

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۹
فصل اول: تاریخچه و کلیات میکروبیولوژی.....	۱۱
مقدمه.....	۱۱
تعریف میکروب و میکروبیولوژی.....	۱۳
ویژگی عمومی میکروبها.....	۱۳
تاکسونومی میکروارگانیسمها.....	۱۴
منشاء میکروارگانیسمها.....	۲۲
تاریخچه علم میکروب شناسی.....	۲۲
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۲۸
فصل دوم: روش ها و ابزار مطالعه میکروبها.....	۲۹
مقدمه.....	۲۹
آشنائی با انواع میکروسکوپها.....	۳۰
میکروسکوپهای نوری.....	۳۱
میکروسکوپ الکترونی.....	۳۶
میکروسکوپهای جدید.....	۳۹
روش های رنگ آمیزی.....	۴۰
انواع محیط کشت و کاربرد آنها.....	۴۵
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۴۸
فصل سوم: پروکاریوتها.....	۴۹
مقدمه.....	۴۹
ساختمان باکتریها.....	۵۱
دیواره سلولی باکتری.....	۶۱
طبقه بندی باکتریها.....	۷۵
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۷۹
فصل چهارم: میکروارگانیسمهای یوکاریوتیک.....	۸۱
مقدمه.....	۸۱
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۸۹

۹۱	فصل پنجم: تغذیه، اکولوژی و رشد میکروب‌ها
۹۱	مقدمه
۹۱	فاکتورهای رشد
۹۲	طبقه‌بندی میکروارگانیسم‌ها بر اساس منابع انرژی مورد نیاز
۹۴	جذب و انتقال مواد غذایی
۹۸	منابع فصل جهت مطالعه بیشتر
۱۰۱	فصل ششم: اثر عوامل فیزیکی و شیمیایی بر رشد میکروارگانیسم‌ها
۱۰۱	مقدمه
۱۰۵	دما (گرما)
۱۱۰	منابع فصل جهت مطالعه بیشتر
۱۱۱	فصل هفتم: متابولیسم میکروب‌ها
۱۱۱	مقدمه
۱۱۱	مسیرهای کاتابولیسم گلوکز در متابولیسم باکتری‌ها
۱۱۲	مسیر گلیکولیز
۱۱۶	چرخه کربس
۱۱۹	فرایند زنجیره انتقال الکترون
۱۲۵	تنفس هوازی
۱۲۷	تخمیر در باکتری‌ها
۱۳۰	منابع فصل جهت مطالعه بیشتر
۱۳۱	فصل هشتم: کنترل فیزیکی و شیمیایی میکروب‌ها
۱۳۱	مقدمه
۱۳۳	کنترل میکروارگانیسم‌ها با استفاده از عوامل فیزیکی
۱۳۴	کنترل میکروارگانیسم‌ها با استفاده از عوامل شیمیایی
۱۳۷	منابع فصل جهت مطالعه بیشتر
۱۳۹	فصل نهم: داروهای ضد میکروبی
۱۳۹	مقدمه
۱۳۹	انتخاب یک ماده ضد میکروبی مناسب
۱۴۰	آنتی‌بیوتیک‌ها و مکانیسم‌های اثر آن‌ها
۱۴۳	پپتیدهای پادمیکرب
۱۴۵	منابع فصل جهت مطالعه بیشتر

فصل دهم: رابطه انگل و میزبان.....	۱۴۷
مقدمه.....	۱۴۷
انگل‌های اجباری.....	۱۴۷
مکانیسم‌های بیماری‌زایی باکتری‌ها.....	۱۴۸
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۱۵۲
فصل یازدهم: روش‌های شناسایی میکروب‌ها.....	۱۵۳
مقدمه.....	۱۵۳
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۱۶۰
فصل دوازدهم: ژنتیک میکروب‌ها.....	۱۶۳
مقدمه.....	۱۶۳
انواع پلاسمیدهای باکتریایی.....	۱۶۵
منابع فصل جهت مطالعه بیشتر.....	۱۸۰
واژه نامه.....	۱۸۱

تقدیمی

کتاب‌ها گنجینه‌هایی واقعی هستند که می‌توانیم در زندگی پیدا کنیم. گنج بیشتری در داخل یک کتاب وجود دارد تا کل گنجی که دزدان دریایی در داخل جزیره گنج پیدا می‌کنند، پس این گنج را به دوستان و عزیزان خود اعطا کنید. همانطور که ما این کتاب را با عشق به مادران ایثارگر خود تقدیم می‌کنیم.

واقعیت این است که مادران ما اهل خواندن کتاب نیستند. بنابراین اگر دیگران به آن‌ها خبر ندهند، هیچ وقت نمی‌فهمند که این کتاب به آن‌ها تقدیم شده است. بنابراین، این موضوع به عنوان یک راز بین ما و خوانندگان این کتاب خواهد ماند؛ شاید بتوانیم این راز را بین خودمان تا آخرین جلد از این مجموعه نگه داریم. مطمئنم مادران ما تا آخرین جلد، لای هیچ‌کدام از کتاب‌ها را باز نخواهند کرد. بنابراین هیچ وقت از تقدیم‌ها خبر نخواهند داشت!

پیشگفتار

میکروبیولوژی (Microbiology) علمی است که درباره میکروارگانیسم‌ها بحث می‌کند. میکروارگانیسم به کلیه موجوداتی اطلاق می‌شوند که به علت کوچک بودن ابعاد فقط با میکروسکوپ قابل مشاهده هستند. در واقع میکروبیولوژی گرایشی از علم زیست‌شناسی است که در این علم ارتباط میکروارگانیسم‌ها با خودشان و همچنین با موجودات عالی‌تر مانند انسان، حیوانات و گیاهان مورد بررسی قرار می‌گیرد. میکروبیولوژی در برگرفته چندین زیرشاخه شامل ویروس‌شناسی، باکتری‌شناسی، آغازیان‌شناسی، قارچ‌شناسی، ایمنی‌شناسی و انگل‌شناسی است. ریزاندامگان یوکاریوتی دارای اندامک‌های غشادار هستند که شامل قارچ‌ها و آغازیان می‌شوند، در حالی که همه پروکاریوت‌ها ریزاندام هستند، اما تمایزشان با دیگر موارد مذکور در نداشتن غشا بوده و جاندارانی چون باکتری‌ها و باستانیان (آرکی‌ها) را در بر می‌گیرند. میکروبیولوژیست‌ها به طور سنتی به کشت، رنگ‌آمیزی و ریزبینی (میکروسکوپی) در مطالعات خود تکیه می‌کنند. با این حال، کمتر از ۱٪ از ریزاندامگان موجود در محیط‌های معمولی را با ابزارهای کنونی می‌توان به صورت ایزوله (جدا از محیط) کشت کرد. در این کتاب به معرفی تاریخچه‌ای از میکروبیولوژی و اصول مطالعات پایه در حوزه میکروبیولوژی پرداخته شده است. این کتاب مطابق با سرفصل‌های وزارت علوم جمهوری اسلامی ایران تدوین شده است.

با تشکر از شرکت مولدهای زیستی پارسیان و شرکت سینا برنا آریا که مراتب نگارش این کتاب را فراهم نمودند.

گروه مولفین

پاییز ۱۴۰۱

تاریخچه و کلیات میکروبیولوژی

مقدمه

میکروارگانیسیم‌ها و فعالیت‌های آن‌ها برای همه فرآیندهای روی زمین از اهمیت حیاتی برخوردار است. میکروارگانیسیم‌ها مهم هستند زیرا آن‌ها بر هر جنبه‌ای از زندگی ما تأثیر می‌گذارند. میکروبیولوژی مطالعه ارگانیسیم‌های میکروسکوپی مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و تک‌یاخته‌ها است که از کلمه یونانی *mīkros* به معنای «کوچک، ریز» و *bios* به معنای «زندگی، زیست» و *-logia* به معنای «سخن، گفتن» و در علوم به معنی مطالعه و شناخت تشکیل شده است. به عبارتی، مطالعه ریزاندامگانی است که تک سلولی یا چندسلولی هستند. میکروبیولوژی دربرگیرنده چندین زیرشاخه شامل ویروس‌شناسی، باکتری‌شناسی، آغازیان‌شناسی، قارچ‌شناسی، ایمنی‌شناسی و انگل‌شناسی است.

ریزاندامگان یوکاریوتی دارای اندامک‌های غشادار هستند که شامل قارچ‌ها و آغازیان می‌شوند، در حالی که همه پروکاریوت‌ها ریزاندام هستند، اما تمایزشان با دیگر موارد مذکور در نداشتن غشا بوده و جاندارانی چون باکتری‌ها و باستانیان (آرکی‌ها) را دربرمی‌گیرند. میکروبیولوژیست‌ها به طور سنتی به کشت، رنگ‌آمیزی و ریزبینی (میکروسکوپی) در مطالعاتشان تکیه می‌کنند. با این حال، کمتر از ۱٪ از ریزاندامگان موجود در محیط‌های معمولی را با ابزارهای کنونی می‌توان به صورت ایزوله (جدا از محیط) کشت کرد. میکروبیولوژیست‌ها اغلب به ابزارهای زیست‌شناسی مولکولی چون شناسایی بر اساس توالی یابی DNA تکیه می‌کنند، مانند توالی ژنی ۱۶S rRNA که جهت شناسایی باکتریایی به کار می‌رود.

ویروس‌ها به‌طور متغیر (یعنی توافق نظر کلی وجود ندارد) به‌عنوان جاندار در نظر گرفته شده‌اند، به گونه‌ای که توسط برخی به عنوان جانداران ساده و توسط برخی دیگر به عنوان مولکول‌های پیچیده در نظر گرفته شده‌اند. پریون‌ها هرگز به عنوان ریزاندامگان در نظر گرفته نشده، و توسط ویروس‌شناسان مطالعه می‌شوند. در گذشته اثرات بالینی پریون ناشی از عفونت ویروسی فرض می‌شد، اما ویروس‌شناسان پس از پژوهش متوجه شدند که «پروتئین‌های عفونی» دلیل چنین بیماری‌هایی هستند.

وجود ریزاندامگان، قرن‌ها پیش از آن که برای نخستین بار مشاهده گردند، پیش‌بینی شده بودند، به عنوان مثال جینز در هند و مارکوس ترنتیوس وارو در روم باستان جزو چنین پیش‌بینی کنندگانی بودند. نخستین مشاهدات میکروسکوپی ثبت شده، اجسام بارورکننده کپک‌ها بود که توسط رابرت هوک در ۱۶۶۶ ثبت شد، اما احتمالاً این کشیش مسیحی، آناطاسیوس کیرشه بود که به گفته خودش آن‌ها را در شیر و مواد فاسد شده در سال ۱۶۵۸ برای نخستین بار مشاهده کرده بود. آنتونی فان لیوون هوک را پدر میکروسکوپی به شمار می‌آورند، چرا که ریزاندامگان میکروسکوپی را در دهه ۱۶۷۰ با استفاده از میکروسکوپی که خودش طراحی نموده بود، مشاهده کرد. میکروبیولوژی علمی، در قرن ۱۹ میلادی از طریق کارهای لویی پاستور در زمینه میکروبیولوژی پزشکی توسعه و تکوین یافت.

اصطلاح میکروبی‌شناسی (میکروبیولوژی) یا مطالعه موجودات ریز میکروسکوپی، اولین بار توسط لوئی پاستور شیمیدان فرانسوی به کار برده شد. میکروارگانیسم‌ها، موجودات ریز میکروسکوپی هستند که طول آن‌ها کمتر از یک میلی‌متر است و با چشم دیده نمی‌شوند. اکثر آن‌ها تک سلولی، بعضی از آن‌ها به شکل مجموعه‌ای از سلول‌ها، برخی به صورت رشته‌های دراز شامل واحدهای مجزا و تعدادی به صورت محصور درون دیواره سلولی (قارچ‌ها، جلبک‌ها و...) دیده می‌شوند. میکروارگانیسم‌ها با وجود تشکیلات و ساختمان سلولی تقریباً ساده خود، دارای همان فعالیت‌های اساسی فیزیولوژیکی هستند که در موجودات عالی با ساختمان چند سلولی مشاهده می‌شود؛ نظیر مصرف غذا، تولید ماکرومولکول‌های جدید، ایجاد انرژی، به طور کلی از نظر بیولوژی نیز مانند سایر موجودات زنده هستند. میکروارگانیسم‌ها شامل پروتوزوئرها، جلبک‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها هستند. اگر چه ویروس‌ها فاقد ساختار سلولی سازمان یافته هستند ولی به علت میکروسکوپی بودن جزء میکروارگانیسم‌ها دسته‌بندی می‌شوند.

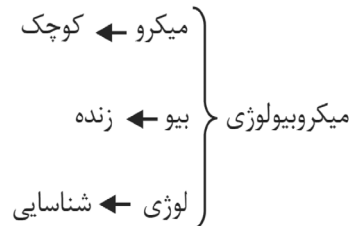
اما مسئله به همین جا ختم نمی‌شود و در این بین استثنائاتی هم وجود دارد؛ تعدادی از میکروارگانیسم‌ها با چشم غیر مسلح نیز مشاهده می‌شوند:

- تعدادی میکروب‌های یوکاریوتیک: کپک‌های نان، جلبک‌های رشته‌ای
- تعدادی از باکتری‌ها:

۱. تیومارگاریتا نامیبینسیس (*Thiomargarita namibiensis*): با قطر ۰/۳-۰/۱ mm می‌باشد که این میکروارگانیسم از رسوبات کف اقیانوس جداسازی شد.
۲. اپولوپسیوم فیشلسونی (*Eupulpsium fishelsoni*): با قطر ۷۰۰ μm - ۲۰۰ می‌باشد که به صورت همزیست با نوعی ماهی به نام Surgeofish به سر می‌برد.

تعریف میکروب و میکروبیولوژی

میکروبیولوژی علمی است که از مورفولوژی، ساختار، فیزیولوژی، متابولیسم و کلیه خواص موجودات زنده میکروسکوپی بحث می‌کند و رابطه این موجودات را در برخی از بیماری‌های انسان، حیوانات، گیاهان و نیز تجزیه و تخمیر مواد آلی مورد بررسی قرار می‌دهد. این علم با کاربرد وسیع میکروارگانیسم‌ها در صنایع گوناگون و کشاورزی نیز در ارتباط است. موجودات میکروسکوپی موجوداتی کوچک هستند با قطر ۱ میلی‌متر و کمتر که با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوند.



میکروب (Microbe) به تمام موجودات زنده میکروسکوپی اطلاق می‌شود که برخی از آنها شبیه گیاهان، برخی شبیه جانوران و برخی حدواسط این دو گروه هستند. میکروب‌ها شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌های میکروسکوپی و انگل‌های تک یاخته می‌باشند. با جداشدن شاخه انگل‌شناسی از علم میکروبیولوژی، امروزه این علم شامل ۴ شاخه زیر است:

باکتری‌شناسی، ویروس‌شناسی، قارچ‌شناسی و ایمنی‌شناسی

ویژگی عمومی میکروب‌ها

همانطور که پیشتر اشاره شد، اصطلاح «میکروب» به مجموعه‌ای از موجودات میکروسکوپی از جمله باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و پروتوزوآها اطلاق می‌شود. میکروب‌ها، موجودات بسیار کوچکی هستند که بدون ابزارهای اختصاصی، که میکروسکوپ نامیده می‌شوند، نمی‌توان آن‌ها را مشاهده کرد. میکروسکوپ، تصویر میکروب‌ها را صدها و هزاران بار بزرگتر کرده و در نتیجه آن‌ها را قابل رویت می‌نماید. یک ویژگی مهم میکروارگانیسم‌ها حتی آنهائی که بزرگ و چند سلولی هستند، این است که آن‌ها دارای ساختار نسبتاً ساده، فاقد سلول‌هایی با تمایز بالا و بافت‌های مجزا می‌باشند. بسیاری از این میکروب‌ها منجر به ایجاد بیماری در انسان و دیگر جانوران می‌شوند. تمام جانوران برای ادامه‌ی حیات خود به گرما، رطوبت و غذا نیاز دارند و میکروب‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیستند. میکروب‌ها می‌توانند تمام این نیازها را از منابع متعددی تأمین نمایند. مدفوع، زباله، ته مانده‌های مواد غذایی و حتی بدن انسان از جمله‌ی این منابع می‌باشند. میکروب‌های بسیار زیادی در درون بدن انسان وجود دارند ولی با این حال منجر به ایجاد بیماری نمی‌شوند.

همچنین وجود برخی از میکروب‌ها برای فعالیت مناسب برخی از بخش‌های بدن الزامی می‌باشد. بعنوان مثال، روده‌ها بدون وجود برخی از باکتری‌های «مفید» اختصاصی نمی‌توانند به خوبی غذا را هضم کنند. میکروب‌های بی‌شمار دیگری نیز در محیط وجود دارند که فعالیت‌های مفیدی را انجام می‌دهند، نظیر باکتری‌های لاکتوباسیلوس که منجر به تبدیل شیر به ماست می‌شوند و یا بسیاری از انواع باکتری‌هایی که به تجزیه‌ی گیاهان و تبدیل آن‌ها به کمپوست کمک می‌نمایند. شستشوی مناسب دست‌ها اغلب بهترین راه برای پیشگیری از ایجاد عفونت و بیماری می‌باشد.

تاکسونومی میکروارگانیسم‌ها

تاکسونومی علم طبقه‌بندی منظم اجرام است. طبقه‌بندی بیولوژیکی اصولاً براساس ارتباطات طبیعی و تکاملی بین اجرام صورت می‌گیرد. در گذشته طبقه‌بندی به خصوص در مورد اجرام عالی‌تر بر اساس ساختارهای ظاهری و خصوصیات فنوتیپی صورت می‌گرفت. این روش برای طبقه‌بندی پروکاریوت‌ها نیز استفاده می‌شد. مثلاً بر اساس خواص رنگ‌آمیزی یا شکل ظاهری باکتری‌ها را تقسیم‌بندی می‌کردند. اما امروزه این روش ناکارآمد است و معیارهای ژنتیکی اساس طبقه‌بندی جدید فیلوژنتیکی میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرند. از آنجائی که میکروارگانیسم‌ها بسیار متنوع هستند، طبقه‌بندی آن‌ها برای تاکسونومیست‌ها یک مشکل بزرگ محسوب می‌شود. ابتدا تاکسونومیست‌ها براساس ویژگی گیاهان و جانوران آن‌ها را توصیف کردند؛ به عنوان مثال، میکروب‌ها دارای حرکت هستند مثل جانوران و دارای دیواره سلولی هستند و فتوسنتز انجام می‌دهند مثل گیاهان؛ اما هیچگاه نمی‌توان میکروب‌ها را با جانوران و گیاهان در یک سلسله قرار داد زیرا همانند گیاهان و جانوران سازمان یافته و دارای بافت‌های مجزا نمی‌باشند. بنابراین فاکتورهای مهم دیگری برای طبقه‌بندی آن‌ها به کارگرفته شد و اینگونه نتیجه گیری شد که تعدادی از میکروب‌ها جزء پروکاریوت‌ها قرار می‌گیرند و تعدادی دیگر جزء یوکاریوت‌ها دسته‌بندی می‌شوند.

پروکاریوت‌ها (Prokaryotic cells): موجوداتی که دارای هسته اولیه می‌باشند؛ یعنی هسته آن‌ها فاقد دیواره حقیقی می‌باشند (شبه هسته) و از نظر ساختار ظاهری ساده‌تر از یوکاریوت‌ها می‌باشند.

یوکاریوت‌ها (Eukaryotic cells): موجوداتی که دارای هسته حقیقی می‌باشند؛ یعنی هسته آن‌ها دارای دیواره می‌باشد. از نظر شکل ظاهری پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها می‌باشند و اندازه بزرگتر از پروکاریوت‌ها دارند.

پرکاریوت‌ها	یوکاریوت‌ها
فاقد هسته محدود به غشاء	دارای هسته محدود به غشاء
فاقد اندامک‌های درون سیستوپلاسمی (میتوکندری، کلروپلاست، شبکه اندوپلاسمی، دستگاه گلژی)	دارای اندامک‌های درون سیستوپلاسمی
اغلب دارای یک کروموزوم حلقوی	دارای ۲ کروموزوم یا بیشتر
دارای اندازه کوچک	دارای اندازه بزرگتر نسبت به پرکاریوت‌ها
ریبوزوم ۷۰S	ریبوزوم ۸۰S
فاقد استرول	دارای استرول
دارای شبه هیستون	دارای هیستون واقعی

براساس مشاهدات ذکر شده (پرکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها)، طبقه‌بندی موجودات زنده به ۵ سلسله توسعه

یافت:

1-Monera (Prokaryotes) 2- Protista 3- Fungi 4- Animalia 5- Plantae

تمام میکروارگانیسم‌ها به جزء ویروس‌ها و دیگر عوامل عفونی فاقد ساختار سلولی (پریون‌ها، ویروئیدها)، در سه سلسله اول قرار می‌گیرند. پیشرفت‌های حاصله در سه زمینه زیر در چند دهه اخیر، اثرات عمیقی در طبقه‌بندی میکروبی به همراه داشت:

۳. افزایش اطلاعات در مورد جزئیات ساختار سلول‌های میکروبی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

۴. تعیین ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بسیاری از میکروارگانیسم‌های مختلف

۵. مقایسه سکناس‌های اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌های طیف وسیعی از ارگانیسم‌ها

بر این اساس مشخص شد دو دسته بسیار متفاوتی از پرکاریوت‌ها وجود دارند:

الف) باکتری‌ها (ب) آرکی‌ها؛ که هر دو مورد همان سلسله Monera هستند.

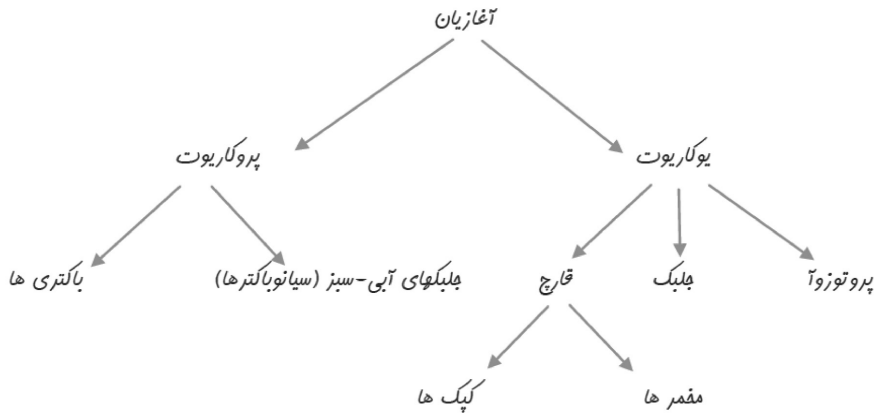
مطالعات بعدی براساس مقایسه rRNA نشان داد که آغازیان (Protist) خود به سه سلسله تقسیم

می‌شوند. به طور کلی اینگونه نتیجه‌گیری شده که تقسیم‌بندی ۵ سلسله فوق بسیار ساده می‌باشد. از

این رو، راه حل‌های بسیاری پیشنهاد شد، تا اینکه میکروبیولوژیست‌ها بیان کردند که با توجه به این که

اختلاف بین باکتری‌ها و آرکی‌ها هم بسیار زیاد است، میکروارگانیسم‌ها می‌بایست به سه قلمرو (Domain)

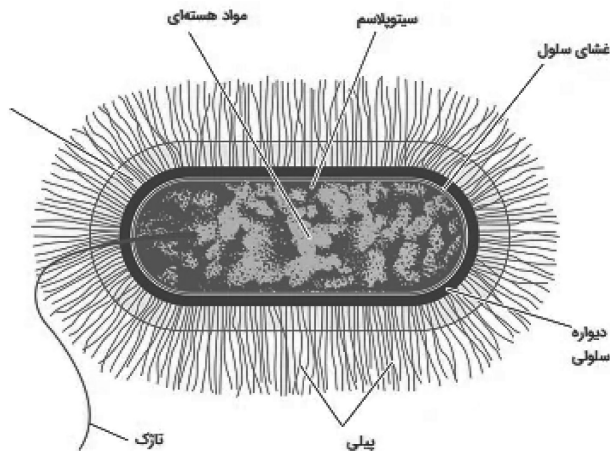
طبقه‌بندی شوند:



تقسیم‌بندی یا تاکسونومی میکروارگانیسم‌ها

■ باکتری‌ها

ارگانیسم‌های تک سلولی هستند که جزء پروکاریوت‌ها دسته‌بندی می‌شوند. اکثراً دارای دیواره سلولی از جنس پپتیدوگلیکان می‌باشند. به میزان فراوان در آب، خاک و هوا و همچنین پوست، دهان و سیستم گوارش انسان و جانوران یافت می‌شوند. تعدادی از باکتری‌ها در محیط‌هایی که از نظر دما، pH، نمک در نهایت حد خود می‌باشند، نیز یافت می‌شوند. تعدادی از باکتری‌ها بیماری‌زا می‌باشند و تعدادی از آنها نقش‌های مفیدی را ایفا می‌کنند؛ مانند سیانوباکترها که مقدار قابل توجهی اکسیژن از طریق فرآیند فتوسنتز تولید می‌کنند. از دیگر نقش‌های مفید باکتری‌ها تولید انواع ویتامین‌ها و تجزیه ترکیبات گیاهی و جانوری مرده می‌باشد.



نمای کلی یک باکتری