

## راهکارهای کاهش تلفات گل زعفران پس از برداشت با تأکید بر نگهداری در سردخانه

### Solutions for Reducing Post-Harvest Losses of Saffron Flowers with Emphasis on Cold Storage

الهام آذرپژوه<sup>۱\*</sup>، پروین شرایعی<sup>۱</sup>، عمار شجاعی<sup>۲</sup>

۱. دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، (نگارنده مسئول)
۲. دانشجوی دکتری آگرو تکنولوژی - کارشناس مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان زاوه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵ - شناسانه برنمود رقمی:

#### چکیده

آذرپژوه، ا. شرایعی، پ. شجاعی، ع. راهکارهای کاهش تلفات گل زعفران پس از برداشت با تأکید بر نگهداری در سردخانه  
نشریه ترویجی زعفران و گیاهان داروئی، دوره ۶- شماره ۱- پیاپی ۸- بهار و تابستان ۱۴۰۵ صفحه: ۱۳-۰۱

زعفران به عنوان یکی از مهم ترین محصولات راهبردی و صادراتی کشور، نقش چشمگیری در اقتصاد کشاورزی، اشتغال زایی و توسعه مناطق روستایی ایفا می کند. کیفیت زعفران خشک به طور مستقیم تحت تأثیر شرایط برداشت، نگهداری و فرآوری گل زعفران قرار دارد. کوتاه بودن دوره گل دهی، حجم بالای گل در زمان برداشت و محدودیت نیروی انسانی برای جداسازی و خشک کردن کلاله ها موجب می شود بخشی از گل ها ناگزیر برای مدتی نگهداری شوند. نگهداری غیراصولی گل زعفران، به ویژه در دمای محیط و در شرایط انباشت نامناسب، می تواند سبب افت وزنی، کاهش رطوبت، افت ویژگی های کیفی و افزایش آلودگی میکروبی زعفران خشک شود. این مقاله بر پایه نتایج یک پروژه تحقیقی - ترویجی، با هدف افزایش ماندگاری گل زعفران، کاهش تلفات پس از برداشت و حفظ کیفیت نهایی محصول تدوین شده است. در این مطالعه، گل های زعفران در مراحل غنچه و نیمه باز برداشت و در سبدهای پلاستیکی با ابعاد ۷۰×۵۰ سانتی متر و ضخامت انباشت ۱۰ سانتی متر قرار داده شدند. تیمار ترویجی شامل نگهداری گل به مدت ۱۰ روز در شرایط سردخانه ای (دمای ۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۸ درصد) بود و تیمار سنتی نگهداری گل در دمای محیط را شامل می شد. در طول دوره نگهداری، درصد افت وزنی و رطوبت گل تازه اندازه گیری و با نمونه شاهد (گل تازه بلافاصله پس از برداشت) مقایسه شد. پس از جداسازی کلاله از خامه، آزمون های شیمیایی شامل قدرت رنگ دهی، عطر و طعم و نیز آزمون های میکروبی بر روی زعفران استحصالی انجام گرفت و نتایج با زعفران بدست آمده از گل بلافاصله پس از برداشت مقایسه شد. نتایج نشان داد نگهداری گل زعفران در سردخانه در مقایسه با روش سنتی، موجب کاهش معنی دار افت وزنی، حفظ رطوبت اولیه گل، پایداری ویژگی های کیفی کلاله و کنترل بار میکروبی می شود. بر این اساس، نگهداری سردخانه ای به عنوان راهکاری عملی، کم هزینه و قابل اجرا برای کاهش ضایعات پس از برداشت و ارتقای کیفیت زعفران خشک، به بهره برداران و مراکز فرآوری توصیه می شود.

واژه های کلیدی: آلودگی میکروبی، تلفات پس از برداشت، کیفیت زعفران، گل زعفران، نگهداری سردخانه ای

## بیان مسئله

زعفران (*Crocus sativus L*) به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی جهان، نقشی تعیین‌کننده در اقتصاد کشاورزی، اشتغال‌زایی و ارزآوری کشور دارد. بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، سطح زیر کشت زعفران در کشور حدود ۱۲۰ هزار هکتار و میزان تولید زعفران خشک حدود ۳۵۰ تن گزارش شده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۳-۱۴۰۲). با در نظر گرفتن نسبت تقریبی ۸۰ کیلوگرم گل برای تولید یک کیلوگرم زعفران خشک، حجم گل تولیدی سالانه بسیار قابل توجه بوده و در حدود ۳۰ هزار تن برآورد می‌شود. چنانچه تنها ۱۰ درصد از این مقدار به ضایعات اختصاص یابد، سالانه نزدیک به ۳ هزار تن گل از چرخه تولید خارج می‌شود. این حجم عظیم گل در یک بازه زمانی کوتاه و فشرده در فصل برداشت تولید می‌گردد و فشار قابل توجهی بر مراحل برداشت، حمل‌ونقل، نگهداری و فرآوری وارد می‌سازد؛ از این رو حتی ضایعات اندک در این مرحله، به دلیل مقیاس بالای تولید، می‌تواند پیامدهای اقتصادی معناداری به همراه داشته باشد.

گل زعفران دارای عمر فیزیولوژیکی بسیار کوتاه است و در شرایط معمول، حداکثر زمان نگهداری آن حدود ۴۸ ساعت گزارش می‌شود. تمرکز زمانی برداشت، هم‌زمان با کمبود نیروی انسانی ماهر برای پاک‌کنی و محدودیت امکانات فرآوری، موجب می‌شود بخشی از گل‌ها ناگزیر برای مدتی نگهداری یا به مناطق دیگر منتقل شوند. در نبود زیرساخت

مناسب نگهداری، کیفیت گل به سرعت افت کرده و افزایش فعالیت‌های متابولیکی، کاهش رطوبت، پژمردگی و افزایش بار میکروبی رخ می‌دهد؛ فرآیندهایی که در نهایت می‌تواند کیفیت شیمیایی و بهداشتی زعفران خشک را تحت تأثیر قرار دهد. در شیوه‌های سنتی، نگهداری گل زعفران غالباً در دمای محیط و به صورت انباشته انجام می‌شود؛ شرایطی که با افزایش تنفس و تسریع پیری گل همراه بوده و می‌تواند به قهوه‌ای شدن کلاله و افت کیفیت ظاهری و شیمیایی محصول نهایی منجر شود. از سوی دیگر، فشار زمانی برای جلوگیری از افت محصول، کشاورزان را به کار در ساعات طولانی، فروش زودهنگام گل به واسطه‌ها و پذیرش قیمت‌هایی کمتر از ارزش واقعی محصول سوق می‌دهد و پیامدهای اقتصادی-اجتماعی قابل توجهی ایجاد می‌کند (آذرپژوه و شرایعی، ۱۳۷۸).

بنابراین، با توجه به سطح گسترده زیر کشت زعفران و حساسیت زیاد گل به شرایط نگهداری، تدوین و ترویج راهکارهای علمی و اجرایی برای نگهداری صحیح گل زعفران پس از برداشت به منظور افزایش زمان ماندگاری، کاهش ضایعات و حفظ کیفیت نهایی محصول، یک ضرورت فنی، اقتصادی و اجتماعی در زنجیره تولید زعفران کشور محسوب می‌شود.

## معرفی دستاورد

در این پروژه تحقیقی-ترویجی، با هدف ارائه راهکارهای عملی و قابل اجرا برای نگهداری گل زعفران پس از برداشت، گل‌ها از مزارع

روش طیف‌سنجی فرابنفش-مرئی اندازه‌گیری شد. در بخش میکروبی، شمارش کپک و مخمر به روش کشت سطحی و با استفاده از محیط کشت PDA انجام گرفت و برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی از روش کشت آمیخته استفاده شد. نتایج میکروبی به صورت لگاریتم تعداد واحد تشکیل کلنی در هر گرم زعفران (log CFU/g) گزارش گردید.

نتایج نشان داد نگهداری گل زعفران در شرایط سردخانه‌ای، در مقایسه با نگهداری در دمای محیط، موجب کاهش معنی‌دار افت وزنی و حفظ رطوبت اولیه گل شد (اشکال ۳ و ۴). بر اساس یافته‌ها، نگهداری گل زعفران در شرایط محیطی طی تنها ۳ روز منجر به کاهش حدود ۵/۷ درصدی وزن گل گردید، در حالی که نگهداری در سردخانه حتی پس از ۷ روز افت وزنی کمتر از ۱ درصد را نشان داد. به بیان دیگر، روش سردخانه‌ای حدود ۴/۷ درصد وضعیت بهتری نسبت به نگهداری در شرایط محیطی ایجاد کرده و به‌طور مؤثری از افت کیفیت گل زعفران جلوگیری می‌کند. این نتایج بیانگر کاهش شدت تعرق و کندشدن فرآیندهای متابولیکی گل در دمای پایین است؛ در حالی که در شرایط محیطی، افت سریع وزن گل در مدت زمان کوتاه مشاهده شد. بررسی تغییرات درصد رطوبت گل زعفران نیز تفاوت آشکاری میان دو روش نگهداری نشان داد و مؤید نقش مؤثر نگهداری سردخانه‌ای در حفظ شادابی و کیفیت اولیه گل زعفران است. بر اساس نتایج، درصد رطوبت گل در تیمار سردخانه‌ای طی دوره نگهداری تغییر معنی‌داری نسبت به روز

شهرستان زاوه در مراحل غنچه و نیمه‌باز برداشت شدند. بلافاصله پس از برداشت، گل‌ها در سبدهای پلاستیکی استاندارد با ابعاد ۷۰×۵۰ سانتی‌متر قرار داده شد و ضخامت انباشت گل در هر سبد حدود ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. این شیوه سبدچینی به منظور جلوگیری از لهیدگی گل‌ها، کاهش فشار مکانیکی و تسهیل تبادل هوا میان گل‌ها انتخاب گردید (شکل ۱). در تیمار ترویجی، سبدهای حاوی گل زعفران به سردخانه منتقل و به مدت ۱۰ روز در دمای صفر درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۸ درصد نگهداری شدند (شکل ۲). طی دوره نگهداری، وضعیت ظاهری گل‌ها، میزان رطوبت و بروز علائم فساد به صورت منظم پایش شد. به منظور مقایسه، گل‌های زعفران در سبدهایی با شرایط انباشت مشابه، در دمای محیط (حدود ۲۳ درجه سلسیوس) نگهداری و پس از ۳ روز ارزیابی شدند. در طول دوره نگهداری، درصد افت وزنی و رطوبت گل زعفران تازه اندازه‌گیری و با نمونه شاهد (گل تازه بلافاصله پس از برداشت) مقایسه گردید. اندازه‌گیری درصد رطوبت نمونه‌ها بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۵۱ و با خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس انجام شد. به منظور تولید زعفران پوشال‌نگین، گل‌ها از ناحیه یقه قطع و کلاله سه‌شاخه زعفران از سایر اجزای گل جدا شد؛ سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک گردید. برای تعیین مواد مؤثره زعفران، شاخص‌های پیکروکروسین، سافراناال و کروسین مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۵۹ و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، به



شکل ۱- قرار دادن نمونه در سبد (ارتفاع ۱۰ سانتی متر)



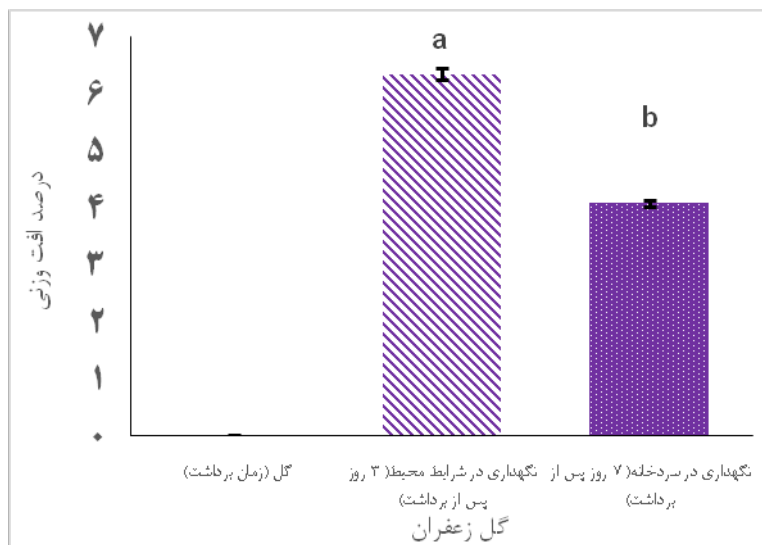
ب: نگهداری نمونه در سردخانه

الف: نمونه نگهداری شده (ستتی) پس از ۳ روز در شرایط محیط

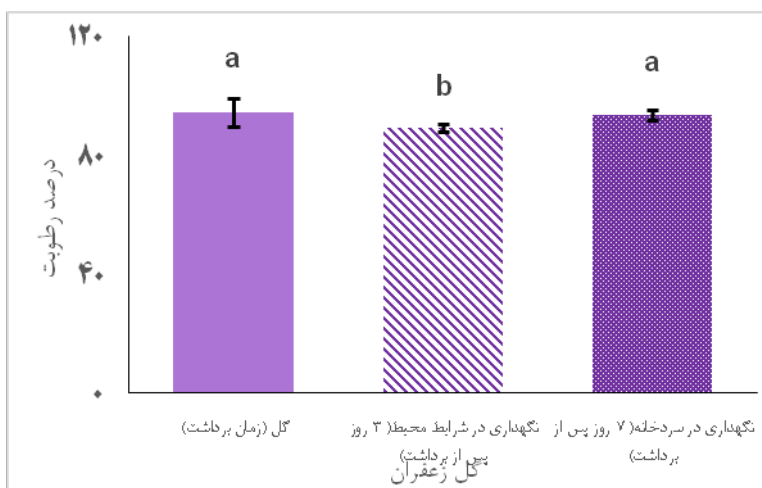
شکل ۲- نمونه های گل نگهداری شده در شرایط محیطی و سردخانه

در مدت کوتاه دچار افت شدید رطوبت می شود. در مقابل، پس از ۷ روز نگهداری در سردخانه، درصد رطوبت گل زعفران برابر با ۹۳/۴۷ درصد اندازه گیری شد که تنها ۰/۸۷ درصد کمتر از رطوبت اولیه در زمان برداشت است. این مقدار معادل کاهش حدود ۰/۹ درصد رطوبت نسبت به زمان برداشت بوده و بیانگر حفظ بسیار مطلوب رطوبت گل در شرایط سردخانه ای است. دمای پایین و رطوبت نسبی بالا در سردخانه باعث کاهش شدت تعرق و کند شدن

برداشت نداشت، اما در نگهداری در شرایط محیطی کاهش شدید رطوبت گل مشاهده شد (شکل ۴). در زمان برداشت، درصد رطوبت گل زعفران برابر با ۹۴/۳۴ درصد بوده است. پس از ۳ روز نگهداری در شرایط محیطی، رطوبت گل به ۸۹ درصد کاهش یافته که بیانگر کاهش ۵/۳۴ درصدی رطوبت است. این مقدار معادل کاهش حدود ۵/۷ درصد نسبت به زمان برداشت بوده و نشان می دهد که در شرایط محیطی، گل زعفران



شکل ۳- درصد افت وزنی گل های تازه زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).



شکل ۴- درصد رطوبت گل های تازه زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

رطوبت گل را حتی پس از ۷ روز در سطحی نزدیک به زمان برداشت حفظ کند. این اختلاف نشان دهنده برتری آشکار روش سردخانه‌ای در حفظ شادابی گل، تسهیل عملیات فرآوری و کاهش ضایعات پس از برداشت است. ارزیابی ویژگی‌های کیفی زعفران

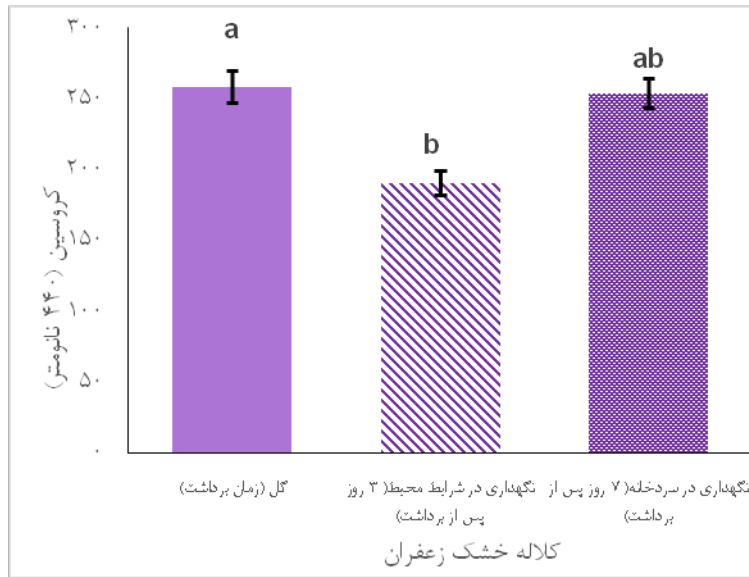
فرآیندهای متابولیکی گل شده و از افت سریع رطوبت جلوگیری می‌کند. در مجموع، مقایسه دو روش نشان می‌دهد که نگهداری گل زعفران در شرایط محیطی حتی در مدت کوتاه ۳ روز، موجب کاهش قابل توجه رطوبت گل می‌شود، در حالی که نگهداری سردخانه‌ای قادر است

خشک حاصل از تیمارهای مختلف نشان داد شاخص‌های اصلی کیفیت شامل قدرت رنگ‌دهی، عطر و طعم در نمونه‌های تولیدشده از گل‌های نگهداری‌شده در سردخانه در محدوده استاندارد باقی ماند؛ در حالی که در زعفران خشک حاصل از نگهداری گل در شرایط محیطی، کاهش معنی‌داری در این شاخص‌ها مشاهده شد (اشکال ۵ تا ۷).

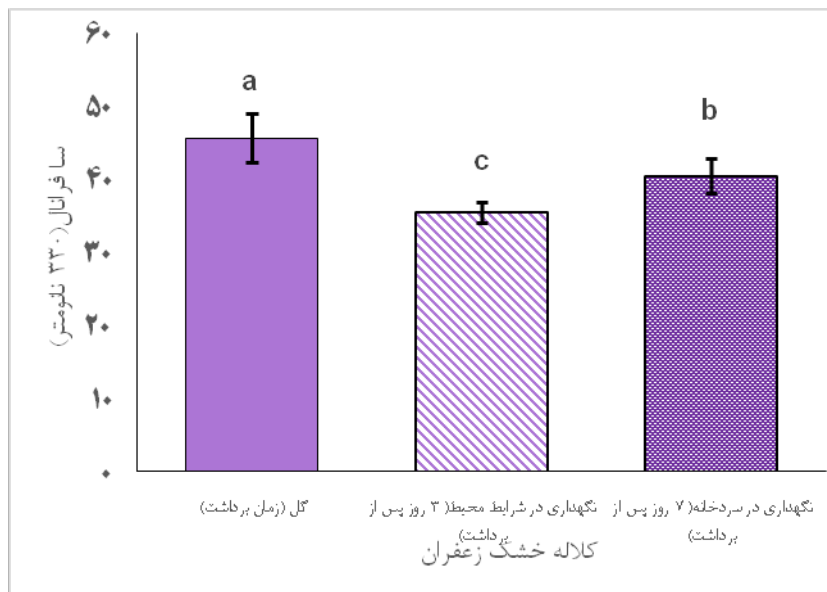
در ارتباط با قدرت رنگ‌دهی، که با شاخص کروسین سنجیده می‌شود، نتایج بیانگر تفاوت آشکار بین دو روش نگهداری است. در نمونه شاهد (گل بلافاصله پس از برداشت)، مقدار کروسین  $258/39$  اندازه‌گیری شد. در زعفران حاصل از نگهداری گل در شرایط محیطی به مدت ۳ روز، مقدار کروسین به  $190/67$  کاهش یافت که نسبت به زعفران استحصالی از گل تازه برداشت شده  $67/7$  واحد کاهش نشان می‌دهد و معادل کاهش حدود  $26/2$  درصدی قدرت رنگ‌دهی است. این افت قابل توجه بیانگر اثر منفی نگهداری در دمای محیط بر پایداری ترکیبات رنگی زعفران است و احتمالاً با کاهش رطوبت گل، افزایش شدت تعرق و تشدید فرآیندهای فیزیولوژیکی طی دوره نگهداری مرتبط می‌باشد. در مقابل، در زعفران حاصل از نگهداری گل در سردخانه به مدت ۷ روز، مقدار کروسین  $253/94$  ثبت شد که تنها  $4/45$  واحد کمتر از شاهد است و معادل کاهش حدود  $1/7$  درصدی نسبت به زمان برداشت محسوب می‌شود. این اختلاف اندک نشان می‌دهد شرایط سردخانه‌ای نقش مؤثری در حفظ ترکیبات رنگ‌دهنده زعفران حتی در

دوره نگهداری طولانی‌تر دارد. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد نگهداری گل زعفران در شرایط محیطی در مدت کوتاه ۳ روز منجر به کاهش شدید قدرت رنگ‌دهی (بیش از ۲۶ درصد) می‌شود، در حالی که روش سردخانه‌ای پس از ۷ روز نیز بیش از ۹۸ درصد کروسین اولیه را حفظ می‌کند. بنابراین، افت کیفیت شیمیایی زعفران در شرایط محیطی به‌طور مستقیم با افت رطوبت و تشدید تنش‌های فیزیولوژیکی گل در دوره نگهداری مرتبط است.

شکل ۶ میزان سافرانال (شاخص عطر زعفران خشک) در تیمارهای مختلف زعفران خشک - شده را نشان می‌دهد. سافرانال یکی از مهم‌ترین ترکیبات معطر زعفران است که نقش اصلی در ایجاد بوی ویژه و مطلوب این محصول دارد و تغییرات آن نشان‌دهنده اثر شرایط نگهداری گل بر کیفیت عطری زعفران خشک است. در نمونه شاهد (گل بلافاصله پس از برداشت)، مقدار سافرانال  $45/64$  اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده بیشترین شدت عطر زعفران است. پس از نگهداری گل در شرایط محیطی به مدت ۳ روز، مقدار سافرانال به  $35/47$  کاهش یافت. این مقدار نسبت به شاهد  $10/17$  واحد کاهش نشان می‌دهد که معادل کاهش حدود  $22/3$  درصدی سافرانال است. این افت قابل توجه بیانگر تأثیر منفی نگهداری گل در دمای محیط بر پایداری ترکیبات معطر زعفران بوده و احتمالاً ناشی از افزایش تعرق، کاهش رطوبت گل و تشدید فرآیندهای فیزیولوژیکی و اکسیداتیو در طی نگهداری است که به کاهش ترکیبات فرّار



شکل ۵- میزان کروسین کالاه خشک زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).



شکل ۶- میزان سافرانال کالاه خشک زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

واحد کمتر از نمونه شاهد بوده و معادل کاهش حدود ۱۱/۴ درصدی نسبت به زمان برداشت است. این اختلاف کمتر نسبت به تیمار محیطی نشان می‌دهد که شرایط سردخانه‌ای، با کاهش

منجر می‌شود.

در مقابل، در زعفران حاصل از نگهداری گل در سردخانه به مدت ۷ روز، مقدار سافرانال ۴۰/۴۵ اندازه‌گیری شد. این مقدار تنها ۵/۱۹

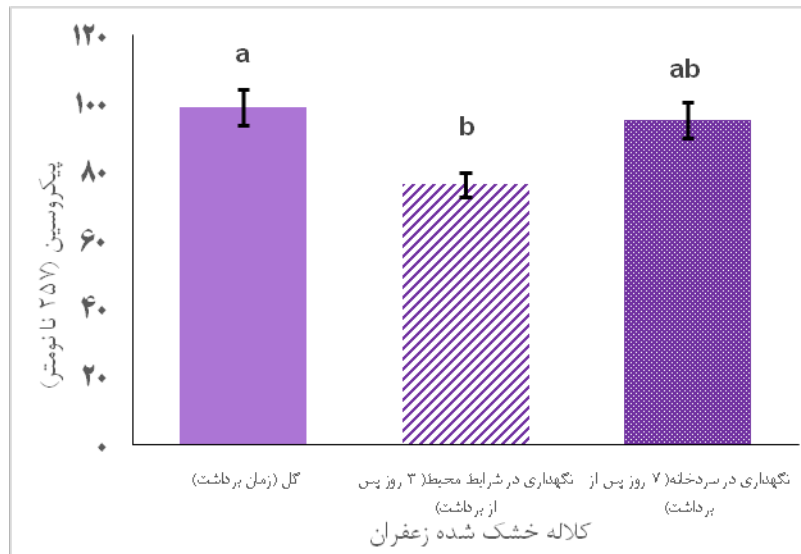
زعفران بوده و احتمالاً ناشی از کاهش رطوبت گل، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و تجزیه تدریجی پیکروکروسین در طی دوره نگهداری است.

در مقابل، در زعفران حاصل از نگهداری گل در سردخانه به مدت ۷ روز، مقدار پیکروکروسین ۹۵/۲۵ اندازه‌گیری شد. این مقدار تنها ۳/۶۲ واحد کمتر از نمونه شاهد بوده و معادل کاهش حدود ۳/۷ درصدی نسبت به زمان برداشت است. این اختلاف اندک نشان می‌دهد که شرایط سردخانه‌ای نقش مؤثری در حفظ ترکیبات مولد طعم زعفران حتی در دوره نگهداری طولانی‌تر دارد. در مجموع نگهداری گل زعفران در شرایط محیطی، حتی در مدت کوتاه ۳ روز، منجر به کاهش شدید شاخص طعم زعفران (حدود ۲۳ درصد) می‌شود، در حالی که نگهداری گل در سردخانه پس از ۷ روز نیز بیش از ۹۶ درصد پیکروکروسین اولیه را حفظ کرده است. بنابراین، روش نگهداری سردخانه‌ای نسبت به نگهداری در شرایط محیطی، راهکاری بسیار مؤثرتر برای حفظ کیفیت طعمی زعفران خشک و جلوگیری از افت ترکیبات حساس طعم‌دهنده محسوب می‌شود.

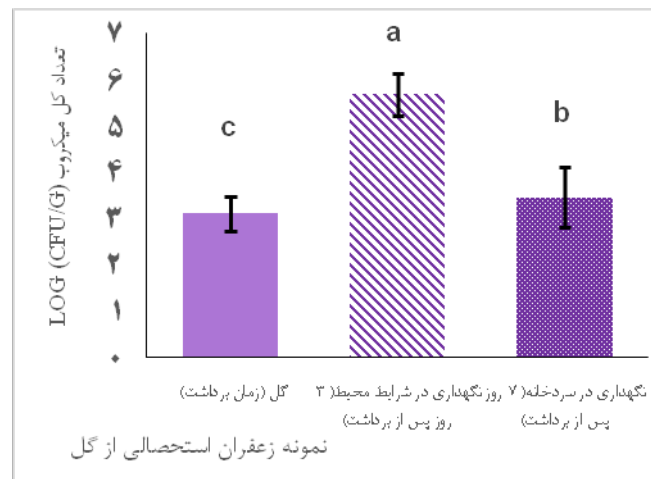
از نظر بهداشتی، آزمون‌های میکروبی نشان داد بار میکروبی و میزان کپک و مخمر در زعفران خشک حاصل از گل‌های نگهداری شده در سردخانه در محدوده مجاز استاندارد قرار داشت و اختلاف معنی‌داری با نمونه زعفران حاصل از گل بلافاصله فرآوری شده پس از برداشت مشاهده نشد. تعداد کل میکروارگانیسم‌ها در زعفران استحصالی از گل‌های نگهداری شده در

دما و کنترل رطوبت، به طور مؤثری از اتلاف ترکیبات معطر جلوگیری کرده و شدت عطر زعفران را تا حد زیادی حفظ می‌کند. در مجموع نگهداری گل زعفران در شرایط محیطی، حتی در مدت کوتاه ۳ روز، باعث کاهش بیش از ۲۲ درصد در میزان سافرانال و در نتیجه افت محسوس عطر زعفران خشک می‌شود. در حالی که نگهداری گل در سردخانه، حتی پس از ۷ روز، حدود ۸۹ درصد از سافرانال اولیه را حفظ کرده است. بنابراین، روش سردخانه‌ای در مقایسه با نگهداری در شرایط محیطی، راهکاری مؤثرتر برای حفظ کیفیت عطری زعفران و کاهش افت ترکیبات معطر در دوره نگهداری گل به شمار می‌رود.

میزان پیکروکروسین (شاخص طعم زعفران خشک) در تیمارهای مختلف زعفران استحصالی در شرایط مختلف نگهداری در شکل ۷ نشان داده شده است. پیکروکروسین عامل اصلی ایجاد طعم تلخ و مطبوع زعفران بوده و یکی از شاخص‌های مهم کیفیت شیمیایی این محصول محسوب می‌شود. در نمونه شاهد (گل بلافاصله پس از برداشت)، مقدار پیکروکروسین برابر با ۹۸/۸۷ اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده بالاترین کیفیت طعمی زعفران است. در زعفران حاصل از نگهداری گل در شرایط محیطی به مدت ۳ روز، مقدار پیکروکروسین به ۷۶/۳۴ کاهش یافت. این مقدار نسبت به نمونه روز اول ۲۲/۵۳ واحد کاهش نشان می‌دهد که معادل کاهش حدود ۲۲/۸ درصدی پیکروکروسین است. این افت قابل توجه بیانگر تأثیر منفی نگهداری گل در دمای محیط بر پایداری ترکیبات مولد طعم



شکل ۷- میزان پیکروکروسیین کلالة خشک زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).



شکل ۸- تعداد کل میکروپ کلالة خشک زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

استاندارد فرآوری است. در زعفران حاصل از نگهداری گل در شرایط محیطی به مدت ۳ روز، مقدار این شاخص به  $5/\log \text{CFU/g} 67$  افزایش یافت. این افزایش معادل  $2/57$  واحد لگاریتمی نسبت به نمونه شاهد است که در

شرایط مختلف در شکل ۸ نشان داده شده است. در نمونه شاهد (گل بلافاصله پس از برداشت)، تعداد کل میکروارگانیسم‌ها برابر با  $\log \text{CFU/g} 10$  نشان‌دهنده بار میکروبی اولیه و قابل قبول محصول در شرایط

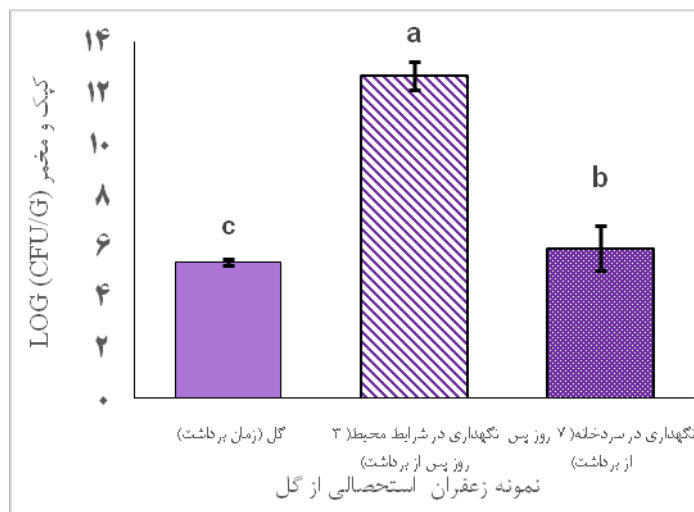
مخمر برابر با  $5/\log \text{CFU/g}^{34}$  اندازه گیری شد که نشان دهنده بار میکروبی پایه و قابل قبول محصول در شرایط اولیه است. در زعفران حاصل از نگهداری گل در شرایط محیطی به مدت ۳ روز، میزان کپک و مخمر به  $12/\text{CFU/g}^{66}$  افزایش یافت. این افزایش  $7/32$  واحد لگاریتمی نسبت به شاهد نشان می دهد که بار میکروبی به طور بسیار شدیدی افزایش یافته است. از آنجا که مقیاس لگاریتمی است، این اختلاف به معنای افزایش چندین مرتبه ای (چندین لگ) در جمعیت کپک و مخمر بوده و بیانگر فراهم شدن شرایط بسیار مناسب برای رشد میکروارگانیسم ها در اثر تعریق، لهیدگی گل و نگهداری در دمای محیط می باشد. چنین افزایشی می تواند به طور جدی ایمنی و کیفیت بهداشتی زعفران خشک را تحت تأثیر قرار دهد. در مقابل، در زعفران حاصل از نگهداری گل در سردخانه به مدت ۷ روز، میزان کپک و مخمر  $5/\log \text{CFU/g}^{89}$  اندازه گیری شد. این مقدار تنها  $0/55$  واحد لگاریتمی بیشتر از نمونه شاهد است که نشان دهنده افزایش بسیار محدود بار میکروبی و حفظ وضعیت بهداشتی محصول در سطحی نزدیک به شرایط اولیه می باشد. این نتیجه بیانگر نقش مؤثر دمای پایین و رطوبت کنترل شده سردخانه در مهار رشد کپک ها و مخمرها است.

### توصیه ترویجی

نگهداری گل زعفران در شرایط سردخانه ای دمای صفر درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۸ درصد می تواند به عنوان یک راهکار عملی برای افزایش ماندگاری گل تازه برداشت شده تا

مقیاس لگاریتمی بیانگر افزایش چندین مرتبه ای جمعیت میکروبی می باشد. این افزایش قابل توجه نشان می دهد که نگهداری گل در دمای محیط، به دلیل تعریق، افزایش رطوبت سطحی، لهیدگی گل و نبود کنترل دما، شرایط مناسبی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها فراهم شده است. در مقابل، در زعفران حاصل از نگهداری گل در سردخانه به مدت ۷ روز، تعداد کل میکروارگانیسم ها  $3/\log \text{CFU/g}^{45}$  اندازه گیری شد. این مقدار تنها  $0/35$  واحد لگاریتمی بیشتر از نمونه شاهد است که نشان دهنده افزایش بسیار محدود بار میکروبی و حفظ وضعیت بهداشتی محصول در سطحی نزدیک به شرایط اولیه می باشد. این نتیجه بیانگر نقش مؤثر نگهداری سردخانه ای در مهار رشد میکروارگانیسم ها از طریق کاهش دما و کنترل شرایط محیطی است. نتایج نشان می دهد نگهداری گل زعفران در شرایط محیطی، حتی در مدت کوتاه ۳ روز، موجب افزایش شدید و معنی دار تعداد کل میکروارگانیسم ها می شود، در حالی که نگهداری گل در سردخانه، حتی پس از ۷ روز، تنها افزایش اندکی در بار میکروبی ایجاد کرده و از نظر بهداشتی بسیار ایمن تر است. بنابراین، روش سردخانه ای نقش مؤثری در کنترل بار میکروبی و حفظ کیفیت بهداشتی زعفران خشک نسبت به نگهداری در شرایط محیطی دارد.

میزان کپک و مخمر در شکل ۹ نشان داده شده است. تفاوت ها نشان دهنده تغییرات واقعی و معنی دار در بار میکروبی هستند. در نمونه شاهد (گل بلافاصله پس از برداشت)، میزان کپک و



شکل ۹- میزان کپک و مخمر کلانله خشک زعفران در زمان نگهداری (سردخانه پس از ۱۰ روز) و (محیط پس از ۳ روز) و گل زمان برداشت- حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

- تأخیر در انتقال، سرعت افت وزن، کاهش رطوبت و افت کیفیت را افزایش می‌دهد.
- سبدهای گل در سردخانه با شرایط دمای صفر درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۸ درصد نگهداری شوند.
- پایش منظم وضعیت ظاهری گل‌ها، رطوبت و علائم فساد در طول دوره نگهداری انجام شود.
- نگهداری گل در دمای محیط حدود ۲۳ درجه سلسیوس حتی در مدت کوتاه (حدود ۳ روز) باعث افت سریع وزن و رطوبت گل، افزایش ضایعات در پاک‌کنی و کاهش شاخص‌های کیفیت (رنگ‌دهی، عطر و طعم) می‌شود؛ بنابراین، این روش توصیه نمی‌گردد.
- نگهداری سردخانه‌ای در کنار

- ۱۰ روز و حفظ کیفیت نهایی زعفران خشک به بهره‌برداران و مراکز فرآوری توصیه شود. بر این اساس، توصیه‌های ترویجی زیر ارائه می‌گردد:
- گل‌ها ترجیحاً در مراحل غنچه یا نیمه‌باز برداشت شوند تا حساسیت به لهیدگی کاهش یابد و قابلیت نگهداری افزایش پیدا کند.
- سبدهایی استاندارد و جلوگیری از انباشت زیاد
- گل‌ها بلافاصله پس از برداشت در سبدهای پلاستیکی استاندارد ۷۰×۵۰ سانتی‌متر قرار داده شوند.
- ضخامت انباشت در هر سبد حدود ۱۰ سانتی‌متر حفظ گردد تا از لهیدگی، افزایش تعریق و ایجاد شرایط مساعد برای فساد جلوگیری شود.
- گل‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن پس از برداشت به سردخانه منتقل شوند؛

سبده‌چینی صحیح، موجب کنترل بار میکروبی و قرار گرفتن زعفران خشک در محدوده مجاز استاندارد می‌شود؛ در نتیجه رعایت بهداشت سبدها، محیط کار و ابزار پاک‌کنی به عنوان مکمل این روش ضروری است.

- روشی کارآمد در مدیریت کمبود نیروی انسانی

- این روش برای شرایطی که در زمانی که حجم گل برداشت شده زیاد و نیروی انسانی محدود است، یک راهکار مؤثر محسوب می‌شود؛ زیرا امکان برنامه‌ریزی فرآوری را فراهم کرده و از افت کیفیت ناشی از انباشت و تأخیر جلوگیری می‌کند.

### منابع

- ۱- آذرپژوه، ا. و شرایعی، پ. (۱۳۷۸). بررسی شرایط نگهداری گل زعفران در سردخانه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره ثبت گزارش نهایی: ۸/۳
  - ۲- آذرپژوه، ا. (۱۴۰۲) گزارش نهایی طرح، ترویج روش مناسب نگهداری گل زعفران. شماره فروست سامانه فیاک: ۶۳۴۹۰
  - ۳- آذرپژوه، ا.، احتیاطی، ا. و شرایعی، پ. ۱۳۹۵. مدلسازی تغییرات شیمیایی و میکروبی گل زعفران طی نگهداری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک. زراعت و فناوری زعفران. ۲۸۹-۲۷۹: ۴(۴).
  - ۴- آمارنامه کشاورزی. ۱۴۰۲-۱۴۰۱، آمارنامه کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی.
  - ۵- سازمان ملی استاندارد ایران، (۱۳۸۸). میکروبیولوژی زعفران- ویژگی‌ها. شماره ۵۶۸۹. شماره ۱-۲۵۹
  - ۶- سازمان ملی استاندارد ایران، (۱۳۹۱). زعفران- ویژگی‌ها. شماره ۱-۲۵۹.
  - ۷- شرایعی، پ.، سعیدی‌راد، م.، عین‌افشار، س. و آذرپژوه، ا. (۱۴۰۲) برداشت و فرآوری زعفران. دستنامه فنی شماره ۶۱۳۱۲.
- 8-Azarpazhooh, E., and Sharayei, P. (2015). Effect of cold storage on saffron flowers shelf life and dried stigma quality. J. Appl. Environ. Biol. Sci, 4: 14-19.