

# آنزیم شناسی کاربردی

(جلد دوم)

گروه مولفان

دکتر ابوالفضل گلستانی

عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر مهران میراولیایی

عضو هیأت علمی دانشگاه اصفهان

دکتر آزاده ابراهیم حبیبی

عضو هیأت علمی پژوهشگاه غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر مهران حبیبی رضایی

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

دکتر سامان حسینخانی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس

دکتر مرجان صباغیان

عضو هیأت علمی پژوهشگاه رویان

و

دکتر محسن نعمت گرگانی

عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

عنوان و نام پدیدآور : آنزیم‌شناسی کاربردی / نویسندگان ابوالفضل گلستانی... [و دیگران].

مشخصات نشر : تهران : ایرانا رسانه، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری : ج ۲: مصور، جدول، نمودار.

شابک : ج ۲: 978-600-7227-17-6

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

یادداشت : فهرست نویسی بر اساس جلد دوم: ۱۳۹۳.

یادداشت : ابوالفضل گلستانی، مهران میراویایی، آزاده ابراهیم حبیبی، مهران حبیبی رضایی، سامان حسینخانی، مرجان صباغیان، محسن نعمت‌گرگانی.

موضوع : آنزیم‌شناسی

شناسه افزوده : گلستانی، ابوالفضل، ۱۳۳۴ -

رده بندی کنگره : ی ۱۳۰۰ ۱۷۷ / ۱۷۷ QP۶۰۱

رده بندی دیویی : ۵۷۴ / ۱۹۴۵

شماره کتابشناسی ملی : ۳۵۱۰۲۰۲

- نام کتاب : آنزیم‌شناسی کاربردی (جلد دوم)
- گروه نویسندگان :
- دکتر ابوالفضل گلستانی، دکتر مهران میراویایی، دکتر آزاده ابراهیم حبیبی، دکتر مهران حبیبی رضایی، دکتر سامان حسینخانی، دکتر مرجان صباغیان و دکتر محسن نعمت‌گرگانی
- ناشر : ایرانا رسانه
- ناظر فنی چاپ : محمد سجاد شوقیان
- طراح جلد : نرگس شوقیان
- صفحه آرا : هاتف صدیقیان
- نوبت چاپ : اول، ۱۳۹۳
- شمارگان : ۱۰۰۰ (یکصد) نسخه
- قیمت : ۱۵۰,۰۰۰ ریال
- شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۷۲۲۷-۱۷-۶
- ISBN : 978-600-7227-17-6



نشانی: خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، تقاطع خیابان لبافی نژاد، پلاک ۱۸۲، ط ۳

تلفن: ۰۲۲۳۳۲۸۹۳-۰۲۲۳۲۷۰۵۷ دورنگار: ۰۲۶۳۱۵۰۵۹ همراه: ۰۹۱۳۱۳۰۲۹۵۸

info@iranarasane.ir

www.iranarasane.ir

## فهرست مطالب

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| فصل اول: فناوری آنزیم.....                               | ۱۵ |
| مقدمه.....                                               | ۱۶ |
| ۱-۱. استفاده از سوبستراهای غیرطبیعی.....                 | ۱۷ |
| ۱-۲. مهندسی آنزیم.....                                   | ۱۹ |
| ۱-۳. آنزیم‌های مصنوعی.....                               | ۲۳ |
| ۱-۴. سیستم‌های احیاگر مجدد برای کوآنزیم‌ها.....          | ۲۵ |
| ۱-۵. نتیجه‌گیری.....                                     | ۲۸ |
| منابع.....                                               | ۲۸ |
| فصل دوم: پایداری و پایدارسازی پروتئین‌ها.....            | ۲۹ |
| مقدمه.....                                               | ۳۰ |
| ۲-۱. محدوده دمایی پایداری پروتئین‌ها.....                | ۳۰ |
| ۲-۲. برهمکنش‌های بین مولکولی و پایداری پروتئین.....      | ۳۲ |
| ۲-۳. پایدارسازی پروتئین‌ها: چرا؟ و چگونه؟.....           | ۳۴ |
| ۲-۳-۱. مفهوم پایداری پروتئین‌ها.....                     | ۳۶ |
| ۲-۳-۱-۱. پایداری ترمودینامیکی.....                       | ۳۷ |
| ۲-۳-۱-۲. پایداری کینتیکی.....                            | ۳۷ |
| ۲-۳-۲. مکانیسم‌های واسرشتگی برگشت ناپذیر.....            | ۳۸ |
| ۲-۴. پایدارسازی مولکولی پروتئین‌ها.....                  | ۳۹ |
| ۲-۴-۱. پایدارسازی حالت طبیعی (N).....                    | ۳۹ |
| ۲-۴-۲. ناپایدارسازی سطح D.....                           | ۴۰ |
| ۲-۴-۳. اسمولیت‌ها و ارتباط آنها با پایداری پروتئین.....  | ۴۱ |
| ۲-۴-۴. مفهوم آیبوشی پروتئین‌ها در ارتباط با پایداری..... | ۴۲ |
| ۲-۴-۵. برهمکنش‌های ترجیحی.....                           | ۴۳ |
| ۲-۴-۵-۱. کشش سطحی.....                                   | ۴۴ |
| ۲-۴-۵-۲. دورشدگی فضایی.....                              | ۴۵ |
| ۲-۴-۵-۳. اثر حلال‌گریزی.....                             | ۴۵ |
| ۲-۴-۵-۴. تغییر انرژی آزاد سطحی.....                      | ۴۷ |
| ۲-۵. روش‌های پایدارسازی.....                             | ۴۸ |

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| ۴۸ | ۲-۵-۱. دستکاری ژنتیکی و تولید پروتئین‌های مقاوم |
| ۴۹ | ۲-۵-۲. دستکاری شیمیایی                          |
| ۵۰ | ۲-۵-۳. استفاده از کمک حلال (افزودنی‌ها)         |
| ۵۰ | ۲-۵-۴. مکانیسم پایدارسازی از طریق مواد افزودنی  |
| ۵۱ | ۲-۵-۵. آبیوشی ترجیحی                            |
| ۵۴ | ۲-۵-۶. پایدارکننده‌های مورد استفاده             |
| ۵۶ | منابع                                           |

## فصل سوم: تثبیت آنزیم ها ..... ۵۷

|    |                                             |
|----|---------------------------------------------|
| ۵۸ | مقدمه                                       |
| ۵۸ | ۳-۱. روش‌های تثبیت                          |
| ۵۹ | ۳-۱-۱. محبوس‌سازی                           |
| ۵۹ | ۳-۱-۱-۱. محبوس‌سازی در ژل                   |
| ۶۰ | ۳-۱-۱-۲. محبوس‌سازی در فیبر                 |
| ۶۰ | ۳-۱-۱-۳. محبوس‌سازی در ریزکپسول‌ها          |
| ۶۰ | ۳-۱-۲. روش پیوندی (Binding)                 |
| ۶۱ | ۳-۱-۲-۱. ایجاد اتصالات عرضی                 |
| ۶۱ | ۳-۱-۲-۲. اتصال به بستر                      |
| ۶۲ | ۳-۱-۲-۲-۱. روشینی فیزیکی                    |
| ۶۳ | ۳-۱-۲-۲-۲. اتصال یونی                       |
| ۶۳ | ۳-۱-۲-۲-۳. اتصال فلزی                       |
| ۶۴ | ۳-۱-۲-۲-۴. اتصال کوالانی                    |
| ۶۵ | ۳-۱-۳. روش تثبیت برای آنزیم‌های نامحلول     |
| ۶۵ | ۳-۱-۳-۱. تثبیت بدون مشتق‌سازی آنزیم         |
| ۶۶ | ۳-۱-۳-۲. تثبیت به کمک مشتق‌سازی از آنزیم ها |
| ۶۷ | ۳-۱-۳-۳. روش‌های مخلوط                      |
| ۶۷ | ۳-۲. کاربرد آنزیم‌های تثبیت شده             |
| ۶۸ | ۳-۲-۱. صنایع شیمیایی و دارویی               |
| ۶۸ | ۳-۲-۲. صنایع غذایی                          |
| ۶۹ | ۳-۲-۳. کاربردهای تجزیه‌ای (آنالیتیک)        |
| ۶۹ | ۳-۲-۴. کاربرد بالینی                        |
| ۷۰ | ۳-۳. مزایا و محدودیت‌های تثبیت              |
| ۷۰ | ۳-۳-۱. مزایا                                |
| ۷۰ | ۳-۳-۱-۱. استفاده پیوسته                     |

|    |                                                            |
|----|------------------------------------------------------------|
| ۷۰ | ۳-۳-۲ محدودیت‌ها                                           |
| ۷۰ | ۳-۴ انتخاب روش تثبیت                                       |
| ۷۲ | ۳-۵ اثرات تثبیت بر آنزیم تثبیت شده                         |
| ۷۲ | ۳-۵-۱ پایداری                                              |
| ۷۲ | ۳-۵-۱-۱ پایداری در مقابل تغییرات pH                        |
| ۷۲ | ۳-۵-۱-۲ پایداری دمایی                                      |
| ۷۳ | ۳-۵-۱-۳ پایداری عملی                                       |
| ۷۳ | ۳-۵-۲ خصوصیات کینتیکی                                      |
| ۷۴ | ۳-۶ بسترهای مورد استفاده در تثبیت آنزیم‌ها                 |
| ۷۵ | ۳-۶-۱ طبقه‌بندی بسترها (براساس مورفولوژی)                  |
| ۷۵ | ۳-۶-۱-۱ بسترهای نامتخلخل                                   |
| ۷۵ | ۳-۶-۱-۲ بسترهای متخلخل                                     |
| ۷۶ | ۳-۶-۲ طبقه‌بندی شیمیایی بسترها                             |
| ۷۶ | ۳-۶-۲-۱ بسترهای آلی                                        |
| ۷۸ | ۳-۶-۲-۲ مواد کربنی                                         |
| ۷۸ | ۳-۶-۲-۲-۱ پلیمرهای سنتزی                                   |
| ۷۸ | ۳-۶-۲-۲-۲ بسترهای معدنی                                    |
| ۷۹ | ۳-۶-۲-۲-۳ بسترهای حاوی لیگاندهای آبگریز                    |
| ۸۰ | ۳-۷ مثالهای عملی از کاربردهای جدید تکنولوژی تثبیت آنزیم‌ها |
| ۸۰ | ۳-۷-۱ سیستم‌های آرایه                                      |
| ۸۱ | منابع                                                      |
| ۸۳ | فصل چهارم: راکتور زیستی                                    |
| ۸۴ | مقدمه                                                      |
| ۸۵ | ۴-۱ راکتورهای زیستی و راکتورهای شیمیایی                    |
| ۸۶ | ۴-۲ طراحی بیوراکتور                                        |
| ۸۶ | ۴-۲-۱ بازده کلی حجم                                        |
| ۸۷ | ۴-۲-۲ بازده کلی کاتالیزور زیستی                            |
| ۸۸ | ۴-۲-۳ غلظت محصول                                           |
| ۸۹ | ۴-۳ انواع بیوراکتور                                        |
| ۸۹ | ۴-۳-۱ تانک همزن دار                                        |
| ۹۱ | ۴-۳-۲ راکتورهای همزن دار با جریان پیوسته                   |
| ۹۲ | ۴-۳-۳ راکتورهای با بستر فشرده                              |
| ۹۴ | ۴-۳-۴ راکتورهایی با بستر پوشیده از مایع                    |

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۹۵  | ۴-۳-۵. راکتور ستونی حبابدار                 |
| ۹۶  | ۴-۳-۶. راکتور زیستی با هوای بالارونده (ALR) |
| ۹۷  | ۴-۳-۷. بیوراکتورهای چند فازي جديد           |
| ۹۸  | ۴-۳-۷-۱. راکتور غشايي                       |
| ۱۰۰ | ۴-۳-۷-۲. راکتور liquid-impelled loop        |
| ۱۰۱ | منابع                                       |

## فصل پنجم: کاربرد آنزیم‌ها در حسگرهای زیستی ..... ۱۰۳

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| ۱۰۴ | مقدمه                             |
| ۱۰۵ | ۵-۱. حسگر زیستی (بیوسنسور) چیست ؟ |
| ۱۱۱ | ۵-۲. انواع حسگرهای زیستی          |
| ۱۱۳ | ۵-۲-۱. حسگرهای کالریمتریک         |
| ۱۱۷ | ۵-۲-۲. حسگرهای پتانسیومتریک       |
| ۱۲۲ | ۵-۲-۳. حسگرهای زیستی آمپرومتریک   |
| ۱۳۰ | ۵-۲-۴. حسگرهای زیستی نوری         |
| ۱۳۲ | ۵-۲-۵. حسگرهای زیستی پیزوالکتریک  |
| ۱۳۴ | ۵-۲-۶. ایمونو حسگرهای زیستی       |
| ۱۳۵ | ۵-۳. کلام آخر                     |
| ۱۳۶ | منابع                             |

## فصل ششم: آنزیم‌ها در حلال‌های آلي ..... ۱۳۷

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۱۳۸ | مقدمه                                               |
| ۱۴۲ | ۶-۱. تأثیر پیشرفت‌های تکنولوژی بر آنزیم‌پوزي غيرالي |
| ۱۴۲ | ۶-۲. سیستم‌های حلال                                 |
| ۱۴۳ | ۶-۳. نقش آب در کاتالیز آنزیمی                       |
| ۱۴۵ | ۶-۴. حلال‌های آلي و پایداری آنزیمی                  |
| ۱۴۷ | ۶-۵. راهکارهای پایداری‌سازی آنزیم‌ها                |
| ۱۴۸ | ۶-۵-۱. مهندسی بیوکاتالیست                           |
| ۱۵۰ | ۶-۵-۲. مهندسی پروتئین                               |
| ۱۵۰ | ۶-۵-۲-۱. طراحی منطقی                                |
| ۱۵۱ | ۶-۵-۲-۲. تکامل هدایت شده                            |
| ۱۵۳ | منابع                                               |

## فصل هفتم: آنزیم‌ها در مایعات یونی ..... ۱۵۵

|     |       |
|-----|-------|
| ۱۵۶ | مقدمه |
|-----|-------|

|       |                                           |     |
|-------|-------------------------------------------|-----|
| ۷-۱   | خصوصیات مایعات یونی.....                  | ۱۵۶ |
| ۷-۲   | فعالیت آنزیمی در مایعات یونی.....         | ۱۵۹ |
| ۷-۳   | خصوصیات مایعات یونی.....                  | ۱۶۱ |
| ۷-۳-۱ | هیدروفوبیسیت.....                         | ۱۶۱ |
| ۷-۳-۲ | ویسکوزیته.....                            | ۱۶۳ |
| ۷-۳-۳ | قطبیت.....                                | ۱۶۳ |
| ۷-۴   | تأثیر آب بر مایعات یونی.....              | ۱۶۵ |
| ۷-۵   | تأثیر مواد افزودنی بر مایعات یونی.....    | ۱۶۵ |
| ۷-۶   | تأثیر pH و ناخالصی‌ها بر مایعات یونی..... | ۱۶۶ |
| ۷-۷   | غیرفعال شدن آنزیم‌ها در مایعات یونی.....  | ۱۶۷ |
| ۷-۸   | پایداری آنزیم‌ها در مایعات یونی.....      | ۱۶۹ |
| ۷-۹   | گزینش پذیری آنزیمی در مایعات یونی.....    | ۱۷۱ |
|       | منابع.....                                | ۱۷۲ |

## فصل هشتم: کاربرد آنزیم‌ها در درمان..... ۱۷۳

|           |                                                 |     |
|-----------|-------------------------------------------------|-----|
|           | مقدمه.....                                      | ۱۷۴ |
| ۸-۱       | کاربرد مستقیم آنزیم‌ها در درمان.....            | ۱۷۴ |
| ۸-۱-۱     | آنزیم‌های جبرانی.....                           | ۱۷۴ |
| ۸-۱-۱-۱   | بیماری‌های ذخیره‌ای لیوزومی.....                | ۱۷۵ |
| ۸-۱-۱-۲   | نارسایی ترکیبی شدید سیستم ایمنی.....            | ۱۷۶ |
| ۸-۱-۱-۳   | بیماری‌های گوارشی.....                          | ۱۷۸ |
| ۸-۱-۲     | آنزیم‌هایی که خود، اثر درمانی دارند.....        | ۱۷۸ |
| ۸-۱-۲-۱   | L-آسپاراژیناز.....                              | ۱۷۹ |
| ۸-۱-۲-۲   | دئوکسی ریبونوکلئاز.....                         | ۱۷۹ |
| ۸-۱-۲-۳   | هیالورونیداز.....                               | ۱۸۰ |
| ۸-۱-۲-۴   | سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز.....               | ۱۸۱ |
| ۸-۱-۲-۵   | آنزیم‌های فعال کننده پلاسمینوژن.....            | ۱۸۲ |
| ۸-۱-۳     | آنزیم‌هایی که در پیش‌داروها به کار می‌روند..... | ۱۸۴ |
| ۸-۲       | کاربرد غیرمستقیم آنزیم‌ها در درمان.....         | ۱۹۰ |
| ۸-۲-۱     | مهارکننده‌های آنزیمی.....                       | ۱۹۰ |
| ۸-۲-۱-۱   | طراحی مهارکننده‌های آنزیمی.....                 | ۱۹۱ |
| ۸-۲-۱-۱-۱ | انتخاب آنزیم هدف.....                           | ۱۹۱ |
|           | مشاهدات غیرمستقیم.....                          | ۱۹۱ |
|           | طراحی منطقی.....                                | ۱۹۲ |

|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
| ۱۹۲ | انتخاب مهارکننده..... ۸-۲-۱-۱-۲                                  |
| ۱۹۳ | روش‌های طراحی مهارکننده‌ها..... ۸-۲-۱-۲                          |
| ۱۹۳ | طراحی مکانیکی یا شیمی ترکیبی..... ۸-۲-۱-۲-۱                      |
| ۱۹۵ | طراحی دارو بر مبنای ساختار..... ۸-۲-۱-۲-۲                        |
| ۱۹۷ | ترکیب روش‌های طراحی دارو..... ۸-۲-۱-۲-۳                          |
| ۲۰۲ | مثال‌هایی از مهارکننده‌های آنزیمی..... ۸-۲-۱-۳                   |
| ۲۱۲ | کاربرد آنزیم‌ها در سنتز داروها..... ۸-۲-۲                        |
| ۲۱۵ | استفاده از حلال‌های آلی..... ۸-۲-۲-۱                             |
| ۲۱۵ | تثبیت آنزیم..... ۸-۲-۲-۲                                         |
| ۲۱۶ | تهیه بیوکاتالیزور و ایجاد بیوکاتالیزورهای جدید..... ۸-۲-۲-۳      |
| ۲۲۰ | سنتز داروها و ترکیبات مورد استفاده در داروسازی..... ۸-۲-۲-۴      |
| ۲۲۰ | سنتز داروهای کایرال..... ۸-۲-۲-۴-۱                               |
| ۲۲۲ | سنتز آنزیمی کربوهیدرات‌ها..... ۸-۲-۲-۴-۲                         |
| ۲۲۳ | آنزیم‌های آلدولاز برای ایجاد پیوندهای کربن-کربن..... ۸-۲-۲-۴-۲-۱ |
| ۲۲۴ | گلیکوزیدازها و گلیکوستازها..... ۸-۲-۲-۴-۲-۲                      |
| ۲۲۵ | گلیکوزیل ترانسفرازها..... ۸-۲-۲-۴-۲-۳                            |
| ۲۲۵ | آنزیم‌ها و شیمی ترکیبی..... ۸-۲-۲-۴-۳                            |
| ۲۲۷ | منابع.....                                                       |

## فصل نهم: آنزیم شناسی کلینیکی..... ۲۲۹

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۲۳۰ | مقدمه.....                                             |
| ۲۳۰ | نام‌گذاری آنزیم‌ها..... ۹-۱                            |
| ۲۳۲ | کوفاکتورها..... ۹-۲                                    |
| ۲۳۵ | عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌های پلاسما..... ۹-۳         |
| ۲۳۸ | سنجش فعالیت آنزیمی..... ۹-۴                            |
| ۲۳۸ | فعالیت آنزیم..... ۹-۵                                  |
| ۲۴۴ | سایر عوامل تأثیرگذار بر فعالیت آنزیم..... ۹-۶          |
| ۲۴۴ | دما..... ۹-۶-۱                                         |
| ۲۴۵ | pH..... ۹-۶-۲                                          |
| ۲۴۵ | غلظت نمک و پروتئین..... ۹-۶-۳                          |
| ۲۴۶ | مهارکننده‌ها و مداخله‌گرها..... ۹-۶-۴                  |
| ۲۴۶ | روش‌های مبتنی بر آنتی‌بادی برای سنجش آنزیم‌ها..... ۹-۷ |
| ۲۴۷ | آنزیم‌های ویژه..... ۹-۸                                |
| ۲۴۸ | اسیدفسفاتاز (ACP) (EC 3.1.2.3)..... ۹-۸-۱              |

|          |       |                                                                                               |
|----------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۴۹..... | ۹-۸-۲ | آلکان فسفاتاز (ALP) (EC 3.1.3.1)                                                              |
| ۲۵۰..... | ۹-۸-۳ | آمینوترانسفرازها (اسپاراتات آمینوترانسفراز [EC 2.6.1.1] و آلانین آمینوترانسفراز [EC 2.6.1.2]) |
| ۲۵۱..... | ۹-۸-۴ | آنزیم مبدل آنزیماتاسین (EC 3.4.15.1)                                                          |
| ۲۵۴..... | ۹-۸-۵ | کراتین کیناز (EC 2.7.3.2)                                                                     |
| ۲۵۶..... | ۹-۸-۶ | ۷-گلوتامیل ترانسفراز (EC 2.3.2.1)                                                             |
| ۲۵۷..... | ۹-۸-۷ | لاکتات دهیدروژناز (EC 1.1.1.27)                                                               |
| ۲۵۹..... | ۹-۸-۸ | لوسین آمینوتیداز (EC 3.4.11.1)                                                                |
| ۲۶۰..... | ۹-۸-۹ | ۵-نوکلئوتیداز (EC 3.1.3.5)                                                                    |
| ۲۶۰..... |       | منابع                                                                                         |

## فصل دهم: آنزیم‌های ارگانیسم‌های دوستدار شرایط نامساعد ..... ۲۶۱

|          |        |                                                        |
|----------|--------|--------------------------------------------------------|
| ۲۶۲..... |        | مقدمه                                                  |
| ۲۶۴..... | ۱۰-۱   | ترموفیل‌ها و سایکروفیل‌ها                              |
| ۲۶۴..... | ۱۰-۱-۱ | کلیات                                                  |
| ۲۶۵..... | ۱۰-۱-۲ | رابطه ساختار و فعالیت در آنزیم‌های سایکروفیل و ترموفیل |
| ۲۷۱..... | ۱۰-۲   | هالوفیل‌ها                                             |
| ۲۷۱..... | ۱۰-۳   | آلکالوفیل‌ها و اسیدوفیل‌ها                             |
| ۲۷۲..... | ۱۰-۴   | پیزوفیل‌ها                                             |
| ۲۷۲..... | ۱۰-۵   | تولید آنزیم‌های دوستدار شرایط نامساعد                  |
| ۲۷۴..... | ۱۰-۶   | جمع‌بندی                                               |
| ۲۷۵..... |        | منابع                                                  |

## فصل یازدهم: ملاحظات ایمنی و مقررات کاربرد آنزیم‌ها ..... ۲۷۷

|          |      |                                              |
|----------|------|----------------------------------------------|
| ۲۷۸..... |      | مقدمه                                        |
| ۲۸۰..... | ۱۱-۱ | کاربری ایمن آنزیم‌ها در صنعت                 |
| ۲۸۱..... | ۱۱-۲ | اثرات آنزیم‌ها روی سلامت شاعلین صنایع آنزیمی |
| ۲۸۲..... |      | شکل محصول                                    |
| ۲۸۲..... |      | کنترل‌های مهندسی                             |
| ۲۸۳..... |      | کنترل‌های تجربی                              |
| ۲۸۳..... |      | وسایل حفاظت شخصی                             |
| ۲۸۴..... |      | نمایش هوا                                    |
| ۲۸۴..... |      | معاینات پزشکی                                |
| ۲۸۵..... |      | آزمایش‌های ایمونولوژیکی                      |
| ۲۸۵..... | ۱۱-۳ | مقررات کاربری آنزیم‌ها                       |
| ۲۸۶..... | ۱۱-۴ | سازمان جهانی بهداشت (WHO) و مقررات آنزیم     |

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۲۸۷ | ۱۱-۵. آنزیم‌ها و اثرات سمی و حساسیت‌زا |
| ۲۸۹ | ۱۱-۵-۱. اثرات سمی                      |
| ۲۹۰ | ۱۱-۵-۲. فعالیت آن‌تی‌بیوتیکی           |
| ۲۹۰ | ۱۱-۶. سندسازی و طبقه‌بندی آنزیم‌ها     |
| ۲۹۲ | کلاس 1a                                |
| ۲۹۲ | کلاس 2b                                |
| ۲۹۲ | کلاس 1c                                |
| ۲۹۵ | ۱۱-۷. معرفی برخی از مقررات ملی         |
| ۲۹۵ | دانمارک                                |
| ۲۹۵ | آلمان                                  |
| ۲۹۵ | فرانسه                                 |
| ۲۹۷ | انگلستان                               |
| ۲۹۸ | ایالات متحده آمریکا                    |
| ۲۹۸ | کانادا                                 |
| ۲۹۹ | منابع                                  |

## بنام ایزد دانا

پیشگفتار

هم اکنون حدود ده سال از چاپ جلد اول آنزیم‌شناسی کاربردی می‌گذرد. بدون شک در این مدت دانش آنزیمولوژی، همانند سایر زمینه‌های علمی، از پیشرفت‌های سریع و در برخی موارد برق‌آسا برخوردار بوده است. در چند دهه اخیر، پس از مراحل اولیه تولید آنزیم‌های صنعتی، تکنولوژی آنزیم و فرآیندهای وابسته به آن قسمت مهمی از فعالیت‌های بیوتکنولوژی را به خود اختصاص داده است. دلیل اصلی این تحولات، اهمیت کلیدی آنزیم‌ها در بیوتکنولوژی می‌باشد، چرا که فرایندهای بیولوژیکی بدون این کاتالیزورهای بسیار هوشمند حیاتی قابل انجام نمی‌باشند. از طرفی به دلیل توجه روزافزون جوامع بین‌المللی به مسائل زیست محیطی و پی‌بردن هر چه بیشتر به خصوصیات جالب این مولکول‌های بیولوژیکی به عنوان جایگزین کاتالیزورهای شیمیایی با توانمندی‌های خیلی بالاتر از آنها، اهمیت سرمایه‌گذاری اقتصادی و پژوهشی در این زمینه را کاملاً توجیه نموده است. در این جلد از کتاب آنزیم‌شناسی تعدادی از موارد مربوط به این دانش کاربردی مورد توجه قرار می‌گیرد.

بررسی‌های مربوط به جنبه‌های پایه و کاربردی دانش آنزیمولوژی در چند سال اخیر نشان می‌دهد که استفاده از آنزیم‌ها در بیوتکنولوژی با مسائل متفاوت تکنیکی و اقتصادی مواجه بوده و از این رو هر سال شاهد پیشرفت‌های جدیدی در رفع اینگونه مشکلات بوده‌ایم و بدون شک تحولات مذکور در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت. از جمله مواردی که بیشترین توجه محققین فعال در زمینه تکنولوژی آنزیم را به خود جلب کرده است عبارتند از: پیدا کردن آنزیم‌های جدید صنعتی،

بهینه سازی تولید مواد غذایی، بهینه سازی صنایع دارویی، توسعه روش های آنالیتیک، تولید انرژی، توسعه کاربرد آنزیم ها در صنایع پزشکی و بهینه سازی روش های تثبیت در این زمینه و در طراحی بیورآکتورها و بیوسنسورها، تولید مواد جدید، بهینه سازی آنزیم ها در زمینه تولید مواد اولیه.

از موارد دیگری که اخیراً توجه محققین فعال در زمینه آنزیمولوژی کاربردی را جلب نموده است؛ استفاده های آنزیمولوژی تسک مولکولی (molecule enzymology single) به خصوص در نانوتکنولوژی است. آنزیمولوژی تسک مولکولی که عمدتاً از اوایل سال های ۱۹۹۰ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته، اطلاعات جدیدی را در رابطه با مکانیسم های عمل و خصوصیات کاتالیتیکی آنزیم ها در اختیار قرار داده که از طریق مطالعات قبلی امکان پذیر نبوده است. بدون شک در سال های آینده شاهد تحولات جدیدی در این زمینه نیز خواهیم بود.

علاوه بر اینها ارتباط بین پزشکی شخصی (personalized medicine) و فارماکوژنتیک که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است بر اساس تفاوت های فردی هر شخص بنا نهاده شده است. بخشی از این تفاوت ها بر اساس میزان بیان آنزیم های هر شخص و تفاوت های ساختاری و سینتیکی وی بنا نهاده شده است. بنابراین به نظر می رسد که شناخت دقیق این موارد جهت پیشبرد روش های جدید درمان ضروری است. این حوزه از دانش نیز که از جمله زمینه های آنزیم شناسی کاربردی است.

در پایان نویسندگان امیدوارند که این کتاب بتواند راهگشای درک بهتری از آنزیم شناسی برای محققان و دانشجویان باشد.