سی امین کنگره ملی و پنجمین کنگره بین المللی علوم و صنایع غذایی ایران
The 30th National Congress and the 5th International Congress of Food Sciences and Technology of Iran
• مکان: تهران، دانشگاه تربیت مدرس • زمان: شهریور ماه ۱۴۰۳

مقایسه دو روش تیمار با باریکه الکترون و پرتودهی گاما بر روی تغییرات بار میکروبی و حفظ رنگدانه‌های زعفران ایرانی

چکیده

زعفران یکی از با ارزش‌ترین محصولات با خواص دارویی است. به علت دارا بودن ارزش اقتصادی و کاربردهای بیشمار این گیاه، تحقیقات زیادی در جهت بالابردن سطح کیفیت و افزایش ماندگاری خواص کیفی زعفران انجام می شود. تغییرات جمعیت میکروبی (تعداد کل بار میکروبی، آلودگی کپک و مخمر و کلیفرم) ، قدرت معطر و قدرت رنگی زعفران پس از پرتودهی گاما و الکترون در دزهای مختلف ۱، ۲، ۳، ۴، و ۵ کیلوگری (لازم برای ضدعفونی میکروبی) مورد بررسی قرار گرفت.همچنین نمونه پرتوندیده(شاهد) هم برای این آزمایش در نظر گرفته شد. علاوه بر بحث کنترل و از بین بردن بار میکروبی در زعفران، حفظ و بالا بردن رنگدانه‌های اصلی نیز اهمیت بسیار زیادی داشت. رنگدانه‌های اصلی زعفران که با نام های کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بوده است و هر کدام به ترتیب مسئول رنگدهی، طعم(مزه) و عطر زعفران می‌باشند. پس از انجام آزمایشات مشاهده شد که در دزهای ۲ کیلوگری برای تابش گاما و دز ۳ کیلوگری برای تیمار باریکه الکترون، جمعیت میکروبی که شامل کپک ها و مخمرها می‌باشد را می‌توان حذف شده در نظر گرفت و این امر می‌تواند باعث تاخیر در فساد و افزایش ماندگاری زعفران می شود. افزایش ماندگاری در زعفران ایرانی و همچنین حفظ خواص کیفی زعفران از عوامل بسیار مهم برای استفاده از فناوری پرتودهی برای آلودگی زدایی می‌باشد.

کلمات کلیدی: زعفران، پرتودهی‌گاما، تیمار با باریکه الکترون، کروسین، پیکروکروسین، سافرانال

مقدمه

زعفران قدمتی ۴۰۰۰ ساله دارد که از گذشته نیز کاربرد اصلی آن در طب سنتی و به عنوان یک عامل مقوی و داروی ضد افسردگی معرفی شد(شکرپور و همکاران ۲۰۱۹).زعفران (Crocus sativus L)، گونه‌ای متمایز در خانواده زنبق (Iridaceae) می‌باشد. این گیاه از جمله مهم‌ترین موارد تاثیرگذار در اقتصاد کشور بوده که از کلاله های خشک شده زعفران به دست می‌آید و به طور گسترده‌ای به عنوان یک ادویه رنگی و طعم دهنده بسیار مهم استفاده می‌شود(گارسیارودگرز و همکاران ۲۰۱۷).

این محصول در صنایع دارویی و صنایع لوازم آرایشی کابرد های بسیار زیادی را دارد. ایران تقریباً صادرات ۹۰ درصد از کل تولید جهانی زعفران را بر عهده دارد و انتظار می‌رود بازار زعفران در دوره پیش بینی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۷ با رشد ۱۲,۰۹درصدی روبرو شود. این گیاه دارویی بسیار کم نظیری دارد و از جمله این خواص می توان به محافظت عصبی آن در زمینه بیماری های چشمی، مهار رادیکال های آزاد و ظرفیت های سم‌زدایی در بدن اشاره کرد(کاردون و همکاران ۲۰۲۰).

تا سال ها پیش تصور بر این بود که گلبرگ های زعفران کارایی خاصی ندارند در صورتی تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که گلبرگ‌های زعفران، که قبلاً به عنوان ضایعات در نظر گرفته می‌شدند، دارای مواد با ارزش بالقوه برای صنایع غذایی و دارویی هستند.(کوتاری و همکاران ۲۰۲۱). از موارد مهم در خاص کردن این ادویه می توان به وجود تعداد زیاد ترکیبات شیمیایی موجود در زعفران (کروستین، پیکروکروسین، سافرانال، کامفرول ها و ...) اشاره کرد که همین موارد به عنوان رنگدانه های اصلی در ترکیب زعفران موجود شد.(آویلا سوسا و همکاران ۲۰۲۲). زعفران جز محدود گیاهانی می‌باشد که ضایعات ، گلبرگ ها و ... آن نیز بسیار پرکاربرد بوده و در جهت حفظ محیط زیست استفاده می شود. از جدید ترین کاربردهای گلبرگ های زعفران می توان به عنوان جاذب زیستی برای حذف یون های سرب مضر از فاضلاب عمل کرده و بر اساس زمان جذب (۹ دقیقه تا به تعادل برسد) و عملکرد عالی، مناسب است(خوشسنگ و همکاران ۲۰۱۸). در پژوهشی با استفاده از پرتودهی الکترون و گاما تلاش کردند تا بهبود آنتی اکسیدانی عصاره گلبرگ زعفران را ایجاد نمایند. پرتودهی در دز های ۵، ۱۰ و ۳۵ کیلوگری انجام شد که در نتیجه آن دز ۳۵ کیلوگری به ترکیبات زیست فعال آسیب وارد نمود و دز ۵ کیلو گری سبب افزایش راندمان در خواص آنتی اکسیدانی شد(حیدیه و همکاران ۲۰۲۳). در پژوهش دیگری با استفاده از پرتودهی گاما و استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا[1]تاثیر این پرتودهی بر روی ترکیبات زیست فعال و رنگدانه ها انجام شد. زعفران ۱۶ منطقه در ایران را مورد بررسی قرار دادند و در دز ۴ کیلوگری تمامی باکتری های و قارچ ها را حذف کرده و بیشترین مقدار کروسین، پیکرو کروسین و سافرانال در زعفران قائنات مشاهده شد(سیحون و همکاران ۲۰۱۶). در مطالعه دیگری پودر زعفران که خاصیت دارویی بسیار بالایی دارد مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی پس از پرتودهی با گاما (به توسط چشمه $^{60}_{27}Co$) هیچ گونه تغییر که باعث مسمویت یا ورود یک سم به بدن انسان شود را مشاهده نکردند. علاوه بر این موضوع توانستند مایکوتوکسین را کاملا از بین ببرند و به عبارتی زعفران را از هر گونه آلودگی مضر پاک کنند(لوو و همکاران ۲۰۱۸).

در پژوهش دیگر نیز با روش متفاوتی تحت عنوان پلاسمای تخلیه تابان تلاش شد بار میکروبی رعفران را از بین برده و به علت داشتن تاثیرات مخرب فیزیکی کمتر از آن استفاده شد. در این تحقیق در زمان های ۱،۲،۳،۶،۱۰ و ۱۵ دقیقه زعفران آلوده به کلی‌فرم[2]را و در هر آزمایش ۱۰گرم از ماده زعفران را در فاصله ۲ سانتی‌متری قرار دادند و باعث کاهش آلودگی میکروبی در زعفران شدند(بختیاری و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به پیشینه پژوهش های انجام شده در راستای پرتودهی مواد غذایی با روش پرتودهی گاما و تیمار با باریکه الکترون برای زعفران ایرانی در دز های ۱ تا ۵ کیلوگری انجام شد و سپس بار میکروبی و رنگدانه‌های اصلی در سه

---

[1] HPLC (**High Performance Liquid Chromatography**)

[2] کلی‌فرم‌ها باکتری‌هایی هستند که معمولاً به عنوان شاخص کیفیت بهداشتی بودن غذاها و آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

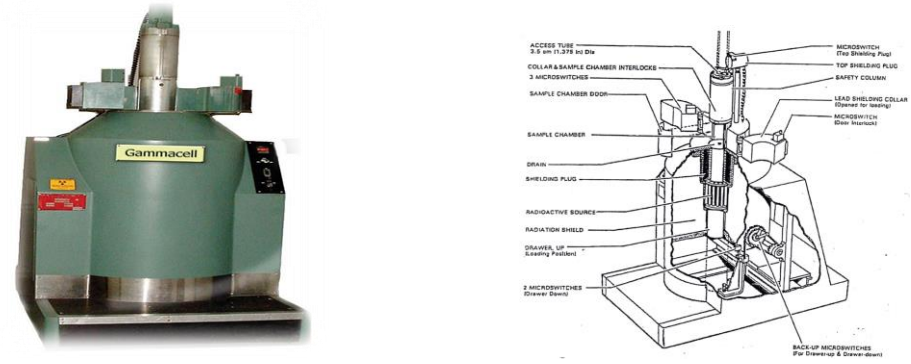
بازه زمانی بالافاصله پس از پرتودهی، شش ماه و دوازده ماه انبار داری بررسی و مقایسه شد. در این مقاله نتایج بررسی پس از پرتودهی به منظور تعیین دز موثر هدف اصلی این پژوهش کنترل بار میکروبی و حفظ رنگدانه‌های اصلی زعفران بود. داده هایی که از تیمار با باریکه الکترون برای زعفران در پژوهش های مختلف دیده شده نشان‌گر این است که در دزهای زیر ۵ کیلوگری باید بررسی‌های دقیق‌تری انجام گیرد و شاید بتوان دز مناسب‌تر برای باریکه الکترون را پیدا نمود. در این پژوهش تیمار با پرتو گاما و با باریکه الکترون برای رفع آلودگی از زعفران و حفظ کیفیت و رنگدانه های اصلی مورد بررسی و مقایسه دقیق‌تر قرار گرفته و در ادامه در بازه های زمانی شش و داوازده ماه نیز مقیاسه خواهند شد.

مواد و روش ها

نمونه زعفران به مقدار۱۶۸ گرم تهیه و به دو گروه نمونه و شاهد تقسیم شد. (نمونه های ۲ گرمی با تقریب ۰/۰۰۱ گرم مطابق با استاندارد ملی ۳۶۵۹) نمونه های شاهد ما در ۴ نمونه ۲ گرمی و نمونه های پرتودهی گاما و باریکه الکترون ما در ۴۰ نمونه ۲ گرمی (برای هر کدام از نوع پرتودهی ها به صورت جداگانه) تقسیم بندی شده اند. نمونه های ۲گرمی با سه تکرار برای هر دامنه دز (۱و۲و۳و۴و۵ کیلوگری) هم برای پرتوتابی با پرتو گاما و هم برای تیمار با باریکه الکترون (برای هر کدام از پرتودهی ها به صورت جداگانه) تقسیم بندی شدند. رطوبت زعفران بر طبق استاندارد ملی به شماره ۲-۲۵۹ تنظیم گردید. عصاره زعفران تیمار نشده و تیمار شده طبق روش گزارش شده توسط بودرات و شوتیپروک[۳] (۲۰۰۹) به دست آمد. ترازوی دیجیتال با دقت ۰,۰۰۱گرم، اتوکلاو ،انکوباتور، آون، بن ماری (حمام آب داغ)، شیکر (lab Tron LS100) ، همزن مغناطیسی (MR3001K-Hadolph)، اسپکتروفتومتر (S2000UV/Vis-WPA)، سانتریفیوژ، ارلن، لوله فالکون ۱۰ و ۵ ، لوازم شیشه ای همچون استوانه مدرج، پیپت ، بالن ژوژه و بشر، گاماسل NORDION GC_ 220 ، نیتروآنیلین، استونیتریل و متانول ، دستگاه HPLC، خشک کن (دسیکاتور)، محیط های کشت مایع آب پپتونه ، محیط کشت PCA، محیط کشت YGC ، محیط کشت VRB ، محیط کشت مایع EC، محیط کشت ENDO در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور بررسی بارمیکروبی برای نمونه شاهد و هریک از تیمارها ابتدا سریال رقت از نمونه‌های زعفران تهیه شد. بعد از آن یک گرم زعفران با استفاده از هاون چینی در محیط استریل بطور کامل آسیاب شده و سپس به فالکونهای استریل منتقل و با ۹میلی لیتر آب مقطر استریل مخلوط شد و سپس در رقت های 10^{-1} و 10^{-2} مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل ترکیبات فنلی توسط آماده سازی عصاره برای تجزیه و تحلیل کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا طبق روش بورگو[۴] و همکاران انجام شد(برجو و همکاران۲۰۰۸). پرتوتابی با پرتوگامابه وسیله دستگاه پرتو دهنده گاماسل ۲۲۰ که به اصطلاح "پرتودهنده درون کار خشک" دارای چشمه میله ای کبالت ۶۰ به مدل C-198 انجام شد. نمونه ها را جهت انجام آزمایش در بسته بندی هایی به وزن ۲ گرم در گاماسل ۲۲۰ و در دز های ۰،۱،۲،۳،۴و۵ کیلو گری با نرخ ۲/۵۶گری بر ثانیه و قدرت منبع ۱۸ کیلوکوری در بسته‌های پلی اتیلنی با درجه مواد غذایی پرتودهی انجام داده شد.

---

[۳] Budrat & Shotipruk
[۴] Bourgou



شکل ۱ . شمای فنی و تصویری دستگاه گاما‌ی درون کار خشک(گاماسل ۲۲۰)

شتابدهنده‌های الکترون‌دستگاهایی هستند که الکترون‌های تولید شده بوسیله یک تفنگ الکترونی را درمحیط خلاء و در یک میدان قوی الکتریکی شتاب داده و در نهایت بوسیله یک میدان مغناطیسی نوسان کننده بر روی هدف مورد نظر می‌تابند. پرتودهی الکترون با استفاده از شتابدهنده الکترونی رودوترون TT200 (انرژی بین ۵ تا ۱۰ میلیون الکترون ولت و توان باریکه ۱۰۰ کیلو وات انجام شد. سرعت خطی نقاله این شتابدهنده ۸۱۴ سانتی متر بر دقیقه که متناظر با آن ۱۲۲۳ دور بر دقیقه را طی می کند(پور صالح و همکاران۲۰۱۵). هر دور این شتابدهنده میزان ۱ کیلوگری دز را به ماده پرتودیده می دهد که طبیعتا برای ۳ کیلو گری و یا بیشتر باید تعداد دور بالاتری را انجام دهد.آزمایش در دز های ۰،۱،۲،۳،۴و۵ کیلو گری و هر کدام ۳ تکرار مورد آزمایش قرار گرفت.

شکل ۲ . شتابدهنده باریکه الکترون واقع در مرکز پرتوفرآیند یزد

در این پژوهش همه آزمایش ها با سه تکرار انجام و داده ها در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۶)به تحلیل واریانس با میانگین‌ها با آزمون دانکن و آزمون دانکن ($p<۰/۰۵$) مقایسه گردید و نتایج در نهایت به صورت نمودار نمایش داده شد.

بحث و نتایج

سه ترکیب اصلی فعال شناخته شده بر زعفران کروسین، پیکروکروسین و سافرانال هستند که در این بخش مورد بررسی قرار داده شد(رجبی و همکاران ۲۰۱۵).یکی از چالش های این گیاه بحث آلودگی میکروبی آن می باشد که در نتیجه این آلودگی میکروبی باعث فساد زودرس این گیاه با ارزش شده و ضرر اقتصادی بسیار زیادی را در پی خواهد داشت. پس از پرتودهی این گیاه با پرتودهی گاما و الکترون تمام بار میکروبی را از بین برده و میزان هر کدام از این کمیت های میکروبی به صفر رسید. جدول زیر تمامی پارامتر های میکروبی را در دز های پرتودهی از ۱ تا ۵ کیلو گری و نمونه شاهد را نمایش می دهد.

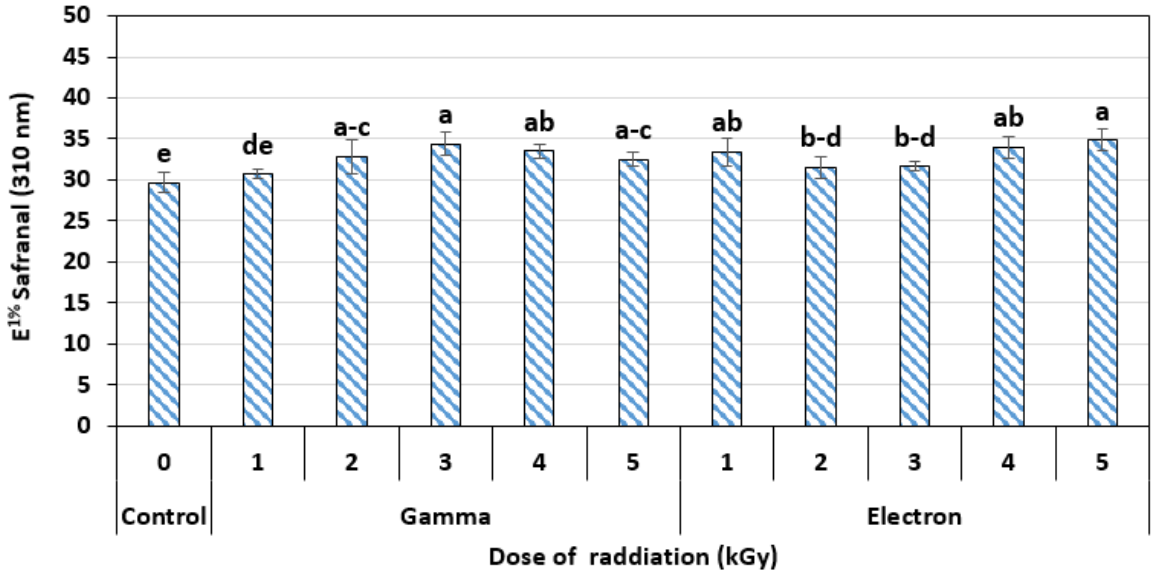
جدول۱. نتایج آلودگی زدایی میکروبی با استفاده از دوزهای مختلف پرتوتابی گاما و الکترون بر روی نمونه های زعفران

Microbial population	Dose (kGy)	Radiation treatment	
		Gamma	E-beam
Total count	0	$1.48^{a} \times 10^{4}$	1.48×10^{4}
	1	$5.39^{b} \times 10^{2}$	1.06×10^{3}
	2	N.D. *^{c}	1.45×10^{2}
	3	N.D. ^{c}	N.D. ^{c}
	4	N.D. ^{c}	N.D. ^{c}
	5	N.D. ^{c}	N.D. ^{c}
Yeast & mold	0	$5.15^{a} \times 10^{2}$	$5.15^{a} \times 10^{2}$
	1	N.D. ^{b}	$1.21^{b} \times 10^{1}$
	2	N.D. ^{b}	N.D. ^{c}
	3	N.D. ^{b}	N.D. ^{c}
	4	N.D. ^{b}	N.D. ^{c}
	5	N.D. ^{b}	N.D. ^{c}
Total coliform	0	$9.09a \times 10^{1}$	$9.09a \times 10^{1}$
	1	N.D. ^{b}	N.D. ^{b}
	2	N.D. ^{b}	N.D. ^{b}
	3	N.D. ^{b}	N.D. ^{b}
	4	N.D. ^{b}	N.D. ^{b}
	5	N.D. ^{b}	N.D. ^{b}

پس از پرتودهی تمام تیمارهای با پرتو گاما منجر به عدم وجود قارچ و مخمر در نمونه های زعفران شد و هیچ جمعیت میکروبی در دزهای بالاتر از ۲ کیلوگری رشد نکرد. همچنین جمعیت میکروبی تحت تأثیر قابل توجه تشعشع الکترونی قرار گرفت و شمارش

کل جمعیت میکروبی در تمام دزهای پرتودهی صفر بود. کمیت سافرانال، کروسین و پیکروکروسین جز کمیت های اصلی به شمار می‌آیند. این کمیت ها در ابتدا مورد بررسی قرار گرفته شد و نتایج زیر حاصل شد. در این بخش پس از تنظیم نمونه شاهد و نمونه ها جهت ۳ تکرار برای پرتودهی گاما و باریکه الکترون، پرتودهی انجام شد. میانگین ۳ تکرار محاسبه گردید و برای هر یک از پارامتر ها در نموداری جداگانه ترسیم شد. پرتودهی ها از دز ۱ کیلوگری تا ۵ کیلوگری برای گاما و الکترون انجام شد.

سافرانال[۵] اسانس فرار زعفران و مسئول بو و عطر آن است که در اثر جدا شدن قند از پیکروکروسین تولید می‌شود. تیمار با پرتو گاما و الکترون، دارای تفاوت معنی‌دار نمونه‌ها با نمونه شاهد پیرامون بحث مقایسه کمیت سافرانال شد.



شکل ۳. مقایسه میانگین محتوای سافرانل زعفران تحت تیمار با پرتو گاما و الکترون در مقایسه با نمونه شاهد(پرتو ندیده)

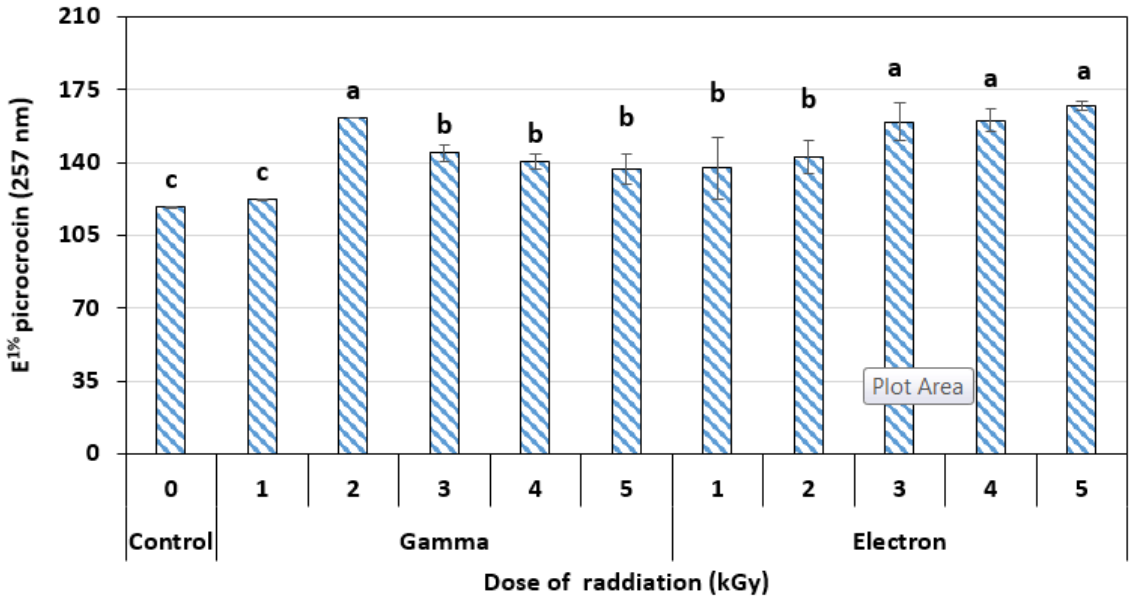
کمیت سافرانال که مسئولیت عطر و بوی زعفران را برعهده دارد یکی از بهترین عوامل جهت فروش بیشتر و فوق العاده زعفران می باشد. این کمیت به قدری مهم است که می توانیم افزایش مقدار آن ضمن افزایش ماندگاری زعفران را یک ارزش تلقی کرده و پرتودهی در این بخش را روشی موثر بدانیم. همانطور که در نمودار ۱ دیده شد میزان سافرانال نه تنها پس از پرتودهی کاهش پیدا نکرده است بلکه افزایش نسبتا چشم‌گیری داشته است.

پس از سافرانال نوبت به عوامل رنگدهی یعنی کروسین و پیکرو کروسین، می‌رسد. این دو کمیت پارامتر های بسیار موثری در بحث

---

۵ Safranal

طعم و رنگ زعفران می‌باشند. طعم تلخ زعفران مربوط به پیکروکروسین[۶] که فاقد رنگ است، می باشد. در نمودار زیر پس از پرتودهی میزان رشد این پارامتر مورد بررسی قرار داده شد. همان طور که در نمودار زیر مشاهده می‌کنید رشد میزان محتوای پیکروکروسین در تمامی دزها از نمونه شاهد(پرتوندیده) بسیار بالاتر می‌باشد.

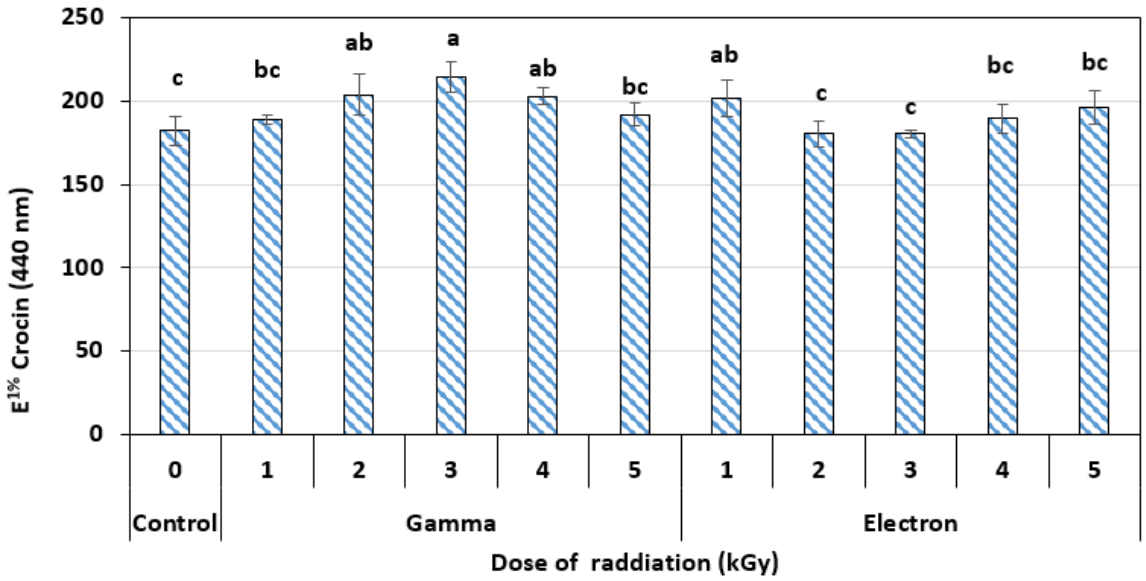


شکل ۴ . مقایسه میانگین محتوای پیکروکروسین زعفران تحت تیمار با پرتو گاما و الکترون در مقایسه با نمونه شاهد(پرتو ندیده)

پس از پیکرو کروسین نوبت به کمیت اصلی برای رنگ زعفران می‌باشد. کروسین[۷] عمده‌ترین ترکیب ایجاد کننده رنگ در زعفران است. به طورکلی در دزهای مؤثر اشاره شده مقدار کروسین در همه نسبت به نمونه شاهد (پرتو ندیده) افزایش داشت. پرتودهی گاما در نمونه‌های زعفران منجر به افزایش قدرت رنگ‌دهی (کروسین) نمونه‌ها شد که در نمودار زیر نمایش داده شده است. همانطوری که در نمودار زیر مشاهده می‌کنید در پرتودهی گاما ما میزان رشد بیشتر کروسین را نسبت به پرتودهی الکترون داشته ایم. این امر سبب می‌شود پرتودهی گاما بسیار موثرتر برای افزایش پارامتر اصلی کروسین در زعفران تلقی شود.

---

[۶] Picrocrocin
[۷] Crocin



شکل ۵ . مقایسه میانگین محتوای کروسین زعفران تحت تیمار با پرتو گاما و الکترون در مقایسه با نمونه شاهد(پرتو ندیده)

سامانه های پرتودهی در کشور نقش به سزایی در حفظ کیفیت و افزایش کاندکاری و انبارش محصولات کشاورزی و افزایش صادرات این محصولات دارند. این سامانه ها در حال حاظر در کشور ما نیز احداث شده و زمینه ساز بسیار مطلوبی در جهت افزایش صادرات می باشد. نقش پرتودهی در افزایش صادرات زعفران بسیار موثر است. در یک پژوهشی اتیلن اکساید را با روش پرتودهی مقایسه کرده و پس از رد این ماده سمی به جهت سرطان‌زا بودن پرتودهی را از چهار جهت ایمنی رادیولوژیکی، سم شناسی، بار میکروبی و حفظ ارزش غذایی مورد بررسی قرار دادند. نتیجه آن طبق استاندارد ملی زعفران ایرانی[۸] نشان داد که زعفران پرتودهی شده با پرتو گاما در سطح زعفران ممتاز بوده و تمام رنگدانه های اصلی شاخصه های برتر جهانی را پس از پرتودهی داشته‌اند(انوشیروانی و همکاران۲۰۱۸) در این پژوهش نیز مشخص شد پس از پرتودهی، آلودگی میکروبی در تیمار با دز ۲ کیلوگری پرتو گاما و دز ۳ کیلو گری باریکه الکترون، به طور کامل برطرف شده است و سامانه های مورد استفاده در این تحقیق با توصیه دز ۲ کیلو گری به منظور آلودگی زدایی و حفظ پارامتر های اصلی رنگدانه ها در زعفران قابل توصیه می‌باشند. درگام بعدی این پژوهش کلیه شاخص های میکروبی و کیفی زعفران پس از شش و دوازده ماه انبارداری بررسی و در نهایت دستورالعمل پرتوفرآوری زعفران با سامانه های پرتودهی موجود در سازمان انرژی اتمی(شرکت توسعه کاربرد پرتوها)، به منظور حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارش پیشنهاد خواهد شد.

[۸] استاندارد ۲-۲۵۹ و استاندارد بین المللی ISO3632-2

مراجع

García-Rodríguez, M.V., López-Córcoles, H., Alonso, G.L., Pappas, C.S., Polissiou, M.G., & Tarantilis, P.A. (2017). Comparative evaluation of an ISO 3632 method and an HPLC-DAD method for safranal quantity determination in saffron. *Food Chem,* 221: 838-43 https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.08 9

Rajabi, H., Ghorbani, M., Jafari, S.M., Mahoonak, A.S., and Rajabzadeh, G. 2015. Retention of saffron bioactive components by spray drying encapsulation using maltodextrin, gum Arabic and gelatin as wall materials. Food Hydrocolloids 51: 327-337.

Shokrpour, M., 2019. Sa*ff*ron (Crocus sativus L.) breeding: opportunities and challenges. In: Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (Eds.), Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops. Springer, Cham, pp. 675–706.

L. Cardone, D. Castronuovo, M. Perniola, N. Cicco, V. Candido, Scientia Horticulturae Saffron (Crocus sativusL.), the king of spices : An overview, 272 (2020). https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109560.

D. Kothari, R. Thakur, R. Kumar, Saffron (Crocus sativus L.): gold of the spices—a comprehensive review, Hortic. Environ. Biotechnol. (2021). https://doi.org/10.1007/s13580-021-00349-8.

R. Avila-sosa, G. Virginia, C.E. Ochoa-velasco, A.R. Navarro-cruz, P. Hern, T. Soledad, Detection of Saffron ' s Main Bioactive Compounds and Their Relationship with Commercial Quality, (2022) 1–27.

H. Khoshsang, A. Ghaffarinejad, SC, Biochem. Pharmacol. (2018). https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.09.020

M. Heidarieh, M. Parsaeimehr, N. Sheikhzadeh, Use of gamma radiation for the antioxidant improvement of saffron [Crocus sativus] petal extract, Radiochim. Acta. 111 (2023) 919–926. https://doi.org/10.1515/ract-2023-0188

D. Luo, S. Zhao, Y. Tang, Q. Wang, H. Liu, S. Ma, Analysis of the Effect of 60 Co- γ Irradiation Sterilization Technology on the Chemical Composition of Saffron Using UPLC and UPLC / Q-TOF-MS, (2018).

Budrat, P., & Shotipruk, A. (2009). Enhanced recovery of phenolic compounds from bitter melon (momordica charantia) by subcritical water extraction. Separation and Purification Technology, 66, 125-129. http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2008.11.014

Bourgou, Soumaya, et al. "Phenolic composition and biological activities of Tunisian Nigella sativa L. shoots and roots." *Comptes Rendus Biologies* 331.1 (2008): 48-55.

ع.م .پورصالح ,ح .خلفی ,س .حاصل طلب ,م .مرتضوی ,س .موسوی ,ف .قاسمی ,ک .جوکار ,ا .جمهوری ,طراحی و ساخت نخستین شتاب دهنده پرقدرت صنعتی الکترون ساخت ایران (۱۳۹۴)

بختیاری رمضانی، مهدیه و نوحه خوان، مجتبی و نعیم آبادی، ابوتراب و عسکری، حامد و شهبازی، سمیرا،۱۳۹۸،کاهش آلودگیمیکروبی زعفران با استفاده از پلاسمای تخلیه تابان،پنجمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در کشاورزی و منابع طبیعی،یزد

انوشیروانی، مسعود و عطایی، سیدسعید و درافشان، علی،۱۳۹۷،نقش فرآیند پرتودهی در جهت افزایش صادرات زعفران،پنجمین همایش ملی زعفران،تربت حیدریه

سیحون مرضیه، برزگر محسن، سحری محمدعلی. بررسی اثرات پرتو گاما بر ترکیبات زیست فعال, رنگ و بار میکروبی زعفران‌مجله علوم و فنون هسته ای(1395)، شماره ۷۶ ، صفحات ۱۶- ۲۵