

خلاصه دروس علوم آزمایشگاهی

باکتری‌شناسی عمومی و اختصاصی

تألیف

ساناز پاک‌باطن توپکانلو

زیر نظر

دکتر شهین نجار پیرایه

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس

مدیرگروه باکتری‌شناسی پزشکی دانشگاه تربیت مدرس





<p>سرشناسه: پاک‌باطن، ساناز، ۱۳۶۳ - عنوان و نام پدیدآور: باکتری‌شناسی / نویسنده ساناز پاک‌باطن. مشخصات نشر: تهران: کتاب ارجمند، ۱۳۹۰. مشخصات ظاهری: ۷۷۴ ص قطع: پالتویی شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۰-۱۴۹-۸ وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا موضوع: باکتری‌شناسی رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ب۱۶/۲/۴۱ QR رده‌بندی دیویی: ۵۷۹ شماره کتابشناسی ملی: ۲۵۹۳۳۳۸</p>	<p>باکتری‌شناسی عمومی و اختصاصی تألیف: ساناز پاک‌باطن فروست: ۲۸۸ ناشر: کتاب ارجمند چاپ اول، آذر ۱۳۹۱، ۱۱۰۰ نسخه صفحه‌آرا: آیدا روستا طراح جلد: احسان ارجمند چاپ: سامان، صحافی: نوین www.arjmandpub.com این اثر، مشمول قانون حمایت از مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف، ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.</p>
--	--

مرکز پخش: انتشارات ارجمند

دفتر مرکزی: تهران بلوار کشاورز، بین خ کارگر و ۱۶ آذر، پلاک ۲۹۲، تلفن ۸۸۹۷۷۰۰۲
شعبه اصفهان: خیابان چهارباغ بالا، پاساژ هزارجریب، تلفن ۶۲۸۱۵۷۴-۰۳۱۱
شعبه مشهد: ابتدای احمدآباد، پاساژ امیر، انتشارات مجد دانش، تلفن ۸۴۴۱۰۱۶-۰۵۱۱
شعبه بابل: خ گنج افروز، پاساژ گنج افروز، تلفن ۲۲۲۷۷۶۴-۰۱۱۱
شعبه رشت: خ نامجو، روبروی ورزشگاه عضدی، تلفن ۳۲۳۲۸۷۶-۰۱۳۱
شعبه ساری: بیمارستان امام، روبروی ریاست تلفن ۹۱۱۸۰۲۰۹۰

بها: ۱۹۵۰۰ تومان

تقدیم به پدرم، مادرم و آموزگارانم

اندر دل هر ذره تابان شده خورشیدی در باطن هر قطره صد جوی روان ای جان

سپاس و ستایش بی‌پایان خدایی را که انسان را اندیشیدن آموخت. آنچه که در پیش رو دارید مجلدی است از آخرین ویرایش مراجع معرفی شده دروس باکتری‌شناسی از سوی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری که برای آمادگی هر چه بیشتر دانشجویان پزشکی، دندان‌پزشکی، داروسازی، میکروبی‌شناسی و علوم آزمایشگاهی تألیف گردیده است. از دیدگاه مؤلف نقطه ضعف بسیاری از کتاب‌های ارائه شده در این سبک، علی‌رغم ارزشمندیشان، خلاصه بودن بیش از حد و نگارش نکته‌وار، کاربرد عبارت‌ها و اصطلاحات لاتین بدون هیچ گونه توضیحی در مورد آن‌ها و همچنین عدم استفاده از شکل، جدول و تصاویر متناسب با توضیح آورده شده در متن می‌باشد. در این کتاب سعی ما بر آن بوده است تا علاوه بر فصل‌بندی علمی، همراه با بیان کامل، ساده و روان مباحث، از تصاویر، اشکال و جداول متعدد و مناسب برای فهم و درک دقیق‌تر مطالب استفاده شود. همچنین به منظور یادآوری و تکرار دوباره مطالب مهم در پایان هر قسمت، مجموعه‌ای از سوالات سال‌های گذشته همراه با پاسخ آورده شده است. از دیگر ویژگی‌های ممتاز کتاب حاضر، توضیح کامل عبارت‌ها و اصطلاحات پزشکی موجود در منابع مورد استفاده بوده است. تمامی این ویژگی‌ها، این کتاب را به عنوان منبعی ارزشمند جهت یادگیری دقیق‌تر و اصولی‌تر علم شیرین باکتری‌شناسی برای دانشجویان تمامی مقاطع مطرح نموده است. امید است مجموعه حاضر مورد استفاده دانشجویان عزیز قرار گیرد. در پایان مؤلف بر خود لازم می‌داند از زحمات بی‌دریغ استاد فرهیخته، سرکار خانم دکتر شهین نجار پیرایه، در جهت پربارتر نمودن این اثر، تقدیر و تشکر نماید. همچنین از زحمات مدیران و کارکنان انتشارات ارجمند و نیز جناب آقای سعید دانشمندی سپاسگذاری می‌شود.

مقدمه

کتاب‌های جامع و مفید در راستای آموزش دانشجویان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند و سبب ارتقا سطح دانش و توسعه آن می‌گردند. کتاب حاضر که برای استفاده دانشجویان رشته‌های پزشکی به ویژه میکروب‌شناسی تألیف شده است حاوی مطالب جامع در مورد میکروب‌شناسی از جمله طبقه‌بندی باکتری‌ها، بیماری‌ها، تشخیص و درمان است که مؤلف محترم با گردآوری مطالب مهم از کتب مرجع، مجموعه‌ای را فراهم آورده که بتواند نیازهای دانشجویان رشته‌های مختلف پزشکی، پیرا پزشکی و میکروب‌شناسی را تأمین نماید. در این کتاب ضمن اطلاع رسانی دقیق و صحیح علمی به اصل سادگی و روانی متن توجه خاصی شده است. امید است که مجموعه حاضر به عنوان یک کتاب درسی مکمل مورد استفاده دانشجویان قرار بگیرد.

دکتر شهین نجار پیرایه

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس

مدیر گروه باکتری‌شناسی پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

فهرست

بخش اول : باکتری‌شناسی عمومی ۱۱

فصل ۱: کلیات میکروبی‌شناسی و روش‌های شناسایی باکتری‌ها ۱۳

یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها ۱۵

ویروس‌ها ۲۸

ویروئید (viroid) ۲۹

پریون (prion) ۳۰

پروتیست‌ها ۳۰

تقسیم‌بندی باکتری‌ها ۳۴

فصل ۲: شکل، ساختمان و عملکرد باکتری‌ها ۸۳

شکل و اندازه باکتری‌ها ۸۳

فصل ۳: رشد در باکتری‌ها ۱۴۴

فصل ۴: ژنتیک باکتری‌ها ۱۴۸

پلاسمیدها ۱۴۹

انتقال DNA ۱۵۰

فصل ۵: عوامل ضد میکروبی، ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون ۱۵۷

تاریخچه، تعریف و ویژگی‌های یک آنتی‌بیوتیک مناسب ۱۵۷

ضد عفونی کردن و استریلیزاسیون ۱۷۱

بخش دوم: باکتری‌شناسی اختصاصی ۱۸۳

فصل ۱: کوکسی‌های گرم مثبت ۱۸۵

الف- کوکسی‌های گرم مثبت چرک‌زا ۱۸۵

ب- سایر کوکسی‌های گرم مثبت ۲۸۷

فصل ۲: باکتری‌های گرم منفی چرک‌زا ۲۹۰

گونه‌های نایسریا ۲۹۰

نایسریا گنوره‌آ ۲۹۵

۳۰۸	نایسریا منتزیتایدیس
۳۱۴	سایر نایسریاها
۳۱۵	موراکسلا کاتارالیس
۳۱۵	گونه‌های هموفیلوس
۳۱۷	هموفیلوس آنفولانزا
۳۲۹	سایر گونه‌های هموفیلوس
۳۳۲	گونه‌های بوردتلا
۳۳۴	بوردتلا پرتوسیسی
۳۴۶	فصل ۳: باسیل‌های گرم مثبت فاقد اسپور
۳۴۶	کورینه‌باکتریوم‌ها
۳۴۷	کورینه‌باکتریوم دیفتریه
۳۴۸	سایر کورینه‌باکتریوم‌ها
۳۴۸	الف- کورینه‌باکتریوم‌های لیپوفیلیک
۳۴۹	ب- کورینه‌باکتریوم‌های غیر لیپوفیلیک
۳۷۰	کورینه فرم‌های بی‌هوازی
۳۷۱	سایر جنس‌های کورینه فرم
۳۷۲	اریزیپلوتریکس روزیوپاتیه
۳۷۴	لیستریا منوسایتوزنز
۳۸۵	اکتینومیست‌ها
۳۹۲	نوکارדיاها
۳۹۸	فصل ۴: باسیل‌های گرم مثبت تشکیل‌دهنده اسپور
۳۹۸	باسیلوس‌ها
۳۹۹	باسیلوس آنتراسیس یا باسیل آنتراکس
۴۱۰	باسیلوس سرئوس
۴۱۲	سایر گونه‌های باسیلوس
۴۱۲	کلستریدیوم‌ها
۴۱۴	کلستریدیوم‌های هیستوتوکسیک (کلستریدیوم‌های مهاجم)
۴۱۵	کلستریدیوم پرفرینجنس (کلستریدیوم ولشای)
۴۲۶	کلستریدیوم بوتولینوم
۴۳۳	کلستریدیوم تنانی (باسیل نیکولایر)
۴۴۲	کلستریدیوم دیفیسیل
۴۴۷	فصل ۵: ائتروباکتریاسه و باکتری‌های وابسته به آن‌ها
۴۵۲	ساختمان آنتی‌ژنی
۴۶۰	اشریشیاها و شیگلاها
۴۶۱	اشریشیا کلی

۴۷۱	چهار گونه تولید کننده اسهال در اشریشیا کلی
۴۷۷	شیگلاها
۴۸۷	سالمونلاها
۵۰۵	گونه‌های کلبسیلا، انتروباکتر و سراشیا
۵۰۶	کلبسیلاها
۵۰۸	انتروباکترها
۵۱۱	سراشیاها
۵۱۴	گونه‌های پروتئوس، مورگانلا و پروویدنسیا
۵۱۹	سیتروباکترها
۵۲۱	کمپیلوباکترها
	گونه‌های کمپیلوباکتر ژژونی، کمپیلوباکتر کولی، کمپیلوباکتر فتوس و
۵۲۳	کمپیلوباکتر لاری (لاریدیس)
۵۲۹	هلیکوباکترها
۵۲۹	هلیکوباکتر پیلوری (H.pylori)
۵۳۸	ویبریوها
۵۳۹	ویبریوکلرا
۵۵۰	سایر ویبریوهای بیماری‌زا
۵۵۷	فصل ۶: سودوموناس‌ها
۵۵۷	خانواده سودوموناسه
۵۵۸	سودوموناس آئروژینوزا
۵۶۲	فاکتورهای ویروانس در سودوموناس آئروژینوزا
۵۷۲	بیماری‌های ناشی از سودوموناس آئروژینوزا
۵۷۸	درمان عفونت‌های ناشی از سودوموناس آئروژینوزا
۵۷۹	بورخولدريا سودومالئی
۵۸۳	درمان بیماری میلوئیدوز
۵۸۳	بورخولدريا مالئی
۵۸۴	بورخولدريا سپاسیا
۵۸۴	استوتروفوموناس مالتوفیلیا
۵۸۶	فصل ۷: باکتری‌های زئونوتیک (zoonotic)
۵۸۶	بروسلاها
۵۹۶	یرسینیاها
۵۹۸	یرسینیا پستیس
۶۱۰	یرسینیا انتروکولیتیکا و یرسینیا سودوتوبرکلوزیس
۶۱۴	فرانسیسیلا تولارنسیس
۶۲۰	پاستورلاها

۶۲۰	پاستورلا مالتوسیدا
۶۲۳	سایر پاستورلاها
۶۲۴	استریتوباسیلوس مونیلی فرمیس
۶۲۴	کاپنوسایتوفاگا
۶۲۶	فصل ۸: باکتری‌های داخل سلولی اجباری
۶۲۷	کلامیدیاها
۶۳۴	کلامیدیا تراکوماتیس
۶۴۲	کلامیدیا پنومونیه
۶۴۴	کلامیدیا پستتاسی
۶۴۷	خانواده ریکتز یاسه
۶۴۸	ریکتریاها
۶۵۹	فصل ۹: باکتری‌های دارای نقص در دیواره سلولی
۶۵۹	مایکوپلاسماها
۶۶۵	مایکوپلاسما پنومونیه
۶۷۰	مایکوپلاسما هومینیس و اوره پلاسما اوره لیتیکوم
۶۷۱	مایکوپلاسما ژنیتالوم
۶۷۳	فصل ۱۰: اسپیروکتها
۶۷۵	ترپونماها
۶۷۶	ترپونما پالیدوم
۶۹۰	بورلیاها
۶۹۶	بورلیا بورگدوفری
۷۰۰	لیتوسپیراها
۷۰۵	سایر بیماری‌های اسپیروکتی
۷۰۷	فصل ۱۱: مایکوباکتریوم‌ها
۷۱۲	۱- مایکوباکتریوم توبرکلوزیس (باسیل کخ یا باسیل سل)
۷۲۶	۲- مایکوباکتریوم بوویس
۷۲۷	ب- مایکوباکتریوم‌های مولد بیماری‌های غیر سلی
۷۲۸	۱- مایکوباکتریوم‌های دارای رشد آهسته
۷۳۵	۲- مایکوباکتریوم‌های دارای رشد سریع
۷۳۶	۳- مایکوباکتریوم‌های ساپروفیت
۷۳۷	۴- مایکوباکتریوم اولسرانس
۷۳۷	۵- مایکوباکتریوم لپره

۷۴۷	..... فصل ۱۲: باکتری‌های غیر شایع
۷۴۷	..... کوکسیلاها
۷۴۸	..... کوکسیلا بورنتی
۷۵۰	..... ارلیشیاها
۷۵۲	..... بارتونلاها
۷۵۲	..... بارتونلا باسیلی فرمیس
۷۵۵	..... بارتونلا (روکالیمتا) کوئین تانا
۷۵۷	..... بارتونلا (روکالیمتا) هنسله
۷۵۹	..... لژیونلاها
۷۶۱	..... لژیونلا پنوموفیلا
۷۶۱	..... لژیونلا میکددی
۷۶۲	..... لژیونلا بوزمانی
۷۶۶	..... گاردنلا واژینالیس
۷۶۷	..... موبیلونکوس
۷۶۷	..... یوباکتريوم
۷۶۷	..... اسپینتوباكترها
۷۶۸	..... باسیل‌های گرم منفی غیر معمول

بخش اول

بakteriologi

umum

فصل ۱

کلیات میکروشناسی و روش‌های شناسایی باکتری‌ها

آنتوان وان لیون هوک، اولین کسی بود که با میکروسکوپ بسیار ابتدایی که خود اختراع کرده بود، توانست موجودات ذره‌بینی را در قطرات آب و مواد موجود در میان دندان‌ها مورد بررسی قرار دهد. لیون هوک به دلیل متحرک بودن بسیاری از این میکروارگانیسم‌ها، اصطلاح حیوانات کوچک ذره‌بینی (animalcules) را برای آن‌ها به کار برد. مدت‌ها بعد، رابرت هوک به صورت دقیق‌تر و عملی‌تر به بررسی مطالعات وان لیون هوک پرداخت.

میکروشناسی، علم مطالعه میکروب‌ها است. میکروب‌ها، گروه بزرگ و بسیار متنوعی از ارگانیسم‌های میکروسکوپی هستند که به صورت سلول‌هایی تک یا گروه‌های سلولی، یافت می‌شوند. به‌طور کلی، میکروب‌ها شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها (fungi)، تک‌یاخته‌ها (protozoa) و ویروس‌ها می‌باشند، هرچند که ویروس‌ها، به مفهوم واقعی (برخلاف تعریفی که برای میکروب آورده شد) یک سلول حقیقی نیستند. میکروارگانیسم‌ها در انجام مراحل مختلف چرخه‌های شیمیایی ضروری برای حیات شامل نیتروژن، هیدروژن، کربن، اکسیژن و سولفور نقش مهمی دارند. علاوه بر این، برخلاف تصور بسیاری از ما عمل فتوسنتز، بیشتر توسط میکروارگانیسم‌ها (تا گیاهان) انجام می‌گیرد. مشخص شده است که در حدود 5×10^{30} سلول میکروبی روی کره زمین وجود دارد. ۹۰٪ توده سلولی کل بیوسفر (قسمت قابل حیات زمین و اتمسفر) و بیش از ۹۰٪ سلول‌های بدن

انسان را میکروب‌ها تشکیل می‌دهند. بیوشیمی، ژنتیک و زیست‌شناسی مولکولی، علوم مورد نیاز برای بررسی میکروارگانیسم‌ها می‌باشند.

در علم اکولوژی (که در رابطه با علم میکروب‌شناسی است) ۲ رابطه مهم میان میکروارگانیسم‌ها مطرح است که عبارتند از: **همیاری** (mutualism) یا **همزیستی** (symbiosis) و **رابطه انگلی** (parasitism).

در رابطه همیاری یا همزیستی، همه اجزای دخیل در رابطه نفع می‌برند. گل‌سنگ‌ها، مثالی از رابطه همیاری میکروبی می‌باشند. گل‌سنگ شامل یک قارچ (یک یوکاریوت) و همیار آن که یک فتوتروف (مانند یک یوکاریوت مانند یک جلبک یا یک پروکاریوت مانند یک سیانوباکتر) است، می‌باشد. در این رابطه، قارچ به عنوان یک عامل اتصالی و همچنین یک عامل محافظت کننده برای ارگانیسم همیار بوده و ارگانیسم فتوتروف تولید کننده اصلی مواد غذایی می‌باشد. همیاری یک رابطه مداوم در میان ارگانیسم‌های مختلف است. میتوکندری و کلروپلاست (۲ اندامک کسب انرژی در یوکاریوت‌ها) مثال دیگری از همزیستی‌های باکتریایی هستند.

رابطه انگلی، رابطه‌ای است که در آن تنها یک سوی رابطه نفع می‌برد. در واقع در این حالت، یک میزبان وجود دارد که تأمین کننده سود برای انگل است. مایکوپلازماها، باکتری‌هایی فاقد دیواره سلولی می‌باشند و از این لحاظ یک استثناء در میان باکتری‌ها هستند. مایکوپلازماها را به عنوان پروکاریوت‌های انگلی می‌نامند. این باکتری‌ها کلاستروم مورد نیاز خود (برای ساخت غشاهای سلولی) را از سلول میزبان کسب می‌کنند.

سؤال: چه کسی برای اولین بار دنیای جانداران ذره‌بینی را مطرح ساخت؟

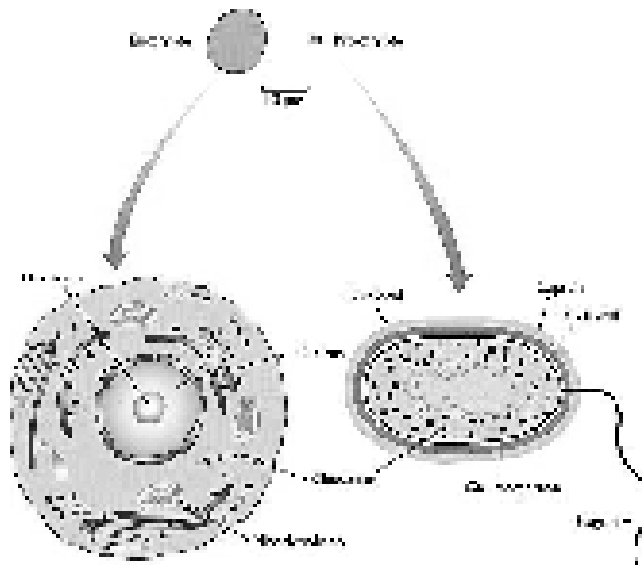
(کنکور علوم آزمایشگاهی ۷۸)

- ۱- لی‌وان هوک
- ۲- فراگاستریوس
- ۳- سمل وایز
- ۴- رابرت هوک

گزینه ۱ صحیح است.

یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها

یوکاریوت‌ها، ارگانیسم‌هایی دارای هسته احاطه شده با غشا می‌باشند (هسته حقیقی). این ویژگی آن‌ها را از پروکاریوت‌ها متمایز می‌سازد. پروکاریوت‌ها، ارگانیسم‌هایی هستند که DNA موجود در آن‌ها، توسط هیچ غشایی محصور نشده و بنابراین از سیتوپلاسم مجزا نمی‌باشد. علاوه بر این، یوکاریوت‌ها نسبت به پروکاریوت‌ها دارای اندازه بزرگ‌تری بوده و حاوی اندامک‌های تخصص یافته متصل به غشا مانند میتوکندری می‌باشند. سلول‌های یوکاریوتی شامل سلول‌های قارچ، تک‌یاخته، گیاهان و جانوران و سلول‌های پروکاریوتی شامل باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها می‌باشند. در شکل ۱-۱ سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی به طور شماتیک با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



شکل ۱-۱ ساختار سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی

ساختار سلول‌های یوکاریوتی

۱. لایه‌های سطحی: غشای پلاسمایی در یوکاریوت‌ها همانند پروکاریوت‌ها از فسفولیپید و پروتئین تشکیل شده و سیتوپلاسم

سلول را احاطه می‌نماید. اکثر سلول‌های حیوانی بر خلاف سلول‌های گیاهی به جز غشای پلاسمایی، لایه سطحی دیگری ندارند. سلول‌های گیاهی دارای دیواره‌ای خارج سلولی متشکل از سلولز می‌باشند. در بسیاری از یوکاریوت‌ها یک دیواره سلولی خارجی تشکیل شده از پلی‌ساکاریدهای سلولز یا کیتین و یا ترکیبات غیرآلی از قبیل دیواره سیلیکا در دیاتومه‌ها نیز ممکن است وجود داشته باشد.

۲. **هسته:** همان طور که در ابتدا اشاره شد، هسته در سلول‌های یوکاریوت با یک غشاء احاطه شده موجب ایجاد یک هسته حقیقی در سلول‌های یوکاریوتی می‌گردد. یکی از تفاوت‌های اساسی سلول‌های پروکاریوتی با یوکاریوت‌ها نیز همین است. غشای هسته در یوکاریوت‌ها شامل ۲ غشای داخلی و خارجی بوده که غشای داخلی معمولاً یک کیسه ساده و غشای خارجی در بسیاری از نواحی، امتدادی از شبکه آندوپلاسمی است. روی غشای هسته منافذی وجود دارد که موجب ایجاد نفوذپذیری انتخابی می‌گردد. این منافذ از یکسری از پروتئین‌ها تشکیل یافته و باعث ورود مواد به داخل و خروج آن‌ها از هسته می‌گردد. کروموزوم سلول یوکاریوت که حاوی ماکرومولکول‌های خطی DNA به صورت دو رشته‌ای است، درون هسته جای می‌گیرد.

۳. **نوکلئولوس:** ساختاری در هسته بوده که غنی از RNA است و محل سنتز rRNA می‌باشد.

۴. **شبکه اندوپلاسمی (Endoplasmic Reticulum یا ER):** شبکه‌ای از کانال‌های متصل به غشا امتداد یافته با غشای هسته است. ۲ نوع شبکه اندوپلاسمی صاف (smooth) و خشن (rough) وجود دارد. شبکه اندوپلاسمی خشن دارای ریبوزوم‌های متصل شده ۸۰S هستند. هر یک از این دو شبکه وظایفی بر عهده دارند. ER صاف مسئول سنتز لیپیدها و متابولیسم کربوهیدرات‌ها است. ER خشن مسئول اصلی تولید گلیکوپروتئین‌ها و همچنین تولید مواد غشایی جدید در سلول می‌باشد.

۵. **دستگاه گلژی:** ساختاری دارای غشا که همراه با شبکه اندوپلاسمی عمل نموده و فرآورده‌های این شبکه و سایر ساختارهای غشایی را به شکل مناسب تبدیل می‌نماید.

۶. **پلاستیدها:** شامل کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها بوده که اندامک‌های کسب انرژی در یوکاریوت‌ها می‌باشند. این اندامک‌ها هریک دارای DNA (به شکل حلقوی بسته) مربوط به خود هستند. DNA در این اندامک‌ها مسئول سنتز برخی از پروتئین‌ها و کد کردن tRNA است. علاوه بر این، ریبوزوم‌های ۷۰S، همانند آنچه که در پروکاریوت‌ها وجود دارد، دیده می‌شود. دانشمندان بر این باورند که کلروپلاست و میتوکندری در واقع سلول‌های پروکاریوتی بوده‌اند. این دو اندامک مثال‌های بسیار مناسبی از همزیست‌های داخلی (endosymbiosis) باکتریایی می‌باشند.

میتوکندری‌ها، توسط غشای ۲ لایه محصور شده‌اند. غشای خارجی میتوکندری، نفوذپذیری بیشتری داشته و دارای کانال‌هایی است که عبور مولکول‌های کوچک مانند ATP و یون‌ها از آن‌ها انجام می‌شود. فضای درونی میتوکندری به وسیله یک غشای داخلی محدود شده و از **ماتریکس** پر شده است و به نام میتوزول نیز نامیده می‌شود. غشای داخلی دارای نواحی به نام **کریستا (cristae)** است که از فرورفتگی‌های غشای خارجی به وجود آمده است. بسیاری از آنزیم‌ها مانند آنزیم‌های چرخه اسیدسیتریک درون ماتریکس جای گرفته‌اند. این ناحیه دارای یکسری پروتئین‌های انتقال‌دهنده اختصاصی است که موجب عبور متابولیت‌ها به داخل و خارج ماتریکس می‌گردد. در برخی از میکروارگانیسم‌های یوکاریوت مانند تریکوموناس واژینالیس، به جای میتوکندری اندامک دارای غشای دیگری به نام هیدروژنوزوم یافت می‌شود که گاهی دارای DNA و ریبوزوم نیز می‌باشند. این اندامک، پیرووات را گرفته و دی‌اکسیدکربن، هیدروژن، ATP و استات تولید می‌نماید. هیدروژنوزوم‌ها فاقد کریستا و آنزیم‌های چرخه اسیدتری‌کربوکسیلیک هستند. تصویر میکروسکوپ الکترونی میتوکندری در شکل ۱-۲ مشخص شده است.

کلروپلاست‌ها، بر خلاف میتوکندری از پروکاریوت‌ها بزرگ‌تر بوده و اندازه، تعداد و شکل آن‌ها در هر سلول متغیر است. این

اندامک‌ها مسئول عمل فتوسنتز هستند که در طی آن انرژی نور خورشید به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود.



شکل ۱-۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی و شکل شماتیک میتوکندری. قسمت‌های مختلف این اندامک مشخص شده است.

۷. **لیزوزوم‌ها:** کیسه‌های دارای غشا هستند که حاوی آنزیم‌های لازم برای تجزیه ماکرومولکول‌هایی مانند چربی‌ها، پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها می‌باشند. منورهای ناشی از تجزیه ماکرومولکول‌ها از لیزوزوم به سیتوپلاسم هدایت شده و به عنوان مواد غذایی مورد استفاده سلول باکتری قرار می‌گیرند.

۸. **پراکسی‌زوم:** ساختاری دارای غشا است که وظیفه آن احیای اکسیژن و در نتیجه آن تولید H_2O_2 (پراکسید هیدروژن) می‌باشد. پراکسید هیدروژن کم کم توسط آنزیم کاتالاز به آب و اکسیژن تبدیل می‌شود.

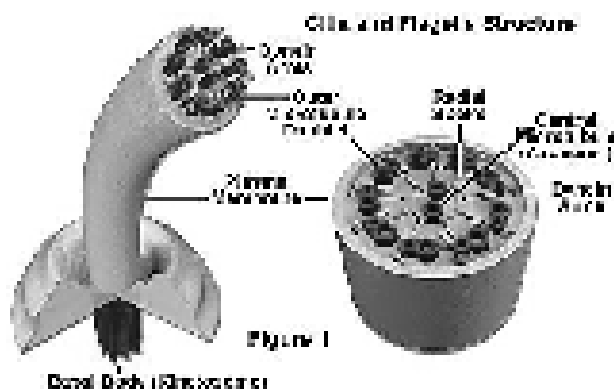
۹. **اسکلت سلولی:** ساختاری متشکل از انواع فیبرها شامل میکروفیلانمنت‌ها، فیلامنت‌های حدواسط و میکروتوبول‌ها که سیتوپلاسم را پر می‌کنند، می‌باشند.

میکروفیلانمنت‌ها با طول ۳ تا ۶ نانومتر، پلیمری از زیرواحدهای پروتئینی اکتین بوده که در سراسر سلول داریست‌هایی را تشکیل می‌دهد و از این طریق موجب تعیین و حفظ شکل سلول می‌شود. علاوه بر این، این فیبرها وظیفه حرکات سلولی در حین تقسیم شامل

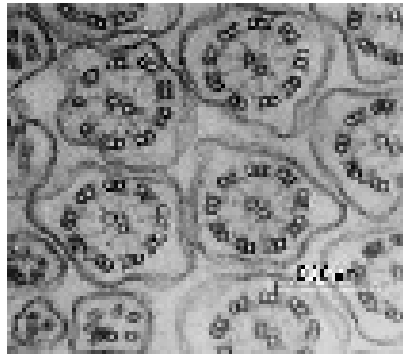
سرخوردن (gliding)، انقباض (contraction) و تقسیم سیتوپلاسم را بر عهده دارند. فیلامنت‌های حد واسط، ۱۰ نانومتر طول دارند و قدرت کشش سلول را فراهم می‌نمایند. میکروتوبول‌ها، به طول ۲۰ تا ۲۵ نانومتر بوده و لوله‌هایی استوانه‌ای شکل هستند که از زیرواحدهای پروتئینی به نام توبولین تشکیل شده‌اند. ۳ وظیفه مهم برای میکروتوبول‌ها تعریف شده است: ۱- کمک به میکروفیلامنت‌ها در حفظ شکل سلول ۲- حرکت سلولی ۳- تولید فیبرهای دوکی شکل برای تفکیک کروموزوم‌ها در هنگام میتوز

۱۰. اندامک‌های حرکتی: فلاژل‌ها و مژک‌ها (cilia) اندامک‌های

حرکتی در بسیاری از سلول‌های یوکاریوتی می‌باشند. این دو اندامک دارای تفاوت‌هایی با یکدیگر هستند. اول اینکه فلاژل از قطب سلول خارج شده در حالی که مژک سلول را احاطه می‌کند. دوم اینکه مژک از فلاژل کوتاه‌تر است. فلاژل و مژک دارای میکروتوبول‌هایی با آرایش به صورت سیستم ۹+۲ (۹ جفت میکروتوبول محیطی که ۲ میکروتوبول منفرد مرکزی را احاطه نموده‌اند) هستند که به توسط یک غشا احاطه شده‌اند (شکل ۱-۳ و ۱-۴). مثال‌هایی از میکروارگانیسم‌های دارای فلاژل و مژک به ترتیب شامل تریکوموناس وازینالیس و بالانتادیوم کلی می‌باشند.



شکل ۱-۳ تصویر شماتیک از ساختار مژک و فلاژل یوکاریوتی



شکل ۱-۴ میکروگراف الکترونی از بخشی از فلاژل یا مژک. الگوی ۹+۲ در تصویر مشخص است.

بنابراین پروکاریوت‌ها از طریق ۴ ویژگی اساسی از یوکاریوت‌ها متمایز می‌شوند:

۱- اندازه کوچک آن‌ها (حدود ۱ میکرومتر یا میکرون) در مقایسه

با یوکاریوت‌ها

۲- عدم وجود غشا در اطراف هسته

۳- عدم وجود دستگاه میتوزی در پروکاریوت‌ها

ویژگی متمایز کننده چهارم در پروکاریوت‌ها، توانایی آن‌ها در تبادل بسته‌های کوچک اطلاعات ژنتیکی است. این اطلاعات می‌توانند توسط پلاسمیدها حمل شوند. پلاسمیدها، عناصر ژنتیکی تخصص یافته کوچکی هستند که از یک سلول به سلول دیگر انتقال یافته و از این طریق یکسری اطلاعات ژنتیکی اختصاصی را در میان یک جمعیت باکتریایی حمل می‌نمایند. یکی از مهم‌ترین انواع پلاسمیدها، پلاسمیدهای مقاومت دارویی هستند. این پلاسمیدها حامل ژن‌هایی می‌باشند که موجب مقاومت باکتری دارای پلاسمید به یک یا چندین آنتی‌بیوتیک می‌گردند. به این ترتیب این پلاسمیدها در بقای باکتری نقش ایفا می‌نمایند.

توانایی کسب انرژی در پروکاریوت‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال سیانوباکترها یا باکتری‌های سبز-آبی، انرژی خود را از طریق تنفس در غیاب نور تأمین می‌نمایند. مثال دیگر، باکتری‌های ارغوانی هستند که در غیاب اکسیژن قادر به تولید انرژی از نور

خورشید می‌باشند. باکتری‌های هوازی، ارگانیسم‌هایی هستند که برای تأمین انرژی مورد نیاز خود، به تنفس اکسیژن نیاز دارند. باکتری‌های بی‌هوازی برای تنفس از گیرنده‌های الکترونی به جزء اکسیژن استفاده می‌نمایند. علاوه بر این، بسیاری از بی‌هوازی‌ها توانایی تخمیر دارند.

ساختار سلول‌های پروکاریوتی

۱. **شبه هسته: DNA** در پروکاریوت‌ها در یک ساختار شبه هسته (nucleoid) جای گرفته است. این ساختار فاقد غشا بوده و به همین دلیل این‌طور عنوان می‌شود که پروکاریوت‌ها فاقد یک هسته حقیقی می‌باشند. نوکلئوتیدها با رنگ فولگن که مختص DNA است، رنگ شده و با میکروسکوپ نوری قابل مشاهده می‌شوند.

✓ **نکته:** کروموزوم در اغلب پروکاریوت به صورت یک مولکول منفرد حلقوی ممتد، به ابعاد $0/58$ تا 10 میلیون جفت باز بوده، هرچند که برخی استثنائات نیز در این میان وجود دارد. برخی از این استثنائات عبارتند از: وجود ۲، ۳ یا ۴ کروموزوم مجزا در یک پروکاریوت، به عنوان مثال، ویبریو کلرا و بروسلا ملی‌تنسیس دارای ۲ کروموزوم غیر مشابه هستند. علاوه بر این، موارد استثنایی هم در مورد حلقوی بودن DNA وجود دارد، که شامل دارا بودن یک کروموزوم خطی در بورلیا بورگدوفری و استریپتومایسس کوئلیکالر است.

منبع ۱: در باکتری‌ها، تعداد شبه هسته‌ها و کروموزوم‌ها، به شرایط رشد ارگانیسم وابسته است. در هر سلول از باکتری‌های سریع‌الرشد شبه هسته‌های بیشتری در مقایسه با انواع کند رشد وجود دارد اما اگر کپی‌های متعددی موجود باشد، تمام آن‌ها مشابه هستند، یعنی سلول‌های پروکاریوت هاپلوئید می‌باشند.

۲. **مزوزوم:** در واقع همان فرورفتگی‌ها در غشای سیتوپلاسمی باکتری‌ها هستند. مزوزوم‌ها دارای ساختمان‌های وزیکولی، تیغه‌ای و لوله‌ای بوده و به دلیل نشأت گرفتن از سمت داخلی غشای

سیتوپلاسمی، شباهتی میان این ساختمان و میتوکندری در سلول‌های یوکاریوتی مشاهده می‌شود. مزوزوم‌ها، در تشکیل دیواره تقسیم در هنگام تقسیم سلول باکتری نقش دارد.

۳. **ساختارهای موجود در سیتوپلاسم:** برخلاف یوکاریوت‌ها، پروکاریوت‌ها فاقد میتوکندری و سیتوپلاسم می‌باشند. آنزیم‌های انتقال الکترون در غشای سیتوپلاسمی ارگانسیم قرار گرفته است. کاروتنوئیدها و باکتريوکلروفیل‌ها، پیگمان‌هایی در باکتری‌های فتوسنتز کننده می‌باشند که مسئول عمل فتوسنتز در آن‌ها هستند.

ریبوزوم باکتری‌ها، از نوع 70S بوده که از ۲ زیرواحد 30S و 50S ساخته شده است. زیرواحد کوچک 30S شامل 16S RNA و پروتئین و زیرواحد بزرگ 50S شامل 23S RNA و 5S RNA می‌باشند. نکته مهم آن است که باکتری‌های کند رشد دارای ریبوزوم کم و باکتری‌های دارای رشد سریع، ریبوزوم فراوانی دارند.

✓ **نکته:** S، واحد رسوب ذرات در اولترا سانتریفیوژ می‌باشد که با درشتی و وزن مولکولی ذرات متناسب بوده و توسط سوئدبرگ (Svedberg) پیشنهاد شده است. این واحد برابر است با 1×10^{13} ثانیه (منبع: میکروب شناسی پزشکی، چاپ ششم، پرویز ادیب‌فر).

مواد ذخیره‌ای در باکتری‌ها به صورت گرانول‌هایی غیرمحلول در سیتوپلاسم ارگانسیم‌ها ذخیره شده و به نام **انکلوزیون بادی** نامیده می‌شوند. این مواد برای مصرف انرژی و یا به عنوان بلوک‌های (منومرهای) سازنده ساختار سلول استفاده می‌شوند. مواد ذخیره‌ای توسط میکروسکوپ فاز کنتراست به شکل اجسامی منکسر درون سیتوپلاسم مشاهده می‌شوند.

از جمله این مواد می‌توان به **پلی‌بتا‌هیدروکسی‌بوتیریک اسید** (PHB) اشاره کرد که در هنگام کمبود منابع فسفر، نیتروژن یا فسفر یا افزایش منبع کربن تولید می‌شود.

ماده ذخیره‌ای دیگر **گلیکوژن** (بزرگ‌ترین ماده غذایی ذخیره شده در باکتری‌های روده‌ای)، پلیمری از گلوکز است که در هنگام مقدار

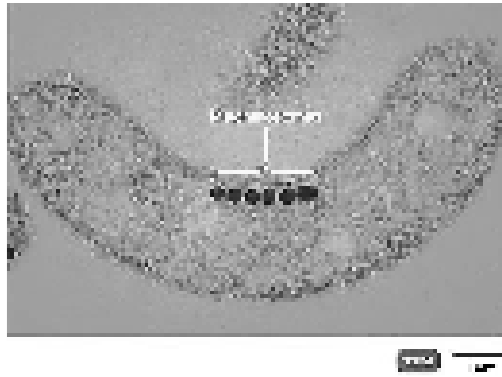
زیاد کربن در محیط وجود دارد. این دو ماده ذخیره‌ای در زمان کاهش ساخت پروتئین و اسیدنوکلئیک، به مصرف می‌رسند.

علاوه بر این، گرانول‌های دیگری به نام **گرانول‌های سولفور** (سولفور در گرانول‌ها معمولاً به صورت سولفات اکسید می‌شوند)، در اثر اکسیداسیون ترکیبات احیا شده سولفور مانند تیوسولفات و سولفید هیدروژن به وجود آمده و در هنگام کاهش منابع احیا شده سولفور، مصرف شوند. همچنین منابع فسفات غیرآلی به صورت **گرانول‌های پلی فسفات یا گرانول‌های بایز-ارنست**، به عنوان مخازن فسفات برای سنتز اسیدنوکلئیک و فسفولیپید در سیتوپلاسم وجود دارند. گاهی گرانول‌های پلی فسفات، با یک رنگ آبی، قرمز شده و به همین دلیل به نام **گرانول‌های ولوتین یا گرانول‌های متاکروماتیک** نیز نامیده می‌شوند. این دانه‌ها با رنگ‌آمیزی آلبرت و نایسر قابل مشاهده می‌باشند. گرانول‌های ولوتین از ویژگی‌های تشخیصی در کورینه باکترها (باسیل گرم مثبت فاقد اسپور) می‌باشند. همچنین این گرانول‌ها در سایر باکتری‌ها شامل یرسینیا پستیس (عامل طاعون) و مایکوباکتریوم توبرکلوزیس (عامل سل) یافت می‌شوند. دانه‌های متاکروماتیک چون معمولاً در دو انتهای باکتری قرار می‌گیرند، به نام **دانه‌های قطبی** نیز خوانده می‌شوند. به دلیل میل ترکیبی شدید این دانه‌ها با رنگ‌های بازی، بنابراین به آن‌ها **دانه‌های رنگ‌دوست** نیز می‌گویند.

✓ **نکته:** در رنگ‌آمیزی آلبرت، دانه‌های متاکروماتیک به رنگ آبی مایل به سیاه و باکتری به رنگ سبز و در رنگ‌آمیزی نایسر، این دانه‌ها به رنگ آبی و باکتری به رنگ قهوه‌ای مشاهده می‌شود. علاوه بر این، گرانول‌های ولوتین در رنگ‌آمیزی با تولوئیدن بلو یا متیلن بلو به رنگ‌های متنوعی از قرمز تا آبی ظاهر می‌شوند.

واکوئل‌های گازی تنها در میکروارگانیسم‌های آبی یافت شده و موجب شناور شدن ارگانیسم می‌شوند. غشای این واکوئل از یک لایه نازک ۲ نانومتری متشکل از پروتئین‌ها است. این لایه نسبت به آب و حلال‌ها نفوذناپذیر و نسبت به گازها نفوذپذیر است. علاوه بر این، در

باکتری‌های آبی خاصیت مگنتوتاکسی یا گرانش مغناطیسی (جهت‌گیری باکتری با توجه به میدان مغناطیسی زمین) در نتیجه حضور **مگنتوزوم‌ها** (ذرات کریستالی داخل سلولی دارای مگنتیت $[Fe_3 O_4]$ که با غشایی متشکل از پروتئین، فسفولیپید و گلیکوپروتئین محصور شده است) در ارگانسیم وجود دارد (شکل ۱-۵). سایر ساختارها در پروکاریوت‌ها و نحوه عملکرد آن‌ها در فصل آینده بررسی خواهند شد.



شکل ۱-۵ میکروگراف الکترونی از یک میکروارگانسیم آبی. مگنتوزوم‌ها درون ارگانسیم مشخص هستند.

باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها، زیرشاخه‌های اصلی پروکاریوت‌ها می‌باشند.

الف- باکتری‌ها: ارگانسیم‌های تک سلولی و هاپلوئید بوده و اغلب دارای زندگی آزاد هستند که با دوتایی شدن، تقسیم می‌شوند. DNA کروموزومی موجود در تمامی باکتری‌ها، حلقوی بوده و طولی حدود ۱ میلی‌متر دارد. قطعه RNA، در مرکز DNA وجود داشته و احتمالاً در همانندسازی DNA شرکت می‌کند. این DNA، باید بیش از ۱۰۰۰ دفعه پیچ بخورد تا درون غشا جای بگیرد. اکثر پروکاریوت‌ها، دارای یک کروموزوم منفرد می‌باشند. به دلیل اندازه کوچک پروکاریوت‌ها، مقدار اطلاعات ژنتیکی در آن‌ها، محدود است. تعداد ژن‌ها در یک پروکاریوت، از ۴۶۸ ژن در

مایکوپلاسما زینتالیوم تا ۷۸۲۵ ژن در استرپتومایسس کونلیکالر متغیر است.

ب- آرکی باکترها: ارگانیسم‌هایی کروی، ماریچی، میله‌ای یا مسطح هستند که در شرایط ویژه‌ای که بسیاری از باکتری‌ها قادر به زندگی در آن نیستند، قابلیت بقا دارند. این شرایط شامل دمای بالا، شرایط بی‌هوازی، نمک زیاد و ... می‌باشند. آرکی باکترها می‌توانند هوازی، بی‌هوازی و بی‌هوازی اختیاری باشند. برخی از انواع آرکی باکتری‌ها مزوفیل بوده در حالی که برخی در دمایی بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد رشد نموده و به نام هایپرتروموفیل نامیده می‌شوند. در انواع آرکی باکتری‌های هایپرتروموفیل، آنزیم‌های پایداری در برابر حرارت از قبیل DNA پلیمرازی به نام Taq پلیمراز، در نوعی از آرکی باکتر به نام ترموس آکواتیکوس، امروزه در روش‌های تکثیر DNA مانند واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) نقش اساسی دارد.

سایر ویژگی‌های آرکی باکترها شامل عدم وجود پتیدوگلیکان در دیواره سلولی، وجود یکسری توالی اختصاصی در rRNA، دارا بودن لیپیدهای ایزوپرنوئید دی‌اتری یا دی‌گلیسرول تتراتری می‌باشند. تفاوت در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها در جدول ۱-۱ خلاصه شده است.

جدول ۱-۱ تفاوت میان پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

شبکه اندوپلاسمی، میتوکندری و گاژی	اسید آمینه D	پتیدوگلیکان در سلول	ریبوزوم	هیستون	تعداد کروموزوم	هستک	غشا هسته	
-	±	+	70S	-	۱	-	-	پروکاریوت‌ها
+	-	-	80S	+	بیش از ۱	+	+	یوکاریوت‌ها

سؤال: طول تقریبی کروموزوم باکتری چقدر است؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۶۵)

- ۱- یک میلی‌متر
 - ۲- یک صدم میلی‌متر
 - ۳- یک دهم میلی‌متر
 - ۴- یک میکرون
- گزینه ۱ صحیح است.

سؤال: در ساختمان هسته باکتری، DNA و RNA، به چه شکلی قرار گرفته‌اند؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۶۵)

- ۱- به شکل جسم مرکزی در وسط بوده و مانند حلقه آن را احاطه کرده است.
 - ۲- به شکل جسم مرکزی در وسط بوده و مانند حلقه آن را احاطه کرده است.
 - ۳- هر دو ترکیب به شکل رشته‌های موازی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.
 - ۴- هیچ یک از عبارات فوق صحیح نیست.
- گزینه ۱ صحیح است.

سؤال: در طبقه‌بندی موجودات زنده باکتری جزء کدام دسته است؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۶۵)

- ۱- الگ‌ها
 - ۲- یوکاریوت‌ها
 - ۳- پروکاریوت‌ها
 - ۴- پروتوزوئرها
- گزینه ۳ صحیح است.

سؤال: کدام ترکیب مخصوص پروکاریوت‌ها بوده و یوکاریوت‌ها فاقد آن هستند؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۶۸)

- ۱- استرول
 - ۲- پپتیدوگلیکان
 - ۳- پلی‌ساکارید
 - ۴- لیپوپلی‌ساکارید
- گزینه ۲ صحیح است.

سؤال: درجه سدیمانتاسیون ریبوزوم باکتری‌ها بر حسب واحد سوئدبرگ کدام عدد است؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۶۸)

- ۱- 30S
- ۲- 50S
- ۳- 70S
- ۴- 80S

گزینه ۳ صحیح است.

سؤال: مهم‌ترین صفتی که پروکاریوت‌ها را از یوکاریوت‌ها متمایز می‌سازد، چیست؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۷۱)

- ۱- اختلاف شیمیایی موجود در ساختمان شیمیایی آن‌ها
- ۲- اختلاف در شکل و اندازه دو گروه
- ۳- فقدان سل‌وال در یوکاریوت‌ها
- ۴- فقدان غشای هسته و نوکلئول در پروکاریوت‌ها

گزینه ۴ صحیح است.

سؤال: آنزیم‌های تنفسی در کدام قسمت باکتری‌ها قرار دارند؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۷۱)

- ۱- سل‌وال
- ۲- سیتوپلاسم
- ۳- غشای سیتوپلاسمی
- ۴- هسته

گزینه ۳ صحیح است.

سؤال: کدام یک از ارگانل‌های داخل سیتوپلاسمی زیر خاص سلول‌های پروکاریوتیک می‌باشد؟ (کنکور علوم آزمایشگاهی ۷۸)

- ۱- غشای هسته
- ۲- گرانول‌های ذخیره‌ای
- ۳- شبکه رتیکولو اندوپلاسمیک
- ۴- دستگاه گلژی

گزینه ۲ صحیح است.

سؤال: کدام ارگانل در سلول پروکاریوت (باکتری) وجود ندارد؟ (کنکور علوم آزمون کاشیگاهی ۷۹)

۱- ریبوزوم
 ۲- فلاژل
 ۳- مزوزوم
 ۴- میتوکندری

گزینه ۴ صحیح است.

سؤال: دانه‌های ذخیره فسفات در باکتری‌ها کدامند؟ (کنکور علوم آزمون کاشیگاهی ۸۳)

۱- متاکروماتیک
 ۲- کلروزوم
 ۳- کربوکسی‌زوم
 ۴- بتاهیدروکسی بوتیرات

گزینه ۱ صحیح است.

سؤال: کدام گزینه در مورد جایگاه کروموزوم سلول پروکاریوت صحیح است؟ (کنکور علوم آزمون کاشیگاهی ۸۳)

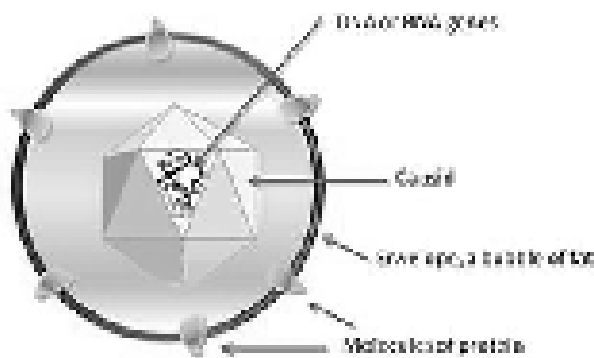
۱- در سیتوپلاسم است
 ۲- در هسته محصور می‌باشد
 ۳- در پلاسمید است
 ۴- عاری از کروموزوم است

گزینه ۱ صحیح است.

ویروس‌ها

اغلب دانشمندان ویروس‌ها را جزء میکروارگانیسم‌ها می‌دانند. برخلاف یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها، ویروس‌ها دارای آنزیم‌های لازم برای تکثیر خود نبوده و همچنین توانایی تولید انرژی متابولیک خود را ندارند. ویروس‌ها زمانی که به درون سلول‌های میزبانی وارد می‌شوند، از آنزیم‌های میزبان استفاده کرده و تکثیر می‌نمایند. یک جزء ویروس شامل یک مولکول اسیدنوکلئیک (DNA یا RNA) بوده که داخل یک پوشش پروتئینی به نام کپسید قرار گرفته است. گاهی

کپسید نیز با لایه‌ای از لیپیدها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها احاطه می‌شود. این لایه، به نام پوشش (envelope) نامیده می‌شود. کپسید از یک سو موجب حفظ اسیدنوکلئیک شده و از سوی دیگر اتصال و نفوذ ویروس به درون سلول میزبان را موجب می‌شود. ویروس‌های آلوده کننده باکتری‌ها، به نام باکتریوفاژ یا در اختصار فاژ نامیده می‌شوند. در فصل‌های آینده به معرفی فاژها و چگونگی عملکرد آنها می‌پردازیم. در شکل ۱-۶، ساختار ویروس به صورت شماتیک آورده شده است.



شکل ۱-۶ ساختار یک ویروس

ویروئید (viroid)

ویروئیدها، مولکول‌های اسیدنوکلئیک (RNA حلقوی بسته کوچک تک‌رشته‌ای) هستند که به شکل ساختمان‌هایی میله‌ای دارای جفت بازهای فراوان می‌باشند. تفاوت اساسی این ساختارها با ویروس‌ها، در عدم وجود پوشش پروتئینی کپسید در ویروئیدها است. شکل خارج سلولی ویروئید، یک RNA برهنه (فاقد کپسید) می‌باشد. ویروئیدها بیماری‌زایی در گیاهان هستند و تاکنون فقط در گیاهان مشاهده شده‌اند. ویروئیدها نیز همانند ویروس‌ها برای تکثیر، به عملکردهای سلول‌های میزبان خود وابسته هستند و از RNA پلیمراز وابسته به DNA سلول گیاهی برای تکثیر استفاده می‌کنند. مشابه آنچه که در رتروویروس‌ها و عناصر متحرک ژنتیکی مشاهده می‌شود، یکسری