

به نام خدا

تخمیر بستر جامد ملدن

تئوری و عملی

نأب

هوگ ژانگ پن

ترجمه

مهندس محسن ورمقانی - دکتر مهرداد علیان

سرشناسه	: هونگ ژانگ چن /
عنوان و نام پدیدآور	: تخمیر بستر جامدمردن / هونگ ژانگ چن مترجمان: محسن ورمقانی و مهدی نادعلیان
مشخصات نشر	: ویراستار: مهدی باقی
مشخصات ظاهری	: ۱۳۹۸ انتشارات پادینا
شابک	: ۴۲۴ ص
وضعیت فهرست نویسی	: 978-622-6161-49-7
یادداشت	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Modern Solid State Fermentation ۲۰۱۳
شناسه افزوده	: مترجمان محسن ورمقانی و مهدی نادعلیان، ویراستار علمی: مهدی باقی
رده بندی کتبی	: TP۲۵/۲۴۸/ت۳ج۹ ۱۳۹۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۶۰/۲۸۴۴۹
	: ۵۵۴۶۰۲۹



تخمیر بستر جامد مردن

مؤلف: هونگ ژانگ چن

مترجمان

مهندس محسن ورمقانی، دکتر مهدی نادعلیان

ویراستار

دکتر مهدی باقی

ناشر: انتشارات پادینا

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۱۶۱-۴۹-۷

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: تهران، اول ۱۳۹۸

چاپ و صحافی: واژه

قیمت: ۶۰۰۰۰ تومان

تلفن: ۷۷۴۲۱۷۵۷ (۰۲۱) همراه: ۰۹۰۲۵۰۸۸۳۸۱

www.padinapub.com

padina.pub@gmail.com

فهرست

بخش ۱ - مقدمه.....	۱۳
چکیده.....	۱۳
۱-۱- تخمیر بستر جامد.....	۱۳
۱-۱-۱- مفهوم تخمیر بستر جامد.....	۱۳
۱-۱-۲- اختلاف بین تخمیر بستر جامد و تخمیر مایع.....	۱۶
۱-۱-۳- مزایا و کاربرد تخمیر بستر جامد.....	۱۶
۲-۱- اساس و قوانین تخمیر بستر جامد مدرن.....	۲۰
۲-۱-۱- قوانین فرآیند تخمیر بستر جامد مبنی بر خواص بیولوژیکی.....	۲۰
۲-۱-۲- قوانین فرآیند تخمیر بستر جامد بر اساس ویژگی سوبسترا.....	۲۱
۳-۱- کسب مهندسی تخمیر بستر جامد.....	۲۸
۳-۱-۱- مهندسی - لایا بالا دستی تخمیر بستر جامد.....	۲۸
۳-۱-۲- مهندسی - لایا پایین دستی تخمیر بستر جامد.....	۳۱
۳-۱-۳- مهندسی - لایا میانی تخمیر بستر جامد و تکنولوژی کمکی.....	۳۵
مراجع.....	۳۸
بخش ۲- اساس بیوتکنولوژی تخمیر بستر جامد.....	۴۱
چکیده.....	۴۱
۱-۲- بررسی اجمالی از فیزیولوژی میکروبی تخمیر بستر جامد.....	۴۱
۱-۲-۱- رشد میکروبی و خصوصیات میکروبی.....	۴۱
۱-۲-۲- ویژگی‌های سطح مشترک تخمیر بستر جامد و متابولیسم میکروبی.....	۴۷
۱-۲-۳- میکروارگانیسم‌های ریشه‌ای بر روی ماتریکس جامد.....	۵۵
۱-۲-۴- رشد باکتریایی بر روی ماتریکس جامد.....	۷۱
۱-۲-۵- رشد مخمر بر روی ماتریکس جامد.....	۷۳
۱-۲-۶- شبیه‌سازی عددی تخمیر بستر جامد به وسیله ماتریکس حامل تغذیه‌ای مبنی بر تقسیم کردن و انتقال گیرنده.....	۷۴
۲-۲- ویژگی‌های ماتریکس جامد در تخمیر بستر جامد.....	۸۷
۲-۲-۱- نوع ماتریکس جامد مناسب برای تخمیر بستر جامد.....	۸۸
۲-۲-۲- پیش تیمار ماتریکس جامد برای تخمیر بستر جامد.....	۹۵
۲-۲-۳- پارامترهای مواد اولیه که بر تخمیر بستر جامد تاثیر می‌گذارند.....	۹۹
۲-۳- تکنیک آسپتیک و تکنیک تلقیح برای تخمیر بستر جامد مقیاس بالا.....	۱۰۰

۱۰۱	۱-۳-۲- تکنیک اسپتیک مقیاس بالا برای تخمیر بستر جامد.....
۱۰۴	۲-۳-۲- تکنولوژی تلقیح اسپور با جریان هوا.....
۱۰۷	مراجع.....
۱۱۱	بخش ۳ - اساس مهندسی تخمیر بستر جامد و افزایش مقیاس آن.....
۱۱۱	چکیده.....
۱۱۱	۱-۳-۱- ماهیت تخمیر بستر جامد.....
۱۱۲	۱-۱-۳- وابستگی بین نسبت سه فاز در تخمیر و فیزیولوژی میکروبی.....
۱۱۸	۲-۱-۳- ویژگی‌ها و نقش فاز گاز ماتریکس در تخمیر بستر جامد.....
۱۱۹	۳-۱-۳- نقش فرآیند تبخیر - تعرق در تخمیر بستر جامد.....
۱۲۳	۲-۲-۳- اساس انتقال تخمیر بستر جامد.....
۱۲۴	۲-۳-۱- مقدمه‌ای بر انتقال جرم و گرما در تخمیر بستر جامد.....
۱۲۶	۲-۲-۳- مبانی نظری فرآیند انتقال مواد حل شونده، رطوبت و گرما.....
۱۳۵	۳-۲-۳- پارامتری فیزیکی مؤثر بر فرآیند انتقال ماتریکس جامد.....
۱۴۰	۴-۲-۳- تغییرات در ویژگی‌های حامل تغذیه‌ای در طول رشد سلول.....
۱۶۰	۳-۳-۳- پدیده فیزیکی حرارتی در تخمیر بستر جامد در ارتباط با ارگانیسم‌ها.....
۱۶۰	۱-۳-۳- مسائل انتقال سیستم متحرک - میکروارگانیسم.....
۱۶۳	۲-۳-۳- اثر رشد سلولی روی فرآیند انتقال ماتریکس.....
۱۶۵	۳-۳-۳- اثر رشد میکروبی روی رطوبت ماتریکس و انتقال اکسیژن.....
۱۷۵	۴-۳-۳- اثر رشد میکروبی روی ماتریکس جامد.....
۱۷۷	۴-۳-۳- طراحی و افزایش مقیاس بیوراکتورهای تخمیر بستر جامد.....
۱۷۷	۳-۴-۱- بیوراکتورهای تخمیر بستر جامد.....
۱۷۹	۲-۴-۳- فاکتورهایی که بر طراحی بیوراکتور تاثیر دارند.....
۱۸۲	۳-۴-۳- اساس افزایش مقیاس بیوراکتور تخمیر بستر جامد.....
۱۸۹	مراجع.....
۱۹۳	بخش ۴ - تخمیر بستر جامد هوازی.....
۱۹۳	چکیده.....
۱۹۳	۱-۴-۱- مبانی فیزیکی و بیولوژی تخمیر بستر جامد هوازی.....
۱۹۳	۱-۱-۴- مقدمه‌ای بر تخمیر بستر جامد هوازی.....
۱۹۵	۲-۱-۴- میکروارگانیسم‌های هوازی و تغذیه.....
۲۰۰	۳-۱-۴- مبانی شیمی فیزیک تخمیر بستر جامد هوازی.....
۲۰۵	۲-۴-۲- تخمیر بستر جامد مخلوط.....

- ۲۰۵..... ۱-۲-۴- بررسی کلی
- ۲۰۶..... ۴-۲-۲- اساس فرآیند
- ۲۰۸..... ۴-۲-۳- ارزیابی فرآیند
- ۲۱۰..... ۴-۲-۴- تکنولوژی‌های کلیدی
- ۲۱۱..... ۴-۲-۵- کاربرد تخمیر بستر جامد مخلوط
- ۲۱۴..... ۴-۳- تخمیر بستر جامد ایزوله استاتیک
- ۲۱۵..... ۴-۳-۱- تکنولوژی تخمیر بستر جامد سینی
- ۲۲۳..... ۴-۳-۲- تکنولوژی تخمیر بستر جامد هوازی بستر آکنده
- ۲۳۰..... ۴-۴- تخمیر بستر جامد دینامیک
- ۲۳۲..... ۴-۴-۱- تکنولوژی تخمیر بستر جامد هوازی استوانه چرخان
- ۲۳۸..... ۲-۴-۲- تخمیر بستر سیال گاز- جامد
- ۲۴۱..... ۱-۴-۱- تکنولوژی تخمیر بستر جامد دینامیک دابل گاز
- ۲۴۴..... ۴-۵- شبیه‌سازی عددی فرآیند تخمیر تحت شرایط عملیاتی متفاوت
- ۲۴۵..... ۴-۵-۱- شرایط مرزی و معادلات کنترل برای تخمیر بستر جامد سینی
- ۲۴۵..... ۴-۵-۲- شرایط مرزی و معادله کنترل برای تخمیر بستر جامد هوادهی اجباری
- ۲۴۶..... ۴-۵-۳- شرایط مرزی و معادله کنترل تخمیر بستر جامد دینامیک دابل گاز
- ۲۴۷..... ۴-۵-۴- شبیه‌سازی عددی تو د سلول در ده‌های عملیات تخمیر بستر جامد متفاوت
- ۲۵۸..... مراجع
- ۲۶۳..... بخش ۵- تخمیر بستر جامد غیر هوازی
- ۲۶۳..... چکیده
- ۲۶۴..... ۵-۱- پایه‌های بیولوژی و فیزیکی تخمیر بستر جامد غیر هوازی
- ۲۶۴..... ۵-۱-۱- تشابه‌ها و اختلاف‌های تخمیر بستر جامد هوازی و غیرهوازی
- ۲۶۵..... ۵-۱-۲- پایه بیولوژیکی تخمیر بستر جامد غیرهوازی
- ۲۶۹..... ۳-۱-۵- پایه‌های فیزیکی تخمیر بستر جامد غیرهوازی
- ۲۷۱..... ۵-۲- انواع تخمیر بستر جامد غیر هوازی
- ۲۷۱..... ۵-۲-۱- تخمیر مخلوط
- ۲۹۴..... ۵-۲-۲- تخمیر کشت خالص
- ۲۹۵..... ۵-۳- راکتور تخمیر بستر جامد غیرهوازی
- ۲۹۷..... ۵-۳-۱- راکتور تخمیر اتانول
- ۳۰۰..... ۵-۳-۲- راکتور تخمیر خشک بیوگاز
- ۳۰۵..... ۵-۴- کاربرد تخمیر بستر جامد غیرهوازی

- ۳۰۵..... ۱-۴-۵- کاربرد در سیلاژ.....
- ۳۱۱..... ۲-۴-۵- عملیات غیرهوازی بستر جامد پساب جامد آلی.....
- ۳۱۷..... مراجع.....
- بخش ۶ - اساس و کاربرد تخمیر بستر جامد انجام شده بر روی مواد تکیه‌گاه بی‌اثر (تخمیر بستر جامد حامل جذبی)..... ۳۲۱.....
- چکیده..... ۳۲۱.....
- ۱-۶- مقدمه‌ای بر تخمیر بستر جامد انجام شده روی مواد حامل بی‌اثر..... ۳۲۲.....
- ۱-۱-۶- مفهوم..... ۳۲۲.....
- ۱-۱-۶- مزایا..... ۳۲۴.....
- ۲-۶- ویژگی‌های مواد ACSSF..... ۳۳۱.....
- ۱-۲-۶- ویژگی‌های مواد ACSSF..... ۳۳۱.....
- ۲-۲-۶- انواع مواد حامل بی‌اثر..... ۳۳۱.....
- ۳-۲-۶- پیش‌تیمار تکیه‌گاه بی‌اثر..... ۳۳۴.....
- ۴-۲-۶- مشخصات رشد میکروارگانیسم‌ها روی حامل‌های بی‌اثر..... ۳۳۷.....
- ۳-۶- فرماتورها و تکنیک‌های ACSSF..... ۳۴۲.....
- ۱-۳-۶- بیوراکتور بستر آکنده..... ۳۴۲.....
- ۲-۳-۶- بیوراکتور نیمه پیوسته تکرار شده..... ۳۴۴.....
- ۳-۳-۶- بیوراکتور پیوسته..... ۳۴۵.....
- ۴-۳-۶- بیوراکتور افقی..... ۳۵۰.....
- ۴-۶- بهینه‌سازی فرآیند ACSSF..... ۳۵۱.....
- ۱-۴-۶- اثر محیطی رطوبت..... ۳۵۱.....
- ۲-۴-۶- اثر فعالیت آلی..... ۳۵۲.....
- ۳-۴-۶- اثر اندازه ذرات تکیه‌گاه..... ۳۵۸.....
- ۴-۴-۶- اثر عمق حامل بی‌اثر..... ۳۶۰.....
- ۵-۶- کاربردهای ACSSF..... ۳۶۱.....
- ۱-۵-۶- تولید اسید کلاولانیک به‌وسیله تخمیر بستر جامد روی فوم پلی‌اورتان..... ۳۶۲.....
- ۲-۵-۶- تولید پروتئاز قلیایی به‌وسیله تخمیر بستر جامد روی فوم پلی‌اورتان..... ۳۷۱.....
- ۳-۵-۶- تولید اسید کلاولانیک به‌وسیله تخمیر بستر جامد مداوم روی فوم پلی‌اورتان..... ۳۷۷.....
- ۴-۵-۶- تولید زانتان به‌وسیله تخمیر بستر جامد روی فوم پلی‌اورتان..... ۳۸۸.....
- ۵-۵-۶- تولید سلولز باکتریایی به‌وسیله تخمیر بستر جامد روی فوم پلی‌اورتان..... ۳۹۳.....
- ۶-۶- جنبه‌های روی ACSSF..... ۳۹۵.....

۳۹۵	۱-۶-۶- اقتصاد سیستم‌های تجاری
۳۹۶	۲-۶-۶- چالش‌ها در ACSSF
۳۹۸	مراجع
۴۰۱	بخش ۷- روندهای توسعه و جنبه‌های کاربردی برای تخمیر بستر جامد مدرن
۴۰۱	چکیده
۴۰۲	۱-۷- روندهای گسترشی برای تخمیر بستر جامد مدرن
۴۰۳	۱-۱-۷- دانش عمیق ماهیت تخمیر بستر جامد
۴۰۴	۲-۱-۷- تحقیق و کاربرد تکنولوژی آنلاین در تخمیر بستر جامد
۴۰۵	۳-۱-۷- ساخت و طراحی تجهیزات تخمیر بستر جامد
۴۰۵	۴-۱-۷- کاربرد کشت مخلوط در تخمیر بستر جامد
۴۰۶	۱-۷- ارتباط چند رشته‌ای در تخمیر بستر جامد
۴۰۷	۷-۲- جنبه‌های کاربردی برای تخمیر بستر جامد مدرن
۴۰۷	۷-۲-۱- مقدمه
۴۰۸	۲-۲-۷- قابلیت‌های بستر جامد استفاده شده به عنوان سوبسترا
۴۱۳	۳-۲-۷- تکنولوژی بیابیل رسانی بیوس بر مبنای تخمیر بستر جامد
۴۲۱	مراجع

پیش‌گفتار مولف

تخمیر بستر جامد در چین نشأت گرفته و تاریخچه طولانی دارد. بدلیل صرفه جوی در مصرف آب و انرژی، بازدهی بالا، مزایایی تولید تمیز، تخمیر بستر جامد بطور تدریجی توجه بیشتری توسط کشورها در سراسر جهان دریافت کرده است. بعد از چندین دهه از گسترش سریع آن، چینی‌ها در صنایع تخمیر به قدرت عمده تبدیل شده‌اند، و در ارزش خروجی نسبت تولیدات صنایع تخمیر صنعتی ملی بطور تدریجی افزایش یافته است. با این حال، بدلیل درک ناقص از ماهیت خود تخمیر بستر جامد و تاخیر در تحقیق و توسعه تجهیزات تخمیر و تکنولوژی‌های حمایتی مربوط، چندین مسئله هنوز در کاربرد مقیاس بالا باید بر طرف گردد. در حال حاضر، بعضی کتاب‌های تخمیر بستر جامد مربوطه که بطور عمده روی شرح فرایند تخمیر تمرکز کرده‌اند ولی اساس تخمیر بر پایه‌ای را نادیده گرفتند. محتوی عمده این کتاب مربوط به تحقیق علمی جدید و کاربردهای صنعتی مربوطه از تخمیر بستر جامد است؛ برای بهبود سطح تکنیکی صنایع، این کتاب بطور سیستماتیک اساس پایه‌ای و کاربردهای تخمیر بستر جامد را معرفی می‌کند. مبنی بر ماهیت تخمیر بستر جامد و فرایند تخمیر بستر جامد طبیعی، این کتاب مشخصات بیولوژیکی میکروارگانیسم‌های تخمیر مربوطه را بررسی می‌کند؛ مبنی بر اساس "سه انتقال و یک واکنش" و تئوری محیط متناخل، فرایند مهندسی با جزئیات توضیح داده می‌شود. تئوری پایه برای توضیح دادن فرایند تخمیر بستر جامد و برای برجسته کردن مزایای ویژه آن استفاده می‌شود. در نتیجه، هر بخش، اساس علم، تکنولوژی‌ها، فرایندها، و کاربردها را توضیح می‌دهد. تکنولوژی‌ها از اساس تئوری پایه مشتق می‌شود؛ فرایندهای بالغ تلفیق کردن تکنولوژی‌های مختلف است، و بنیاد تکنولوژی تخمیر بستر جامد مدرن بوسیله ادغام اساسی فرایندهای متعدد ساخته می‌شود. این کتاب منوگرافی است که بطور سیستماتیک اساس پایه تخمیر بستر جامد و کاربرد آن را توضیح می‌دهد. در ابتدا، بخش ۱ مفهوم و توسعه تخمیر بستر جامد را معرفی می‌کند. بخش ۲ و ۳ ماهیت تخمیر بستر جامد و فاکتورهای موثر مربوطه (به ترتیب) از جنبه‌های مهندسی و بیولوژیکی معرفی می‌کند. بخش ۴، ۵ و ۶ به ترتیب اساس‌ها، فرایند تطابق دادن، و صنعتی سازی تخمیر بستر جامد هوازی، تخمیر بستر جامد غیر هوازی، و تخمیر بستر جامد حامل جذبی را شرح می‌دهد.

سرانجام، مبنی بر مطالعه و درک تخمیر بستر جامد، چندین چشم انداز برای توسعه تخمیر بستر جامد طرح می‌شود. تحقیق من از نظر مالی به‌وسیله برنامه تحقیق پایه‌ای ملی چی (973 Project, No. 2011CB707401)؛ تحقیق تکنولوژی بالا ملی و برنامه توسعه چین (863 Program, SS2012AA022502)؛ و پروژه مهم ملی از برنامه حمایتی تکنیکی و علمی چین (No. 2011BAD22B02) تامین می‌شود. به علاوه، برنامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری من شرط‌های قبلی ضروری برای منتشر کردن این کتاب بود. به خصوص، Master Dr. Guanhua, Dr. Qin He, Dr. Guanhua Wang, Dr. Zhiguo Zhang, Duan Yingyi, Dr. Ning Wang و Dr. Litang Ma, Li این کتاب را بیشتر مراجع پیشینیان و همکاران استناد می‌کند. من مایلم تشکر صمیمانه ام را به همه آن‌هی که در نوشتن کتاب سهیم بودند، ابراز کنم. بعضی خطاها ممکن است در این کتاب وجود داشته باشد. لطفاً برای زمانی که شما هر نقطه ضعف یا کوتاهی در متن مشاهده کردید، اشتباهات را گوشه‌نویس کنید و جملات را به بنده ارائه دهید. بنده جهت دریافت کردن اصلاح نامه و هدایت نامه از خوانندگان و میمانه چشم انتظار هستم.

آزمایشگاه ملی مهندسی بیوشیمی هانگ ژنگ چن

انستیتو مهندسی فرایند، آکادمی علوم چین، Beijing, P.R. China