

سنجش و اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی و پروتئین مغز ارقام مهم پسته ایران

مهدی محمدی مقدم^{۱*}، احمد شاکر اردکانی^۲، مجید الداغی^۳، مصطفی قاسمی^۴، مریم افروشه^۵، طاهره پروانه^۱

تاریخ ارسال: ۱۴۰۵/۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۵/۱۷

چکیده

این پژوهش با هدف اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی و پروتئین مغز ارقام مختلف پسته در ایستگاه تحقیقات پسته دامغان انجام شد. در این آزمایش، ۶ رقم پسته روی پایه بادامی زرد، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بررسی شدند. برای هر رقم، ۳ اصله درخت ۲۵ ساله، سالم و یکنواخت انتخاب و از هر درخت ۳۰ عدد پسته به صورت تصادفی برداشت شد. پس از جداسازی مغز، خشک کردن در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد، ۴۸ ساعت)، آسیاب و آماده‌سازی نمونه‌ها، میزان عناصر معدنی و پروتئین اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از نظر تمامی صفات مورد بررسی، به جز مس، در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین مقادیر آهن (۲۶/۶)، کلسیم (۱۶۳۷/۶)، منگنز (۸/۷۳) و منیزیم (۱۸۰۹/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در رقم اکبری مشاهده شد. بیشترین مقدار سدیم (۳۲۰/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در رقم خنجری، روی (۲۶/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در رقم کله‌قوچی و پتاسیم (۵۷۴۱/۶) و فسفر (۲۶۱۵/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در رقم گرمه به دست آمد. کمترین مقادیر سدیم، روی، آهن، منگنز و منیزیم در رقم عباسعلی، کمترین میزان ازت، فسفر و پروتئین در رقم شاه‌پسند و کمترین مقدار پتاسیم در رقم اکبری مشاهده شد. بیشترین و کمترین درصد پروتئین مغز به ترتیب در ارقام گرمه (۱۸/۷۴ درصد) و شاه‌پسند (۱۵/۴۷ درصد) ثبت شد، هرچند تفاوت بین ارقام گرمه، خنجری و اکبری معنی‌دار نبود. در مجموع، ارقام گرمه، اکبری و کله‌قوچی از نظر برخی شاخص‌های تغذیه‌ای مغز برتری نسبی داشتند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی و تولید ارقام با ارزش تغذیه‌ای بالاتر مورد توجه قرار گیرند.

کلمات کلیدی: ارزش غذایی، عناصر معدنی، پسته، پروتئین

^۱ بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران

^۲ ایستگاه تحقیقات پسته اردکان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

^۳ بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

^۴ بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران

^۵ هیات علمی پژوهشده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

*نویسنده مسئول: mm.moghadam52@gmail.com

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی و صادراتی ایران به شمار می‌رود که به دلیل ارزش اقتصادی بالا، سهم قابل توجهی در درآمدهای غیرنفتی کشور دارد. ایران با برخورداری از تنوع ژنتیکی گسترده در ارقام پسته، همواره در شمار بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان این محصول در جهان قرار داشته است. ارقام بومی پسته ایران به دلیل کیفیت مطلوب مغز، طعم مناسب، ارزش تغذیه‌ای بالا و بازارپسندی مطلوب، از جایگاه ویژه‌ای در بازارهای داخلی و بین‌المللی برخوردارند (پناهی و همکاران، ۱۳۸۱؛ FAO, 2023). همچنین، شرایط اقلیمی مناسب در بسیاری از مناطق پسته‌خیز کشور، در کنار تنوع بالای ارقام، موجب شده است پسته ایران از نظر ویژگی‌های کیفی و ترکیبات تغذیه‌ای اهمیت ویژه‌ای داشته باشد. در سال‌های اخیر، افزون بر شاخص‌های عملکردی، توجه پژوهشگران و مصرف‌کنندگان به کیفیت تغذیه‌ای مغز پسته و ترکیبات شیمیایی آن افزایش یافته است؛ زیرا این ترکیبات نقش مهمی در سلامت انسان، ارزش افزوده محصول و قابلیت رقابت پذیری آن در بازار دارند. کیفیت مغز پسته، علاوه بر ویژگی‌های ظاهری، به ترکیبات شیمیایی آن، به‌ویژه میزان پروتئین و عناصر معدنی، وابسته است که نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزش تغذیه‌ای این محصول ایفا می‌کنند. مغز پسته منبع غنی از پروتئین، اسیدهای

چرب مفید و عناصر معدنی ضروری مانند پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن و روی است و از این رو می‌تواند در تأمین نیازهای تغذیه‌ای انسان و حفظ سلامت نقش مؤثری داشته باشد. (Komsteiner *et al.*, 2006). همچنین، عناصر معدنی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در فرآیندهای متابولیکی، فعالیت آنزیم‌ها، تنظیم تعادل الکترولیتی و تقویت سیستم ایمنی بدن اهمیت اساسی دارند (Bolling *et al.*, 2019; Alasavar *et al.* 2009). میزان پروتئین مغز پسته نیز یکی از شاخص‌های مهم کیفیت تغذیه‌ای محسوب می‌شود و می‌تواند در رژیم‌های غذایی مبتنی بر منابع گیاهی، در تأمین بخشی از نیاز پروتئینی انسان مؤثر باشد (Komsteiner- *et al.*, 2013). ترکیب عناصر معدنی و میزان پروتئین مغز پسته تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های ژنتیکی رقم، شرایط اقلیمی، خصوصیات خاک، مدیریت تغذیه‌ای باغ و سایر عملیات زراعی قرار دارد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام پسته می‌تواند موجب اختلاف معنی‌دار در غلظت عناصر معدنی و میزان پروتئین مغز شود؛ به‌گونه‌ای که برخی ارقام از نظر ارزش تغذیه‌ای برتری محسوسی نسبت به سایرین دارند. این تفاوت‌ها نه تنها از دیدگاه تغذیه انسانی حائز اهمیت‌اند، بلکه در انتخاب ارقام مناسب برای کشت، برنامه‌های اصلاح نباتات و توسعه بازارهای صادراتی نیز نقش

تعیین کنندهای دارند. در ایران، ارقام متعددی از پسته، از جمله شاه پسند، عباسعلی، کله قوچی، خنجری، اکبری و پسته گرمه، به طور گسترده کشت می شوند که هر یک از نظر ویژگی های مورفولوژیک، عملکردی و کیفی دارای تفاوت هایی هستند. با این حال، اطلاعات جامع و مقایسه ای درباره میزان عناصر معدنی و پروتئین مغز این ارقام، به ویژه بر پایه روش های دقیق آزمایشگاهی، محدود است. از این رو، بررسی و مقایسه ترکیبات تغذیه ای مغز در ارقام مختلف پسته می تواند اطلاعات ارزشمندی درباره کیفیت تغذیه ای و قابلیت های هر رقم فراهم کند. افزون بر این، تفاوت در میزان پروتئین و عناصر معدنی مغز پسته ممکن است بر ویژگی های فیزیولوژیکی، ماندگاری محصول و حتی مقاومت آن در برابر عوامل خسارت زا و آلودگی های پس از برداشت نیز اثرگذار باشد (Miraliakbari & Shahidi, 2008).

بنابراین، ارزیابی این ویژگی های می تواند به شناسایی ارقام برتر از نظر ارزش تغذیه ای کمک کرده و مبنای علمی مناسبی برای بهبود برنامه های تغذیه ای باغ ها و ارتقای کیفیت محصول فراهم آورد. بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر، سنجش و اندازه گیری غلظت عناصر معدنی (N, P, K, Mg, Na, Ca, Fe, Zn, Mn و Cu) و میزان پروتئین مغز برخی از ارقام مهم پسته ایران شامل شاه پسند، عباسعلی، کله قوچی، خنجری، اکبری و پسته گرمه، و مقایسه آن ها از نظر ارزش تغذیه ای است. نتایج میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه

گردید. این پژوهش می تواند اطلاعات علمی و کاربردی ارزشمندی برای پژوهشگران، باغداران، برنامه های اصلاحی و صنایع فرآوری پسته فراهم آورد و در انتخاب ارقام برتر، بهبود مدیریت تغذیه ای باغ ها، ارتقای کیفیت محصول و افزایش رقابت پذیری پسته ایران در بازارهای داخلی و جهانی مؤثر باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات پسته دامغان واقع در استان سمنان انجام شد. در این باغ، فاصله کاشت درختان ۴ متر روی ردیف و ۷ متر بین ردیف ها بود و تمامی ارقام مورد بررسی بر روی پایه بادامی زرد قرار داشتند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ رقم پسته و ۳ تکرار اجرا شد. برای هر رقم، ۳ اصله درخت ۲۵ ساله، سالم و یکنواخت انتخاب گردید و هر درخت به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. سیستم آبیاری باغ غرقابی بود و مدیریت کوددهی نیز بر اساس برنامه رایج و یکسان باغ برای تمامی درختان اعمال شد. از هر درخت، ۳۰ عدد پسته به صورت تصادفی برداشت شد. پس از جداسازی مغز، خشک کردن (در آون بادامی ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت) و آسیاب، از هر تکرار یک نمونه مرکب برای اندازه گیری عناصر معدنی و پروتئین مغز تهیه شد. نمونه های مغز آسیاب و از الک عبور داده شدند.

تهیه عصاره گیاهی

۰/۳ گرم از مغز پسته آسیاب شده توزین و به

بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری منتقل شد. سپس ۳/۳ میلی لیتر از مخلوط اسیدها به آن افزوده شد. پس از اختلاط، محتویات بالن به مدت یک شب در دمای اتاق نگهداری شد. برای تهیه مخلوط اسیدی، ابتدا ۱۸ میلی لیتر آب درون ارلن مایر ریخته شد و سپس ۱۰۰ در ادامه، ۶ گرم اسید سالیسیلیک به محلول افزوده شد و با استفاده از همزن مغناطیسی، مخلوطی یکنواخت تهیه شد. روز بعد، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن، ۵ قطره آب اکسیژنه به هر نمونه افزوده شد و بالن‌ها مجدداً روی هیتر قرار داده شدند تا دما به ۲۸۰ درجه سانتی گراد برسد. پس از ۵ تا ۱۰ دقیقه حرارت‌دهی، بخار سفید ظاهر شد. سپس بالن‌ها از روی هیتر برداشته شدند و پس از خنک شدن، دوباره ۵ قطره آب اکسیژنه به آن‌ها اضافه شد و مجدداً به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه حرارت داده شدند تا بخار سفید رنگ مشاهده شود. این روند تا زمانی ادامه یافت که نمونه‌ها بی‌رنگ شدند. پس از خنک شدن نهایی، ۱۰ میلی لیتر آب به مخلوط افزوده شد و نمونه‌ها به آرامی تکان داده شدند تا بخش بیشتری از مواد رسوب کرده حل شود. در پایان، حجم محلول به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد و سپس صاف گردید (امامی، ۱۳۷۵).

داخل لوله آزمایش ریخته و در محل تقطیر دستگاه اتوماتیک تیتراسیون قرار داده و با بستن درب ایمنی اندازه‌گیری آغاز گردید. طرز کار این دستگاه بدین صورت بود که پس از بستن درب ایمنی ابتدا حجم معینی را از محلول اسید بوریک بطور اتوماتیک وارد بشر تیتراسیون شد، دریاچه بخار باز شده و بخار آب ژنراتور وارد لوله تقطیر گردید. پمپ مخصوص سود (NaOH) در دو یا سه نوبت حجم معینی از محلول سرد را وارد لوله تقطیر نمود. آمونیاک متصاعد شده بعد از تقطیر وارد محلول اسید بوریک شده و با تغییر رنگ محیط از محلول خنثی تا قلیایی حجمی از محلول تیترا (اسید کلریدریک) وارد ظرف تیتراسیون شد. تا پایان تقطیر این عمل بطور اتوماتیک ادامه پیدا کرد. وقتی حجم محلول در داخل ظرف تیتراسیون به حد معینی رسید، میکروپروپوسور دستگاه از روی رنگ محلول نقطه پایانی را تشخیص داد. عمل تقطیر قطع شده و حجم اسید مصرفی و درصد ازت توسط دستگاه بصورت اتوماتیک محاسبه شد (امامی، ۱۳۷۵).

اندازه‌گیری پتاسیم

میزان پتاسیم به روش نشر شعله ای و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل ELEA تعیین گردید. ابتدا محلول‌های استاندارد ۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر کلرید پتاسیم را تهیه کرده و منحنی استاندارد آن‌ها توسط فلیم فتومتر رسم گردید. سپس ۱۰ میلی لیتر از عصاره گیاهی را در بالن ژوژه با

اندازه‌گیری ازت

برای تعیین میزان ازت از روش کج‌لدال استفاده شد. برای این منظور ۵ میلی لیتر از عصاره تهیه‌شده را

$$(a-b) \times \frac{1}{500} \times \frac{v}{w} \times \frac{100}{D.M}$$

که در فرمول: a: کلسیم یا منیزیم در عصاره بر حسب میلی گرم در لیتر، b: غلظت کلسیم یا منیزیم در شاهد بر حسب میلی گرم در لیتر، v: حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب میلی لیتر، w: وزن نمونه جهت هضم بر حسب گرم، D.M: درصد ماده خشک گیاه

اندازه گیری فسفر

اندازه گیری میزان فسفر توسط روش اسپکتروفتومتری (مدل UV 2100) صورت گرفت بدین منظور ۲۵ گرم مولبیدات را در ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل نموده، سپس ۱/۲۵ گرم وانادات آمونیم را در ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل نموده، آنگاه محلول مولبیدات آمونیم به محلول وانادات آمونیم اضافه کرده و بعد از خشک کردن ۲۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد) اضافه کرده و با آب مقطر حجم کل به یک لیتر رسانده شد. محلول استاندارد ۱۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر را از نمک KH_2PO_4 تهیه کرده و سپس محلول های استاندارد مورد نظر شامل ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم در لیتر از آن تهیه گردید. پنج میلی لیتر از محلول عصاره گیاهی را به بالن ژوژه ریخته و حدود ۲۰ میلی لیتر معرف آمونیم مولبیدات وانادات اضافه کرده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۳۰ نانومتر غلظت فسفر در نمونه را بر حسب میلی گرم در لیتر (ppm) با ترسیم منحنی های استاندارد محاسبه گردید. میزان

آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و مقدار پتاسیم نمونه را با دستگاه فلیم فتومتر بر حسب میلی گرم در لیتر محاسبه قرائت شد (امامی، ۱۳۷۵). در نهایت با استفاده از فرمول زیر مقدار پتاسیم را بر حسب درصد وزن خشک گیاهی برآورد شد.

$$(a-b) \times \frac{1}{1000} \times \frac{v}{w} \times \frac{100}{D.M}$$

در این فرمول: a: غلظت پتاسیم در نمونه رقیق شده بر حسب میلی گرم در لیتر، b: غلظت پتاسیم در شاهد بر حسب میلی گرم در لیتر، v: حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب میلی لیتر، w: وزن نمونه گیاهی بر حسب گرم، D.M: درصد ماده خشک گیاه

اندازه گیری کلسیم و منیزیم

اندازه گیری کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 صورت گرفت (امامی، ۱۳۷۵). ابتدا محلول های استاندارد ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر کلسیم و منیزیم آماده شد و منحنی استاندارد آنها توسط دستگاه جذب اتمی رسم گردید. سپس برای اندازه گیری غلظت کلسیم و منیزیم، ۱۰ میلی لیتر از عصاره گیاهی را در بالن ژوژه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و مقدار کلسیم و منیزیم بر حسب میلی گرم در لیتر توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید و از طریق فرمول زیر میزان کلسیم و منیزیم در ماده خشک گیاهی بر حسب گرم، درصد از رابطه زیر محاسبه گردید.

فسفر در درصد ماده خشک گیاهی نیز از فرمول زیر

استفاده شد.

محاسبه گردید :

$$(a-b) \times \frac{V}{2000W} \times \frac{100}{D.M}$$

a: غلظت فسفر در نمونه بر حسب میلی گرم در لیتر، b

: غلظت فسفر در شاهد بر حسب میلی گرم در لیتر، v

: حجم نهایی عصاره در مرحله هضم بر حسب میلی لیتر،

w : وزن نمونه گیاه خشک مورد استفاده جهت هضم بر

حسب گرم، D.M : درصد ماده خشک گیاه

اندازه گیری عناصر معدنی میکرو

عصاره خشک برای قرائت آهن، روی و مس به

کار می رود. پس از تنظیم دستگاه جذب اتمی و معرفی

استاندارد مربوط به هر عنصر به صورت جداگانه، قرائت ها

انجام شد. جهت قرائت عصاره هر نمونه بطور مستقیم

به دستگاه داده شد.

۵۰ × عدد قرائت شده = محاسبه عناصر میکرو

اندازه گیری میزان پروتئین مغز پسته

برای تعیین میزان پروتئین مغز پسته، درصد

ازت کل اندازه گیری شده در ضریب تبدیل پروتئین ویژه

پسته (۵/۳) ضرب شد و بر این اساس، درصد پروتئین

مغز پسته محاسبه گردید (فاطمی، ۱۳۸۳).

روش تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار

SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت. همچنین، برای مقایسه

میانگین ها و بررسی معنی دار بودن اختلاف بین آن ها،

از آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین

ارقام پسته از نظر بیشتر ترکیبات مغز، اختلاف

معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. به

عبارت دیگر، تمامی صفات مورد بررسی در میان ارقام،

به جز عنصر مس، تفاوت معنی دار نشان دادند. در مورد

عنصر مس، اختلاف بین ارقام از نظر آماری معنی دار

نبود (جدول ۱).

میزان عناصر معدنی مغز ارقام مختلف پسته

بر اساس نتایج، بیشترین مقدار آهن (۲۶/۶)

میلی گرم در کیلوگرم)، سدیم (۳۲۰/۶ میلی گرم در

کیلوگرم)، ازت (۳/۵۳ درصد)، پتاسیم (۵۷۴۱/۶ میلی

گرم در کیلوگرم)، کلسیم (۱۶۳۷/۶ میلی گرم در

کیلوگرم)، منگنز (۸/۷۳ میلی گرم در کیلوگرم)، روی

(۲۶/۳۷ میلی گرم در کیلوگرم)، منیزیم (۱۸۰۹/۶ میلی

گرم در کیلوگرم) و فسفر (۲۶۱۵/۶ میلی گرم در

کیلوگرم) به ترتیب در ارقام اکبری، خنجری، پسته

گرمه، پسته گرمه، اکبری، اکبری، کله قوچی، اکبری و

پسته گرمه مشاهده شد. با این حال از نظر ازت ارقام

پسته گرمه، خنجری و اکبری و از نظر منگنز ارقام

اکبری و پسته گرمه تفاوت آماری معنی داری با هم

نشان ندادند. همچنین، کمترین مقدار عناصر سدیم،

روی، آهن، منگنز و منیزیم به رقم عباسعلی تعلق

داشت. رقم شاه پسند کمترین مقدار فسفر و ازت و رقم

اکبری کمترین میزان پتاسیم را دارا بودند. با اینحال ارقام خنجری و شاه‌پسند از نظر مقدار کلسیم، ارقام عباسعلی و شاه‌پسند از نظر مقدار روی و ارقام عباسعلی، کله‌قوچی و خنجری از نظر مقدار منگنز تفاوت آماری معنی داری با هم نشان ندادند (جدول ۲).

میزان مغز ارقام مختلف پسته پروتئین

میزان پروتئین موجود در مغز ارقام مختلف پسته مورد آزمایش، با استفاده از روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیشترین (۱۸/۷۴ درصد) و کمترین درصد پروتئین مغز (۱۵/۴۷ درصد)، به ترتیب در ارقام پسته گرمه و شاه‌پسند مشاهده شد. گرچه تفاوت ارقام گرمه، خنجری و اکبری معنی‌دار نبود.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که بین ارقام مختلف پسته از نظر بیشتر عناصر معدنی مغز و نیز میزان پروتئین، اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت و تنها عنصر مس از این روند مستثنی بود. از آنجا که تمامی ارقام در شرایط نسبتاً یکسان محیطی و مدیریتی، بر روی پایه یکسان و در سن مشابه ارزیابی شدند، بخش مهمی از اختلاف‌های مشاهده‌شده را می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام در جذب، انتقال، انباشت و تخصیص عناصر معدنی به مغز نسبت داد. این یافته نشان می‌دهد که رقم، یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت تغذیه‌ای مغز پسته است و می‌تواند

ترکیب شیمیایی محصول نهایی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. تفاوت میان ارقام از نظر غلظت عناصر معدنی ممکن است به تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها در ساختار و گستردگی ریشه، کارایی جذب عناصر از خاک، انتقال عناصر از ریشه به اندام‌های هوایی و در نهایت تخصیص آن‌ها به میوه و مغز مربوط باشد. افزون بر این، تفاوت در فعالیت ناقل‌های غشایی، نیاز متابولیکی بافت‌ها و سازوکارهای تنظیمی گیاه نیز می‌تواند بر غلظت نهایی عناصر در مغز اثر بگذارد (Marschner, 2012; Mengel & Kirkby, 2001). همچنین، مطالعات انجام‌شده درباره ترکیب شیمیایی مغزهای خوراکی نشان داده‌اند که اختلاف ژنتیکی بین ارقام، یکی از منابع مهم تنوع در میزان پروتئین و مواد معدنی آن‌هاست (Alasalvar *et al.*, 2009; Komsteiner *et al.*, 2006; Miraliakbari & Shahidi, 2008).

برتری رقم گرمه از نظر فسفر، پتاسیم و پروتئین می‌تواند نشان‌دهنده ظرفیت بیشتر این رقم در جذب عناصر پرمصرف، انتقال آن‌ها به اندام‌های زایشی و استفاده از آن‌ها در فرایند تشکیل و پر شدن مغز باشد. فسفر در انتقال انرژی، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، سنتز اسیدهای نوکلئیک و تشکیل ترکیبات پرانرژی سلولی نقش اساسی دارد. پتاسیم نیز در تنظیم فشار اسمزی، حفظ تعادل یونی، فعال‌سازی آنزیم‌ها، انتقال مواد فتوسنتزی و تنظیم روابط آبی گیاه مشارکت می‌کند

جدول ۱. نتایج میانگین مربعات اثر رقم پسته بر عناصر معدنی و پروتئین مغز پسته ارقام مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلسیم	روی	ازت	آهن	منگنز	منیزیم	مس	پروتئین
رقم پسته	۵	**۷۳۱۶۸۰/۶۳۳	**۷۴۴۰۸۹/۲۵۵۶	**۱۴۳۸۹/۲۸۸۹	**۱۲۶۱۵۱/۱۲	**۲۷/۹۳۹۶	**۰/۱۸۹۲۸۵	**۴۱/۲۵۸۳	**۴/۹۹۰۳	**۱۲۸۳۳۳/۷۹	ns۰/۱۰۸۶	**۵/۳۳
خطای آزمایش	۱۲	۵۰۵/۹۴۴	۳۲۰۶۹۸۸۹	۲۲/۵	۹۵۴/۲۸	۰/۳۵۷۸	۰/۰۰۲۹۶۷	۰/۲۱۶۱	۰/۰۵۶۱	۱۳۰۸/۳۳	۰/۱۰۲۸	۰/۰۸۳۳
ضریب تغییرات(%)	-	۱/۱۶	۰/۹۲	۲/۵۸	۲/۴	۲/۷۹	۱/۶۴۸	۲/۰۲	۳/۳۶	۲/۵۵	۳/۲	۱/۶۴

*اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ درصد،** دارای اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد، ns عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد

جدول ۲. مقایسه عناصر معدنی مختلف در مغز پسته ارقام مورد آزمایش (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

رقم	میانگین فسفر	میانگین پتاسیم	میانگین سدیم	میانگین کلسیم	میانگین روی	میانگین ازت	میانگین آهن	میانگین منگنز	میانگین منیزیم	میانگین مس	پروتئین
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)
شاه پسند	۱۳۳۷/۳ $\pm$ ۱۵/۰۴f	۴۴۲۶/۶ $\pm$ ۴۱/۶۳d	۱۵۴/۶ $\pm$ ۴/۱۶c	۱۱۰۳/۳ $\pm$ ۲۲/۵c	۱۸/۷۷ $\pm$ ۰/۶d	۲/۹۱ $\pm$ ۰/۰۴۷d	۲۰/۲ $\pm$ ۰/۳۶d	۶/۵۳ $\pm$ ۰/۲۱b	۱۳۰۰/۰ $\pm$ ۳۰d	۹/۶۷ $\pm$ ۰/۳۵a	۱۵/۴۷ $\pm$ ۰/۲۵d
عباسعلی	۱۶۵۲/۳ $\pm$ ۱۵/۵۳d	۵۰۴۵/۶ $\pm$ ۵۰/۰۶b	۱۳۱/۰ $\pm$ ۳c	۱۲۷۶/۶ $\pm$ ۳۷/۵b	۱۸/۵۳ $\pm$ ۰/۴۵d	۳/۱ $\pm$ ۰/۰۵۷۲c	۱۷/۱ $\pm$ ۰/۳e	۶/۰۳ $\pm$ ۰/۲۵c	۱۲۳۳/۳ $\pm$ ۲۲/۵e	۹/۹۷ $\pm$ ۰/۵a	۱۶/۵۳ $\pm$ ۰/۳۱c
کله قوچی	۱۵۶۹/۹ $\pm$ ۲۱/۷۹e	۵۰۷۸/۶ $\pm$ ۴۰/۸۷b	۱۴۶/۳ $\pm$ ۴/۰۴d	۱۲۵۵/۰ $\pm$ ۳۰b	۲۶/۳۷ $\pm$ ۰/۵۵a	۳/۲۵ $\pm$ ۰/۰۴۷۴b	۲۵/۵۷ $\pm$ ۰/۵b	۶/۱ $\pm$ ۰/۲c	۱۴۵۶/۰ $\pm$ ۳۶/۵b	۹/۶۳ $\pm$ ۰/۲۵a	۱۷/۲۷ $\pm$ ۰/۲۵b
خنجری	۲۱۳۰/۳ $\pm$ ۲۲/۱۴c	۴۷۴۰/۰ $\pm$ ۳۷/۷۵c	۳۲۰/۶۷ $\pm$ ۴/۹۳a	۱۰۵۴/۵ $\pm$ ۲۴/۰۱c	۲۰/۳۳ $\pm$ ۰/۷۱c	۳/۵۱ $\pm$ ۰/۰۶۶a	۲۵/۵ $\pm$ ۰/۴۶b	۶/۲۳ $\pm$ ۰/۲۵c	۱۳۱۸/۳ $\pm$ ۳۵/۱۲d	۹/۶۷ $\pm$ ۰/۱۵a	۱۸/۶۳ $\pm$ ۰/۳۵a
اکبری	۲۳۱۹/۳۳ $\pm$ ۲۵/۴۲b	۴۴۲۱/۰ $\pm$ ۴۱/۵۱d	۱۷۷/۰ $\pm$ ۶/۵۶b	۱۶۳۷/۶ $\pm$ ۳۶/۵۶a	۲۳/۷ $\pm$ ۰/۴۶b	۳/۴۸ $\pm$ ۰/۰۵۷۲a	۲۶/۶۳ $\pm$ ۰/۵a	۸/۷۳ $\pm$ ۰/۲۵a	۱۸۰۹/۶ $\pm$ ۴۹/۵a	۹/۹۷ $\pm$ ۰/۳a	۱۸/۴۷ $\pm$ ۰/۳۱a
پسته گرمه	۲۶۱۵/۶۷ $\pm$ ۳۰/۹۲a	۵۷۴۱/۶ $\pm$ ۵۷/۹۵a	۱۷۱/۰ $\pm$ ۵b	۱۲۹۲/۶ $\pm$ ۳۱/۵۶b	۲۰/۸۳ $\pm$ ۰/۷۵c	۳/۵۳ $\pm$ ۰/۰۴۷۴a	۲۲/۷۰ $\pm$ ۰/۶c	۸/۶۷ $\pm$ ۰/۲۵a	۱۳۸۵/۰ $\pm$ ۳۷/۷c	۱۰/۰۳ $\pm$ ۰/۲۵a	۱۸/۷۳ $\pm$ ۰/۲۵a

*حروف مشابه بعد از میانگین ها در هر ستون نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ بین آنهاست (روش آزمون چند دامنه ای دانکن).

(Marschner, 2012; Mengel & Kirby, 2001). از این رو، غلظت بیشتر فسفر و پتاسیم در مغز رقم گرمه ممکن است با کارایی بالاتر این رقم در فرایند پر شدن مغز و تجمع مواد ذخیره‌ای ارتباط داشته باشد. از دیدگاه تغذیه انسان نیز پتاسیم در تنظیم تعادل الکترولیتی، عملکرد طبیعی عضلات و انتقال پیام‌های عصبی نقش دارد و فسفر برای تشکیل استخوان و دندان، متابولیسم انرژی و ساخت برخی ترکیبات سلولی ضروری است. بنابراین، غلظت بیشتر این دو عنصر در رقم گرمه می‌تواند ارزش تغذیه‌ای آن را افزایش دهد (Bolling *et al.*, 2011; Alasalvar & shahidi, 2008).

در مقابل، پایین بودن مقادیر فسفر، نیتروژن و پروتئین در رقم شاه‌پسند می‌تواند نشان‌دهنده محدودیت نسبی این رقم از نظر برخی شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای باشد. نیتروژن از اجزای اصلی اسیدهای آمینه و پروتئین‌هاست و وضعیت تغذیه نیتروژنی گیاه می‌تواند بر سنتز و تجمع پروتئین در بافت دانه اثر بگذارد (Marschner, 2012; Mengel & Kirby, 2001). از این رو، پایین بودن هم‌زمان نیتروژن و پروتئین در رقم شاه‌پسند احتمالاً با تفاوت این رقم در جذب نیتروژن، متابولیسم نیتروژن یا تخصیص ترکیبات نیتروژنی به مغز ارتباط دارد.

رقم اکبری از نظر آهن، کلسیم، منگنز و منیزیم بیشترین مقادیر را نشان داد. این نتیجه ممکن است ناشی از تفاوت ژنتیکی این رقم در توان جذب عناصر از خاک، انتقال آن‌ها به اندام‌های زایشی و ذخیره‌سازی آن‌ها در مغز باشد. اختلاف ژنتیکی ارقام می‌تواند از طریق تأثیر بر ویژگی‌های ریشه، فعالیت ناقل‌های یونی و الگوی توزیع عناصر در گیاه، غلظت مواد معدنی اندام‌های مختلف را تغییر دهد (Marschner, 2012).

آهن در انتقال الکترون و بسیاری از واکنش‌های اکسایش و کاهش مشارکت دارد و برای فعالیت برخی آنزیم‌ها ضروری است. منگنز نیز در فعالیت آنزیمی، فرایند فتوسنتز و واکنش‌های اکسایش و کاهش نقش دارد. منیزیم از اجزای ساختاری کلروفیل است و در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها و فرایندهای مرتبط با انتقال انرژی شرکت می‌کند. کلسیم نیز در پایداری غشا، استحکام دیواره سلولی و پیام‌رسانی سلولی نقش مهمی دارد (Marschner, 2012; Mengel & Kirby, 2001). بنابراین، برتری رقم اکبری از نظر این عناصر می‌تواند نشان‌دهنده ظرفیت مطلوب‌تر آن برای جذب و تجمع برخی عناصر معدنی ضروری باشد.

از نظر تغذیه‌ای نیز آهن، کلسیم، منگنز و منیزیم از عناصر ضروری رژیم غذایی انسان به شمار می‌روند و مغزهای خوراکی می‌توانند بخشی از نیاز روزانه به این عناصر را تأمین کنند. در نتیجه، غلظت بیشتر این عناصر در مغز رقم اکبری ممکن است مزیتی برای کیفیت تغذیه‌ای این رقم محسوب شود (Komsteiner *et al.*, 2006; Bolling *et al.*, 2011; Alasalvar *et al.*, 2009). باین حال، برای نتیجه‌گیری

ظرفیت کمتری برای جذب، انتقال یا تجمع این عناصر در مغز داشته است. با این حال، غلظت عناصر در مغز تنها تابع جذب ریشه‌ای نیست و عواملی مانند اندازه مغز، مقدار عملکرد، شدت باردهی، وضعیت رشد رویشی، زمان رسیدگی و نحوه توزیع مواد در اندام‌های گیاه نیز می‌توانند بر آن اثر بگذارند (Marschner, 2012; Mengel & Kirkby, 2001). افزایش عملکرد یا اندازه مغز نیز ممکن است از طریق «اثر رقیق‌شدگی» موجب کاهش غلظت برخی عناصر شود؛ به این معنا که با افزایش ماده خشک، مقدار عنصر در حجم یا جرم بیشتری از بافت توزیع می‌شود. بنابراین، پایین‌تر بودن غلظت برخی عناصر در رقم عباسعلی الزاماً به معنای جذب کمتر آن‌ها از خاک نیست و ممکن است با تفاوت در عملکرد، وزن مغز یا نحوه تخصیص مواد غذایی ارتباط داشته باشد (Marschner, 2012). برای تفسیر دقیق‌تر این نتیجه، بهتر است غلظت عناصر در کنار عملکرد، وزن خشک مغز و مقدار کل عنصر انباشته‌شده در هر درخت بررسی شود. از نظر کیفیت تغذیه‌ای محصول، ارقامی که مقدار بیشتری از عناصر ضروری و پروتئین را در مغز ذخیره می‌کنند، ممکن است ارزش تغذیه‌ای بیشتری داشته باشند. با این حال، ارزیابی کامل ارزش غذایی باید با در نظر گرفتن اندازه سهم مصرف، قابلیت هضم پروتئین، ترکیب اسیدهای آمینه، فراهمی زیستی عناصر و سایر ترکیبات شیمیایی انجام شود

دقیق‌تر درباره ارزش تغذیه‌ای، باید علاوه بر غلظت کل عناصر، فراهمی زیستی آن‌ها و حضور ترکیباتی مانند اسید فیتیک نیز بررسی شود؛ زیرا غلظت بیشتر یک عنصر الزاماً به معنای جذب بیشتر آن در بدن انسان نیست (Kornsteiner et al., 2006).

بیشترین غلظت روی در رقم کله‌قوچی مشاهده شد. این تفاوت نیز ممکن است به ویژگی‌های ژنتیکی رقم در جذب، انتقال و انباشت روی در مغز مربوط باشد. جذب و توزیع روی در گیاه تحت تأثیر ویژگی‌های ریشه، فعالیت ناقل‌های غشایی، وضعیت شیمیایی خاک، برهم‌کنش با سایر عناصر و نیاز متابولیکی بافت‌های گیاهی قرار دارد (Marschner, 2012; Mengel & Kirby, 2001).

روی برای فعالیت شمار زیادی از آنزیم‌ها، تنظیم بیان ژن، سنتز پروتئین، حفظ پایداری غشا و رشد طبیعی گیاه ضروری است (Marschner, 2012). این عنصر در تغذیه انسان نیز در عملکرد آنزیم‌ها، سنتز پروتئین، عملکرد طبیعی دستگاه ایمنی و رشد و ترمیم بافت‌ها مشارکت دارد. بنابراین، غلظت بیشتر روی در مغز رقم کله‌قوچی می‌تواند از دیدگاه تغذیه‌ای یک ویژگی مطلوب تلقی شود (Alasalvar et al., 2009; Bolling et al., 2011).

کمترین مقادیر سدیم، روی، آهن، منگنز و منیزیم در رقم عباسعلی مشاهده شد. این یافته ممکن است نشان دهد که این رقم، در شرایط اجرای آزمایش،

سایر عناصر نیز می‌توانند غلظت نهایی آن را در اندام‌های گیاهی تحت تأثیر قرار دهند (Marschner, 2001; Mengel & Kirby, 2012). از این رو، احتمال دارد یکنواختی نسبی شرایط خاک و مدیریت تغذیه در محل آزمایش نیز در کاهش اختلاف میان ارقام مؤثر بوده باشد.

پروتئین مغز پسته یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای این محصول به‌شمار می‌رود و می‌تواند نقش مهمی در تأمین پروتئین رژیم غذایی انسان، به‌ویژه در رژیم‌های گیاه‌پایه، ایفا کند (Bolling et al. 2019; Komsteiner-Krenn et al., 2013). پسته و سایر مغزها به‌عنوان منابع مهم پروتئین گیاهی با کیفیت تغذیه‌ای بالا معرفی شده‌اند. نتایج مربوط به میزان پروتئین مغز ارقام مختلف پسته نشان داد که بیشترین درصد پروتئین (۱۸/۷۴ درصد) در رقم پسته گرمه و کمترین آن (۱۵/۴۷ درصد) در شاه‌پسند به دست آمد، اگرچه تفاوت میان گرمه، خنجری و اکبری معنی‌دار نبود. این نتیجه نشان می‌دهد که اگرچه رقم گرمه از نظر عددی بیشترین پروتئین را داشت، نمی‌توان آن را از نظر آماری برتر از ارقام خنجری و اکبری دانست. همسویی مقادیر بالاتر پروتئین با غلظت بیشتر نیتروژن در ارقام برتر، نقش نیتروژن را در تشکیل پروتئین مغز تأیید می‌کند. نیتروژن از اجزای اصلی اسیدهای آمینه و پروتئین‌هاست و تفاوت ارقام در جذب نیتروژن، همانندسازی آن، سنتز اسیدهای آمینه و

(Alasalvar & Shahidi, 2008; Alasalvar et al., 2011; Bolling et al. 2009).

عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در میزان مس مغز ارقام مختلف پسته نشان می‌دهد که تغییرات این عنصر در شرایط مطالعه محدودتر از سایر عناصر بوده است. این نتیجه می‌تواند بیانگر آن باشد که غلظت مس در مغز پسته کمتر تحت تأثیر تفاوت‌های ژنتیکی ارقام قرار گرفته یا دامنه تغییرات آن به دلیل سازوکارهای تنظیمی گیاه محدود شده است. مس یک عنصر کم‌مصرف ضروری است و گیاهان برای جلوگیری از کمبود یا سمیت آن، جذب، انتقال و ذخیره‌سازی آن را به‌طور نسبتاً دقیقی تنظیم می‌کنند (Marschner, 2012). مس در فعالیت برخی آنزیم‌ها، انتقال الکترون، فتوسنتز، تنفس و واکنش‌های اکسایش و کاهش نقش دارد؛ اما تجمع بیش از حد آن می‌تواند برای سلول‌های گیاهی سمی باشد. به همین دلیل، سازوکارهای هم‌ایستایی یا هموستازی، غلظت این عنصر را در بافت‌های گیاهی در محدوده معینی حفظ می‌کنند (Marschner, 2012). بنابراین، نبود اختلاف معنی‌دار بین ارقام ممکن است ناشی از کنترل هموستاتیک مس و نیاز متابولیکی نسبتاً مشابه ارقام باشد (Mengel & Kirby, 2001). با این حال، نبود اختلاف معنی‌دار به معنای بی‌تأثیر بودن کامل ژنوتیپ بر جذب و تجمع مس نیست. مقدار مس قابل جذب خاک، واکنش خاک، ماده آلی، رطوبت، فعالیت ریشه و برهم‌کنش مس با

انتقال ترکیبات نیتروژنی به دانه می تواند موجب اختلاف در میزان پروتئین مغز شود (Marschner, 2012; Mengel & Kirkby, 2001). تفاوت ژنتیکی در میزان پروتئین و ترکیب شیمیایی مغز پسته و سایر مغزهای خوراکی نیز در مطالعات گذشته گزارش شده است (Alasalvar & Shahidi, 2008; Alasalvar *et al.*, 2009; Miraliakbari & Shahidi, 2008).

نتیجه گیری کلی

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که رقم پسته نقش مهمی در تعیین ترکیب غذایی مغز دارد و می تواند به طور معنی داری بر غلظت بیشتر عناصر معدنی و میزان پروتئین اثر بگذارد. برتری برخی ارقام از نظر فسفر، پتاسیم، آهن، کلسیم، منگنز، منیزیم، روی و پروتئین نشان می دهد که تفاوت های ژنتیکی میان ارقام، یکی از عوامل اصلی ایجاد تنوع در کیفیت تغذیه ای پسته است. از سوی دیگر، یکنواختی نسبی در میزان مس بیانگر آن است که همه عناصر به یک میزان تحت تأثیر رقم قرار نمی گیرند و برخی از آن ها بیشتر تحت کنترل سازوکارهای هموستاتیک گیاه هستند. بنابراین، انتخاب رقم مناسب می تواند در بهبود ارزش تغذیه ای محصول و نیز در برنامه های اصلاحی و مدیریتی باغ های پسته اهمیت ویژه ای داشته باشد. بر این اساس، ارقامی که از نظر تجمع عناصر معدنی و پروتئین در مغز برتری دارند، می توانند برای مصرف تازه خوری و همچنین استفاده در صنایع غذایی، گزینه های مطلوب تری باشند. رقم گرمه از نظر فسفر،

پتاسیم و پروتئین، رقم اکبری از نظر آهن، کلسیم، منگنز و منیزیم و رقم کله قوچی از نظر روی وضعیت مطلوب تری داشتند. در مقابل، رقم شاه پسند کمترین مقدار فسفر، نیتروژن و پروتئین و رقم عباسعلی کمترین مقادیر چند عنصر معدنی را نشان داد. این تفاوت ها می تواند به اختلاف ژنتیکی ارقام در جذب، انتقال و تخصیص عناصر و ترکیبات نیتروژنی مربوط باشد؛ هرچند اثر عواملی مانند عملکرد، اندازه مغز و رقیق شدگی عناصر نیز باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شود. در مجموع، رقم گرمه به دلیل برخورداری از بیشترین مقدار عددی پروتئین و مقادیر بالاتر فسفر و پتاسیم، از ظرفیت مطلوبی از نظر برخی شاخص های تغذیه ای برخوردار بود. این ویژگی ها می تواند رقم گرمه را به گزینه ای مناسب برای مصرف تازه خوری و استفاده در صنایع غذایی تبدیل کند. با این حال، برای ارائه توصیه نهایی، لازم است ویژگی هایی مانند عملکرد، درصد خندانی، اندازه مغز، ترکیب اسیدهای آمینه، قابلیت هضم پروتئین، ترکیب اسیدهای چرب، ویژگی های حسی و بازارپسندی نیز بررسی شوند؛ زیرا کیفیت نهایی پسته حاصل مجموعه ای از ویژگی های تغذیه ای، فیزیکی و تجاری است.

systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. *Nutrition Research Reviews*, 24(2), 244–275.

<https://doi.org/10.1017/S095442241100014X>

FAO. (2023). *FAOSTAT statistical database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat>

Kornsteiner-Krenn, M., Wagner, K.-H., & Elmadfa, I. (2013). *Phytosterol content and fatty acid pattern of ten different nut types*. International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 83(5), 263–270.

Kornsteiner, M., Wagner, K.H., & Elmadfa, I. (2006). Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, 98(2), 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.033>

Marschner, P. (Ed.). (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press/Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>

Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principles of plant nutrition* (5th ed.). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2>

Miraliakbari, H., & Shahidi, F. (2008). Lipid class compositions, tocopherols and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. *Journal of Food Lipids*, 15, 81–96.

منابع

پناهی، ب.، اسماعی پور، ع.، فربود، ف.، مؤذن پور

کرمانی، م. و فریور مهین، ح. (۱۳۸۱). راهنمای پسته (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات آموزش کشاورزی، تهران.

فاطمی، ح. (۱۳۸۳). شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار. تهران. ۱۴۶ ص.

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه.

انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ج ۱، ۱۲۸ ص.

Alasalvar, C.T., Shahidi, F., Amaral, J. S., & Oliveira, B. P. P. (2009). Natural antioxidants in tree nuts. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111, 1056–1062.

Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2008). *Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects*. CRC Press.

Bolling, B. W., McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2019). The phytochemical composition and antioxidant actions of tree nuts. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 19(1), 117–23.

Bolling, B. W., et al. (2011). Tree nut phytochemicals: Composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A

Assessment and Measurement of Mineral Elements and Protein Content in the Kernels of Major Iranian Pistachio Cultivar

Mehdi Mohammadi Moghadam^{1*}, Ahmad Shakerardekani², Majid Aldaghi³, Mostafa Ghasemi⁴, Maryam Afrousheh⁵, Tahereh Parvaneh¹

Abstract

This study was conducted to determine the mineral element and protein contents of kernels from different pistachio cultivars at the Damghan Pistachio Research Station, Semnan Province, Iran. Six pistachio cultivars grafted onto Badami Zarand rootstock were evaluated in a completely randomized design with three replications. Three healthy, uniform 25-year-old trees were selected for each cultivar, and 30 nuts were randomly collected from each tree. After kernel separation, samples were oven-dried at 70°C for 48 h, ground, and prepared for mineral and protein analyses. Analysis of variance revealed significant differences among cultivars for all measured traits except copper at the 1% probability level. The highest concentrations of iron (26.6), calcium (1637.6), manganese (8.73), and magnesium (1809.6 mg kg⁻¹) were recorded in the Akbari cultivar. The highest sodium concentration (320.6 mg kg⁻¹) was observed in Khanjari cultivar, the highest zinc concentration (26.37 mg kg⁻¹) in Kaleh-Ghouchi cultivar, and the highest potassium (5741.6 mg kg⁻¹) and phosphorus (2615.6 mg kg⁻¹) concentrations in Germeh cultivar. The lowest levels of sodium, zinc, iron, manganese, and magnesium were found in Abbasali, whereas Shahpasand had the lowest nitrogen, phosphorus, and protein contents, and Akbari had the lowest potassium concentration. Kernel protein content ranged from 15.47% in Shahpasand cultivar to 18.74% in Germeh cultivar, although differences among Germeh, Khanjari, and Akbari was not significant. Overall, Germeh, Akbari, and Kaleh-Ghouchi cultivars showed superior nutritional characteristics for several kernel quality traits and may serve as valuable genetic resources in pistachio breeding programs aimed at improving nutritional quality.

Keywords: *Nutritional value, Mineral elements, Pistachio, Protein.*

^{1*} Crop and Horticultural Sciences Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran

² Ardakan Pistachio Research Station, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Yazd Province, AREEO, Yazd, Iran

³ Plant Protection Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

⁴ Crop and Horticultural Sciences Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Qazvin Province, AREEO, Qazvin, Iran

⁵ Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

* Corresponding author: mm.moghadam52@gmail.com.