



انتشارات، شماره ۵۸۵

مبانی مهندسی فرآیند غذایی

گردآوری و تدوین:

دکتر سید محمد علی رضوی

مهندس مریم بهرام پرور

مهندس محمد رضا امیریوسفی

سرشناسه:	رضوی، محمد علی
عنوان و نام پدید آور:	مبانی مهندسی فرآیند غذایی / تدوین و گردآوری سید محمد علی رضوی، مریم بهرام پرور، محمد رضا امیریوسفی.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری:	۲۸۴ ص.: نمودار.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۸۵.
شابک:	(ISBN: 978-964-386-256-5)
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.
یادداشت:	واژه نامه.
موضوع:	مواد غذایی -- صنعت و تجارت -- الگوهای ریاضی.
موضوع:	مواد غذایی -- استانداردها.
موضوع:	مهندسی تولید -- الگوهای ریاضی.
موضوع:	تولید -- فرآیندها.
شناسه افزوده:	بهرام پرور، مریم.
شناسه افزوده:	امیریوسفی، محمد رضا.
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد.
رده بندی کنگره:	۱۳۹۰ م ۶ / ۵ / ۳۷۰ TP
رده بندی دیویی:	۶۶۴ / ۰۰۱۵۱۱۸
شماره کتابخانه ملی:	۲۳۴۳۸۵۸



دانشگاه فردوسی مشهد

انتشارات، شماره ۵۸۵

مبانی مهندسی فرآیند غذایی

تدوین و گردآوری

دکتر سید محمد علی رضوی - مهندس مریم بهرام پرور

مهندس محمد رضا امیریوسفی

ویراستار علمی

دکتر محبت محبی

وزیری، ۲۸۶ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۳۹۰

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۴۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-386-256-5

شابک ۵-۲۵۶-۳۸۶-۹۶۴-۹۷۸

فهرست مطالب

۷	دیباچه
۹	فصل اول - مفاهیم پایه مهندسی
۹	۱-۱- مقدمه
۱۱	۲-۱- تعاریف
۱۷	۳-۱- سیستم‌های اندازه‌گیری
۱۸	۱-۳-۱- واحدها و نمادها در سیستم SI
۲۲	۴-۱- تبدیل واحدها
۲۴	۵-۱- سازگاری ابعادی معادلات
۲۶	۶-۱- ثابت ابعادی (g_c)
۲۸	۷-۱- گروه‌های بدون بعد و تبدیل ابعادی معادلات بدون بعد
۳۲	۸-۱- چگالی، تخلخل، وزن مخصوص و چگالی نسبی
۳۵	۹-۱- غلظت
۳۸	۱۰-۱- مقدار رطوبت
۳۹	۱۰-۱- دما
۴۴	۱۲-۱- فشار
۵۰	۱۳-۱- سوال‌های تشریحی
۶۱	فصل دوم - موازنه جرم
۶۱	۲-۱- مقدمه
۶۳	۲-۲- سیستم
۶۶	۳-۲- قانون بقای جرم
۶۹	۱-۳-۲- اصل بقای جرم برای سیستم‌های باز و بسته

۷۱	۴-۲- موازنه جرم (مواد).....
۷۲	۲-۴-۱- دیاگرام جریان فرآیند (PFD).....
۷۵	۲-۴-۲- انتخاب مبنا و ماده گره.....
۷۸	۲-۴-۳- موازنه جرم کل.....
۸۱	۲-۴-۴- موازنه جرم جزء.....
	۲-۵- مسائل نمونه موازنه جرم در حالت پایا برای فرآیندهای تک مرحله‌ای
۸۴	(رقیق‌سازی، تغلیظ، خشک کردن).....
۸۹	۲-۶- مخلوط کردن افزودنی‌های غذایی (فرمولاسیون).....
۹۱	۲-۶-۱- تغییرات حجم طی مخلوط کردن.....
۹۲	۲-۷- موازنه جرم فرآیندهای چند مرحله‌ای تحت شرایط پایا.....
۱۰۰	۲-۸- موازنه جرم فرآیندهای ناپایا.....
۱۰۵	۲-۹- سوال‌های تشریحی.....

فصل سوم - ترمودینامیک..... ۱۲۵

۱۲۵	۳-۱- تعریف ترمودینامیک.....
۱۲۷	۳-۲- کار.....
۱۲۹	۳-۳- انرژی.....
۱۳۲	۳-۴- گرما (انرژی حرارتی).....
۱۳۳	۳-۵- انرژی داخلی.....
۱۳۴	۳-۶- فرمول‌بندی قانون اول ترمودینامیک.....
۱۳۵	۳-۶-۱- قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های بسته.....
۱۳۶	۳-۶-۲- حالت ترمودینامیکی و توابع حالت.....
۱۴۱	۳-۶-۳- انتالپی.....
۱۴۳	۳-۶-۴- قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های باز در حالت پایا.....
۱۴۸	۳-۷- تعادل.....
۱۴۹	۳-۸- قاعده فاز.....
۱۵۱	۳-۹- فرآیندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر.....
۱۵۲	۳-۱۰- گاز ایده‌آل و معادله حالت.....
۱۵۵	۳-۱۱- مخلوط گازها.....
۱۵۷	۳-۱۲- معادله حالت واندروالس.....
۱۶۰	۳-۱۳- ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه.....
۱۶۱	۳-۱۴- فرآیندهای ترمودینامیکی.....

فهرست مطالب ۵

- ۱۶۱-۳-۱۴-۱- فرآیند حجم ثابت یا ایزوکوریک.....
- ۱۶۲-۳-۱۴-۲- فرآیند فشار ثابت یا ایزوباریک.....
- ۱۶۴-۳-۱۴-۳- فرآیند دما ثابت یا ایزوترمال.....
- ۱۶۵-۳-۱۴-۴- فرآیند آدیاباتیک.....
- ۱۶۷-۳-۱۴-۵- فرآیند پلی تروپیک.....
- ۱۶۹-۱۵-۳- رفتار P-V-T مواد خالص.....
- ۱۷۲-۱۶-۳- تعادل مایع - بخار.....
- ۱۷۶-۱۷-۳- خواص بخار آب اشباع و فوق گرم.....
- ۱۷۷-۳-۱۷-۱- جدول بخار آب اشباع.....
- ۱۷۸-۳-۱۷-۲- خواص بخار آب با کیفیت کمتر از ۱۰۰٪.....
- ۱۸۰-۳-۱۷-۳- جدول‌های بخار آب فوق گرم.....
- ۱۸۱-۳-۱۷-۴- درون‌یابی دو طرفه در جدول‌های بخار فوق گرم.....
- ۱۸۲-۱۸-۳- انتروپی و قانون دوم ترمودینامیک.....
- ۱۸۳-۳-۱۸-۱- منبع گرمایی.....
- ۱۸۴-۳-۱۸-۲- ماشین گرمایی.....
- ۱۸۵-۳-۱۸-۳- ماشین و یخچال.....
- ۱۸۶-۳-۱۸-۳-۱- کارایی حرارتی ماشین.....
- ۱۸۷-۳-۱۸-۳-۲- ضریب عملکرد یخچال.....
- ۱۸۷-۳-۱۸-۳-۳- برگشت‌پذیری.....
- ۱۸۸-۳-۱۸-۳-۴- ماشین کارنو، یخچال کارنو و پمپ گرمایی کارنو.....
- ۱۹۰-۱۹-۳- سوال‌های تشریحی.....

فصل چهارم - موازنه انرژی..... ۲۰۳

- ۲۰۳-۱-۴- مقدمه.....
- ۲۰۴-۴-۲- موازنه انرژی.....
- ۲۰۵-۴-۲-۱- موازنه انرژی سیستم‌های بسته.....
- ۲۰۸-۴-۲-۲- موازنه انرژی سیستم‌های باز.....
- ۲۱۱-۴-۳- گرمای ویژه و گرمای نهان.....
- ۲۱۲-۴-۳-۱- گرمای ویژه.....
- ۲۱۲-۴-۳-۱-۱- گرمای ویژه جامدات و مایعات.....
- ۲۱۷-۴-۳-۱-۲- گرمای ویژه گازها و بخارها.....
- ۲۲۰-۴-۳-۲- گرمای نهان.....

- ۲۲۰ ۴-۳-۳- تغییر انتالپی همراه با تغییر فاز.....
- ۲۲۲ ۴-۴- مسائل نمونه
- ۲۲۲ ۴-۴-۱- موازنه انرژی در حالت پایا
- ۲۲۵ ۴-۴-۲- موازنه‌های همزمان جرم و انرژی در حالت پایا.....
- ۲۳۱ ۴-۵- سوال‌های تشریحی
- ۲۳۷ فصل پنجم - سایکرومتری (خواص هوای مرطوب).....
- ۲۳۷ ۵-۱- مقدمه
- ۲۳۸ ۵-۲- تعریف واژه‌های ترمودینامیکی
- ۲۴۰ ۵-۳- روابط ترمودینامیکی ویژگی‌های هوای مرطوب
- ۲۴۰ ۵-۳-۱- قوانین گاز کامل
- ۲۴۱ ۵-۳-۱-۱- فشار بخار و رطوبت نسبی
- ۲۴۲ ۵-۳-۱-۲- نسبت رطوبت
- ۲۴۴ ۵-۳-۱-۳- انتالپی
- ۲۴۵ ۵-۳-۱-۴- حجم مخصوص
- ۲۴۶ ۵-۳-۱-۵- دمای حباب مرطوب
- ۲۵۰ ۵-۳-۲- رفتار قانون گاز غیرایده‌آل هوای مرطوب
- ۲۵۱ ۵-۴- چارت سایکرومتری
- ۲۵۲ ۵-۴-۱- کاربردهای چارت سایکرومتری
- ۲۵۳ ۵-۴-۱-۱- گرمایش و سرمایش محسوسه
- ۲۵۳ ۵-۴-۱-۲- گرمایش و رطوبت‌زنی
- ۲۵۴ ۵-۴-۱-۳- سرمایش و رطوبت‌زدایی
- ۲۵۵ ۵-۴-۱-۴- خشک کردن آدیاباتیک
- ۲۵۶ ۵-۴-۱-۵- مخلوط کردن دو جریان هوا
- ۲۶۳ ۵-۵- سوال‌های تشریحی
- ۲۷۱ پیوست‌ها.....
- ۳۰۱ منابع مورد استفاده

دیباچه

تقاضای روزافزون برای مواد غذایی ایمن، مغذی، راحت و با کیفیت بالا نیاز مبرمی را به اطلاعات و مفاهیم مهندسی ایجاد کرده است و با افزایش کاربرد علوم جدید مانند بیولوژی مولکولی، نانو تکنولوژی و بیوشیمی تغذیه‌ای در فرآیند تولید غذا، نقش مهندسی در طراحی فرآیند نمایانتر شده است. همچنین، انجام نوآوری در واحدهای تحقیق و توسعه صنایع مختلف غذایی نیازمند اطلاعات جامعی در این زمینه می‌باشند.

این کتاب در قالب ۵ فصل با عناوین مفاهیم پایه مهندسی، موازنه جرم، ترمودینامیک، موازنه انرژی و سایکرومتری (خواص هوای مرطوب) تالیف شده است. مخاطبان آن در ۴ گروه ذیل قرار می‌گیرند؛ شامل: (۱) مهندسان فرآیند تولید مواد غذایی، (۲) دانشجویان گرایشهای مختلف رشته علوم و صنایع غذایی (فرآوری، کنترل کیفیت،...)، (۳) تکنولوژیست‌ها و مهندسان شاغل در واحدهای تحقیق و توسعه و (۴) داوطلبان ورود به مقاطع تکمیلی این رشته. همچنین، مطالب ارائه شده در کتاب حاضر برای متخصصان و دانشجویان علوم مرتبط، مانند مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی ماشین‌های کشاورزی، بیوفیزیک و شیمی کاربردی قابل استفاده خواهد بود. در هر فصل کتاب افزون بر تلاش جهت بیان ساده و روان مطالب، شکل‌ها، نمودارها، جدول‌ها و مثال‌های متعددی برای درک بهتر تئوری‌ها آورده شده است. وجود مسائل متنوع در انتهای هر فصل به جز تسهیل فرآیند یادگیری، بر جنبه‌های کاربردی در صنعت نیز تأکید دارد.

دکتر سید محمدعلی رضوی

مهندس مریم بهرام پرور - مهندس محمدرضا امیر یوسفی