

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

رنگدانه‌های کاروتنوییدی

شامل مباحثی پیرامون

سیر تکاملی

مسیرهای تولید

مهندسی متابولیکی و زیست‌فراوری تولید

تکامل هدایت شده

استخراج

کاربردها

و ویژگی‌های زیستی

تالیف

دکتر سیده‌ادی رضوی و مهندس محمدرضا نصری نصرآبادی



شماره مسلسل ۷۸۶۴

شماره انتشار ۳۴۵۳

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور
مشخصات نشر
موضوعات ظاهری
فروست
شابک
وضعیت فهرست‌نویسی
یادداشت
یادداشت
یادداشت
موضوع
شناسه افزوده
شناسه افزوده
رده‌بندی کنگره
رده‌بندی دیویی
شماره کتابشناسی ملی

: رضوی، سیدهادی، ۱۳۴۴-
: رنگدانه‌های کاروتنوئیدی : شامل میاحشی پیرامون سیر تکاملی ... / مؤلفان
سید هادی رضوی، محمدرضا نصری نصرآبادی.
: تهران : دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۲.
: ۸۹۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.
: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار، ۳۴۵۳.
: 978-964-03-6515-1
: فیپا.
: یادداشت.
: یادداشت.
: یادداشت.
: نمایه.
: کاروتنوئیدها.
: کاروتن‌ها.
: نصر، نصرآبادی، محمدرضا
: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.
: ۶۷۱ / ک ۲ ر ۶
: ۹۲۱
: ۳۳ / ۸۱۷

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازتولید در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌گردد.

ISBN: 978-964-03-6515-1



9 7880 365151

عنوان: رنگدانه‌های کاروتنوئیدی
تألیف: دکتر سیدهادی رضوی- مهندس محمدرضا نصری نصرآبادی
ویراستار: فاطمه موسوی
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۳۹۳
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۵۰۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - سایت: <http://press.ut.ac.ir>

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	ص
فصل اول: ویژگی‌های ساختاری مولکول‌های کاروتنوئیدی و اثر آن بر عملکردها	
۱.....	مقدمه
۲.....	ساختار کاروتنوئیدها و نمادها و نشانه‌های کوتاه
۲.....	(۱) ساختار پایه
۳.....	(۲) نمادها و نشانه‌های کوتاه
۴.....	(۳) زنجیره پلی‌ان
۴.....	(۴) شیمی فضایی
۵.....	(۵) ساختار فضایی: ایزومرهای هندسی (سیس، ترانس)
۵.....	(۶) شکل‌گیری مولکول کاروتنوئید و حذف آن
۵.....	(۶-۱) زنجیره پلی‌ان
۶.....	(۶-۲) پیوند زنجیره - حلقه
۷.....	ویژگی‌های کاروتنوئیدها
۷.....	(۱) ویژگی‌های عمومی: اندازه مولکولی، شکل مولکول، انحلال
۸.....	(۲) جذب نور و ویژگی‌های فتوشیمیایی
۹.....	(۳) ویژگی‌های شیمیایی
۹.....	(۳-۱) بنیان‌های کاروتنوئیدی
۹.....	(۳-۱-۱) اکسایش
۹.....	(۳-۱-۲) احیاء
۹.....	(۳-۱-۳) ربایش اتم هیدروژن
۱۰.....	(۳-۱-۴) افزوده شدن
۱۰.....	(۳-۲) واکنش‌های شیمیایی: اکسید شدن
۱۱.....	(۳-۲-۱) برهمکنش کاروتنوئیدهای گوناگون با بنیان‌های آزاد
۱۲.....	(۳-۳) کاروتنوئیدها در نقش پاد اکسنده
۱۲.....	ویژگی‌ها و برهمکنش‌های مولکولی کاروتنوئیدها در سیستم‌های درون‌یاخته‌ای متداول
۱۳.....	(۱) برهمکنش‌های مولکولی
۱۳.....	(۲) کاروتنوئیدها در غشاهای
۱۴.....	(۳) برهمکنش‌های کاروتنوئید - پروتئین (کاروتنوپروتئین)
۱۵.....	فهرست منابع

فصل دوم: منشاء و تکامل مولکولی کاروتنوئیدها

۱۷.....	مقدمه
۱۷.....	تکامل حیات در کره زمین و ارتباط آن با پیدایش مولکول‌های کاروتنوئیدی

۲۲	 ساختارهای کاروتنوئیدی و تکامل ارگانسیم‌های تولید کننده کاروتنوئید
۲۲	 (۱) باکتری‌ها
۲۶	 (۲) جلبک‌ها (پروتیستاها)
۲۸	 (۳) گیاهان
۲۸	 (۴) قارچ‌ها
۳۱	 (۵) گل‌سنگ‌ها
۳۳	 فهرست منابع

فصل سوم: شناسایی مسیر تولید کاروتنوئید در میکروارگانسیم‌ها و گیاهان

۳۷	 مقدمه
۳۷	 تولید کاروتنوئید در سیستم‌های برون‌یاخته‌ای
۴۱	 راهبردهای هم‌سازایی رنگ‌های کاروتن‌زا
۴۵	 آنزیم‌شناسی میکرومولکولی واکنش‌های منتهی به تشکیل کاروتنوئیدهای حلقه‌دار
۴۶	 (۱) تولید مولکول β -کاروتنیل دی‌فسفات (GGPP)
۴۸	 (۲) تولید مولکول فیتون
۵۱	 (۳) توالی غیر اشباع شدن فیتون به لیکوپن
۵۳	 (۳-۱) مکانیسم
۵۴	 (۳-۲) ایزومری شدن
۵۶	 (۳-۳) ژن‌ها و رابطه تبارزایی دودمانی
۶۰	 (۳-۴) خالص‌سازی آنزیم
۶۱	 (۳-۵) تعیین مکان
۶۱	 (۳-۶) تنظیم مسیر و تعدیل فعالیت
۶۳	 (۳-۷) تنظیم فیزیولوژیکی و توسعه آن
۶۳	 (۴) حلقه‌دار شدن لیکوپن
۶۵	 (۵) تولید زانتوفیل‌ها از کاروتنوئیدهای حلقه‌دار
۶۵	 (۵-۱) هیدروکسی کاروتنوئیدها
۶۶	 (۵-۲) اگزو کاروتنوئیدها
۶۷	 (۵-۳) اپوکسی کاروتنوئیدها
۶۷	 تشکیل زانتوفیل‌های دارای حلقه در باکتری رودوباکتر
۷۱	 فهرست منابع

فصل چهارم: مسیرهای تولید کاروتنوئید و کاربرد آن در زیست‌فناوری

۷۹	 مقدمه
۸۴	 واکنش‌های تسلسلی منتهی به تولید کاروتنوئید
۸۴	 (۱) مسیر موالونات منتهی به پرنیل پیروفسفات‌ها
۸۸	 (۲) مسیر ۱-داکسی زایلولوز - ۵ - فسفات منتهی به تولید مولکول‌های پرنیل پیروفسفات
۹۱	 تشکیل و دگرگونی‌های داخلی کاروتنوئیدها
۹۷	 تنظیم و تعدیل تولید کاروتنوئیدها

۹۸	زیست‌شناسی مولکولی تولید کاروتنوئید
۹۸	(۱) الگوهای آغازگر
۹۸	(۲) مراحل اولیه (شکل ۴-۸ و ۴-۱۱)
۱۰۰	(۳) آنزیم فیتوئن سینتاز و واکنش‌های غیر اشباع‌سازی (شکل ۴-۱۲)
۱۰۳	(۴) تشکیل حلقه در کاروتنوئید (شکل‌های ۴-۱۳ و ۴-۱۴)
۱۰۴	(۵) هیدروکسیله شدن و سایر تغییرات ساختاری (شکل ۴-۱۴)
۱۰۸	تولید کاروتنوئیدها و واکنش‌های آنزیمی
۱۰۸	(۱) شناسایی آنزیم فیتوئن سینتاز
۱۰۹	(۲) شناسایی آنزیم فیتوئن دسچوراز
۱۰۹	(۲-۱) شناسایی نوع باکتریایی آنزیم فیتوئن دسچوراز
۱۰۹	(۲-۲) شناسایی نوع باکتریایی آنزیم فیتوئن دسچوراز
۱۱۰	(۲-۳) شناسایی آنزیم بتاکاروتن دسچوراز
۱۱۰	(۳) شناسایی آنزیم بتاکاروتن دسچوراز رمز شده بوسیله ژن <i>cr1Q</i>
۱۱۰	(۴) شناسایی آنزیم زتاکاروتن دسچوراز رمز شده بوسیله ژن <i>cr1Q-2/zds</i>
۱۱۱	(۵) شناسایی آنزیم لیکوپن سیکلاز
۱۱۱	(۶) شناسایی آنزیم بتاکاروتن هیدروکسیلاز
۱۱۲	(۷) شناسایی آنزیم زتازانتین اپوکسیداز
۱۱۲	(۸) شناسایی آنزیم نئوزانتین سینتاز
۱۱۲	دستکاری ژنتیکی مسیر تولید کاروتنوئیدها و تولید کاروتنوئید در میزبان‌های غیرکاروتن‌زا
۱۱۲	(۱) قارچ‌ها
۱۱۳	(۲) باکتری / شریشا کُلی
۱۱۳	(۳) مهندسی ایجاد مقاومت به علف‌کش‌های رنگ‌بر
۱۱۴	(۴) کاروتنوئیدهای میوه‌ی گوجه‌فرنگی
۱۱۴	(۵) گیاه گلزای تراریخته
۱۱۴	(۶) آندوسپرم تراریخته برنج
۱۱۶	فهرست منابع

فصل پنجم: تکامل مولکولی تولید کاروتنوئیدها از باکتری‌ها به گیاهان در طبیعت

۱۲۲	مقدمه
۱۲۳	متراکم شدن پرنیل پیروفسفات‌ها با فیتوئن
۱۲۳	تولید فیتوئن
۱۲۳	زیست‌آمایی (بیوسنتز) دی‌آپوفیتوئن
۱۲۴	مراحل غیر اشباع‌سازی تا فیتوئن
۱۲۸	ایزومری شدن آنزیمی پرولیکوپن
۱۲۹	حلقه‌دار شدن مولکول لیکوپن و واکنش‌های وابسته
۱۳۰	آنزیم <i>CrtY</i> باستانی وابسته به واکنش‌های لیکوپن سیکلاز باکتری‌ها، جلبک‌های سبز - آبی و گیاهان
۱۳۲	آنزیم‌های وابسته به لیکوپن سیکلاهای گیاهان
۱۳۳	لیکوپن سیکلاز هتروداایمر

۱۳۳	عملکرد دوگانه آنزیم لیکوپین سیکلاز فارچ‌ها
۲۱۰	فهرست منابع

فصل ششم: مسیرهای تولید کاروتنوئید در باکتری‌های صورتی و ویژگی‌های زیست‌فناوری آنها

۱۳۷	مقدمه
۱۴۱	تولید کاروتنوئید در باکتری‌های صورتی
۱۴۱	(۱) دسته‌بندی مسیرهای تولید کاروتنوئید در باکتری‌های صورتی
۱۴۱	(۲) ژن‌های کاروتن‌زا و خوشه‌های ژنی باکتری‌های صورتی
۱۴۲	(۳) تولید مولکول ایزوپنتنیل‌پیروفسفات و فیتون در باکتری‌های صورتی
۱۴۲	(۴) واکنش غیر اشباع شدن مولکول فیتون و تولید لیکوپین در باکتری‌های صورتی
۱۴۵	(۵) تولید مولکول اسپیریلوزانتین در باکتری‌های صورتی
۱۴۵	(۵-۱) مسیر اسپیریلوزانتین متداول
۱۴۶	(۵-۲) مسیر غیر معمول اسپیریلوزانتین باکتری‌های صورتی
۱۴۷	(۵-۳) مسیر اسفروئیدین در باکتری‌های صورتی
۱۴۹	(۵-۴) مسیر کاروتنال باکتری‌های صورتی
۱۵۲	(۶) تولید آکنون در باکتری‌های صورتی
۱۵۲	(۶-۱) مسیرهای آکنون و g.-keto در باکتری‌های صورتی
۱۵۳	(۷) تولید کاروتنوئیدهای گلیکوزیدی و سایر اسید چرب آنها در باکتری‌های صورتی
۱۵۵	کاروتنوئیدهای باکتری‌های صورتی
۱۵۵	(۱) باکتری‌های صورتی بی‌هوازی
۱۵۵	(۱-۱) آلفا پروتئوباکتری‌ها و بتا پروتئوباکتری‌ها
۱۵۵	(۱-۲) گاما پروتئوباکتری‌ها
۱۵۶	(۲) باکتری‌های فتوسنتز کننده هوازی
۱۵۹	فهرست منابع

فصل هفتم: تولید کاروتنوئید در گیاهان گلدار و تنظیم آن

۱۶۵	مقدمه
۱۶۶	مسیر تولید کاروتنوئید در گیاهان گلدار
۱۷۱	تنظیم فرآیند تولید کاروتنوئید در گیاهان گلدار
۱۷۱	(۱) تنظیم تولید کاروتنوئیدها در کروموپلاست‌ها
۱۷۲	(۲) تنظیم تولید کاروتنوئیدها در کلروپلاست‌ها
۱۷۳	شناسایی برخی آنزیم‌های ناشناخته مسیر تولید ایزوپنتنیل‌دی‌فسفات در گیاه الگوی فلفل
۱۷۵	(۱) نقش آنزیم‌های ترانس کتولازی در ایجاد فرآیند متراکم شدن کربن - کربن
۱۷۸	(۲) برهمکنش بین بخش‌های پلاستید و سیتوزول در هنگام تولید ایزوپنتنیل‌دی‌فسفات
۱۷۹	فهرست منابع

فصل هشتم: راهبردهای افزایش تولید کاروتنوئید میکروارگانیسم‌های کاروتن‌زا در شرایط بهینه‌سازی شده محیط کشت

۱۸۵	مقدمه
-----	-------

۱۸۶	اثر نور بر تولید کاروتنوئید
۱۹۰	اثر دما بر تولید کاروتنوئید
۱۹۱	اثر ترکیبات شیمیایی بر تولید کاروتنوئید
۱۹۳	اثر یون‌های فلزی و نمک‌ها بر تولید کاروتنوئید
۱۹۵	اثر واسطه‌های چرخه تری کربوکسیلیک اسید بر تولید کاروتنوئید
۱۹۶	اثر حلال‌ها بر تولید کاروتنوئید
۱۹۷	اثر منبع کربن بر تولید کاروتنوئید
۲۰۲	اثر منبع نیتروژن بر تولید کاروتنوئید
۲۰۳	اثر پی‌اچ (pH) بر تولید کاروتنوئید
۲۰۴	بهینه‌سازی تولید کاروتنوئیدها از راه روش‌های آماری و طرح آزمون‌های آماری
۲۰۹	فهرست منابع

فصل نهم: مهندسی متابولیسمی تولید کاروتنوئیدها در گیاهان کاروتن‌زا

۲۱۷	مقدمه
۲۱۷	مسیر تولید کاروتنوئید در گیاهان
۲۱۹	مهندسی کاروتنوئید با هدف بهبود تولید کاروتنوئید
۲۲۰	گیاهان به عنوان کارخانه‌های پخته‌ای تولید کننده کاروتنوئیدهای اختصاصی
۲۲۲	مهندسی تولید کاروتنوئید در برگ‌ها با هدف بهینه مقاومت گیاهان در برابر تنش
۲۲۲	مهندسی تنظیم و پروتئین‌های همدست
۲۲۶	فهرست منابع استفاده شده

فصل دهم: مهندسی متابولیسمی تولید کاروتنوئیدها در باکتری‌ها و مخمرهای غیر کاروتن‌زا

۲۳۱	مقدمه
۲۳۵	جداسازی دسته ژن‌های تولید کننده کاروتنوئید و شناسایی عملکرد هر یک از آنها
۲۳۵	(۱) گونه‌های ارووینیا
۲۳۸	(۲) باکتری آگروباکتریوم ژئورانتیا کوم و سایر باکتری‌ها
۲۴۰	تولید کاروتنوئید در باکتری‌های نوترکیب
۲۴۰	(۱) تولید کاروتنوئید در <i>اشریشیا گللی</i> با استفاده از واحدهای ساختمانی ایزوپنتیل دی فسفات و استیل الیل دی فسفات
۲۴۱	(۲) مهندسی متابولیک تولید کاروتنوئید در باکتری <i>اشریشیا گللی</i>
۲۴۲	(۲-۱) مهندسی مسیر متابولیک مرکزی و افزایش شار مرکزی ایزوپرنوئید در <i>اشریشیا گللی</i> تراریخته
۲۴۴	(۲-۲) مهندسی متابولیک مسیر ۲-سی - متیل - دی - اریتریتول - ۴ - فسفات (MEP)
۲۴۵	(۲-۳) مهندسی متابولیک مسیر موالونات
۲۴۷	(۲-۴) مهندسی متابولیک مسیر پرنیل دی فسفات
۲۴۸	(۲-۵) مسیر بهبود یافته
۲۴۹	(۲-۵-۱) تولید لیکوپن، بتاکاروتن و زئازانتین در <i>اشریشیا گللی</i> و سایر باکتری‌ها
۲۵۰	(۲-۵-۲) تولید آستازانتین و کانتازانتین در <i>اشریشیا گللی</i> تراریخته
۲۵۰	(۲-۶) روش‌های جدید برای مهندسی متابولیک تولید کاروتنوئید در باکتری <i>اشریشیا گللی</i>
۲۵۰	(۲-۶-۱) روش از کار انداختن ژن‌ها

۲۵۱	۲-۶-۲) روش ساچمه‌ای (شاتگان).....
۲۵۲	۲-۶-۳) روش هم‌گذاری ژن.....
۲۵۲	۲-۷) فرآیند تخمیر باکتری/شریشیا گلی نو ترکیب.....
۲۵۲	۲-۷-۱) تخمیر درون ارلن‌مایر.....
۲۵۳	۲-۷-۲) تخمیر درون فرمانتور.....
۲۵۴	تولید کاروتنوئید در مخمرهای نو ترکیب.....
۲۵۴	۱) تولید لیکوپن و بتاکاروتن در مخمر نو ترکیب ساکارومایسس سرویزیه.....
۲۵۴	۲) تولید لیکوپن، بتاکاروتن و آستاژانتین در مخمر کاندیدا یوتیلیس.....
۲۵۵	۳) افزایش شار مرکزی ایزوپرنوئید در مخمر کاندیدا یوتیلیس تراریخته.....
۲۵۸	فهرست منابع.....

فصل یازدهم: زیست‌شناسی تبدیل کاروتنوئیدها به مواد معطر و طعم دهنده

۲۶۳	مقدمه.....
۲۶۴	ادراک بهتر از طبیعت.....
۲۶۵	تولید مواد معطر با اسفاد زیست‌شناسی.....
۲۶۶	ایزوپرنوئیدها.....
۲۶۷	کاروتنوئیدها: ایزوپرنوئیدهای رنگدانه‌ای.....
۲۶۹	آپوکاروتنوئیدها و تقسیم مولکول کاروتنوئیدها.....
۲۷۰	ترکیبات معطر مشتق از کاروتنوئید: نوایزوپرنوئیدها و سایر ترکیبات.....
۲۷۵	تولید ترکیبات معطر مشتق از کاروتنوئید بوسیله آنزیم‌های اکسیژناز گیاه.....
۲۷۶	تولید ترکیبات معطر مشتق از کاروتنوئید بوسیله آنزیم‌های اکسیژناز میکروبی.....
۲۷۶	۱) آنزیم اکسیژنازی شکافنده موقعیت (۸ و ۷) و ۸ و ۷ بدست آمده از سانوباکتری میکروسیستیس PCC 7806.....
۲۷۷	۲) ترکیبات همراه با مواد معطر حاصل از کشت‌های کالوتریکس و پلکوریما.....
۲۷۸	۳) سه آنزیم اکسیژناز بدست آمده از نوستوک PCC7120 همراه با فعالیت‌های متابولیت شکافندگی.....
۲۸۰	تولید ترکیبات معطر مشتق از کاروتنوئید بوسیله یاخته‌های میکروبی.....
۲۸۰	۱) زیست‌تبدیلی لوتئین به ترکیبات معطر تنباکو.....
۲۸۳	۲) شکافت مولکول بتاکاروتن در قارچ‌ها و تولید ترکیبات عامل طعم.....
۲۸۵	۳) تولید ترکیبات معطر از آپوکاروتنوئید به تازگی کشف شده.....
۲۸۹	تولید ترکیبات معطر مشتق از کاروتنوئید بوسیله سایر آنزیم‌های میکروبی: آنزیم پراکسیدازی بدست آمده از لیپتا ایرینا.....
۲۹۰	چشم‌انداز پژوهش‌های آینده.....
۲۹۲	فهرست منابع.....

فصل دوازدهم: تکامل هدایت شده مسیر تولید کاروتنوئیدها در آزمایشگاه و تولید کاروتنوئیدهای جدید

۲۹۷	مقدمه.....
۲۹۸	مروری مجدد و خلاصه در مورد مسیرهای زیست‌آمایی کاروتنوئید.....
۳۰۱	کاروتنوئیدها به عنوان یک سیستم الگو برای ایجاد تحول و دگرگونی مسیر آزمایشگاه.....
۳۰۳	مسیرهای قابل گشایش و آنزیم‌ها.....
۳۰۴	روش‌های جدید مهندسی مسیرهای تولید کاروتنوئید.....

۳۰۵	مهندسی مسیر تولید کاروتنویید با روش هم‌گذاری ژن
۳۰۷	مهندسی مسیر تولید کاروتنویید با استفاده از مسیر تکامل آنزیم هدایت شده
۳۰۹	کاووش قابلیت گشایش مسیرهای تولید کاروتنویید و آنزیم‌های کاروتن‌زا
۳۰۹	(۱) تکامل هدایت شده آنزیم‌های کاروتن‌زای کلیدی
۳۰۹	(۱-۱) آنزیم ایزوپرنیل‌دی‌فسفات سینتاز
۳۱۳	(۱-۲) آنزیم‌های کاروتنویید سینتاز
۳۱۶	(۱-۳) آنزیم‌های غیر اشباع کننده کاروتنویید (کاروتنویید دسچورازها)
۳۲۰	(۱-۴) آنزیم‌های ایجاد کننده حلقه در مولکول کاروتنوییدی
۳۲۴	(۱-۵) آنزیم‌های کاتالیز کننده تغییر و تبدیل‌های بیشتر
۳۲۷	ایجاد مسیرهایی با داربست‌های کربنی جدید برای کاروتنوییدها
۳۲۷	(۱) یک مسیر کاروتنوییدی ۲۵ کربنی
۳۲۹	(۲) کاروتنوییدهای دارای ستون بلندتر
۳۳۲	چشم‌انداز تحقیقات آینده
۳۳۲	(۱) دیدگاه تجدید نظر شده دربارهٔ زیست‌آمایی (بیوسنتز) کاروتنویید
۳۳۲	(۲) چالش‌های آینده: مسیرهای خاص
۳۳۲	(۳) ویژگی آنزیم گشایش شدنی
۳۳۳	(۴) کانال‌های طراحی شده
۳۳۳	(۵) ایجاد ویژگی اختصاصی بوسیله توازن
۳۳۴	(۶) ایجاد ویژگی اختصاصی از راه انحراف از واسطه‌های اختوا
۳۳۴	چشم‌اندازها و چالش‌های متنوع ساختن سایر مسیرها با استفاده از تکامل هدایت شده
۳۳۸	فهرست منابع

فصل سیزدهم: جنبه‌های صنعتی تولید میکروبی رنگدانه‌های کاروتنویید

۳۴۷	مقدمه
۳۴۷	کاروتنوییدهای مهم از دیدگاه صنعتی
۳۵۰	فرآیندهای زیستی تولید رنگدانه‌های کاروتنوییدی
۳۵۰	(۱) لوتین
۳۵۱	(۲) زنازانترین
۳۵۱	(۳) رودوزانتین
۳۵۲	(۴) کانتازانتین
۳۵۸	(۵) بتاکاروتن
۳۵۹	(۶) آستازانتین
۳۷۳	(۷) لیکوپین
۳۷۴	استفاده از رنگدانه‌های کاروتنوییدی در صنایع غذایی و مقادیر مجاز
۳۷۵	(۱) استفاده از کاروتنوییدهای طبیعی (غیر سنتزی) و مقادیر مجاز
۳۷۵	(۱-۱) آنانو
۳۷۶	(۱-۲) النورزین‌های حاوی کاروتن‌ها
۳۷۶	(۱-۳) ریزجلبک <i>دونالیا</i>

۳۷۷	۴-۱) ریز جلبک همتوکوکوس
۳۷۷	۵-۱) گل همیشه بهار
۳۷۸	۶-۱) فلفل قرمز
۳۸۰	۷-۱) زعفران
۳۸۱	۸-۱) گوجه‌فرنگی
۳۸۱	۲) استفاده از کاروتنوئیدهای شیمیایی (سنتزی) و مقادیر مجاز
۳۸۲	۱-۲) لیکوپن
۳۸۲	۲-۲) زئازانتین
۳۸۲	۳-۲) کانتازانتین
۳۸۷	فهرست منابع

فصل چهاردهم: زیست‌شناسی مولکولی رنگدانه‌های کاروتنوئیدی جانوران دریازی و نقش آنها در آبزیان

۳۹۵	مقدمه
۳۹۶	پراکنش کاروتنوئیدها در حیوانات دریازی
۳۹۶	ترکیب رنگدانه‌های کاروتنوئیدی جانوران آبی
۴۰۰	۱) بی‌مهرگان دریازی
۴۰۰	۱-۱) شاخه سخت‌پوستان
۴۰۲	۳-۱) پوشش سخت خارجی سخت‌پوستان
۴۰۲	۳-۲) تخم‌ها و تخمدان‌ها
۴۰۳	۴-۱) نرم‌تنان دریازی (دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان، پلان‌ناویان، کتون‌ها)
۴۰۷	۲) اعضای رده‌ی ماهیان
۴۰۸	۱-۲) ترکیب و محتوای کاروتنوئیدها در ماهیچه
۴۰۸	۲-۲) ترکیب و محتوای کاروتنوئیدها در قشر پوششی و لایه پرها
۴۱۱	۳-۲) کاروتنوئیدهای موجود در تخم‌ها و تخمدان‌ها
۴۱۶	متابولیسم رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در آبزیان
۴۱۷	رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و آبی‌پروری
۴۱۸	منابع رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در خوراک آبزیان
۴۱۸	۱) منابع سخت‌پوستان
۴۲۱	۲) منابع میکروبی
۴۲۳	تجمع رنگدانه‌ها در بافت‌ها و رنگی شدن آبزیان و ماهی‌های پرورشی
۴۲۵	نقش زیستی مولکول‌های کاروتنوئیدی در آبزیان
۴۲۵	۱) کاروتنوئیدها و فعالیت ویتامین آ در آبزیان
۴۲۶	۲) نقش کاروتنوئیدها در تولید مثل آبزیان
۴۲۷	۳) کاروتنوئیدها و کاروتنوپروتئین‌های آبزیان
۴۳۱	فهرست منابع

فصل پانزدهم: استخراج و شناسایی کاروتنوئیدها، و پایداری آنها در سیستم‌های آَلگو

۴۴۱	مقدمه
-----	-------

۴۴۱	جنبه‌های آسلوب‌شناسی استخراج کاروتنوئیدها.....
۴۴۲	(۱) استخراج کاروتنوئید.....
۴۴۲	(۱-۱) استخراج با استفاده از حلال‌ها.....
۴۴۳	(۲-۱) استخراج با استفاده از آنزیم یا آب.....
۴۴۴	(۳-۱) استخراج با استفاده از سیال فرا بحرانی.....
۴۴۴	(۱-۳-۱) انحلال و قابلیت حل‌پذیری رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در سیال فرا بحرانی.....
۴۴۶	(۱-۳-۲) ضرورت استخراج با سیال فرا بحرانی.....
۴۴۷	(۱-۳-۳) سیال‌های فرا بحرانی رایج استفاده شده برای استخراج کاروتنوئید.....
۴۴۷	(۱-۳-۳-۱) دی اکسید کربن.....
۴۴۸	(۱-۳-۳-۲) آب.....
۴۴۹	(۱-۳-۳-۳) الکل.....
۴۵۰	(۱-۳-۳-۴) اتان.....
۴۵۰	(۱-۳-۴) انحلال کاروتنوئیدها در سیال‌های فرا بحرانی.....
۴۵۱	(۱-۳-۵) ویژگی‌های ترکیبات هدف‌گذاری شده در استخراج با سیال فرا بحرانی.....
۴۵۲	(۱-۳-۶) رفتار شاخص یک جسم حل شده جامد در یک حلال فرا بحرانی.....
۴۵۳	(۱-۳-۶-۱) کاروتنوئیدها.....
۴۶۰	(۱-۳-۶-۲) کاروتن‌ها (هیدروکربن‌ها).....
۴۶۱	(۱-۳-۶-۲-۱) لیکوپن.....
۴۶۴	(۱-۳-۷) عوامل اثرگذار در قابلیت حل‌شوندگی کاروتنوئیدها در سیال فرا بحرانی.....
۴۶۵	(۱-۳-۷-۱) فشار.....
۴۶۷	(۱-۳-۷-۲) دما.....
۴۶۸	(۱-۳-۷-۳) هم‌حلال‌ها.....
۴۶۹	(۱-۳-۷-۴) دبی حلال و چگالی.....
۴۷۱	(۱-۳-۷-۵) ترکیب مواد.....
۴۷۱	(۱-۳-۷-۶) شرایط ذخیره‌سازی.....
۴۷۲	(۱-۳-۷-۷) زمان‌های استخراج.....
۴۷۲	(۱-۳-۷-۸) محتوای آب مواد.....
۴۷۳	(۲) فرآیند صابونی شدن کاروتنوئید.....
۴۷۴	(۳) فرآیند جداسازی کاروتنوئید.....
۴۷۴	(۴) روش‌های تعیین ویژگی‌های کاروتنوئید.....
۴۷۵	(۴-۱) طیف‌سنجی.....
۴۷۶	(۴-۲) آزمون‌های شیمیایی.....
۴۷۶	(۴-۳) ارزیابی ضریب ایجاد رنگ.....
۴۷۷	اهمیت رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در پایداری رنگ‌های مواد غذایی، فرآوری و تولید غذاها.....
۴۷۸	(۱) پایداری کاروتنوئیدها در سیستم‌های آلگو.....
۴۷۸	(۲) فرآوری و پایداری کاروتنوئیدها در غذاها.....
۴۸۴	فهرست منابع.....

فصل شانزدهم: زیست‌شیمی کاروتنوئیدها و نقش آنها در سلامتی انسان

۴۹۱	 مقدمه
۴۹۴	 کاروتنوئیدها - زیست‌شیمی و رخداد آنها
۴۹۶	 جذب و انتقال رنگدانه‌های کاروتنوئیدی
۴۹۷	 (۱) هضم و انحلال مواد غذایی
۴۹۷	 (۲) پراکنش (دیسپرسیون) کاروتنوئیدها درون ذرات چربی امولسیون شده
۴۹۸	 (۳) کاروتنوئیدها و تشکیل میسل‌های نمک‌های صفراوی
۴۹۹	 (۴) انتقال کاروتنوئید از درون لایه بی‌تحرک آب به داخل یاخته‌های اپیتلیومی روده
۴۹۹	 (۵) متراکم شدن مجدد کاروتنوئیدها به شکل ذرات بزرگ لیپوپروتئین درون یاخته‌های پوشش مخاطی روده
۵۰۰	 (۶) انتقال کاروتنوئید درون پلاسما و متابولیت‌های آنها
۵۰۱	 پلاسما و محتوای کاروتنوئید بافت‌ها
۵۰۲	 دسترسی زیست‌شیمی کاروتنوئید در انسان
۵۰۲	 عوامل مؤثر بر دسترسی زیستی کاروتنوئیدها
۵۰۲	 (۱) نوع کاروتنوئیدها
۵۰۳	 (۲) اشکال ایزومری
۵۰۳	 (۳) استرهای کاروتنوئیدها
۵۰۳	 (۴) مقدار کاروتنوئیدها
۵۰۴	 (۵) ماتریس غذا
۵۰۴	 (۶) اثر فراوری غذا بر قابلیت استفاده زیستی (ارزش زیستی) کاروتنوئیدها
۵۰۵	 متابولیسم کاروتنوئید
۵۰۵	 (۱) تغییر شکل و ماهیت متابولیکی بتاکاروتن
۵۰۶	 (۲) تغییر شکل و ماهیت متابولیکی لوتئین و زئزانترین
۵۰۶	 (۳) متابولیسم سایر کاروتنوئیدهای رایج
۵۰۷	 کاروتنوئیدها و فعالیت پاد اکسندگی
۵۰۸	 (۱) کاروتنوئیدها و اکسیژن یگانه
۵۰۸	 (۲) برهمکنش کاروتنوئیدها با بنیان‌های آزاد
۵۰۹	 کاروتنوئیدها و سرطان
۵۱۰	 (۱) هم‌افزایی بین کاروتنوئیدها و ریزمغذی‌های گیاهی
۵۱۱	 (۲) کاروتنوئیدها و نسخه‌برداری از مولکول DNA
۵۱۱	 (۲-۱) عملکرد کاروتنوئید در یاخته و ساز و کارهای مولکولی
۵۱۳	 (۲-۲) دخالت کاروتنوئیدها در نسخه‌برداری از مولکول DNA
۵۱۴	 (۲-۳) گیرنده‌های رتینوئید
۵۱۵	 (۲-۴) سیستم رونوشت‌برداری AP-1
۵۱۶	 (۲-۵) گیرنده‌های فعال شده تکثیر یاخته‌ای پروکسیزوم
۵۱۷	 (۲-۶) عامل پاسخ به پاد اکسنده
۵۱۸	 (۲-۷) گیرنده‌های هسته بیگانه و گیرنده‌های هسته جفت نشده
۵۱۹	 (۲-۸) عملکرد هم‌افزای کاروتنوئیدها با سایر مواد مغذی گیاهی
۵۲۰	 (۳) تنظیم مخایره مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته بوسیله کاروتنوئیدها در یاخته‌های سرطانی

۵۲۰	اثرات کاروتنوئیدها بر آنزیم‌های سیستم پروتئاز.....
۵۲۰	اثرات کاروتنوئیدها بر میتوکندری‌ها.....
۵۲۱	اثرات کاروتنوئیدها بر زن‌ها و یا پروتئین‌های درگیر در مرگ برنامه‌ریزی شده یاخته.....
۵۲۱	فعالیت ضد سرطانی کاروتنوئیدها.....
۵۲۲	۱) سرطان ریه.....
۵۲۲	۲) سرطان سینه.....
۵۲۲	۳) سرطان پروستات.....
۵۲۳	۴) سرطان روده بزرگ.....
۵۲۳	۵) کاروتنوئیدها و حفاظت از پوست.....
۵۲۳	کاروتنوئیدها و تخریب تدریجی ناحیه مرکزی شبکیه چشم (AMD).....
۵۲۴	کاروتنوئیدها و پیشگیری از بیماری‌های قلب و عروق.....
۵۲۴	کاروتنوئیدها و نقش آن‌ها در افزایش ایمنی بدن.....
۵۲۵	فهرست منابع.....
۵۳۵	ضمیمه‌ها.....
۵۳۹	واژگان.....
۵۶۱	نمایه فارسی.....
۵۷۹	نمایه انگلیسی.....

پیش‌گفتار

«دل هر ذره را که بشکافی آفتابیش در میان بینی»

ابن سینا

رنگدانه‌های کاروتنوئیدی مانند کاروتن‌ها و زانتوفیل‌ها گسترده‌ترین مولکول‌های موجود در طبیعت هستند. صدها مولکول از این خانواده شناسایی شده است و این روند همچنان ادامه دارد. کاروتنوئیدها خواص منحصر به فردی دارند: ایجاد تنوع گسترده‌ای از رنگ‌ها، ویژگی‌های بسیار مهم زیستی مانند پاد اکسندگی، مهار کردن عامل بیماری ایدز، خواص ضد سرطانی و غیره. کاربردهای گسترده در صنایع غذایی، شیمیایی، داروسازی، خوراک دام، صنایع آرایشی و بهداشتی از جمله این موارد است. کتابی که پیش رو دارید شرح نسبتاً مفصلي درباره این ویژگی‌ها است. با توجه به اهمیت شناخت این رنگدانه‌ها که در جامعه علمی کشورمان کمتر به آن توجه شده است و آنچه که شرح داده شد، پدیدآورندگان این اثر نیاز به چنین منبع علمی را احساس کردند که بتواند در حد خود دانش مناسبی از این مولکول‌ها را ارائه دهد و جامعه علمی کشورمان را با اهمیت رنگدانه‌های کاروتنوئیدی آشنا سازد. یکی از دلایل بسیار مهم توجه به این رنگدانه‌ها، گاه بشر به مضرات استفاده از رنگ‌های مصنوعی (شیمیایی) در فرآورده‌های غذایی، خوراک دام و فرآورده‌های آرایشی و بهداشتی بوده است.

امروزه، مطمئن هستیم رنگدانه‌های مصنوعی عوارض سوء و جانبی بر سلامتی انسان دارند. بنابراین، همین عامل تأثیر بس شگرفی بر روند پژوهش‌های انجام گرفته درباره مولکول‌های کاروتنوئیدی داشته است. مهم‌ترین این پژوهش‌ها عبارتند از: شناسایی ارگانسیم‌های تولیدکننده کاروتنوئید، چراغ لازم برای دستیابی به بالاترین میزان تولید در ارگانسیم‌های کاروتن‌زا، تولید ارگانسیم‌های کاروتن‌زای جهش‌یافته دارای توان تولید بالا و پایدار از کاروتنوئیدها، تبدیل میکروبی کاروتنوئیدها و دستیابی به دیگر مواد عامل ایجاد طعم و عطر طبیعی، استفاده کردن از روش‌های مهندسی متابولیک در ارگانسیم‌های کاروتن‌زا برای تولید مقادیر بالای کاروتنوئید، به کارگیری رنگدانه‌های کاروتنوئید در صنایع غذایی، خوراک دام، صنایع آرایشی و بهداشتی و صنعت آبی‌پروری (ایجاد رنگ مطلوب در انواع آبزیان)، استفاده از مولکول‌های کاروتنوئید در تولید انواع داروها و نیز پژوهش‌های آزمایشگاهی با هدف مهار کردن سرطان و سایر بیماری‌ها، و در موارد جدیدتر الگوبرداری از مسیر تولید و مسیر تکامل کاروتنوئیدها در طبیعت برای تولید کاروتنوئیدهای جدیدی که حتی در طبیعت تولید نمی‌شوند.

در این کتاب، در حد مطلوب، به تمام این موارد پرداخته شده است. کتاب را مروری بسیار گذرا بر ویژگی‌های شیمیایی این ترکیبات دارد. فصل دوم درباره منشأ این رنگدانه‌ها و علت پیدایش آن‌ها از بیلیون سال قبل، تاکنون است. فصل‌های بعدی مباحثی درباره روش‌های مهندسی متابولیک در ارگانسیم‌های کاروتن‌زا و تولید ارگانسیم‌های کاروتن‌زای جهش‌یافته دارای توان تولید بالا و پایدار از کاروتنوئیدها را شرح می‌دهند. در فصل‌های پایانی درباره استخراج و اثر این مولکول بر سلامت انسان بحث شده است. در تدوین و تألیف این کتاب تنها از منابع مهم علمی، یعنی مقالات معتبر، استفاده شده است. این مجموعه مقالات موجود، مولفان سعی کرده‌اند که از مهم‌ترین نتایج و دستاوردها استفاده کنند و به همین دلیل از منابع بسیاری در تألیف این کتاب استفاده شده است که در نوع خود منحصر به فرد است. در پایان، مولفان امیدوارند گامی کوچک در راستای آشنایی بیشتر جامعه علمی کشور با این شاخه از رنگدانه‌های طبیعی برداشته باشند.

این کتاب با حمایت‌های معنوی قطب علمی فناوری‌های نوین به منظور تولید غذاهای فراسودمند به چاپ رسیده است.

سید هادی رضوی و محمدرضا نصری نصرآبادی

فروردین ۱۳۹۱ هجری خورشیدی