

تولید رنگ‌های طبیعی پایدار با کمک فراصوت از ضایعات فرآوری زعفران Sustainable Natural Color Production Using Ultrasound from Saffron Processing Waste

سودابه عین‌افشار^{۱*}، پروین شرایعی^۱

۱. دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی AREEO، مشهد، ایران، (نگارنده مسئول)*.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱ - شناسانه برنمود رقمی:

چکیده

عین‌افشار، س.، شرایعی، پ.، تولید رنگ‌های طبیعی پایدار با کمک فراصوت از ضایعات فرآوری زعفران
نشریه ترویجی زعفران و گیاهان دارویی، دوره ۴ - شماره ۲- پاییز ۶- زمستان ۱۴۰۳ صفحه: ۳۹-۳۴

با توجه به نگرانی‌های فزاینده در مورد اثرات زیان‌بار رنگ‌های مصنوعی بر سلامت انسان و محیط زیست، استفاده از منابع طبیعی برای تولید رنگ‌های پایدار و ایمن، به یک ضرورت در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی تبدیل شده است. زعفران به‌عنوان یکی از ارزشمندترین محصولات کشاورزی ایران، طی فرآیند برداشت، تنها از کلاله قرمز آن بهره‌برداری می‌شود و سایر بخش‌های گل مانند گلبرگ، کاسبرگ و پرچم که بیش از ۹۰ درصد وزن گل را تشکیل می‌دهند، به‌عنوان ضایعات دفع می‌شوند. این ضایعات حاوی ترکیبات زیست‌فعال نظیر آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها هستند که قابلیت استفاده به‌عنوان رنگ‌های طبیعی را دارند. در این مقاله، استخراج با حلال به روش غرقابی برای استخراج این ترکیبات رنگی با استفاده از استخراج سبز با حلال اتانول و به کمک فرایند فراصوت (به مدت ۱۰ دقیقه در شدت ۱۰۰ درصد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) و تثبیت آن‌ها از طریق ریزپوشانی معرفی شده است. استخراج ترکیبات رنگی با حلال و با کمک فراصوت و ریزپوشانی ترکیبات رنگی با استفاده از ماده دیواره مالتودکسترین و خشک کن انجمادی، منجر به تولید رنگ طبیعی پایدار در برابر نور، حرارت و تغییرات اسیدیته شد. این ترکیبات رنگی که با بازده استخراج در حدود ۲۰ درصد، استخراج می‌شوند قابلیت جایگزینی با رنگ‌های مصنوعی را دارند. کاربرد این رنگ در صنایع غذایی، آرایشی و مکمل‌های دارویی، علاوه بر افزایش ارزش افزوده اقتصادی برای تولیدکنندگان زعفران، به کاهش ضایعات کشاورزی و توسعه محصولات سالم و طبیعی کمک می‌کند. این فناوری می‌تواند بستری مناسب برای تولید محصولات صادرات‌محور، اشتغال‌زایی و نوآوری در حوزه زیست‌فناوری باشد.

واژه های کلیدی: آنتوسیانین، استخراج فراصوت، رنگ طبیعی، ریزپوشانی، زعفران، ضایعات گیاهی

مقدمه و بیان مسئله

یکی از خصوصیات کیفی مواد غذایی داشتن رنگ زیبا، درخشان و پایدار است که نقش مهمی در مقبولیت محصولات غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی دارد. امروزه مصرف کنندگان تمایل دارند مواد مصرفی خود را با رنگ های طبیعی مصرف کنند لذا تهیه رنگ های پایدار از منابع طبیعی از اهداف این صنعت گران می باشد. آنتوسیانین ها، کلروфіل و کاروتنوئیدها مهم ترین رنگدانه های گیاهان و عامل ایجاد رنگ های قرمز، بنفش تا آبی، سبز و زرد هستند (جباری و همکاران، ۲۰۲۴) که با استفاده از فرایندهایی مختلف فیزیکی و شیمیایی با استفاده از حلال های قطبی و غیرقطبی از منابع گیاهی استخراج می گردند.

زعفران یکی از ارزشمندترین محصولات کشاورزی جهان است که به ویژه در ایران، افغانستان، هند و مراکش کشت می شود. در فرآیند برداشت و جداسازی زعفران، تنها بخش کلالة (رشته قرمز رنگ) به عنوان محصول اقتصادی استفاده می شود و سایر بخش های گل نظیر گلبرگ ها، کاسبرگ ها و پایه گل که بیش از ۹۰ درصد وزن گل را تشکیل می دهند، به عنوان ضایعات دور ریخته می شوند. این ضایعات عمدتاً در طبیعت رها شده یا در زمین های کشاورزی دفن می شوند که می تواند موجب آلودگی زیست محیطی، رشد میکروبی و افزایش زباله های آلی شود (سردا- برناد و همکاران، ۲۰۲۳). درحالی که تحقیقات اخیر نشان داده اند که گلبرگ های زعفران سرشار از ترکیبات زیست فعال از جمله آنتوسیانین ها،

فلاونوئیدها و مواد رنگزای طبیعی هستند که می توانند به عنوان منابع ارزان و سالم برای تولید رنگ های طبیعی در صنایع غذایی، آرایشی و دارویی مورد استفاده قرار گیرند، اما این ظرفیت بالقوه تاکنون در مقیاس تجاری و صنعتی مورد بهره برداری قرار نگرفته است (گول و همکاران، ۲۰۲۵).

از سوی دیگر، افزایش نگرانی مصرف کنندگان درباره اثرات سوء رنگ های مصنوعی مانند آلورا رد^۱ و تارترازین^۲ بر سلامت انسان (مانند حساسیتهای پوستی، اثرات سمیت سلولی و سرطان زایی)، صنایع غذایی و آرایشی را ناگزیر به استفاده از جایگزین های طبیعی، ایمن و پایدار کرده است (وو و همکاران، ۲۰۲۳). با توجه به این که ایران یکی از بزرگ ترین تولید کنندگان زعفران در جهان است، عدم استفاده از ضایعات گل زعفران به عنوان منبع طبیعی رنگ، نشان از یک خلأ بزرگ در بهره برداری بهینه از این محصول استراتژیک دارد.

در نتیجه، لازم است یک راهکار فناورانه و اقتصادی برای استخراج، تثبیت و کاربرد رنگ طبیعی حاصل از ضایعات گل زعفران توسعه داده شود. این راهکار می بایست علاوه بر بازیافت زیستی منابع کشاورزی، قابلیت تولید پایدار، ایمنی مصرف و پایداری فیزیکوشیمیایی در شرایط نگهداری و فرآوری صنعتی را نیز تضمین کند.

معرفی دستاورد یا راهکار

این دستاورد به تولید رنگ طبیعی

^۱Allura Red

^۲Tartrazine

زیست تخریب پذیر از ضایعات فرآوری زعفران (شامل گلبرگ، کاسبرگ و پرچم) می پردازد. در فرآیند تولید زعفران، معمولاً تنها کلاله قرمز به عنوان بخش اصلی برداشت می شود و بقیه اجزای گل به عنوان ضایعات دور ریخته می شوند. این ترکیبات رنگی را می توان با استفاده از فرایندهای غیر حرارتی (مانند استخراج با حلال و با کمک اولتراسوند یا مایکروویو) استخراج و با استفاده از فرایند ریزپوشانی پایدار نمود. مواد تولید شده دارای ویژگی های زیر هستند:

- پایداری بالا در برابر نور، اسیدپته و حرارت
- رنگ بنفش - قرمز طبیعی قابل استفاده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی
- عدم نیاز به حلال های سمی و بدون باقیمانده شیمیایی

- قابلیت جایگزینی رنگ های مصنوعی مانند آلورا قرمز و کارموئیزین .

در این فرایند از ضایعات کم ارزش گل زعفران به عنوان ماده اولیه استفاده شده و تکنیک های نوین استخراج سبز (ultrasound-assisted) مانند اولتراسونیک بکار گرفته می شود و در نهایت پایداری رنگدانه ها با روش های نوین ریزپوشانی افزایش می یابد. رنگ های تولید شده دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضدباکتری و ایمن زیستی هستند که قابلیت کاربرد مستقیم در محصولات غذایی مانند نوشیدنی، لبنیات، آبنبات و فرآورده های گیاهی را دارند.

این فرایند همچنین دارای اهمیت زیست محیطی و اقتصادی نیز می باشد زیرا موجب کاهش ضایعات کشاورزی و بازیافت منابع دورریز شده و مصرف رنگ های مصنوعی

مضر کاهش می یابد و ارزش افزوده اقتصادی مناسبی برای تولیدکنندگان زعفران به همراه خواهد داشت. این رنگ ها در حوزه های صنایع غذایی (نوشیدنی ها، دسر ها، محصولات گیاهی)، صنایع آرایشی (رژ لب طبیعی، رنگ موی گیاهی، ژل)، مکمل های دارویی و آنتی اکسیدانی و خوراک دام و طیور (رنگ دهی طبیعی و تحریک اشتها) بکار می رود. همچنین چنانچه منطبق با الزامات بازارهای جهانی باشد به عنوان محصولات سالم و طبیعی می تواند به بازارهای جهانی راه یابد.

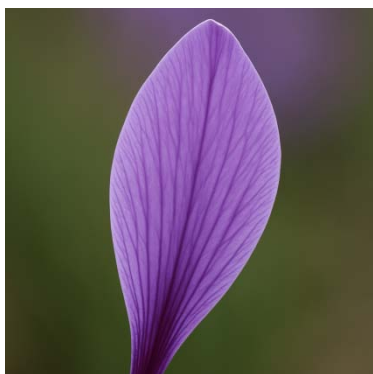
گام ۱: جمع آوری و آماده سازی گلبرگ و

پرچم زعفران

در فصل پاییز، پس از برداشت، بلافاصله ضایعات گل زعفران (شکل ۱) تحت شرایط محیطی و در سایه با استفاده از جریان هوای طبیعی خشک شده و سپس شاخ و برگ اضافی از کاسبرگ و گلبرگ جدا گردید. کاسبرگ و گلبرگ های خشک شده توسط دستگاه آسیاب به پودر تبدیل شده و از الک عبور داده شد و در نهایت به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت؛ پودرها در کیسه های نایلونی بسته بندی و در محل تاریک و خنک تا زمان آزمایش نگهداری شد.

گام ۲: استخراج با حلال و با کمک فراصوت

پودر حاصل با اتانول ۸۰ درصد (به عنوان حلال) به نسبت ۱:۵۰ مخلوط شده و به مدت ۵ دقیقه، در معرض امواج اولتراسوند با شدت ۱۰۰ درصد قرار گرفت. لازم است توان دستگاه ثابت و 24 kHz و درصد توان ورودی نیز ۱۰۰ درصد



ب

الف

شکل ۱- ضایعات گل زعفران شامل الف: پرچم گل زعفران و ب: گلبرگ زعفران



شکل ۲- عصاره گلبرگ زعفران به همراه حلال

در نظر گرفته شود. سپس عصاره استخراج شده با استفاده از فیلتر خلا از مواد جامد گیاهی جدا گردید (شکل ۲).

در ادامه حلال توسط دستگاه تقطیر چرخان، تحت خلا ۲۵ میلی متر جیوه در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد از عصاره جدا شده تا به ترکیبات فنلی آسیب کمتری وارد شود. حلال باقی مانده توسط آون تحت خلأ حذف شد. عصاره حاصل (شکل ۳) در ظروف شیشه‌ای تیره بسته بندی شده و در محلی سرد و خشک قرار داده شد.

مالتودکسترین ۱۰ درصد تهیه و سپس مقدار مواد جامد محلول با اضافه نمودن عصاره غلیظ شده به ۲۰ درصد رسانده شد. محلول‌های تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه با همزن مغناطیسی

گام ۳: تثبیت و ریزپوشانی

جهت انجام عمل ریزپوشانی ابتدا محلول



عصاره پرچم گل زعفران

عصاره گلبرگ زعفران

شکل ۳- عصاره گلبرگ A, B و پرچم زعفران C



شکل ۴- مراحل استخراج و تولید رنگ های طبیعی پایدار از ضایعات فرآوری گل زعفران

در صنایع غذایی و آرایشی شود، درآمد جانبی قابل توجهی برای کشاورز و واحد فرآوری ایجاد کرده، علاوه بر استفاده بهینه از ضایعات زعفران با ارزش افزوده بالا، از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می شود. همچنین موجب توسعه محصولات طبیعی و سالم در صنعت غذا و دارو شده و به اشتغال زایی محلی در روستاها و مناطق تولید کننده زعفران کمک می نماید. این فراورده می تواند برای کشاورزان و بهره برداران زعفران، تعاونی ها و کارگاه های فرآوری گیاهان دارویی، واحدهای نوآور صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و مراکز رشد و شرکت های دانش بنیان مورد استفاده قرار گیرد.

هم زده تا یکنواخت شدند. سپس محلول حاوی مواد دیواره و هسته توسط خشک کن انجمادی خشک گردید. پایدارری ریز کپسول ها در سیستم های مدل غذایی شامل محیط های اکسید کننده (حاوی پراکسید هیدروژن)، قند (محلول های حاوی ساکارز) و احیا کننده (محلول حاوی آسکوربیک اسید) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ریز کپسول های تولید شده در محیط های حاوی ترکیبات اکسید کننده مانند آب اکسیژنه و احیا کننده مانند اسید آسکوربیک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار پایداری بودند.

توصیه ترویجی

به تولید کنندگان، تعاونی ها و واحدهای فرآوری زعفران توصیه می شود که از ضایعات گل زعفران (گلبرگ، کاسبرگ و سایر اجزای غیر قابل مصرف مستقیم) به عنوان منبعی ارزشمند برای تولید رنگ طبیعی استفاده کنند. این رنگ می تواند جایگزین رنگ های مصنوعی

منابع

1. Cerda-Bernad, D., Valero-Cases, E., Pastor, J. J., & Frutos, M. J. (2023). Microencapsulated saffron floral waste extracts as functional ingredients for antioxidant fortification of yogurt: Stability during the storage. *LWT*, 184, 114976.
2. Gahruie, H. H., Parastouei, K., Mokhtarian, M., Rostami, H., Niakousari, M., & Mohsenpour, Z. (2020). Application of innovative processing methods for the extraction of bioactive compounds from saffron (*Crocus sativus*) petals. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 19, 100264.
3. Gull, A., Masoodi, F. A., & Gani, A. (2025). Valorization of saffron petal waste anthocyanin extract, microencapsulation storage kinetic stability, and in vitro release behavior of anthocyanin microcapsules. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(4), 5481-5492.
4. Jabbari, N., Goli, M., & Shahi, S. (2024). Optimization of bioactive compound extraction from saffron petals using ultrasound-assisted acidified ethanol solvent: Adding value to food waste. *Foods*, 13(4), 542.
5. Wu, Y., Gong, Y., Sun, J., Zhang, Y., Luo, Z., Nishanbaev, S. Z., ... & Benito, M. J. (2023). Bioactive components and biological activities of *Crocus sativus* L. byproducts: A Comprehensive Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(49), 19189-19206.
1. Zhang, S., Li, X., Yan, X., McClements, D. J., Ma, C., Liu, X., & Liu, F. (2022). Ultrasound-assisted preparation of lactoferrin-EGCG conjugates and their application in forming and stabilizing algae oil emulsions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106110.