

اصول بنیادی در طراحی پیوراكتور

تألیف:

نورتون ج. مک‌دافی

ترجمه:

فرزانه وهابزاده

(استاد دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

محمد حجاری

(دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

الهام جدیل‌نژاد

(دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی ارومیه)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

| | |
|---------------------|--|
| سرشناسه | مک‌دافی، نورتون جی. McDuffie, Norton G. |
| عنوان و نام پدیدآور | اصول بنیادی در طراحی بیوراکتور/ تالیف نورتون ج. مک‌دافی؛ ترجمه فرزانه وهاب‌زاده، محمد حجار، الهام جلیل‌نژاد. |
| مشخصات نشر | تهران: جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۴. |
| مشخصات ظاهری | ۱۵۲ص: مصور، جدول، نمودار. |
| شابک | ۱۱۰۰۰۰ ریال: 4-220-210-964-978:ISBN |
| وضعیت فهرست نویسی | قیفا |
| یادداشت | عنوان اصلی: c.1991. Bioreactor design fundamentals |
| موضوع | زیست واکنشگاهها - طرح و ساختمان |
| شناسه افزوده | وهاب‌زاده، فرزانه، ۱۳۲۹ - مترجم |
| شناسه افزوده | حجار، محمد، ۱۳۵۹ - مترجم |
| شناسه افزوده | جلیل‌نژاد، الهام، ۱۳۶۴ - مترجم |
| شناسه افزوده | جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر |
| رده بندی کنگره | TP۲۴۸/۹م۷ ۱۳۹۴ |
| رده بندی یوبی | ۶۶۰/۶ |
| شماره کتابشناسی ملی | ۴۰۴۶۹۵۵ |

این کتاب در نیمه مورخ ۹۴/۰۷/۰۷ شورای نشرکتاب جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.



اصول بنیادی در طراحی بیوراکتور

تألیف: نورتون ج. مک‌دافی
ترجمه: فرزانه وهاب‌زاده، محمد حجار، الهام جلیل‌نژاد

| | |
|----------|----------------------------------|
| ناشر | جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر |
| نوبت چاپ | اول |
| سال چاپ | ۱۳۹۴ |
| قطع | وزیری |
| شمارگان | ۵۰۰ نسخه |
| قیمت | ۱۱۰۰۰۰ ریال |
| طراح | آرزو انصاری |
| چاپخانه | خجستگان |

شابک: 978-964-210-220-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۲۰-۴

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر، انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱۰۹۵۰۹۸۲۱۶۶+ تلفکس: ۹۸۲۰۹۵۰۹۸۲۱۶۶+۹۸۲۱۶۶

www.jdamirkabir.ac.ir

فروشگاه اینترنتی:

پیشگفتار

أَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاددانشگاهی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش هر تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی تکنیک تهران»» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشجویان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پویانده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

«هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید»

انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

مقدمه مترجمان

کتاب حاضر ترجمه چاپ اول کتابی با نام *Bioreactor Design Fundamentals* تألیف Norton G. McDuffie از دانشگاه تگزاس بوده که توسط انتشارات Butterworth-Heinemann/Elsevier به چاپ رسیده است. ترجمه این کتاب مجموعه گسترده‌ای از اطلاعات را به صورت مختصر و مفید در ارتباط با اصول بنیادی در طراحی بیوراکتور بیان داشته است. هدف از این کتاب، ارائه مباحثی از کاربردهای سینتیک و ترمودینامیک در فرایندهای زیستی و ارتباط آنها با طراحی بیوراکتور می‌باشد. مباحث این کتاب شامل هفت فصل بوده که در مقدمه آن مروری مختصر بر مدل‌های مورد استفاده برای توصیف سینتیک در بیوراکتور، انجام گرفته است. در فصل دوم مطالبی از ترمودینامیک و استوکیومتری به عنوان پایه‌ای برای مباحث ترمودینامیک انرژی تعادل فاز و تعادل واکنش ذکر شده است. فصل سوم شامل سینتیک آنزیمی بوده که در آن برخی از قوانین بنیادی سرعت، اثرات دما و اسیدیته بر سرعت واکنش‌ها و همچنین مدل‌های مهارکنندگی آنزیمی بیان شده است. در فصل چهارم به اصول کلی انتقال جرم پرداخته شده است. سینتیک تکثیر سلولی، فصل پنجم مطرح شده و مراحل رشد در یک کشت سلولی توصیف شده است. همچنین سینتیک مونود توضیح داده شده و ضریب بازده برای بیان ارتباط بین رشد سلول با مصرف سوبسترا و یا تولید محصول معرفی شده است. ردارندگی رشد سلولی نیز در این فصل مورد بحث قرار گرفته است. معادلات طراحی بیوراکتورهای هم‌جریان و جریان پلاگ در فصل ششم با عنوان راکتورهای آنزیمی بیان شده و نیز چگونگی استفاده از مفاهیم تالبلیزوری، بی‌ناهمگن در سیستم‌های آنزیمی تثبیت‌شده نشان داده شده است. فصل آخر در ارتباط با بیوراکتورهای کشت سلولی بوده که استفاده از معادلات سرعت ایجاد شده در طراحی انواع راکتور را نشان می‌دهد. مفاهیم یاد شده در استفاده از افزایش مقیاس بیوراکتورها در انتها بیان گردیده است.

ارائه مطالب توسط مولف در این کتاب با بیانی ساده و با ذکر مفاهیم اساسی به انجام رسیده است. در مواردی که جزئیات بیان نشده با ذکر منابع مفید این امکان برای خواننده فراهم شده تا با مراجعه به آنها اطلاعات جامع‌تری را در مورد آن مطلب دریافت کند. این کتاب می‌تواند در گروه‌های فنی و مهندسی (از قبیل مهندسی شیمی، مهندسی بیوشیمی، بیوتکنولوژی) و علوم پایه (از قبیل علوم زیستی) مورد توجه پژوهشگران و علاقه‌مندان در این زمینه قرار گیرد. در خانمه از خوانندگان گرامی تقاضا می‌شود نظرات، پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق پست الکترونیک bioreactor.design@yahoo.com به مترجمان این کتاب منتقل نمایند.

پیشگفتار

رشته‌های مهندسی بیوشیمی و میکروبیولوژی صنعتی در طول سال‌های گذشته به طور چشمگیری پیشرفت کرده‌اند. بیشتر کاربردهای مهم در این زمینه‌ها دربرگیرنده استفاده از یک یا چند سیستم راکتور زیستی می‌باشد. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از منابع علمی در این زمینه توسعه یافته و طراحی راکتور زیستی تبدیل به بخش جدایی‌ناپذیر تعداد بیشماری از مقالات و کتاب‌های جامع در این زمینه شده است. در دوره‌های آموزشی مهندسی زیستی، من به ضرورت پوشش و همگرایی یکپارچه کاربردهای سینتیک زیستی و ترمودینامیک سیستم‌های زیستی و روش‌های متداول در بسیاری از این سیستم‌های خاص اشاره کرده‌ام. این همگرایی پیش از این در طراحی راکتور شیمیایی که زمینه تخصصی حرفه مهندسی شیمی است، انجام گرفته است. به دلیل نیازهای بیشتر دانش در زمینه بیوراکتور، این کتاب موضوعی مطمئناً پیش‌زمینه‌ای برای پژوهش‌های بیشتر می‌شود. با این حال، بسیاری از مفاهیم پایه صرفاً به دلیل عملکرد مناسب آنها بدون تغییر خواهند بود. معرکات علمی پیچیده‌تر پیامد دانش جدید هستند. این مدل‌ها به جای جایگزینی کامل، احتمالاً به مدل‌هایی که در حال حاضر مورد استفاده هستند افزوده می‌شوند.

این کتاب موضوعی برای مهندسان شیمی و میکروبیولوژیست‌های صنعتی قابل استفاده خواهد بود. این به معنی جایگزینی با کتب جامع نیست، بلکه باید در دوره‌های یادگیری و تحصیلات تکمیلی طراحی بیوراکتور که در آن یک پوشش تخصصی اصول طراحی بیوراکتور مورد نظر است به کار برده شود.

نورتون ج. مک‌دافی

کوروالیس، اورگان- ژوئیه ۱۹۹۱

فهرست

| | |
|--|----|
| فصل ۱: مقدمه | ۱۳ |
| فصل ۲: نرمه پیامیک و استوکیومتری برای طراحی بیوراکتور | ۱۷ |
| ۱-۲. نرمه پیامیک | ۱۷ |
| ۱-۱-۲. حالت‌های استوکیومتری | ۱۷ |
| ۲-۱-۲. pH و بافرها | ۱۸ |
| ۳-۱-۲. استوکیومتری | ۱۹ |
| ۴-۱-۲. موازنه‌های انرژی | ۲۰ |
| ۵-۱-۲. روابط تعادل فازی | ۲۳ |
| ۶-۱-۲. تعادل واکنش | ۲۸ |
| فصل ۳: سینتیک آنزیمی | ۳۱ |
| ۱-۳. مدل‌های ریاضی برای واکنش‌های کاتالیز شده با آنزیم | ۳۱ |
| ۲-۳. اثر دما بر روی واکنش‌های آنزیمی | ۴۰ |
| ۳-۳. اثر pH بر روی واکنش‌های کاتالیز شده با آنزیم | ۴۴ |
| ۴-۳. مهارکنندگی آنزیم | ۴۵ |
| ۱-۴-۳. انواع مهارکننده‌ها | ۴۵ |
| ۲-۴-۳. برگشت‌پذیری مهارکنندگی | ۴۶ |
| ۳-۴-۳. غیرفعال‌سازی وابسته به زمان | ۴۶ |
| ۴-۴-۳. مدل‌های مهارکنندگی تعادلی برای سینتیک میکائلیس-منتن | ۴۷ |

- ۵۱ ۳-۵. سینتیک هیدرولیز پلیمر
- فصل ۴: اصول انتقال جرم ۵۵
- ۵۵ ۴-۱. محدودیت‌های انتقال جرم
- ۵۶ ۴-۲. انتقال جرم درون فازی
- ۵۷ ۴-۳. انتقال جرم گاز-مایع
- ۶۰ ۴-۴. انتقال جرم از طریق غشاها
- ۶۱ ۴-۵. انتقال جرم از طریق ساختارهای متخلخل
- ۶۱ ۴-۶. انتقال جرم بین فازی در سطح مشترک مایع-مایع
- ۶۲ ۴-۷. انتقال جرم در سطح مشترک جامد-مایع
- ۶۲ ۴-۸. ملاحظات کلی انتقال جرم
- فصل ۵: سینتیک تکثیر به عامل ۶۵
- ۶۵ ۵-۱. طبیعت رشد و تکثیر سلولی
- ۶۸ ۵-۲. سینتیک مونود
- ۶۹ ۵-۳. استوکیومتری برای ارتباط سوبسترا و محصول
- ۷۴ ۵-۴. مدل‌های ریاضی جایگزین
- ۷۶ ۵-۵. اثرات دما بر روی فرآیندهای سلولی
- ۷۷ ۵-۶. اثرات دیگر عامل‌های محیطی
- ۷۸ ۵-۷. مهارکنندگی رشد سلول
- ۸۴ ۵-۸. انتقال جرم و محدودیت‌های مقاومت فیزیکی
- ۸۸ ۵-۹. کشت‌های مختلط
- ۹۰ ۵-۱۰. رشد آنوتروف
- ۹۱ ۵-۱۱. تعیین محدودیت سرعت

| | |
|-----|--|
| ۹۳ | فصل ۶: راکتورهای آنزیمی..... |
| ۹۳ | ۱-۶. بررسی مختصر..... |
| ۹۴ | ۲-۶. سیستم‌های آنزیمی تثبیت نشده..... |
| ۹۴ | ۳-۶. سیستم‌های آنزیمی تثبیت شده..... |
| ۱۰۱ | ۴-۶. بیوراکتورهای مخزنی همزده..... |
| ۱۰۵ | ۵-۶. بیوراکتورهای جریان پلاگ..... |
| ۱۰۶ | ۶-۶. مقایسه راکتورهای جریان پلاگ و مخزنی همزده پیوسته..... |
| ۱۰۸ | ۷-۶. ترکیب های راکتور..... |
| ۱۰۹ | فصل ۷: بیوراکتورهای کشت سلول..... |
| ۱۰۹ | ۱-۷. انواع راکتورهای رشد باسته..... |
| ۱۱۱ | ۲-۷. سیستم‌های رشد زیست در کشت مخزنی همزده پیوسته..... |
| ۱۱۳ | ۱-۲-۷. سیستم کشت در راکتور خری همزده ناپیوسته..... |
| ۱۱۶ | ۲-۲-۷. کشت‌های ناپیوسته یا خوراک‌ده..... |
| ۱۱۸ | ۳-۲-۷. راکتور مخزنی همزده پیوسته منفرد بدون برگشتی..... |
| ۱۲۰ | ۴-۲-۷. آنالیزهای گرافیکی راکتورهای مخزنی همزده پیوسته منفرد و چندگانه..... |
| ۱۲۳ | ۳-۷. راکتورهای جریان پلاگ برای رشد سلولی..... |
| ۱۲۷ | ۴-۷. عملیات برگشتی..... |
| ۱۳۰ | ۵-۷. کشت پیوسته ارگانایسم‌های فتوسنتزی..... |
| ۱۳۱ | ۶-۷. سترون‌سازی محیط کشت..... |
| ۱۳۲ | ۷-۷. افزایش مقیاس بیوراکتورهای کشت سلولی..... |
| ۱۳۷ | فهرست نمادها..... |
| ۱۴۷ | مراجع..... |