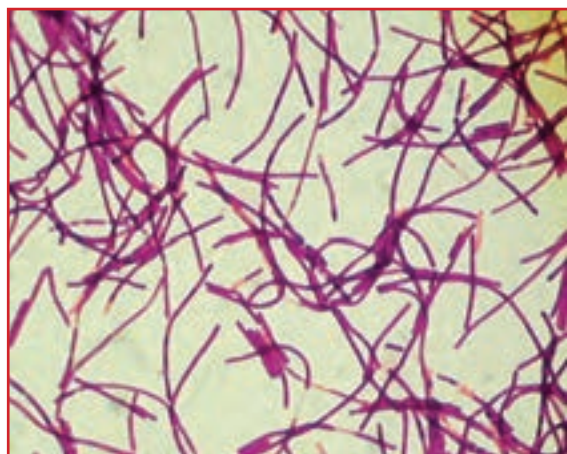
(الف)



(ب)

شکل ۲۲-۲ 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 آگروتوکسین توسط کلستریدیوم بوتولینوم تولید می‌شود. مصرف مقدار بسیار کم از ماده غذایی دارای سم بوتولیسم معمولاً موجب مرگ می‌شود. برآورد شده است که یک بطری کوچک حاوی سم بوتولیسم برای کشتن تمام مردم کره زمین کافی است.



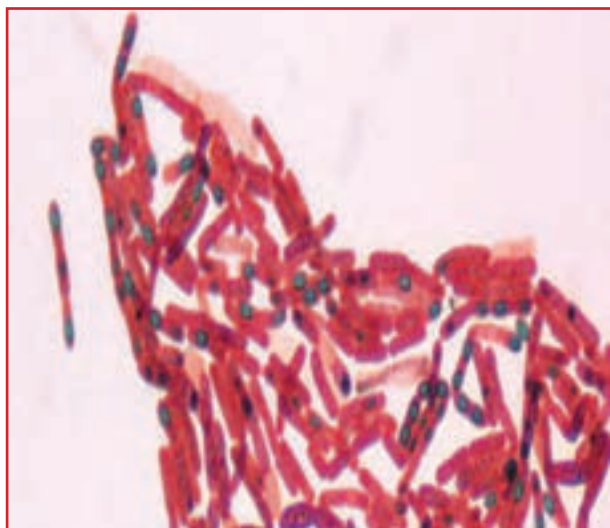
شکل ۲۳-۲ رنگ آمیزی اسپور به روش ساده

به دو طریق می‌توان اسپورها را زیر میکروسکوپ مشاهده نمود :
۱- اسپور پوشش مقاومی است که در برابر نفوذ رنگ مقاومت می‌کند. بنابراین در رنگ آمیزی ساده می‌توان اسپورها را به صورت ناحیه رنگ نشده در داخل سلول رویشی (باکتری مولد) مشاهده کرد (شکل ۲۳-۲).

۱- Clostridium perferengens

۲- Cl. butolinum

۳- Exotoxin



شکل ۲۴-۲ رنگ آمیزی اسپور به روش شفر-فولتون

۲- اگر تعداد اسپورهای موجود کم باشد و یا اگر از داخل باکتری مولد خارج شوند و در گستره به صورت پراکنده باشند اغلب توسط رنگ آمیزی ساده و یا گرم قابل مشاهده نخواهند بود، در این حالت رنگ آمیزی شفر-فولتون^۱ که یک رنگ آمیزی افتراقی است برای مشاهده آندوسپور و سلول رویشی به کار می رود. با استفاده از این روش خود اسپور رنگ می گیرد و اسپورهای آزاد به آسانی قابل رؤیت خواهند بود. در مشاهده میکروسکوپی لام رنگ آمیزی شده، اسپورها درون سلول رویشی قرمز رنگ، به صورت بخش های بیضی یا کروی کوچک سبز رنگ مشاهده می شوند (شکل ۲۴-۲). در این روش برای نفوذ رنگ اولیه (مالاشیت گرین^۲) به داخل پوشش اسپور از حرارت استفاده می شود. مالاشیت گرین

به آسانی از باکتری های مولد شسته می شود زیرا دیواره سلولی باکتری های بدون اسپور بر اثر حرارت آسیب دیده و پاره شده است، بنابراین سلول رویشی رنگ دوم، یعنی سافرانین^۳ را جذب می کند. در این حالت اسپورها گرد و یا بیضی به رنگ سبز؛ و سلول های رویشی به رنگ قرمز دیده می شوند.

رنگ آمیزی اسپور به روش شفر - فولتون

از یک باکتری مولد اسپور مانند باسیلوس سوبتیلیس^۴ گستره ای تهیه و طبق معمول آن را با حرارت تثبیت کنید. سپس :

- ۱- لام را به رنگ مالاشیت گرین (۵ گرم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر) آغشته کنید.
- ۲- لام آغشته به رنگ را حرارت دهید تا رنگ بخار شود. این عمل را با وارونه کردن شعله 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.
- ۳- بگذارید لام سرد شود تا نشکند. به موازات سرد شدن لام رنگ را اضافه کنید.
- ۴- رنگ اضافی را از روی لام خالی کنید و به مدت ۳۰ ثانیه لام را با آب بشوید.
- ۵- لام را روی تستک رنگ آمیزی قرار دهید و آن را با سافرانین (۵/۵ گرم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر) آغشته کنید و بگذارید یک دقیقه بماند.
- ۶- رنگ اضافه را خالی کنید و لام را بشوید.
- ۷- لام را در هوا خشک کنید.
- ۸- لام رنگ آمیزی شده را که بر روی آن یک قطره روغن سدر ریخته اید توسط عدسی ۱۰۰ در زیر میکروسکوپ مشاهده کنید.

۱- Schaeffer - Fulton

۲- Malachite green

۳- Safranin

۴- Bacillus subtilis