ترکیبات فنولی

طبقه‌بندی، استخراج، درون‌پوشانی و کاربرد در صنایع پاستا، نانوایی و قنادی

نگارندگان

دکتر محسن برزگر **مهندس آرش سلطانی**

دکتر امیر پویا قندهاری یزدی **مهندس نوشین باز سفیدپر**

دکتر محمد نجاتیان

۱۴۰۳

عنوان و نام پدیدآور: ترکیبـــات فنـــولی: طبقه‌بندی، استخراج، درون‌پوشانی و کاربرد در صنایع پاستا، نانوایی و قنادی/ نگارندگان محسن برزگر... [و دیگران].
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری: ۳۸۰ص.
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۹۶-۰۶۱-۱
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت: نگارندگان محسن برزگر، آرش سلطانی، امیرپویا قندهاری‌یزدی، نوشین بازسفیدپر، محمد نجاتیان.
یادداشت: کتابنامه.
موضوع: فنول‌ها Phenols، فنول‌ها – تجزیه و آزمایش Phenols – Analysis، مواد غذایی – افزوده‌ها Food additives
شناسه افزوده: برزگر، محسن، ۱۳۴۷ –
شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. مرکز نشر آثار علمی Tarbiat Modares University. TMU Press
رده‌بندی کنگره: TP۴۵۳
رده‌بندی دیویی: ۶۶۴/۰۰۱۵۴۷۶۳۲
شماره کتابشناسی ملی: ۹۹۴۳۳۶۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

ترکیبات فنولی: طبقه‌بندی، استخراج، درون‌پوشانی و کاربرد در صنایع پاستا، نانوایی و قنادی

نگارنده: دکتر محسن برزگر، مهندس آرش سلطانی، دکتر امیر پویا قندهاری یزدی، مهندس نوشین باز سفیدپر، دکتر محمد نجاتیان
ویراستار ادبی و فنی: سید مصطفی فیض بخش
طراح جلد: ترنج
صفحه‌آرایی: محمد زنگنه
شماره انتشار: ۳۲۴
شماره پیاپی: ۵۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳
شمارگان: ۳۰۰
شابک چاپی: ۹۷۸-۶۲۲-۳۹۶-۰۶۱-۱
شابک الکترونیکی: ۹۷۸-۶۲۲-۳۹۶-۰۶۲-۸
ناشر: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس
نوبت نشر: اول
کارشناس اجرایی: لیلا نجفی زمان
ناظر چاپ: مصطفی جانجانی
لیتوگرافی: ایران گرافیک
چاپ و صحافی: قشقایی
مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های جلال آل‌احمد و دکتر چمران، مرکز نشرآثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۱۸-۱۴۱۱۵، تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶، دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲
نشانی اینترنتی فروش: pub.modares.ac.ir

مسئولیت صحت مطالب کتاب برعهدهٔ نگارنده است.

تمام حقوق این اثر برای مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس محفوظ است و تکثیر کتاب به هر روشی بدون اجازه کتبی ناشر پیگرد قانونی دارد.

فهرست مطالب

پیشگفتار نگارندگان ..... ز

۱- ویژگی‌ها و طبقه‌بندی ترکیبات فنولی ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ طبقه‌بندی ترکیبات فنولی ۳

۱-۲-۱ ترکیبات فنولی ساده ۷

۱-۲-۱-۱ فنول‌های ساده ۷

۱-۲-۱-۲ اسیدهای فنولی ۹

۱-۲-۲ ترکیبات فنولی پیچیده ۱۶

۱-۲-۲-۱ فلاونوئیدها ۱۶

۱-۲-۲-۱-۱ فلاوانول‌ها (فلاوان-۳- اُل) ۱۹

۱-۲-۲-۱-۲ فلاوانون‌ها ۲۱

۱-۲-۲-۱-۳ فلاوُن‌ها ۲۴

۱-۲-۲-۱-۴ فلاوُنول‌ها ۲۸

۱-۲-۲-۱-۵ آنتوسیانیدین‌ها و آنتوسیانین‌ها ۳۰

۱-۲-۲-۱-۶ ایزوفلاونوئیدها ۳۶

۱-۲-۲-۱-۷ فلاوانونول ۳۹

۱-۲-۲-۱-۸ کالکون‌ها ۴۰

۱-۲-۲-۲ ترکیبات پلی‌فنولی غیرفلاونوئیدی ۴۲

۱-۲-۲-۲-۱ استیلبنوئیدها ۴۷

۱-۲-۲-۲-۲ لیگنان‌ها ۴۹

منابع ۵۲

۲- آثار فراسودمند ترکیبات فنولی ۵۷

۲-۱ مقدمه ۵۷

۲-۲ فرایند اکسایش خودبه‌خودی چربی‌ها ۵۸
۲-۳ سازوکار ضداکسایشی ترکیبات فنولی ۶۰
۲-۴ تعیین فعالیت ضداکسایشی ۶۳
۲-۴-۱ آثار سلامتی‌بخش ترکیبات فنولی ۶۴
۲-۵ دسته‌بندی ترکیبات فنولی با خواص ضداکسایشی ۶۵
۲-۵-۱ ضداکساینده‌های فنولی مصنوعی ۶۷
۲-۶ ترکیبات فنولی طبیعی با خواص ضداکسایشی ۶۷
۲-۶-۱ توکوفرول‌ها و توکوترینول‌ها ۷۰
۲-۶-۲ اسیدهای فنولی (هیدروکسی بنزوئیک و هیدروکسی سینامیک اسید) ۷۲
۲-۶-۳ فلاونوئیدها ۷۴
۲-۶-۴ استیلبن‌ها ۷۵
۲-۶-۵ تانن‌ها ۷۶
۲-۷ دیابت ملیتوس ۷۶
۲-۸ اثرضددیابتی ترکیبات فنولی ۸۰
۲-۹ مسیر وابسته به انسولین ۸۰
۲-۹-۱ کاهش تنش اکسایشی و پدیده آپوپتوز ۸۱
۲-۹-۲ افزایش حساسیت سلول‌های بافت‌های محیطی به جذب انسولین ۸۳
۲-۱۰ سازوکار مستقل از انسولین ۸۳
۲-۱۰-۱ مهار آنزیم‌های گوارشی مؤثر در تجزیه کربوهیدرات‌ها و کاهش جذب گلوکز ۸۴
۲-۱۰-۲ اصلاح سوخت‌وساز انرژی ۹۱
۲-۱۱ واکنش قهوه‌ای شدن میلارد ۹۱
۲-۱۲ تشکیل AGEs ۹۳
۲-۱۲-۱ مرحله اولیه ۹۴
۲-۱۲-۲ مرحله انتشار ۹۵
۲-۱۲-۳ مرحله پیشرفته ۹۶
۲-۱۳ تنش کربونیلی ایجاد شده به‌وسیله متیل گلی اکسال ۹۶
۲-۱۴ متیل گلی اکسال برون‌زا ۹۷
۲-۱۵ متیل گلی اکسال درون‌زا ۹۸
۲-۱۶ مسیرهای مهار تشکیل AGEs ۹۸
۲-۱۷ اثر ضدگلیکاسیونی ترکیبات فنولی ۹۹

۲-۱۷-۱ اسیدهای فنولی ۹۹
۲-۱۷-۲ لیگنان‌ها ۱۰۰
۲-۱۷-۳ استیلبن‌ها ۱۰۰
۲-۱۷-۴ فلاونوئیدها ۱۰۱
۲-۱۸ اثر ضدسرطانی ترکیبات فنولی ۱۰۱
۲-۱۸-۱ تأثیر ویژگی‌های ساختاری و سازوکار ترکیبات فنولی بر خواص ضدسرطانی آنها ۱۰۴
۲-۱۸-۲-اثر ترکیبات فنولی بر مهار سلول‌های سرطانی ۱۰۶
۲-۱۹ اثر ضدمیکروبی ترکیبات فنولی ۱۰۸
۲-۱۹-۱ فلاونوئیدها ۱۰۹
۲-۱۹-۲ تانن‌ها ۱۱۱
۲-۱۹-۳ استیلبن‌ها ۱۱۲
منابع ۱۱۷
۳- استخراج ترکیبات فنولی ۱۲۷
۳-۱ مقدمه ۱۲۷
۳-۲ انواع روش‌های استخرج ترکیبات فنولی ۱۲۸
۳-۲-۱ روش‌های سنتی ۱۲۸
۳-۲-۱-۱ خیساندن ۱۳۰
۳-۲-۱-۲ جوشاندن ۱۳۰
۳-۲-۱-۳ تراوش ۱۳۱
۳-۲-۱-۴ دَم کردن ۱۳۱
۳-۲-۱-۵ هضم ۱۳۱
۳-۲-۱-۶ استخراج کامل به روش جزء به جزءسازی ۱۳۲
۳-۲-۱-۷ استخراج به روش سوکسله ۱۳۲
۳-۲-۲ روش‌های نوین استخراج ترکیبات فنولی ۱۳۵
۳-۲-۲-۱ استخراج به کمک فراصوت (**UAE**) ۱۳۵
۳-۲-۲-۲ استخراج به کمک مایکروویو (**MAE**) ۱۴۱
۳-۲-۲-۳ استخراج به کمک سیال فوق‌بحرانی (**SFE**) ۱۴۵
۳-۲-۲-۴ استخراج به روش تخلیه الکتریکی با ولتاژ بالا (**HVED**) ۱۵۰
۳-۲-۲-۴-۱ اصول و سازوکارها ۱۵۱
۳-۲-۲-۵ استخراج به کمک تخلیه الکتریکی ۱۵۸

۳-۲-۲-۶ استخراج با استفاده از فناوری میدان الکتریکی تپی (**PEF**) ۱۵۹
۳-۲-۲-۶-۱ سازوکار فرایند میدان الکتریکی تپی ۱۶۱
۳-۲-۲-۶-۲ ملاحظات فیزیکی مربوط به تیمار میدان الکتریکی تپی ۱۶۷
۳-۲-۲-۶-۳ کاربرد و متغیرهای مؤثر بر استخراج ۱۶۸
۳-۲-۲-۷ استخراج به کمک مایع تحت فشار ۱۷۰
۳-۲-۲-۷-۱ سازوکار فرایندااستخراج با مایع تحت فشار ۱۷۲
۳-۲-۲-۷-۲ عوامل مؤثر در فرایند استخراج با مایع تحت فشار ۱۷۳
۳-۲-۲-۸ استخراج به کمک گرمایش اُهمی ۱۷۶
۳-۲-۲-۹ استخراج آنزیمی ۱۷۹
۳-۲-۲-۱۰ استخراج به روش افت فشار ناگهانی کنترل شده ۱۸۲
۳-۲-۲-۱۰-۱ اصول و سازوکار در روش افت فشار ناگهانی ۱۸۲
۳-۲-۲-۱۱ استخراج به روش شناورسازی دوفازی مایع ۱۸۴
۳-۲-۲-۱۱-۱ اصول و سازوکار استخراج به روش شناورسازی دوفازی مایع ۱۸۴
۳-۲-۲-۱۲ استخراج در نقطه ابری ۱۸۶
۳-۲-۲-۱۲-۱ اصول و سازوکار استخراج در نقطه ابری ۱۸۷
منابع ۱۸۸
۴- درون‌پوشانی ترکیبات فنولی ۱۹۶
۴-۱ مقدمه ۱۹۶
۴-۲ فناوری درون‌پوشانی ۱۹۹
۴-۳ انواع ترکیبات پوشش‌دهنده مورد استفاده در درون‌پوشانی ترکیبات فنولی ۲۰۰
۴-۳-۱ پلی‌ساکاریدها ۲۰۱
۴-۳-۱-۱ نشاسته و مشتقات آن ۲۰۱
۴-۳-۱-۲ سلولز و مشتقات آن ۲۰۲
۴-۳-۲ صمغ‌های گیاهی ۲۰۲
۴-۳-۳ عصاره‌های دریایی ۲۰۳
۴-۳-۴ پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از ریزاندامگان‌ها ۲۰۴
۴-۳-۵ پروتئین‌ها ۲۰۵
۴-۳-۶ لیپیدها ۲۰۶
۴-۴ روش‌های به‌کارگیری مواد پوشش‌دهنده برای درون‌پوشانی ترکیبات فنولی ۲۰۶
۴-۵ روش‌های رایج درون‌پوشانی ترکیبات فنولی ۲۰۸

۴-۵-۱ روش‌های فیزیکی ۲۰۸
۴-۵-۱-۱ درون‌پوشانی به روش خشک‌کردن پاششی ۲۰۸
۴-۵-۱-۱-۱ ترکیبات پوشش‌دهنده مورد استفاده در فرایند درون‌پوشانی به روش خشک‌کردن پاششی ۲۱۴
۴-۵-۱-۱-۲ استفاده از روش‌های نوین خشک‌کن پاششی به‌منظور درون‌پوشانی ترکیبات فنولی ۲۱۶
۴-۵-۱-۲ درون‌پوشانی به روش خشک‌کردن انجمادی ۲۲۰
۴-۵-۱-۲-۱ روش‌های نوین در فرایند خشک‌کردن انجمادی ۲۲۲
۴-۵-۱-۳ درون‌پوشانی به روش بسترسیال ۲۲۴
۴-۵-۲ روش‌های فیزیکوشیمیایی ۲۲۷
۴-۵-۲-۱ درون‌پوشانی در لیپوزوم ۲۲۷
۴-۵-۲-۱-۱ ترکیبات تشکیل‌دهنده لیپوزوم‌ها ۲۳۰
۴-۵-۲-۱-۲ اصول تولید لیپوزوم ۲۳۰
۴-۵-۲-۱-۳ روش‌های مرسوم و نوین تولید لیپوزوم ۲۳۱
۴-۵-۲-۱-۴ مزایای ریزپوشانی در لیپوزوم‌ها ۲۴۳
۴-۵-۲-۲ درون‌پوشانی به روش توده‌ای شدن ۲۴۵
۴-۵-۲-۲-۱ خشک‌کردن توده‌های تشکیل شده (کواسروات‌ها) ۲۴۶
۴-۵-۲-۳ درون‌پوشانی به روش تولید امولسیون ۲۴۹
۴-۵-۲-۳-۱ روش‌های نوین امولسیون‌سازی ۲۵۰
۴-۵-۲-۳-۲ ریزامولسیون‌ها ۲۵۲
۴-۵-۲-۳-۳ نانوامولسیون‌ها ۲۵۳
۴-۵-۲-۴ درون‌پوشانی به روش ژل شدن یونی ۲۵۴
۴-۵-۳ روش‌های شیمیایی ۲۵۷
۴-۵-۳-۱ درون‌پوشانی به روش هم‌تبلوری ۲۵۷
منابع ۲۶۱
۵- کاربرد ترکیبات فنولی در صنایع نانوایی و پاستا ۲۶۹
۵-۱ مقدمه ۲۶۹
۵-۲ غذاهای فراسودمند ۲۷۰
۵-۳ نان ۲۷۰
۵-۳-۱ مواد اولیه نان ۲۷۱

۵-۳-۲ اثر افزودن منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص کیفی نان ۲۷۳
۵-۳-۳ اثر افزودن منابع مختلف حاوی ترکیبات فنولی بر خواص تغذیه‌ای نان ۲۸۱
۵-۴ پاستا ۲۸۴
۵-۴-۱ مواد اولیه پاستا ۲۸۴
۵-۴-۲ اثر افزایش منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص کیفی پاستا ۲۸۵
۵-۴-۳ اثر افزودن منابع مختلف حاوی ترکیبات فنولی بر خواص تغذیه‌ای پاستا ۲۹۱
۵-۵ محصولات قنادی ۳۰۰
۵-۵-۱ کیک ۳۰۱
۵-۵-۱-۱ مواد اولیه کیک ۳۰۱
۵-۵-۱-۲ اثر افزایش منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص کیفی کیک ۳۰۳
۵-۵-۱-۳ اثر افزودن منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص تغذیه‌ای کیک ۳۰۶
۵-۵-۲ بیسکویت ۳۰۹
۵-۵-۲-۱ مواد اولیه بیسکویت ۳۱۰
۵-۵-۲-۲ تأثیر افزایش منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص کیفی بیسکویت ۳۱۱
۵-۵-۲-۳ تأثیر افزایش منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص تغذیه‌ای بیسکویت ۳۱۴
۵-۵-۳ کوکی ۳۱۷
۵-۵-۳-۱ مواد اولیه کوکی ۳۱۷
۵-۵-۳-۲ تأثیر افزایش منابع حاوی ترکیبات فنولی بر خواص کیفی کوکی ۳۱۸
۵-۵-۳-۳ تأثیر افزایش منابع مختلف حاوی ترکیبات فنولی بر خواص تغذیه‌ای کوکی ۳۲۰
منابع ۳۲۳
سخن پایانی ۳۳۵
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۳۳۷
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۳۵۱
نمایه موضوعی ۳۶۵

پیشگفتار نگارندگان

امروزه تغییر سبک زندگی، عدم رعایت رژیم غذایی سالم، کم‌خوابی و کم‌تحرکی دلیل اصلی بروز بسیاری از بیماری‌ها مانند چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی و دیابت است. ازاین‌رو افزایش بیماری‌های مرتبط با رژیم غذایی سبب تمایل بیشتر مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی حاوی مواد افزودنی مصنوعی کمتر یا دارای ترکیبات طبیعی شده است که نه‌تنها مقدار کالری موردنیاز بدن را تأمین می‌کند بلکه خواص ایمنی و سلامت در آنها را بهبود می‌بخشد. در سال‌های اخیر، عصاره‌های گیاهی به‌عنوان عوامل ضدمیکروبی و ضداکسایندہ بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. ویژگی‌های ضداکسایشی و ضدمیکروبی عصاره‌ها به حضور متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات فنولی نسبت داده شده است. ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های‌ثانویه موجود در گیاهان و یکی از مهم‌ترین گروه‌های ضداکسایندہ طبیعی هستند. غنی‌سازی غذاهای فراوری شده با این ترکیبات باعث محافظت آنها در برابر اکسایش می‌شود که مفهوم آن حفظ کیفیت محصول و همچنین جلوگیری از تشکیل فراورده‌های سمی ناشی از اکسایش است. همچنین، این ترکیبات سلامت بخش بوده و خطر ابتلا به سرطان، دیابت، بیماری‌های قلبی، بیماری‌های دستگاه عصبی و مفاصل را کاهش می‌دهند. از طرف دیگر، امروزه غنی‌سازی مواد غذایی به‌عنوان راهکاری کارآمد برای مقابله با سوءتغذیه در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه اهمیت دارد. در چند دهه اخیر مطالعات متعددی در زمینه بررسی آثار فراسودمند ترکیبات فنولی در فرمولاسیون‌های مختلف مواد غذایی انجام شده است که نتایج به‌دست آمده حاکی از نقش مثبت آنها بر بهبود ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی است. پاستا و فراورده‌های نانوایی و قنادی، به‌عنوان مواد غذایی محبوب، خواص مناسبی برای غنی‌سازی دارند. از جمله این خواص می‌توان به مصرف بالا در تمامی سنین و اقشار جامعه و همچنین خواص تغذیه‌ای مناسب اشاره کرد. محصولات قنادی مانند بیسکویت، کیک و کلوچه نیز از جمله مواد غذایی بسیار محبوبی هستند که به‌دلیل دارا بودن مقادیر فراوان چربی و قند مشکلاتی برای مصرف‌کنندگان ایجاد می‌کنند. ازاین‌رو غنی‌سازی این دسته از فراورده‌ها به‌منظور بهبود خواص تغذیه‌ای آنها اهمیت دارند. افزودن این ترکیبات به مواد غذایی ممکن است موجب افت کیفی از جمله ایجاد طعم قابض، تغییر در ویژگی‌های حسی و افزایش کدورت در نوشیدنی‌ها شود. از طرفی، این ترکیبات به‌عنوان سوبسترا در واکنش‌های قهوه‌ای شدن مصرف می‌شوند که تغییرات نامطلوبی در رنگ ماده غذایی

ایجاد می‌کنند. ترکیبات فنولی می‌توانند با ترکیبات دیگر مواد غذایی مثل پروتئین‌ها واکنش داده و تجمع و رسوب زیادی ایجاد کنند که خود افت کمی یا عملکردی این ترکیبات را به‌همراه دارد. علاوه‌بر این، کارایی ترکیبات فنولی در پیشگیری از بیماری‌ها، بستگی به زیست دسترسی آنها دارد. این موضوع چالش بزرگی است زیرا فقط بخش کمی از این ترکیبات، به‌دلیل زمان کوتاه ماندن در معده، نفوذپذیری پایین و حلالیت کم در روده و نیز بی‌ثباتی در شرایط حاکم بر عملیات فراوری و انبارمانی ماده غذایی (مانند حرارت،pH اسیدی، نور و اکسیژن) یا دستگاه گوارشی (pH اسیدی، آنزیم‌ها و حضور سایر ترکیبات)، در دسترس باقی می‌مانند. در نتیجه برای جلوگیری از رشد میکروبی و بروز فعالیت ضداکسایشی، به استفاده از غلظت‌های بسیار بالا نیاز است. بنابراین، در طول سالیان گذشته محققان برای حل مشکلاتی مانند ناپایداری، از بین بردن طعم و مزه نامطلوب، بهبود زیست دسترسی و افزایش عمر ماندگاری این ترکیبات و نیز انتقال مؤثر آنها به اندام هدف، درون‌پوشانی را پیشنهاد کرده‌اند. با توجه به این موضوع، در سال‌های اخیر در زمینه غنی‌سازی پاستا و محصولات نانوایی و قنادی با استفاده از عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبات فنولی (به‌صورت آزاد و درون‌پوشانی شده) و بررسی تأثیر آنها بر خواص کیفی و تغذیه‌ای فراورده نهایی مطالعات زیادی انجام شده است.

کتاب حاضر در پنج فصل نگارش شده است. در فصل اول ترکیبات فنولی معرفی و دسته‌بندی شده و در فصول بعدی، روش‌های استخراج، درون‌پوشانی و کاربرد این ترکیبات در صنعت پاستا، نانوایی و قنادی بررسی شده است. این کتاب نتیجه جمع‌آوری و ترجمه مطالعات محققان مختلف و نیز پژوهش‌های متعددی است که دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری دانشگاه تربیت مدرس و نیز محققان مرکز تحقیق و توسعه زرماکارون انجام داده‌اند. کتاب حاضر می‌تواند برای دانشمندان، متخصصان و مدیران صنایع غذایی، دارویی، بهداشتی و آرایشی و گیاهان دارویی منبعی کارآمد باشد.

در تدوین این کتاب سعی شده است که ضمن به‌کارگیری معادل‌های فارسی واژه‌های علمی و فنی که در فرهنگستان علوم تأیید شده است، جملات از روانی لازم برخوردار باشند. با اینکه نگارندگان سعی کرده‌اند این اثر عاری از هرگونه ایراد و کاستی باشد، اما بی‌شک بدون ایراد نخواهد بود. بنابراین از نظریات و پیشنهادهای سازنده خوانندگان محترم با کمال میل تشکر و استقبال می‌شود.