

زیست‌شناسی اکستریموفیل‌ها

دکتر محمدعلی آموزگار (دانشیار دانشگاه تهران)

سید محمد مهدی دستغیب

صدیقه اسد



انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۳۰۸۷ - فصلنامه علمی - اجتماعی - زبان و ادبیات فارسی

شماره ملل ۶۴۹۲

آموزگار، محمدعلی، ۱۳۵۰ -		
زیست‌شناسی اکسیریموفیل‌ها / محمدعلی آموزگار، محمد مهدی دستغیب، صدیقه اسد. -		
تهران، دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۸۹.		
۳۹۰ ص: مصور (رنگی)، جدول. (انتشارات دانشگاه تهران: شماره ۳۰۸۷)		
ISBN 978-964-03-6048-4		
فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیا.		
محیط‌های توانفرسا - - میکروب‌شناسی، بوم‌شناسی میکربی، سازگاری (زیست‌شناسی).		
دستغیب، محمد مهدی، ۱۳۶۰ - اسد، صدیقه دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.		
۱۳۸۹	۵۷۹/۱۷	QR ۱۰۰ / ۹ / ۱۸ ز ۹
۱۹۸۹۵۵۶		شماره کتابشناسی ملی

عنوان: زیست‌شناسی اکسیریموفیل‌ها

تألیف: دکتر محمدعلی آموزگار - سید محمد مهدی دستغیب - صدیقه اسد

ویراستار: شهناز ترکان

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۸۹

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

ISBN 978-964-03-6048-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۳-۶۰۴۸-۴

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها : ۷۸۰۰۰ ریال

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

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - سایت: www.press.ut.ac.ir

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	ل
فصل ۱: مقدمه.....	۱
۱-۱. گوناگونی اکتریموفیلها.....	۵
۱-۱-۱. میکروارگانیزمهای یافت شده در دماهای زیاد.....	۶
۱-۱-۲. میکروارگانیزمهای یافت شده در دماهای پایین.....	۱۰
۱-۱-۳. میکروارگانیزمهای رشد یابنده در pH اسیدی (اسیددوستها).....	۱۱
۱-۱-۴. میکروارگانیزمهای رشد یابنده در pH قلیایی (قلیادوستها).....	۱۲
۱-۱-۵. حیات میکربی در شوری زیاد.....	۱۳
۱-۱-۶. حیات میکربی در فشار زیاد.....	۱۴
۱-۱-۷. مقاومت به پرتوها.....	۱۵
۱-۱-۸. تحمل تنش کمبود آب: میکروارگانیزمهای خشکی دوست.....	۱۵
۱-۱-۹. میکروارگانیزمهای سازگار شده با پیش از یک نوع تنش محیطی.....	۱۶
۱-۲. اکتریموفیلها و درخت فیلوژنی حیات.....	۱۸
۱-۳. سازوکارهای سازگاری میکروارگانیزمهای اکتریموفیل.....	۱۸
۱-۴. اکتریموفیلها و منشأ حیات.....	۲۱
۱-۵. اکتریموفیلها و کاربردهای آنها.....	۲۲
منابع.....	۲۴
فصل ۲. میکروارگانیزمهای نمک دوست.....	۳۱
۲-۱. محیطهای شور.....	۳۳
۲-۱-۱. منشأ، توزیع و فراوانی آبهای پرشور.....	۳۶

و زیست‌شناسی اکثریموفیل‌ها

۲-۲. زیست‌شناسی میکروارگانیسمهای نمک‌پذیر و نمک‌دوست ۳۷

۳-۲. گوناگونی میکروارگانیسمهای نمک‌دوست ۴۰

۲-۳-۱. آرکی‌های نمک‌دوست ۴۳

۲-۳-۲. باکتری‌های نمک‌دوست ۵۲

۲-۳-۳. یوکاریوت‌های نمک‌دوست ۶۶

۲-۴. کاربردها در زیست‌فناوری ۹۴

۲-۴-۱. باکتریورودوپسین ۹۴

۲-۴-۲. محلولهای سازگاری اسمزی ۹۵

۲-۴-۳. پلیمرهای زیستی ۹۸

۲-۴-۴. هالوسینها ۱۰۱

۲-۴-۵. آنزیمها ۱۰۲

۲-۴-۵. زیست‌فناوری غذایی ۱۰۷

۲-۴-۶. تصفیه پساب به روش زیستی ۱۰۹

۲-۴-۷. تولید انرژی ۱۱۳

۲-۴-۸. کشاورزی ۱۱۳

منابع ۱۲۶

فصل ۳. میکروارگانیسمهای گرمادوست ۱۳۵

مقدمه ۱۳۵

۳-۱. طبقه‌بندی ابرگرمادوست‌ها ۱۳۸

۳-۲. ابرگرمادوست‌ها و تاریخچه حیات ۱۴۵

۳-۳. راهکارهای بقا در محیط‌های گرم ۱۴۷

۳-۳-۱. راهکارهای سوخت و سازی ۱۴۸

۳-۳-۲. مسیرهای سوخت و سازی تغییر یافته ۱۵۰

۳-۳-۳. سازگاری‌های ساختاری ملکولهای زیستی ۱۵۵

۳-۴. زیستگاه‌های ابرگرمادوستها ۱۷۸

فهرست مطالب ز

۱۷۸ ۳-۴-۱. زیستگاه‌های خشکی

۱۸۰ ۳-۴-۲. زیستگاه‌های دریایی

۱۸۳ ۳-۵. کاربرد ابر گرمادوستها در زیست‌فناوری

۱۸۳ ۳-۵-۱. آنزیمهای گرمادوست

۱۹۰ منابع

فصل ۴. میکروارگانسیم‌های اسیددوست ۱۹۳

۱۹۳ مقدمه

۱۹۴ ۴-۱. بومشناسی و گونه‌گونی زیستی اسیددوست‌ها

۱۹۴ ۴-۱-۱. آب‌های معدنی اسیدی

۱۹۶ ۴-۱-۲. میکروارگانسیم‌های اسیددوست و اسیدپذیر

۱۹۹ ۴-۱-۳. میکروارگانسیم‌های اسیددوست بومی آب‌های معدنی

۲۰۱ ۴-۱-۴. الگوی زندگی اتوتروفی و هتروتروفی

۲۰۲ ۴-۱-۴. پاسخ میکروارگانسیم‌های اسیددوست به دما

۲۰۳ ۴-۱-۵. پاسخ میکروارگانسیم‌های اسیددوست به اکسیژن مولکولی

۲۰۳ ۴-۲. برهم‌کنش‌های میکربی در محیط‌های بی‌ار اسیدی

۲۰۳ ۴-۲-۱. رقابت

۲۰۴ ۴-۲-۲. رابطه شکاری

۲۰۴ ۴-۲-۳. هم‌زیستی اجباری

۲۰۴ ۴-۲-۴. همیاری

۲۰۶ منابع

فصل ۵. میکروارگانسیم‌های قلیادوست ۲۱۳

۲۱۳ مقدمه

۲۱۴ ۵-۱. زیستگاه‌ها و تنوع زیستی قلیادوست‌ها

ح زیست‌شناسی اکستریموفیل‌ها

۲۱۴	۱-۱-۵. محیط‌های با یون کلیم زیاد.....
۲۱۴	۲-۱-۵. محیط‌های غنی از کربنات سدیم.....
۲۱۷	۲-۵. ساز و کارهای سازگاری پروکاریوت‌های قلیادوست.....
۲۱۷	۱-۲-۵. سازگاری ساختاری پروتئین‌ها.....
۲۲۰	۲-۲-۵. پایداری قلبایی اجزای سیتوپلاسمی.....
۲۲۳	۳-۵. کاربرد در زیست فناوری.....
۲۲۴	منابع.....

فصل ۶. میکروارگانیسمهای فشاردوست..... ۲۲۹

۲۲۹	مقدمه.....
۲۳۱	۱-۶. زیستگاهها و گوناگونی میکروارگانیسمهای فشاردوست.....
۲۳۳	۲-۶. آثار فشار زیاد بر سامانه‌های زیستی.....
۲۳۵	۳-۶. کاربرد فشاردوست‌ها در زیست فناوری.....
۲۳۵	۱-۳-۶. اثر فشار بر ساختار و پایداری پروتئین‌ها.....
۲۳۷	۲-۳-۶. کنترل کردن محصولات یک واکنش آنزیمی.....
۲۳۸	۳-۳-۶. شناسایی مولکولی.....
۲۳۹	۴-۳-۶. تنظیم بیان ژن با تغییرات فشار.....
۲۴۱	منابع.....

فصل ۷. میکروارگانیسمهای پرتوپذیر..... ۲۴۵

۲۴۵	مقدمه.....
۲۴۶	۱-۷. اثرات مخرب پرتوها.....
۲۴۸	۲-۷. پایداری در برابر تابش پرتو.....
۲۴۹	۱-۲-۷. <i>Deinococcus</i> و <i>Deinobacter</i> باکتریهای مقاوم به تابش.....
۲۵۲	۲-۲-۷. ساز و کارهای سازگاری <i>Deinococcus radiodurans</i> با پرتوهای یونزا.....
۲۵۴	۳-۷. کاربرد باکتریهای مقاوم به تابشهای یونزا در زیست‌فناوری.....

فهرست مطالب ط

منابع ۲۵۵

فصل ۸. میکروارگانسیم‌های سرمادوست ۲۵۷

مقدمه ۲۵۷

۸-۱. گوناگونی میکربی سرمادوست‌ها ۲۵۹

۸-۲. بومشناسی میکروارگانسیم‌های سرمادوست و سرماپذیر ۲۶۱

۸-۲-۱. مواد غذایی ۲۶۲

۸-۲-۲. زیست‌بوم‌های آبی و خشکی ۲۶۴

۸-۳. سازوکارهای مولکولی سازگاری با دمای کم ۲۶۶

۸-۳-۱. لیپیدهای غشا ۲۶۶

۸-۳-۲. پروتئین‌ها و ساختار آنها ۲۷۰

۸-۳-۳. تغییرات ساختار فضایی DNA در اثر سرما ۲۷۱

۸-۴. کاربرد سرمادوست‌ها در زیست فناوری ۲۷۲

۸-۴-۱. سایکروزیم‌ها ۲۷۶

منابع ۲۷۸

فصل ۹. دیگر اکستریموفیل‌ها ۲۸۱

۹-۱. باکتری‌های مقاوم به فلزات سنگین ۲۸۱

۹-۱-۱. فیزیولوژی برهمکنش میکروارگانسیم‌ها و فلزات ۲۸۳

۹-۱-۲. کاربرد میکروارگانسیم‌های مقاوم به فلزات در زیست فناوری ۲۸۵

۹-۲. باکتریهای مقاوم به حلال ۲۸۶

۹-۲-۱. خروج ترکیبات سمی با کمک پمپ‌های غشایی ۲۸۸

۹-۲-۲. تغییر در ترکیب فسفولیپیدهای غشا ۲۸۹

۹-۳. الیگوتروف‌ها ۲۹۰

۹-۴. میکروارگانسیم‌های خشکی‌دوست ۲۹۱

۹-۵. اندولیتها: میکروارگانسیم‌های سنگخوار ۲۹۲

ی زیست‌شناسی اکتریموفیل‌ها

منابع ۲۹۴

فصل ۱۰. زیست‌شناسی کیهانی ۲۹۵

۱-۱۰. جست و جو در گیتی به دنبال زندگی ۲۹۵

۲-۱۰. نیازمندیهای یک موجود زنده ۲۹۷

۳-۱۰. مکانی برای زندگی ۳۰۲

۴-۱۰. راهکاری برای جست و جوی حیات در کیهان ۳۰۶

منابع ۳۱۰

فصل ۱۱. زیستگاه‌های اکستريم ايران ۳۱۴

۱-۱۱. زیستگاه‌های شور ايران ۳۱۴

۱-۱-۱۱. دریاچه ارومیه ۳۱۴

۲-۱-۱۱. دریاچه نمک قم ۳۱۹

۳-۱-۱۱. دریاچه حوض سلطان ۳۲۴

۴-۱-۱۱. دریاچه بختگان و تشک ۳۲۸

۵-۱-۱۱. دریاچه مهارلو ۳۳۰

۶-۱-۱۱. تالاب گاوخونی (گاوخانی) ۳۳۲

۷-۱-۱۱. دریاچه هامون ۳۳۴

۸-۱-۱۱. دریاچه شورابیل اردبیل ۳۳۴

۲-۱۱. چشمه‌های آب گرم ايران ۳۳۴

۱-۲-۱۱. چشمه‌های آب گرم اردبیل ۳۳۵

۲-۲-۱۱. چشمه‌های آسک ۳۳۷

۳-۲-۱۱. چشمه معدنی گنو ۳۳۸

۴-۲-۱۱. چشمه‌های معدنی محلات ۳۳۸

۵-۲-۱۱. چشمه‌های گوگردی رامسر ۳۳۹

۶-۲-۱۱. چشمه‌های آب گرم خورگو ۳۳۹

فهرست مطالب ک

۳۴۰ ۷-۲-۱۱. چشمه آبگرم سرخان

۳۴۰ ۳-۱۱. رسوبات و آثار یخبالی

۳۴۱ منابع

۳۴۳ عکس‌های رنگی

پیشگفتار

در سال ۱۹۷۴ میلادی، مک الروی^۱ برای نخستین بار از واژه اکستریموفیل^۲ در مقاله خود با عنوان "نکاتی از تکامل اکستریموفیل‌ها" استفاده کرد. اکستریموفیل، جاننداری است که قادر به رشد در شرایطی است که برای انسان تحمل‌ناپذیر است. بسیاری از اکستریموفیل‌ها نه تنها شرایط سخت را تحمل می‌کنند، بلکه به آن نیاز دارند. بنابراین شرایط محیطی که از دید آدمیان بسیار دشوار به نظر می‌رسد، از دید جاندار ساکن در آن محیط به طور کامل طبیعی است. امروزه پژوهش در زمینه اکستریموفیل‌ها به موضوعی داغ برای تحقیقات پایه و نیز کاربردهای زیست‌فناوری تبدیل شده است و تعداد گونه‌های اکستریموفیل شناخته شده روزبه‌روز افزایش می‌یابد. جالب است بدانید این پژوهش‌ها آنقدر گسترده است که کنفرانس بین‌المللی با نام "اکستریموفیل‌ها" به صورت منظم برگزار می‌شود و مجلات معتبری مانند "آرکی‌ها" و "اکستریموفیل‌ها" به موضوعات مرتبط با این جانداران می‌پردازند. اکستریموفیل‌ها چگونه موجوداتی هستند؟ اغلب اکستریموفیل‌ها میکروارگانیسم‌های پروکاریوت هستند. مرز شناخته شده کنونی برای حداکثر دمای زندگی آرکی‌ها ۱۲۱، باکتری‌ها ۹۵ و یوکاریوت‌های تک‌سلولی ۶۲ درجه سانتی‌گراد است. در حالی که یوکاریوت‌های پرسلولی به هیچ وجه قادر به زندگی در دمای بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیستند. بسیاری از گونه‌های جانداران می‌توانند به شکل غیرفعال و نهفته مدت‌ها در شرایط سخت بقاء پیدا کنند، اما فعالیت متابولیکی آنها به صفر میل می‌کند. چنین جاندارانی را نمی‌توان اکستریموفیل واقعی دانست.

گروه‌های مختلف اکستریموفیل‌ها عبارتند از:

گرمادوست: جاننداری که در دمای بین ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد رشد بهینه دارد؛

ابرگرمادوست: جاننداری که دمای بهینه رشدش بیش از ۸۰ درجه سانتی‌گراد باشد؛

1. Mac Elroy

2. Extremophile

سرمادوست: جاننداری که بهینه رشدش در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد یا کمتر است و حداکثر تا دمای ۲۰ درجه سانتی گراد را تحمل می کند؛
 نمک دوست: جاننداری که برای رشد دست کم به ۰/۲ مولار نمک نیاز دارد؛
 اسید دوست: جاننداری که برای رشد به محیط اسیدی نیاز دارد و رشد بهینه آن در pH سه یا کمتر صورت می گیرد؛

قلیادوست: جاننداری که برای رشد به محیط قلیایی نیاز داشته و در pH بیش از ۹ رشد بهینه دارد؛

اندولیتیک: جاننداری که درون سنگ ها نفوذ می کند و زندگی کندی در آنجا دارد؛
 هیپولیتیک: جاننداری که در سطح زیرین سنگ ها در بیابان های بایر زندگی می کند؛
 مقاوم به فلز: جاننداری که با وجود غلظت های زیاد فلزات سنگین مانند مس، کادمیم، آرسنیک و روی رشد می کند؛

الپگوتروف: جاننداری که قادر به رشد در محیطی با مقدار بسیار کم مواد غذایی است؛
 فشار دوست: جاننداری که در فشار هیدرواستاتیک زیاد بهترین رشد را دارد؛
 مقاوم به پرتو: جاننداری که نسبت به مقادیر زیاد تابش پرتوهای یونزا مقاوم است؛
 خشکی دوست: جاننداری که قادر به رشد در محیطی با آب فعال کم باشد برای مثال نمک-دوست های شدید یا اندولیت ها گروهی از خشکی دوست ها هستند.
 برخی از اکستریموفیل ها مجموعه ای از چند شرایط سخت را تحمل می کنند، بنابراین در این دسته بندی در چند گروه قرار می گیرند.

کاربردهای اکستریموفیل ها: از دیدگاه اقتصادی، آنزیم های به دست آمده از اکستریموفیل ها یا همان اکستریموزیم ها بسیار مهم هستند. آنزیمی مانند آلکالین پروتئاز که از گونه های قلیادوست جدا شده است، به مقدار چشمگیری در شوینده ها استفاده می شود. این آنزیم ها به طور معمول نسبت به شرایط سختی مانند دمای زیاد، pH زیاد، سورفکتانت ها (فعال کننده های سطحی) و دیگر مواد شیمیایی مقاوم تر از هم تاهای میانه دوست خود هستند. تولید آنزیم برای صنایع شوینده ۳۰ درصد از بازار آنزیم را به خود اختصاص داده است.

ن زیست‌شناسی اکستریموفیل‌ها

کاربرد اکستریموفیل‌ها در فرایندهای صنعتی در پیچهای نو به‌روی زیست‌فناوری گشوده‌است. هر گروه از اکستریموفیل‌ها ویژگی‌های منحصر به فردی دارند که می‌توان از آنها در شرایط فرایندی خاصی سود جست. در جدول ۱ خلاصه‌ای از کاربرد اکستریموفیل‌ها آورده شده‌است.

جدول ۱. برخی محصولات و کاربردهای مهم اکستریموفیل‌ها در زیست‌فناوری

اکستریموفیل	محصولات	کاربردها
اسیددوست‌ها	فعالیت اکسیدکنندگی گوگرد	تصفیه پساب و صنغ‌زدایی از اسیدهای آلی و حلال‌ها، بازیافت فلزات و سولفورزدایی
قلیادوست‌ها	پروتازها، سلولازها، لیازها، آمیلازها و پلواتازها	شوینده‌ها
	الاستازها، کراتینازها	Hide dehairing
	زایلاتازها	سفیدگری کاغذ
	سیکلودکسترین‌ها	صنایع غذایی، مواد شیمیایی، آرایشی و دارویی
نمک‌دوست‌ها	لیبیداها	لیسوزوم‌ها برای دارورسانی و مواد آرایشی
	محلول‌های سازگاری اسمزی	محافظت از پروتئین، DNA و سلول
	گاما‌لینولئیک اسید و بتاکاروتن	غذا، افزودنی برای رژیم‌ها و رنگ‌های خوراکی
سرمادوست‌ها	آلکالین فسفاتاز	زیست‌شناسی مولکولی
	پروتازها، لیازها، سلولازها و آمیلازها	شوینده‌ها
	اسیدهای چرب غیر اشباع (PUFA)	افزودنی‌های غذایی و رژیمی
گرمادوست‌ها	DNA پلیرازها	تکثیر DNA به روش PCR
ابرگرمادوست‌ها	پروتازها، لیازها و پلواتازها	شوینده‌ها
	آمیلازها	نانوایی و شراب‌سازی
	زایلاتازها	سفیدگری کاغذ

سخن آخر: تنها کمتر از ۵ درصد از میکروارگانیسم‌های موجود به‌صورت خالص به دست آمده و از نظر کاربردهای بیوستری ارزیابی شده‌اند. ۹۵ درصد باقیمانده یا هنوز کشف نشده‌اند یا ما توانایی کشت دادن آنها را نداریم. خوشبختانه کاربرد اکستریموفیل‌ها در زیست‌فناوری موجب افزایش

ع زیست‌شناسی اکستریموفیل‌ها

چشمگیری در جداسازی و شناسایی موجودات جدید شده است و در نتیجه فیزیولوژی، زیست‌شناسی مولکولی و ژنتیک اکستریموفیل‌ها به سرعت توسعه یافته است.

زیست‌شناسان بسیاری در تلاش برای شناسایی اکستریموفیل‌ها با روش‌های جدید ژنومیک از جمله متاژنومیک^۳ هستند. در کنار این تحقیقات باید به دنبال پیدا کردن راه‌هایی برای کشت و جداسازی آن دسته از میکروارگانیسم‌های زنده غیرقابل کشت باشیم، هرچند این کار بسیار وقت‌گیر و خسته‌کننده باشد. با ادامه تحقیقات امید می‌رود که در آینده‌ای نزدیک بسیاری از پرسش‌های موجود در زمینه اکستریموفیل‌ها پاسخ داده شوند.