



Measurement of Minerals in Saffron's Stamens, Petals and Styles

Javad Feizy^{1*}, Moslem Jahani², Elaheh Moradi³ and Sima Ahmadi⁴

Article type:

Research Article

Article history:

Submitted: 7 May 2022

Revised: 23 June 2022

Accepted: 15 August 2022

Available Online: 12 September 2022

How to cite this article:

Feizy, J., Jahani, M., Moradi, E., and Ahmadi, S. 2022. Measurement of Minerals in Saffron's Stamens, Petals and Styles. Saffron Agronomy & Technology, 10(3): 215-225.

DOI: 10.22048/jsat.2022.339834.1459

Abstract

One of the new management methods to reduce costs and environmental pollution is agricultural waste. Considering the importance of metal compounds in the consumer's health and their decisive role in proposing suitable cultivation areas and developing food applications of saffron by-products in Iran, it is necessary to measure micronutrients and useful nutritional metal elements heavy metal residues. Iran is the world's largest producer and exporter of saffron with an annual production of 330 tons and an export of 280 tons. In this study, minerals of different components of saffron flowers (petals, stamens, and styles) collected from eleven farms (in Khorasan Razavi and Qazvin provinces) were measured using an atomic absorption spectrometer. The results showed that in the stamen, the highest amount of micronutrients was related to magnesium (3031.9031), sodium (366.29), iron (236.57), copper (122.01), manganese (109.04), and zinc (91.17) mg/kg, respectively. Also, calcium and potassium quantities were 2.30 and 3.51 g/100g, respectively. In the style samples, the highest amount of micronutrients was related to magnesium (2365.78), sodium (394.53), iron (238.11), manganese (113.13), zinc (66.83) and copper 49.39 mg/kg, respectively. In the style samples, calcium (4.30) and potassium (2.15) were 4.30 and 2.15 g/100g, respectively. In the case of petals, like style, the highest levels of micronutrients were related to magnesium (1805/80), sodium (539.25), iron (292.63), manganese (81.98), zinc (56.76), and copper 16.17 mg/kg, respectively. Also, the amount of calcium and potassium were 3.45 and 1.59 g/100g, respectively. Due to the results and richness of these by-products of micronutrients, they can be used in various food industries, including enrichment and compensation of mineral deficiency of various processed and canned foods.

Keywords: Atomic absorption, Saffron, Mineral elements, Petal, Stamen, Style

1 – Assistant professor, Department of food safety and quality control, Research institute of food science and technology (RIFST), Mashhad, Iran

2 – Assistant professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran

3 – M.Sc. Graduate of Food Science and Technology, Azad University of Quchan, Quchan, Iran

4 – M.Sc. Graduate of Analytical Chemistry, Payam Noor University, Mashhad, Iran



Corresponding author: j.feizy@rifst.ac.ir



مقاله پژوهشی

بررسی مواد معدنی در پرچم، گلبرگ و خامه زعفران

جواد فیضی^{۱*}، مسلم جهانی^۲، الهه مرادی^۳ و سیما احمدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۱

تاریخ بازنگری: ۲ تیر ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۲۴ مرداد ۱۴۰۱

فیضی، ج.، جهانی، م.، مرادی، ا.، و احمدی، س. ۱۴۰۱. بررسی مواد معدنی در پرچم، گلبرگ و خامه زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۱۰(۳): ۲۱۵-۲۲۵.

چکیده

یکی از روش‌های مدیریتی نوین به منظور کاهش هزینه و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست استفاده از پسماندهای حاصل از کشاورزی است. نظر به اهمیت ترکیبات فلزی در سلامتی مصرف کنندگان و نقش تعیین کننده آن در پیشنهاد نواحی کشت مناسب برای توسعه مصارف خوراکی اجزای مختلف گل زعفران در ایران، سنجش مواد معدنی و عناصر فلزی مفید تغذیه‌ای و باقیمانده فلزات سنگین در آن ضروری است. ایران با تولید سالانه ۳۳۰ تن و صادرات ۲۸۰ تن از این محصول بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادر کننده زعفران در دنیا است. در این مطالعه مواد معدنی اجزای مختلف گل زعفران (گلبرگ، پرچم و خامه) جمع آوری شده از یازده مزرعه (در استان خراسان رضوی و قزوین) با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج بدست آمده نشان داد، در پرچم بیشترین میزان مواد معدنی به ترتیب مربوط به منیزیم (۳۰۳۱/۹۰) سدیم (۳۶۶/۲۹)، آهن (۲۳۶/۵۷)، مس (۱۲۲/۰۱)، منگنز (۱۰۹/۰۴) و روی (۹۱/۱۷) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم است. همچنین میزان کلسیم و پتاسیم نیز به ترتیب ۲/۳۰ و ۳/۵۱ گرم در ۱۰۰ گرم بود. در خامه نیز بیشترین میزان مواد معدنی به دست آمده به ترتیب مربوط به منیزیم (۲۳۶۵/۷۸)، سدیم (۳۹۴/۵۳)، آهن (۲۳۸/۱۱)، منگنز (۱۱۳/۱۳)، روی (۶۶/۸۳) و مس (۴۹/۳۹) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میزان کلسیم و پتاسیم نیز به ترتیب ۴/۳۰ و ۲/۱۵ گرم در ۱۰۰ گرم بود. در مورد گلبرگ نیز همانند خامه بیشترین میزان مواد معدنی به ترتیب مربوط به منیزیم (۱۸۰۵/۸۰)، سدیم (۵۳۹/۲۵)، آهن (۲۹۲/۶۳)، منگنز (۸۱/۹۸)، روی (۵۶/۷۶) و مس (۱۶/۱۷) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین میزان کلسیم (۳/۴۵) و پتاسیم (۱/۵۹) گرم در ۱۰۰ گرم بود. با توجه به نتایج و غنی بودن اجزا مختلف گل زعفران از مواد معدنی، می‌توان از آن‌ها در صنایع غذایی مختلف جهت غنی‌سازی و جبران کمبود مواد معدنی انواع غذاهای فراوری شده و کنسرو شده استفاده کرد.

کلمات کلیدی: جذب اتمی، زعفران، مواد معدنی، گلبرگ، پرچم، خامه.

۱- استادیار گروه ایمنی و کنترل کیفیت مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۲- استادیار گروه شیمی مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۳- دانش آموخته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

۴- دانش آموخته شیمی تجزیه، دانشگاه پیام نور مشهد، مشهد، ایران

(*)- نویسنده مسئول: j.feizy@rifst.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر، دانش بومی بدست آمده از گیاهان دارویی توجه قابل ملاحظه‌ای را در بخش جهان علمی به خود معطوف کرده است. هزینه‌های سرسام‌آور داروهای شیمیایی، داروسازها را به سمت استفاده از داروهای گیاهی سوق داده است. در ایران در حال حاضر توجه محققان به آن دسته از گیاهانی معطوف شده است که در راه حل‌های دارویی رایج برای درمان اختلالات معمول استفاده می‌شوند که لازم است ارزیابی‌ها مطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های سازمان جهانی بهداشت انجام شود (WHO, 1999). چنین مطالعاتی که بر روی گونه‌های بومی هر کشور برنامه‌ریزی می‌گردد باید به گونه‌ای باشد که منتج به ارائه اطلاعات علمی در زمینه کیفیت، ایمنی و اثربخشی گسترده گردد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. گیاهان به ویژه پسماندهای گیاهی به دلایل اقتصادی همیشه توجه دانشمندان را به خود جلب کرده‌اند، به ویژه امروزه، زیرا سیاره سبز ما هر روز کمتر سبز می‌شود (Razic et al., 2005).

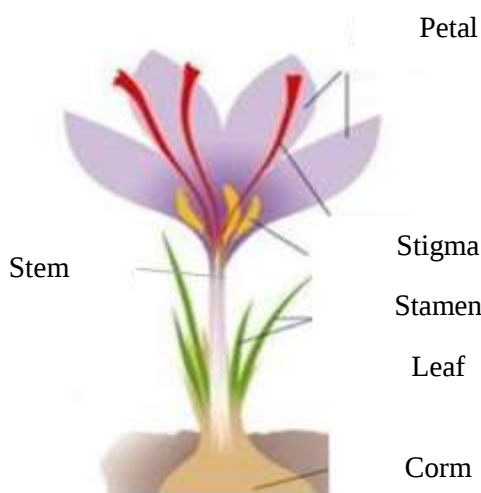
همچنین یکی از روش‌های مدیریتی نوین به منظور کاهش هزینه و کاهش آلودگی محیط زیست استفاده از پسماندهای حاصل از کشاورزی است. از طرفی افزایش تجمع مواد معدنی و عناصر فلزی مفید تغذیه‌ای نظیر آهن، مس، روی، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلسیم در این پسماندها مطلوب است. بسیاری از عناصر، به مقدار کم، نقش مهمی در فرآیندهای متابولیک ایفا می‌کنند و برای رفاه عمومی انسان ضروری هستند که در مقادیر متفاوت در گیاهان یافت می‌شوند (Kumar et al., 2004). این عناصر در آنزیم‌ها وجود داشته و آنها را فعال می‌کند، در نتیجه به طور اساسی بر فرآیندهای بیوشیمیایی در سلول‌ها تأثیر می‌گذارد (Lozak et al., 2001). در این پسماندهای کشاورزی عناصر متعددی مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم و منگنز در سطح میلی گرم

بر گرم وجود دارند، در حالی که عناصری مانند کروم، آهن، کبالت، نیکل، مس و روی در حد چند میکروگرم بر گرم وجود دارند. علاوه بر این، برخی از عناصر کمیاب در سطح نانوگرم نیز گزارش شده‌اند (Cao et al., 1998). به نظر می‌رسد محتوای عناصر ضروری در گیاهان مشروط است و تحت تأثیر ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاک و توانایی گیاهان برای تجمع انتخابی برخی از این عناصر قرار می‌گیرد (Miroslawski et al., 1995). فراهمی زیستی عناصر به شکل پیوند آنها با اجزای تشکیل دهنده خاک بستگی دارد. گیاهان چنین ترکیباتی را به صورت حل شده و به شکل یونی به راحتی از طریق ریشه‌ها جذب می‌کنند. منابع دیگر این عناصر برای گیاهان شامل بارندگی، گرد و غبار جوی، عوامل محافظتی گیاهان و کودهایی است که می‌توانند از طریق تیغه‌های برگ جذب شوند (Lozak et al., 2001).

به خوبی مشخص شده است که برخی از عناصر، بسته به غلظتشان، می‌توانند نقش‌های متفاوتی در زندگی گیاهان ایفا کنند. روی، منگنز و آهن آنزیم‌های مهمی هستند. مس به اسیدهای آمینه متصل است در حالی که منگنز و سلنیم به برخی از مولکول‌های زیستی متصل می‌شوند و ترکیبات هماهنگی را تشکیل می‌دهند (Kumar et al., 2004). بنابراین، درک بهتر مکانیسم جذب عناصر، عملکرد آنها در متابولیسم گیاه و اثر سمی احتمالی آنها در مطالعات پایه و کاربردی گیاهان اهمیت زیادی دارد.

ایران با تولید سالانه ۳۳۰ تن و صادرات ۲۸۰ تن از زعفران، بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادر کننده زعفران در دنیا است (آمار سال ۱۳۹۸) و این در حالی است که تنها از کلاله‌های آن بهره گرفته می‌شود. در ایران تاکنون تحقیقات اندکی در مورد استفاده کاربردی از گلبرگ، خامه و پرچم این گیاه انجام شده و قسمت اعظمی از آنها پس از برداشت کلاله به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود و بیشتر تحقیقات بر روی کلاله زعفران متمرکز

تغذیه‌ای و بهداشتی به خود در سرتاسر جهان می‌شناسند (Poma et al., 2012). مطالعات گذشته عمدتاً بر دارو سازی و کاربرد بالینی زعفران متمرکز بوده است. با این حال، عناصر اصلی فلزی آن به اندازه کافی مورد مطالعه قرار نگرفته است و تنها چند تحقیق، مقدار هفت یا هشت عنصر فلزی اصلی در زعفران را مورد بررسی قرار داده است (Ling et al., 2011). اطلاعات زیادی در مورد ترکیب شیمیایی یا بیوشیمی زعفران منتشر شده است، در حالی که در مورد سایر اجزای زعفران تحقیقات بسیار کمتری صورت گرفته است (Esmaeili et al., 2011). شکل ۱ اجزای مختلف گیاه زعفران را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اجزای مختلف گیاه زعفران

Figure 1- Different parts of saffron plant (Zeraatkar et al., 2016).

شده است. در پژوهشی مشابه مواد معدنی موجود در گلبرگ و پرچم گیاه زعفران اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین درصد املاح موجود در گلبرگ زعفران به ترتیب مربوط به پتاسیم، منیزیم، کلسیم، سدیم و فسفر و در پرچم، مربوط به پتاسیم، منیزیم، سدیم، کلسیم و فسفر بود (Kermani & Mousavi, 2019).

زعفران (*Crocus sativus* L.) یک گیاه گلدار پاییزی چند ساله متعلق به خانواده زنبقیان است که به طور گسترده برای مصارف خوراکی و پزشکی پرورش داده می‌شود و کلاله‌های آن را با نام ادویه زعفران به دلیل عطر و طعم مخصوص و خواص

همچنین استفاده خاصی از پرچم، گلبرگ و خامه نمی‌شود و معمولاً به عنوان ضایعات زعفران دور ریخته می‌شوند. بنابراین توجه کمتری به میزان مواد مغذی آن‌ها می‌شود. این مطالعه بخشی از یک پروژه تحقیقاتی روی زعفران است که مواد معدنی در پرچم، گلبرگ و خامه گل زعفران را با هدف بررسی کیفیت و کمیت آن‌ها بررسی می‌کند. در پژوهش حاضر به بررسی مواد معدنی موجود در گلبرگ، خامه و پرچم گیاه زعفران پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی و معرف‌ها

اسید کلریدریک، اسید نیتریک، پراکسید هیدروژن و سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک (دارمشتات، آلمان) و شرکت سیگما آلدریج (میسوری، ایالات متحده آمریکا) خریداری شدند. تمام مواد شیمیایی بدون هیچ گونه تصفیه استفاده شدند. برای آماده‌سازی استانداردها و نمونه‌ها از آب مقطر یونزدایی شده

(DI) استفاده شد. محلول‌های استاندارد با حل کردن مقدار مناسبی از استانداردهای گواهی شده هر عنصر تهیه و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. محلول‌های استاندارد کاری بصورت روزانه و با رقیق کردن محلول‌های مادر با آب مقطر یونزدایی شده یا محلول اسید نیتریک ۱ مولار تهیه می‌شدند. تمام ظروف شیشه‌ای با خیساندن در محلول ۴ مولار اسید نیتریک به مدت حداقل ۲۴ ساعت تمیز و قبل از استفاده با آب مقطر یونزدایی شده شسته شدند. تمام آزمایشات در سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از اکسل ۲۰۱۳ انجام شد.

دستگاه‌های مورد استفاده

طیف سنج جذب اتمی (SensAA GBC، استرالیا) با کنترل نرم‌افزار آوانتا نسخه ۲/۰/۲ مجهز به اتمایزر شعله و کوره گرافیتی با تصحیح پس زمینه دوتریوم برای اندازه‌گیری مواد معدنی در اجزای مختلف گل زعفران استفاده شد. پارامترهای کاربردی دستگاه (گازها، اپتیک و الکترونیک) برای حداکثر جذب برای هر عنصر، توصیه شده توسط سازنده تنظیم شد. اندازه‌گیری مقدار فلزات با طیف سنجی جذب اتمی شعله هوا-استیلن و نیتروژن اکساید-استیلن انجام شد. خلوص استیلن، آرگون و نیتروژن اکساید ۹۹/۹۹ درصد بود. منحنی‌های کالیبراسیون با رسم مقادیر جذب استانداردها در برابر غلظت و در شرایط بهینه ترسیم شدند. مقادیر میانگین در آنالیزها برای سه تکرار در همه نمونه‌ها گزارش شد.

آماده‌سازی نمونه

نمونه‌ها از ۱۱ مزرعه از ۱۰ شهرستان استان خراسان رضوی و یک نمونه از مزارع شهرستان قزوین تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه، اجزای مختلف گل‌ها (شامل کلاله، خامه، پرچم و گلبرگ) از یکدیگر تفکیک شدند. نمونه‌های خامه، پرچم و

گلبرگ در دمای ۹۰ درجه سلسیوس خشک شدند (Nahid et al., 2014). برای آماده‌سازی نمونه‌ها از روش استاندارد خاکسترسازی خشک استفاده شد. به این منظور، وزن مشخصی از هر نمونه (۲/۵ گرم) درون کروزه‌های شستشو داده شده با اسید، توزین شده و ابتدا بر روی شعله سوزانده شدند. کروزه‌ها به کوره الکتریکی منتقل شده و عمل خاکسترسازی به مدت ۲ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس انجام شد. پس از سرد شدن تا دمای محیط، خاکستر نمونه در ۲ میلی‌لیتر محلول اسید کلریدریک پنج مولار حل شده و بر روی هیتر الکتریکی تا نزدیک به خشک شدن حرارت داده شد. محلول داخل کروزه با استفاده از کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) صاف شده و به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتر منتقل شد. کروزه و کاغذ صافی با حجم‌های کافی از اسید نیتریک ۰/۱ مولار شستشو داده و محلول نهایی تا خط نشانه رقیق شد. این محلول برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های فلزی استفاده و متناسب با نوع عنصر، به میزان کافی با استفاده از آب مقطر یونزدایی شده رقیق شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق مواد معدنی شامل فلزات سدیم، پتاسیم، مس، روی، آهن، منیزیم، منگنز و کلسیم اندازه‌گیری شدند. همانطور که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد (جدول ۱)، در پرچم گل زعفران بیشترین میزان مواد معدنی به ترتیب مربوط به منیزیم (۳۰۳۱/۹۰)، سدیم (۳۶۶/۲۹)، آهن (۲۳۶/۵۷)، مس (۱۲۲/۰۱)، منگنز (۱۰۹/۰۴) و روی (۹۱/۱۷) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین میزان کلسیم (۲/۳۰) و پتاسیم (۳/۵۱) گرم در ۱۰۰ گرم بود.

جدول ۱- فلزات اندازه گیری شده در نمونه های مختلف پرچم گل زعفران
Table 1- The measured metals in different samples of saffron flower flags

شهرستان City	فلزات کم مقدار Microelements mg.kg ⁻¹						فلزات پرمقدار Macroelements g.100 g ⁻¹	
	منگنز Manganese	منیزیم Magnesium	آهن Iron	روی Zinc	مس Copper	سدیم Sodium	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium
گناباد Gonabad	74.79±3.36	374.16±10.85	108.71±3.15	70.93±2.05	73.53±2.13	93.87±2.72	1.31±0.09	2.51±0.07
فریمان Fariman	95.97±9.59	2392.12±239.20	236.57±16.08	73.92±3.32	27.36±1.23	121.70±5.47	1.69±0.07	2.84±0.13
نیشابور Neyshabour	95.91±2.78	2436.25±292.35	165.70±19.88	50.02±6.00	31.80±2.48	301.32±27.12	1.64±0.07	3.40±0.41
زاوه Zaveh	92.71±5.38	2813.19±191.29	231.47±10.41	73.41±3.30	12.82±1.03	298.18±29.82	1.67±0.04	3.14±0.24
بردسکن Bardaskan	93.97±4.22	2322.81±104.52	206.26±20.62	90.92±8.18	15.26±1.37	174.52±13.96	2.30±0.18	3.46±0.27
فاروج Farouj	109.04±8.72	2451.87±196.14	244.50±14.18	71.75±4.16	21.37±2.56	168.09±13.11	1.96±0.15	2.74±0.18
رشتخوار Roshtkhar	90.36±8.13	2324.36±209.19	105.29±9.47	89.55±7.16	122.01±5.49	256.83±30.82	1.80±0.21	2.75±0.27
سرایان Sarayan	86.69±10.40	1879.71±84.58	134.94±6.07	88.08±7.92	26.79±2.41	366.29±32.97	1.50±0.08	2.89±0.17
تربت جام Torbatjam	87.19±7.84	3031.90±272.87	143.08±12.88	74.40±5.05	32.26±2.91	132.59±9.01	1.29±0.11	3.51±0.31
کاشمر Kashmar	85.51±5.81	2168.40±125.76	170.00±13.60	87.58±8.75	16.88±0.97	268.70±15.58	1.71±0.17	3.40±0.15
قزوین Qazvin	85.28±6.65	22075.50±1721.88	103.75±8.09	91.17±7.11	17.50±1.75	173.24±7.79	1.41±0.12	2.94±0.26

* نتایج بصورت انحراف استاندارد ± میانگین و با سه تکرار بیان شده اند.

* Results are mean ± standard deviation (n=3).

همانگونه که نتایج جدول ۲ نشان می دهد، در خامه گل زعفران نیز بیشترین میزان مواد معدنی به ترتیب مربوط به منیزیم (۲۳۶۵/۷۸)، سدیم (۳۹۴/۵۳)، آهن (۲۳۸/۱۱)، منگنز (۱۱۳/۱۳)، روی (۶۶/۸۳) و مس (۴۹/۳۹) بر حسب میلی گرم در کیلوگرم بود. همچنین میزان کلسیم (۴/۳۰) و پتاسیم (۲/۱۵)، گرم در ۱۰۰ گرم بود.

در مورد گلبرگ نیز همانند خامه بیشترین میزان مواد معدنی به ترتیب مربوط به منیزیم (۱۸۰۵/۸۰)، سدیم (۵۳۹/۲۵)، آهن (۲۹۲/۶۳)، منگنز (۸۱/۹۸)، روی (۵۶/۷۶) و مس (۱۶/۱۷) بر حسب میلی گرم در کیلوگرم بود. همچنین میزان کلسیم (۳/۴۵) و پتاسیم (۱/۵۹)، گرم در ۱۰۰ گرم بود. نتایج اندازه گیری مواد

معدنی در گلبرگ زعفران در جدول ۳ نشان داده شده است. به طور کلی مواد معدنی که به عنوان اجزای بسیاری از پروتئین ها و آنزیم ها شناخته شده اند، در همه نمونه های مورد ارزیابی وجود داشتند. در این میان مس، روی و منگنز که در دوزهای کوچک روزانه برای بدن انسان مورد نیاز است و آهن که در دوزهای روزانه بالاتر از ۱۰ میلی گرم ضروری است نیز در حد مطلوبی یافت شد (Sani et al., 2013). عناصر اصلی فلزی برای سلامت انسان ضروری هستند (Saiedian et al., 2007). آهن و روی اگرچه جزو فلزات سنگین محسوب می شوند ولی از طرفی از دسته عناصر ضروری برای بدن نیز هستند. عنصر روی از جمله مواد معدنی ضروری است که بدن ما به آن نیاز دارد.

عناصر مغذی، در مقادیر نسبتاً زیاد در گلبرگ، پرچم و خامه وجود داشت. جذب عناصر مختلف توسط گیاهان از طریق سیستم ریشه از خاک بستگی به گیاه خاص، ساختار گیاه شناسی بافت خاص، نوع خاک و نوع عنصر نیز دارد. علاوه بر این، مواد معدنی می‌توانند از محفظه‌های محیطی خارجی وارد گیاه شوند. از سوی دیگر، محتوای عناصر ضروری در موجودات زنده به فرایندهای فیزیولوژیکی بستگی دارد و بخشی از مکانیسم‌های نظارتی است که می‌تواند عناصر را زیر سطح سمی نگه دارد.

بیشترین مقدار روی در چشم، پانکراس و پوست ذخیره شده است و به همین دلیل از ضایعات پوستی و اکزما جلوگیری می‌کند. فلز روی آنتی اکسیدانی است که در واکنش‌های استرس اکسیداتیو نقش مهمی ایفا می‌کند. آهن عنصر معدنی دیگری است که اهمیت تغذیه‌ای فراوانی دارد. آهن در جابجایی اکسیژن از ریه‌ها به تمام سلول‌ها و برگرداندن دی اکسید کربن از آن‌ها به ریه‌ها نقش حیاتی دارد. آهن موجود در میوگلوبین وظیفه دریافت اکسیژن محلول در خون برای ماهیچه‌ها را دارد (Martin & Bert, 2013).

جدول ۲- فلزات اندازه گیری شده در نمونه های مختلف پرچم گل زعفران
Table 2- The measured metals in different samples of saffron flower styles

شهرستان City	فلزات کم مقدار Microelements						فلزات پرمقدار Macroelements	
	mg.kg ⁻¹						g.100 g ⁻¹	
	منگنز Manganese	منیزیم Magnesium	آهن Iron	روی Zinc	مس Copper	سدیم Sodium	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium
گناباد Gonabad	60.94±4.87	1204.88±96.39	107.53±8.60	41.61±3.32	31.01±2.47	155.50±11.24	2.97±0.21	1.41±0.11
فریمان Fariman	97.39±9.74	1903.09±183.03	232.73±20.27	49.42±4.94	24.89±3.25	402.49±24.40	4.15±0.35	1.69±0.17
نیشابور Neyshabour	113.13±10.18	2356.78±210.11	176.34±15.87	66.83±6.01	33.61±3.02	250.17±22.51	3.08±0.28	1.55±0.13
زاوه Zaveh	76.11±3.42	1413.48±63.60	161.26±7.25	43.96±1.97	19.30±0.86	184.31±8.29	3.33±0.15	1.61±0.07
بردسکن Bardaskan	73.17±4.24	1726.77±100.15	197.17±11.43	45.61±2.64	16.98±0.98	154.47±8.96	4.30±0.25	1.44±0.08
فاروج Farouj	73.47±4.99	1730.15±117.65	238.11±16.19	38.56±2.62	14.50±0.89	342.79±23.30	1.30±0.08	1.51±0.10
رشتخوار Roshtkhar	68.60±8.23	1215.40±141.85	130.22±15.62	46.66±5.60	14.18±1.65	394.53±47.34	2.68±0.32	1.26±0.15
سرایان Sarayan	93.60±8.42	1806.16±162.55	150.92±13.58	50.83±4.57	23.14±2.08	241.84±21.77	2.58±0.23	1.80±0.16
تربت جام Torbat jam	82.17±6.40	1940.71±131.37	173.66±13.54	38.60±3.01	30.35±3.27	128.13±9.99	4.04±0.31	1.80±0.14
کاشمر Kashmar	75.56±3.40	1450.73±61.28	149.89±6.74	54.74±1.42	49.39±2.22	208.15±8.37	2.27±0.10	2.15±0.09
قزوین Qazvin	67.00±1.94	1626.98±43.18	111.34±3.22	63.05±1.83	13.20±0.38	264.61±7.67	1.73±0.05	1.45±0.04

* نتایج بصورت انحراف استاندارد ± میانگین و با سه تکرار بیان شده‌اند.

* Results are mean ± standard deviation (n=3).

جدول ۳- فلزات اندازه گیری شده در نمونه های مختلف گلبرگ زعفران
Table 3- The measured metals in different samples of saffron petals

شهرستان City	فلزات کم مقدار Microelements mg.kg ⁻¹					فلزات پرمقدار Macroelements g.100 g ⁻¹		
	منگنز Manganese	منیزیم Magnesium	آهن Iron	روی Zinc	مس Copper	سدیم Sodium	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium
گناباد Gonabad	60.00 ± 4.80	737.41 ± 58.99	138.60 ± 11.09	42.69 ± 3.41	13.63 ± 1.09	123.50 ± 9.88	2.55 ± 0.20	0.88 ± 0.07
فریمان Fariman	69.42 ± 6.94	1431.46 ± 123.16	213.25 ± 25.31	40.76 ± 4.07	14.95 ± 2.25	233.27 ± 23.22	1.38 ± 0.15	1.11 ± 0.11
نیشابور Neyshabour	65.71 ± 5.91	1067.55 ± 96.07	168.06 ± 15.12	48.82 ± 4.39	16.17 ± 1.45	130.74 ± 11.77	1.17 ± 0.11	1.39 ± 0.12
زاوه Zaveh	80.08 ± 4.60	1805.80 ± 81.26	58.85 ± 2.64	56.11 ± 2.54	14.60 ± 0.66	539.25 ± 24.26	2.91 ± 0.13	1.28 ± 0.06
بردسکن Bardaskan	72.63 ± 2.41	1582.33 ± 91.77	258.96 ± 15.01	49.71 ± 2.88	15.84 ± 0.92	115.74 ± 6.71	2.51 ± 0.15	1.28 ± 0.07
فاروج Farouj	74.80 ± 4.08	1713.09 ± 116.48	292.63 ± 19.89	48.08 ± 3.26	15.33 ± 1.04	233.86 ± 15.90	3.45 ± 0.23	1.44 ± 0.09
رشتخوار Roshtkhar	63.43 ± 7.61	1091.56 ± 130.98	158.31 ± 18.99	53.69 ± 6.44	13.46 ± 1.61	171.53 ± 20.58	2.80 ± 0.33	1.29 ± 0.15
سرایان Sarayan	65.43 ± 8.59	901.63 ± 81.14	159.87 ± 14.39	56.76 ± 5.10	15.92 ± 1.43	207.96 ± 18.71	1.02 ± 0.09	1.15 ± 0.10
تربت جام Torbat jam	81.98 ± 6.40	1446.01 ± 112.79	97.24 ± 7.58	49.23 ± 3.83	16.09 ± 1.26	214.76 ± 16.75	2.79 ± 0.21	1.29 ± 0.10
کاشمر Kashmar	70.29 ± 3.16	1106.54 ± 49.79	207.17 ± 9.32	50.22 ± 2.25	16.08 ± 0.72	205.23 ± 9.23	2.49 ± 0.11	1.59 ± 0.07
قزوین Qazvin	64.31 ± 1.86	1380.93 ± 40.04	119.98 ± 3.48	46.03 ± 1.33	13.46 ± 0.39	93.44 ± 2.71	1.66 ± 0.05	1.16 ± 0.08

* نتایج بصورت انحراف استاندارد ± میانگین و با سه تکرار بیان شده اند.

* Results are mean ± standard deviation (n=3).

2013). برای سدیم، غلظت های بسیار بیشتر در سایر گونه های گیاهی نیز ذکر شده است (Bonvehi & Jorda, 1997). سدیم و پتاسیم نقش مهمی در سازگاری گیاهان به تنش خشکی ایفا می کنند. در بسیاری از گیاهان خشکی پسند از جمله زعفران، سدیم با ورود به داخل واکوئل ها نقش عمده ای در تنظیم تعادل اسمزی بر عهده دارد. به طوری که بیشتر گیاهان مقاوم به خشکی، افزایش موقتی سدیم را در آپوپلاست از طریق افزایش مقدار آب سلول های مزوفیل (مثل مقدار آبواکوئل) تحمل می کنند، بنابراین نمک ها رقیق تر شده و ظرفیت خود را برای جذب نمک از محلول آپوپلاست بالاتر می برند، بنابراین در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم افزایش می یابد و برای جلوگیری

در این تحقیق، محتوای بیشتر مواد معدنی در پرچم زعفران در مقایسه با سایر قسمت ها ممکن است به دلیل مهاجرت این عناصر از هر مسیر ممکن این گیاه به پرچم به دلیل نقش ذخیره سازی و عامل تکثیر بودن آن باشد. از مقایسه داده ها، مشخص می شود که غلظت مواد معدنی در پرچم در تحقیق حاضر به ویژه برای پتاسیم (۳/۵۱ گرم در ۱۰۰ گرم) و مس (۱۲۲/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم) اختلاف زیادی با سایر اجزای مورد اندازه گیری دارد. به طوریکه عناصر روی و پتاسیم در پرچم، بیشتر از میزان آن ها در گلبرگ ها و خامه ها است. مقادیر سدیم و کلسیم در اجزای مختلف مورد مطالعه از نظر آماری معنی دار بود و بیشترین میزان آن ها در خامه متمرکز بود (Yang et al.,

از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا به واکوئول فرستادن آن می‌نماید (Choi et al., 2014). لذا با توجه به رشد زعفران در آب و هوای خشک، تجمع سدیم و پتاسیم در آن قابل توجهیه است. در این راستا گزارش شده است که افزایش تنش خشکی موجب افزایش میزان سدیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی در گونه‌های مختلف یونجه گردیده است (Akhundi et al., 2006). همچنین مقادیر سدیم در خامه که به ریشه نزدیک تر است، بیشتر بود که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد. در مطالعه‌ای گزارش شد که مقدار سدیم در ریشه گیاه سالیکورنیا بیشتر از برگ و ساقه آن است (Min et al., 2002). ویژگی‌های خاک و شرایط اقلیمی در بین مناطق مختلف از عوامل تأثیرگذار بر میزان جذب عناصر توسط گیاه است (Golia et al., 2008). میزان عناصری چون منگنز، منیزیم و مس در پرچم بالاتر است. افزایش غلظت مس در پرچم به ترتیب در مقایسه با خامه و سپس گلبرگ ممکن است به دلیل فعالیت بیشتر آنزیم پلی فنول اکسیداز در پرچم باشد. تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های آهن در نمونه‌ها مشاهده نشد. اگر چه روی، مس و آهن از یون‌های فلزی ضروری هستند، اما غلظت‌های بالای آنها سمی بوده و بر بسیاری از وظایف مهم سلولی اثر مہارکننده دارد. حد مجاز برای روی، مس و آهن در گیاهان به ترتیب ۵۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین شده است (WHO, 2005).

با توجه به نتایج بدست آمده، مقدار مس در هر سه اندام گیاه مورد بررسی؛ خامه، پرچم و گلبرگ در حد مجاز بود. اما مقدار آهن به مقدار خیلی جزئی بالاتر از حد استاندارد بود. میزان روی در

خامه و گلبرگ در حد مجاز بود. ولی در پرچم به میزان جزئی بالاتر از حد مجاز بود (WHO, 2005). که این مقدار تجاوز از حد استاندارد، بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی است و بنابراین مصرف غذایی این اجزا مشکلی برای انسان ایجاد نخواهد کرد. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، علاوه بر سدیم و پتاسیم، مواد معدنی عمده موجود در اجزای زعفران را عناصر کلسیم، منیزیم، منگنز، روی، مس و آهن تشکیل می‌دهد. همچنین اصلی‌ترین اندام برای تجمع عناصر معدنی مفید در اجزای دورریز گیاه زعفران اندام‌های هوایی آن به ویژه پرچم است. براساس نتایج حاصل از این بررسی، می‌توان از اجزای دورریز گیاه زعفران به عنوان منبع مواد معدنی بهره برد.

ارقام شایستگی روش

در شرایط بهینه، ارقام شایستگی روش پیشنهادی نظیر محدوده خطی، در صد انحراف استاندارد نسبی، حد تشخیص و حد اندازه‌گیری کمی محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است. ضریب همبستگی برای فلزات مختلف از ۰/۹۵۴ تا ۰/۹۹۹ برای منگنز تا ۰/۹۹۹ برای کلسیم متفاوت است. دقت روش با محاسبه انحراف استاندارد نسبی محاسبه شد. در صد انحراف استاندارد نسبی برای ۵ اندازه‌گیری متوالی در حد غلظتی و سطح منحنی کالیبراسیون محاسبه و در محدوده ۲/۴۶ درصد برای پتاسیم و ۴/۴۹ درصد برای سدیم به دست آمد. محدوده خطی، حد تشخیص و حد اندازه‌گیری کمی برای فلزات مختلف متفاوت و در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- ویژگی‌های تحلیلی روش جذب اتمی

Table 4- Analytical characteristics of the AAS method

ویژگی عملکردی Characteristics Performance	روی Zn (mg.L ⁻¹)	آهن Fe (mg.L ⁻¹)	کلسیم Ca (mg.L ⁻¹)	مس Cu (mg.L ⁻¹)	منیزیم Mg (mg.L ⁻¹)	سدیم Na (mg.L ⁻¹)	پتاسیم K (mg.L ⁻¹)	منگنز Mn (mg.L ⁻¹)
LOD	0.08	0.51	40.02	0.25	1.15	21.25	32.56	0.25
LOQ	0.38	2.10	186.25	1.20	5.50	103.89	129.42	0.95
Linear Range محدوده خطی	0.4-1.6	2-9	180-800	1-5	5-20	100-400	120-600	1-4
Squared correlation coefficient (r ²) ضریب همبستگی مربعی	0.995	0.984	0.999	0.991	0.998	0.998	0.999	0.954
RSD (% , n=5)	3.71	3.23	4.09	3.98	4.19	4.49	2.46	4.02

نتیجه‌گیری کلی

روش جذب اتمی برای تعیین برخی مواد معدنی در اجزای مختلف گل زعفران ایرانی جمع‌آوری شده از ۱۱ شهر انجام شد. طیف متنوعی از میزان مواد معدنی در نمونه‌ها نشان داده شده است که ممکن است نشان دهنده سطح غلظت بویژه با توجه به شرایط محیطی و حالات فیزیولوژیکی نمونه‌ها باشد. اگرچه

اجزای مختلف گل زعفران منابع غنی از کلسیم و پتاسیم هستند، برخی عناصر اصلی دیگر مانند آهن، منیزیم، منگنز، روی و مس نیز شناسایی شده‌اند که برای سلامت انسان ضروری هستند. در نتیجه، این مطالعه نشان داد که اجزای دورریز زعفران شامل گلبرگ، خامه و پرچم می‌تواند به عنوان مکمل غذایی و منبع مفیدی از مواد مغذی باشد.

منابع

- Akhundi, M., Safarnejad, A.S., and Lahooti, M. 2006. Effect of drought stress on proline accumulation and elemental changes in Yazdi, Nikkasheri and ranger (*Medicago sativa* L.). Journal of Soil and Water Sciences 10 (1): 165-175.
- Bonveh, J.S., and Jorda, R.E. 1997. Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. Journal of Agricultural and Food Chemistry 45: 725-732.
- Cao, X., Zho, G., Yin, M., and Li, J. 1998. Determination of ultra-trace rare earth elements by inductively coupled plasma mass spectrometry with microwave digestion and AG50W-x8 cation exchange chromatography. Analyst 123: 1115-1119.
- Choi, D., Lim, G.S., Piao, Y.L., Choi, O.Y., Cho, K.A., Park, C.B., Chang, Y.C., Song, Y.I., Lee, M.K., and Cho, H. 2014. Characterization, stability, and antioxidant activity of *Salicornia herbacea* seed oil. Korean Journal of Chemical Engineering 31 (12): 2221-2228.
- Esmaeili, N., Ebrahimzadeh, H., Abdi, K., and Safarian, S. 2011. Determination of some phenolic compounds in *Crocus sativus* L. corms and its antioxidant activities study. Pharmacognosy Magazine 27: 74-80.
- Golia, E.E., Dimirkou, A., and Mitsios, I.K. 2008. Influence of some soil parameters on heavy metals accumulation by vegetables grown in agricultural soils of different soil orders. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 81 (1): 80-84.
- Kermani, F., and Mousavi, A. 2019. Study of minerals in the petals and stamens of saffron (*Crocus sativus* L.). In the second international

- conference and the third national conference on agriculture. Jiroft, Iran, 6 March 2019, p. 1-5.
- Kumar, A., Nair, A.G.G., Reddy, A.V.R., and Garg, A.N. 2004. Availability of essential elements in Indian, US tea brands. Food Chemistry 89: 441-448.
- Ling, H.J., Yi, L., and Yu-Zhen, L. 2011. Determination of the major metal elements including heavy metals in saffron from Tibet and Henan by ICPAES or ICPMS. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences 3: 297-305.
- Lozak, A., Soltyk, K., Ostapczuk, P., and Fijalek, Z. 2001. Determination of selected trace elements in herbs and their infusions. The Science of the Total Environment 289: 33-40.
- Martin, D.V., and Bert, L.G. 2013. Collective dynamics underlying allosteric transitions in hemoglobin. Plos Computational Biology 9 (9): e1003232.
- Min, J.G., Lee, D.S., Kim, T.J., Park, J.H., Cho, T.Y., and Park, D.I. 2002. Chemical composition of *Salicornia herbacea* L. Journal of Food Science and Nutrition 7 (1): 105-107.
- Mirowski, J., Wiechuła, D., Kwapiński, J., Rochel, R., Loska, K., and Ciba, J. 1995. The occurrence of Pb, Cd, Cu, Mn, Ni, Co and Cr in selected species of medicinal plants in Poland. Bromatologia Chemia Toksykologiczna 28: 363-372.
- Nahid, P., Maghsoudi, V., Kazemi, A., and Akhoondi, E. 2014. Determining the most appropriate drying method to improve the quality and increase the storage time of saffron after harvest, the first national conference on snacks, Mashhad, Iran. [https:// civilica .com / doc / 267465](https://civilica.com/doc/267465)
- Poma, A., Fontecchio, G., Carlucci, G., and Chichiricco, G. 2012. Anti-inflammatory properties of drugs from saffron crocus. Anti-Inflammatory and Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry 11: 37-51.
- Razic, S., Onjia, A., Dogo, S., Slavkovic, L., and Popovic, A. 2005. Determination of metal content in some herbal drugs-empirical and chemo metric approach. Talanta 67: 233-239.
- Saiedian, S., Keyhani, E., and Keyhani, J. 2007. Polyphenol oxidase activity in dormant saffron (*Crocus sativus* L.) Acta Physiologiae Plantarum 29: 463-471.
- Sani, A.M., Kakhki, A.H., and Moradi, E. 2013. Chemical composition and nutritional value of saffron's pollen (*Crocus sativus* L.). Food Science and Nutrition 43: 490-496.
- WHO, 1999. Monographs on Selected Medicinal Plants (Vol. 1). World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO). 2005. Quality control methods for medicinal plant materials, WHO, Geneva, Switzerland.
- Yang, K., Wu, D., Ye, X., Liu, D., Chen, J., and Sun, P. 2013. Characterization of chemical composition of bee pollen in China. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 708-718.
- Zeraatkar, M., Kalili, Kh., and Forginagad, A. 2016. Three-dimensional model of different components of saffron (*Crocus sativus* L.). (Vol 4). Journal of Saffron Research. Birjand, Iran, p. 82-51.