

کتاب جامع پلیمرهای طبیعی

زیست پلیمرها، پلاستیک‌های سبز
زیست پلاستیک‌ها، زیست پالایشگاه‌ها
ترکیبات طبیعی، پلیمر شدن، دگروارهای کربن
پلیمرهای معدنی

محمد جلال الدین ظهوریان مهر

دانشیار پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

سرشناسه :	ظهوریان مهر، محمدجلال الدین، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور :	کتاب جامع پلیمرهای طبیعی: زیست پلیمرها، پلاستیک‌های سبز، زیست‌توده ... / محمدجلال الدین ظهوریان مهر.
مشخصات نشر :	تهران: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری :	۶۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک :	۹۷۸-۶۰۰-۹۳۹۳۱-۶-۹ :
وضعیت فهرست نویسی:	فیا
یادداشت :	واژه‌نامه.
داشت :	کتابنامه.
یادداشت :	نمایه.
نویسنده دیگر :	زیست پلیمرها، پلاستیک‌های سبز، زیست‌توده ...
موضوع :	پلیمرهای طبیعی
شناسه افزوده :	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران
رده بندی کتب :	۱۳۹۳ ک۲۹/ظ ۵۴۷/۷
رده بندی دیویی :	۵۴۷/۷
شماره کتابشناسی :	۳۴۷۶۷

کتاب جامع پلیمرهای طبیعی

مؤلف: دکتر محمدجلال الدین ظهوریان مهر

ویراستار: مهسا سلوی فرهنگ‌زاده

ناشر: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

طراحی و صفحه‌آرایی: ایمن‌پردازان فرهنگی

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قطع: وزیری

قیمت: ۲۴۰۰۰۰ ریال

چاپ اول

ISBN: 978-600-93931-6-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۹۳۱-۶-۹

نمایشی ناشر: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، صندوق پستی ۱۴۹۷۵-۱۱۲

info@ippi.ac.ir

www.ippi.ac.ir

صحت مطالب بر عهده نویسنده است.

پیش‌گفتار نویسنده

برگ درختان سبز در نظر هوشیار هر ورقش دفتری است معرفت کردگار

در نیمه اول قرن گذشته، در پی اکتشافات انقلابی شیمیدان برجسته آلمانی و برنده جایزه نوبل، هرمن اشتادینگر، مواد جدیدی پا به عرصه زمین گذاشتند که کیفیت زندگانی بشر را به شدت دگرگون کردند. این مواد درشت مولکول موسوم به پلیمرها، مواد آلی مصنوعی نامیده می‌شوند که در کمتر از نیم قرن، تقریباً تمام جنبه‌های زندگی را به شدت متأثر کردند، زمینه‌های مختلف علمی و فناوری، منابع مواد اولیه و انرژی، اقتصاد، روابط بین‌المللی، رفاه فردی و اجتماعی، سلامت و محیط زیست از آن جمله‌اند.

دانشمندان به‌رودی با موفقیت بسیاری از مواد حاصل از طبیعت مانند چوب، نشاسته، پنبه، پشم، چرم، ابریشم و ... نیز مواد آلی پلیمری‌اند. اما فراورده‌های نهایی این مواد طبیعی (پلیمرهای طبیعی) پس از فراورده‌ها، نسبت به همتهای مصنوعی خود، از قیمت بیشتر و خواص نسبی ضعیف‌تری برخوردار بودند. بنابراین با قضاوت عجولانه و بیشتر متکی بر منافع اقتصادی کوتاه‌مدت، آنها را در درجه اهمیت پایین‌تری قرار دادند و با تکیه بر منابع ارزان و چشمگیر فسیلی (زغال‌سنگ، نفت و گاز) به‌تلاش خود را صرف اکتشافات زمین‌شناختی، استخراج، پالایش، فراورش ذخایر فسیلی و تولید انواع مواد مصنوعی (الیاف و منسوجات، فراورده‌های شیمیایی کشاورزی، بهداشتی و دارویی) و نیز محصولات پلیمری مصنوعی (مانند پی‌وی‌سی، پلی‌اولفین‌ها، نایلون‌ها، پلی‌یورتان‌ها، آکریل‌ها و اپوکسی‌ها) کردند.

در نیمه دوم قرن بیستم، پس از فرونشستن هیجانات ناشی از رقابت‌ها و احداث صنایع متعاقب جنگ جهانی دوم در کشورهای صنعتی، فرصت‌هایی دست داد تا زیان‌های گسترده و عمیق ناشی از برداشت و مصرف بی‌رویه ذخایر فسیلی، قدری بررسی و آشکار شود: رو به اتمام نهادن این ذخایر، ایجاد آلودگی‌ها و عوارض گوناگون زیست‌محیطی و بیماری‌های ناشی از آن. متأسفانه، چرخش سریع امکان نداشت. به‌ویژه که حداقل مستلزم چشم‌پوشی از بخشی از منافع سرشار مادی بود. اما، نطفه رویکردهای جدی به سوی منابع تجدیدپذیر به جای تکیه

صرف بر ذخایر رو به اتمام تجدیدنپذیر شکل گرفت و مطالعات و مقایسه این دو گونه منبع اولیه برای مواد و انرژی، فزونی و به طور فزاینده‌ای ادامه یافت. بنا بر همین ضرورت‌ها و با قدری هوشیاری و رشد نگرش‌های عمیق‌تر در مقوله سلامت و توسعه پایدار، اکنون زمینه‌های جدیدی، گاه با عناوینی با پسوند سبز، ابداع شده و در حال گسترش است (مانند انرژی سبز یا زیست‌انرژی، شیمی و فناوری سبز و غیره). مثلاً در این راستا، پژوهش‌های وسیعی روی پیل‌های سوختی انجام شده یا در آمریکا و اتحادیه اروپا، ده‌ها زیست‌پالایشگاه (biorefinery) برای ساختن ساخته شده است که به تولید سوخت سبز یا زیست‌سوخت برای خودروها مشغول‌اند.

باری، تا آنجا که مراجع علمی دانشگاهی مربوط می‌شود، قاعدتاً تقابل و تمایز پیش گفته، در نشریات و کتاب‌ها و رسانه‌های متنوع مربوط به علوم پایه و مهندسی مواد نیز به روشنی قابل مشاهده است. مثلاً در حالی که اکثر کتابی خاص پلیمرهای طبیعی یافت می‌شود، سالانه ده‌ها عنوان کتاب در زمینه مواد پلیمری مصنوعی چاپ و منتشر می‌شود. چنین نسبتی در میان مراجع فارسی نیز وجود دارد و در این بین، یکی از کتاب مختصر ۲۰۰ صفحه‌ای (خواص و کاربرد پلیمرهای طبیعی، تألیف ن. گنجی‌پور همکاران، انتشارات مهکامه، تهران، ۱۳۸۵) کتاب مرجع فارسی در باره پلیمرهای طبیعی یا زیست‌پلیمرها که بتواند مرجع جامعی برای استفاده علمی و فنی باشد، یافت نمی‌شود.

در نتیجه، نظر به فقدان کتاب مرجع فارسی درباره پلیمرهای طبیعی حاصل از منابع تجدیدنپذیر ماده و انرژی، نگارش کتاب «پلیمرهای طبیعی» کاملاً موجب ضرورت تشخیص داده شد تا بتواند مورد استفاده دانشجویان و پژوهشگران دانشگاهی و مراکز صنعتی قرار گیرد و منبع جامع و مرجع پایه برای درس‌هایی مانند ترکیبات طبیعی، شیمی پلیمر، به‌ویژه درس پلیمرهای طبیعی نیز باشد و تمام سرفصل‌های رسمی آن را پوشش دهد.

کوشیده‌ام از تجارب پژوهش، تدریس و تألیف خود، نهایت استفاده را در به روزرسانی کیفیت مطالب و نحوه تنظیم آنها بنمایم تا افزون بر دانشجویان رشته‌های پلیمر، شیمی، مهندسی شیمی، مواد، پزشکی و زیرشاخه‌های آنها، برای گستره وسیعی از خوانندگان و پژوهندگان علاقه‌مند در حوزه‌های مختلف دیگر، مانند کشاورزی و مدیریت صنعتی و انرژی

نیز سودمند باشد. از این روست که ضمن تأکید بیشتر بر جنبه‌های کاربردی و همراه با تلاش برای حفظ غنای محتوایی و جامعیت و ارائه مراجع اصلی و جدید برای هر مبحث، سعی کرده‌ام تا حد امکان، سادگی و اختصار نیز در نگارش و تنظیم مطالب لحاظ شود. تأکید بر جنبه‌های کاربردی و رعایت اختصار، شماری از ملاحظات را نیز باعث شده است؛ مثلاً از پرداختن به سازوکارهای زیست‌سنتز صرف‌نظر شده است. در عوض، سعی شده است تا حد امکان به کاربردهای متداول و ملموس، روش‌های فراورش و تولید و روندهای صنعتی و اقتصادی نیز اشاره شود.

همه ما بارها این واقعیت مواجه شده‌ایم که در اذهان عموم مردم، حتی نزد بسیاری از دانشجویان و تحصیل کرده‌ها در رشته‌های نامرتبط با شیمی و ساختار مواد، واژه پلیمر بی‌درنگ همان معنی بستنی را به عنوان موادی غیرطبیعی و حتی ضدطبیعی و ناسازگار با طبیعت تداعی کند. در این کتاب، از نظر آنها، صرف «پلاستیک بودن» کافی است تا همه پلیمرها را جزء مواد نفتی بدانند؛ اشیهایی که خود غیرطبیعی و ساخته دست بشرند، در نهایت محیط زیست را آلوده می‌کنند! از این رو آوردن لغت طبیعی با پلیمر در ترکیب لغوی «پلیمر طبیعی» از دید بسیاری از افراد، متناقض به نظر می‌رسد، چرا که «پلاستیک بودن» با «طبیعی بودن» تضاد دارد (چیزی شبیه خشک بودن آب در ترکیب لغوی آب خشک!). همین تناقض ظاهری و احتمالاً نامأنوس بودن عنوان کتاب می‌تواند گستره بیشتری از خوانندگان عام، غیر متخصص اما کنجکاو را نیز به مطالعه این کتاب ترغیب کند.

شایان ذکر است موضوعات مهمی مانند زیست توده، زیست پالایی، زیست سوخت‌ها، مواد گیاهی، پلیمرهای کربنی تازه کشف و ساخته شده (فولرن‌ها و بکولن‌ها)، پلی‌استرها، میکربی و ترکیبات پلیمرشدنی حاصل از منابع زیستی، مطالبی عمدتاً نویسنده را برپایه از جهت ارتباط با حوزه انرژی‌های نو، نانوفناوری و زیست‌فناوری نیز اهمیت دارند. چنین مطالبی حتی در سرفصل‌های رسمی تدوین شده برای درس پلیمرهای طبیعی نیز ذکر نشده‌اند. اساس فصل‌بندی کتاب، همان‌طور که در فصل پایانی تشریح شده است، بیشتر مبتنی بر ساختار شیمیایی پلیمرها و شباهت خاستگاه طبیعی آنها بوده است. البته فصل‌های ۱ تا ۳ و ۶، ۱۵ و ۱۶ هر کدام با محتوایی متفاوت، اقتضای خاص خود را دارند. فصل ۱ مقدمه‌ای است

که برای نشان دادن اهمیت موضوع کتاب، جلب توجه و ایجاد انگیزه برای خواننده نگاشته شده است. در فصل‌های ۲ و ۳ بر حسب ضرورت به تعریف و طبقه‌بندی انواع پلیمرهای طبیعی و روش‌های استحصال آنها پرداخته شده است. در فصل‌های ۶ و ۱۶ به‌طور استثنایی به مباحثی ویژه (به ترتیب زیست‌پالایشگاه‌ها و توسعه پایدار) پرداخته شده است. در عین حال، این دو فصل با هم به نحوی مربوط‌اند و در فصل ۱ نیز به اهمیت موضوع آنها اشاره شده است. از آنجا که مقدمات پایه‌ای فصل ۶ در دو فصل پیش از آن (فصل‌های ۴ و ۵، به ترتیب حاوی مباحث پلی‌ساکاریدها و لیگنین) آمده است، ماهیت متفاوت فصل ۶ و قرار گرفتن آن پس از فصل‌های ۴ و ۵ نیز توجیه‌پذیر است. جای فصل ۱۵ (پلیمرهای طبیعی معدنی) که پس از همه پلیمرهای طبیعی آلی قرار گرفته است نیز کاملاً قابل درک است.

در انتهای فصل ۱ از مراجع مربوط به آن، پرسش‌هایی برای تحقیق و مطالعه بیشتر نیز مطرح شده است. موضوع این پرسش‌ها اولاً هر کدام به نوعی مکمل مطالب آن فصل است. ثانیاً پاسخ آنها به‌طور مستقیم در متن آن فصل یافت نمی‌شود، بلکه لازم است پاسخ آنها در منابع کتابخانه‌ای و اینترنتی جست‌وجو شود. برای پاسخ دادن به این پرسش‌ها، اغلب باید از قوه تجزیه و تحلیل و استنباط استفاده گرفت. در نتیجه در راستای اهداف آموزشی کتاب، چالشی ایجاد می‌کند که به ارتقای انگیزه‌ها، مهارت‌های جست‌وجو و تحقیق در خوانندگان، به‌ویژه دانشجویان و پژوهندگان، کمک می‌کند. در فصل پایانی، ضمن بررسی اجمالی ترکیب و توالی فصل‌ها و جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی، مفهوم توسعه پایدار و نقش پلیمرهای طبیعی در چشم‌انداز آن نیز مطرح شده است.

گفتنی است، برای معادل فارسی واژه‌های انگلیسی، بیشتر واژه‌ها به پلیمر (انتشارات انجمن پلیمر ایران، ویرایش دوم، ۱۳۸۹) و واژه‌نامه شیمی (مرکز نشر دانشگاهی، ویرایش پنجم، ۱۳۸۴) استفاده کرده‌ام. در واژه‌نامه انتهای کتاب، از درج واژه‌ها بسیار آشنا در حوزه پلیمر و شیمی (مانند واژه پلیمرشدن، polymerization) صرف‌نظر کرده و اغلب تنها واژه‌هایی را که مستقیماً به موضوع کتاب مربوط‌اند، آورده‌ام. ضمناً بر حسب اهمیت و اقتضا، بعضی واژه‌ها را تنها در متن و بعضی دیگر را برای سرعت و سهولت مطالعه، هم در متن و هم در واژه‌نامه درج کرده‌ام. نام‌های علمی خاص میکروارگانیسم‌ها را نیز (که به شکل

ایتالیک نوشته می‌شوند) در بیشتر موارد ترجیح دادم به دلیل طولانی بودن و دشوار بودن تلفظ آنها، به همان شکل لاتین در داخل متن بیاورم.

در سراسر کتاب همواره کوشیده‌ام تمام شکل و محتوای مطالب، در منطقی‌ترین شیوه متعارف علمی خود ارائه شود. در این میان، احتمال هر گونه کاستی را می‌پذیرم و قطعی و بدیهی می‌دانم و دریافت پیشنهادهای اصلاحی را مغتنم می‌شمارم.

دوستان عزیز داوران و ویراستار محترم به دلیل دقت نظر در بررسی و مطالعه کتاب و از ناشر محترم دلیل حسن نظر و تقبل انتشار آن و نیز از همه دست اندرکاران مربوط، سپاسگزاری می‌کنم.

محمد جلال الدین ظهوریان مهر

دانشیار پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

تهران - زمستان ۱۳۹۲

فهرست

فصل اول: مقدمه‌ای بر رویکردهای جدید توسعه مواد و انرژی	۲۱
۱-۱ منابع ماده و انرژی	۲۳
۲-۱ زیست توده	۲۵
۳-۱ جنبش وجه به زیست انرژی: زیست پالایشگاه‌ها	۲۶
۴-۱ کاهش آهنگ رشد بازار پلیمرهای مصنوعی	۳۲
۵-۱ مراجع	۳۵
۶-۱ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر	۳۶
فصل دوم: تعریف و ادعای پلیمر طبیعی	۳۹
۱-۲ نگاهی به پیشینه و تعریف	۴۱
۱-۱-۲ اصطلاحات پلیمر طبیعی و پلیمر	۴۴
۲-۲ طبقه‌بندی	۴۵
۳-۲ مراجع	۴۶
۴-۲ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر	۴۷
فصل سوم: روش‌های استخراج، تخلیص و شناسایی	۴۹
۱-۳ ترکیب منبع طبیعی	۵۱
۲-۳ مراحل و روش‌های استخراج	۵۲
۱-۲-۳ استخراج نوکلئیک اسیدها	۵۳
۲-۲-۳ استخراج پروتئین‌ها	۵۳
۳-۲-۳ استخراج پلی ساکاریدها	۵۳
۴-۲-۳ استخراج لیگنین	۵۴
۵-۲-۳ استخراج پلی ایزوپرن	۵۵
۶-۲-۳ استخراج پلیمرهای معدنی	۵۵
۳-۳ روش‌های کلی جداسازی و تخلیص	۵۶

- ۵۷..... ۱-۳-۳ کروماتوگرافی و روش های آن
- ۵۹..... ۲-۳-۳ کروماتوگرافی اندازه طردی
- ۶۱..... ۳-۳-۳ الکتروفورز
- ۶۵..... ۴-۳-۳ دیالیز و فراصاف کردن
- ۶۶..... ۵-۳-۳ فرامرکزگریزی
- ۶۶..... ۶-۳-۳ جزء به جزء کردن
- ۶۸..... ۴ سایر روش های تجزیه کیفی و کمی
- ۷۱..... ۳-۳ مراجع
- ۷۲..... ۶-۳-۳ روش های مطالعه بیشتر
- ۷۵..... فصل چهارم. سلولوز، ساکاریدها و سایر پلی ساکاریدها
- ۷۷..... ۱-۴ مقدمه
- ۷۸..... ۲-۴ ساختار و نام گذاری عمومی
- ۸۲..... ۳-۴ تنوع و خواص پلی ساکاریدها
- ۸۳..... ۱-۳-۴ چوب و سلولوز
- ۸۴..... ۱-۱-۳-۴ سلولوز و سایر زیست پلیمرهای چوب
- ۸۶..... ۲-۱-۳-۴ ساختار مولکولی سلولوز
- ۸۹..... ۳-۱-۳-۴ مشخصات فیزیکی-شیمیایی سلولوز
- ۹۰..... ۴-۱-۳-۴ وزن مولکولی و انحلال پذیری سلولوز
- ۹۴..... ۵-۱-۳-۴ مسیرهای اصلی تشکیل سلولوز
- ۹۶..... ۶-۱-۳-۴ کاغذ و خمیر کاغذ
- ۹۶..... ۲-۳-۴ همی سلولوزها
- ۱۰۰..... ۳-۳-۴ نشاسته
- ۱۰۲..... ۱-۳-۳-۴ تورم، ژلاتینی شدن و پس گشت
- ۱۰۵..... ۲-۳-۳-۴ اصلاحات و مشتقات نشاسته
- ۱۰۹..... ۳-۳-۳-۴ زیست کامپوزیت ها و آلیاژهای نشاسته
- ۱۱۱..... ۴-۳-۴ کیتین و کیتوسان



۱۱۴	 ۵-۳-۴ آلزینات
۱۱۶	 ۶-۳-۴ گوار
۱۱۸	 ۷-۳-۴ کاراگینان
۱۱۹	 ۸-۳-۴ صمغ عربی
۱۲۰	 ۹-۳-۴ کتیرا
۱۲۴	 ۱۰-۳-۴ اگزوپلی ساکاریدها
۱۲۶	 ۱-۱۰-۴ زانتان
۱۲۷	 ۲-۱۰-۳ گلان
۱۲۸	 ۴-۴ اصلاح پلیمرها
۱۲۹	 ۱-۴-۴ فرایندهای اصلاحی سلولوز
۱۳۵	 ۱-۱-۴-۴ ساختار و خواص
۱۳۸	 ۲-۱-۴-۴ استرهای معدنی سلولوز
۱۴۰	 ۳-۱-۴-۴ استرهای آلی سلولوز
۱۴۲	 ۴-۱-۴-۴ اترهای سلولوز
۱۴۷	 ۵-۱-۴-۴ کوپلیمرشدن پیوندی
۱۴۹	 ۶-۱-۴-۴ شبکه‌بندی
۱۵۲	 ۵-۴ مراجع
۱۵۷	 ۶-۴ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر
۱۶۳	 فصل پنجم: لیگنین و صنایع کاغذ و خمیر کاغذ
۱۶۵	 ۱-۵ لیگنوسلولوزها
۱۶۵	 ۲-۵ لیگنین
۱۶۹	 ۱-۲-۵ انواع لیگنین و تفکیک آنها
۱۷۰	 ۲-۲-۵ واپلیمرشدن و تبدیل لیگنین
۱۷۳	 ۳-۲-۵ زیست‌پالایشگاه لیگنین
۱۷۵	 ۳-۵ صنایع کاغذ و خمیر کاغذ
۱۷۹	 ۴-۵ مراجع

۵-۵ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر ۱۸۱

فصل ششم: زیست‌پالایشگاه‌ها: ضرورت‌ها و فراورده‌ها ۱۸۳

۱-۶ منابع فسیلی و ضرورت جایگزینی آنها ۱۸۵

۱-۶-۱ جنبه‌های محیط زیست و سلامت ۱۸۷

۲-۶ زیست‌توده: مناسب‌ترین جایگزین ۱۸۹

۱-۶-۲ زیست‌سوخت‌ها و توسعه زیست‌پالایشگاه‌ها ۱۹۴

۱-۳-۱ زیست‌سوخت‌ها ۱۹۵

۲-۳-۶ زیست‌سوخت‌ها در زیست‌سوخت‌ها ۱۹۹

۳-۶ زیست‌پالایشگاه‌ها ۲۰۱

۴-۳-۶ زیست‌پالایشگاه‌ها ۲۰۷

۴-۶ مراجع ۲۱۱

۵-۶ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر ۲۱۳

فصل هفتم: مواد گیاهی ۲۱۹

۱-۷ خاک، لایه‌ها و مواد گیاهی ۲۲۱

۱-۱-۷ گیاهان و مواد گیاهی ۲۲۲

۲-۱-۷ تفکیک اجزا و شناسایی ساختار ۲۲۴

۲-۷ مواد گیاهی آبی ۲۲۶

۳-۷ کاربردهای مواد گیاهی ۲۲۷

۱-۳-۷ کاربردهای کشاورزی و صنعتی ۲۲۸

۲-۳-۷ کاربردهای زیست‌محیطی و درمانی ۲۲۹

۴-۷ مراجع ۲۳۱

۵-۷ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر ۲۳۲

فصل هشتم: زغال سنگ و اجزای سنگین نفتی ۲۳۳

۱-۸ زغال سنگ ۲۳۵

۲۳۵	۱-۱-۸ انواع و ساختار شیمیایی زغال سنگ
۲۳۸	۲-۱-۸ جنبه‌های تاریخی و اقتصادی
۲۴۱	۳-۱-۸ مصارف و فراورده‌های زغال سنگ
۲۴۵	۲-۸ محصولات سنگین نفتی
۲۴۵	۱-۲-۸ آسفالتن‌ها
۲۴۸	۳-۸ ارجع
۲۵۰	۴-۸ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر
۲۵۱	فصل نهم: پلیمرهای کربنی
۲۵۳	۱-۹ کربن
۲۵۴	۱-۱-۹ مواد کربنی
۲۵۸	۲-۱-۹ دگروارهای کربن
۲۵۹	۲-۹ الماس
۲۶۰	۳-۹ گرافیت
۲۶۲	۴-۹ گرافن
۲۶۷	۵-۹ فولرن‌ها
۲۷۱	۱-۵-۹ نانولوله‌های کربنی
۲۷۴	۶-۹ مراجع
۲۷۶	۷-۹ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر
۲۷۹	فصل دهم: لاستیک طبیعی
۲۸۱	۱-۱۰ مقدمه و پیشینه
۲۸۳	۲-۱۰ استحصال لاستیک طبیعی
۲۸۵	۱-۲-۱۰ انواع و درجه‌بندی لاستیک طبیعی
۲۸۶	۳-۱۰ ساختار شیمیایی
۲۸۸	۴-۱۰ نرم کردن، آمیزه‌کاری و پخت
۲۹۰	۵-۱۰ تولید و بازار

- ۶-۱۰ خواص و کاربردها ۲۹۱
- ۷-۱۰ مراجع ۲۹۶
- ۸-۱۰ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر ۲۹۷

فصل یازدهم: پلی استرها و پلی آمیدهای طبیعی ۲۹۹

- ۱-۱۱ پلی (هیدروکسی آلکانوات)ها ۳۰۱
- ۱-۱۱ نام‌گذاری و ساختار ۳۰۲
- ۱-۱۱ خواص فیزیکی PHAها ۳۰۴
- ۱-۱۱-۳ روش‌های تجاری شدن PHAها ۳۰۵
- ۱-۱۱ کاربردها ۳۰۷
- ۲-۱۱ پلی تیوآنها ۳۰۹
- ۳-۱۱ پلی مالیک اسیدها ۳۱۰
- ۴-۱۱ رزین‌های شلاک ۳۱۳
- ۵-۱۱ پلیمرهای کوتیکل گیاهی ۳۱۴
- ۱-۵-۱۱ کوتین ۳۱۶
- ۲-۵-۱۱ سوبرین ۳۱۷
- ۳-۵-۱۱ کاربردهای کوتین و سوبرین ۳۱۸
- ۶-۱۱ پلی آمیدهای طبیعی ۳۱۹
- ۷-۱۱ مراجع ۳۲۴
- ۸-۱۱ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر ۳۲۶

فصل دوازدهم: ترکیبات پلیمرشدنی حاصل از منابع زیستی ۳۲۹

- ۱-۱۲ مقدمه ۳۳۱
- ۱-۱۲ پلیمرهای زیست تخریب پذیر ۳۳۲
- ۲-۱۲ آمینو اسیدها ۳۳۴
- ۳-۱۲ دی کریوکسیلیک اسیدها ۳۳۷
- ۱-۳-۱۲ سوکسینیک اسید ۳۳۸

۳۴۴	۴-۱۲ هیدروکسی اسیدها
۳۴۴	۱-۴-۱۲ لاکتیک اسید و پلیمرهای آن
۳۵۲	۵-۱۲ پلی آل ها
۳۵۴	۶-۱۲ مالیک اسید
۳۵۶	۷-۱۲ ترین ها
۳۵۸	۱-۷-۱۲ رزین های پلی ترپنی
۳۶۱	۷-۱۲ روزین ها
۳۶۲	۸-۱۲ رغن های سیر نشده
۳۶۷	۸-۱۲ رغن های خشک شونده
۳۷۲	۲-۸-۱۲ بدنه های کاربردهای پلیمری
۳۷۶	۹-۱۲ مونومرهای فوری
۳۷۶	۱-۹-۱۲ رزین های فوری
۳۷۹	۲-۹-۱۲ مشتقات و پلیمرهای فوری
۳۸۵	۱۰-۱۲ سایر ترکیبات طبیعی قابل پیوستن
۳۸۷	۱۱-۱۲ مراجع
۳۹۳	۱۲-۱۲ پرسش هایی برای مطالعه بیشتر
۳۹۷	فصل سیزدهم: پروتئین ها
۳۹۹	۱-۱۳ مقدمه
۴۰۰	۲-۱۳ ساختار
۴۰۶	۳-۱۳ کارکرد پروتئین ها
۴۰۸	۴-۱۳ سنتز پتیدها
۴۰۸	۱-۴-۱۳ سنتز شیمیایی
۴۱۱	۲-۴-۱۳ سنتز از راه فناوری DNA باز ترکیب
۴۱۲	۵-۱۳ نگاهی به آنزیم ها و کارکرد حیاتی آنها
۴۱۵	۱-۵-۱۳ بازداشتن واکنش های آنزیمی
۴۱۶	۶-۱۳ واکنش های آنزیمی برون تنی

- ۴۱۸..... ۱۳-۶-۱ کاتالیز آنزیمی واکنش های پلیمرشدن
- ۴۲۳..... ۱۳-۷ پروتئین های ساختاری
- ۴۲۳..... ۱۳-۷-۱ کلاژن
- ۴۲۹..... ۱۳-۷-۱-۱ ژلاتین
- ۴۳۰..... ۱۳-۷-۱-۲ تولید ژلاتین
- ۴۳۲..... ۱۳-۷-۱-۳ کاربردهای ژلاتین
- ۴۳۵..... ۱۳-۷-۲ کراتین
- ۴۳۸..... ۱۳-۷-۳ فراورش پوست و تولید چرم
- ۴۴۸..... ۱۳-۷-۴ پروتئین سازنده ابریشم
- ۴۴۹..... ۱۳-۷-۴-۱ تار عنکبوت
- ۴۵۱..... ۱۳-۷-۴-۲ ابریشم
- ۴۵۳..... ۱۳-۷-۶ آکتین
- ۴۵۸..... ۱۳-۸ پروتئین های گیاهی
- ۴۵۹..... ۱۳-۸-۱ گلوتن گندم
- ۴۶۲..... ۱۳-۸-۲ پروتئین های سویا
- ۴۶۴..... ۱۳-۸-۳ زین ذرت
- ۴۶۶..... ۱۳-۹ اصلاح پروتئین ها
- ۴۶۷..... ۱۳-۹-۱ شبکه ای شدن
- ۴۷۰..... ۱۳-۱۰ نگاهی کلی به مصارف غیرخوراکی پروتئین ها
- ۴۷۲..... ۱۳-۱۱ مراجع
- ۴۷۷..... ۱۳-۱۲ پرسش هایی برای مطالعه بیشتر

فصل چهاردهم: نوکلئیک اسیدها..... ۴۸۳

- ۴۸۵..... ۱۴-۱ مقدمه
- ۴۸۶..... ۱۴-۱-۱ سلول، هسته و اهمیت نوکلئیک اسیدها
- ۴۸۸..... ۱۴-۲ ساختار
- ۴۹۳..... ۱۴-۳ ساخت پروتئین در سلول (سنتز ریبوزومی)

۴۹۴	۱-۳-۱۴ رونویسی
۴۹۵	۲-۳-۱۴ ترجمه
۴۹۶	۳-۳-۱۴ سنتز
۴۹۷	۴-۱۴ جهش
۴۹۸	۵-۱۴ DNA بازترکیب
۵۰۲	۱-۴ اهمیت کاربردی rDNA
۵۰۳	۱۴ ژنوم کروموزوم
۵۰۳	۱-۴ ژنتیک: زیرشاخه‌ها، کاربردها و دستاوردها
۵۰۷	۷-۱۴ مراجع
۵۰۸	۸-۱۴ پرسش‌هایی برای مطالعه بیشتر
۵۱۳	فصل پانزدهم: پلیمرهای مصنوعی
۵۱۵	۱-۱۵ مقدمه
۵۱۶	۲-۱۵ پلیمرهای سیلیکاتی
۵۱۸	۱-۲-۱۵ ساختارهای زنجیری
۵۱۸	۱-۱-۲-۱۵ پیروکسن‌ها
۵۱۹	۲-۱-۲-۱۵ آمفیبول‌ها
۵۲۰	۲-۲-۱۵ ساختارهای لایه‌ای
۵۲۱	۱-۲-۲-۱۵ تالک
۵۲۲	۲-۲-۲-۱۵ میکاها
۵۲۳	۳-۲-۲-۱۵ ژس‌ها
۵۲۹	۴-۲-۲-۱۵ کریوزوتیل
۵۲۹	۳-۲-۱۵ چارچوب‌های سیلیکاتی سه‌بعدی
۵۳۳	۴-۲-۱۵ چارچوب‌های آلومینوسیلیکاتی سه‌بعدی
۵۳۳	۱-۴-۲-۱۵ فلدسپارها
۵۳۵	۲-۴-۲-۱۵ ژئولیت‌ها

- ۵۳۷..... ۱۵-۲-۳-۴ لاجوردها
- ۵۳۸..... ۱۵-۳ پلی فسفات
- ۵۴۰..... ۱۵-۳-۱ پساب های آلوده و بازیابی فسفر به شکل پلی فسفات
- ۵۴۱..... ۱۵-۴ مراجع
- ۵۴۳..... ۱۵-۵ پرسش هایی برای مطالعه بیشتر
- ۵۴۷..... فصل شانزدهم: نتیجه گیری و نقش پلیمرهای طبیعی در چشم انداز توسعه پایدار ...
- ۵۴۹..... ۱- نگاهی اجمالی بر کتاب حاضر
- ۵۵۳..... ۱۶-۲ نگاهی به سنتز و کاربرد پلیمرهای طبیعی
- ۵۵۷..... ۱۶-۳ توسعه پایدار و نقش زیست پلیمرها
- ۵۵۷..... ۱۶-۳-۱ توسعه پایدار و مفهوم توسعه پایدار
- ۵۶۶..... ۱۶-۳-۲ نقش زیست پلیمر
- ۵۶۸..... ۱۶-۴ مراجع
- ۵۶۹..... ۱۶-۵ پرسش هایی برای مطالعه بیشتر
- ۵۷۳..... واژه نامه انگلیسی به فارسی
- ۵۸۵..... واژه نامه فارسی به انگلیسی
- ۵۹۷..... نمایه