

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



بنیاد دانشنامه نگاری ایران

دانشنامه

مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی

جلد اول

۱۳۹۵



دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی/ زیر نظر بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران؛ سرویراستار متن انگلیسی دنیس آر. هلدمن و کارمن آی. مورارو؛ سرویراستار متن فارسی جواد فرهودی... تهران: بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران، ۱۳۹۵.
ج ۲: مصور، جدول، نمودار... (کتابخانه بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران؛ ۷۳، ۷۴).

ISBN: 978-964-5515-82-7 (ج ۱)

ISBN: 978-964-5515-81-0 (دوره)

Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering- 2nd- ed., c2011.

عنوان اصلی:

۱. مواد غذایی - صنعت و تجارت - دایرةالمعارفها الف. هلدمن، دنیس آر، ۱۹۳۸ - م، ویراستار ب. مورارو، کارمن آی. ،
ویراستار ج. فرهودی - جواد ۱۳۲۲ -، ویراستار د. بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران

۶۶۴/۰۰۳

TP ۳۶۸/۲/۵۲ ۱۳۹۵

کتابخانه ملی ایران ۴۵۸۷۸۳۸

کلیه حقوق مادی ناشی از این اثر (از جمله چاپ، بویز و مانند آن) محفوظ و متعلق به بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران است.
«مسئولیت صحیح مطبع کتاب با مترجمان است».

دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی (جلد اول)

زیر نظر بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران

سرویراستار متن انگلیسی: دنیس آر. هلدمن و کارمن آی. مورارو

سرویراستار متن فارسی: جواد فرهودی

چاپ اول: ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰

ناشر: بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران

چاپخانه: نابنگار

بهای دوره دوجلدی: ۲,۰۰۰,۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-5515-82-7 (vol. 1)

ISBN: 978-964-5515-81-0 (vol.set)

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۵۱۵-۸۲-۷ (ج ۱)

۹۷۸-۹۶۴-۵۵۱۵-۸۱-۰ (دوره)

بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران

نشانی: تهران، سعادت آباد، بلوار فرهنگ، خیابان معارف، بن بست دانش، پلاک ۱

تلفن: ۴-۲۲۱۲۹۸۴۳ نمابر: ۲۲۰۷۳۲۲۷ صندوق پستی: ۴۷۸-۱۴۶۵۵

پست الکترونیکی: info@iecf.ir پایگاه الکترونیکی: www.iecf.ir

«هو العليم»

نامه بنیاد

کشاورزی از جمله نخستین دانش‌های بشر است. حتی در اولین دوران حیات به ساده‌ترین وجه و صورت آن و با ابتدایی‌ترین ابزار، انسان‌ها به کشت و برداشت محصولات مورد نیاز در حد سد جوع و رفع گرسنگی اقدام می‌کردند. از نخستین روزهایی که انسان در کره خاک پای به جهان وجود گذاشت؛ پیش از هر سؤال و پرسش مشکل غذا و سیر کردن گرسنگان دغدغه او بود. انسان پیش از آن که به خلقت هستی، آسمان، خدا و فردای نیامده‌ای که هیچ تصور و شناختی از آن نداشت، فکر کند به این می‌اندیشید که اگر نه برای سه وعده در شبانه روز، که حداقل برای سد جوع و رفع گرسنگی در محیط اطراف خویش بکاود تا مرد غذایی و خوراک بیابد. امروز هم یکی از اساسی‌ترین نیازها و مسئله‌های جمعیت حدوداً ۸ میلیاردی جامعه بشری امنیت غذا و تولید محصولات کشاورزی را ایجاد عمل بین نیاز و تولید است. برقراری این رابطه متعادل ضرورت ایجاد رشته‌ها، گروه‌ها و گرایش‌های متعدد و متنوع کشاورزی و تغذیه و نیز توجه به محیط زیست را در پی داشته است. از سویی صنعت بسته‌بندی، نگهداری و ارائه محصولات کشاورزی بقدری پیچیده و مدرن شده است که دستیابی برخی کشورها را بدین صنایع مشکل می‌نماید که خود این صنعت از جهتی موجب استثمار کشورهای ضعیف‌تر شده است. حداقل می‌توان اثبات کرد قدرت فناوری این مناسب و باب طبع مشکل‌پسندان برای آنان که در صنعت بسته‌بندی پیشرفته‌ترند، درآمدهای کلانی را در پی دارد.

قدرت در تولید و بازاریابی تنها منحصر به صنایع و معادن ذرات و کشاورزی نیست، بلکه در صنایع دیگر هم از معیارها و مؤلفه‌های قدرت اقتصادی محسوب می‌گردد. بین کشاورزی، غذا و مهندسی زیستی رابطه تنگاتنگی برقرار است تا آنجا که در کشورهای پیشرفته هیچ تولیدی بدون در نظر گرفتن شرایط محیطی و زیستی مجوز نخواهد گرفت. فرایندها و تجهیزات فناوری مهندسی صنایع غذایی برخی از کشورها را صاحب قدرت جهانی کرده است. تا آنجا که حتی توانسته‌اند فرهنگ و نوع طعم غذا را در جامعه درازرها در جهت نفع خود مصادره کنند. هنوز در یاد داریم که کره هلندی، شیرینی دانمارکی، برنج تایلندی و پرتقال لبنانی و... را که گویا به کام و جان مردم ما خوش نشسته بود، گرچه در سال‌های اخیر صنایع غذایی چین تقریباً طبایع و سلاقی بسیاری از مردم جهان را مصادره و در اختیار خویش دارد. شاید بتوان با حداقل به سختی بتوان محصولی را نام برد که نوع چینی آن در بازار جهانی موجود نباشد.

رشد سرسام‌آور یا بهتر است بگویم انفجار جهانی جمعیت، حداقل در کشورهای آسیایی نیاز روزافزون به غذا و تولید انبوه محصولات کشاورزی، و توجه به مهندسی زیستی را در ساحت‌های گوناگون خاک، آب، جنگل و نیز مهندسی تولید تحت تأثیر قرار داده است.

از میان آثار متعدد و متنوعی که در این جهت تألیف یافته اثر ارزشمندی با عنوان دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی را انتخاب کردیم که بی‌تردید حاصل تحقیق و مطالعه گروهی از مهندسين، دانشمندان و فرهیختگان مشهور دنیا است. مطالعه این اثر دانش ما را در افزایش سطح آگاهی از مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی ارتقاء می‌دهد، زیرا توسط افراد شاخص و مطرح جهانی در این زمینه تألیف یافته است. بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران از دانشمند فاضل و متمدن جناب آقای دکتر جواد فرهودی استاد دانشگاه تهران برای برگردان به فارسی، درخواست نمود که ایشان این وظیفه را با شوق و علاقه تمام پذیرفتند. این اثر که در نوع خود کم‌نظیر است به سرپرستی ایشان و گروهی از استادان فاضل دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران به فارسی برگردان شد. امید داریم که مقبول طبع جامعه علمی و فرهیختگان دانشگاهی و ارباب تحقیق در حوزه‌های مرتبط با دانشنامه مذکور قرار گیرد.

دبیر محترم علمی و سرپرست گروه مترجمان جناب آقای دکتر فرهودی این اثر را به استاد احمد بیرشک اهداء کرده است. بنیاد نیز هر آنچه تاکنون انجام داده و به زیور طبع آراسته، همگی را از الطاف روح بلند و محققانه استاد احمد بیرشک مؤسس بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران می‌داند. امیدواریم بتوانیم طرح‌ها و دانشنامه‌های دیگر را به اتمام برسانیم تا آرزوی دیرینه آن استاد فرهیخته یعنی «دانشنامه بزرگ فارسی» که مدنظرشان بود به ظهور برسد.

ضمن سپاس از همکاری گروه مترجمان از همه عزیزانی که در حروف‌چینی و صفحه‌آرایی این اثر بسیار زحمت کشیده‌اند و نیز در چشم‌نواز بودن تصاویر و ترسیم جداول، ویرایش ادبی و... خالصانه تلاش کردند از جمله خانم نسترن حاجی‌زاده سابق که در صفحه‌آرایی بسیار فایز و هنرمندانه، امعان نظر و دقت ویژه به خرج دادند و خانم‌ها گوهر نصرتی، مژگان شهریاری، فرشته اسدی جوزانی، سهیلا شمس‌الله، زهرا مجاور، مرضیه نیکوکار، میترا اوحدیان، ربابه ابوطالبی و آقای ابراهیم بیگدلی ویراستار ادبی و به‌ویژه از جناب استاد دکتر جواد فرهودی که مدیریت علمی و ویرایش علمی این اثر را عهده‌دار بودند سپاس قلبی خویش را اعلام می‌دارم.

منوچهر اکبری

رئیس بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران

مقدمه دبیر علمی

توسعه و طراحی فرایندها و تجهیزات مورد استفاده در فراوری فراورده‌های کشاورزی، زمینه فعالیت مهندسی کشاورزی را تشکیل می‌دهد. با گذشت زمان، گستره مواد خام کشاورزی توسعه یافته و به فراورده‌های جنگلی، آبزیان و نیز زیست‌توده‌ها، در تولید انرژی تجدیدشونده، تعمیم یافته است. در طول ۵۰ سال گذشته، مهندسی غذایی پیشرفت چشمگیری داشته و به کانون توسعه و طراحی فرایندها و تجهیزات مورد نیاز برای تبدیل مواد خام کشاورزی به فراورده‌های قابل مصرف، توسعه یافته است. در سال‌های اخیر، مهندسی زیستی در مهندسی فرایندهای زیستی غذا، نقش‌آفرینی چشمگیری داشته است. این دانشنامه بازتابی از این سه رشته علمی است و توجه خواننده را به ارتباط موجود میان انواع فرایندهای مهندسی جلب می‌نماید.

دانشنامه مهندسی کشاورزی، غنی و زیستی بیشتر بر محور فرایندهای مورد استفاده در فراوری مواد خام کشاورزی و تبدیل مواد خام به فراورده‌های قابل مصرف تدوین و نگارش یافته است.

بیشتر مصرف‌کنندگان فراورده‌های غذایی، به‌شأن امروزی، آگاهی نسبتاً محدودی از فرایندهای تولید و فراوری دارند. حتی ممکن است از اهمیت فرایندهای تبدیل مواد خام به غذاهای سالم، مناسب و ارزش غذایی بالا، درک کاملی نداشته باشند. هدف اصلی دانشنامه حاضر، ارائه فهم صحیحی از فرایندهای تولید و ساخت مواد مصرفی با منشأ کشاورزی می‌باشد. از این رو، مصرف‌کنندگان مواد غذایی با منشأ کشاورزی می‌توانند از خوانندگان عمده این دانشنامه باشند. در فراوری فراورده‌های حاصل از مواد کشاورزی، انواع مختلفی از فرایندهای مهندسی دخالت دارند که فهم و درک آنها، مصرف‌کنندگان مواد غذایی با منشأ کشاورزی را از پیچیدگی و چسبندگی آن آگاه می‌سازد.

مفاهیم و فرایندهای بیان‌شده در این دانشنامه، دربرگیرنده مؤلفه‌های علمی یک سامانه با ظرفیت تولید غذا و سایر فراورده‌های قابل استفاده در جهان با جمعیت فزاینده می‌باشد. سلامت و ارزش غذایی منابع غذایی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و سایر فراورده‌های قابل استفاده، از نظر کیفی، در حال بهبودبخشی می‌باشند.

در تدوین این دانشنامه جمعی از مهندسان و دانشمندان و فرهیختگان مشهور جهان یاری رسانده‌اند. مطالب طوری تهیه و ارائه گردیده است تا خواننده با کمترین سطح آگاهی فنی، بتواند از مفاهیم آن بهره‌مند شده و همزمان با آن توضیح فنی کافی از مطالب، در هر مدخل، دریافت نماید. علاوه بر این، هریک از مدخل‌ها حاوی مراجع علمی غنی برای ارجاع خوانندگان جهت دریافت اطلاعات بیشتر، است.

در این دانشنامه، تعدادی از مدخل‌ها به مهندسی فراوری مورد استفاده در تولید مواد خام کشاورزی اختصاص داده شده‌اند. مدخل‌های دیگر، فرایندهای مهندسی تبدیل مواد خام به مواد غذایی قابل مصرف را بیان می‌نمایند. در بخش دیگری از مدخل‌ها، فرایندهای مهندسی تبدیل مواد خام به تعدادی از مواد غیرغذایی را بیان می‌کنند. در تدوین دانشنامه سعی شده است که مبانی علمی و فناوری‌های مورد استفاده در فرایندهای مورد استفاده در تولید و نگهداری مواد غذایی کشاورزی مبنا و ارائه آن به مصرف‌کننده‌ها مورد بحث قرار گیرد.

محتوای بسیار ارزنده و مفید دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی، که در سال ۲۰۱۰ از سوی انتشارات سی آر پی در دو جلد و حجم حدود ۱۸۰۰ صفحه به چاپ رسیده است، بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران را بر آن داشت تا با بهره‌گیری از تخصص تعدادی از اساتید دانشگاه تهران نسبت به ترجمه و انتشار آن اقدام نماید تا گامی مؤثر در اطلاع‌رسانی در زمینه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی به طالبان علم بردارد.

لازم به توضیح است برای حفظ ارتباط موضوعی، مدخل‌های دانشنامه بر مبنای نسخه لاتین فهرست‌گذاری شده‌اند. برای سهولت دستیابی به فهرست عناوین فارسی، علاوه بر فهرستگان لاتین، فهرستگان فارسی نیز تدوین گردیده است تا خوانندگان را در مراجعه به مدخل‌های مورد نظر یاری دهد. همچنین برای حفظ اصالت و گویایی مدخل‌ها، شکل‌ها و جداول دانشنامه به صورت اصلی آن در متن لاتین باز یافت و ارائه گردیده‌اند.

لازم می‌داند از استادان محترم دانشگاه تهران که در برگردان فارسی متن، تلاش زمان‌بری را معمول داشته‌اند و نیز بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران، که با تشویق و حمایت‌های مالی و معنوی این کار را سامان داده و انجام این اثر علمی را خواستار شده است، و نیز کارشناسان و کارکنان آن بنیاد که آماده‌سازی و امور نشر این اثر را به عهده داشته‌اند، صمیمانه سپاسگزاری نماید. جا دارد که این اثر به بنیانگذار فرهیخته و دلسوز و فداکار بنیاد، شادروان دکتر احمد بیرشک، تقدیم گردد.

جواد فرهودی

دبیر و مسئول ترجمه دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی

سال ۱۳۹۵

www.ketab.ir

پیشگفتار

تمرکز اصلی ویراست دوم دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی بر فرایندهای مورد استفاده در تولید مواد خام کشاورزی و تبدیل آنها به فراورده‌های قابل مصرف جهت توزیع استوار است. در طول هفت سالی که از انتشار ویراست اول این دانشنامه می‌گذرد، فرایندهای مورد کاربرد در این تبدیل، مدام در حال پیشرفت بوده و به ارزش برون‌دادهای سامانه‌های کشاورزی و غذا افزوده‌اند. کل مخارج ایالات متحده برای غذا در سال ۲۰۰۹ برابر ۱۱۲۳٫۱ بیلیون دلار بود، که ۵۶۳٫۵ بیلیون دلار آن برای غذای مورد استفاده خانگی و ۵۵۹٫۶ بیلیون دلار دیگرش برای غذای مورد استفاده در خارج از خانه هزینه شده است. ۹۴۵۰۰۰ رستوران و توزیع‌کننده غذا در آمریکا ۷۸ درصد فروش غذای خارج از خانه یا حدود ۴۱۱٫۸ بیلیون دلار را به خود اختصاص می‌دهند. انجمن ملی رستوران، فروش سال ۲۰۱۰ را ۵۸۰ بیلیون دلار با افزایش ۳۷۹ بیلیون دلاری نسبت به سال ۲۰۰۰ برآورد می‌کند. مقدار قابل ملاحظه بسیاری از فراورده‌ها با منشأ کشاورزی، نظیر فراورده‌های جنگلی و بخش در حال رشد تولیدات انرژی از منابع تجدیدشونده، شامل آمار فوق نمی‌شود.

هدف کلی ویراست اول این دانشنامه تقایم درک صحیح خوانندگان از فرایندهای مورد استفاده در فراوری و تولیدکنندگان فراورده‌های مورد مصرف با منشأ کشاورزی بود. امیدواریم محتوای ویراست اول درک خوانندگان را از هدف فرایندهای مورد بهره‌برداری در تبدیل مواد خام به غذاهای سالم، سهل و مغذی و بسیاری از تولیدات مواد خام کشاورزی افزایش داده باشد. ویراست دوم دانشنامه، براساس پیشرفت‌های صورت گرفته طی هفت سال گذشته، بسیاری از مداخل ویراست اول را بروزرسانی کرده و اثر را با نظم جدیدی سامان داده است.

همان‌گونه که در ویراست اول تأکید شد، مهندسی نقش می‌تواند توسعه و طراحی فرایندها و تجهیزات لازم برای فراوری و تولید فراورده‌های با منشأ کشاورزی دارد. مداخل‌های ویراست دوم دانشنامه مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی مفاهیم اصلی را شرح و بسط داده و موضوعات جدید زیادی را براساس پیشرفت‌ها در فراوری کشاورزی، تبدیل مواد خام به فراورده‌های غذایی، و فرایندهای زیستی مورد استفاده در درون سامانه معرفی می‌نماید. تکامل مهندسی کشاورزی برای دربرگیری تولید فراورده‌های جنگلی، فراورده‌های لبنی و زیست‌توده برای تولید انرژی، علاوه بر تولید مواد خام کشاورزی سنتی‌تر، ادامه داشته است. تکامل مهندسی غذا در گستره‌ای متمرکز بر تولید و طراحی فرایندها و تجهیزات لازم برای تبدیل مواد خام کشاورزی و ترکیبات در فراورده‌های غذایی قابل مصرف ادامه یافته است. مهندسی زیستی، این تخصصی داشته است که به‌عنوان رشته‌ای از مهندسی، مرتبط با فرایندهایی که در تمام سامانه‌های زیستی رخ می‌دهد، پدیدار شده است. مداخل‌های ویراست دوم نیز فصل مشترک سه رشته مطالعاتی و کاربردی مهندسی را بازتاب می‌دهد که پیوند بسیار نزدیکی با هم دارند. خوانندگان همچنان خواهند ترسست هر سه ماه یک‌بار، بروزرسانی برخط آخرین پیشرفت‌ها در این سه رشته را ملاحظه فرمایند.

پیشرفت‌ها در موضوعات هر سه حوزه در ویراست دوم تأثیرگذار بوده‌اند. نتایج حاصل از دانش نانو رفته‌رفته بر فراورده کشاورزی، تبدیل آنها به فراورده‌های مصرفی و فهم کلی از سامانه‌های زیستی اثر گذاشته است. انواع حسگرها در فراوری، ساخت و توزیع فراورده‌های مصرفی در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشتر حسگرهای زیستی برای تضمین سلامت غذا دارای کاربرد مستقیم می‌باشند. پایداری همراه با مفاهیم زیست‌محیطی و امنیت غذایی جهانی، به‌عنوان کانون بحث پدیدار شده است. ویراست دوم همچنان به بخش‌های مهم سامانه‌ای با ظرفیت تحویل غذا و دیگر فراورده‌های مصرفی برای جمعیت روزافزون جهانی می‌پردازد. امیدواریم که مداخل‌های ویراست دوم، به سلامت و ارزش غذایی تأمین غذای جهانی، و نیز سایر فراورده‌هایی که به کیفیت زندگی مصرف‌کنندگان یاری می‌رساند، کمک نمایند.

ویراست دوم نیز از همکاری مهندسان و دانشمندان برجسته‌ای از تمام نقاط دنیا بهره‌مند می‌باشد. این نویسندگان موضوعات را طوری بیان داشته‌اند تا برای خوانندگان با دانش محدودتر نیز قابل درک باشد. در تمام موارد، توضیح فنی کاملی در هر مداخل گنجانده شده است. برای اطمینان از

صحت فنی و مؤثر بودن بر خواننده، همه مدخل‌ها به دقت داوری شده‌اند. فهرست مفصلی از منابع به همراه هر مدخل ارائه گردیده است تا خواننده‌ها به راحتی بتوانند به اطلاعات بیشتر دسترسی یابند.

در ویراست دوم دانشنامهٔ مهندسی کشاورزی، غذا و زیستی فرصتی دست داد تا از همکاری کمک‌سردبیر بهره‌مند شویم. هیئت مشاوران تحریریه به رهبری خود برای شناسایی موضوعات جدید و نویسندگان ادامه داد. علاوه‌براین، تعداد زیادی از اعضای هیئت در داوری مدخل‌ها شرکت داشته‌اند. تشکر پایانی از سوزان لی، سردبیر برنامه‌های دانشنامه در مؤسسه تیلور و فرانسیس، می‌باشد که در طول تهیه و تولید ویراست دوم، در همکاری مداوم با کمک‌سردبیر و هیئت مشاوران تحریریه ثابت‌قدم بوده است.

دنیس آر. هِلدَمَن

کارمن آی. موراو

فهرست فارسی

۱۹۶۳	آب آشامیدنی: ریزموجودهای بیماریزا	۳۶	اندازه‌گیری جریان هوا
۲۹۵	آب‌زدایی - بی‌لادن‌های انرژی	۴۰	اندازه‌گیری جریان هوا: ردیابی حجمی ذرات
۳۰۳	آب‌زدایی: طراحی سامانه‌ها	۱۷۳۵	اندازه‌گیری دما
۲۹۹	آبگیری: اسمزی	۶۵۹	انرژی آزاد در مواد غذایی
۹۴۶	آبیاری سطحی	۱۶۶۰	انرژی خورشیدی
۹۴۱	آبیاری قطره‌ای	۱۴۹	انرژی زیست‌توده
۵۲۷	آرد، گندم نرم: کارکرد	۶۲۷	انرژی سوخت فسیلی
۵۳۴	آسیاب نرم مرطوب	۱۱۲۷	ایمنی میکروبی مواد غذایی: تحلیل مخاطره
۱۳۵۰	آفت‌کش‌ها	۱۵۳۲	بازجذب آب: ذرات غذای خشک شده
۲۲۰	آنزیم بری	۵۹۰	بافت غذا
۴۴۵	آناتول: فرایند ذرت	۵۹۵	بافت مواد غذایی: اندازه‌گیری
۲۲۵	آناتول زیستی سلولزی: پیش تیمار	۹۷	باکتری‌ها: ژنتیک
۳۲	اختلاط هوا	۱۰۲	باکتری‌ها: مهندسی سوخت‌وسازی
۵۶۴	ارزیابی مواد غذایی: فراصوت: بی‌زیان	۱۹۶۰	بخار آب
۱۷۱۵	استخراج و فراوری سیال فوق‌بحرانی	۱۷۷۰	برگریزی گرمایی
۱۲۱۰	اسمز پیش‌ران	۱۵۰۰	بسامد رادیویی (RF): گرمادهی و دیگر کاربردها
۱۰۳۸	اسمز معکوس	۱۲۵۸	بسته‌بندی: آب میوه‌ها
۶۱۰	اصطکاک	۱۲۷۵	بسته‌بندی: اتمسفر تغییر یافته
۱۰۴۰	انتقال جرم: جداسازی غشایی	۱۲۵۲	بسته‌بندی: انعطاف‌پذیر
۵۷	انتقال جرم: حالت ماندگار	۱۲۹۲	بسته‌بندی: اولیه
۱۰۴۲	انتقال جرم: میدان‌های الکتریکی متناوب	۱۳۰۵	بسته‌بندی: پاکت‌های اتوکلاوپذیر
۱۰۲۳	انتقال جرم، حالت غیرماندگار: سامانه‌های زیستی	۱۲۸۸	بسته‌بندی: پلیمر
۱۰۳۸	انتقال جرم، حالت غیرماندگار: غذاها	۱۲۸۰	بسته‌بندی: ترموپلاستیک (نفوذپذیری)
۱۰۱۸	انتقال جرم، حالت ماندگار: سامانه‌های زیستی	۱۳۲۵	بسته‌بندی: ثانویه
۱۰۳۰	انتقال جرم، حالت غیرماندگار: مسائل جفت شده و غیرخطی	۱۳۴۷	بسته‌بندی: ثالثی
۷۹۰	انتقال گرما	۱۲۶۲	بسته‌بندی: کارکرد (روظا)
۷۹۷	انتقال گرما، جابه‌جایی: ضریب‌ها	۱۲۹۶	بسته‌بندی: ویژگی‌ها
۸۰۱	انتقال گرما، جابه‌جایی: مواد متخلخل	۱۲۶۷	بسته‌بندی: هوشمند
۸۱۹	انتقال گرما، شرایط ناپایا: سامانه‌های زیستی	۱۳۳۳	بسته‌بندی زیست تجزیه‌پذیر نشاسته پایه
۸۲۳	انتقال گرما، شرایط ناپایا: مواد غذایی	۱۳۱۲	بسته‌بندی سخت: ظرف‌های شیشه‌ای
۸۰۹	انتقال گرما، شرایط ماندگار: فراوری غذا	۱۳۱۷	بسته‌بندی سخت: ظرف‌های فلزی
۸۱۵	انتقال گرما، گذرا: نگاره‌ها	۱۲۴۳	به‌کارگیری آزمون
۱۶۶۵	انتقال مواد غذایی جامد	۱۳۴۵	بیماری‌ها: تنش و تحمل گرمایی
۳۷۷	انتقال مواد غذایی خشک	۱۲۵	بیوفیلم
۶۶۶	انجماد: تماس غیرمستقیم	۲۵۴	پاکسازی: سرعت زدودن پسماند
۶۷۵	انجماد: سنجش زمان	۲۴۵	پاکسازی: فیزیکی و شیمیایی
۶۷۱	انجماد: طراحی سامانه	۲۵۰	پاکسازی: نیروهای چسبندگی و پیوندی
۵۶۸	انجماد مواد غذایی: ترمودینامیک	۲۵۹	پاکسازی در جا: تجهیزات مدیریت و ترابری مواد جامد
۱۴۰۱	اندازه‌گیری توان	۵۲۸	پالایش
۵۴۰	اندازه‌گیری جریان	۱۹۱۰	پالایش ضایعات: تجزیه زیستی

۱۱۱۰	جمعیت‌های میکروبی: دینامیک	۸۸۰	پایداری: محیط زیست حیوانات
۱۱۱۹	جمعیت‌های میکروبی: سوخت‌وساز	۱۴۵۵	پایداری پروتئین
۱۱۱۵	جمعیت‌های میکروبی: مدل‌سازی رشد	۶۳۰	پایش جرم‌گرفتگی: تجزیه دمایی موضعی
۹۵۶	جنبش‌شناسی: آنزیم	۴۸۳	پخت با استفاده از روزن‌ران: حیوانات و بن‌شن‌ها
۹۷۷	جنبش‌شناسی: بستره	۱۷۷۴	پخشیدگی گرمایی
۹۶۴	جنبش‌شناسی: بلورهای یخ	۵۴۷	پخشینه‌های غذایی: واکنش‌های کلوئیدی و پایداری
۹۵۹	جنبش‌شناسی: حالت گازی	۹۳۴	پرتودهی: غیر فعال کردن بیمارها
۹۷۲	جنبش‌شناسی: نقش آمار	۹۱۳	پرتودهی: مواد غذایی
۹۵۰	جنبش‌شناسی: واکنش‌های زیستی: معادله‌های سرعت	۹۱۹	پرتودهی: یونیزه کردن مواد غذایی
۱۹۸۶	چوب: تغییر ویژگی‌های مایکروویوی	۱۹۱۵	پسماند: کاربرد سرزمین
۱۳۶۵	حالت‌های فیزیکی	۶۱	پسماند‌های دامی: مدیریت
۱۶۱۴	حسگرها: زیست‌تابی	۱۳۷۴	پلازما: عدم تعادل جوی
۱۶۱۹	حسگرها: غلظت‌های دی‌الکتریکی نمک	۵۷۲	پودرهای مواد غذایی: ویژگی‌ها
۱۶۲۴	حسگرها: کاربردهای انعقاد شیر	۱۲۳۲	تبخیر اسمزی: تغلیظ
۱۸۸	حسگرهای زیستی	۴۶۳	تبخیر و تعرق
۱۹۹	حسگرهای زیستی: اصول عملکرد	۴۵۵	تبخیرکننده‌ها
۲۰۹	حسگرهای زیستی: تشدید پلاسمون سطحی	۴۵۹	تبخیرکننده‌ها: چند اثره
۲۰۵	حسگرهای زیستی: شناسایی بیمارگر	۱۸۲۰	تبدیل شیمیایی گرمایی (TCC): از کود خاک به نفت خا
۱۹۴	حسگرهای زیستی: عامل‌های زیستی	۴۳۰	تجزیه برقی (الکترودیالیز)
۱۶۵۰	خاک: پویایی	۸۶۴	تجزیه و تحلیل تصویر
۱۶۴۶	خاک: مدیریت فشرده‌گی	۱۴۰۱	تجمع برگشت‌ناپذیر پروتئین: راهکارهای پایداری‌سازی
۱۶۵۵	خاک: ویژگی‌ها	۸۲۰	تخمیر: توزیع زمان ماند
۴۵	خاکچال‌های زیست راکتور بی‌هوای	۵۱۰	تخمیر: فرایند موازنه جرم و انرژی
۳۹۳	خاک کردن: افشانه‌ای	۰۶۸	تراکم دوباره مکانیکی
۳۸۹	خشک کردن: انجام‌دهی	۱۸۵۷	تراگذارها (ترانسدیوسرها)
۴۱۰	خشک کردن: پیش‌بینی زمان	۱۹۹۰	ترکیبات چوب-پلاستیک
۴۲۳	خشک کردن: تونل	۹۱۰	تزریق با فشار بالا
۳۸۵	خشک کردن: غلتک	۹۰۶	تصویربرداری: تصویربرداری شیمیایی با کاربرد اشعه نزدیک...
۳۹۹	خشک کردن: تریه	۹۰۲	تصویربرداری: فراطیفی: آشکارسازی آلاینده
۲۴	خشک کردن: هوا	۱۸۴۹	تصویربرداری بافت: مقطع‌نگاری (توموگرافی) نوری فراصوت...
۳۴۷	خمیر: اندازه‌گیری کشش: آزمون‌های بنیادین	۱۷۷۸	تصویربرداری گرمایی
۳۴۱	خمیر: اندازه‌گیری کشش: آزمون‌های تجربی	۶۶۲	تغلیظ انجام‌دهی
۱۶۰۲	خمیره‌سج‌ها	۲۳۵	تولید پنیر: پیش‌بینی زمان برش
۱۵۸۶	خمیره‌شناسی: برش: غذاهای مایع	۷۶۲	تولید گلخانه‌ای: محیط کنترل شده
۱۵۷۳	خمیره‌شناسی: تراوه	۲۸۱	تولید محصولات کشاورزی: رباتیک
۱۵۷۸	خمیره‌شناسی: دروازه‌ها و کنسانتره‌های غذایی	۲۷۳	تونل‌های سرمایش
۱۵۹۶	خمیره‌شناسی: شبه‌جامدهای غیرمعمول گرانشی	۱۴۸۷	تیمار با نور ضربه‌ای
۱۵۹۰	خمیره‌شناسی: غذای جامد	۸۷۴	تیمار فشار بالا: ذوب کردن بافت‌های گیاهی
۱۵۶۵	خمیره‌شناسی: کششی	۱۸۰۵	ثابت مقاومت گرمایی
۱۵۸۲	خمیره‌شناسی: مخلوط کردن	۹۹۵	جابه‌جایی غذای مایع
۱۶۰۶	دانه‌های برنج	۱۰۷۷	جداسازی غشایی: ریزپالایش
۴۳۳	درصد رطوبت تعادل	۱۰۸۰	جداسازی غشایی: طراحی سامانه
۴۳۷	درصد رطوبت تعادلی: مواد غذایی	۲۱۳	جدایش زیستی: پروتئین‌ها
۱۷۴۲	درمان‌شناسی: زیست‌بزشکی (بیومدیکال) و زیست‌مواد (بیومتریال)	۱۸۶۱	جریان آشفته
۸۹۱	دریافت تصویر: مواد گیاهی	۹۸۱	جریان ورقه‌ای
۷۴۵	دماهای گذار شیشه‌ای	۱۱۲۳	جمعیت‌های میکروبی: اثر فشار

۴۹۵	سامانه‌های روزن‌رانی: اجزاء	۳۷۴	دمای حباب خشک
۵۰۴	سامانه‌های روزن‌رانی: توان مورد نیاز	۱۹۶۸	دمای حباب مرطوب
۵۰۷	سامانه‌های روزن‌رانی: توزیع زمان ماند	۳۰۹	دمای نقطه شبنم
۵۰۰	سامانه‌های روزن‌رانی: طراحی	۱۱۸۶	ردیابی پریون نانو مقیاس
۱۱۳۱	سامانه‌های ریزپوشانی: غذاها	۱۷۲۵	رسوب‌گذاری سطحی در فرایند گرمادهی
۳۵۶	سامانه‌های زهکشی - آب شناسی (هیدرولوژی)	۱۴۶۰	رطوبت‌سنجی: محیط حیوان
۳۶۶	سامانه‌های زهکشی: زیر سطحی	۱۴۶۵	رطوبت‌سنجی: نمودار
۳۷۱	سامانه‌های زهکشی: سطحی	۱۳۷۹	ریخت‌پذیر یا روان کردن (پلاستیزاسیون)
۳۶۳	سامانه‌های زهکشی: مواد	۱۴۳۸	زمان فرایند: عملکرد
۱۵۲۵	سامانه‌های سرمایش: اجزا	۲۸۸	زمان کاهش ده دهی (اعشاری)
۷۵	سامانه‌های صید آبزیان	۱۵۵۱	زمان ماند: توزیع
۴۶۷	سامانه‌های عصاره‌گیری: طراحی	۱۵۵۵	زمان ماند: توزیع: زیست فراوری
۲۸۵	سامانه‌های فراورده دامی	۱۷۶۷	زمان مرگ گرمایی
۷۴۹	سامانه‌های موقعیت‌یاب جهانی	۱۸۵۲	زهرا به: غربال‌گری
۸۰	سامانه‌های نگهداری محصولات آبرزی	۱۷۵	زیست‌پالایی
۱۶۹۳	سترون‌سازی: سامانه‌های تجاری	۱۱۷۹	زیست‌شناسی نانو مقیاس: مهندسی
۱۶۸۷	سترون‌سازی: مواد زیستی	۱۰۸۷	ساختار غشاء
۷۳۵	سرخ کردن: خلأی	۵۸	سازه‌های حیوانی: کیفیت هوا
۷۳۱	سرخ کردن عمیق یا غوطه‌وری	۸۹	سامانه‌های آبرزی: مقیاس حوزه آبخ
۱۸۸۳	سرد کردن در خلأ	۹۳۰	سامانه‌های آبیاری: بازده
۱۵۴۵	سنجش از راه دور	۹۳۳	سامانه‌های آبیاری: بهره‌برداری
۱۲۱	سوخت‌های زیست‌دیزل: وسایل نقلیه برون‌جاده‌ای	۹۲۷	سامانه‌های آبیاری: مؤلفه‌ها
۳۸۰	سینتیک خشک کردن: اندازه‌گیری	۹۳۰	سامانه‌های آبیاری: نیازهای آبی
۱۱۹۰	شبه‌های عصبی	۱۰۰۲	سامانه‌های انبار سبزی‌ها
۹۹۹	شبه‌های ماشینی	۶۰۱	سامانه‌های برداشت جنگل
۳۴۲	شماره‌های آبیاری	۸۴	سامانه‌های برداشت زیست‌توده
۶۳	ضایعات دامی: تصفیه کردن	۱۸۸۹	سامانه‌های برداشت سبزی‌ها
۱۰۷۰	طراحی سامانه‌های جداکننده مکانیکی	۵۹۹	سامانه‌های برداشت علوفه
۱۳۷۰	طراحی سامانه‌های صنعتی	۷۵۲	سامانه‌های برداشت غلات
۱۶۶۸	ضررهای آبیاری	۷۱۳	سامانه‌های برداشت میوه
۸۸۳	عامل‌های انسان و فناوری ایمنی	۱۳۳۸	سامانه‌های پاستوریزه کردن
۱۶۱۱	عدد اشمیت	۱۳۹۷	سامانه‌های پرورش طیور
۲۱۸	عدد بيو	۱۶۳۴	سامانه‌های پرورش گوسفند
۱۴۰۶	عدد پراوندل	۶۱۴	سامانه‌های ترابری علوفه
۱۵۶۰	عدد رینولدز	۱۰۷۳	سامانه‌های تغلیظ غشایی
۱۶۴۰	عدد شروود	۳۲۵	سامانه‌های تقطیر: طراحی
۷۵۹	عدد گراشوف	۸۴	سامانه‌های تولید آبزیان پرورشی
۱۲۰۲	عدد نوسلت	۱۲۱۴	سامانه‌های تولید باز: تولید دیاتوم
۷۱۷	عصاره میوه‌ها: فراوری با استفاده از پرتو فرابنفش	۱۵۹	سامانه‌های تولید زیست‌توده
۴۷۱	عصاره‌گیری با استفاده از امواج ماکروویو	۱۸۹۲	سامانه‌های تولید سبزی: طراحی ماشین
۱۰۹۱	عملکرد سامانه غشایی (پوسته‌ای)	۶۰۴	سامانه‌های تولید علوفه: طراحی ماشین
۲۶۳	غذاهای تغلیظ شده	۷۵۶	سامانه‌های تولید غلات
۶۸۴	غذای منجمد: آنتالپی	۷۲۶	سامانه‌های جابه‌جایی میوه
۷۰۷	غذای منجمد: انبارمانی	۱۷۰	سامانه‌های حمل زیست‌توده
۶۹۲	غذای منجمد: تاریخچه	۷۲۳	سامانه‌های ذخیره میوه
۶۹۵	غذای منجمد: ویژگی‌ها	۶۰۹	سامانه‌های ذخیره‌سازی علوفه

۱۶۷۷	گرمایش با پاشش بخار	۷۰۹	غذای منجمد: یخزدایی
۱۶۸۲	گرمایش با تزریق بخار	۱۴۵	غشاهای زیستی: انتقال جرم
۸۳۷	گرمایش و سرمایش: ثابت‌های تأخیر (کمون)	۱۷۸۳	غیرفعال سازی گرمایی: باکتری خوارهای لاکتوکوکوس...
۸۲۶	گرمایش و سرمایش: ظرف‌های همزده شده	۱۹۲۷	فاضلاب: بازیافت
۵۲۵	لغاف‌ها (فیلم‌ها) بر پایه محصولات کشاورزی: فرایند مداوم	۱۹۲۳	فاضلاب: پالایش اولیه (گندزدایی)
۱۰۰۲	ماشین بینایی: سامانه‌های درجه‌بندی محصول	۱۹۱۹	فاضلاب: پیش پالایش (گندزدایی)
۷۷۵	مبدل‌های گرمایی: سطح تراش	۱۹۳۱	فاضلاب: فرایندهای پالایش
۷۶۶	مبدل‌های گرمایی: سیال‌های مایع	۱۳۶۰	فتو اکوستیک: پزشکی زیستی
۷۷۱	مبدل‌های گرمایی: صفحه‌ای	۱۸۷۱	فرایا پالایش
۷۸۰	مبدل‌های گرمایی: طراحی دمایی	۱۸۸۰	فراصوت: پاستوریزه کردن
۷۸۷	مبدل‌های گرمایی: لوله‌ای	۱۸۷۴	فراصوت: فراوری مواد غذایی
۱۲۸۹	محاسبات فرایند گرمایی	۱۴۹۱	فراوری با اشعه X ضربه‌ای
۱۲۹۶	محاسبات فرایند گرمایی: انرژی فعال سازی	۱۱۲۹	فراوری ریزامواج: نقشه‌برداری (نگاشت) دمایی
۱۱۴۶	محتوای رطوبت: اندازه‌گیری	۹۳	فراوری و بسته‌بندی سترئون
۶۲۳	محصولات جنگل: سامانه‌های ترابری	۵۸۲	فراوری و نگهداری مواد غذایی با استن ... از میکروویو ...
۴۷۶	محصولات روزن‌ران: ساختار یاخته‌ای و بافتی	۸۵۵	فرایند با فشار هیدرواستاتیک بالا: خلیل عددی
۱۰	محصولات کشاورزی: خواص فیزیکی	۱۸۶۷	فرایند فرادمایی: کیفیت تولید فراورد های شیر
۱۷۰۰	مخزن‌های ذخیره: نامیزه و غلیظ‌شده	۸۶۹	فرایند فشار بالا: بسته‌بندی
۳۳۷	مخلوط کردن خمیر، نقش آن در تولید نان	۱۸۰۰	فرایند گرمایی: فراورده‌های گوشتی
۱۰۹۷	مدل‌های انتقال غشایی	۱۸۲۵	فرایند گرمایی - مکانیکی: نشاسته
۱۰۶۱	مدل‌های ریاضی: همانندسازی فراوری مواد غذایی	۱۲	فشار اسمزی
۱۱۹۸	مدل‌های غیرنیوتنی	۱۸۹	فشار بالا: خواص ماده غذایی در حین فراوری
۱۱۹۶	مدل‌های نیوتنی	۸۶۵	فشار بالا: فراوری کمینه
۱۹۵۱	معماریت سطح ایستایی	۶۱	فضولات دامی: کاربرد
۲۳۰	مرکز گریزی یا مرکز گریزانی	۱۹۴۴	فعالیت آبی
۱۸۱۳	مشخصه‌های مقاومت گرمایی	۱۷۲۰	فعالیت سطحی
۱۱۳	معادله برنولی	۱۱۰۴	فعالیت میکروبی: اندازه‌گیری با امپدانس
۱۹۷۲	روش وایم-اندل - فری (WLF)	۱۲۳۹	فناوری‌های آزون
۷۰	مواد با پخش‌دهی: انتشار	۱۱۵۱	قابلیت پخشیدگی رطوبت: اندازه‌گیری
۱۵۰۶	مواد سرمازا	۱۴	کشاورزی: ادوات
۱۵۱۱	مواد سرمازا: ترمو مواد	۱۷	کشاورزی: سامانه‌های اطلاعات الکترونیکی
۱۵۱۸	مواد غذایی سرد شده: تاریخچه	۱۴۱۹	کشاورزی دقیق: کیفیت آب
۱۵۲۲	مواد غذایی سرد شده: سرما مانا: کاربرد	۱۴۱۴	کشاورزی دقیق: ماشین بینایی
۱۳۸۳	مواد متخلخل: جریان سیال: شبکه‌های عددی	۱۷۳۰	کشش سطحی
۱۳۹۰	مواد متخلخل: جریان سیال: راه‌حل‌های انتقالی (بینابین)	۱۴۲۹	کنترل فرایند: پیوسته
۱۰۶۴	موازنه انرژی مکانیکی	۱۴۳۵	کنترل فرایند: سامانه‌ها
۱۱۶۱	موتورهای الکتریکی	۱۰۸	کنترل فرایند بچ
۳۲۰	موتورهای دیزلی: پساتیمار گاز آگزوز	۲۷۶	کوددهی گیاه زراعی: موضعی: فناوری تصویربرداری چندطیفی
۳۱۶	موتورهای دیزلی: کنترل آلاینده‌ها	۱۹۴۷	کیفیت آب: سامانه‌های زیستی
۱۸۴۵	مهندسی بافت: برپایه یاخته بنیادی	۱۴۹۵	کیو ۱۰
۱۴۱	مهندسی زیستی: تاریخچه	۱۶۲۹	گرانروی برشی
۱۲۹	مهندسی زیستی: تعریف	۸۵۰	گرمایش: اندازه‌گیری فیبر نوری: طول موج رادیویی و میکروویو
۱۳۳	مهندسی زیستی: تکامل	۸۴۷	گرمایش: گرمایش برقی (الکتریکی)
۵۵۶	مهندسی صنایع غذایی: آموزش	۸۴۳	گرمایش: همرفت
۵۶۰	مهندسی صنایع غذایی: تاریخچه	۱۲۰۶	گرمایش اهمی
۵	مهندسی کشاورزی: تاریخچه	۱۲۱۱	گرمایش اهمی: بهبود کیفیت

۴۹	واکنش‌های بی‌هوازی	۱۰۱۴	میدان‌های مغناطیسی: غیر فعال‌سازی ریزموج‌ها
۱	واکنش‌های هوازی	۱۰۰۹	میدان‌های مغناطیسی: مواد غذایی
۷۳۹	ویژگی‌های مبادله گازها در مواد غذایی	۱۴۷۰	میدان‌های الکتریکی ضربان‌دار (PEF): آب‌زدایی
۲۰	ویژگی‌های هوای خشک	۱۴۷۹	میدان‌های الکتریکی ضربان‌دار (PEF): افزایش انتقال جرم
۴۳۶	هدایت الکتریکی: غذاها	۱۴۸۳	میدان‌های الکتریکی ضربان‌دار (PEF): پاستوریزه کردن شیر
۱۷۵۸	هدایت گرمایی	۱۴۷۵	میدان‌های الکتریکی ضربان‌دار (PEF): نگهداری مواد غذایی
۱۴۴۱	همانندسازی کیفیت فراورده	۵۵۱	نامیزه‌های غذایی: پایداری
۱۴۴۶	همانندسازی خرده‌فروشی تولید	۱۱۷۰	نانو حسگرهای زیستی
۱۱۵۷	هم‌دمای جذب رطوبت	۱۱۷۵	نانو ذرات: ارزیابی آسیب‌پذیری
۳۶۷	همرفت: طبیعی	۶۴۶	نظریه فراکتال
۶۴۲	هندسه فراکتال	۱۷۱۰	نگهداری: سردسازی: رطوبت و رطوبت نسبی
۲۸	هوا: گرمایش	۱۷۰۵	نگهداری: محیط کنترل‌شده
۱۸۲۹	یکپارچه‌سازهای دما- زمان: پدیده جنبشی	۵۷۵	نگهداری مواد غذایی: فشار بالا
۱۸۴۰	یکپارچه‌سازهای دما- زمان: گرمایی	۱۳۵۵	نمودارهای حالتی
۱۸۳۵	یکپارچه‌سازهای دما- زمان: مدیریت عمر ماندگاری	۸۸۶	واکنش‌های آب‌کافت: فرایند غیرفعال‌سازی آنزیم