



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی ارزش غذایی و ویژگی های فیتوشیمیایی گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea*L.) در

رویشگاه های مختلف استان خوزستان

الناز جعفری^۱، مریم کلاهی^{۲*}، رویا آزادی^۳، الهام محجل کاظمی^۴ و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیمی، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- دانشیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- دانشیار گروه علوم گیاهی، زیست سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۵- پژوهشکده کشاورزی هسته ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، کرج، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۲۶

کلمات کلیدی:

اسفناج،

ارزش غذایی،

عوامل محیطی،

فلزات سنگین،

فیتوشیمیایی.

DOI: 10.22034/FSCT.22.166.125.

* مسئول مکاتبات:

m.kolahi@scu.ac.ir,
r.azadi@scu.ac.ir

این مطالعه به بررسی میزان رنگدانه های فتوسنتزی ترکیبات شیمیایی نمونه های اسفناج جمع آوری شده از رویشگاه های مختلف استان خوزستان پرداخته است. نتایج نشان داد که مقادیر کلروفیل ها و سایر رنگدانه ها در این نمونه ها تفاوت های معناداری داشته است. بیشترین میزان کلروفیل a در حمیدیه و شادگان مشاهده شد، در حالی که بیشترین میزان کلروفیل b در حمیدیه دیده شد. در بررسی ترکیبات شیمیایی، بیشترین میزان کربوهیدرات در حمیدیه و کمترین در رامهرمز بود. میزان پروتئین کل در شادگان کمترین مقدار را داشت. همچنین، مقادیر ویتامین ها و عناصر معدنی مختلف نیز در نمونه ها تفاوت های معناداری را نشان داد. بیشترین ویتامین C در آبادان، ویتامین E در دزفول و حمیدیه، ویتامین B₁₂ در رامهرمز و شوش و اسید فولیک در رامهرمز مشاهده گردید. در بررسی عناصر معدنی، بیشترین میزان کلسیم در دزفول، مس در شوش، آهن در دزفول و منیزیم در رامهرمز بود. علاوه بر این، مقادیر فلزات سنگین شامل روی، سرب و کادمیوم در نمونه های مختلف تفاوت معناداری داشتند. همچنین، ظرفیت آنتی اکسیدانی اسفناج جمع آوری شده از شادگان کمترین مقدار را داشت و هدایت الکتریکی اسفناج رامهرمز بیشترین مقدار را نشان داد. نتایج این مطالعه نشان دهنده تفاوت های معنادار در ترکیبات شیمیایی و ویژگی های فیزیکی اسفناج جمع آوری شده از رویشگاه های مختلف استان خوزستان است. این تفاوت ها می تواند ناشی از عوامل محیطی مانند خاک، دما، رطوبت و شرایط جغرافیایی مختلف باشد که بر رشد و ترکیبات اسفناج تأثیر می گذارند. این اطلاعات می تواند به بهبود درک ما از تأثیر محیط بر کیفیت مواد غذایی و بهینه سازی شرایط کشت در مناطق مختلف کمک کند.

۱-مقدمه

گیاه اسفناج با نام علمی *Spinaciaoleraceae* L. یکی از مهم‌ترین سبزیجات برگی در جهان بشمار می‌رود که به دلیل ارزش غذایی و خواص دارویی آن موردتوجه شمار زیادی از پژوهشگران و تولیدکنندگان قرار گرفته است. اسفناج به تیره اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) تعلق دارد، خانواده کنوپودیاسه با ۱۰۵ جنس و ۱۴۰۰ گونه از پراکندگی وسیعی در سطح دنیا برخوردار می‌باشد (۱). در ایران، گیاه اسفناج به‌طور گسترده در مناطق مختلف کشت می‌شود و گونه‌های خودروی آن در کوهپایه‌های بسیاری از کوهستان‌های ایران از جمله دامنه‌های شمالی الوند، دامنه‌های جنوبی البرز و کوه‌های زاگرس فراوان است. تنوع اقلیمی کشور امکان بررسی ویژگی‌های فیتوشیمیایی و ارزش غذایی آن را در شرایط محیطی متفاوت فراهم می‌کند (۲). کشور چین با تولید ۱۸,۷۸۲,۹۶۱ تن بزرگ‌ترین تولیدکننده اسفناج در دنیا محسوب می‌شود و ۸۹/۹ درصد تولید جهانی اسفناج را به خود اختصاص داده است. کشورهای ایالات متحده آمریکا، ژاپن، ترکیه و اندونزی در رده‌های بعد از چین قرار دارند، ایالات متحده آمریکا با تولید ۴۰۹۳۰۶۰ تن، در رتبه دوم تولید اسفناج در جهان قرار دارد. کشور ایران نیز با تولید ۱۰۵۳۵۱ تن که ۰/۵ درصد تولید جهانی است، رتبه‌ی هفتم را به خود اختصاص داده است (۳). اسفناج از مهم‌ترین سبزی‌های برگی است که دارای ارزش غذایی مهمی بوده و برگ‌های آن به‌صورت تازه و یا فرآوری شده مصرف می‌شود (۴). اسفناج منبع غنی از ویتامین‌های A، C، E، کلسیم، آهن و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است که نقش مهمی در تقویت سیستم ایمنی، پیشگیری از بیماری‌های مزمن و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو ایفا می‌کنند (۵). تحقیقات نشان می‌دهد، بالاترین ارزش ظرفیت جذب رادیکال‌های اکسیژن در بین سبزی‌ها به اسفناج تعلق دارد (۶). از سوی دیگر برگ‌های اسفناج در حدود ۳٪ پروتئین و ۳٪ املاح معدنی از قبیل آهن، امگا ۳، پتاسیم و مقدار زیادی کلسیم است دارا هستند، اگرچه این فرم کلسیم در بدن انسان قابل جذب نیست (۷).

میزان اگزالیک اسیدهای اسفناج ایرانی بسیار کمتر از مقدار گزارش شده در ارقام خارجی است (۴). برگ تازه اسفناج حاوی ۲۰ درصد آسکوربیک اسید، کاروتنوئید که شامل β کاروتن (پرو ویتامین A) و لوتئین، فولات (ویتامین B₁) فیلوکوئین (ویتامین K₁) و α -توکوفرول (ویتامین E) می‌باشد (۸). برگ اسفناج دارای ۳/۲ درصد پروتئین می‌باشد که بر اساس مطالعات به نظر می‌رسد باعث کاهش کلسترول خون می‌شود (۹). ۰/۶ درصد چربی در برگ‌های اسفناج گزارش شده است که ترکیبات لینولنیک اسید (۳- ω) و لینولنیک اسید (۶- ω) از جمله مهم‌ترین اسیدهای چرب برگ این گیاه می‌باشند (۱۰). اسفناج غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله بتاکاروتن و لوتئین است که ضد سرطان می‌باشند، مصرف بتاکاروتن بهبودی عملکرد ریه و کاهش خطر دیابت را به همراه دارد. بذر اسفناج نیز دارای ویژگی‌هایی از جمله خاصیت آرام‌بخشی، کاهش التهاب روده و معده و به دلیل داشتن مقدار زیادی ماده موسیلاژ خاصیت تب‌بری نیز دارد (۹). پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که عوامل محیطی مانند نوع خاک، بارندگی، شدت نور و دمای محیط تأثیر معناداری بر تجمع ترکیبات متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاهان دارند. این ترکیبات شامل کلروفیل، کارتنوئیدها، فلاونوئیدها و فنول‌ها هستند که در فرآیندهای حیاتی گیاه و همچنین در سلامت انسان نقش کلیدی دارند. علاوه بر این، تجمع فلزات سنگین در گیاهان به دلیل شرایط زیست‌محیطی می‌تواند بر کیفیت و ایمنی محصولات تأثیر بگذارد. با توجه به تنوع اقلیمی استان خوزستان، این پژوهش باهدف بررسی تغییرات فیتوشیمیایی، ارزش غذایی و تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از مناطق مختلف این استان طراحی شد. نتایج این تحقیق می‌تواند به شناخت بهتر تأثیر عوامل محیطی بر کیفیت گیاهان دارویی و خوراکی کمک کرده و راهکارهایی برای بهینه‌سازی کشت در مناطق مشابه ارائه دهد بر این اساس، تحقیق حاضر باهدف بررسی ارزش غذایی و ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه

رابطه ۴

$$\text{Carotenoid } (\mu\text{g/mL}) = (1000 A_{470} - 1.82 \text{Chl a} - 85.02 \text{Chl b}) / 198$$

$$W = \text{وزن گیاهچه} \quad V = \text{حجم عصاره}$$

سنجش میزان رنگیزه غیرفتوستتزی آنتوسیانین مطابق با روش اصلاح شده کارتنا^۱ و همکاران صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری آنتوسیانین به ۲ mL از عصاره اسفناج، متانول اسیدی (۱۰ mL) و هیدروکلریدریک اسید (۱ mL) اضافه کرده و پس از سانتیفریوژ، جذب عصاره رویی در طول موج ۵۵۰ nm در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. (ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ (L/mol.cm) (۱۲).

رابطه ۵

$$A = \epsilon bc$$

سنجش ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه اسفناج

جهت اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات گیاه اسفناج از روش فنول - سولفوریک اسید استفاده شد. ۱ mL عصاره، ۰/۵ mL فنول ۵٪ و ۲/۵ mL سولفوریک اسید ۹۸٪ مخلوط شد. پس از ۴۵ min، میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ nm خوانده شد (۱۳). میزان پروتئین کل به روش لوری اندازه‌گیری شد. ۰/۵ mL از عصاره بافری (بافر فسفات با pH=۷)، ۲/۵ mL از معرف ABC مخلوط شد و به مدت ۱۵ min جهت انجام واکنش در دمای اتاق نگهداری شد. پس از آن به محتویات لوله‌های آزمایش ۱/۵ mL معرف فولین اضافه شد. در نهایت بعد از ۴۵ min نگهداری، جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۰ nm خوانده شد (۱۴).

معرف فولین ۲N: ۵ mL فولین، ۵۰ mL آب مقطر معرف A: ۲g سود، ۱۰g سدیم کربنات، ۱۰۰ mL آب مقطر (توجه: این محلول بین ۲۴ تا حداکثر ۴۸ ساعت قابلیت نگهداری دارد و در صورت رسوب دادن و کدر شدن امکان استفاده از آن وجود ندارد).

اسفناج در رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان به اجرا در آمد که نتایج حاصل از آن می‌تواند برای نقاط مشابه از لحاظ اقلیمی مورد استفاده واقع شود.

۲- مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و جمع‌آوری گیاه اسفناج گیاه اسفناج در اواخر سال ۱۴۰۰ از شهرهای آبادان، شادگان، رامهرمز، حمیدیه، شوش و دزفول در فصل زمستان جمع‌آوری شد. صحت گونه گیاهی اسفناج توسط بخش زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز مورد شناسایی و تأیید قرار گرفت. جهت سنجش ترکیبات فیتوشیمیایی برگ‌های اسفناج جمع‌آوری‌شده فریز شدند و سپس در هاون له گردید.

عصاره‌گیری گیاه اسفناج به روش ماسیراسیون عصاره‌گیری با دستگاه شیکر به صورت ۱/۳g وزن تر گیاه اسفناج و با ۱۵ mL حلال اتانول ۷۰٪ به مدت ۲۴h در دمای محیط انجام شد. سپس سوسپانسیون حاصل سانتیفریوژ و بعد صاف شد.

سنجش میزان رنگدانه‌های فتوستتزی گیاه اسفناج

سنجش رنگیزه‌های فتوستتزی و کارتنوئید به روش Lichtenthaler انجام شد. برای اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوستتزی، جذب عصاره در طول موج‌های ۴۷۰ nm، ۶۶۳ nm و ۶۴۶ nm با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. با استفاده از روابط (۱ تا ۴) مقادیر رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید محاسبه گردید (۱۱).

رابطه ۱

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/mL}) = (12.25 A_{663.2}) - (2.79 A_{646})$$

رابطه ۲

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/mL}) = (21.50 A_{646.8}) - (5.1 A_{663})$$

رابطه ۳

$$\text{Chl T } (\mu\text{g/mL}) = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

شد. ۵ قطره از محلول اورتوفسفریک اسید ۵٪ به آن اضافه و تیتراسیون با رنگ دی‌کلروفنول‌ایندوفنول ۰/۱٪ انجام شد. مقدار رنگ مصرفی تا تغییر رنگ از حالت بی‌رنگ به رنگ پوست‌پیزی یادداشت و مقدار ویتامین ث برحسب میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش گردید (۱۸). سنجش ویتامین E طبق روش PilarPrieto انجام گرفت. ۱ g گیاهچه اسفناج در شرایط بدون نور در لوله آزمایش ریخته و ۱۰ mL n-هگزان اضافه شده و به سرعت به مدت ۱۵ min سانتریفیوژ گردید؛ از محلول رویی ۳ mL را به لوله فالتکون دیگر منتقل شد. در پایان با استفاده از کیت موناباید (Vit E Acculite CLIA Kits, Monobind Inc.USA) توسط دستگاه HPLC مدل COHESIVE سنجیده شد (۱۹). سنجش ویتامین B₁₂ به روش کومادها انجام شد. به ۴ g گیاهچه اسفناج، ۲۴ mL محلول (g ۰/۳۱ سدیم استات و g ۰/۹۲ استیک اسید، pH=۴، ۲۵۰ mL آب مقطر)، ۱ mL محلول (g ۰/۲۵ سدیم سیانید، ۲۵ mL آب مقطر) و g ۰/۲۵ آلفا آمیلاز اضافه کرده و ۳۰ دقیقه در دمای ۴۲ °C قرار داده شد. pH به ۴/۸ رسانده شد. مخلوط دوباره در حمام آب گرم ۹۸ °C به مدت ۳۰ min قرار گرفت. پس از آن در سانتریفیوژ یخچال‌دار قرار گرفت (۱۵ min، دمای ۴ °C و دور ۴۰۰۰). در پایان با استفاده از کیت موناباید (Vit B₁₂ Acculite CLIA Kits, Monobind Inc.USA) توسط دستگاه الایزا مدل DANA سنجیده شده است (۲۰). برای استخراج فولات کل نیز همانند استخراج فولات آزاد انجام شد. ۵ g گیاه اسفناج با ۱۰ mL بافر فسفات حاوی آسکوربیک اسید ۱٪ هموژن شد، در ادامه α آمیلاز (۵۰۰ μL)، پروتئاز (۷/۵) و سرم موش (۲ mL) به نمونه اضافه شد. در پایان به کیت سنجش فولات کل Folat, Acculite ELISA (Kits, Monobind Inc.USA) انتقال داده و توسط دستگاه الایزا به مدل (DANA) سنجیده شد (۲۱).

معرف B: ۱g سولفات مس آبدار، ۰/۲۵mL سولفوریک اسید، ۲۵ mL آب مقطر.

معرف C: ۴/۹۱g سدیم پتاسیم تارتارات ۴ آبه، ۱۰۰mL آب مقطر.

معرف ABC: ۱۵ mL معرف A، ۰/۷۵mL معرف B، ۰/۷۵mL معرف C.

اندازه‌گیری میزان فنول کل از روش اسلینکارد و سینگلتن با آزمون فولین-سیوکالیتو انجام شد. ۰/۲mL عصاره، ۱mL ۱/۵ سدیم کربنات ۵٪ و ۱/۵ mL معرف فولین ۱۰٪ مخلوط شد پس از نگهداری به مدت ۶۰ min در تاریکی نگهداری، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (۱۵). برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید، از روش چنگ و همکاران استفاده شد. ۱mL عصاره، ۱mL آلومینیوم کلرید ۶ آبه ۲٪ و ۱/۵ mL محلول سدیم استات سه آبه ۵٪ مخلوط شد. بمدت ۱۵۰ min در تاریکی نگهداری و جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۴۰nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (۱۶). جهت اندازه‌گیری میزان فلاونول کل از روش کوماران و همکاران استفاده گردید. ۰/۵ mL عصاره، ۱/۵mL اتانول ۹۶٪ و ۱mL آلومینیوم کلرید شش آبه ۱۰٪ مخلوط شد. سپس ۰/۱mL سدیم استات سه آبه ۱M و در انتها ۲/۸ mL آب مقطر به محلول قبلی اضافه شد. بمدت ۳۰ min در تاریکی نگهداری و جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۳۰nm قرائت گردید (۱۷).

سنجش میزان ویتامین‌های مختلف در گیاه اسفناج

جهت اندازه‌گیری ویتامین ث، از روش هرناندز و همکاران بر اساس تیتراسیون با رنگ دی‌کلروفنول‌ایندوفنول (DCIP) استفاده شد. مقدار ۱mL عصاره با آب مقطر به حجم (mL ۵) رسانده شد. سپس به مدت ۶۰min روی شیکر قرار داده

سنجش فلزات سنگین و عناصر معدنی در گیاه

اسفناج

طبق روش دنیلو همکاران با استفاده از دستگاه ICP اندازه‌گیری میزان کلسیم، مس، آهن، منیزیم، روی، سزیم، سرب و کادمیوم انجام شد. در این روش ابتدا مقدار ۰/۵ g از نمونه‌ی خشک اندام هوایی توزین و به‌خوبی پودر شد. پس از انتقال به بشر ۱۰۰ mL، مقدار ۱۰ mL اسید نیتریک ۶۵٪ به آن اضافه گردید. سپس به‌منظور هضم نمونه‌های گیاهی در اسید و تغییر رنگ آن به رنگ قهوه‌ای، به مدت ۲۴ h زیر هود نگهداری شد. بعد از آن به جهت خروج بخارات اسیدی محلول حاصل، روی هیتز با دمای ۹۰°C قرار داده شد. پس از خنک‌شدن برای شفاف‌شدن محلول مقدار ۱ mL آب اکسیژنه‌ی ۳۰٪ به آن افزوده و دوباره حرارت داده تا بخارات اسیدی قهوه‌ای‌رنگ به طور کامل خارج شدند. پس از خنک‌شدن تمامی عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی در بالن حجمی ۲۵ mL با آب مقطر به حجم رسانیده شدند. با استفاده از دستگاه ICP غلظت فلزات سنگین کلسیم، مس، آهن، منیزیم، روی، سزیم، سرب و کادمیوم اندازه‌گیری و برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شد (۲۲).

سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه به روش ABTS

سنجش رادیکال آزاد ABTS توسط روبرتا و همکاران انجام شد. برای تهیه‌ی محلول پایه ABTS، ابتدا ۵ mL از محلول ABTS (مقدار ۹۶/۰۲ mg از ABTS وزن و توسط بافر استیک‌اسید (g ۰/۲۳ استات سدیم، ۰/۲ mL استیک‌اسید، ۵۰ mL آب مقطر، pH=۴/۵) به حجم ۲۵ mL رسانده شد). را با ۵ mL از محلول پتاسیم‌پرسولفات (۱۷ mg) از پتاسیم‌پرسولفات، ۲۵ mL بافر استیک‌اسید) (به نسبت مساوی) مخلوط و به مدت ۱۲-۱۶ h در تاریکی و در یخچال نگهداری شد. سپس محلول تهیه شده را به نسبت ۱ به ۱۶ (۱۵۰ mL محلول پایه ABTS و ۲۴۰۰ mL بافر) با بافر استیک اسید رقیق کرده تا جذب آن در طول موج ۷۳۴ nm به ۰/۷ برسد. پس از آن به ۲/۸ μL از همین محلول رقیق شده ۰/۲ mL از عصاره‌های تهیه شده اضافه کرده و بعد از ۶ min جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۳۴ nm خوانده شد (۲۳).

رابطه ۶

جذب کنترل / ۱۰۰ × (جذب نمونه - جذب کنترل) = درصد مهارکنندگی

سنجش هدایت الکتریکی گیاه

با استفاده از دستگاه هدایت سنج، میزان نشت مواد از سلول‌ها به روش هامپتون اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از گیاهچه اسفناج، تعداد ۱۰ دیسک ۶ میلی‌متری برگ گیاهچه اسفناج در ۳ تکرار برش داده شده و در فالکن‌های ۱۵ mL قرار داده شدند و ۱۵ mL آب مقطر به آن‌ها اضافه گردید؛ به مدت ۲۴ h در دمای محیط قرار گرفتند (۲۴).

سنجش درصد رطوبت گیاه

جهت تعیین درصد رطوبت گیاه اسفناج، یک برگ کامل از نمونه‌ها به مدت ۲h در آون در دمای ۱۰۰°C قرار گرفت. پس از پایان مدت مذکور نمونه‌ها از آون خارج و توزین شد. طبق رابطه ۱ محتوای رطوبت بذرها برپایه وزن تر و برحسب درصد محاسبه شد (۲۵).

رابطه ۷

۱۰۰ × [وزن تر نمونه / (وزن خشک نمونه - وزن تر نمونه)] = درصد رطوبت گیاهچه اسفناج

۳- نتایج و بحث تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPSS 20.0 شرکت SPSS Inc. (شیکاگو، ایالات متحده آمریکا) صورت گرفت. تمامی داده‌های آزمایشی به‌صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ($Mean \pm SD$) ارائه شدند. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بر روی داده‌ها انجام شد و برای تمامی آزمون‌ها، مقدار $P < 0.05$ به‌عنوان سطح معناداری در نظر گرفته شد.

بررسی میزان رنگدانه‌های فتوستتزی نمونه‌های اسفناج جمع رویشگاه‌های مختلف خوزستان

بررسی میانگین مقادیر کلروفیل و رنگدانه‌های مرتبط در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان تفاوت‌های معناداری را نشان داد. بیشترین میزان کلروفیل **a** در نمونه‌های اسفناج شهرهای حمیدیه و شادگان مشاهده شد، درحالی‌که کمترین مقدار آن در نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهرهای آبادان، دزفول و رامهرمز اندازه‌گیری گردید ($p < 0.05$) (شکل ۱- A). همچنین، مقایسه میزان کلروفیل **b** حاکی از بیشترین مقدار در شهر حمیدیه بود، درحالی‌که کمترین مقادیر در شهرهای رامهرمز، آبادان و دزفول مشاهده شد؛ در این میان، مقادیر کلروفیل **b** در شوش و شادگان تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۱- B). بررسی کارتنوئیدها نیز نشان داد که کمترین میزان این رنگدانه در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از حمیدیه بوده و در سایر رویشگاه‌ها، به‌جز حمیدیه، تفاوت معناداری دیده نشد ($p < 0.05$) (شکل ۱- C). درنهایت، نتایج مربوط به آنتوسیانین‌ها نشان داد که بیشترین میزان آن در شهر رامهرمز مشاهده گردید، درحالی‌که کمترین میزان در شهرهای آبادان و دزفول به دست آمد؛ مقادیر آنتوسیانین در شهرهای شوش، حمیدیه و شادگان تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۱- D).

رنگدانه‌های کارتنوئید دو وظیفه بر عهده دارند؛ جمع‌آوری انرژی که می‌تواند در فتوستتز مورد استفاده قرار گیرد و محافظت کلروفیل از تخریب نوری در مواقعی که شدت نور زیاد است. همچنین فلاونوئیدها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که به دلیل ایجاد مکانیسم دفاعی گیاهان را در برابر اشعه ماوراءبنفش، عوامل بیماری‌زا و موجودات گیاه‌خوار محافظت می‌کنند. فلاونوئیدها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی

بوده و در تنظیم فعالیت‌های آنزیمی و تولید متابولیت‌های اولیه نقش دارند. میزان فلاونوئیدها در گونه‌های مختلف گیاهی با مرحله رشد، بافت، وارسته، تنش‌های محیطی مانند اشعه ماوراءبنفش، خشکی، شرایط خاک، شخم، آفات و بیماری‌ها و کاربرد کودها مرتبط می‌باشد. به‌طور کلی م یک همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کلروفیل **a** با کلروفیل **b** و کل، میزان فلاونوئید، آنتوسیانین و میزان بارندگی وجود دارد (۲۶، ۲۷). گزارش‌ها نشان می‌دهد، افزایش فتوستتز، میزان کلروفیل، فعالیت آنزیم رایسکو، بیوماس، رشد و توسعه برگ، عملکرد اسانس را افزایش می‌دهد نتیجه مطالعه اثر برخی عوامل محیطی (جهت شیب، خاک) بر ترکیبات اسانس گونه مریم‌نخودی طنز در مراتع نمارستاق آمل در سه جهت شمال، غربی و شرقی نشان داد، ترکیبات اسانس در جهت شرقی بیشتر از ترکیبات اسانس در جهت‌های غربی و شمالی است. همچنین جمعیت‌های اصفهان، مازندران، قائم‌شهر و یاسوج از نظر صفات ارزشمند بیوشیمیایی عصاره نظیر فعالیت آنتی-اکسیدانی، ترکیبات فنلی، فلاونوئید کل و کربوهیدرات‌ها غنی‌تر بودند. از طرفی عوامل محیطی می‌تواند بر میزان رنگدانه‌های فتوستتزی مانند کلروفیل تأثیرگذار باشد (۲۸، ۲۹). سعیدی و همکاران گزارش کردند میزان کارتنوئید کل در گیاه دارویی نسترن کوهی در مناطق مختلف ایران متغیر است. در این تحقیق بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید به ترتیب از رویشگاه کردستان (دیوان دره) و بویر احمد (میمند) به دست آمد. آن‌ها اذعان داشتند عوامل آب و هوایی، فاکتورهای جغرافیایی و شرایط خاک می‌تواند باعث تغییر در میزان رنگدانه‌های فتوستتزی شود (۳۰).

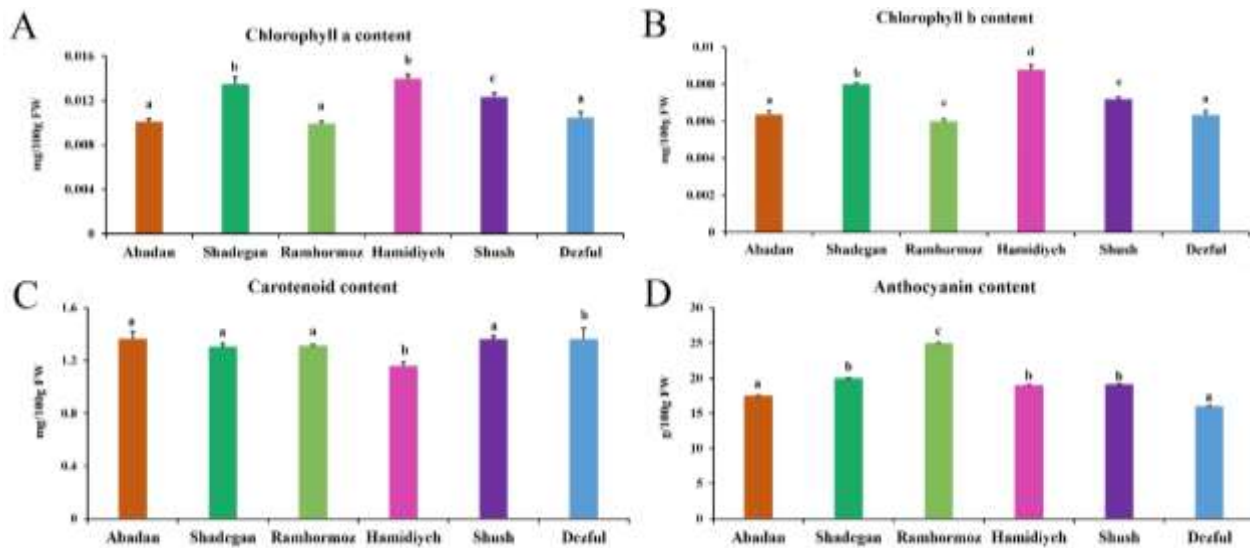


Figure 1. a) Chlorophyll a content, b) Chlorophyll b content, c) Carotenoid content, d) Anthocyanin content in spinach samples collected from various habitats in Khuzestan Province. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

شادگان، آبادان و دزفول به ترتیب مقادیر بالاتری از کربوهیدرات داشتند، باین حال، میانگین مقادیر کربوهیدرات در شهرهای دزفول و آبادان، همچنین شوش و شادگان تفاوت معناداری نشان ندادند ($p < 0.05$) (شکل ۲- A). در بررسی محتوای پروتئین کل، نتایج نشان داد که کمترین میزان پروتئین مربوط به نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از شادگان بود، درحالی‌که تفاوت معناداری میان محتوای پروتئین کل نمونه‌های جمع‌آوری شده از سایر شهرها مشاهده نشد ($p < 0.05$) (شکل ۲- B).

بررسی میزان ترکیبات فیتوشیمیایی نمونه‌های

اسفناج رویشگاه‌های مختلف خوزستان

نتایج بررسی میانگین میزان کربوهیدرات و پروتئین کل در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان، تفاوت‌های معناداری را نشان داد. بیشترین میزان کربوهیدرات مربوط به نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهر حمیدیه و کمترین مقدار آن در رامهرمز مشاهده شد. پس از حمیدیه، نمونه‌های اسفناج از شهرهای شوش،

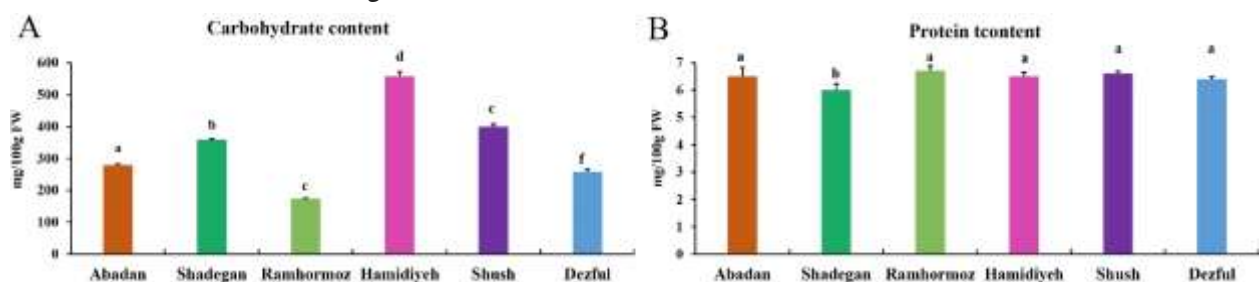


Figure 2. a) Total carbohydrate content, b) Total protein content in spinach samples collected from various habitats in Khuzestan Province. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means

آبادان، شوش، دزفول و شادگان به ترتیب دارای مقادیر بالاتری از فلاونوئید بودند. با این حال، میانگین میزان فلاونوئید در شهرهای دزفول، شادگان و شوش تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۳- B). میزان فلاونول بین رویشگاه‌ها تفاوت‌های معناداری نشان داد، بیشترین میزان فلاونول مربوط به نمونه‌های جمع‌آوری شده از آبادان و کمترین مقدار آن در شادگان مشاهده شد. شهرهای دزفول، شوش، حمیدیه و رامهرمز به ترتیب مقادیر بیشتری از فلاونول داشتند، اما تفاوت معناداری میان شوش و حمیدیه مشاهده نشد ($p < 0.05$) (شکل ۳- C).

نتایج بررسی میانگین میزان فنول، فلاونوئید و فلاونول در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان، تفاوت‌های معناداری را نشان داد. بیشترین میزان فنول در نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهر حمیدیه مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان آن به نمونه‌های جمع‌آوری شده از شادگان و دزفول تعلق داشت. در شهرهای آبادان، رامهرمز و شوش، میزان فنول کل تفاوت معناداری نشان نداد ($p < 0.05$) (شکل ۳- A). در بررسی فلاونوئیدها، نتایج نشان داد که بیشترین میزان در شهر حمیدیه و کمترین میزان در رامهرمز مشاهده شد. پس از حمیدیه، شهرهای

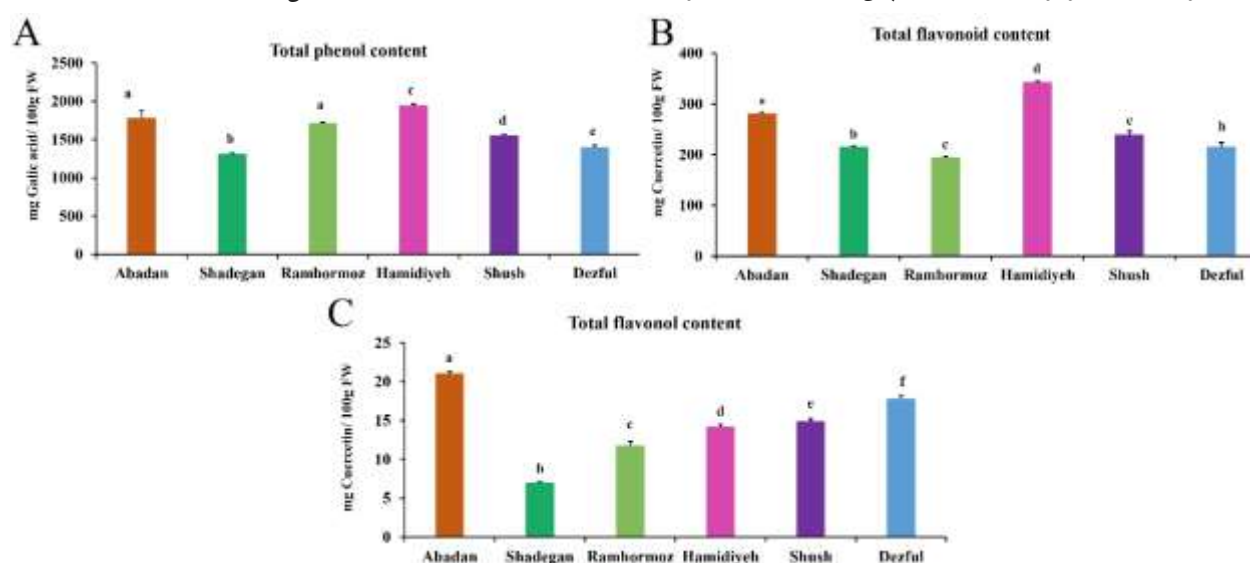


Figure 3. a) Total phenol content, b) Total flavonoid content, c) Total flavonol content. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

نسبی بالا صورت گرفت. می‌توان گفت، محتوای ترکیبات گیاه در مراتع مختلف ثابت نیست و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد. به طور کل تولید مواد مؤثره در گیاهان می‌تواند نتیجه نمو گیاه شامل تغییرات متابولسمی، مورفولوژیکی و تمایز باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در ارتفاعات بالا به دلیل کاهش دما که یکی از عوامل استرس برای برهم زدن تعادل در گیاه محسوب می‌شود، ترکیب‌های فنلی، تشکیل‌دهنده ثانوی (لیگنین و سوبرین) و آنتوسیانین‌ها در گیاهان افزایش می‌یابند (۳۲). بزنجانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ بررسی تأثیر ارتفاع بر روی فنل کل و فلاونوئیدهای

بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه آنگوزه در رویشگاه‌های طبیعی استان کرمان نشان داد، تولید مواد مؤثره گیاهی می‌تواند به دلیل فعال شدن مسیر سنتز متابولیت‌های ثانویه می‌باشد که در گیاهان مختلف، به شکل‌های متفاوتی دیده می‌شود. در حالی که اغلب متابولیت‌های اولیه، مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدها در تمام گیاهان به شکل مشابهی دیده می‌شوند. به نظر می‌رسد تولید متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر شرایط محیطی گیاه باشد (۳۱). بیشترین میزان تجمع هایپرسیسین در گونه *Hypericum perforatum* زمانی انجام شد که رشد و نمو گیاه در مناطقی با رطوبت

گیاه *Cerateagumicrophylla* بیان داشتند که این گیاه در ارتفاع ۱۰۰۰ متری، دارای بیشترین میزان این ترکیب‌ها نسبت به گیاهان رشد یافته در ارتفاعات پست بود (۳۱). بررسی مقایسه‌ای ترکیبات فیتوشیمیایی گونه *Epilobiumminutiflorum* در ارتفاعات مختلف نشان داد، ظرفیت بالای آنتی‌اکسیدانی به غلظت بالای فلاونوئیدها و فنل‌ها نسبت داده شده است (۳۳). بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون بین گونه‌های مختلف، ارتباط معنی‌داری بین محتوی فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنلی کل و ارتفاع از سطح دریا مشاهده شد، اگرچه در میزان آنتوسیانین با عامل ارتفاع همبستگی مشاهده نشد. محققین تأکید نمودند که عوامل محیطی در این گیاه، از جمله ارتفاع بالا می‌تواند منجر به افزایش سطوح فلاونول‌ها در بافت‌های گیاهی شود (۳۴). نتایج تجزیه رگرسیون ارتباط معنی‌داری را بین ۳۰ ترکیب شناسایی شده در جمعیت‌های گیاه *Epilobiumminutiflorum* با ارتفاع از سطح دریا نشان داد که از این میان بیشتر ترکیبات دارای ارتباط مثبت مربوط به گروه فلاونوئیدها، فنول‌ها، استروئیدها و ترپن‌ها بود. به عبارتی افزایش محتوای ۳۰ ترکیب به‌خصوص در گروه فلاونوئیدها، فنلیک اسید و استروئیدها می‌تواند با افزایش ارتفاع، افزایش یابد. نتایج تجزیه GC/MS با نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های فتومتریک مطابقت زیادی داشت (۳۵). جهانبازی و همکاران تأثیر تنش اندام هوایی چهار گونه بادام وحشی را بررسی کردند. در این پژوهش مشخص شد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا اندازه فاکتورهای رویشی و زیست‌توده گیاه کاسته می‌شود (۳۶). همچنین نهال‌های ارتفاع پایین، رویش بیشتری داشته‌اند و نهال‌های ارتفاع فوقانی کمترین رویش را داشتند. با افزایش غلظت سدیم کلراید و همچنین افزایش ارتفاع از سطح دریا از میزان رنگیزه‌های گیاهی کاسته شد (۳۷). زکریا نژاد و همکاران اثر ارتفاع و خصوصیات خاک بر برخی متابولیت‌های ثانویه اندام‌های مختلف بنفشه معطر در رویشگاه‌های مختلف طبیعی استان مازندران را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عامل اکولوژیکی مؤثر در میزان کمیت

و کیفیت مواد مؤثر موجود در گیاهان دارویی، شرایط اقلیمی (درجه حرارت، نور، بارش و باد)، ویژگی‌های خاک (عناصر غذایی، بافت و اسیدیته) و عوامل جغرافیایی (ارتفاع از سطح دریا، میزان شیب و جهت) می‌باشد (۳۸). بررسی اثر فیتوشیمیایی گیاه دارویی و چندمنظوره پنیرباد در رویشگاه‌های طبیعی استان سیستان و بلوچستان را نشان داد. تفاوت در مقادیر کمی ترکیب‌های فیتوشیمیایی از جمله ترکیب‌های فنلی، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در بین توده‌های مناطق مختلف می‌تواند ناشی از تنوع ژنتیکی یا شرایط اکولوژیکی حاکم بر رویشگاه‌ها باشد. علاوه بر این به نظر می‌رسد که تفاوت موجود بین محتوای متابولیت‌های ثانویه در رویشگاه‌هایی که دارای شرایط جغرافیایی و اکولوژیکی مشابهی هستند می‌تواند ناشی از تنوع ژنتیکی بین گونه‌ها باشد (۳۹).

سنجش محتوای میزان ویتامین‌های مختلف نمونه -

های اسفناج رویشگاه‌های مختلف خوزستان

نتایج بررسی میانگین محتوای ویتامین‌های C، E، B₁₂ و اسیدفولیک در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان تفاوت‌های معناداری را نشان داد. بیشترین میزان ویتامین C در نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهر آبادان و کمترین میزان آن در رامهرمز مشاهده شد، درحالی‌که تفاوت معناداری میان دزفول و شادگان مشاهده نشد ($p < 0.05$) (شکل ۴ - A). بررسی نتایج نشان داد که بیشترین میزان ویتامین E در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از دزفول و حمیدیه مشاهده شد، درحالی‌که کمترین مقادیر مربوط به شهرهای آبادان، شادگان، رامهرمز و شوش بود ($p < 0.05$) (شکل ۴ - B). بیشترین میزان محتوای ویتامین B₁₂ در نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهرهای رامهرمز و شوش دیده شد و کمترین مقدار مربوط به آبادان بود. در این میان، میانگین مقادیر ویتامین B₁₂ در شهرهای دزفول، حمیدیه و شادگان تفاوت معناداری نشان نداد ($p < 0.05$) (شکل ۴ - C). بیشترین میزان اسیدفولیک در

اسیدفولیک در شوش، حمیدیه و شادگان تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۴-د).

نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رامهرمز و کمترین میزان آن در آبادان و دزفول مشاهده شد. درحالی‌که میانگین مقادیر

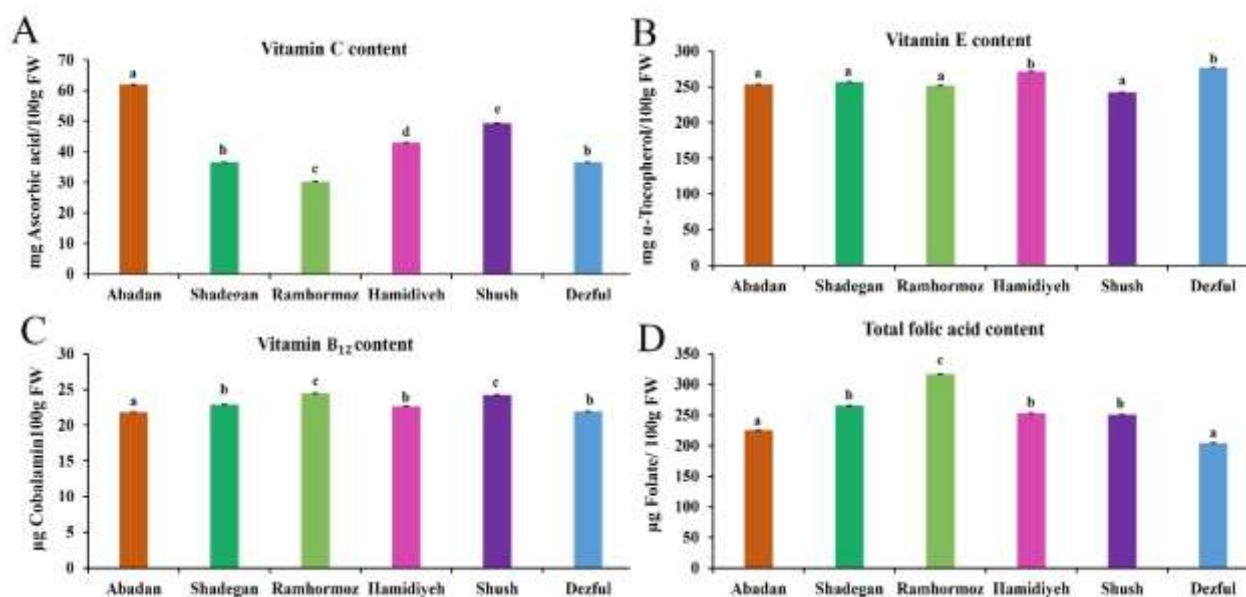


Figure 4. a) Vitamin C content, b) Vitamin E content, c) Vitamin B12 content, d) Folic acid. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

شد، درحالی‌که میانگین مس در نمونه‌های آبادان، شادگان و حمیدیه تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۵-ب). بیشترین میزان آهن در دزفول و کمترین میزان در حمیدیه مشاهده شد، درحالی‌که تفاوت معناداری میان میزان آهن نمونه‌های شوش و آبادان، همچنین شادگان و رامهرمز مشاهده نشد ($p < 0.05$) (شکل ۵-ج). در بررسی منیزیم، بیشترین مقدار منیزیم در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از شهر رامهرمز و کمترین مقدار آن در حمیدیه و شادگان به دست آمد. میانگین مقادیر منیزیم در نمونه‌های شوش و آبادان، همچنین حمیدیه و شادگان تفاوت معناداری نشان نداد ($p < 0.05$) (شکل ۵-د).

بررسی میزان فلزات سنگین و عناصر معدنی نمونه‌های اسفناج رویشگاه‌های مختلف خوزستان

نتایج بررسی میانگین محتوای عناصر معدنی کلسیم، مس، آهن و منیزیم در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان تفاوت‌های معناداری را نشان داد. بیشترین میزان کلسیم در نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهر دزفول مشاهده شد، درحالی‌که کمترین میزان آن در نمونه‌های اسفناج حمیدیه و شادگان به دست آمد، اما تفاوت معناداری میان شوش و آبادان، همچنین حمیدیه و شادگان دیده نشد ($p < 0.05$) (شکل ۵-ا). در بررسی میزان مس، بیشترین مقدار این عنصر در نمونه‌های اسفناج شهر شوش و کمترین مقدار آن در رامهرمز مشاهده

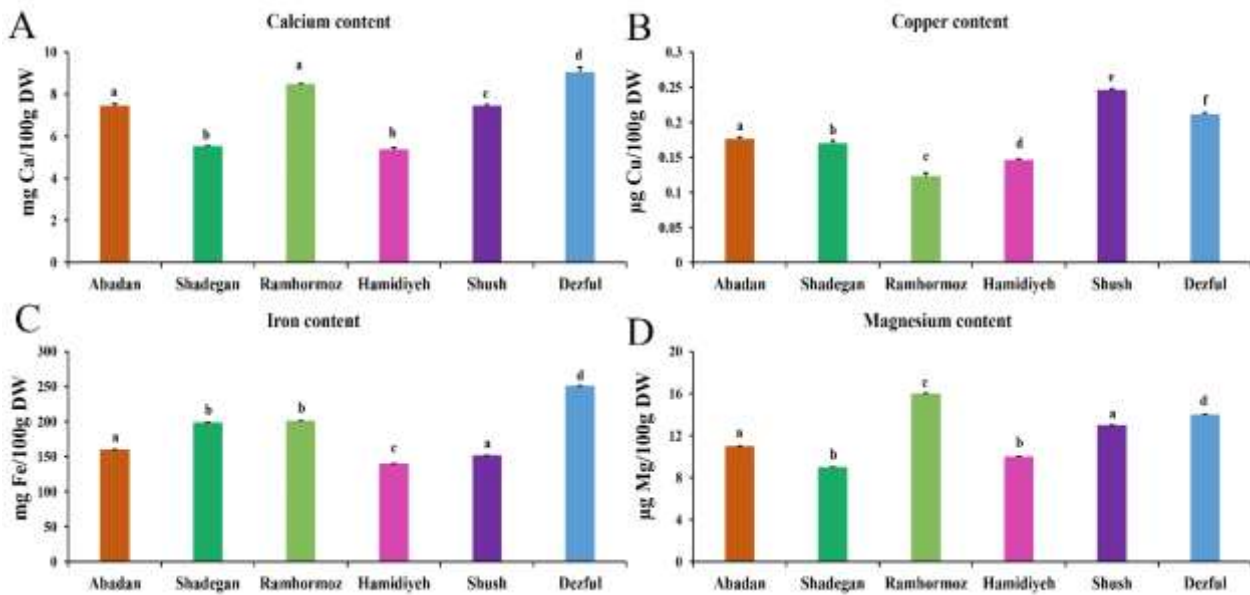


Figure 5. a) Calcium content, b) Copper content, c) Iron content, d) Magnesium content. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

آبادان و کمترین مقدار در حمیدیه مشاهده شد. همچنین، میانگین میزان سزیم در نمونه‌های دزفول و رامهرمز تفاوت معناداری نشان نداد ($p < 0.05$) (شکل ۶- B). بیشترین میزان سرب در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری‌شده از آبادان و کمترین مقدار آن در شادگان و حمیدیه مشاهده شد، درحالی‌که میانگین مقادیر سرب در نمونه‌های دزفول و رامهرمز، همچنین شوش و شادگان تفاوت معناداری نشان نداد ($p < 0.05$) (شکل ۶- C).

نتایج بررسی میانگین محتوای فلزات روی، سزیم و سرب در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مختلف استان خوزستان تفاوت‌های معناداری را نشان داد. بیشترین میزان فلز روی در نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری‌شده از آبادان و کمترین مقدار آن در شادگان و حمیدیه مشاهده شد، درحالی‌که میانگین این فلز در شادگان و حمیدیه، همچنین دزفول و رامهرمز تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۶- A). بیشترین میزان فلز سزیم در نمونه‌های اسفناج

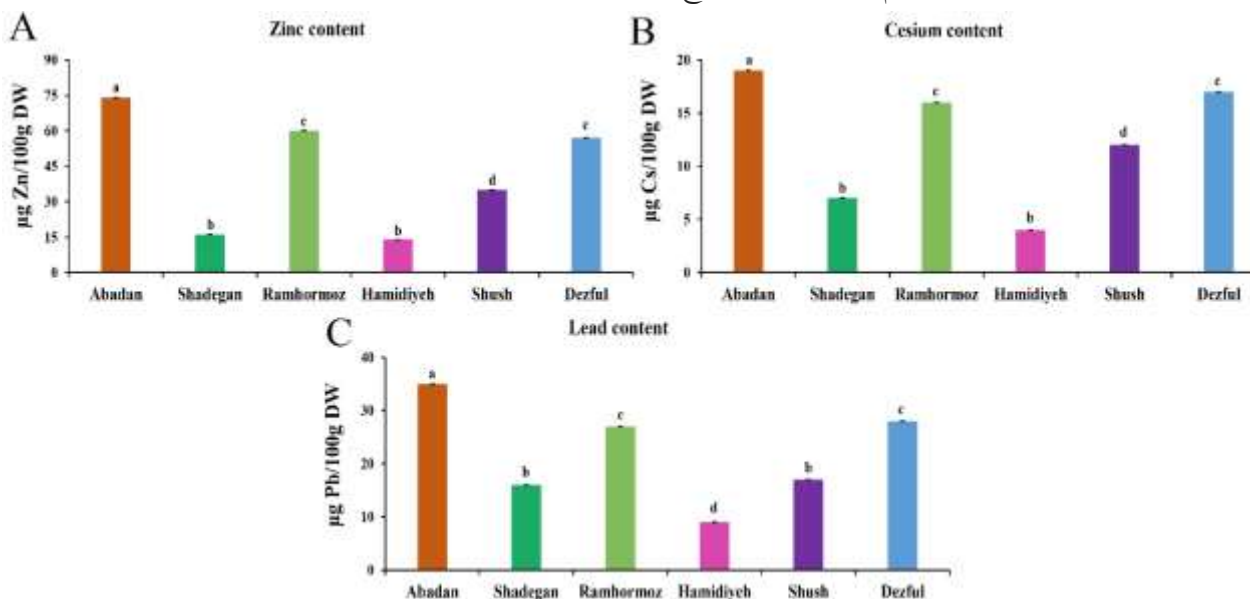


Figure 6. a) Zinc content, b) Cesium content, c) Lead content. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

پاسخی به افزایش اشعه UV می‌باشد. همچنین ثابت شده است که شدت نور، دوره‌های نوری و دما بر روی سنتز بسیاری از متابولیت‌های ثانویه تأثیر می‌گذارند. عملکرد آنتی‌اکسیدان‌ها با چندین فاکتور مثل مراحل بلوغ، شرایط آب و هوایی، اندام‌های مورد استفاده گیاه، شرایط برداشت، انبارداری و نگهداری در طی رشد تغییر می‌کند، اما ذکر این نکته نیز ضروری است که علاوه بر عوامل محیطی، عوامل ژنتیکی به عنوان یک فاکتور مؤثر بر صفات کمی و کیفی گیاهان نقش مهمی را ایفا می‌نمایند (۴۳، ۴۴).

بررسی ظرفیت مهارکنندگی ABTS از نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف خوزستان

نتایج مقایسه میانگین بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مورد مطالعه، تفاوت معناداری را نشان داد؛ به طوری که کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه اسفناج جمع‌آوری شده از شهر شادگان بود، همچنین لازم به ذکر است که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سایر رویشگاه‌ها تفاوت معناداری نداشتند ($p < 0.05$) (شکل ۷).

دجامپور و همکاران در سال ۲۰۱۲ تأثیر تنش شوری بر بادام را بررسی کردند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش شوری خاک موجب کاهش جذب مس، روی، آهن، منگنز و پتاسیم و افزایش جذب منیزیم، سدیم، کالر، نیتروژن، فسفر و کلسیم شد. افزایش جذب سدیم و کالر موجب کاهش جذب عناصر ضروری و القای سم به گیاه می‌گردد، بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش جذب عناصر ضروری نظیر مس، روی، آهن، منگنز و پتاسیم به همین دلیل باشد. افزایش جذب منیزیم، کالر، سدیم و کلسیم و کاهش جذب پتاسیم ناشی از شوری خاک، قبلاً گزارش شده است (۴۰). همچنین اعلام شده که کلسیم اثر شوری را بر ترواش غشایی کنترل و خنثی می‌نماید پس احتمال می‌رود که رویشگاه‌هایی که مقادیر فلزات سنگین در آن‌ها بیشتر است دارای خاک شور باشند (۴۱). همچنین، در بررسی رویش نهال‌ها، نتایج نشان داد که نهال‌های حاصل از ارتفاعات پایین دارای رویش بیشتر و در نتیجه مقاومت بالاتر هستند و تجمع عناصر سمی، کالر و سدیم در نهال‌های ارتفاع بالای رویشگاه نشان از حساسیت بیشتر آن‌ها به شوری دارد (۴۲). بررسی تنوع مورفولوژیکی، محتوای فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی جمعیت‌های مختلف گونه‌های نپتا در رویشگاه‌های استان‌های اردبیل و آذربایجان نشان داد، در میان موجودات زنده، گیاهان به دلیل احتیاج اجتناب‌ناپذیرشان به نور برای فتوسنتز، بیشتر تحت تأثیر نور UV قرار می‌گیرند و آسیب‌پذیرتر هستند، می‌توان گفت افزایش ترکیبات فنلی با بالا رفتن ارتفاع به عنوان

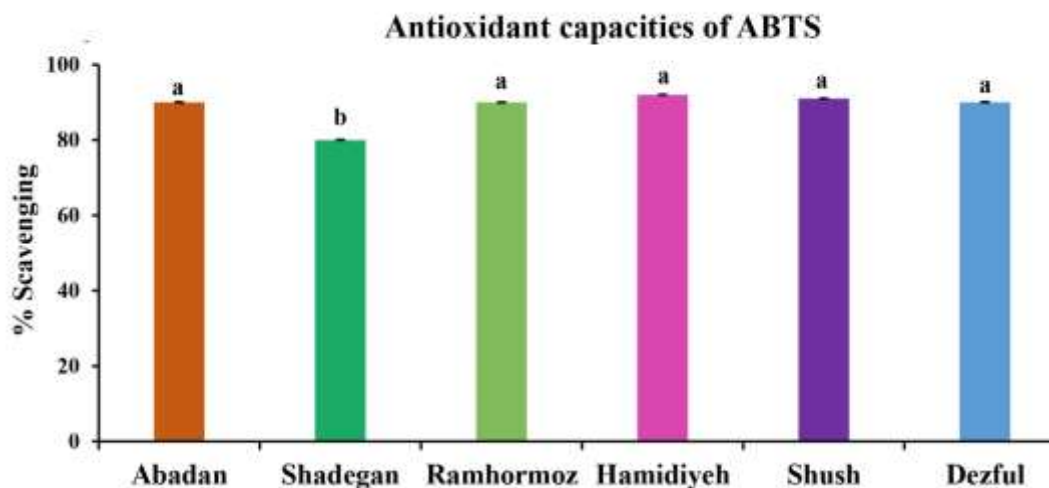


Figure 7. ABTS inhibition activity. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

جمع‌آوری‌شده بین شهرهای شادگان، شوش و حمیدیه و تفاوت معناداری نداشت ($p < 0.05$) (شکل ۸- A).

بررسی میزان رطوبت نسبی نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مختلف خوزستان

نتایج مقایسه میانگین بررسی میزان رطوبت نسبی کل نمونه اسفناج جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مورد مطالعه، تفاوت معناداری را نشان نداد ($p < 0.05$) (شکل ۸- B).

بررسی میزان هدایت الکتریکی نمونه‌های اسفناج

جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مختلف خوزستان

نتایج مقایسه میانگین بررسی میزان هدایت الکتریکی نمونه اسفناج جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مورد مطالعه، تفاوت معناداری را نشان داد؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به نمونه اسفناج جمع‌آوری‌شده از شهر رامهرمز بود و کمترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به شهرهای دزفول و آبادان بود. میزان هدایت الکتریکی اسفناج

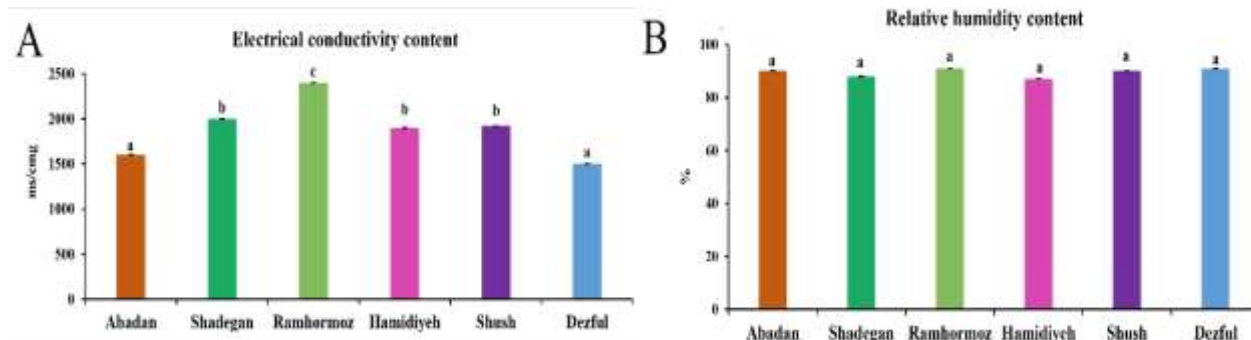


Figure 8.a) Electrical conductivity, b) Relative moisture content. The reported values represent the mean $\pm$ standard error based on three replicates. Identical letters above the bars indicate no significant differences between the means.

هدایت الکتریکی گیاه اسفناج تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله شرایط محیطی، نوع خاک، آب آبیاری و میزان جذب عناصر معدنی قرار دارد. در مطالعه حاضر هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی، به‌عنوان معیاری برای ارزیابی میزان تجمع یون‌های محلول در گیاه، یک شاخص مهم در بررسی وضعیت فیزیولوژیکی و شیمیایی گیاهان به شمار می‌رود.

سوی دیگر، رطوبت نسبی بالا در گیاهان سبب بهبود عملکرد فتوسنتز و انتقال مواد مغذی می‌شود (۴۸). مدیریت صحیح منابع آبی و آبیاری منظم از عوامل کلیدی در حفظ رطوبت نسبی گیاه هستند. مناطق مختلف خوزستان ممکن است از منابع آبی متفاوتی بهره‌مند باشند که کیفیت و دسترسی به آب می‌تواند بر میزان رطوبت نسبی تأثیر بگذارد. درعین حال، نوع خاک نیز می‌تواند در نگهداری رطوبت و تأمین آن برای گیاه نقش داشته باشد. خاک‌های شنی معمولاً توانایی نگهداری آب کمتری نسبت به خاک‌های رسی دارند که این موضوع در طولانی مدت بر رطوبت نسبی گیاه تأثیر می‌گذارد (۴۹).

۴- نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که عوامل جغرافیایی و محیطی تأثیر چشمگیری بر ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی اسفناج‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف استان خوزستان دارند. به‌طور کلی، نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از شهرهای حمیدیه و شادگان از نظر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل‌ها و آنتوسیانین‌ها، کربوهیدرات، پروتئین و برخی ویتامین‌ها مانند ویتامین E و C، کیفیت بهتری داشتند. این ویژگی‌ها می‌تواند نشان‌دهنده شرایط بهینه‌تری برای رشد و توسعه اسفناج در این مناطق باشد. به‌ویژه، افزایش میزان کلروفیل و ترکیبات مفید دیگر می‌تواند به تولید محصولاتی با کیفیت بالا و غنی از مواد مغذی منجر شود. همچنین، یافته‌های مربوط به فلزات سنگین و آنتی‌اکسیدان‌ها نیز بر اهمیت انتخاب رویشگاه‌های مناسب برای کشت اسفناج تأکید می‌کند، چراکه می‌تواند به بهبود ویژگی‌های سلامت‌محور این محصول کمک کند. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، می‌توان گفت که اسفناج‌های جمع‌آوری شده از شهرهای حمیدیه و شادگان دارای بالاترین کیفیت از نظر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل‌ها، ویتامین‌ها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌های مفید بودند. همچنین، این مناطق از نظر ترکیبات معدنی و فلزات سنگین نیز در وضعیت بهتری قرار داشتند.

نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف خوزستان تفاوت معناداری را نشان داد. به‌طوری‌که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در نمونه‌ی رامهرمز و کمترین میزان آن در دزفول مشاهده شد. مطالعات نشان می‌دهد، به‌طور معمول گیاهان در مناطق کم آب و خاک‌های شور در مقایسه با خاک‌های با شوری پایین، هدایت الکتریکی بالاتری دارند. این تفاوت ممکن است به دلیل ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک در این مناطق باشد. خاک‌های شور به‌طور عمده دارای مقادیر بالای یون‌های محلول نظیر سدیم و کلر هستند که می‌توانند هدایت الکتریکی گیاه را افزایش دهند (۴۵). از دیگر عوامل مؤثر بر هدایت الکتریکی می‌توان به شرایط آبیاری اشاره کرد. استفاده از آب‌های حاوی مقادیر بالای نمک‌های محلول می‌تواند افزایش تجمع یون‌ها در بافت گیاهی را به دنبال داشته باشد. از سوی دیگر، شدت نور و دمای محیط نیز ممکن است از طریق تأثیر بر جذب عناصر معدنی و تعرق گیاه بر هدایت الکتریکی تأثیر بگذارند. مطالعات نشان می‌دهد تعرق بالاتر در مناطق گرم یا با نور شدیدتر، می‌تواند منجر به تجمع غلظت بالاتری از یون‌ها در سلول‌های گیاهی شود (۴۶).

رطوبت نسبی در گیاهان یکی از شاخص‌های کلیدی است که به‌طور مستقیم تحت تأثیر شرایط محیطی و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه قرار دارد. رطوبت نسبی نشان‌دهنده میزان آب موجود در بافت گیاه است و بر عواملی چون رشد، فتوسنتز و پایداری ساختار سلولی تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه، رطوبت نسبی نمونه‌های اسفناج جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف خوزستان تفاوت معناداری نشان نداد. این امر می‌تواند به دلیل شباهت نسبی شرایط محیطی در این مناطق باشد. شرایط اقلیمی از جمله دما، رطوبت هوا و شدت نور نقش مهمی در تعیین رطوبت نسبی گیاه ایفا می‌کنند. گیاه اسفناج که به‌عنوان یک سبزی برگ‌ی شناخته می‌شود، معمولاً برای حفظ بافت آبدار خود نیازمند رطوبت نسبی بالا در خاک و هوا است. کمبود رطوبت می‌تواند منجر به کاهش تورگور سلولی و در نتیجه پژمردگی برگ‌ها شود (۴۷). از

مناطق مناسب جهت کشت اسفناج با ویژگی‌های مطلوب برای سلامت مصرف‌کنندگان باشد.

۵-سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله حاضر مراتب قدردانی خود از دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی این کار پژوهشی اعلام می‌دارد.

در میان سایر مناطق، شهرهای دزفول و آبادان نیز به‌ویژه از نظر میزان کلسیم، آهن و برخی ویتامین‌ها دارای ویژگی‌های مطلوبی بودند. از سوی دیگر، شهر شادگان از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و برخی ترکیبات دیگر در پایین‌ترین رده قرار داشت که نشان‌دهنده تأثیرات منفی احتمالی شرایط محیطی این منطقه بر ویژگی‌های اسفناج است. بنابراین، با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان به تولید اسفناج باکیفیت بالا و محتوای مغذی بیشتر در مناطق حمیدیه و شادگان اشاره کرد. این اطلاعات می‌تواند راهنمای مناسبی برای انتخاب

۶-منابع

- [1] Assadi M. Flora of Iran. Iran Nat. 2019 May 22;4(2):29–41. (In Persian).
- [2] Tabatabaei M. Applied botany for agriculture and natural resources. Tehran Univ Publ. 1986;1184.
- [3] FAO STAT. Global agro-ecological assessment for agriculture in 21st century. 2018;
- [4] F E, M. r H, Mohsen B, Ali J. Determination and Comparison of Chemical Properties of Seven Iranian Spinach Cultivars. 2006 Jan 1;3(2):27–34. (In Persian).
- [5] Rubatzky VE, Yamaguchi M. World vegetables principles, production, and nutritive values. Fruits. 1997;5(51):381.
- [6] Prior RL. Spinach as a source of antioxidant phytochemical with potential health effects. . J Am Soc Hortic Sci. 2003;3–4.
- [7] Mousavi Shalmani MA, Khorasani A, Pirvali Beiranvand J, Naserian B. Use of isotopic tracer technique to evaluate fertilizer and water use efficiency and yield of lettuce under different irrigation systems. ResearchGate. 2009;9(2):97–112. (In Persian).
- [8] Lester GE, Makus DJ, Hodges DM, Jifon JL. Summer (Subarctic) versus Winter (Subtropic) Production Affects Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaf Bionutrients: Vitamins (C, E, Folate, K₁ , provitamin A), Lutein, Phenolics, and Antioxidants. J Agric Food Chem. 2013 Jul 24;61(29):7019–27.
- [9] Singh V, Pande PC. A text book of botany Angiosperms [Internet]. Rastogi Publications; 2014 [cited 2025 Jan 11]. Available from: <http://maclustm.digitallibrary.co.in/handle/123456789/5766>
- [10] Salunkhe DK, Kadam SS. Handbook of vegetable science and technology: production, composition, storage, and processing [Internet]. CRC press; 1998 [cited 2025 Jan 11]. 11. Lichtenthaler HK, Wellburn AR. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents [Internet]. Portland Press Ltd.; 1983 [cited 2025 Jan 11]. 12. Cartea ME, Francisco M, Soengas P, Velasco P. Phenolic compounds in Brassica vegetables. Molecules. 2010;16(1):251–80.
- [11] Liu D, Wong PTS, Dutka BJ. Determination of carbohydrate in lake sediment by a modified phenol-sulfuric acid method. Water Res. 1973;7(5):741–6.
- [12] Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J Biol Chem. 1951;193(1):265–75.
- [13] Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. Am J Enol Vitic. 1977;28(1):49–55.
- [14] Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. J Food Drug Anal. 2002;10(3):3.
- [15] Kumaran A, Joel Karunakaran R. In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India - ScienceDirect. LWT. 40(2):344–52.
- [16] Hernández Y, Lobo MG, González M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. Food Chem. 2006;96(4):654–64.
- [17] Aguilar Urbano M, Pineda Priego M, Prieto P. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E1. 2013 [cited 2025 Jan 11]; Available from: <https://helvia.uco.es/handle/10396/10963>
- [18] Kumudha A, Sarada R. Effect of different extraction methods on vitamin B12 from blue green algae, *Spirulina platensis*. Pharm Anal Acta. 2015;6(337):10–4172.
- [19] Xiang N, Hu J, Wen T, Brennan MA, Brennan. Effects of temperature stress on the accumulation of ascorbic acid and folates in sweet corn (*Zea mays* L.) seedlings. J Sci Food Agric. 2020;100(2):1694–701.
- [20] Dániel P, Kovács B, Prokisch J, Györi Z. Heavy metal dispersion detected in soils and plants alongside

- roads in Hungary. Chem Speciat Bioavailab. 1997 Jan;9(3):83–93.
- [21] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999;26(9–10):1231–7.
- [22] Lin J, Wang Y, Qi M, Li X, Yang C, Wang Y, et al. Optimum harvest maturity for *Leymus chinensis* seed. Biol Open. 2016;5(6):720–5.
- [23] Maldonado-Peralta MA, De Los Santos GG, García-Nava JR, Ramírez-Herrera C, Hernández-Livera A, Valdez-Carrasco JM, et al. Seed viability and vigour of two nanche species (*Malpighia mexicana* and *Byrsonima crassifolia*). Seed Sci Technol. 2016;44(1):168–76.
- [24] Effects of Rootstocks on Some Growth Parameters, Phosphorous and Nitrogen Uptake Watermelon under Salt Stress: Vol 32, No 4. J Plant Nutr. 2009;32(4):629–43.
- [25] Kalinova J, Vrchotova N. The influence of organic and conventional crop management, variety and year on the yield and flavonoid level in common buckwheat groats. Food Chem. 2011;127(2):602–8.
- [26] Norouzi V, Yousefzadeh S, Asilan KA, Mansourifar S. Investigation of Changes in Essential Oil, Chlorophyll, Carotenoids, Anthocyanins, and Flavonoids of *Mentha longifolia* (L.) Huds. subsp. *longifolia* in Different Habitats of Marand, 5(1): . Q J Ecophytochemistry Med Plants. 2017;5(1):52–66. (In Persian).
- [27] Yousefzadeh S. Investigating the variation of essential oil content and composition of Moldavian balm in several areas of East and West Azerbaijan provinces. J Crop Prod. 2017 May 22;10(1):21–37.
- [28] Saeidi K, Sefidkon F, Babaei A. Determination of carotenoids and lycopene content of dog-rose (*Rosa canina* L.) fruit in different regions of Iran. Iran J Med Aromat Plants Res. 2014;30(5):833–42.
- [29] Nasiri Bezenjani S, Razavizadeh R, Oloumi H. Investigation of Phenylpropanoid Compounds in Latex and Chemical Composition of Essential Oil of *Ferula assa-foetida* L. in Some Natural Habitats of Kerman Province. 30(3): 674–687. J Plant Res Iran J Biol. 2017;30(3):674–87. (In Persian).
- [30] Akula R, Ravishankar GA. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signal Behav. 2011 Nov;6(11):1720–31.
- [31] Monschein M, Jandl K, Buzimkić S, Bucar F. Content of phenolic compounds in wild populations of *Epilobium angustifolium* growing at different altitudes. Pharm Biol. 2015 Nov 2;53(11):1576–82.
- [32] Tóth BH, Blazics B, Kéry Á. Polyphenol composition and antioxidant capacity of *Epilobium* species. J Pharm Biomed Anal. 2009;49(1):26–31.
- [33] Mohammadi Bazargani M. Comparative analyses of phytochemical compounds of *Epilobium minutiflorum* (Onagraceae) at different altitudinal altitudes. nbr. 2018;5(4):466–78. (In Persian).
- [34] Jahanbazi Goujani H, Nasr SMH, Saeed Talebi K, Hojjati SM. Effect of Salinity Stress on Growth Factors, Proline, Plant Pigments, and Element Uptake in the Aerial Parts of Four Wild Almond Species. 27(5). J Plant Res Iran J Biol. 2014;27(5). (In Persian).
- [35] Rajmane NN, Gaikwad DK. EFFECT OF NACL SALINITY ON SOME ASPECTS OF NITROGEN METABOLISM OF *SIMAROUBA GLAUCA* DC. SEEDLINGS. 2018
- [36] Zakaria Nejad N, Moradi H, Biparva P, Memariani Z. Effect of height and soil properties on some secondary metabolites of different organs of sweet violet (*Viola odorata* L.) in different natural habitats of Mazandaran province. J Plant Environ Physiol. 2022;17(67):111–25.
- [37] Valizadeh M, Bagheri AR, Valizadeh J, Mirjalili MH, Moshtaqi N. Phytochemical Investigation of the Medicinal and Multipurpose Plant *Withania coagulans* (Stocks) Dunal in Natural Habitats of Sistan and Baluchestan Province. 31(3): . Iran J Med Aromat Plants Res. 2015;31(3):406–17. (In Persian).
- [38] Dejampour J, Aliasgarzad N, Zeinalabedini M, Niya MR, Hervean EM. Evaluation of salt tolerance in almond [*Prunus dulcis* (L.) Batsch] rootstocks. Afr J Biotechnol. 2012;11(56):11907–12.
- [39] Hendawy SF. Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago arenaria* plant. J Appl Sci Res. 2008;4(5):500–6.
- [40] Esphehodi K, Mirzaei Nedoushan H, Tabari M, Akbarinia M, Dehghan Shouraki Y, Tabari Kuchaksarai M, et al. Effect of Seed Source Elevation on Germination of *Acer velutinum* Seeds. Iran J Nat Resour. 2006;59(1):103–13. (In Persian).
- [41] Narimani R, Moghadam M, Shokoohi D. Investigation of Morphological Diversity, Phenol Content, and Antioxidant Activity of Different Populations of *Nepeta nuda* and *Nepeta crassifolia* in Habitats of Ardabil and East Azerbaijan Provinces. 2017, 5(3): 13–22. Ecophytochemistry Med Plants. 2017;5(3):13–22. (In Persian).
- [42] Hohtola A. Northern plants as a source of bioactive products. 2007;
- [43] Ghoulam C, Foursy A, Fares K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ Exp Bot. 2002;47(1):39–50.
- [44] Ashraf M, Harris PJ. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci. 2004;166(1):3–16.
- [45] Blum A. Plant breeding for water-limited environments [Internet]. Springer Science & Business Media; 2010
- [46] Flexas J, Bota J, Cifre J, Mariano Escalona J, Galmés J, Gulías J, et al. Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. Ann Appl Biol. 2004 Jun;144(3):273–83.

[47] Kirkham MB. Principles of soil and plant water relations [Internet]. Elsevier; 2023



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of Nutritional Value and Phytochemical Properties of Spinach (*Spinacia oleraceae*L.) in Different Habitats of Khuzestan Province

Elnaz Jafari¹, Maryam Kolahi^{*2}, Roya Azadi^{*3}, Elham Mohajel Kazemi^{4,5}

- 1- MSc of Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
- 2- Associate professor of Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
- 3- Associate professor of Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
- 4- Associate Professor of the Department of Plant, Cell and Molecular biology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran
- 5- Nuclear Agriculture School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Atomic Energy Organization of Iran (AEQI), Karaj, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/1/19 Accepted:2025/5/6 Keywords: Spinach, Nutritional value, Environmental factors, Heavy metals, Phytochemicals. DOI: 10.22034/FSCT.22.166.125. *Corresponding Author E- m.kolahi@scu.ac.ir, r.azadi@scu.ac.ir	Abstract This study investigated the photosynthetic pigments and chemical compositions in spinach samples collected from across Khuzestan province. The results revealed significant differences in the levels of chlorophylls and other pigments. The highest amount of chlorophyll a was found in Hamidieh and Shadegan, while the lowest levels were measured in Abadan, Dezful, and Ramhormoz. Similarly, the highest chlorophyll b content was observed in Hamidieh, with the lowest amounts recorded in Ramhormoz, Abadan, and Dezful. Carotenoid analysis showed that the lowest concentration was in Hamidieh, while the highest levels were found in other habitats. In terms of anthocyanins, the highest levels were seen in Ramhormoz, while the lowest were in Abadan and Dezful. Regarding chemical compositions, the highest carbohydrate content was found in Hamidieh and the lowest in Ramhormoz. The total protein content was lowest in Shadegan. Additionally, significant differences were observed in the levels of various vitamins and mineral elements. Vitamin C levels were highest in Abadan, vitamin E in Dezful and Hamidieh, vitamin B₁₂ in Ramhormoz and Shush, and folic acid in Ramhormoz. As for mineral elements, the highest calcium levels were observed in Dezful, copper in Shush, iron in Dezful, and magnesium in Ramhormoz. Furthermore, levels of heavy metals such as zinc, cesium, and lead varied significantly across the samples. The antioxidant capacity of spinach from Shadegan was the lowest, while the electrical conductivity of spinach from Ramhormoz was the highest. These findings highlight substantial differences in the chemical compositions and physical properties of spinach from different habitats in Khuzestan. These variations may be attributed to environmental factors such as soil composition, temperature, humidity, and geographical conditions, all of which influence spinach growth and composition. This study provides valuable insights into the impact of environmental conditions on food quality and can help optimize cultivation practices in different regions.