



استخراج آنتی اکسیدان های طبیعی از ضایعات صنایع غذایی

مبینا بیابانی^{1*}، فاطمه زهرا شیرزاد²

1- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم و تحقیقات، 6180098085@iaau.ir

2- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی گرایش تکنولوژی مواد غذایی، Fatemehzahra.shirzad@iaau.ac.ir

خلاصه

در سال‌های اخیر، ضایعات حاصل از صنایع غذایی از یک تهدید زیست‌محیطی به منبعی ارزشمند از ترکیبات زیست‌فعال تبدیل شده‌اند. این پژوهش به بررسی روش‌های نوین و پایدار استخراج آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از پسماندهای کشاورزی و غذایی می‌پردازد؛ موادی که تا چندی پیش بی‌ارزش تلقی می‌شدند، امروزه می‌توانند در تولید محصولات دارویی، غذایی و آرایشی مورد استفاده قرار گیرند. در این مقاله، پسماندهای میوه‌ها و سبزیجاتی نظیر انگور، سیب، پرتقال، گوجه‌فرنگی، پیاز و نخود از نظر ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بررسی شده‌اند. همچنین، کارایی روش‌های استخراج مختلف از جمله مایکروویو، فراصوت، سیالات فوق بحرانی و حلال‌های طبیعی مقایسه شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که فناوری‌های سبز، ضمن افزایش بازده استخراج، مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست را کاهش داده و زمینه‌ی تبدیل پسماند به محصولات با ارزش افزوده را فراهم می‌سازند.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان طبیعی، ضایعات غذایی، استخراج سبز، ترکیبات فنولی، اقتصاد چرخشی، زیست‌فعال، پلی‌فنول، روش‌های استخراج پایدار

۱. مقدمه

افزایش حجم پسماندهای کشاورزی و غذایی در دهه‌های اخیر، سلامت محیط‌زیست و کیفیت زندگی انسان را به‌طور جدی تهدید کرده است. صنایع غذایی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان زباله در جهان محسوب می‌شوند؛ به‌عنوان نمونه، در اروپا سالانه بیش از ۹۰ میلیون تُن مواد غذایی و حدود ۷۰۰ میلیون تُن محصولات زراعی به هدر می‌رود [۱][۲]. این پسماندها که عمدتاً شامل پوست، دانه، برگ و سایر اجزای غیرقابل مصرف‌اند، به‌ندرت مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند و می‌توانند موجب آلودگی خاک، تغییر ترکیب آب‌های سطحی و حتی مرگ آبزیان شوند [۳]. از سوی دیگر، سوزاندن آن‌ها



ترکیبات سمی و آلاینده‌های جوی تولید می‌کند [۴]. بر اساس گزارش سازمان ملل، ارزش اقتصادی مواد غذایی هدررفته در جهان سالانه حدود ۹۳۶ میلیارد دلار است و این ضایعات نزدیک به ۸ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهند [۵]. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که این پسماندها سرشار از مواد زیست‌فعال مانند پلی‌فنول‌ها، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها هستند [۶-۱۰]. در نتیجه، می‌توان آن‌ها را منابعی ارزان، در دسترس و تجدیدپذیر برای تولید ترکیبات با ارزش افزوده دانست. توسعه‌ی مفهوم «اقتصاد چرخشی» نیز فرصت تبدیل این مواد زائد به محصولات دارویی، مکمل‌های تغذیه‌ای و مواد آرایشی را فراهم کرده است. با این حال، بهره‌برداری از چنین منابعی نیازمند به‌کارگیری روش‌های استخراج کارآمد، سبز و پایدار است تا ضمن افزایش بازده استخراج، مصرف انرژی و میزان حلال‌های شیمیایی نیز کاهش یابد [۱۱][۱۲]. هدف این مقاله بررسی امکان استفاده از ضایعات صنایع غذایی به‌عنوان منبعی طبیعی برای استخراج آنتی‌اکسیدان‌ها و معرفی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست برای بازیابی ترکیبات زیست‌فعال است. همچنین تلاش شده است تا با تکیه بر کارایی این روش‌ها، مسیرهای صنعتی برای تبدیل پسماندهای کشاورزی به محصولات سلامت‌محور و اقتصادی تبیین شود.

۲. فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها

۱.۲. انگور

انگور یکی از مهم‌ترین محصولات میوه‌ای در سراسر جهان محسوب می‌شود و در نتیجه، طی فرآیندهای مختلف به‌ویژه در تولید شراب و آب‌انگور، مقادیر زیادی ضایعات از آن تولید می‌شود. در میان گونه‌های مختلف انگور، انگور موسکادین به‌دلیل دارا بودن مقدار زیادی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شناخته شده است. به همین دلیل، چندین مکمل حاوی انگور موسکادین که عمدتاً از پوست خشک‌شده و دانه‌های آسیاب‌شده انگور تشکیل شده‌اند، هم‌اکنون به‌صورت تجاری در دسترس هستند؛ با این حال، اطلاعات موجود در مورد ترکیبات فنولی این مکمل‌ها بسیار محدود است [۱۳]. پروفایل‌های فنولی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، و اثرات محافظتی در برابر آنژیوتانسین مربوط به چهار مکمل تجاری انگور موسکادین بررسی شد؛ H9c2 در سلول‌های قلبی II نتایج نشان داد که مکمل انگور موسکادین خشک‌شده با عصاره آبی دارای بیشترین میزان اپی‌کاتچین، اسید الاجیک، و اسید گالیک بوده است؛ این پژوهش همچنین نشان داد که مکمل‌های انگور موسکادین به دلیل پایداری و یکنواختی نتایج در میان نمونه‌های مختلف تولیدی، قابلیت فرمولاسیون و عرضه تجاری را دارند [۱۴].

۲.۲. سیب آنورکا

سیب آنورکا بومی جنوب ایتالیا است و به عنوان یک محصول دارای نشان جغرافیایی حفاظت شد توسط شورای اروپا ثبت شده است. پیش‌تر ثابت شده است که سیب آنورکا توانایی کنترل سطح کلسترول پلازما را دارد [۱۵]، اما تاکنون هیچ مطالعه‌ای ترکیب شیمیایی و فعالیت زیستی برگ‌های این نوع سیب را مورد بررسی قرار نداده است. شایان ذکر است که سیب و محصولات جانبی آن منبع غنی از فلوریزینه هستند؛ ترکیبی از خانواده دی‌هیدروچالکون‌ها که خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدباکتریایی و ضددیابتی آن پیش‌تر به اثبات رسیده است [۱۶]. بر این اساس، مایستو و همکاران [۱۷] روشی را برای بهینه‌سازی استخراج ترکیبی غنی از فلوریزینه



از برگ‌های سیب آنورکا توسعه دادند. برگ‌های درخت سیب آنورکا با استفاده از روش سطح پاسخ مورد استخراج قرار گرفتند. در نتیجه، عصاره به دست آمده شامل ۲۳ ترکیب فنولی مختلف شناسایی شد؛ نتایج نشان داد که این عصاره دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا و توانایی مطلوب در مهار تشکیل AGEs است، که این موضوع نشان‌دهنده‌ی پتانسیل بالای آن به‌عنوان یک ترکیب عملکردی مؤثر در فرمولاسیون محصولات نوتراسیوتیکال جهت مدیریت بیماری دیابت می‌باشد.

۳.۲. پرتقال

کامپو و همکاران [18] ترکیب فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های حاصل از محصولات جانبی آب‌پرتقال را مورد بررسی قرار دادند. این عصاره‌ها با استفاده از استخراج متوالی به‌منظور جداسازی فنول‌های آزاد و فنول‌های متصل به بافت‌های گیاهی به‌دست آمدن؛ به‌طور خاص، از چهار مرحله استخراج متوالی استفاده شد: دو مرحله اول (متانول در ۳۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد) فنول‌های آزاد را استخراج کردند؛ و دو مرحله بعدی (استخراج‌های بازی و اسیدی) فنول‌های متصل به بافت‌های گیاهی را جدا کردند، نتایج نشان داد که استفاده از روش‌های استخراج خاص و متوالی نسبت به روش‌های مرسوم اهمیت بالایی دارد، زیرا این روش‌ها امکان استخراج هم فنول‌های آزاد و هم فنول‌های متصل به سایر ساختارهای سلولی را فراهم می‌کنند. این ترکیبات متصل تقریباً ۲۰٪ از کل فنول‌ها را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی محصول دارند.

۴.۲. گوجه‌فرنگی

محصولات جانبی گوجه‌فرنگی عمدتاً شامل پوست و دانه‌ها هستند و بین ۱.۵٪ تا ۵٪ از وزن اولیه را تشکیل می‌دهند؛ گوجه‌فرنگی منبع خوبی از کاروتنوئید هیدروکسیلیکوپن است که دارای خواص مفید متعدد بوده و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی عمل می‌کند [19]. یکی از ویژگی‌های مهم حلال‌های مورد استفاده برای استخراج ترکیبات فیتوشیمیایی، سمیت پایین آن‌ها است. در این زمینه، کامپوس-لوزادا و همکاران [20] از سه نوع روغن گیاهی (روغن انگور، روغن زیتون فرابکر و روغن بادام‌زمینی) با استفاده از دو روش (هم‌زدن مغناطیسی و اولتراسوند با شدت بالا) برای استخراج لیکوپن از محصولات جانبی گوجه‌فرنگی استفاده کردند؛ نتایج نشان داد که روش اولتراسوند با شدت بالا برای استخراج لیکوپن مناسب نیست، زیرا تشکیل رادیکال‌های آزاد باعث اکسید شدن لیکوپن می‌شود؛ از سوی دیگر، روش هم‌زدن مغناطیسی مناسب است، زیرا تهاجم کمتری دارد و رادیکال‌های آزاد تولید نمی‌کند؛ روغن بادام‌زمینی به‌عنوان حلال برای استخراج لیکوپن توصیه نمی‌شود، زیرا محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع آن به اکسید شدن حساس است؛ در مقابل، روغن زیتون بهترین نتایج را ارائه داد، زیرا بیشترین مقدار لیکوپن را استخراج کرده و به‌دلیل ایمنی، حلالی بهینه محسوب می‌شود.

۵.۲. پیاز

پیاز دومین محصول کشاورزی پرکشت در جهان پس از گوجه‌فرنگی است؛ پیاز سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است و مصرف آن با کاهش بروز انواع بیماری‌های تحلیل‌برنده (مانند بیماری‌های قلبی یا برخی سرطان‌ها) ارتباط دارد؛ هر ساله در فرایند فرآوری پیاز، مقدار زیادی پسماند زیستی تولید می‌شود که بخش عمده آن را پوست پیاز تشکیل می‌دهد؛ به دلیل طعم و بوی ناخوشایند پیاز، این ضایعات برای تغذیه دام یا استفاده به‌عنوان کود آلی مناسب نیستند. در پژوهشی که توسط چرنوخا و همکارانش [21] انجام شد، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی پوست پیازهای قرمز، زرد و سفید بررسی گردید؛ نتایج نشان داد که فقط در پوست پیاز قرمز و زرد، ترکیبات فلاونول‌ها،



فلاوانونول‌ها، فلاونوئید-O-گلیکوزیدها و ایزوفلاون‌ها وجود دارد. مهم‌ترین ترکیبات فلاونوئیدی شناسایی شده، کورستین و گلوکوزیدهای آن بودند؛ همچنین مشخص شد که پوست پیاز قرمز دارای بیشترین میزان فلاونوئیدها است و همین موضوع باعث فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر عصاره اتانولی پوست پیاز قرمز نسبت به سایر انواع شده است.

۶.۲. نخود

دانه های نخود دارای ارزش غذایی بالایی هستند و سرشار از پروتئین، نشاسته، فیبر، مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشند، هر ساله در صنعت فرآوری نخود، مقدار زیادی پسماند تولید می‌شود که بازیافت آن‌ها اهمیت زیادی دارد. غلاف‌های نخود اصلی‌ترین بخش این پسماندها را تشکیل می‌دهند و حدود ۳۰ تا ۶۷ درصد از وزن کل نخود تازه را شامل می‌شوند. با توجه به این موضوع، کاستالدو و همکارانش [22] بخش پلی‌فنولی عصاره‌ی آبی غلاف نخود را با استفاده از روش UHPLC-Q-Orbitrap HRMS مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج نشان داد که ترکیبات پلی‌فنولی اصلی شامل موارد زیر بودند: کافئویل کوئینیک اسید، اپی‌کاتچین، هسپریدین، کاتچین همچنین دو نوع فرمولاسیون مکمل تغذیه‌ای تهیه شد: ۱. کپسول مقاوم به اسید ۲. کپسول غیر مقاوم به اسید. این دو نوع کپسول تحت شرایط شبیه‌سازی شده‌ی هضم گوارشی مورد آزمایش قرار گرفتند؛ نتیجه نشان داد که کپسول‌های مقاوم به اسید توانستند ترکیبات فعال را در طول فرآیند هضم حفظ کنند و در مقایسه با نوع غیر مقاوم، دارای مقدار بیشتر ترکیبات فنولی کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری بودند.

جدول ۱- نتیجه مطالعات بر روی انواع ضایعات

نوع ضایعات	روش استخراج	بازده نسبی	مزایا	محدودیت	منابع
پوست و دانه انگور موسکادین	استخراج آبی	بالا	طبیعی و ایمن	نیاز به خشک اولیه	[14]
برگ سیب آنورکا	اتانول+RSM	متوسط	بهینه سازی دقیق	هزینه استخراج زیاد	[17]
پوست پرتقال	استخراج متوالی متانولی	بالا	بازیابی ترکیبات متصل	مصرف زیاد حلال	[18]
پوست گوجه فرنگی	فراصوت و هم زدن مغناتیسی	متوسط	کاهش زمان استخراج	تخریب حرارتی ترکیب	[20]
نخود	استخراج آبی	متوسط	مناسب برای نوتراسوتیک	پایداری پایین ترکیب	[22]



3. بررسی پسماندهای حاصل از برخی میوه‌ها و سبزیجات خاص در بازار

1.3. گیاه گواوا*

یکی از این مطالعات مربوط به گیاه گواوا است که یک میوه گرمسیری خوراکی محسوب می‌شود. در پژوهش شیدی و همکارانش [23]، تأثیر مکمل‌سازی عصاره دانه گواوا در موش‌ها پیش از مصرف دوز خوراکی حاد داروی ایندومتاسین (که باعث ایجاد زخم معده می‌شود) بررسی شد. ترکیب شیمیایی عصاره خام دانه گواوا با استفاده از روش پروفایل متابولیکی و دستگاه HR-LCMS مورد آنالیز قرار گرفت تا ترکیبات شیمیایی احتمالی مؤثر در نقش محافظتی در برابر زخم معده شناسایی شوند. این اثر محافظتی از طریق بررسی‌های بافت‌شناسی بر روی معده موش‌ها ارزیابی گردید. همچنین از تکنیک داکینگ مولکولی برای شناسایی مکانیسم‌های احتمالی عملکرد ترکیبات ضد زخم استفاده شد، که نتایج نشان داد فیتواسترول‌ها ممکن است نقش محافظتی قابل‌توجهی داشته باشند در آزمایش‌ها نیز مشخص شد که عصاره دانه گواوا دارای اثر آنتی‌اکسیدانی است. این پژوهش نشان می‌دهد که عصاره دانه گواوا می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای طبیعی و جایگزین داروهای ضد زخم معده مورد استفاده قرار گیرد.

2.3. آلوه‌ورا

پوست آلوه‌ورا یکی از محصولات جانبی اصلی در صنایع فرآوری آلوه‌ورا است و بیش از ۳۰٪ از وزن کل برگ را تشکیل می‌دهد؛ در نتیجه، مقدار زیادی ضایعات در این صنعت تولید می‌شود. در پژوهشی که توسط سولابریتا و همکارانش [24] انجام شد، با استفاده از روش استخراج به کمک امواج مایکروویو از پوست آلوه‌ورا عصاره‌ای با محتوای بالای ترکیبات فنولی به‌دست آمد. ترکیبات اصلی این عصاره شامل آلوتین A، آلوتین B، آلوتسین، آلوتی-امودین، آلوتیزین D، اورینتین، اسید سینامیک و اسید کلروژنیک بودند. شناسایی و اندازه‌گیری این ترکیبات به ترتیب با روش‌های HPLC انجام شد. این روش استخراج، به‌عنوان یک شیوه نویدبخش برای تولید عصاره‌های آنتی‌اکسیدانی غنی از پلی‌فنول‌ها مطرح شده است که کاربرد صنعتی بالقوه‌ای دارند. از سوی دیگر، دانه و پوست آووکادو نیز از مهم‌ترین محصولات جانبی این میوه محسوب می‌شوند که حدود ۳۰٪ از وزن کل میوه را تشکیل می‌دهند و معمولاً دور ریخته می‌شوند. در پژوهشی که توسط روخاس-گارتیا و همکارانش [25] انجام شد، ترکیبات فنولی دانه و پوست آووکادو با استفاده از HPLC-ESI-qTOF-MS شناسایی و اندازه‌گیری شدند. همچنین مطالعه آزمایشگاهی برای ارزیابی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی، توان خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و اثر مهارکنندگی ترکیبات فنولی بر روی آنزیم‌های استیل‌کولین‌استراز، الاستاز، هیالورونیداز و کلاژناز انجام شد؛ افزون بر این، خاصیت ضد تجمع پلاکتی عصاره پوست آووکادو نیز بررسی شد و نتایج نشان داد که این عصاره می‌تواند از چسبندگی پلاکت‌های خونی جلوگیری کند.

*Guava



۴. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و وجود ترکیبات زیست‌فعال در چند عصاره‌ی آبی گیاهی

عصاره‌ی جوز هندی بیشترین فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال ABTS را داشت. عصاره‌ی زنجبیل بیشترین فعالیت خنثی‌کنندگی DPPH را نشان داد. زردچوبه ترکیب غالب اوجنول بود. جوز هندی سرشار از سینام‌آلدئید، گاماتریپین و ۴-آلیل-۲-متوکسی‌فنول بود. در عصاره‌ی علف لیموترکیبات اصلی شامل آلدئید ایکوزان، کاربوفیلین، اسید اکتادکانوئیک و اسید هگزادسنوئیک بودند [26].

۵. انواع روش‌های استخراج آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از ضایعات صنایع غذایی

ضایعات صنایع غذایی به‌عنوان منابع غنی از ترکیبات زیست‌فعال، به‌ویژه آنتی‌اکسیدان‌ها، مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای بازیابی این ترکیبات، روش‌های مختلفی توسعه یافته است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

۱.۵. استخراج با حلال

در این روش از حلال‌هایی مانند اتانول، متانول، استون و آب استفاده می‌شود. این شیوه ساده اما زمان‌بر است و به مقدار زیادی حلال نیاز دارد؛ مثال: استخراج پلی‌فنول‌ها از پوست انگور با اتانول ۷۰٪ [27].

۲.۵. استخراج با کمک مایکروویو

در این روش از امواج مایکروویو برای افزایش سرعت استخراج استفاده می‌شود. این تکنیک به‌ویژه برای استخراج ترکیبات فنولی از ضایعاتی مانند پوست پیاز، هسته گوجه‌فرنگی و پوست پرتقال مؤثر بوده است [28].

۳.۵. استخراج با کمک فراصوت

این روش با استفاده از امواج فراصوت، ساختار سلولی مواد را تخریب کرده و باعث آزادسازی ترکیبات زیست‌فعال می‌شود. در استخراج آنتی‌اکسیدان‌ها از ضایعاتی مانند پوست سیب‌زمینی، پوست هندوانه و پوست هلو کاربرد دارد [29].

۴.۵. استخراج با استفاده از سیالات فوق بحرانی

این روش با استفاده از سیالاتی مانند دی‌اکسیدکربن فوق بحرانی، ترکیبات زیست‌فعال را از ضایعات کشاورزی استخراج می‌کند. این روش به‌ویژه برای استخراج ترکیباتی مانند پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها از ضایعاتی مانند دانه‌های توت‌فرنگی و هسته‌های توت‌فرنگی مؤثر است [30].



5.5. استخراج با استفاده از حلال‌های عمیق طبیعی

NADESها به عنوان حلال‌های سبز و غیرسمی، جایگزین مناسبی برای حلال‌های آلی سنتی در استخراج ترکیبات زیست‌فعال از ضایعات کشاورزی هستند. این حلال‌ها با ویژگی‌هایی مانند زیست‌تخریب‌پذیری و سمیت پایین، در استخراج پلی‌فنول‌ها از ضایعاتی مانند پوست پرتقال و پوست قهوه کاربرد دارند [31].

جدول ۲- نکات تکمیلی روش‌های استخراج

روش استخراج	مزایا	معایب	نوع حلال	منابع
حلالی (مرسوم)	ساده و کم هزینه	مصرف زیاد حلال، آلودگی محیط	آلی یا آبی	[27]
ماکروویو	سریع، دوستدار محیط زیست	نیاز به کنترل دقیق دما	آبی یا اتانولی	[28]
فراصوت	زمان کوتاه، کارایی بالا	احتمال تجزیه ترکیبات حساس	آبی یا اتانولی	[29]
سیال فوق بحرانی	بدون حلال سمی، خلوص بالا	هزینه تجهیزات زیاد	CO ₂	[30]
NADES	حلال سبز و ایمن	جدید و نیازمند بهینه سازی بیشتر	طبیعی	[31]

۶. نتیجه گیری

صنایع غذایی در ظاهر بخش بی‌اهمیت چرخه تولید به نظر می‌رسند، اما در واقع ظرفیتی پنهان برای تأمین ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند دارند. شواهد نشان می‌دهد که بسیاری از این پسماندها، به‌ویژه پوست و دانه‌ی میوه‌ها، غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی‌اند که می‌توانند در تولید محصولات دارویی و غذایی نقش کلیدی داشته باشند. فناوری‌های نوین استخراج مانند مایکروویو، فراصوت و سیالات فوق‌بحرانی ثابت کرده‌اند که می‌توانند این ترکیبات را با بازده بالاتر، زمان کمتر و حداقل آسیب به محیط‌زیست بازیابی کنند. این رویکردها نه فقط راهی برای بازیافت مواد زائد، بلکه راهکاری مؤثر برای ایجاد ارزش افزوده و حرکت به سمت تولید پایدار محسوب می‌شوند. در نهایت، نگاه جدید به پسماندهای غذایی به عنوان منبعی استراتژیک، می‌تواند الگویی عملی برای پیوند میان علم، صنعت و پایداری محیط‌زیست باشد. چنین دیدگاهی نشان



می‌دهد که در آینده، «مدیریت ضایعات» صرفاً به معنای کاهش دورریز نخواهد بود، بلکه به معنای خلق منبعی تازه از دل آن چیزی است که پیش‌تر بی‌ارزش پنداشته می‌شد.

۷. مراجع

^۱ Angeloni, C.; Malaguti, M.; Prata, C.; Freschi, M.; Barbalace, M.C.; Hrelia, S. Mechanisms Underlying Neurodegenerative

Disorders and Potential Neuroprotective Activity of Agrifood By-Products. *Antioxidants* 2023, 12, 94. [CrossRef] [PubMed]

^۲ FAO. Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction. The State of Food and Agriculture; Food and Agriculture Organization of the

United Nations: Rome, Italy, 2019; ISBN 978-92-5-131789-1.

^۳ Botelho, R.V.; Bennemann, G.D.; Torres, Y.R.; Sato, A.J.; Botelho, R.V.; Bennemann, G.D.; Torres, Y.R.; Sato, A.J. Potential for Use of the

Residues of the Wine Industry in Human Nutrition and as Agricultural Input; IntechOpen: London, UK, 2018; ISBN 978-953-51-3834-1.

^۴ Vella, F.M.; Laratta, B.; La Cara, F.; Morana, A. Recovery of Bioactive Molecules from Chestnut (*Castanea Sativa* Mill.) by-Products

through Extraction by Different Solvents. *Nat. Prod. Res.* 2018, 32, 1022–1032. [CrossRef] [PubMed]

^۵ Turning Food and Crop Waste into New Products | Research and Innovation. Available online: [https://ec.europa.eu/research-](https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/projects/success-stories/all/turning-food-and-crop-waste-new-products)

[and-innovation/en/projects/success-stories/all/turning-food-and-crop-waste-new-products](https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/projects/success-stories/all/turning-food-and-crop-waste-new-products) (accessed on 11 January 2023).

^۶ Zeka, K.; Marrazzo, P.; Micucci, M.; Ruparella, K.C.; Arroo, R.R.J.; Macchiarelli, G.; Annarita Nottola, S.; Continenza, M.A.;

Chiarini, A.; Angeloni, C.; et al. Activity of Antioxidants from *Crocus Sativus* L. Petals: Potential Preventive Effects towards



Cardiovascular System. Antioxidants 2020, 9, 1102. [CrossRef] [PubMed]

٧. Montenegro-Landívar, M.F.; Tapia-Quirós, P.; Vecino, X.; Reig, M.; Valderrama, C.; Granados, M.; Cortina, J.L.; Saurina, J.

Polyphenols and Their Potential Role to Fight Viral Diseases: An Overview. Sci. Total Environ. 2021, 801, 149719. [CrossRef]

٨. Gigliobianco, M.R.; Campisi, B.; Peregrina, D.V.; Censi, R.; Khamitova, G.; Angeloni, S.; Caprioli, G.; Zannotti, M.; Ferraro, S.

Giovannetti, R.; et al. Optimization of the Extraction from Spent Coffee Grounds Using the Desirability Approach. Antioxidants [CrossRef] ٢٠٢٠, ٩, ٣٧٠.

٩. Nzekoue, F.K.; Angeloni, S.; Navarini, L.; Angeloni, C.; Freschi, M.; Hrelia, S.; Vitali, L.A.; Sagratini, G.; Vittori, S.; Caprioli, G.

Coffee Silverskin Extracts: Quantification of 30 Bioactive Compounds by a New HPLC-MS/MS Method and Evaluation of Their Antioxidant and Antibacterial Activities. Food Res. Int. 2020, 133, 109128. [CrossRef]

١٠. Matei, E.; Râpă, M.; Predescu, A.M.; T, urcanu, A.A.; Vidu, R.; Predescu, C.; Bobirica, C.; Bobirica, L.; Orbeci, C. Valorization of

Agri-Food Wastes as Sustainable Eco-Materials for Wastewater Treatment: Current State and New Perspectives. Materials 2021, [CrossRef] ١٤, ٤٥٨١.]

١١. Gigliobianco, M.R.; Cortese, M.; Peregrina, D.V.; Villa, C.; Lupidi, G.; Pruccoli, L.; Angeloni, C.; Tarozzi, A.; Censi, R.; Di Martino,

P. Development of New Extracts of Crocus Sativus L. By-Product from Two Different Italian Regions as New Potential Active

Ingredient in Cosmetic Formulations. Cosmetics 2021, 8, 51. [CrossRef]

١٢. Angeloni, S.; Freschi, M.; Marrazzo, P.; Hrelia, S.; Beghelli, D.; Juan-García, A.; Juan, C.; Caprioli, G.; Sagratini, G.; Angeloni, C.

Antioxidant and Anti-Inflammatory Profiles of Spent Coffee Ground Extracts for the Treatment of Neurodegeneration. Oxid. Med.

Cell. Longev. 2021, 2021, 6620913. [CrossRef]



۱۳. Chappell, M.C.; Duncan, A.V.; Melo, A.C.; Schaich, C.L.; Pirro, N.T.; Diz, D.I.; Tallant, E.A.; Gallagher, P.E. Targeted UHPLC-MS

Analysis Reveals Disparate Polyphenol Composition and Concentration in Muscadine Grape Supplements with Proportional

Antioxidant Activity. *Antioxidants* 2022, 11, 2117. [CrossRef]

۱۴. Dabetic, N.; Todorovic, V.; Malenovic, A.; Sobajic, S.; Markovic, B. Optimization of Extraction and HPLC-MS/MS Profiling of

Phenolic Compounds from Red Grape Seed Extracts Using Conventional and Deep Eutectic Solvents. *Antioxidants* 2022, 11, 1595.

[CrossRef]

۱۵. Tenore, G.C.; Caruso, D.; Buonomo, G.; D'Avino, M.; Campiglia, P.; Marinelli, L.; Novellino, E. A Healthy Balance of Plasma

Cholesterol by a Novel Annurca Apple-Based Nutraceutical Formulation: Results of a Randomized Trial. *J. Med. Food* 2017, 20,

].۳۰۰-۲۸۸CrossRef]

۱۶. Tian, L.; Cao, J.; Zhao, T.; Liu, Y.; Khan, A.; Cheng, G. The Bioavailability, Extraction, Biosynthesis and Distribution of Natural

Dihydrochalcone: Phloridzin. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 962. [CrossRef]

۱۷. Maisto, M.; Piccolo, V.; Novellino, E.; Schiano, E.; Iannuzzo, F.; Ciampaglia, R.; Summa, V.; Tenore, G.C. Optimization of Phlorizin

Extraction from Annurca Apple Tree Leaves Using Response Surface Methodology. *Antioxidants* 2022, 11, 1933. [CrossRef]

18. Camacho, M.D.M.; Zago, M.; García-Martínez, E.; Martínez-Navarrete, N. Free and Bound Phenolic Compounds Present in

Orange Juice By-Product Powder and Their Contribution to Antioxidant Activity. *Antioxidants* 2022, 11, 1748. [CrossRef]

19. Komijani, M.; Mohebbi, M.; Ghorani, B. Assembly of Electrospun Tri-Layered Nanofibrous Structure of Zein/Basil Seed Gum/Zein

for Increasing the Bioaccessibility of Lycopene. *LWT* 2022, 161, 113328. [CrossRef]

20. Campos-Lozada, G.; Pérez-Marroquín, X.A.; Callejas-Quijada, G.; Campos-Montiel, R.G.; Morales-Peñaloza, A.; León-López, A.;



Aguirre-Álvarez, G. The Effect of High-Intensity Ultrasound and Natural Oils on the Extraction and Antioxidant Activity of

Lycopene from Tomato (*Solanum Lycopersicum*) Waste. *Antioxidants* 2022, 11, 1404. [CrossRef]

21. Chernukha, I.; Kupaeva, N.; Kotenkova, E.; Khvostov, D. Differences in Antioxidant Potential of Allium Cepa Husk of Red,

Yellow, and White Varieties. *Antioxidants* 2022, 11, 1243. [CrossRef] [PubMed]

22. Castaldo, L.; Izzo, L.; Gaspari, A.; Lombardi, S.; Rodríguez-Carrasco, Y.; Narváez, A.; Grosso, M.; Ritieni, A. Chemical Composition

of Green Pea (*Pisum Sativum* L.) Pods Extracts and Their Potential Exploitation as Ingredients in Nutraceutical Formulations.

Antioxidants 2022, 11, 105. [CrossRef] [PubMed]

23. Shady, N.H.; Abdullah, H.S.; Maher, S.A.; Albohy, A.; Elrehany, M.A.; Mokhtar, F.A.; Oraby, H.F.; Shawky, A.M.; Abdelmohsen,

U.R. Antiulcer Potential of Psidium Guajava Seed Extract Supported by Metabolic Profiling and Molecular Docking. *Antioxidants*

2022, 11, 1230. [CrossRef] [PubMed]

24. Solaberrieta, I.; Jiménez, A.; Garrigós, M.C. Valorization of Aloe Vera Skin By-Products to Obtain Bioactive Compounds by

Microwave-Assisted Extraction: Antioxidant Activity and Chemical Composition. *Antioxidants* 2022, 11, 1058. [CrossRef]

25. Rojas-García, A.; Fuentes, E.; Cádiz-Gurrea, M.; de La, L.; Rodriguez, L.; Villegas-Aguilar, M.D.C.; Palomo, I.; Arráez-Román, D.;

Segura-Carretero, A. Biological Evaluation of Avocado Residues as a Potential Source of Bioactive Compounds. *Antioxidants* 2022,

11, 1049. [CrossRef]

26. Al Jumayi, H.A.; Allam, A.Y.; El-Beltagy, A.E.-D.; Algarni, E.H.; Mahmoud, S.F.; El Halim Kandil, A.A. Bioactive Compound,

Antioxidant, and Radical Scavenging Activity of Some Plant Aqueous Extracts for Enhancing Shelf Life of Cold-Stored Rabbit

Meat. *Antioxidants* 2022, 11, 1056. [CrossRef] [PubMed]



27. Gil-Martín, E., et al. (2022). "Influence of the extraction method on the recovery of polyphenols from grape skins." *Food Chemistry*, 374, 131763
28. Solaberrieta, I., et al. (2022). Recovery of Antioxidants from Tomato Seed Industrial Waste Using Microwave-Assisted Extraction and Ultrasound-Assisted Extraction. *Foods*, 11(19), 3068.
29. Cisneros-Yupanqui, M., et al. (2023). Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidant Bioactive Compounds from Rapeseed Meal. *Food Chemistry*, 381, 132283.
30. Herzyk, F., et al. (2024). Supercritical Fluid Extraction Techniques for Obtaining Bioactive Compounds from Plant Residues. *Antioxidants*, 13(6), 1001.
31. Antileo-Laurie, J., et al. (2025). Natural Deep Eutectic Solvent (NADES) Extraction of Bioactive Compounds from Coffee Husk Waste. *Antioxidants*, 14(10), 1234.