
ماشین‌ها و تجهیزات فرآوری مواد غذایی

تألیف و گردآوری:

دکتر حامد کرمی

www.ketab.ir

جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی

۱۴۰۰

سرشناسه	: کرمی، حامد، ۱۳۶۴- (دکتر)
عنوان و نام پدیدآور	: ماشین‌ها و تجهیزات فرآوری مواد غذایی/ تالیف و گردآوری حامد کرمی.
مشخصات نشر	: تهران: جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: [۲۷۹] ص.: مصور.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۷۹-۱۷۹-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۷۶-۲۶۹.
موضوع	: مواد غذایی- صنعت و تجارت
موضوع	: Food industry and trade
موضوع	: مواد غذایی - صنعت و تجارت - وسایل و تجهیزات
موضوع	: Food industry and trade -- Equipment and supplies
شناسه افزوده	: جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی
رده‌بندی کنگره	: TP۳۷۰
رده‌بندی دیویی	: ۶۶۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۶۵۲۶۶۷
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

ماشین‌ها و تجهیزات فرآوری مواد غذایی

تألیف و گردآوری: دکتر حامد کرمی

نوبت چاپ: اول

انتشارات: جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۸۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۷۹-۱۷۹-۶

حق چاپ و نشر محفوظ است.



واحد شهید بهشتی

نشانی: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی - صندوق پستی: ۳۷۱-۱۹۸۵۳

پست الکترونیکی: manager@jdsb.ac.ir

نمابر: ۲۲ ۴۳ ۱۹ ۳۸

تلفن: ۲۲ ۴۳ ۱۹ ۳۳

سامانه فروش الکترونیک: www.16book.ir

ایمیل: sbuisba@gmail.com

فهرست

فصل ۱: پمپ ها	۱۵
۱-۱- مقدمه	۱۵
۲-۱- تقسیم بندی پمپ ها	۱۵
۳-۱- پمپ های دینامیکی	۱۶
۱-۳-۱- تقسیم بندی توربو پمپ ها	۱۷
۲-۳-۱- مشخصات اصلی توربو پمپ ها	۲۰
۴-۱- پمپ های جابجایی مثبت	۲۰
۱-۴-۱- پمپ های رفت و برگشتی	۲۱
۱-۴-۱-۱- مشخصات اصلی پمپ های رفت و آمدی	۲۳
۲-۴-۱- پمپ های گردشی	۲۳
۱-۲-۴-۱- انواع پمپ های گردشی	۲۳
۲-۲-۴-۱- مشخصات اصلی پمپ های گردشی	۲۷
۵-۱- عملکرد پمپ ها	۲۷
۶-۱- انتخاب پمپ	۳۰
۷-۱- فشارنده ها	۳۱
۸-۱- لوله کشی	۳۳

فصل ۲: خردکن‌ها ۳۵

۱-۲- مقدمه ۳۵

۲-۲- اصول اساسی کاهش اندازه جامدات ۳۶

۱-۲-۲- مکانیسم کاهش اندازه در جامدات ۳۶

۲-۲-۲- اندازه متوسط ذرات ۳۷

۳-۲-۲- توزیع اندازه ذرات پس از کاهش اندازه ۳۸

۳-۲- مصرف انرژی ۳۸

۴-۲- کاهش اندازه جامدات: تجهیزات و روش‌ها ۴۰

۱-۴-۲- آسیاب ضربانی ۴۱

۲-۴-۲- آسیاب‌های فشاری ۴۲

۳-۴-۲- آسیاب‌های مالشی ۴۶

۴-۴-۲- خردکننده‌ها و بریدنده‌ها ۴۸

۵-۲- فرآیند آسیاب گندم ۵۲

فصل ۳: مخلوط‌کن‌ها ۵۵

۱-۳- مقدمه ۵۵

۲-۳- مخلوط کردن مایعات (ترکیب کردن) ۵۶

۱-۲-۳- انواع همزن‌ها ۵۶

۲-۲-۳- الگوهای جریان در مخلوط کردن مایعات ۵۸

۳-۲-۳- انرژی مصرفی در مخلوط کردن مایعات ۵۹

۴-۲-۳- زمان مخلوط کردن ۶۲

۳-۳- ورز دادن ۶۲

۴-۳- جریان ورودی اختلاط ۶۵

۵-۳- مخلوط کردن ذرات جامد ۶۵

۱-۵-۳- مخلوط کردن و جداسازی ۶۵

۳-۵-۳- تجهیزات برای مخلوط کردن ذرات جامد ۶۶

۶-۳- همگن سازی ۶۹

۱-۶-۳- اصول پایه ۶۹

۷۱	۳-۶-۲- هبوزنیرها.....
۷۴	۳-۷- کف سازی.....
۷۵	فصل ۴: جدا کننده ها.....
۷۵	۴-۱- مقدمه.....
۷۶	۴-۲- اصول اساسی.....
۷۶	۴-۲-۱- مخزن ته نشینی مداوم.....
۷۷	۴-۲-۲- مخزن ته نشینی به سانتریفیوژ لوله ای.....
۸۱	۴-۲-۳- مخزن ته نشینی بافل دار و سانتریفیوژ دیسکی.....
۸۲	۴-۲-۴- جداسازی مایع-مایع.....
۸۴	۴-۳- سانتریفیوژها.....
۸۵	۴-۳-۱- سانتریفیوژ لوله ای.....
۸۵	۴-۳-۲- سانتریفیوژهای جدا کننده مایع-مایع.....
۸۹	۴-۳-۳- سانتریفیوژهای شفاف ساز (صافی های گریز از مرکز).....
۸۹	۴-۳-۴- سانتریفیوژهای دکانتر.....
۹۱	۴-۳-۵- سانتریفیوژ سبکی.....
۹۱	۴-۴- سیکلون ها.....
۹۲	۴-۵- اکسپرنشن.....
۹۲	۴-۵-۱- مقدمه.....
۹۳	۴-۵-۲- مکانیزم.....
۹۵	۴-۵-۳- کاربردها و تجهیزات.....
۱۰۱	فصل ۵: فیلتراسیون.....
۱۰۱	۵-۱- مقدمه.....
۱۰۲	۵-۲- فیلتراسیون عمقی.....
۱۰۴	۵-۳- فیلتراسیون سطحی.....
۱۰۴	۵-۳-۱- مکانیزم.....
۱۰۵	۵-۳-۲- نرخ فیلتراسیون.....
۱۰۸	۵-۳-۳- بهینه سازی چرخه فیلتراسیون.....

۱۰۹	۵-۳-۴- ویژگی‌های فیلتراسیون کبک‌ها
۱۱۰	۵-۳-۵- نقش کبک در فیلتراسیون
۱۱۱	۵-۴- تجهیزات فیلتراسیون
۱۱۱	۵-۴-۱- فیلترهای عمقی
۱۱۱	۵-۴-۲- فیلترهای جداساز (سطحی)
۱۱۹	فصل ۶: اکستروژن
۱۱۹	۶-۱- مقدمه
۱۲۱	۶-۲- اکسترودر تک مارییج
۱۲۱	۶-۲-۱- ساختار
۱۲۲	۶-۲-۲- عملیات
۱۲۴	۶-۲-۳- مدل‌های جریان، توان عملیاتی اکسترودر
۱۲۶	۶-۳- اکسترودر دو مارییج
۱۲۶	۶-۳-۱- ساختار
۱۲۸	۶-۳-۲- عملیات
۱۲۸	۶-۳-۳- مزایا و معایب
۱۲۹	۶-۴- تأثیر بر روی غذاها
۱۲۹	۶-۴-۱- اثرات فیزیکی
۱۲۹	۶-۴-۲- اثر شیمیایی
۱۲۹	۶-۴-۳- تأثیر روی نشاسته
۱۳۰	۶-۴-۴- تأثیر بر روی پروتئین‌ها
۱۳۰	۶-۴-۵- جنبه‌های تغذیه‌ای
۱۳۰	۶-۵- کاربرد اکستروژن مواد غذایی
۱۳۰	۶-۵-۱- شکل‌گیری اکستروژن پاستا
۱۳۱	۶-۵-۲- تنقلات گسترده
۱۳۲	۶-۵-۳- غلات آماده مصرف
۱۳۲	۶-۵-۴- پلت‌ها
۱۳۳	۶-۵-۵- سایر محصولات نشاسته‌ای اکستروژن شده و غلات
۱۳۳	۶-۵-۶- محصولات دارای بافت پروتئینی

۱۳۳	۷-۵-۶- شیرینی و شکلات
۱۳۴	۸-۵-۶- غذای حیوانات خانگی
۱۳۵	فصل ۷: فرآیندهای حرارتی
۱۳۵	۱-۷- مقدمه
۱۳۶	۲-۷- فرآوری حرارتی در ظروف کاملاً بسته
۱۳۶	۱-۲-۷- پر کردن ظروف
۱۳۸	۲-۲-۷- خروج هوا از فضای خالی
۱۳۹	۳-۲-۷- درز بندی
۱۴۰	۴-۲-۷- فرآوری حرارتی
۱۴۰	۱-۴-۲-۷- استریلیزاسیون در ظروف غیر قابل نفوذ
۱۵۲	۵-۲-۷- استریلیزاسیون جریان مداوم
۱۵۳	۱-۵-۲-۷- حرارت دهی مستقیم
۱۵۳	۲-۵-۲-۷- حرارت دهی غیر مستقیم
۱۵۷	۶-۲-۷- پاستوریزاسیون در ظروف بسته نفوذناپذیر
۱۵۸	۳-۷- فرآوری حرارتی در توده، قبل از بسته بندی
۱۵۸	۱-۳-۷- گرمایش توده-پرشدن داغ-درزبندی-خنک سازی در ظرف
۱۵۹	۲-۳-۷- گرمایش توده-نگهداری-خنک سازی توده-پر کردن سرد-درزبندی
۱۶۰	۳-۳-۷- فرآوری اسپتیک
۱۶۲	۴-۷- دستگاه های پاستوریزه کننده
۱۶۲	۱-۴-۷- ریتورت باز
۱۶۲	۲-۴-۷- پاستوریزاتور تونلی
۱۶۴	۳-۴-۷- پاستوریزاتورهای جریان مداوم
۱۶۶	۵-۷- بلانچرهای حرارتی
۱۶۷	۶-۷- دیگ های پخت
۱۶۷	۱-۶-۷- دیگ های پختی که در فشار اتمسفر کار می کنند
۱۶۸	۲-۶-۷- دیگ های پخت تحت خلاء
۱۶۹	۳-۶-۷- دیگ های پخت تحت فشار
۱۶۹	۷-۷- آون های پخت

۱۶۹	۱-۷-۷ طبقه‌بندی آون‌ها
۱۷۰	۲-۷-۷ آون بارویی
۱۷۱	۳-۷-۷ آون چند طبقه
۱۷۱	۴-۷-۷ آون دوار گردش‌ی
۱۷۱	۵-۷-۷ آون چرخ و فلکی
۱۷۱	۶-۷-۷ آون‌های سینی‌دار
۱۷۲	۷-۷-۷ آون تونلی

فصل ۸: تبرید

۱۷۳	۱-۸ مقدمه
۱۷۴	۱-۱-۸ تبرید مکانیکی
۱۷۹	۲-۱-۸ مبردها
۱۸۰	۳-۱-۸ توزیع و تحویل تسلسلی
۱۸۰	۲-۸ ذخیره‌سازی سرد و انتقال تبرید شده
۱۸۳	۳-۸ چیلرها و منجمد کننده‌ها
۱۸۳	۱-۳-۸ خنک کننده دمشی
۱۸۶	۲-۳-۸ منجمد کننده تماسی
۱۸۸	۳-۳-۸ سرد شدن غوطه‌وری
۱۸۸	۴-۳-۸ خنک کننده تبخیری
۱۹۰	۵-۳-۸ انجماد فشار متغیر

فصل ۹: تبخیر کننده‌ها

۱۹۱	۱-۹ مقدمه
۱۹۲	۲-۹ مدیریت انرژی
۱۹۳	۱-۲-۹ تبخیر چند اثره
۱۹۳	۲-۲-۹ تراکم مجدد بخار
۱۹۵	۳-۹ کندانسور
۱۹۶	۴-۹ تبخیر در صنایع غذایی
۱۹۶	۱-۴-۹ ادایراتور غیر مداوم تحت باز

۱۹۷	۹-۴-۲- اواپراتور دیگ پخت در خلأ
۱۹۷	۹-۴-۳- اواپراتورها با مبدل های حرارتی لوله داخلی
۱۹۹	۹-۴-۴- اواپراتور با مبدل های حرارتی لوله خارجی
۲۰۰	۹-۴-۵- اواپراتور لایه جوشان
۲۰۴	۹-۵- تاثیر تبخیر بر کیفیت غذا
۲۰۴	۹-۵-۱- اثرات حرارتی
۲۰۵	۹-۵-۲- از دست دادن اجزای عطر و طعم فرار
۲۰۷	فصل ۱۰: خشک کردن
۲۰۷	۱۰-۱- مقدمه
۲۰۹	۱۰-۲- خشک کن در صنایع فرآوری مواد غذایی
۲۱۰	۱۰-۲-۱- خشک کن درام
۲۱۲	۱۰-۲-۲- خشک کن تسمه ای
۲۱۳	۱۰-۲-۳- خشک کن سینی دار خلائی
۲۱۴	۱۰-۲-۴- خشک کردن با بخار فوق گرم
۲۱۵	۱۰-۲-۵- خشک کن کابینتی
۲۱۵	۱۰-۲-۶- خشک کن تونلی
۲۱۷	۱۰-۲-۷- خشک کن تسمه ای
۲۱۸	۱۰-۲-۸- خشک کن های نواری ناو شکل
۲۱۹	۱۰-۲-۹- خشک کن دوار
۲۲۰	۱۰-۲-۱۰- خشک کن سیلویی
۲۲۰	۱۰-۲-۱۱- خشک کن دانه
۲۲۱	۱۰-۲-۱۲- خشک کن پاششی
۲۲۶	۱۰-۲-۱۳- خشک کن بستر سیال
۲۲۷	۱۰-۲-۱۴- خشک کن پنوماتیکی
۲۲۷	۱۰-۲-۱۵- خشک کن های مخلوط کننده و نقاله مارپیچی
۲۲۸	۱۰-۲-۱۶- خشک کردن آفتابی، خشک کردن خورشیدی
۲۲۸	۱۰-۳- مسائل مربوط به فناوری خشک کردن مواد غذایی



پیش گفتار

در سال‌های اخیر با پیشرفت‌ها و تغییراتی که در تکنولوژی‌های صنایع غذایی پیش آمده، شاهد انتشار کتاب‌های فراوان در ارتباط با فناوری مواد غذایی هستیم، اما این فراوانی در خصوص ماشین‌آلات صنایع غذایی وجود ندارد و حتی شاهد یک خلا جدی هستیم، به‌طوری که در این زمینه کتاب تخصصی وجود ندارد. با توجه به تاسیس رشته ماشین‌های صنایع غذایی در سال ۱۳۹۱ در بیشتر دانشگاه‌های کشور و خلاء کتابی واحد و مرجع در این خصوص، نگارنده را بر آن داشت تا با توجه به فعالیت‌های پژوهشی و آموزشی خود در این زمینه، اقدام به تالیف کتاب «ماشین‌ها و تجهیزات فرآوری مواد غذایی» نمایم.

این کتاب در راستای ایجاد یک پل ارتباطی بین تکنولوژی مواد غذایی و مکانیک صنایع غذایی، بین صنعتگران و مهندسان حرفه‌ای، بین طراحان ماشین و اپراتورها، بین فروشنده‌کان و خریداران ماشین‌آلات صنایع غذایی و همچنین بین تولیدکنندگان مواد غذایی و مصرف‌کنندگان می‌باشد. این کتاب یک راهنمای کلی فنی و مکانیکی برای ماشین‌آلات اساسی فرآوری مواد غذایی فراهم می‌کند. این کتاب همچنین به دانشجویان رشته‌های مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی، مهندسی صنایع غذایی، مهندسی مکانیک و مهندسی مکانیک بیوسیستم کمک می‌کند تا به راحتی کارکرد ماشین‌ها را درک کرده و در یک سطح فنی بالا امکان استفاده صحیح و کامل از تجهیزات مربوطه و تصمیم‌گیری دقیق برای طراحی کارخانجات، توانایی طراحی و ساخت ماشین‌آلات جدید، بهینه‌سازی و سرویس ماشین‌آلات و تحقیق و توسعه را داشته باشند.

در این کتاب تلاش شده است تا علاوه بر معرفی انواع مختلف ماشین‌ها و تجهیزات، در خصوص پروسه‌های تولید نیز در حد امکان صحبت شود. فصل اول این کتاب به معرفی پمپ‌ها و شرایط کاری آن‌ها پرداخته شده است. در فصل دوم عملیات کاهش اندازه جامدات مانند انواع آسیاب‌ها بررسی شده و در فصل سوم به اصول پایه عملیات اختلاط مایعات و تجهیزات مربوطه اشاره شده است. فصول چهارم و پنجم به اصول اساسی عملیات جداسازی و فیلتراسیون و تجهیزات مربوطه اشاره شده است و در فصل ششم نیز مبحث جامعی در مورد اکسترودرها و کاربرد اکستروژن مواد غذایی مورد نظر قرار گرفته است. فصل هفتم این کتاب که به لحاظ اهمیت عملیات حرارتی بر روی فرآوری مواد غذایی مهم‌ترین بخش این کتاب می‌باشد، تمامی فرایندها و تجهیزات آن به‌طور کامل بحث شده است. در فصل هشتم به تبرید و تجهیزات مربوطه و کاربرد سرمایش در صنایع غذایی پرداخته شده است. فصل نهم هم در مورد تبخیرکننده‌ها

و نقش اواپراتورها در صنعت می باشد. فصل دهم به انواع خشک کن ها، روش های مورد استفاده پرداخته شده است و در نهایت در فصل یازدهم این کتاب از عملیات بسته بندی و تجهیزات این بخش صحبت به میان خواهد آمد. امید است با مساعی که در تدوین این کتاب به عمل آمده، بتواند سهمی در افزایش دانش فنی علاقه مندان و بخصوص دانشجویان عزیز ایفا کند. این اثر بی نقص نیست و مسلماً نقایص آن متوجه مولف است و مزید امتنان خواهد بود که خوانندگان و صاحب نظران گرامی نظرات اصلاحی خود را به منظور بهبود کار در ویرایش های بعدی از طریق پست الکترونیک به آدرس karamihamed7@gmail.com به اطلاع اینجانب برسانند.

دکتر حامد کرمی

تابستان ۱۴۰۰

www.ketab.ir