



متابولیت‌های کاربردی قارچ‌ها

(ساختار شیمیایی، بیوسنتز و ژنتیک ملکولی)

دکتر پریسا طاهری

عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

مهندس زهره نسیمی

سرشناسه: طاهری، پریسا، ۱۳۵۵-
 عنوان و نام پدیدآور: متابولیت‌های کاربردی قارچ‌ها (ساختار شیمیایی، بیوسنتز و ژنتیک مولکولی) / پریسا طاهری، زهره نسیمی.
 مشخصات نشر: مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۷.
 مشخصات ظاهری: ۲۵۸ ص. مصور، جدول، نمودار.
 فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۶۹۰
 شابک: ISBN: 978-964-386-365-4
 وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا.
 یادداشت: کتابنامه.
 یادداشت: نمایه.
 یادداشت: واژه‌نامه. کتابنامه. نمایه.
 موضوع: متابولیت‌های قارچی
 موضوع: Fungal Metabolites
 شناسه افزوده: نسیمی، زهره، ۱۳۶۰-
 شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد.
 شناسه افزوده: Ferdowsi University of Mashhad
 رده‌بندی کنگره: QR۸۴/ط۲م۲ ۱۳۹۷
 رده‌بندی دیویی: ۵۷۲/۲۹۵
 شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۰۰۹۵۹

متابولیت‌های کاربردی قارچ‌ها (ساختار شیمیایی، بیوسنتز و ژنتیک مولکولی)



انتشارات
۶۹۰

پدیدآورنده: دکتر پریسا طاهری؛ مهندس زهره نسیمی
 ویراستار علمی: دکتر حمیدرضا پوریان‌فر
 مشخصات: وزیری، ۵۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۹۷
 چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد
 بها: ۱۵۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، سازمان مرکزی، جنب سلف یاس تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت، شماره ۲۳۸ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نیش خیابان نظری، شماره ۱۴۲ تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست

پیشگفتار.....	۸
فصل ۱. تاریخچه کشف و توسعه متابولیت‌های قارچی.....	۹
۱-۱ گذری اجمالی بر قارچ‌ها و متابولیت‌های ثانویه.....	۹
۲-۱ ساختار قارچ‌ها.....	۱۳
۳-۱ طبقه‌بندی قارچ‌ها.....	۱۵
۴-۱ دیواره سلولی قارچ.....	۱۷
۵-۱ تاریخچه کشف و استفاده از متابولیت‌های قارچی.....	۱۹
۶-۱ متابولیت‌های ثانویه در قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی.....	۳۱
فصل ۲. شیمی رشد قارچ‌ها.....	۳۳
۱-۲ محیط کشت.....	۳۳
۲-۲ تخمیر آزمایشگاهی و صنعتی.....	۳۶
۳-۲ مراحل تخمیر.....	۳۷
۴-۲ استخراج متابولیت‌های قارچی.....	۳۹
۵-۲ نقش ترکیبات محیط کشت در متابولیت‌های تولیدی قارچ‌ها.....	۴۰
۶-۲ رشد قارچ‌ها در طبیعت.....	۴۳
فصل ۳. متابولیت‌های قارچی و کاربردهای آن‌ها.....	۴۵
۱-۳ چالش‌های کاربرد متابولیت‌های قارچ‌ها.....	۴۵
۲-۳ کاربردهای فراورده‌های طبیعی قارچی.....	۴۶
۱-۲-۳ آنتی‌بیوتیک‌ها.....	۴۶
۲-۲-۳ عوامل کاهنده کلسترول.....	۴۷
۳-۲-۳ داروهای ضد سرطان.....	۴۸
۴-۲-۳ داروهای سرکوبگر ایمنی.....	۴۹

۵۰	۵-۲-۳ کاربردهای مایکوتوکسین‌ها
۵۰	۶-۲-۳ بازدارنده‌های فعالیت آنزیم
۵۱	۷-۲-۳ رنگدانه‌ها
۵۲	۸-۲-۳ شیرین کننده‌ها
۵۳	فصل ۴. متابولومیکس و پروفایل متابولیت‌های ثانویه در قارچ‌های رشته‌ای
۵۳	۱-۴ متابولیت‌های ثانویه با پتانسیل‌های دارویی
۵۵	۲-۴ مروری بر متابولومیکس قارچ‌ها
۵۵	۱-۲-۴ مفهوم عمومی متابولومیکس
۵۷	۲-۲-۴ روش‌های تحلیلی در متابولومیکس
۵۹	۳-۲-۴ تفسیر و شناسایی متابولیت‌ها
۶۰	۳-۴ آنالیز اگزومتابولوم و اندومتابولوم قارچ
۶۰	۱-۳-۴ آماده‌سازی نمونه برای آنالیز اگزو و اندومتابولوم متابولیت‌های غیرفرار
۶۱	۲-۳-۴ استفاده از GC-MS و LC-MS برای آنالیز نمونه کشت قارچ‌ها
۶۴	۴-۴ کاربردهای ابزارهای متابولومیکس در مطالعه قارچ‌های رشته‌ای
۶۴	۱-۴-۴ تعیین پروفایل متابولیت ثانویه برای کموتاکسونومی
۶۶	۲-۴-۴ استفاده از پروفایل متابولیت برای غربالگری و تولید فراورده‌های طبیعی قارچ‌ها
۶۸	۳-۴-۴ استفاده از متابولومیکس برای مطالعه برهمکنش‌های زیستی در قارچ‌ها
۶۹	۵-۴ مسیر بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه قارچی
۷۱	۶-۴ خوشه‌های ژن متابولیت‌های ثانویه قارچی و تنظیم کننده‌های آن‌ها
۷۲	۷-۴ تنظیم کننده‌های اصلی متابولیسم ثانویه قارچی
۷۲	۱-۷-۴ فاکتورهای رونویسی خانواده CYS_6 (II) ZN
۷۴	۲-۷-۴ فاکتورهای رونویسی خانواده CYS_2HIS_2
۷۶	۳-۷-۴ فاکتورهای رونویسی خانواده bZIP
۷۷	۴-۷-۴ فاکتورهای رونویسی خانواده Winged Helix
۷۷	۸-۴ تنظیم کننده‌های عمومی
۷۷	۱-۸-۴ Are - نیتروژن
۷۸	۲-۸-۴ PacC - اسیدیته
۷۸	۳-۸-۴ CreA - کربن
۷۸	۴-۸-۴ Velvet complex - نور
۷۹	۵-۸-۴ CBC - آهن
۸۰	۹-۴ شناسایی فراورده‌های ژن با وزن مولکولی پایین با تعیین پروفایل متابولیت‌ها
۸۰	۱۰-۴ توسعه تحقیقات جهانی متابولیت‌های ثانویه قارچی

- ۱۱-۴ بهره‌برداری از زیستگاه‌های کشف‌نشده قارچی و شیوه زندگی برای متابولیت‌های جدید ۸۲
 ۱۲-۴ پیشرفت‌های اخیر در بهبود متابولومیکس قارچی ۸۴

فصل ۵. متابولیت‌های پلی‌کتیدی قارچی ۸۷

- ۱-۵ پلی‌کتیدها و بیوستز آن‌ها ۸۷
 ۲-۵ تری‌کتیدها ۸۹
 ۳-۵ تتراکتیدها ۹۱
 ۱-۳-۵ متیل‌سالسیلیک‌اسید ۹۱
 ۲-۳-۵ پاتولین و اسیدپنی‌سیلیک ۹۲
 ۳-۳-۵ اسید گلا دیولیک و ترکیب‌های مرتبط با آن ۹۳
 ۴-۳-۵ تروپلون‌های تتراکتیدی ۹۴
 ۵-۳-۵ اسید مایکوفنولیک ۹۵
 ۴-۵ پنتاکتیدها ۹۶
 ۱-۴-۵ سیتترینین ۹۶
 ۲-۴-۵ ترئین ۹۷
 ۵-۵ هپتا و اوکتاکتید ۹۹
 ۱-۵-۵ گریزئوفولونین ۹۹
 ۲-۵-۵ کلادوسپورین (آسپرنین) ۱۰۰
 ۶-۵ پلی‌کتید لاکتون‌ها ۱۰۱
 ۷-۵ استاتین‌ها ۱۰۴
 ۸-۵ سیتوکالاسین‌ها ۱۰۵
 ۹-۵ اسیدهای چرب در قارچ‌ها ۱۰۶
 ۱۰-۵ پلی‌استیلین‌های حاصل از قارچ‌های پیشرفته ۱۰۷

فصل ۶. متابولیت‌های قارچی مشتق‌شده از چرخه اسید سیتریک ۱۱۱

- ۱-۶ اسیدسیتریک و اسیدهای مرتبط ۱۱۱
 ۲-۶ ترونیک اسیدهای قارچی ۱۱۳
 ۳-۶ کانادنسولید و اونا سیولید ۱۱۵
 ۴-۶ نونادریدها ۱۱۶
 ۵-۶ اسکوالستاتین‌ها ۱۱۷

فصل ۷. شیمی عطر و طعم قارچ‌ها ۱۱۹

- ۱-۷ رنگدانه‌های پلی‌کتیدی قارچ‌ها ۱۲۰

- ۱۲۰ ۱-۱-۷ فومیگاتین
- ۱۲۱ ۲-۱-۷ آرو گلا سین و فلاو گلا سین
- ۱۲۲ ۳-۱-۷ رنگدانه‌های هیدروکسی آنتراکوئینون
- ۱۲۳ ۴-۱-۷ رنگدانه‌های زانتون و نفتوپیرون
- ۱۲۴ ۵-۱-۷ کوئینون‌های دایمر و گسترده
- ۱۲۵ ۲-۷ رنگدانه قارچی مشتق شده از مسیر شیکیمیت
- ۱۲۵ ۱-۲-۷ ترفنیل‌ها
- ۱۲۸ ۲-۲-۷ اسیدپولونینک‌ها
- ۱۳۱ ۳-۷ رنگدانه‌های حاوی نیتروژن
- ۱۳۳ ۴-۷ رنگدانه‌های تریپنئیدی
- ۱۳۳ ۱-۴-۷ کاروتنوئیدهای قارچی
- ۱۳۵ ۵-۷ بستره‌های گل‌سنگی
- ۱۳۸ ۶-۷ مواد معطر قارچ‌ها
- ۱۳۸ ۱-۶-۷ متابولیت‌های فرار قارچ‌ها

فصل ۸. سیدروف‌های قارچی به‌عنوان متابولیت‌های وابسته به پیتیدسینتازهای غیرریبوزومی ۱۴۳

- ۱۴۳ ۱-۸ آهن در تقاطع مرگ و زندگی
- ۱۴۷ ۲-۸ تنظیم تولید سیدروفر در پاسخ به محرک‌های محیطی
- ۱۴۹ ۳-۸ ساختار و عملکرد اختصاصی سیدروفر
- ۱۵۳ ۴-۸ بیوسنتز سیدروفر
- ۱۵۵ ۵-۸ طراحی دامانه آنزیم‌های پیتیدسینتازهای غیرریبوزومی تولیدکننده سیدروفر
- ۱۵۶ ۶-۸ تکامل پیتیدسینتازهای غیرریبوزومی سیدروفر
- ۱۵۷ ۷-۸ مطالعه ساختاری آنزیم‌های بیوسنتز سیدروفر قارچی

فصل ۹. نقش متابولیت‌های ثانویه به‌عنوان مایکوتوکسین ۱۶۱

- ۱۶۱ ۱-۹ ارگوتیسم
- ۱۶۳ ۲-۹ تریکوتسین‌ها به‌عنوان مایکوتوکسین
- ۱۶۶ ۳-۹ سایر توکسین‌های فوزاریوم
- ۱۶۷ ۴-۹ آفلاتوکسین
- ۱۶۸ ۵-۹ مایکوتوکسین‌های گونه‌های *Penicillium*
- ۱۷۲ ۶-۹ قارچ‌های کلاهک‌دار سمی (سمارغ‌های سمی)

۱۷۷	فصل ۱۰. شیمی بیماری‌های قارچی گیاهان
۱۷۸	۱-۱۰ کلیات شیمی روابط قارچ- گیاه
۱۷۹	۲-۱۰ شیمی بیماری‌زایی بیمارگرهای عامل بیماری‌های لکه برگی
۱۷۹	۱-۲-۱۰ کپک خاکستری پودری (<i>Botrytis cinere</i>)
۱۸۳	۲-۲-۱۰ لکه‌برگی‌های آلترناریایی
۱۸۵	۳-۲-۱۰ لکه‌برگی‌های سرکوسپورایی
۱۸۶	۴-۲-۱۰ آنتراکنوزها (<i>Colletotrichum spp.</i>)
۱۸۷	۳-۱۰ شیمی بیماری‌زایی بیمارگرهای قارچی غلات
۱۹۰	۴-۱۰ شیمی بیماری‌زایی بیمارگرهای آلوده‌کننده ریشه گیاهان
۱۹۲	۵-۱۰ شیمی بیماری‌زایی برخی از بیماری‌های قارچی در درختان
۱۹۲	۱-۵-۱۰ بیماری مرگ هلندی نارون
۱۹۴	۲-۵-۱۰ زوال ناشی از قارچ <i>Eutypa</i>
۱۹۵	۳-۵-۱۰ پوسیدگی ریشه ناشی از <i>Armillaria mellea</i>
۱۹۶	۴-۵-۱۰ زوال ناشی از <i>Phytophthora cinnamomi</i>
۱۹۶	۵-۵-۱۰ بیماری برگ نقره‌ای
۱۹۶	۶-۵-۱۰ شانکر ناشی از <i>Neonectria galligena</i>
۱۹۷	۷-۵-۱۰ شانکر درختان سرو
۱۹۸	۶-۱۰ گونه‌های تریکودرما به‌عنوان عوامل ضدقارچ
۲۰۱	فصل ۱۱. قارچ‌های درون‌رُست به‌عنوان تولیدکنندگان متابولیت‌های جدید
۲۰۳	۱-۱۱ متابولیت‌های جدید درون‌رُست تولیدشده از طریق ارتباط بیولوژیکی و شیمیایی
۲۲۴	۲-۱۱ بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه درون‌رُست‌ها در آزمایشگاه
۲۲۷	منابع
۲۵۴	نمابه

پیشگفتار

با توجه به کاربردهای متابولیت‌های ثانویه قارچی در کشاورزی، پزشکی و صنعت، در طول دهه‌های اخیر تلاش‌هایی برای روشن شدن مسیرهای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه قارچی، ژن‌های کدکننده آنزیم‌های بیوسنتزی و مکانیسم‌های تنظیمی کنترل بیان این ژن‌ها صورت گرفته است. پژوهش‌ها در زمینه ارزیابی متابولیت‌های قارچی هنوز در مراحل ابتدایی و مقدماتی است. از این‌رو، تمرکز در زمینه ارزیابی کاربردهای متابولیت‌ها ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین با هدف معرفی متابولیت‌های قارچی پُرکاربرد در حوزه سلامت، صنعت و کشاورزی به بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه متابولیت‌های کاربردی قارچ‌ها پرداختیم. مجموعه حاضر در یازده فصل تنظیم شده است. در فصل اول به اجمال کلیاتی پیرامون قارچ‌ها و متابولیت‌های قارچی ذکر شده است.

با توجه به اهمیت نقش ترکیب‌های شیمیایی موجود در محیط کشت در تولید متابولیت‌های قارچی، در فصل دوم به این مبحث پرداخته شده است. فصل سوم به اختصار به کاربردهای متابولیت‌های قارچی می‌پردازد. در فصل چهارم به متابولومیکس و اهمیت آن پرداخته شده و ابزارهای جدید متابولومیکس و خوشه‌های ژن بیوسنتزکننده متابولیت‌های ثانویه، تنظیم‌کننده‌های اصلی متابولیسم ثانویه و تنظیم‌کننده‌های عمومی شرح داده شده و پیشرفت‌های اخیر در متابولومیکس بررسی شده‌اند. در فصل‌های پنجم و ششم، به شرح گروه‌های مختلف متابولیت‌ها پرداخته شده است.

فصل هفتم به شیمی عطر و طعم در قارچ‌ها اختصاص یافته است. در فصل هشتم، با توجه به اهمیت سیدروفورها در بیماری‌زایی قارچ‌ها، به‌طور مستقل و مشروح سیدروفورها شرح داده شده‌اند. فصل نهم به متابولیت‌های ثانویه سمی قارچ‌ها اختصاص دارد. در فصل دهم، به شیمی بیماری‌های گیاهان پرداخته شده است و فصل یازدهم به نقش قارچ‌های درون‌رست در تولید متابولیت‌های کاربردی اختصاص دارد. تهیه این مجموعه تلاشی مختصر برای ایجاد دیدگاهی جدید در پژوهش‌های قارچ‌شناسی با تمرکز بر متابولیت‌های ارزشمند قارچ‌هاست.