

## سرفصل‌های دوره ۳ جلدی میکروبیولوژی برای

### « جلد ۱ »

- فصل ۲۰** زیست‌شناسی سلول یوکاریوتی و میکروارگانیسم‌های یوکاریوتی
- فصل ۲۱** تنوع ویروس‌ها
- فصل ۲۲** روش‌هایی در اکولوژی میکروبی
- فصل ۲۳** تنوع و زیست‌گاه‌های عمده‌ی میکروبی
- فصل ۲۴** چرخه‌های مواد مغذی، تجزیه‌ی زیستی و زیست‌پالایی

### « جلد ۳ »

- فصل ۲۵** همزیستی‌های میکروبی
- فصل ۲۶** کنترل رشد میکروبی
- فصل ۲۷** میانکنش‌های میکروبی با انسان
- فصل ۲۸** ایمنی و دفاع میزبان
- فصل ۲۹** مکانیسم‌های ایمنی
- فصل ۳۰** ایمونولوژی مولکولی
- فصل ۳۱** میکروبیولوژی تشخیصی و ایمونولوژی
- فصل ۳۲** اپیدمیولوژی
- فصل ۳۳** بیماری‌های میکروبی واگیردار فردبه‌فرد
- فصل ۳۴** پاتوژن‌های میکروبی منتقله از حامل و خاک
- فصل ۳۵** تیمار پساب، تصفیه‌ی آب و بیماری‌های میکروبی منتقله از آب
- فصل ۳۶** نگهداری مواد غذایی و بیماری‌های میکروبی منتقله از مواد غذایی

**فصل ۱** میکروارگانیسم‌ها و میکروبیولوژی

- فصل ۲** سفری کوتاه به دنیای میکروبی
- فصل ۳** ساختار و عملکرد سلول در باکتری‌ها و آرکی‌ها
- فصل ۴** تغذیه، کشت و متابولیسم میکروارگانیسم‌ها
- فصل ۵** رشد میکروبی
- فصل ۶** زیست‌شناسی مولکولی باکتری‌ها
- فصل ۷** زیست‌شناسی مولکولی آرکی‌ها و یوکاریوت‌ها
- فصل ۸** تنظیم بیان ژن
- فصل ۹** ویروس‌ها و ویروس‌شناسی
- فصل ۱۰** ژنتیک باکتری‌ها و آرکی‌ها
- فصل ۱۱** مهندسی ژنتیک
- فصل ۱۲** ژنومیک میکروبی

### « جلد ۲ »

- فصل ۱۳** فتوتروفی، کمولیتوتروفی و بیوسنتزهای اصلی
- فصل ۱۴** کانابولیسم ترکیبات آلی
- فصل ۱۵** بیوتکنولوژی و محصولات تجاری
- فصل ۱۶** تکامل و سیستماتیک میکروبی
- فصل ۱۷** باکتری‌ها: پروتئوباکتری‌ها
- فصل ۱۸** دیگر باکتری‌ها
- فصل ۱۹** آرکی‌ها

## فهرست مطالب

### فصل اول

۲-۲ اندازه‌ی سلولی و اهمیت کوچک بودن ۶۱

#### II غشای سیتوپلاسمی و انتقال ۶۴

۲-۲ غشای سیتوپلاسمی ۶۴

۴-۲ عملکردهای غشای سیتوپلاسمی ۶۷

۵-۲ انتقال و مکانیسم‌های انتقال ۶۸

#### III دیواره‌ی سلولی پروکاریوت‌ها ۷۲

۶-۲ دیواره‌ی سلولی باکتری‌ها: پپتیدوگلیکان ۷۲

۷-۲ غشای خارجی ۷۵

۸-۲ دیواره‌ی سلولی آرکی‌ها ۷۸

#### IV دیگر ساختارهای سطحی و توده‌های

##### اندوخته‌ای سلول ۷۹

۹-۲ ساختارهای سطحی سلول ۷۹

۱۰-۲ توده‌های اندوخته‌ای سلول ۸۱

۱۱-۲ وزیکول‌های گازی ۸۳

۱۲-۲ اندوسپورها ۸۵

۱۳-۲ تازه‌ها و حرکت ۹۰

۱۴-۲ تازه‌ها و حرکت ۹۰

۱۵-۲ گرایش‌های میکروبی ۹۷

### فصل چهارم

#### I تغذیه و کشت میکروارگانیسم‌ها ۱۰۶

۱-۲ تغذیه و شیمی سلول ۱۰۶

۲-۲ محیط‌های کشت ۱۰۹

۳-۲ کشت آزمایشگاهی ۱۱۲

#### II انرژی و آنزیم‌ها ۱۱۳

۴-۲ بیوانرژی ۱۱۳

۵-۲ کاتالیز و آنزیم‌ها ۱۱۵

#### III اکسیداسیون - احیا و ترکیبات پرانرژی ۱۱۷

۶-۲ دهنده‌ها و پذیرنده‌های الکترون ۱۱۷

۷-۲ ترکیبات پرانرژی و ذخیره‌ی انرژی ۱۲۰

#### VI اصول کاتابولیسم ۱۲۱

۸-۲ گلیکولیز ۱۲۲

۹-۲ تنفس و ناقلین الکترون ۱۲۵

#### I مقدمه‌ای بر میکروبیولوژی ۱

۱-۱ علم میکروبیولوژی ۱

۲-۱ سلول‌های میکروبی ۳

۳-۱ میکروارگانیسم‌ها و محیط زیست‌شان ۵

۴-۱ تکامل و گستره‌ی حیات میکروبی ۷

۵-۱ اثر میکروارگانیسم‌ها بر انسان ۹

#### II مسیرهای اکتشاف در میکروبیولوژی ۱۳

۶-۱ ریشه‌های تاریخی میکروبیولوژی:

هوک، وان‌لون هوک و کوهن ۱۳

۷-۱ پاستور و شکست تئوری خلق‌الساعه ۱۵

۸-۱ کخ، بیماری‌های عفونی، و کشت خالص

در میکروبیولوژی ۱۸

۹-۱ پیدایش تنوع میکروبی ۲۲

۱۰-۱ عصر نوین میکروبیولوژی ۲۴

### فصل دوم

#### I مشاهده‌ی اشکال بسیار ریز ۳۰

۱-۲ بعضی از اصول کار با میکروسکوپ نوری ۳۰

۲-۲ فزایش کنتراست در میکروسکوپ نوری ۳۲

۳-۲ تصویربرداری سه‌بعدی سلول‌ها ۳۴

۴-۲ میکروسکوپ الکترونی ۳۶

#### II ساختار سلول و تاریخ تکاملی آن ۳۸

۵-۲ عناصر ساختار میکروبی ۳۸

۶-۲ آرایش DNA در سلول‌های میکروبی ۳۰

۷-۲ درخت تکاملی حیات ۴۲

#### III تنوع میکروبی ۴۴

۸-۲ تنوع متابولیکی ۴۴

۹-۲ باکتری‌ها ۴۶

۱۰-۲ آرکی‌ها ۵۰

۱۱-۲ آنالیزهای فیلوژنتیکی جوامع میکروبی طبیعی ۵۲

۱۲-۲ پروکاریوت‌های میکروبی ۵۲

### فصل سوم

#### I شکل و اندازه‌ی سلول ۶۰

۱-۲ مورفولوژی سلول ۶۰

۱-۶	ماکرومولکولها و ژن‌ها	۱۹۰
۲-۶	ماریج دوتایی	۱۹۲
۳-۶	تشکیل ابرماریج	۱۹۵
۴-۶	کروموزوم‌ها و دیگر عناصر ژنتیکی	۱۹۶

## II کروموزوم‌ها و پلاسمیدها ۱۹۸

۵-۶	کروموزوم <i>Escherichia coli</i>	۱۹۸
۶-۶	پلاسمیدها: اصول کلی	۲۰۱
۷-۶	زیست‌شناسی پلاسمیدها	۲۰۳

## III همانندسازی DNA ۲۰۵

۸-۶	الگوها و آنزیم‌ها	۲۰۵
۹-۶	چنگال همانندسازی	۲۰۶
۱۰-۶	همانندسازی دوجهته و ریلیزوم	۲۰۹
۱۱-۶	واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (PCR)	۲۱۳

## IV سنتز RNA: رونویسی ۲۱۵

۱۲-۶	مرور کلی بر رونویسی	۲۱۵
۱۳-۶	فاکتورهای سیگما و توالی‌های مورد توافق	۲۱۷
۱۴-۶	پایان رونویسی	۲۱۸
۱۵-۶	واحد رونویسی	۲۱۹

## V ساختار و سنتز پروتئین ۲۲۰

۱۶-۶	پلی‌پپتیدها، آمینواسیدها و پیوند پپتیدی	۲۲۰
۱۷-۶	پلی‌پپتیدها، آمینواسیدها و پیوند پپتیدی	۲۲۰
۱۸-۶	RNAی ناقل	۲۲۵
۱۹-۶	مراحل سنتز پروتئین	۲۲۷
۲۰-۶	اتصال سلنوسیسستین و پیرولیزین	۲۳۲
۲۱-۶	تاخوردگی و ترشح پروتئین‌ها	۲۳۲

## فصل هفتم

### I زیست‌شناسی مولکولی آرکی‌ها ۲۴۴

۱-۷	همانندسازی کروموزوم‌ها و DNA در آرکی‌ها	۲۴۴
۲-۷	رونویسی و پردازش RNA در آرکی‌ها	۲۴۶
۳-۷	سنتز پروتئین در آرکی‌ها	۲۴۷
۴-۷	ویژگی‌های مشترک باکتری‌ها و آرکی‌ها	۲۴۸

### II زیست‌شناسی مولکولی یوکاریوتی ۲۵۰

۵-۷	ژن‌ها و کروموزوم‌ها در یوکاریوت‌ها	۲۵۰
۶-۷	مروری بر تقسیم سلول یوکاریوتی	۲۵۱
۷-۷	همانندسازی DNAی خطی	۲۵۲
۸-۷	پردازش RNA	۲۵۴

۱۰-۴	نیروی محرکه‌ی پروتون	۱۲۷
۱۱-۴	چرخه‌ی اسید سیتریک	۱۳۰
۱۲-۴	تنوع کاتابولیک	۱۳۲

## V اصول آنابولیسم ۱۳۴

۱۳-۴	بیوسنتز قندها و پلی‌ساکاریدها	۱۳۴
۱۴-۴	بیوسنتز آمینواسیدها و نوکلئوتیدها	۱۳۵
۱۵-۴	بیوسنتز اسیدهای چرب و لیپیدها	۱۳۶
۱۶-۴	تنظیم فعالیت آنزیم‌های بیوسنتزی	۱۳۷

## فصل پنجم

### I تقسیم سلول باکتریایی ۱۴۶

۱-۵	رشد سلولی و تقسیم دوتایی	۱۴۶
۲-۵	پروتئین‌های Fts و تقسیم سلول	۱۴۷
۳-۵	MreB و عوامل تعیین‌کننده‌ی شکل سلول	۱۴۹
۴-۵	سنتز پپتیدوگلیکان و تقسیم سلولی	۱۵۱

### II رشد جمعیت ۱۵۳

۵-۵	مفهوم رشد نمایی	۱۵۳
۶-۵	ریاضیات رشد نمایی	۱۵۵
۷-۵	چرخه‌ی رشد میکروبی	۱۵۵
۸-۵	کنت پیوسته: کموستات	۱۵۷

### III اندازه‌گیری رشد میکروبی ۱۶۰

۹-۵	شمارش میکروسکوپی	۱۶۰
۱۰-۵	شمارش سلول‌های زنده	۱۶۱
۱۱-۵	روش‌های کدورت‌سنجی	۱۶۴

### IV دما و رشد میکروبی ۱۶۶

۱۲-۵	اثرات دما بر رشد	۱۶۶
۱۳-۵	حیات میکروبی در محیط‌های سرد	۱۶۸
۱۴-۵	زندگی میکروبی در دماهای بالا	۱۷۲

### V دیگر فاکتورهای مؤثر بر رشد ۱۷۵

۱۵-۵	شدت اسیدی و شدت بازی	۱۷۵
۱۶-۵	اثرات اسمزی	۱۷۷
۱۷-۵	اکسیژن و میکروارگانیزم‌ها	۱۸۰
۱۸-۵	شکل‌های سمی اکسیژن	۱۸۲

## فصل ششم

### I ساختار DNA و اطلاعات ژنتیکی ۱۹۰

- ۹-۷ رونویسی و ترجمه در یوکاریوت‌ها ۲۵۸
- ۱۰-۷ تداخل RNA (RNAi) ۲۶۰
- ۱۱-۷ تنظیم بوسیله‌ی MicroRNA ۲۶۱

## فصل هشتم

### I مروری کلی بر تنظیم ۲۶۶

- ۱-۸ شوه‌های اصلی تنظیم ۲۶۶

### II پروتئین‌های اتصالی به DNA و

#### تنظیم رونویسی ۲۶۷

- ۲-۸ پروتئین‌های اتصالی به DNA ۲۶۷
- ۳-۸ کنترل منفی رونویسی: سرکوب و القا ۲۶۹
- ۴-۸ کنترل مثبت رونویسی ۲۷۲
- ۵-۸ کنترل سراسری و اپرون *lac* ۲۷۲
- ۶-۸ کنترل رونویسی در آرکی‌ها ۲۷۵

### III درک محیط و انتقال سیگنال ۲۷۶

- ۷-۸ سیستم‌های تنظیم دوجزئی ۲۷۷
- ۸-۸ تنظیم کموتاکسی ۲۷۸
- ۹-۸ درک حد نصاب ۲۸۰
- ۱۰-۸ پاسخ دشوار ۲۸۲

- ۱۱-۸ سایر شبکه‌های کنترل سراسری ۲۸۴

### IV تنظیم رشد در باکتری‌های مدل ۲۸۶

- ۱۲-۸ اسپورزایی در *Bacillus* ۲۸۶
- ۱۳-۸ تمایز در *Caulobacter* ۲۸۷

### V تنظیم برپایه‌ی RNA ۲۸۸

- ۱۴-۸ تنظیم RNA و RNA آنتی‌سنس ۲۸۸
- ۱۵-۸ ریبوسوئیک‌ها ۲۹۱
- ۱۶-۸ تصعیف ۲۹۲

## فصل نهم

### I ساختار و رشد ویروس ۳۰۰

- ۱-۹ ویژگی‌های عمومی ویروس‌ها ۳۰۰
- ۲-۹ ماهیت ویریون ۳۰۱
- ۳-۹ میزبان ویروسی ۳۰۵
- ۴-۹ تعیین تعداد ویروس‌ها ۳۰۶

### II همانندسازی ویروس ۳۰۷

- ۵-۹ ویژگی‌های کلی همانندسازی ویروس ۳۰۷
- ۶-۹ اتصال و نفوذ ویروس ۳۰۸
- ۷-۹ تولید نوکلئیک اسید و پروتئین ویروسی ۳۱۱

### III تنوع ویروس ۳۱۴

- ۸-۹ مرور کلی بر ویروس‌های باکتریایی ۳۱۴
- ۹-۹ باکتریوفازهای بیماری‌زا و T4 ۳۱۴
- ۱۰-۹ باکتریوفازهای معتدل، لامبدا و P1 ۳۱۹
- ۱۱-۹ مرور کلی بر ویروس‌های جانوری ۳۲۱
- ۱۲-۹ رتروویروس‌ها ۳۲۳

### IV ساختارهای کوچک‌تر از ویروس ۳۲۵

- ۱۳-۹ ویروس‌های ناقص ۳۲۶
- ۱۴-۹ ویروئیدها ۳۲۶
- ۱۵-۹ پریون‌ها ۳۲۷

## فصل دهم

### I جهش ۳۳۴

- ۱-۱۰ جهش‌ها و جهش‌یافتگان ۳۳۴
- ۲-۱۰ اساس مولکولی جهش ۳۳۶
- ۳-۱۰ میزان جهش ۳۴۰
- ۴-۱۰ جهش‌زایی ۳۴۱
- ۵-۱۰ جهش‌زایی و سرطان‌زایی: تست ایمز ۳۴۶

### II انتقال ژن ۳۴۷

- ۶-۱۰ نوترکیبی ژنتیکی ۳۴۷
- ۷-۱۰ ترانسفورماسیون ۳۴۹
- ۸-۱۰ ترانسداکشن ۳۵۳
- ۹-۱۰ هم‌بوغی: ویژگی‌های اساسی ۳۵۶
- ۱۰-۱۰ تشکیل سوبه‌های Hfr و به حرکت درآوردن کروموزوم ۳۵۷
- ۱۱-۱۰ تکمیل ۳۶۲
- ۱۲-۱۰ انتقال ژن در آرکی‌ها ۳۶۳
- ۱۳-۱۰ DNA متحرک: عناصر قابل انتقال ۳۶۴

## فصل یازدهم

### I روش‌های دستکاری DNA ۳۷۲

- ۱-۱۱ آنزیم‌های محدودگر و تغییردهنده ۳۷۲
- ۲-۱۱ هیبریداسیون نوکلئیک اسید ۳۷۵
- ۳-۱۱ اساس کلون‌سازی مولکولی ۳۷۶
- ۴-۱۱ روش‌های مولکولی برای جهش‌زایی ۳۷۹
- ۵-۱۱ فیوزن‌های ژنی و ژن‌های گزارشگر ۳۸۱

### II کلون‌سازی ژن ۳۸۳

- ۶-۱۱ پلاسمیدها به عنوان حامل‌های کلون‌سازی ۳۸۳

۷-۱۱	میزبان‌هایی برای حاملین کلون‌سازی	۳۸۶
۸-۱۱	حامل‌های دومیزبانه و حامل‌های بیان	۳۸۸
۹-۱۱	باکتریوفاژ لامبدا به عنوان حامل کلون‌سازی	۳۹۲
۱۰-۱۱	حاملین کلون‌سازی و توالی‌یابی ژنومی	۳۹۴

## فصل دوازدهم

### I ژنوم‌ها و ژنومیک ۴۰۲

۱-۱۲	مقدمه‌ای بر ژنومیک ۴۰۲
۲-۱۲	توالی‌یابی و تفسیر ژنوم‌ها ۴۰۴
۳-۱۲	آنالیزهای بیوانفورماتیک و توزیع‌های ژنی ۴۰۸
۴-۱۲	ژنوم اندامک‌های یوکاریوتی ۴۱۴
۵-۱۲	ژنوم‌های میکروارگانسیم‌های یوکاریوتی ۴۱۷

۶-۱۲ متازنومیک ۴۱۹

### II عملکرد و تنظیم ژنوم ۴۱۹

۷-۱۲	ریزآرایه‌ها و ترانس‌کریپتوم ۴۲۰
۸-۱۲	پروتئومیک و اینتراکتوم ۴۲۲
۹-۱۲	متابولومیک ۴۲۴

### III تکامل ژنوم‌ها ۴۲۵

۱۰-۱۲	خانواده‌های ژنی، مضاعف‌شدگی‌ها و حذف‌ها ۴۲۵
۱۱-۱۲	انتقال افقی ژن و پایداری ژنوم ۴۲۷
۱۲-۱۲	ترانسپوزون‌ها و توالی‌های افزونی ۴۲۸
۱۲-۱۲	تکامل ویرولانسن: جزایر بیماری‌زایی ۴۳۰



## میکروارگانیسیم‌ها و میکروبیولوژی

باکتری‌هایی مثل این‌ها، که از سطح زبان انسان خراشیده شده‌اند، میکروارگانیسیم‌های مستقلی هستند که با دیگر میکروارگانیسیم‌ها در جوامع میکروبی زندگی کرده و میان‌کنش می‌دهند.

### I مقدمه‌ای بر میکروبیولوژی ۱

- ۱-۱ علم میکروبیولوژی ۱
- ۲-۱ سلول‌های میکروبی ۳
- ۳-۱ میکروارگانیسیم‌ها و محیط زیست‌شان ۵
- ۴-۱ تکامل و گستره‌ی حیات میکروبی ۷
- ۵-۱ اثر میکروارگانیسیم‌ها بر انسان ۹

### II مسیرهای اکتشاف در میکروبیولوژی ۱۳

- ۶-۱ ریشه‌های تاریخی میکروبیولوژی: هوک، وان‌لون هوک و کوهن ۱۳
- ۷-۱ پاستور و شکست تئوری خلق‌الساعه ۱۵
- ۸-۱ کخ، بیماری‌های عفونی، و کشت خالص در میکروبیولوژی ۱۸
- ۹-۱ پیدایش تنوع میکروبی ۲۲
- ۱۰-۱ عصر نوین میکروبیولوژی ۲۴

تأثیراتی را که میکروارگانیسم‌ها بر امورات بشری داشته و دارند مورد بررسی قرار می‌دهیم.

### ۱-۱ علم میکروبیولوژی

علم میکروبیولوژی حول دو زمینه به هم پیوسته می‌گردد: (۱) درک دنیای موجودات میکروسکوپی و (۲) به‌کار گرفتن دانسته‌های ما از فرآیندهای حیات میکروبی به منظور منفعت بشریت و سیاره زمین.

به‌عنوان یک علم زیست‌شناسی پایه، میکروبیولوژی از ابزارهایی جهت جستجوی فرآیندهای اساسی حیات استفاده کرده و آن‌ها را توسعه می‌دهد. دانشمندان با مطالعه میکروارگانیسم‌ها درک نسبتاً پیچیده‌ای درباره‌ی اساس فیزیکی و شیمیایی حیات بدست آورده‌اند، چرا که سلول‌های میکروبی در بسیاری از ویژگی‌ها با موجودات پرسلولی مشترک هستند؛ در حقیقت همه سلول‌ها، با هم اشتراکاتی دارند. ولی برخلاف گیاهان و جانوران، سلول‌های میکروبی را می‌توان در تراکم بالا و در کشت‌های کوچک مقیاس، پرورش داد (شکل ۱-۱) که این امر میکروارگانیسم‌ها را برای مطالعات سریع بیوشیمی و ژنتیک بسیار مناسب ساخته است. در کل، این ویژگی‌ها، میکروارگانیسم‌ها را به سیستم‌های آزمایشی بی‌نظیری برای روشن کردن فرآیندهای مشترک حیاتی بین موجودات پرسلولی و از جمله انسان تبدیل کرده است.

به‌عنوان یک علم زیست‌شناسی کاربردی، میکروبیولوژی در مرکزیت بسیاری از جنبه‌های با اهمیت مربوط به انسان، دامپزشکی، کشاورزی و صنعت قرار دارد. به‌عنوان مثال، اگرچه به‌طور معمول بیماری‌های عفونی گیاهان و جانوران منشأ میکروبی دارند، اما بسیاری از میکروارگانیسم‌ها قطعاً برای حاصلخیزی خاک و سلامتی جانوران اهلی نیز مورد نیاز هستند. بسیاری از فرآیندهای صنعتی بزرگ مقیاس، مثل تولید آنتی‌بیوتیک‌ها و پروتئین‌های انسانی، به‌طور جدی وابسته به میکروارگانیسم‌ها است. بنابراین میکروارگانیسم‌ها بر زندگی روزمره‌ی انسان‌ها چه از راه‌های مفید و چه از راه‌های مضر تأثیر می‌گذارند.

گرچه میکروارگانیسم‌ها کوچک‌ترین شکل از حیات هستند، ولی در مجموع، حجم زیادی از زیست‌توده‌ی روی زمین را بوجود می‌آورند و بسیاری از واکنش‌های شیمیایی ضروری را برای موجودات عالی‌تر انجام می‌دهند. در صورت عدم حضور میکروارگانیسم‌ها، شکل‌های عالی حیات هیچ‌گاه تکامل پیدا نمی‌کردند و نمی‌توانستند هم‌اکنون وجود داشته باشند. در حقیقت همان اکسیژنی که ما تنفس می‌کنیم نتیجه‌ی فعالیت گذشته‌ی میکروارگانیسم‌ها است (شکل ۱-۶). علاوه بر این، انسان‌ها، گیاهان و جانوران ارتباط نزدیکی با فعالیت‌های میکروبی در بازیافت مواد

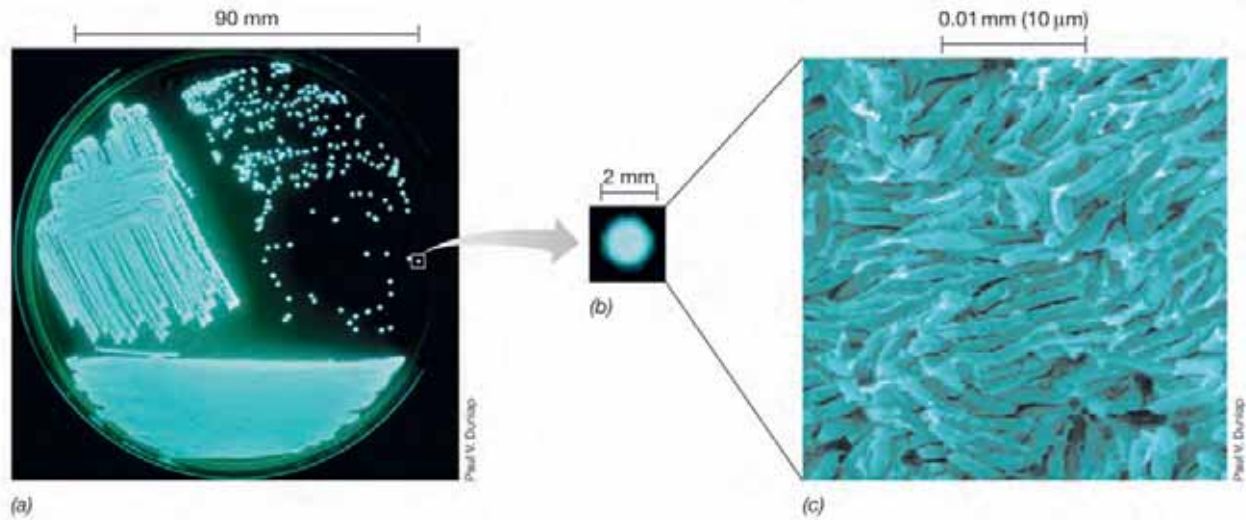
میکروبیولوژی، علم مطالعه میکروارگانیسم‌هاست. میکروارگانیسم‌ها شامل تمام موجودات میکروسکوپی تک‌سلولی هستند و ویروس‌ها را نیز که میکروسکوپی بوده ولی فاقد ساختار سلولی می‌باشند، دربرمی‌گیرند. سلول‌های میکروبی به‌طور اساسی با سلول‌های گیاهی و جانوری تفاوت دارند، چرا که میکروارگانیسم‌ها واحدهایی مستقل‌اند که فرآیندهای حیاتی خود را به‌طور مستقل از سلول‌های دیگر به انجام می‌رسانند. برعکس، سلول‌های گیاهی و جانوری قادر نیستند به تنهایی در طبیعت زندگی کنند و فقط به‌عنوان بخشی از ساختارهای پرسلولی، مثل اندام در دستگاه‌های جانوری و برگ در گیاهان، قادر به ادامه حیات هستند.

علم میکروبیولوژی درباره چیست؟ میکروبیولوژی درباره سلول‌های میکروبی و چگونگی عملکرد آن‌ها است، به‌ویژه باکتری‌ها که گروه بسیار بزرگی از سلول‌های بسیار کوچک هستند که در مجموع اهمیت‌های کاربردی و بنیادی زیادی را در بردارد (شکل ۱-۱). میکروبیولوژی درباره گوناگونی و تکامل سلول‌های میکروبی و چرا و چگونگی پیدایش انواع میکروارگانیسم‌ها صحبت می‌کند. همچنین میکروبیولوژی درباره فعالیت‌های میکروارگانیسم‌هاست که در سطح وسیعی در خاک، آب، بدن انسان، گیاهان و جانوران انجام می‌دهند. به هر حال میکروارگانیسم‌ها بر دیگر اشکال حیات تأثیر گذاشته و آن‌ها را حمایت می‌کنند و بنابراین میکروبیولوژی را می‌توان به‌عنوان اساسی‌ترین علوم زیست‌شناسی در نظر گرفت.

در این فصل سفر ما به دنیای میکروارگانیسم‌ها شروع می‌شود، ماهیت میکروارگانیسم‌ها و اثر آن‌ها بر سیاره زمین را کشف می‌کنیم. ما پایه‌ی توجه را ساختار و تکامل میکروارگانیسم‌ها قرار می‌دهیم که در فصل بعدی بیشتر به آن خواهیم پرداخت. همچنین میکروبیولوژی را از منظر تاریخی، به‌عنوان یک فرآیند علمی اکتشافی در نظر می‌گیریم. از همکاری‌های چشمگیر میکروبیولوژیست‌های اولیه و دانشمندان امروزی، می‌توانیم به اثراتی که میکروارگانیسم‌ها در پزشکی، کشاورزی، محیط زیست و دیگر جنبه‌های زندگی روزمره ما دارند، پی ببریم.

## ۱ مقدمه‌ای بر میکروبیولوژی

در پنج بخش اول این فصل، گستره میکروبیولوژی را معرفی می‌کنیم، نگاهی بر میکروارگانیسم‌ها به‌عنوان سلول می‌اندازیم، محل و چگونگی زندگی میکروارگانیسم‌ها در طبیعت را مطالعه می‌کنیم، تاریخ تکاملی زندگی میکروبی را بررسی کرده، و



**شکل ۱-۱ سلول‌های میکروبی.** (a) کلنی‌های بیولومینسانس (ساطع‌کننده‌ی نور) باکتری *Photobacterium* رشد داده شده روی پلیت در محیط آزمایشگاه. (b) یک کلنی تکی می‌تواند حاوی بیش از ۱۰ میلیون ( $10^7$ ) سلول باشد. (c) تصویر میکروسکوپ الکترونی نگاره از سلول‌های *Photobacterium*.

## ۱-۲ سلول‌های میکروبی

یکی از اصول زیربنایی در زیست‌شناسی این است که سلول واحد اساسی حیات می‌باشد. یک سلول منفرد دارای تمامیتی مستقل است که توسط غشا از سایر واحدها جدا می‌شود؛ همچنین اغلب سلول‌ها بیرون از غشا دارای دیواره سلولی هستند (شکل ۱-۲). غشا محدوده‌ای را مشخص می‌کند که همان سلول است، و نسبت‌های صحیح در اجزای اصلی داخلی سلول را حفظ کرده و از نشت آن جلوگیری می‌نماید، در حالی که دیواره سلولی استحکام ساختاری به سلول می‌بخشد. این حقیقت که سلول حدود مشخصی دارد به این معنی نیست که محفظه‌ای مهروموم شده است. برعکس غشا ساختاری نیمه‌تراوا است و بنابراین سلول ساختاری باز و پویا به حساب می‌آید. سلول‌ها می‌توانند با هم ارتباط برقرار کرده، جابجا شوند و با محیط خود موادی را مبادله کنند، بنابراین آن‌ها به‌طور دائم متحمل تغییر می‌شوند.

## ویژگی‌های حیات سلولی

ویژگی‌های اساسی مشخصه سلول‌ها چیست؟ شکل ۱-۳ ویژگی‌های مشترک بین همه میکروارگانیسم‌ها و بعضی ویژگی‌های اضافی را که فقط مخصوص بعضی از آن‌ها است ارائه می‌دهد. همه سلول‌ها شکلی از متابولیسم را به نمایش می‌گذارند. به این معنی که، آن‌ها مواد غذایی را از محیط زیست جذب کرده و به مواد سلولی جدید و مواد زائد تبدیل می‌کنند. در طی این تبدیلات، انرژی در شکلی ذخیره می‌شود که بعداً می‌تواند به منظور پشتیبانی از سنتز ساختارهای کلیدی مورد استفاده واقع شود. تولید ساختارهای تازه در هنگام تقسیم سلول، به اوج خود

غذایی کلیدی و تجزیه مواد آلی دارند. لذا بی‌راه نگفته‌ایم اگر بگوییم که هیچ شکلی از حیات به اندازه میکروارگانیسم‌ها در حفظ و حمایت حیات در زمین اهمیت نداشته است.

میکروارگانیسم‌ها، میلیاردها سال قبل از ظهور جانوران و گیاهان روی زمین وجود داشته‌اند و همان‌طور که بعداً مشاهده خواهیم کرد، تنوع ژنتیکی و فیزیولوژیکی حیات میکروبی بسیار گسترده‌تر از تنوع موجود در گیاهان و جانوران است. این تنوع عظیم به خاطر بعضی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد میکروارگانیسم‌هاست. به‌عنوان مثال، ما مشاهده خواهیم کرد که چگونه میکروارگانیسم‌ها در مکان‌هایی زندگی می‌کنند که موجودات دیگر قادر به زندگی در آن‌جا نیستند و چگونه وجود این توانایی‌های فیزیولوژیک متنوع، آن‌ها را در جایگاه شیمی‌دان‌های برتر زمین قرار می‌دهد. ما همچنین تاریخ تکاملی میکروارگانیسم‌ها را دنبال کرده و مشاهده خواهیم کرد که می‌توان سه گروه از سلول‌ها را براساس روابط تکاملی آن‌ها از هم تمیز داد و سرانجام، خواهیم دید که چگونه میکروارگانیسم‌ها روابط مهمی را با دیگر موجودات بوجود آورده‌اند، که بعضی مضر و بعضی مفید هستند.

در این‌جا مطالعه میکروبیولوژی را با بررسی ساختار سلولی میکروارگانیسم‌ها آغاز می‌کنیم

## فودآزمایی

- با وجود این که میکروارگانیسم‌ها در طبیعت وجود دارند، چرا گفته می‌شود که سلول‌های میکروبی تفاوت‌های اساسی با سلول‌های موجودات عالی دارند؟
- چرا سلول‌های میکروبی ابزار مفیدی برای علوم پایه هستند؟



پیدا می‌کنند، اما در ویژگی‌های دیگرشان از گونه‌ای به گونه‌ای دیگر با هم تفاوت دارند. بسیاری از سلول‌ها قابلیت حرکت دارند، که به طور معمول توسط نیروی خودپیش‌برنده صورت می‌گیرد (شکل ۱-۲). قابلیت تحرک به سلول‌ها این اجازه را می‌دهد که از خطر و شرایط نامساعد دور شوند و همچنین از منابع و فرصت‌های جدید بهره ببرند. بعضی سلول‌ها دچار تمایز می‌شوند که ممکن است به‌عنوان مثال باعث بوجود آمدن سلول‌های اصلاح شده‌ای شود که جهت رشد یا پراکنده شدن یا بقا اختصاص یافته باشند. بعضی سلول‌ها به علائم شیمیایی محیطشان از جمله علائم تولید شده توسط سلول‌های دیگر، چه از همان گونه و چه گونه‌ی متفاوت، پاسخ می‌دهند. پاسخ به این علائم امکان دارد باعث راه‌اندازی فعالیت‌های سلولی جدیدی شود. بنابراین می‌توانیم بگوییم که سلول‌ها با هم ارتباط دارند. هر چه بیشتر در زمینه‌ی حیات میکروبی می‌آموزیم بیشتر می‌توان دریافت که ارتباط سلول به سلول یک توانایی عمومی در سلول‌های میکروبی است.

## سلول‌ها به‌عنوان کاتالیزورهای شیمیایی و واحدهای

### ژنتیکی

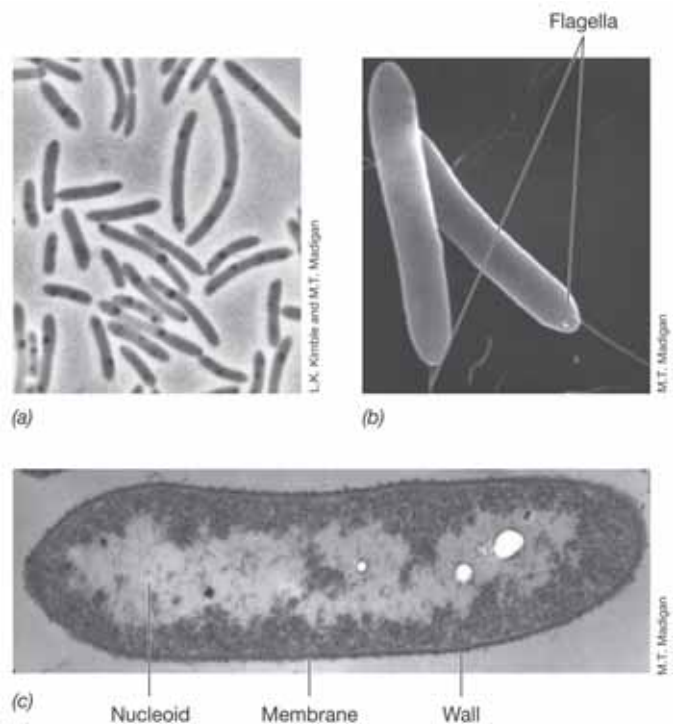
فعالیت‌های روزمره سلول‌ها را می‌توان از دو راه مورد مشاهده قرار داد. از یک طرف، سلول‌ها می‌توانند به‌عنوان کاتالیزورهای شیمیایی در نظر گرفته شوند که با انجام واکنش‌های شیمیایی متابولیسم را بوجود می‌آورند (شکل ۱-۴)، از طرف دیگر سلول‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزارهای کدکننده‌ی ژنتیکی در نظر گرفته شوند که DNA را همانندسازی و آن را برای ساخت RNAها و پروتئین مورد نیاز برای پایداری و رشد تحت شرایط عمومی، پردازش می‌کنند. پردازش DNA شامل دو رویداد اساسی تولید RNAها (رونویسی) و تولید پروتئین (ترجمه) است (شکل ۱-۴).

سلول‌ها فعالیت‌های ژنتیکی و کاتالیتیکی خود را هماهنگ می‌کنند تا رشد سلول را حمایت کنند. در رویدادهایی که منتهی به تقسیم سلولی است، همه‌ی اجزای اصلی سلول دوبرابر می‌شوند. برای دوبرابر شدن، ماشین کاتالیتیکی سلول یعنی آنزیم‌ها، انرژی و پیش‌سازهای مورد نیاز برای بیوسنتز تمام محتویات سلول را تأمین می‌کنند و همچنین تمام محتوای ژنتیکی (ژنوم) سلول نیز همانندسازی می‌شود. (شکل ۱-۴) لذا عملکردهای کاتالیتیکی و ژنتیکی سلول باید کاملاً هماهنگ شده باشد. همچنین، همان‌گونه که بعداً مشاهده خواهیم کرد، این عملکردها می‌توانند تنظیم شوند تا این اطمینان حاصل گردد که مواد جدید سلول در آرایش

می‌رسد. گرچه ظرفیت‌های متابولیکی سلول‌ها ممکن است بسیار متفاوت باشد ولی نتیجه نهایی همه فعالیت‌های متابولیکی سلول تشکیل دو سلول است. در میکروبیولوژی معمولاً برای افزایش تعداد سلول‌ها بر اثر تقسیم سلولی از اصطلاح رشد به جای «تولید مثل» استفاده می‌شود.

همه‌ی سلول‌ها متحمل تکامل یا اصلاح نژادی می‌گردند، فرآیند که در آن تغییر یافتگان ژنتیکی، بر اساس سازگاری‌های تولیدمثلی برگزیده می‌شوند. تکامل به طور معمول فرآیندی آهسته است، ولی در میکروبی‌ها می‌تواند هنگامی که فشار انتخابی قوی است به سرعت رخ دهد. به‌عنوان مثال، امروزه ما می‌توانیم انتخاب باکتری‌های بیمارزا (ایجادکننده‌ی بیماری) مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها را در اثر مصرف بی‌رویه آنتی‌بیوتیک‌ها در پزشکی و دامپزشکی مشاهده کنیم. تکامل، زمینه‌ی بسیار مهمی در زیست‌شناسی است و اصول تکامل - گوناگونی و انتخاب طبیعی بر اساس سازگاری - که حاکم بر اشکال حیات پرسلولی‌اند، بر حیات میکروبی نیز حاکم هستند.

اگرچه همه‌ی سلول‌ها متابولیسم داشته، رشد کرده، و تکامل



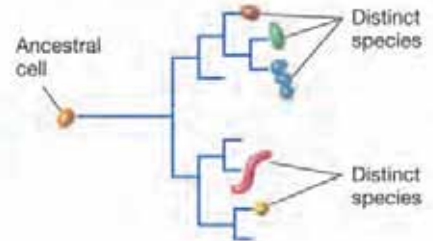
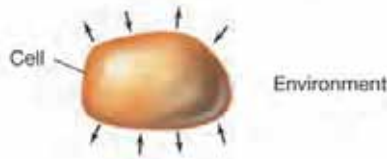
**شکل ۱-۲ سلول‌های باکتریایی و برخی ساختارهای سلولی.** (a) سلول‌های میله‌ای شکل باکتری *Helicobacterium modesticaldum* در میکروسکوپ نوری؛ یک سلول تکی در حدود ۱ μm قطر دارد. (b) تصویر میکروسکوپ الکترونی نگاره از همان سلول به شکلی که تازک و ساختارهای چرخنده‌ی پروانه‌مانند در آن نشان داده شده‌اند، ساختارهایی که به سلول امکان شنا کردن می‌دهند. (c) تصویر میکروسکوپ الکترونی یک سلول برش داده شده از *H. modesticaldum*. مناطق روشن DNA فشرده شده یا نوکلئوئید سلول هستند.

**I - ویژگی‌های تمام سلول‌ها****تفکیک فضای درون سلولی و متابولیسم**

یک سلول مجموعه‌ای است که مواد مغذی را از محیط جذب کرده، تغییر شکل داده و مواد زائد خود را به محیط آزاد می‌کند. بنابراین سلول یک سیستم باز است.

**تکامل**  
سلول‌ها حاوی ژن‌ها بوده و جهت بروز صفات بیولوژیکی جدید تکامل می‌یابند. درخت فیلوژنتیکی روابط تکاملی بین سلول‌ها را نشان می‌دهد.

**رشد**  
مواد شیمیایی محیط تحت هدایت ژنتیکی سلول زنده‌ی قبلی به سلول‌های جدید تبدیل می‌شوند.

**II - ویژگی‌های برخی سلول‌ها****حرکت**

برخی سلول‌ها دارای توانایی حرکت هستند.

**ارتباط**

بسیاری از سلول‌ها به کمک مواد شیمیایی آزاد شده یا جذب‌شده از محیط با یکدیگر ارتباط یا میان‌کنش دارند.

**تمایز**

برخی سلول‌ها قادرند ساختارهای جدید سلولی را شکل دهند، مثل اسپورها، که معمولاً قسمتی از چرخه‌ی حیات سلولی محسوب می‌شوند.



شکل ۱-۳ ویژگی‌های حیات سلولی.

سلولی با جمعیت‌های دیگر در جوامع میکروبی میان‌کنش می‌دهند (شکل ۱-۵). تنوع و فراوانی میکروارگانیسم‌ها در جوامع میکروبی توسط منابع (غذایی) و شرایط (دما، pH، محتوای اکسیژن، و غیره) حاکم بر زیستگاه آن‌ها کنترل می‌شود.

جمعیت‌های میکروبی به اشکال سودرسان، بی‌تأثیر و یا ضرررسان با یکدیگر میان‌کنش می‌دهند. به‌عنوان مثال، فرآورده‌های زائد متابولیکی یک گروه از موجودات می‌تواند مواد غذایی یا سم برای دیگر گروه‌های موجودات باشد. زیستگاه‌ها از نظر ویژگی‌هایشان، تفاوت‌های قابل توجهی با هم دارند و زیستگاهی که برای رشد گروهی از موجودات مناسب است ممکن است برای دیگری مضر باشد. در کل، تمامی موجودات زنده به همراه اجزای شیمیایی و فیزیکی محیط‌شان، یک اکوسیستم نامیده می‌شود.

اکوسیستم‌های میکروبی اصلی شامل محیط‌های آبی (اقیانوس‌ها، حوضچه‌ها، دریاچه‌ها، رودها، یخ، چشمه‌های آب گرم) و محیط‌های خاکی (خاک‌های سطحی، خاک‌های زیرسطحی عمیق)، و حتی دیگر موجودات، مثل گیاهان و جانوران است.

و غلظت درست ساخته شده‌اند و سلول به طور بهینه با محیط اطرافش وفق یافته است.

**خودآزمایی**

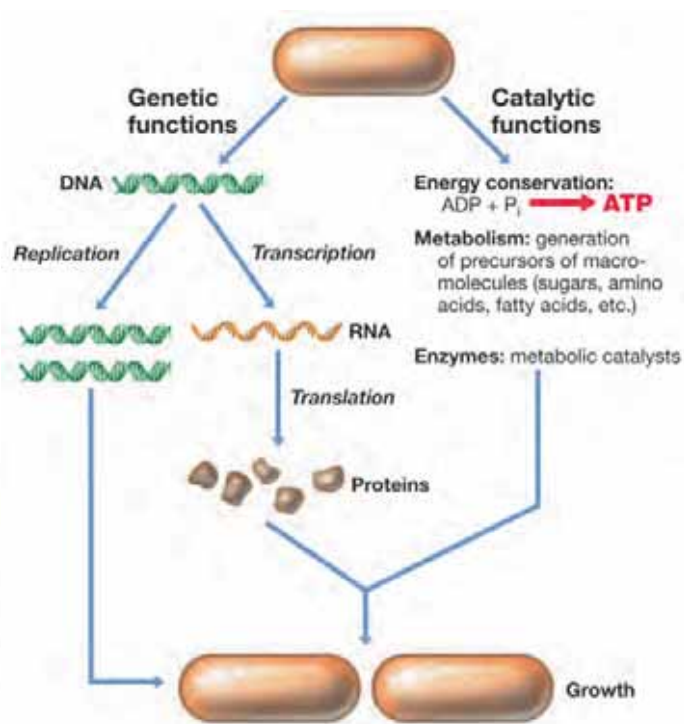
- اصطلاح «رشد» در میکروبیولوژی به چه معناست؟
- ۶ ویژگی اصلی سلول‌ها را فهرست کنید. کدام یک در بین تمامی سلول‌ها عمومیت دارد؟
- عملکرد کاتالیتیکی و ژنتیکی یک سلول میکروبی را مقایسه کنید. چرا یک عملکرد بدون دیگری برای یک سلول بی‌ارزش است؟

**۱-۳ میکروارگانیسم‌ها و محیط زیست‌شان**

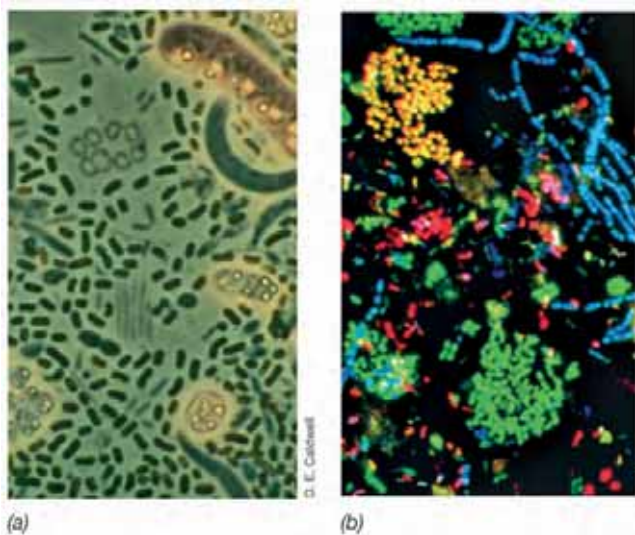
در طبیعت، سلول‌های میکروبی به صورت جمعیتی و در ارتباط با جمعیت سلول‌های دیگر گونه‌ها زندگی می‌کنند. یک جمعیت گروهی از سلول‌هاست که از تقسیم موفقیت‌آمیز یک سلول منفرد والدی حاصل شده است. حداقل محیطی که یک جمعیت میکروبی در آن زندگی می‌کند، زیستگاه نامیده می‌شود. جمعیت‌های

میزان جمعیت‌های سلولی بالا و پایین رفته و زیستگاه را تغییر می‌دهند.

در فصل‌های آینده، پس از این‌که درباره‌ی ساختار و عملکرد میکروبی، ژنتیک، تکامل و گوناگونی آن‌ها بیشتر دانستیم، دوباره به راه‌هایی توجه خواهیم کرد که در آن‌ها میکروارگانیسم‌ها جانوران، گیاهان، و کل اکوسیستم جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این بحث در واقع مطالعه‌ی اکولوژی میکروبی است که شاید هیجان‌انگیزترین زیرشاخه‌ی علم میکروبیولوژی باشد.



**شکل ۱-۴ عملکردهای کاتالیتیک و ژنتیکی سلول.** برای همانندسازی یک سلول بایستی انرژی و پیش‌ماده‌هایی جهت سنتز ماکرومولکول‌های جدید در دسترس باشند، و تحت دستورالعمل‌های ژنتیکی همانندسازی کنند. همان‌گونه که طی فرآیند تقسیم، هر سلول یک نسخه‌ی ژنی را دریافت می‌کند، ژن‌ها نیز بایستی جهت تولید پروتئین‌ها و دیگر ماکرومولکول‌ها، بیان (رونویسی و ترجمه) شوند. همانندسازی، رونویسی و ترجمه فرآیندهای مولکولی کلیدی سلول به شمار می‌روند.



**شکل ۱-۵ جوامع میکروبی.** (a) یک جامعه‌ی میکروبی که در عمق یک دریاچه‌ی کوچک (دریاچه‌ی وینترگرین در میشیگان) توسعه یافته فتوتروف و شکل نشان‌دهنده‌ی انواع سلول‌های باکتریایی فتوتروف سبزرنگ و ارغوانی‌رنگ (سلول‌های بزرگ با دانه‌های گوگردی) است. (b) یک جامعه‌ی میکروبی درون یک نمونه‌ی فاضلاب. نمونه با یک سری از رنگ‌ها رنگ‌آمیزی شده است که هر کدام از آن‌ها گروه خاصی از باکتری‌ها را رنگ‌آمیزی می‌کنند. (c) باکتری‌های گوگردی ارغوانی، همان‌گونه که در شکل (a) نشان داده شده (همچنین شکل ۱-۷ a) باعث ایجاد بلوم متراکم درون یک دریاچه‌ی کوچک اسپانیایی شده‌اند.

یک اکوسیستم به‌طور گسترده تحت تأثیر، و در بعضی مواقع تحت کنترل فعالیت‌های میکروبی است. میکروارگانیسم‌ها با انجام دادن فرآیندهای متابولیکی مواد غذایی را از اکوسیستم حذف کرده و سپس از آنها در ساختن سلول‌های جدید استفاده می‌کنند و همزمان فرآورده‌های زائد خود را دفع و به محیط زیست باز می‌گردانند. بنابراین، اکوسیستم‌های میکروبی با توجه به شرایط و منابع موجود می‌توانند گسترش پیدا کنند یا محدود گردند. در طول زمان، فعالیت‌های متابولیکی میکروارگانیسم‌ها بتدریج اکوسیستم‌ها را از نظر فیزیکی و شیمیایی تغییر می‌دهد. به‌عنوان مثال، اکسیژن مولکولی ( $O_2$ ) ماده‌ای حیاتی برای بعضی میکروارگانیسم‌ها است، ولی همین ماده برای دیگری‌ها سمی است. اگر میکروارگانیسم‌های هوازی (مصرف‌کننده‌ی اکسیژن)  $O_2$  را از یک زیستگاه حذف کنند، یعنی آن را بدون اکسیژن کنند (خالی از  $O_2$ )، این شرایط تغییر یافته ممکن است مناسب رشد انواعی از میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی باشد که از قبل در آن زیستگاه حضور داشته ولی قادر به رشد نبوده‌اند. به عبارت دیگر، زمانی که منابع و شرایط در یک زیستگاه میکروبی تغییر می‌کند،