



دانشگاه پیام نور

ساختار و عملکرد اندامک‌های سلولی

دکتر صادق فرهادیان

«عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد»

دکتر سمیرا وزیری

«عضو هیئت علمی دانشگاه پیام‌نور»

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتابخوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

1. <https://farsi.khamenei.ir/message-content?id=2696>

شده است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده اند.

دانشگاه پیام نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه جا و همه وقت، به عنوان دانشگاهی کتاب محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره گیری از تجربه های گرانقدر استادان و صاحب نظران برجسته کشورمان، کتاب ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می رسانند، سپاسگزاری می نمایم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام نور را منزلگاه اندیشه سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل اول. ساختار و عملکرد پروکاریوت ها و یوکاریوت ها.....	۱
هدف کلی	۱
هدف های یادگیری	۱
مقدمه	۱
۱-۱ ساختار و عملکرد یوکاریوت ها	۲
۱-۱-۱ اندامک های یوکاریوتی	۲
۱-۱-۲ نظریه درون همزیستی	۴
۲-۱ ساختار و عملکرد پروکاریوت ها.....	۵
۳-۱ شباهت و تفاوت پروکاریوت و یوکاریوت	۷
۴-۱ روش ها و تکنیک های تفکیک یاخته	۹
۴-۱-۱ همگن سازی بافت و تهیه عصاره سلولی در بافرهای	۱۰
۱-۴-۱-۱ روش مکانیکی	۱۰
۲-۴-۱-۲ روش شیمیایی	۱۰
۳-۴-۱-۳ روش فراصوتی	۱۰
۴-۴-۱-۴ روش آنزیمی	۱۰
۲-۴-۱ جداسازی اجزاء سلولی با استفاده از سانتریفوژ	۱۰
۱-۲-۴-۱ سانتریفوژ افتراقی	۱۱
۲-۲-۴-۱ سانتریفوژ در شیب غلظت	۱۱
خلاصه فصل اول	۱۲
خودآزمایی چهارگزینه ای فصل اول	۱۲
خودآزمایی تشریحی فصل اول	۱۳

فصل دوم. شبکه آندوپلاسمی.....	۱۵
هدف کلی.....	۱۵
هدف‌های یادگیری.....	۱۵
مقدمه.....	۱۵
۱-۲ شبکه آندوپلاسمی.....	۱۶
۲-۲ ترشح پروتئین.....	۱۷
۳-۲ هدایت پروتئین‌ها به سمت شبکه آندوپلاسمی.....	۱۹
۴-۲ قرارگیری پروتئین در غشاء شبکه آندوپلاسمی.....	۲۳
۵-۲ تاخوردگی و سنتز پروتئین در شبکه آندوپلاسمی.....	۳۰
۶-۲ کنترل کیفیت در شبکه آندوپلاسمی.....	۳۳
۷-۲ شبکه آندوپلاسمی صاف و سنتز لیپید.....	۳۶
۸-۲ خروج پروتئین و لیپید از شبکه آندوپلاسمی.....	۳۸
خلاصه فصل دوم.....	۴۱
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم.....	۴۱
خودآزمایی تشریحی فصل دوم.....	۴۲
 فصل سوم. گلزی.....	 ۴۳
هدف کلی.....	۴۳
هدف‌های یادگیری.....	۴۳
مقدمه.....	۴۳
۱-۳ ساختار گلزی.....	۴۴
۲-۳ گلیکوزیلاسیون پروتئین در گلزی.....	۴۴
۳-۳ متابولیسم لیپید و پلی ساکارید در گلزی.....	۴۸
۴-۳ ذخیره و ترشح پروتئین از دستگاه گلزی.....	۴۹
۵-۳ روش‌های شناسایی دستگاه گلزی.....	۵۳
خلاصه فصل سوم.....	۵۳
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم.....	۵۴
خودآزمایی تشریحی فصل سوم.....	۵۴
 فصل چهارم. مکانیسم نقل و انتقال وزیکول.....	 ۵۵
هدف کلی.....	۵۵
هدف‌های یادگیری.....	۵۵
مقدمه.....	۵۵
۱-۴ انتخاب محموله، نوع پروتئین پوششی، و جوانه زدن وزیکول.....	۵۶
۲-۴ همجوشی وزیکول.....	۵۹
خلاصه فصل چهارم.....	۶۱

۶۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۶۲	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم
۶۳	فصل پنجم. لیزوزوم
۶۳	هدف کلی
۶۳	هدف‌های یادگیری
۶۳	مقدمه
۶۴	۱-۵ تاریخچه شناسایی لیزوزوم
۶۵	۲-۵ انواع لیزوزوم
۶۵	۱-۲-۵ لیزوزوم اولیه
۶۵	۲-۲-۵ لیزوزوم ثانویه
۶۵	۱-۲-۲-۵ هتروفاگوزوم
۶۶	۲-۲-۲-۵ اتوفاگوزوم
۶۶	۳-۲-۲-۵ اجسام باقیمانده یا لیزوزوم کریnofازی
۶۶	۴-۲-۲-۵ اجسام متراکم یا تلولیزوزوم
۶۷	۳-۵ هیدرولازهای اسیدی در لیزوزوم
۶۷	۴-۵ اندوسیتوز و تشکیل لیزوزوم
۶۹	۵-۵ سنتز پروتئین‌های اندوزومی
۷۰	۶-۵ اعمال لیزوزوم
۷۲	۷-۵ بیماری‌های ذخیره‌ای لیزوزوم
۷۲	۱-۷-۵ بیماری گوشه
۷۳	۲-۷-۵ بیماری موکوپلی ساکاریدوز
۷۳	۳-۷-۵ سندرم هانتز (موکوپلی ساکاریدوز نوع دو)
۷۳	۴-۷-۵ سندرم هورلر (موکوپلی ساکاریدوز نوع یک)
۷۳	خلاصه فصل پنجم
۷۴	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۷۵	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۷۷	فصل ششم. میتوکندری
۷۷	هدف کلی
۷۷	هدف‌های یادگیری
۷۷	مقدمه
۷۸	۱-۶ ساختار و عملکرد میتوکندری
۸۱	۲-۶ سیستم ژنتیکی میتوکندری
۸۴	۳-۶ ورود پروتئین و مونتاژ میتوکندری
۸۹	۴-۶ لیپیدهای میتوکندری

۹۰	۵-۶ انتقال متابولیت‌ها در سراسر غشاء داخلی میتوکندری
۹۲	خلاصه فصل ششم
۹۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۹۳	خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۹۵	فصل هفتم. کلروپلاست و سایر پلاستیدها
۹۵	هدف کلی
۹۵	هدف‌های یادگیری
۹۵	مقدمه
۹۶	۱-۷ ساختار و عملکرد کلروپلاست‌ها
۹۸	۲-۷ ژنوم کلروپلاست
۱۰۰	۳-۷ ورود و دسته‌بندی پروتئین‌های کلروپلاست
۱۰۳	۴-۷ سایر پلاستیدها
۱۰۵	خلاصه فصل هفتم
۱۰۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم
۱۰۶	خودآزمایی تشریحی فصل هفتم
۱۰۷	فصل هشتم. میکروبادی
۱۰۷	هدف کلی
۱۰۷	هدف‌های یادگیری
۱۰۷	مقدمه
۱۰۸	۱-۸ ساختار میکروبادی
۱۰۸	۲-۸ عملکرد میکروبادی
۱۰۸	۱-۲-۸ پراکسی‌زوم
۱۰۹	۱-۱-۲-۸ عملکرد پراکسی‌زوم
۱۱۱	۲-۱-۲-۸ کمپلکس پراکسی‌زوم
۱۱۵	۲-۲-۸ گلی‌اکسی‌زوم
۱۱۵	خلاصه فصل هشتم
۱۱۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۱۱۶	خودآزمایی تشریحی فصل هشتم
۱۱۷	فصل نهم. هسته و اجسام هسته‌ای
۱۱۷	هدف کلی
۱۱۷	هدف‌های یادگیری
۱۱۷	مقدمه
۱۱۹	۱-۹ ساختار هسته

۱۲۰	۲-۹ اجسام هسته‌ای
۱۲۰	۳-۹ ساختار اجسام هسته‌ای
۱۲۲	۴-۹ عملکرد اجسام هسته‌ای
۱۲۲	۱-۴-۹ هستک و rRNA
۱۲۷	۲-۴-۹ اجسام کاخال و اسپیکل: پردازش و ذخیره‌سازی snRNP ها
۱۳۰	۳-۴-۹ کلاستوزوما
۱۳۰	۴-۴-۹ پروتئین لوسمی پرومیلوسیتیک (PML)
۱۳۱	۵-۴-۹ جسم لوکوس هیستونی (HLB)
۱۳۱	۶-۴-۹ اجسام گروه پلی‌کامب (PcG): مراکز سرکوب رونویسی
۱۳۳	خلاصه فصل نهم
۱۳۴	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل نهم
۱۳۵	خودآزمایی تشریحی فصل نهم
۱۳۷	فصل دهم. ریوزوم
۱۳۷	هدف کلی
۱۳۷	هدف‌های یادگیری
۱۳۷	مقدمه
۱۳۸	۱-۱۰ منشأ ریوزوم
۱۳۸	۲-۱۰ ساختار و عملکرد ریوزوم
۱۴۱	۳-۱۰ رونویسی ژن RNA ریوزومی
۱۴۱	۴-۱۰ ترجمه mRNA پروکاریوتی
۱۴۱	۱-۴-۱۰ شروع ترجمه
۱۴۳	۲-۴-۱۰ مرحله طولی شدن
۱۴۳	۳-۴-۱۰ پایان ترجمه
۱۴۵	۵-۱۰ جایگاه قرارگیری ریوزوم در سلول
۱۴۶	۶-۱۰ سازوکارهای تبادل پروتئین‌ها و RNA ها بین سیتوزول و هسته
۱۴۷	خلاصه فصل دهم
۱۴۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دهم
۱۴۸	خودآزمایی تشریحی فصل دهم
۱۴۹	پاسخنامه
۱۵۱	منابع

پیشگفتار

زیست‌شناسی سلولی (Cell biology) به‌عنوان علمی که به بررسی و شناخت سلول از جنبه‌های مختلف می‌پردازد، منشأ بسیاری از علوم زیست‌شناسی است. لذا یادگیری عمیق آن به درک بسیاری از مفاهیم زیست‌شناسی و علوم مرتبط کمک شایانی می‌کند. مطالب این کتاب کاملاً واضح، ساده و مختصر هستند و از طرفی با توجه به پیشرفت‌های روزافزون در زمینه علوم سلولی و مولکولی، تا حد امکان بر این تکنیک‌ها و پیشرفت‌ها نیز تأکید دارند.

زیست‌شناسان موجودی را زنده می‌دانند که سه ویژگی خاص را دارا باشد. ساختاری سازمان یافته از غشاء دو لایه و متابولیسم سلولی جهت تولید انرژی داشته باشد. همچنین واجد اسیدهای نوکلئیک بوده و قادر به انتقال خصوصیات به نسل بعد باشد. کوچک‌ترین ساختاری که هر سه ویژگی بالا را داراست سلول نام دارد؛ بنابراین سلول به‌تنهایی می‌تواند یک موجود زنده باشد.

تمامی موجودات زنده از سلول ساخته شده‌اند. سلول‌ها واحدهای غشادار کوچکی هستند که با محلول‌های غلیظ شیمیایی پر شده‌اند و با قدرت خارق‌العاده‌ای که دارند رشد می‌کنند و تکثیر می‌یابند. تک‌سلولی‌ها، ساده‌ترین شکل حیات‌اند. موجودات پیچیده‌تر متشکل از انواع مختلف سلول هستند که هر نوع سلول آن‌ها کارهای ویژه‌ای انجام می‌دهند و این سلول‌های متنوع توسط سیستم‌های ارتباطی پیچیده‌ای هماهنگ می‌شوند.

محتوای کتاب بر اساس تجربیات و تحقیقات صاحب‌نظران و به دلیل نیاز دانشجویان مرتبط با علم زیست‌شناسی آماده شده است. در این کتاب سعی شده است که از ساده‌نویسی کامل برخوردار باشد و مطالب به صورت مفهومی نگارش شده باشد. دانشجویان پس از فراگیری این درس توانایی بیان، تحلیل و استدلال مباحث و مفاهیم مربوط به اندامک‌های سلولی از منظر ساختار، اهمیت، عملکردها و سازوکارهای سلولی و مولکولی مرتبط با آنها در سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت و ارتباطات بین آنها را خواهند داشت. امید است با نشر این کتاب انگیزه تحقیقاتی در دانشجویان پررنگ‌تر شود و برای کشف معجزات طبیعت ترغیب شوند.

هدف‌های آموزشی نهایی کتاب حاضر عبارت است از:

آشنایی با ساختار و عملکرد سلول و ترکیبات تشکیل‌دهنده سلول و ارتباطات بین آنها می‌باشد.

برای دستیابی به هدف‌های آموزشی بالا، کتاب در ۱۰ فصل به ترتیب زیر تنظیم شده است:

فصل ۱: ساختار و عملکرد پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها؛

فصل ۲: شبکه آندوپلاسمی؛

فصل ۳: گلژی؛

فصل ۴: مکانیسم نقل و انتقال وزیکول؛

فصل ۵: لیزوزوم؛

فصل ۶: میتوکندری؛

فصل ۷: کلروپلاست و سایر پلاستیدها؛

فصل ۸: میکروبادی؛

فصل ۹: هسته و اجسام هسته‌ای؛

فصل ۱۰: ریبوزوم.

مؤلفان

فصل اول

ساختار و عملکرد پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

هدف کلی

هدف‌های آموزش کلی این گفتار عبارت است از: آشنایی با اجزاء تشکیل‌دهنده سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت و نحوه تکامل اندامک‌های درون‌سلولی در یوکاریوت‌ها و روش‌های جداسازی و مطالعه آن‌ها.

هدف‌های یادگیری

انتظار بر این است که دانشجو با مطالعه این فصل بتواند:

۱. تفاوت و شباهت ساختار سلول‌های پروکاریوت و یوکاریوت را بیان کند.
۲. نظریه درون‌هم‌زیستی را توضیح دهد.
۳. روش‌ها و تکنیک‌های تفکیک یاخته و اجزاء درون‌یاخته‌ای را به‌طور خلاصه بیان کند.
۴. ساختار آرکی‌باکترها را توضیح دهد.

مقدمه

جهان زیستی از دو نوع سلول پروکاریوتی و یوکاریوتی تشکیل شده است. سلول‌های یوکاریوتی غشاء هسته دارند اما سلول‌های پروکاریوتی فاقد غشاء هسته هستند. پروکاریوت‌ها به دو بخش، یوباکترها و آرکی‌باکترها^۱ تقسیم می‌شوند. یوکاریوت‌ها

نمایشگر اقلیت اندکی از موجودات زنده‌اند؛ با این حال، به علت اینکه اندازه بزرگ‌تری دارند، از نظر زیست‌توده‌ای تقریباً برابر پروکاریوت‌ها هستند. یوکاریوت‌ها در حدود ۱/۶ تا بیش از ۲/۱ میلیارد سال پیش (بردوران پروتروزوئیک^۱)، به صورت تاژک‌داران بیگانه‌خوار پدیدار گشتند.

۱-۱ ساختار و عملکرد یوکاریوت‌ها

سلول‌های یوکاریوتی حاوی یک هسته غشادار مشخص و غشاهای داخلی گسترده‌ای هستند که اندامک‌های غشاءدار را در بر می‌گیرند. پروکاریوت‌ها تک‌سلولی هستند اما یوکاریوت‌ها ممکن است تک‌سلولی یا پرسلولی باشند جانوران، گیاهان، قارچ‌ها آشنا‌ترین یوکاریوت‌ها هستند.

۱-۱-۱ اندامک‌های یوکاریوتی

یاخته‌های یوکاریوتی دارای ساختاری پیچیده هستند. غشاء این یاخته‌ها دولایه‌ای و از جنس لیپید (فسفو لیپید) است. این یاخته‌ها دارای اندامک‌های بزرگ و کوچک هستند و با میکروسکوپ نوری می‌توان اندامک‌های بزرگ‌تر مانند هسته و واکوئل را مشاهده کرد (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱. A) اندامک‌های عمومی یوکاریوت^[۱]

اندامک	کارکرد اصلی	ساختار	ملاحظات	جانداران
(پلاست) کلروپلاست	فتوسنتز، به دام انداختن انرژی نورانی جهت تولید کربوهیدرات	دوغشایی		گیاهان، آغازیان
شبکه آندوپلاسمی	ترجمه و تاخوردگی پروتئین‌های جدید (شبکه آندوپلاسمی خشن)، بیان لیپیدها (شبکه آندوپلاسمی صاف)	تک‌غشایی	شبکه آندوپلاسمی خشن با ریبوزوم پوشیده شده است و دارای چین‌خوردگی‌هایی هست که به صورت کیسه‌های مسطح دیده می‌شود. شبکه آندوپلاسمی صاف دارای ساختار لوله‌ای است	همه یوکاریوت‌ها

۳ ساختار و عملکرد پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

اندامک	کارکرد اصلی	ساختار	ملاحظات	جانداران
تازک	حرکتی و حسی			برخی از یوکاریوت‌ها
دستگاه گلژی	طبقه‌بندی، پردازش و اصلاح پروتئین‌ها	تک‌غشایی	سطح سپس نزدیک به شبکه آندوپلاسمی خشن. سطح ترنس دور از شبکه آندوپلاسمی خشن	همه یوکاریوت‌ها
میتوکندری	تولید انرژی حاصل از اکسیداسیون گلوکز و تولید انرژی	دوغشایی	DNA مخصوص به خود دارند-تصور می‌شود از همزیستی یوکاریوت با دو یا چند سلول پروکاریوتی منشأ گرفته‌اند.	اغلب یوکاریوت‌ها
واکوئل	ذخیره‌سازی، حمل و نقل، پایداری هموستاز	تک‌غشایی		یوکاریوت‌ها
هسته	پایداری DNA، کنترل فعالیت‌های سلول، رونویسی RNA	دوغشایی	حاوی بخش عمده‌ای از ژنوم	همه یوکاریوت‌ها

جدول ۱-۱. B) سایر اندامک‌های یوکاریوتی

اندامک یا ماکرومولکول	عملکرد اصلی	نوع ساختار	نوع جاندار
آکروزوم	کمک به اتصال اسپرم به تخمک	غشاء تک‌لایه	اکثر جانوران
اتوفازوزوم	وزیکول تجزیه‌کننده اندامک‌ها و اجزا سیتوپلاسم	غشاء دولایه	همه یوکاریوت‌ها
سانتریول	ایفای نقش در تقسیم سلول	ریزلوله	جانوران
مژک	حرکت سلول در محیط	ریزلوله	جانوران، پروتوزوئرها و تعداد کمی از گیاه
یاخته‌گزنده	نیش زدن	لوله توخالی مارپیچی	گزنده‌تباران
جسم بینایی ^۱	شناسایی جهت نور و کمک به فرایند حرکت به سمت نور		جلبک‌های سبز و تک‌سلولی‌های فتوسنتزکننده مانند اوگلنا
گلايکوزوم	انجام فرایند قندکافت	غشاء تک‌لایه	برخی پروتوزوئرها از جمله مته‌ن‌سانان
گلايوکسیزوم	تبدیل چربی‌ها به قند	غشاء تک‌لایه	گیاهان
هیدروژنوزوم	ایجاد انرژی و هیدروژن	غشاء دولایه	تعداد کمی از تک‌سلولی‌ها

اندامک یا ماکرومولکول	عملکرد اصلی	نوع ساختار	نوع جاندار
لیزوزوم	کمک به تجزیه مولکول‌های بزرگ مانند پروتئین و پلی‌ساکاریدها	غشاء تک‌لایه	جانوران
ملانوزوم	ذخیره رنگدانه‌ها	غشاء تک‌لایه	جانوران
میتوزوم	احتمالاً در مونتاژ خوشه آهن-گوگرد نقش دارند	غشاء دولایه	چند تک‌سلولی فاقد میتوکندری
تارچه	ساختار باخته ماهیچه‌ای	ساختار رشته‌ای	جانوران
هستک	پیش‌تولید ریبوزوم‌ها	پروتئین، RNA و DNA	اکثر یوکاریوت‌ها
اوسلوئید	شناسایی جهت نور و کمک به فرایند حرکت سلول به‌سوی نور	غشاء دولایه	داینوفلاژلات‌های غیر فتوسنتزی
پراکسی‌زوم	تجزیه هیدروژن پراکسید	غشاء تک‌لایه	همه یوکاریوت‌ها
پروتئازوم	تجزیه پروتئین‌های مازاد یا آسیب‌دیده از طریق پروتئین‌کافت	مجموعه بسیار بزرگ پروتئینی	همه یوکاریوت‌ها و برخی باکتری‌ها و آرکی‌ها
ریبوزوم	فرایند ترجمه	پروتئین و RNA	همه یوکاریوت‌ها
وزیکول	حمل مواد	تک‌غشایی	همه یوکاریوت‌ها

همه یوکاریوت‌ها دربردارنده همه اندامک‌های فهرست‌شده در جدول نیستند. همچنین برخی از اندامک‌ها نیز فقط در انواع خاصی از سلول‌ها، موجود بوده و برخی از آن‌ها مانند میتوکندری در برخی سلول‌ها موجود نیستند.

۱-۲-۱ نظریه درون‌همزیستی

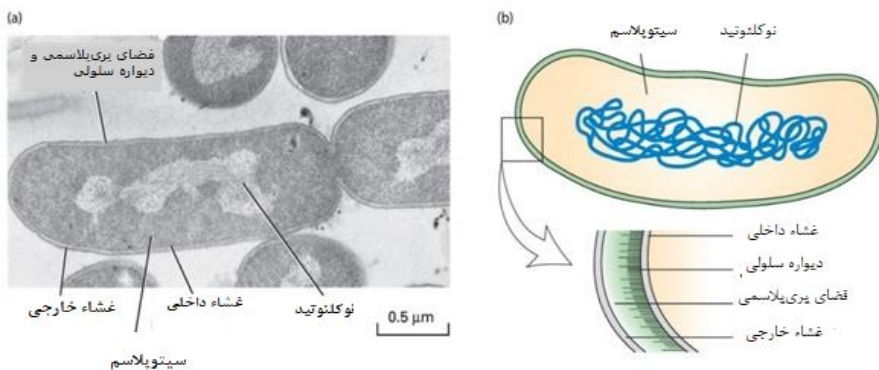
براساس نظریه درون‌همزیستی^۱ یوکاریوت‌های فعلی از الحاق پروکاریوت‌ها و یاخته‌های هسته‌داران اولیه منشأ گرفته‌اند. این نظریه اولین بار توسط لین مارگولیس ارائه گردید، بر اساس این نظریه، منشأ میتوکندری و کلروپلاست، باکتری است. این نظریه چگونگی تکامل اندامک سلول‌ها را توضیح می‌دهد. بر اساس این نظریه، بلعیدن دیگر سلول‌ها و همزیستی آن‌ها با یکدیگر باعث شکل‌گیری اندامک‌های سلولی شده‌است. بر مبنای این نظریه، میتوکندری در اصل یک باکتری هوازی بوده‌است که به‌وسیله سلول هسته‌دار بلعیده شده‌است؛ اما به‌جای آنکه به‌وسیله سلول هضم گردد به

۵ ساختار و عملکرد پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

زندگی خود در سلول ادامه داده و تنفس سلولی را برعهده گرفته‌است. همچنین بر مبنای این نظریه، کلروپلاست در اصل یک سیانوباکتری فتوسنتزکننده بوده‌است که به‌طریق مشابه با میتوکندری، همزیستی خود را با سلول هسته‌دار اولیه آغاز کرده است.

۱-۲ ساختار و عملکرد پروکاریوت‌ها

سلول‌های پروکاریوتی توسط غشاء پلاسمایی احاطه شده است، سازمان داخلی نسبتاً ساده‌ای دارند و فاقد هسته مشخصی هستند (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. ساختار سلول پروکاریوتی: (A) میکروگراف الکترونی از غشاء دولایه‌ای باکتری اشیریشیاکلی. و سایر باکتری‌های گرم منفی. در این شکل دیواره سلولی نازک در مجاورت فضای پری پلاسمیک غشاء داخلی قرار دارد و نوکلئیدی که از DNA باکتری تشکیل شده است فاقد غشاء است. (B) طراحی نوکلئید (آبی) و بزرگنمایی لایه‌هایی را که یک باکتری گرم منفی را احاطه کرده‌اند را نشان می‌دهد. بیشتر فضای سلول از آب، پروتئین‌ها، یون‌ها و مولکول‌های دیگر تشکیل شده است اما این مولکول‌ها آنقدر کوچک هستند که در مقیاس این شکل قابل نمایش نیستند [۲].

در گذشته تصور می‌شد که پروکاریوت‌ها فاقد زیر واحدهای درونی هستند. این تصور از دهه ۱۹۷۰ و با کمک میکروسکوپ الکترونی تغییر کرد و مشخص گردید که پروکاریوت‌ها نیز دارای اجزاء درونی، ولی فاقد غشاء هستند (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲. اندامک‌ها و زیر واحدها در پروکاریوت [3]

موجود زنده	عملکرد اصلی	نوع ساختار	اندامک یا ماکرومولکول
آناموکس	اکسیداسیون بی‌هوازی آمونیم (آناموکس)	غشاء لیپیدی	باکتری کاندیداتوس در داخل پلانکتومیست
کربوکسی‌زوم	تثبیت کربن	میکرومحفظة‌های پروتئینی باکتریایی	بعضی از باکتری‌ها
کلوروزوم	فتوستتر	کمپلکس پراکنش نوری متصل به غشاء سلولی	باکتری‌های گوگرد سبز
تاژک	حرکت در محیط	ریز رشته پروتئینی	برخی پروکاریوت‌ها
مگنتوزوم	جهت‌گیری مغناطیسی	کریستال معدنی، غشاء لیپیدی	باکتری‌های مغناطیسی
نوکلئوتید	حفظ DNA، رونویسی به RNA	DNA، پروتئین	پروکاریوت‌ها
مویک	اتصال به سلول‌های دیگر برای پدیده الحاق اتصال به یک بستر جامد برای ایجاد نیروهای محرکه	یک زائده مو مانند که از غشاء پلاسمایی بیرون زده (اگرچه تا حدی درون آن قرار گرفته است).	سلول پروکاریوتی
پلاسمید	تبادل DNA	DNA حلقوی	برخی باکتری‌ها
ریبوزوم 70S	ترجمه RNA به پروتئین	RNA و پروتئین	باکتری و آرکی‌باکتر
ریزکیسه	فتوستتر	پروتئین‌ها و رنگ‌دانه‌های فتوسیستم	اکثر سیانوباکتر

در سال‌های اخیر براساس تجزیه و تحلیل توالی‌های DNA از موجودات مختلف پروکاریوتی، دو سلسله به نام یوباکتر^۱ که اغلب «باکتری» نیز نامیده می‌شوند و آرکی‌باکتر^۲ نشان داده شده است. باکتری‌ها موجودات تک‌سلولی هستند و شامل سیانوباکترهای فتوستتزی یا «جلبک سبز آبی» هستند. شکل ۱-۱ ساختار کلی یک سلول باکتری را نشان می‌دهد. آرکی‌باکترها ساختار مشابهی دارند و معمولاً ۱-۲ میکرومتر اندازه دارند و از غشاء پلاسمایی و سیتوپلاسم تشکیل شده‌اند. ژنوم آن‌ها از یک مولکول کروی دو رشته‌ای تشکیل شده است. بسیاری از پروکاریوت‌ها علاوه بر DNA اصلی دارای یک DNA کروی خارج کروموزومی هستند که پلاسمید نام دارد. اگرچه سلول‌های باکتریایی هسته مشخصی ندارند اما DNA به‌طور گسترده در ناحیه مرکزی سلول به نام نوکلئوتید دور هم جمع می‌شود. بسیاری از پروتئین‌ها دقیقاً در

داخل سیتوزول یا نوکلئید یا در غشاء پلاسمایی یا دیواره سلولی قرار دارند که این نشان دهنده وجود یک سازمان ساختاری و عملکردی دقیق است.

ریبوزوم‌ها بیشتر در سیتوپلاسم یافت می‌شوند. برخلاف mRNA یوکاریوتی، mRNA پروکاریوتی از هرگونه پردازشی محدود می‌شوند. از آنجایی که هیچ مانع غشایی بین DNA باکتری و سیتوپلاسم وجود ندارد بنابراین به محض اینکه بخشی از mRNA توسط RNA پلیمراز سنتز شد ریبوزوم‌ها می‌توانند به mRNA متصل شوند. در پروکاریوت‌ها، رونویسی و ترجمه هم‌زمان اتفاق می‌افتد.

دیواره سلولی در مجاورت غشاء پلاسمایی سلول‌های پروکاریوتی قرار دارد. دیواره سلولی از لایه‌های پپتیدوگلیکان تشکیل شده است و نقش آن محافظت از سلول و حفظ شکل سلول است. برخی از باکتری‌ها (به عنوان مثال، E. coli) دارای یک دیواره سلولی نازک و غشاء خارجی هستند، این غشاء توسط فضای پری پلاسمیک از دیواره سلولی داخلی جدا شده است. این باکتری‌ها در گروه گرم منفی قرار دارند و با تکنیک گرم رنگ‌آمیزی نمی‌گردند. سایر باکتری‌ها (مانند باسیلوس پلی میکسا) که دیواره سلولی ضخیم‌تری دارند و غشاء خارجی ندارند رنگ گرم را به خود می‌گیرند و در گروه گرم مثبت قرار داده می‌شوند.

آرکی‌باکتری‌ها از نظر تمایز در توالی DNA از باکتری‌ها جدا می‌شوند. غشاء سلولی آرکی‌باکتری‌ها از نظر ترکیب با غشاء باکتری‌ها و یوکاریوت‌ها متفاوت است. بسیاری از آرکی‌باکتری‌ها در محیط‌های غیرمعمول و اغلب شدید رشد می‌کنند که ممکن است شبیه شرایط حیات باستانی باشد که برای اولین بار بر روی کره زمین ظاهر شد. به عنوان مثال، هالوفیل‌ها (نمک دوست) برای زنده ماندن به غلظت‌های بالایی از نمک نیاز دارند، و ترمواسیدوفیل‌ها (گرمادوست و اسیددوست) در چشمه‌های گوگردی گرم (۸۰ درجه سانتی‌گراد) در pH کمتر از ۲ رشد می‌کنند.

۳-۱ شباهت و تفاوت پروکاریوت و یوکاریوت

اگرچه سلول‌های یوکاریوت و پروکاریوت تفاوت‌های زیادی دارند (جدول ۳-۱)، اما در برخی از ویژگی‌ها شباهت‌هایی با یکدیگر دارند که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌گردد:

- **مولکول DNA:** کدهای ژنتیکی تعیین‌کننده خصوصیت و عملکرد موجودت زنده است؛ بنابراین در یوکاریوت و پروکاریوت مشابه است.
- **غشاء سلول:** لایه بیرونی که سلول را از محیط اطرافش جدا می‌کند و به‌عنوان سد برای ورود و خروج ترکیبات سلولی عمل می‌کند. غشاء در هر دو سلول یوکاریوت و پروکاریوت وجود دارد.
- **سیتوپلاسم:** محیط سیالی که فضای درونی سلول را پر کرده است و از آب، نمک و پروتئین و انواع یونها تشکیل شده است.
- **ریبوزوم:** این اندامک‌های سلولی در هر دو سلول یوکاریوت و پروکاریوت وجود دارد و وظیفه آن سنتز پروتئین است.

جدول ۱-۳. تفاوت سلول‌های یوکاریوت و پروکاریوت [۴]

پروکاریوت‌ها	یوکاریوت‌ها
فاقد هسته	دارای هسته مشخص و محصور در غشاء
فاقد اندامک‌ها	دارای اندامک‌های غشادار و مشخص و دستگاه غشایی درونی
ماده ژنتیکی سلول در ناحیه شبه‌هسته‌ای موسوم به نوکلئوئید متمرکز شده است.	ماده ژنتیکی یک سلول یوکاریوتی عمدتاً در هسته متمرکز است.
سلول‌های دارای یک نوع RNA پلی‌مراز هستند.	سلول‌های یوکاریوتی دارای سه نوع RNA پلی‌مراز اصلی هستند. البته کلروپلاست و میتوکندری آن نیز RNA پلی‌مراز دارند.
ماده ژنتیکی سلول پروکاریوتی از لحاظ کمیت ۷۰۰ مرتبه کمتر از ماده ژنتیکی نوع یوکاریوتی است.	ماده ژنتیکی یک سلول یوکاریوتی عمدتاً در هسته متمرکز است. بخش اندکی نیز درون اندامک‌های درون‌یافته‌ای همچون میتوکندری، کلروپلاست و گلی‌اکسیزوم دیده می‌شود.
تاژک سلول پروکاریوتی از جنس پروتئین فلاژلین است.	تاژک سلول یوکاریوتی عمدتاً از جنس پروتئین استوانه‌ای شکل ریزلوله است.
تاژک در حال حرکت، دارای حرکت چرخشی است	تاژک در حال حرکت، دارای حرکت شلاقی است
فرایندهای اندوسیتوز و اگزوسیتوز را نمی‌توان یافت	فرایندهای اندوسیتوز و اگزوسیتوز را فقط در انواع یوکاریوتی می‌توان یافت
حجم یک سلول پروکاریوتی کم است.	حجم یک سلول یوکاریوتی هزاران بار بزرگ‌تر از نوع پروکاریوتی است.
باکتری‌ها شاخص‌ترین نوع پروکاریوت‌ها هستند.	آغازیان- گیاهان -جانوران -قارچ‌ها در این گروه قرار دارند.

پروکاریوت‌ها	یوکاریوت‌ها
فرایند رونویسی در سلول‌های پروکاریوت‌ها کمی ساده‌تر از سلول‌های یوکاریوتی است؛ و فاقد ایترون و اگزون (استنا در آرکی‌باکتری‌ها)	فرایند رونویسی در سلول‌های یوکاریوت کمی پیچیده‌تر از سلول‌های پروکاریوتی است. دارای ایترون و اگزون
دارای معدودی پروتئین (اکثراً آنزیم) است و فاقد هیستون	دارای پروتئین‌های متنوع است و دارای ۴ تا ۵ نوع هیستون که به DNA پیوسته‌اند.
فاقد پروتئین‌های اکتین یا شبه میوزین	دارای پروتئین‌های اکتین یا میوزین است.
فاقد ریزلوله	دارای ریزلوله است.
کروموزوم‌های نوکلئوپروتئین ندارند.	کروموزوم‌های نوکلئوپروتئین دارند.
میتوز ندارند.	میتوز و میوز دارند.
دارای یک مولکول DNA حلقوی	ژنوم آن‌ها بیش از یک مولکول DNA خطی است.
ریبوزوم ۷۰S دارند؛ کوچک‌تر و ساده‌تر	ریبوزوم ۸۰S دارند. بزرگ‌تر و پیچیده‌تر البته در کلروپلاست و میتوکندری خود از نوع ۷۰S دارند.
سانترومر یا کینه توکور ندارند.	سانترومر یا کینه توکور دارند.
هستک ندارند.	یک یا چند هستک دارند.
از هر ژن یکی دارند.	دارای نسخه‌های متعدد از یک ژن
یک نقطه شروع همانندسازی دارند؛ و دوجتهی	همانندسازی در مواضع متعدد یا دارای چندین دوراهی همانندسازی
سنتز همه زنجیره‌های پلی‌پپتیدی با متیونین فریمه آغاز می‌شود.	سنتز همه زنجیره‌های پلی‌پپتیدی با متیونین فریمه نشده آغاز می‌شود.
کلاهیک ندارد.	معمولاً در انتهای ۵ پریم mRNA کلاهیک وجود دارد.
فاقد پروتئین‌های پیوسته به انتهای mRNA است.	به دو انتهای mRNA پروتئین‌های پیوسته متفاوت متصل است.
وجود ردیف پلی A در انتهای ۳ پریم در mRNA نادر است.	اکثراً ردیف پلی A بلندی در انتهای ۳ پریم در mRNA دارند.
mRNA چندژنی (پلی‌سیسترونی) در آن‌ها متداول است.	mRNA منحصرأ (مونو سیسترونی) یا تک ژنی است.

۱-۴ روش‌ها و تکنیک‌های تفکیک یاخته

مرحله نهایی در مطالعات یاخته‌شناسی، قطعه قطعه کردن بافت‌ها و تفکیک اندامک‌ها و اجزاء یاخته‌ای است. با این روش می‌توان به خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اجزاء یاخته‌ای پی برد. در تکنیک فوق میزان خلوص و سالم بودن اجزاء یاخته‌ای جدا