مدیریت پسماند و بازیافت انرژی از ضایعات زعفران در صنایع غذایی

رومینا وهاب زاده *،حسین مختاری

*دانشجوی دکتری صنایع غذایی،گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی دانشگاه ازاد قوچان ، قوچان ، ایران (نویسنده مسئول)

کارشناسی ارشد کشاورزی،گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ازاد جهرم ، جهرم، ایران

چکیده

افزایش تولید پسماندهای کشاورزی و صنایع غذایی، به‌خصوص در فرآوری محصولات با ارزش افزوده بالا مانند زعفران، چالش‌های بسیاری را در زیست‌محیطی و اقتصادی ایجاد کرده است. زعفران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی ایران، در کنار تولید محصول اصلی، مقادیر زیادی ضایعات شامل گلبرگ، کاسبرگ، پرچم، خامه و بنه تولید می‌کند که اغلب بدون مدیریت مناسب رها می‌شوند یا در مصرف خوراک دام قرار میگیرند. این مقاله مروری با هدف بررسی روش‌های مدیریت پسماند و بازیافت انرژی از ضایعات زعفران در صنایع غذایی انجام شده است. در این مطالعه، پتانسیل استفاده از ضایعات گل زعفران برای استخراج ترکیبات رنگی و آنتی‌اکسیدانی طبیعی، تولید سوخت سبز از زیست‌توده گیاه زعفران از طریق هیدرولیز اسیدی، و همچنین استخراج عصاره، نشاسته و تولید فیلم خوراکی از ضایعات بنه زعفران مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که ضایعات زعفران سرشار از ترکیبات زیست‌فعال و منابع کربوهیدراتی بوده و می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه ارزشمند در تولید محصولات غذایی، دارویی، بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر و انرژی‌های تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرند. بهره‌برداری بهینه از این ضایعات می‌تواند نقش مؤثری در کاهش آلودگی محیط‌زیست، افزایش بهره‌وری منابع و حرکت به سمت توسعه پایدار در صنایع غذایی ایفا کند.

کلمات کلیدی: بازیافت،زعفران، مدیریت پسماند کشاورزی

۱-مقدمه:

۱-۱مدیریت پسماند

مدیریت پسماند مجموعه فعالیت‌ها و اقدام‌های لازم برای مدیریت پسماند از زمان تولید تا دفع نهایی آن است(۱). این فعالیت‌ها شامل جمع‌آوری، انتقال و دفع و نظارت بر اجرای قوانین مربوط به مدیریت پسماند است که از مهم ترین مسائل امروزی توجه به مدیریت پسماند می باشد.برنامه ریزی و سامان دهی نظام مالی مراحل مختلف مدیریت پسماند یکی از مهم ترین ضرورت توجه به این سیستم می باشد(۲).متاسفانه یکی از چالش های کشور نحوه جمع اوری و یا دفن غیراصولی پسماندهای کشاورزی و غذایی است که نتیجه ان الودگی محیط زیست و از بین رفتن هزاران هکتار زمین است.طرح بازیافت و تفکیک مواد از مبدا و استفاده از مواد الی پسماندها جهت تولید مواد قابل استفاده به عنوان مهم ترین مسائل در بحث مدیریت پسماند میباشد(۳).

۱-۲بازیافت انرژی

بازیافت انرژی در صنایع غذایی به مجموعه فرآیندهایی گفته می‌شود که طی آن انرژی نهفته در پسماندها و جریان‌های جانبی تولید به شکل‌های مفید مانند بیوگاز، برق، حرارت یا سوخت زیستی بازیابی می‌شود(۴). این فرآیند ضمن کاهش بار آلودگی محیط‌زیست، می‌تواند منبع مهمی برای تأمین انرژی پاک و کاهش هزینه‌های عملیاتی کارخانه‌ها باشد. زیست‌توده آلی موجود در پسماندهای صنایع غذایی—از ضایعات میوه‌ها و سبزیجات گرفته تا پسماندهای دامی، لبنیات و گل‌ها پتانسیل بالایی برای تبدیل‌شدن به انرژی از طریق روش‌هایی مانند هضم بی‌هوازی، گازی‌سازی، پیرولیز و تخمیر بیولوژیکی دارد(۵).

هضم بی‌هوازی و تولید بیوگاز به دلیل سازگاری با طیف گسترده‌ای از مواد آلی، به‌صرفه بودن اقتصادی و سادگی راه‌اندازی، یکی از پرکاربردترین روش‌های بازیافت انرژی در صنایع غذایی به شمار می‌رود. در بسیاری از کشورها، صنایع غذایی با تبدیل ضایعات خود به بیوگاز، نه تنها هزینه‌های دفع پسماند را کاهش داده‌اند، بلکه بخشی از نیاز انرژی خود را نیز تأمین می‌کنند. در کنار آن، روش‌هایی مانند تولید بیواتانول یا بیوچار نیز به‌عنوان فناوری‌های نوظهور، فرصت‌های جدیدی برای استفاده حداکثری از پسماندهای غذایی فراهم کرده‌اند.

با توجه به تنوع بالای پسماندهای تولیدی در صنایع غذایی، استفاده از راهکارهای بازیافت انرژی می‌تواند رویکردی مؤثر برای کاهش اثرات زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری، و حرکت به سمت تولید سبز باشد. در سال‌های اخیر، توجه ویژه‌ای به پسماندهای گیاهان با ارزش بالامانند زعفران شده است که به دلیل تولید فصلی و فراوانی پسماند هنگام فرآوری، از ظرفیت مناسبی برای تبدیل‌شدن به انرژی برخوردارند. بررسی روش‌های بازیافت انرژی در این حوزه می‌تواند چشم‌انداز جدیدی برای مدیریت پایدار پسماند و بهبود اقتصاد صنایع غذایی ایجاد کند(۶).

۱-۳ضایعات زعفران

۱-۳-۱زعفران

گیاه زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. که با نام زعفران شناخته می شود، با بیش از ۹۹ گونه، متعلق به خانواده زنبق است. یک گیاه عقیم کم ارتفاع است و تو سط ساقه پیاز مانند، تکثیر میبابد. این گیاه ازشش گلبرگ و کا سبرگ ارغوانی، سه پرچم زرد رنگ و یک مادگی قرمز رنگ با کلاله سه شاخه قرمز تشکیل شده است و پس از خشک کردن کلاله، ادویه زعفران به دست میآید(۷).

چهار ترکیب اصلی زعفران که از لحاظ زیستی فعال میباشند، شامل کروسین ، کروستین ، پیکروکروسین و سافرانال است. همه این ترکیبات فعال نه تنها در پروفایل حسی زعفران رنگ، طعم و عطر دخالت دارند، بلکه خواص درمانی زعفران نیز مربوط به این ترکیبات میباشد(۸). کرو سین، ۵۴ ٪ از زعفران را تشکیل میدهد که مسئول رنگ قرمز زعفران است و به عنوان یک رنگ طبیعی خوراکی استفاده میشود .کروسین استر گلیکوزیل کروستین است که با استری شدن کروستین با گلیکوزیدهای مختلف تشکیل شده است.مولکول کروستین با فعالیت گلوکوزیل ترانس فرازها اصلاح میشود و تعداد مختلفی از مولکولهای گلیکوزیدی را برای تولید کروسین که اجزای ا صلی کلاله های زعفران هستند و حلالیت در آب ایجاد میکنند، اضافه میکند(۹). کروستین یک کاروتنوئید دی کربوکسیلیک اسید طبیعی بوده که اب گریز بوده و در اکثر حلال ها غیر قابل حل میباشد. سافرانال یک ترپنیک آلدهید حلقوی است و از طریق تخریب آنزیمی و حرارتی در طول فرایند ذخیره و خشک کردن زعفران تولید می شود ومسئول رایحه و کیفیت زعفران است. پیکروکرو سین، آپوکاروتنوئیدهای گلیکوزیله شده است که ۱۵-۵درصد از زعفران را تشکیل میدهد و طعم تلخ زعفران ناشی از آن میباشد(۱۰).

زعفران و ترکیبات فعال آن شامل کروسین، کروستین،پیکروکروسین وسافرانال دارای ظرفیت بالای آنتی اکسیدانی وپاکسازی رادیکالهای آزاد میباشند و نقش مهمی را در کاهش استرس اکسیداتیو دارند که در پاتوژنز بیماریهای وابسته به سن نقش دارند(۱۱).

۱-۳-۲ ضایعات زعفران

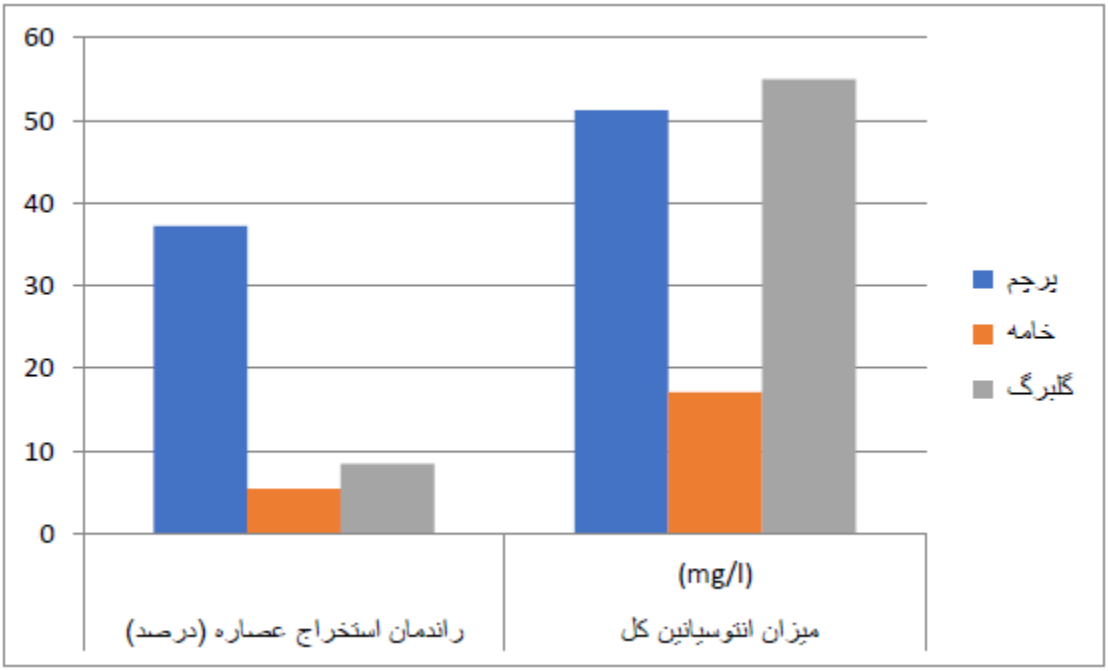
گل زعفران تازه ۸۶درصد گلبرگ ،کاسبرگ ،۵/۹درصد پرچم و ۷/۶ درصد کلاله و خامه است که طی جداسازی کلاله از گل زعفران ،کلاله از سایر اجزا جدا شده است و خشک میگردد و به بازارهای داخلی و خارجی ارسال میگردد اما باقی مانده ی گل زعفران شامل کاسبرگ ، گلبرگ،خامه و پرچم زعفران محصولات جانبی تولید زعفران هستند که حدود ۱۹۴۴۴۵تن کاسبرگ و گلبرگ،۱۳۳۵۳ تن پرچم حاصل میگردد.این مواد مقدار قابل ملاحظه ای ترکیبات باارزش داشته که در اکثر اوقات در محیط زیست رها میشوند(۱۲).

۲-مروری بر تولید محصولات با استفاده از ضایعات زعفران

۲-۱تولید رنگ و ترکیبات آنتی اکسیدانی طبیعی از ضایعات گل زعفران

در این مقاله به منظور استفاده از ضایعات ابتدا ضایعات گل زعفران جمع آوری و در دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک شدند و درجای خشک و خنک نگهداری شدند. استخراج رنگدانه های طبیعی و ترکیبات آنتی اکسیدانی با استفاده از روش استخراج با حلال انجام شد.نمونه و حلال به مدت ۲۴ ساعت همزده و سپس صاف و به روی صافی مجددا حلال تازه اضافه شده و تا ۲۴ساعت دیگر، هم زده شده است. زیر صافی تحت خلا خشک و در ظروف شیشه ای تیره رنگ در یخچال نگهداری شدند.ترکیبات ضایعات گل زعفران بواسطه داشتن مقادیر زیادی از ترکیبات آنتوسیانینی و کاروتنوئیدی دارای مواد رنگی طبیعی و ترکیبات دارای قدرت آنتی اکسیدانی بالایی هستند که می توانند در مواد غذایی و دارویی به عنوان مواد رنگ دهنده یا آنتی اکسیدان های طبیعی کاربرد گسترده ای داشته باشند (۱۳).

نتیجه گیری:



شکل ۱ راندمان استخراج و میزان آنتوسیانینهای کل موجود در ضایعات زعفران را نشان می دهد.

جدول ۱ مقدار ترکیبات رنگی و آنتی اکسیدانی موجود در ضایعات گل زعفران را نشان میدهد.

جدول ۱: راندمان استخراج، مقدار ترکیبات رنگی و آنتی اکسیدانی موجود در ضایعات گل زعفران

ضایعات گل زعفران	میزان کاروتنوئیدهای محلول در آب (mg/l)	میزان کاروتنوئیدهای محلول در چربی (mg/l)	قدرت آنتی اکسیدانی (IC_{50}) (mg/L)
پرچم	۶/۲۸۵ b	۳/۶۰۷	۵۱۵/۸ b
خامه	۲/ ۸۷c	-	۷۴۱/۷ a
گلبرگ	۵۱/۷a	-	۵۴/۵ c

شکل ۱ و جدول ۱ نشان می دهد راندمان استخراج عصاره از ضایعات گل زعفران در حدود ۳۷تا ۴۸ درصد ماده خشک بود (جدول ۱) و در بین ضایعات گل زعفران، گلبرگ با ۸/ ۴۸ درصد دارای بیشترین راندمان استخراج بود.

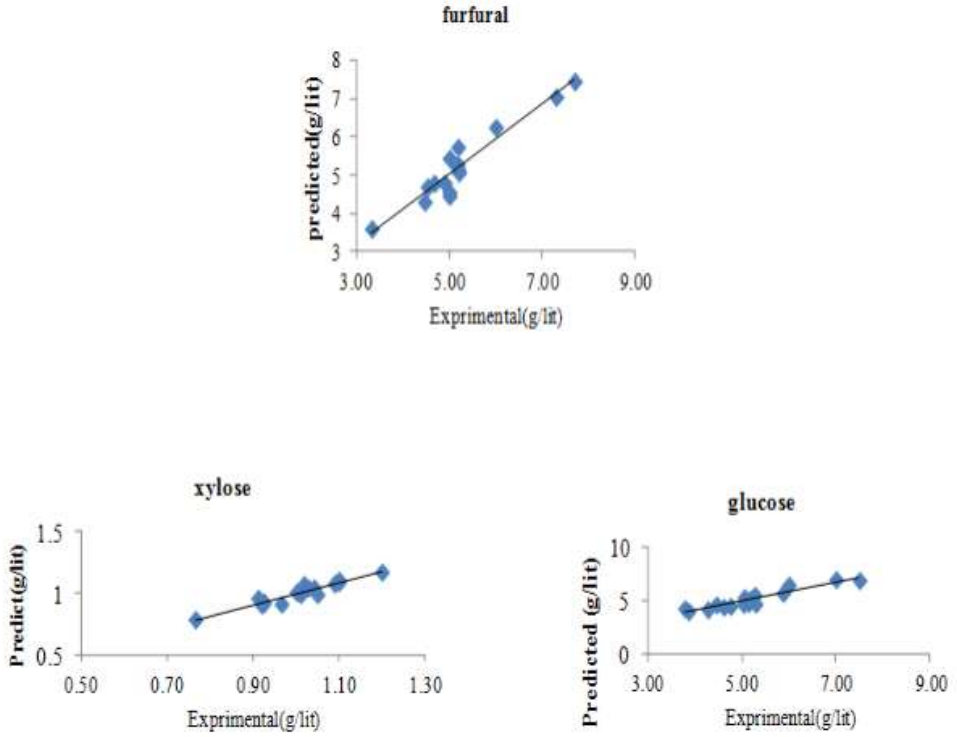
جدول ۱ نشان میدهد آنتوسیانین های موجود در ضایعات گل زعفران، در حدود ۱۷ / ۱۵ تا ۵/ ۹۹۸ میلی گرم در هر لیتر میباشد بیشترین مقدار آن در گلبرگ(۵/ ۹۹۸ میلی گرم در لیتر) و کمترین مقدار آن در خامه گل زعفران (۱۷ / ۱۵ میلیگرم در لیتر) می باشد.

۲-۲تولید سوخت سبز از ضایعات گیاه زعفران به روش هیدرولیز با اسید رقیق

در این مقاله به منظور بازیافت ضایعات گیاه زعفران و تولید شکر قابل تخمیر جهت بیواتانول یا همان سوخت سبز ،ابتدا ضایعات گیاه جمع اوری و شسته شده و بصورت سنتی خشک شده و اسیاب گردیده است و زیست توده تهیه شده در زمان معین و در محلول اسیدی در اتوکلاو به مدت تعیین شده حرارت داده شده است.جهت بررسی تاثیر سه متغیر اصلی زمان ،دما،غلظت اسید بر روی تولید شکر قابل تخمیر تولید شده انتخاب شد.در این پژوهش برای اندازه گیری گلوکز،زایلوز و فورفورال از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا استفاده شد.

نتیجه گیری:

نتایج نشان داد که تولید گلوکز تحت تاثیر غلظت اسید و زمان است ولی زایلوز تحت تاثیر زمان و فورفورال وابسته به دما است.غلظت بالای اسید و دمای پایین و زمان متوسط میتواند بیشترین محصول(گلوکز،زایلوز) با کمترین بازدارنده (فورفورال)را تولید نماید(۱۴).



شکل۲-مقایسه غلظتهای به دست آمده توسط معادالت۴،۳و۵با داده های آزمایشی برای غلظت موادهای مختلف حاصل از هیدرولیز بیومس

۲-۳ تولید عصاره آنتی اکسیدانی، نشاسته و فیلم خوراکی از ضایعات بنه زعفران

بنه زعفران جز ضایعات زعفران بوده که در حدود ۲۰۰ هزار تن در سال هدر میرود یا نهایتا به مصرف دام میرسد.بنه حاوی ترکیبات باارزشی مثل نشاسته ،پروتئین و ترکیبات رنگی بوده لذا باید بازیافت شود تا بتوانیم از ان در صنایع غذا ، دارو و بهداشتی استفاده نمود(۱۵).

در این پژوهش به منظور استفاده از ضایعات بنه عصاره بنه زعفران با کمک فراصوت و با استفاده از حلال اتانول طی مدت زمان مشخص استخراج شد(۱۶).

نتیجه گیری:

نتایج نشان داد که این عصاره دارای خواص ضداکسایشی و ضدمیکروبی قابل‌توجهی است و ۲/۷۹ درصد ماده خشک را تشکیل می‌دهد. نشاسته استخراج‌شده از بنه زعفران قابلیت مصرف خوراکی و همچنین کاربرد در تولید فیلم خوراکی را دارد. فیلم خوراکی تولیدشده از نشاسته بنه زعفران از نظر خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی، ویژگی‌هایی قابل‌قبول و قابل‌مقایسه با فیلم‌های تهیه‌شده از نشاسته‌های متداول مانند نشاسته سیب‌زمینی و برنج نشان داد(۱۷).

جدول۳-درصد ترکیبات موجود در نشاسته بنه زعفران در مقایسه با نشاسته سیب زمینی و برنج

	نشاسته بنه زعفران	نشاسته سیب زمینی	نشاسته برنج
رطوبت (درصد)	۴/۴۱۸	۳/۶۳۳	۵/۰۱۹
خاکستر (درصد)	۰/۱۸۸	۰/۲۱۵	۰/۲۷۱
چربی (درصد)	۰/۸۹۸	۱/۰۰۲	۱/۰۳۲
پروتئین (درصد)	۰/۸۳۳	۰/۷۹۳	۲/۶۱۶
آمیلوز (درصد)	۶۳/۳۱	۱۴/۴۵۳	۰
مقدار نشاسته (درصد)	۷۹/۲	۲۲/۲	۸۰
بازده استخراج (درصد)	۴۳/۳۸	۱۹/۴	۷۱/۷



الف



ب

شکل۲-تصاویرفیلم های تهیه شده بر پایه نشاسته(الف)بنه زعفران(ب)

جدول۴. مشخصات فیلم تهیه شده از نشاسته بنه زعفران در مقایسه با نشاسته سیب زمینی و برنج

	نشاسته بنه زعفران	نشاسته سیب زمینی	نشاسته برنج
شفافیت	۰/۰۷۱	۰/۰۷۸	۰/۰۸۱
ضخامت	۰/۱۳۶	۰/۲۰۸	۰/۱۴۸
حلالیت در آب	۷۴/۴۳۳	۷۰/۴۰۶	۶۷/۲۹۳
حلالیت در اسید	۷۳/۱۴۳	۷۰/۱۰۳	۶۷/۴۱۳
حلالیت در قلیا	۶۸/۶۲۰	۶۶/۲۹۰	۵۴/۱۵۰

۳-نتیجه گیری

بررسی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که ضایعات حاصل از تولید و فرآوری زعفران، به‌جای تبدیل‌شدن به یک معضل زیست‌محیطی، می‌توانند به منابعی با ارزش اقتصادی و صنعتی تبدیل شوند. ضایعات گل زعفران به دلیل دارا بودن ترکیبات رنگی

و آنتی‌اکسیدانی طبیعی، پتانسیل بالایی برای استفاده در صنایع غذایی و دارویی دارند. همچنین زیست‌توده گیاه زعفران قابلیت تبدیل به قندهای قابل تخمیر و در نهایت تولید سوخت‌های زیستی مانند بیواتانول را نشان داده است. از سوی دیگر، بنه زعفران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ضایعات این محصول، منبع مناسبی از نشاسته بوده و امکان تولید فیلم‌های خوراکی با خواص فیزیکوشیمیایی قابل‌قبول و قابل‌مقایسه با نشاسته‌های متداول را فراهم می‌کند. در مجموع، مدیریت مناسب و بازیافت هدفمند ضایعات زعفران می‌تواند ضمن بار آلودگی محیط‌زیست را کاهش داده و به ایجاد ارزش افزوده، توسعه اقتصاد چرخشی و افزایش پایداری صنایع غذایی کمک کند.

۴-پیشنهادات

با توجه به نتایج این مقاله، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده بر بهینه‌سازی فرآیندهای استخراج ترکیبات زیست‌فعال و بازیافت انرژی از ضایعات زعفران متمرکز شوند. بررسی روش‌های نوین و کم‌هزینه مانند فناوری‌های سبز، استفاده از حلال‌های دوستدار محیط‌زیست و ترکیب چند روش بازیافت می‌تواند کارایی این فرآیندها را افزایش دهد. همچنین انجام مطالعات مقیاس پایلوت و صنعتی برای ارزیابی امکان تجاری‌سازی محصولات حاصل از ضایعات زعفران ضروری است. تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های حمایتی برای تشویق کشاورزان و صنایع غذایی به جمع‌آوری و بازیافت ضایعات زعفران نیز می‌تواند نقش مهمی در توسعه مدیریت پایدار پسماند ایفا کند. در نهایت، انجام ارزیابی‌های اقتصادی و زیست‌محیطی به‌منظور بررسی اثرات بلندمدت این رویکردها توصیه می‌شود.

مراجع:

[1] بنی اعمام مهرناز, نصیری سیده لیلا. بازیابی مدیریت پسماندهای کشاورزی و صنایع غذایی.

[2] سوری ابوذر, جنیدی جعفری احمد, بیاتی آیدا. ارزیابی مدیریت مواد زائد جامد صنعتی ۱۰ واحد بزرگ صنایع غذایی شهر تهران در سال ۱۳۹۳.

[3] چوپان, هزارجریبی, ابوطالب, قربانی, حسام, خاشعی سیوکی. اثر مدیریت منابع، روش و زمان آبیاری بر عملکرد کمی گل و خصوصیات کیفی زعفران. پژوهش های زعفران. ۲۰۲۲ Aug 23;10(1):28-44.

[4] آبسته, مراد, مردانی کرانی, عارف, محبی. ارزیابی و تجزیه و تحلیل پتانسیل بازیافت پساب‌های صنایع غذایی با استفاده از انرژی خورشیدی. پژوهش‌های مکانیک ماشینهای کشاورزی. ۲۰۲۴ Mar 20;13(1):115-25.

[5] عبدلی محمدعلی, نصرآبادی تورج, طاهری احسان, هوشیاری پور غلامعلی. شناخت منابع تولید زباله های صنعتی و راهکارهای بازیافت در منطقه خزر.

[6] خوب بخت, رحیمی, کریم‌زاده اصل. الگوی مصرف انرژی و تحلیل حساسیت نهادهَای انرژی برای تولید زعفران در ایران. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۰۲۴ .Dec 21;40(4):855-67

[7] انصار. زعفران. پیام زن. ۲۰۱۲ Jun 21;1391(۲۴۴).

[8] پاسبان فاطمه. بررسی عوامل موثر بر صادرات زعفران ایران.

[9] رجبیان, حسین زاده. زعفران: کلید جوانی و تاخیر در پیری. زراعت و فناوری زعفران. ۲۰۲۵ Jan 20;12(4):371-90.

[10] عین افشار س. تولید رنگ‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی از ضایعات گل زعفران. مجله ترویجی زعفران و گیاهان داوریی. ۲۰۱۸ Mar 21;1(1):25-33.

[11] کاظمی, صالح, فهمیده. بررسی ارزش تغذیه‌ای و امکان سیلو پذیری ضایعات (گلبرگ و پرچم) زعفران. زراعت و فناوری زعفران. ۲۰۲۰ Dec 21;8(4):574-58.

[12] عین افشار س. تولید رنگهای طبیعی پایدار از ضایعات فرآوری زعفران. مجله ترویجی زعفران و گیاهان داوریی. ۲۰۲۵ Apr 21;4(2):39-4.

[13] عین افشار س. تولید رنگ‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی از ضایعات گل زعفران. مجله ترویجی زعفران و گیاهان داوریی. ۲۰۱۸ Mar 21;1(1):25-33.

[14] علیآراسته نوده, حسینصحابی. تولید سوخت سبز از ضایعات گیاه زعفران به روش هیدرولیز با اسید رقیق. Saffron Technology. 2017 Sep 1;5 & Agronomy(۳).

[15] عین افشار س, شرایعی پ, پروین. تولید عصاره، نشاسته و فیلم خوراکی از ضایعات بنه زعفران. مجله ترویجی زعفران و گیاهان داوریی. ۲۰۱۸ .Sep 23;1(2):20-6

[16] نیازمند, شرایعی, پروین, شریف, سرابی, عین افشار, آذرپژوه, شریف, فرزانه. بررسی ویژگی‌های لیگنین، کربوکسی‌متیل سلولز و نشاسته استخراج شده از زائدات و ضایعات پیاز زعفران و ذرت. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۲۰۲۵ Nov 27:e27895.

[17] رضایی انیس, مرادی روح اله, فیضی حسن. تاثیر زمان قطع آخرین آبیاری و منابع مختلف کودی بر خصوصیات بنه زعفران.

Waste Management and Energy Recovery from Saffron By-Products in the Food Industry

Romina Vahabzadeh[1], Hossein Mokhtari [2]

[1]*Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan- Iran (Corresponding Author)*

[2]*MSc in Agriculture, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran*

Abstract

The increasing generation of agricultural and food industry wastes, particularly during the processing of high value-added products such as saffron, has led to significant environmental and economic challenges. Saffron, as one of the most important agricultural products of Iran, generates considerable amounts of by-products alongside the main product, including petals, sepals, stamens, styles, and corms, which are often discarded without proper management or are merely used as animal feed. This review article aims to investigate waste management strategies and energy recovery approaches from saffron by-products in the food industry. The study examines the potential use of saffron flower wastes for the extraction of natural colorants and antioxidant compounds, the production of green fuel from saffron plant biomass through dilute acid hydrolysis, as well as the extraction of bioactive extracts, starch, and the production of edible films from saffron corm by-products. The reviewed studies indicate that saffron by-products are rich in bioactive compounds and carbohydrate resources and can be utilized as valuable raw materials in the production of food, pharmaceutical products, biodegradable packaging materials, and renewable energy. Optimal utilization of these by-products can play a significant role in reducing environmental pollution, improving resource efficiency, and promoting sustainable development in the food industry.

Keywords: Recycling; Saffron; Agricultural Waste Management

∗Corresponding author:[1]

E-mail address: Romina.vahabzadeh@gmail.com